

PROSIDING

SIMPOSIUM NASIONAL SAINS GEOINFORMASI 2015

Penguatan Peran Sains Informasi Geografis
dalam Mendukung Penanganan Isyu-isyu
Strategis Nasional



25 – 26 November 2015
PUSPICS Fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada
Yogyakarta



Prosiding Simposium Nasional Sains Geoinformasi ~ IV 2015

*Penguatan Peran Sains Informasi Geografi
dalam Mendukung Penanganan Isyu-Isyu Strategis Nasional*

Tim Editor:

Pramaditya Wicaksono, Muhammad Kamal, Sri Lestari, Ikhsan Wicaksono, Dicky Setiady,
Angela Belladova Arundina

PUSPICS Fakultas Geografi
Universitas Gadjah Mada
YOGYAKARTA
2015

Prosiding Simposium Nasional Sains Geoinformasi ~ IV 2015

*Penguatan Peran Sains Informasi Geografi
dalam Mendukung Penanganan Isyu-Isyu Strategis Nasional*

Tim Editor:

Pramaditya Wicaksono, Muhammad Kamal, Sri Lestari, Ikhsan Wicaksono, Dicky Setiady, Angela Belladova Arundina

Hak cipta © 2015

PUSPICS Fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada

Hak cipta dilindungi undang-undang. Dilarang memperbanyak atau memindahkan sebagian atau seluruh isi buku dalam bentuk apapun, secara elektronis maupun mekanis, termasuk memfotokopi, merekam, atau dengan teknik perekaman lainnya, tanpa izin tertulis dari penerbit.



Simposium Nasional Sains Geoinformasi
PUSPICS Fakultas Geografi
Universitas Gadjah Mada
Sekip Utara, Yogyakarta 55281
Telp/Fax: 0274-521459
Website: <http://www.simpodiumgeoinformasi.tk/>
Email: sainsgeoinformasi@gmail.com, puspics@geo.ugm.ac.id

Pramaditya Wicaksono, Muhammad Kamal, Sri Lestari, Ikhsan Wicaksono, Dicky Setiady, Belladova
Prosiding Simposium Nasional Sains Geoinformasi ~ IV 2015
Penguatan Peran Sains Informasi Geografi dalam Mendukung Penanganan Isyu-Isyu Strategis
Nasional
Yogyakarta:
PUSPICS Fakultas Geografi UGM, 2015
837hlm.

ISBN: 978-602-73620-0-0

1. Prosiding

I. Judul

Diterbitkan Desember 2015
PUSPICS Fakultas Geografi
Universitas Gadjah Mada

Kata Pengantar

Drs. Projo Danoedoro, M.Sc., Ph.D.

Ketua Panitia Simposium Nasional
Sains Geoinformasi IV 2015

Salam Sejahtera dan Selamat Datang pada Simposium Nasional Sains Geoinformasi IV 2015,

Penggunaan teknologi informasi spasial --termasuk penginderaan jauh dan sistem informasi geografis (SIG)-- dalam ekstraksi informasi spasial tematik, penanganan masalah lingkungan, pengembangan wilayah serta penyediaan data spasial lain dewasa ini telah semakin intensif dan meluas ke berbagai kalangan. Di satu sisi, kecenderungan ini dapat dinilai positif karena popularitas dan arti penting data geografis (geospasial) semakin meningkat. Di sisi lain, pemahaman yang tidak sama tentang kualitas dan cara pemrosesan data di berbagai kalangan dengan latar belakang disiplin yang berbeda dapat membawa konsekuensi pada kekeliruan dalam dukungan pengambilan keputusan.

Berangkat pada pemikiran tersebut, maka PUSPICS Fakultas Geografi UGM mengangkat tema mengenai penguatan peran sains informasi geografi dalam mendukung penanganan isyu-isyu strategis nasional dalam forum Simposium Sains Geoinformasi IV. Tema ini diangkat agar berbagai kalangan penggiat informasi geospasial (peneliti, praktisi, dosen, mahasiswa) dapat bertukar pengalaman serta wawasan dalam upaya-upaya meningkatkan kualitas data geospasial di bidang yang digeluti.

Simposium Sains Geoinformasi yang akan dilaksanakan untuk keempat kalinya ini dilaksanakan setiap dua tahun sejak 2009, disusul 2011, dan 2013, sehingga diharapkan menjadi forum yang terbuka luas bagi pemula (mahasiswa), praktisi maupun peneliti yang telah berpengalaman untuk berpartisipasi dan membangun jejaring. Kumpulan makalah dalam bentuk prosiding ini merupakan ungkapan semangat para akademisi, praktisi dan mahasiswa untuk berkomunikasi dan bertukar gagasan dalam simposium tersebut. Mudah-mudahan prosiding ini dapat disebarluaskan dan dimanfaatkan oleh kalangan yang lebih luas, demi peningkatan kesejahteraan masyarakat dalam arti luas pula. Untuk itu kami berterima kasih kepada seluruh panitia yang terdiri dari dosen-dosen penginderaan jauh dan sistem informasi geografis, staf administrasi PUSPICS dan Jurusan Sains Informasi Geografis dan Pengembangan Wilayah (SIGPW), serta para asisten yang terdiri dari mahasiswa S1 dan S2 yang telah mengorbankan waktu mereka dan dengan penuh semangat menyelenggarakan acara ini. Mudah-mudahan kerja keras ini akan membawa manfaat besar bagi lembaga, bangsa dan juga masing-masing pihak yang terlibat di dalamnya.

Yogyakarta, 25 November 2015

PROJO DANOEDORO
Ketua Panitia

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL		i
HALAMAN EDITORIAL		ii
HALAMAN ISBN		iii
KATA PENGANTAR		iv
DAFTAR ISI		v
JADWAL ACARA SIMPOSIUM		xii
KUMPULAN PAPER SIMPOSIUM		
PLENARY SESSION-1(Materi)		16
PAPER KETUA IGI		
PERAN KEAHLIAN GEOGRAFI DALAM MENDUKUNG PENGEMBANGAN PROFESI TERKAIT INFORMASI GEOSPASIAL (Full Paper) <i>Hartono</i>		64
R1A – RUANG SIDANG 1 PUSPICS, 25 NOVEMBER 2015 (11.00 – 12.15)		
MANAJEMEN BENCANA - 1	001PEMODELAN HIDROLOGI <i>LIMBURG SOIL EROSION MODEL</i> (LISEM) UNTUK PREDIKSI TINGGI GENANGAN BANJIR BANDANG(Full Paper) <i>A. U. Rusdimi, P.K Widyaputra, J. Sartohadi, M.A. Setiawan, S. Ritohardoyo</i>	73
	003 PEMANFAATAN APLIKASI InaSAFE GUNA MENDUKUNG PENYUSUNAN PERANGKAT KEBIJAKAN PENANGGULANGAN BENCANA(Full Paper) <i>Adi Kurniawan, Fredy Chandra, Charlotte Morgan, Agus Wibowo, Dian Oktiari</i>	82
	022 ESTIMASI INDEKS KEBASAHAHAN BERBASIS SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS UNTUK MENDUKUNG PERINGATAN DINI BAHAYA BANJIR PADA KOTA SEMARANG(Full Paper) <i>Putra, D. M. W. K., Cahyaningtyas, W.M.</i>	92
NOTULENSI DISKUSI SESI MANAJEMEN BENCANA – 1(Notulen)		100
R1B – RUANG SIDANG 2 PUSPICS, 25 NOVEMBER 2015 (11.00 – 12.15)		
METODE ANALISIS DAN PEMODELAN SPASIAL	002 PEMODELAN POTENSI EROSI DI DAS SERANG HULU BERBASIS LOGIKA <i>FUZZY</i> (Full Paper) <i>A.N Khasanah, M.A.Setyawan</i>	103
	008 PEMODELAN SPASIAL UNTUK ANALISIS WILAYAH POTENSI LONGSOR DENGAN MENGGUNAKAN METODE SINMAP (<i>STABILITY INDEX MAPPING</i>) DI KABUPATEN BANDUNG (Full Paper) <i>Andri Noor Ardiansyah</i>	114
	012 INTERVAL KONFIDENSI UNTUK ESTIMASI PARAMETER (STUDI KASUS : DATA MAGNITUDE GEMPABUMI BULAN JULI TAHUN 2015 BERDISTRIBUSI NORMAL)(Full Paper) <i>Anggara Setyabawana Putra, TheresiaRetnoWulan</i>	123
	059 PEMODELAN SPASIAL MENGGUNAKAN <i>INVERSE DISTANCE WEIGHT</i> (IDW) DAN <i>ORDINARY KRIGING</i> DALAM EVALUASI TANAH TERCEMAR LOGAM BERAT DI LAHAN PERTANIAN (STUDI KASUS: RANCAEKEK) (Full Paper) <i>Jefri Ferliande, Idris Maxdoni Kamil, Akhmad Riqqi</i>	128
NOTULENSI DISKUSI SESI METODE ANALISIS DAN PEMODELAN SPASIAL (Notulen)		139

R1C – RUANG KULIAH 1 PUSPICS, 25 NOVEMBER 2015 (11.00 – 12.15)		
PENGOLAHAN CITRA DIGITAL PENGINDERAAN JAUH	009 PEMOTRETAN UDARA WILAYAH <i>UNRESOLVED SEGMENT</i> PERBATASAN RI-RDTL DALAM RANGKA PENYELESAIAN SENGKETA BATAS NEGARA (Full Paper) <i>Andriyana Lailissaum</i>	142
	015 EVALUASI METODE OTOMATISASI <i>CLOUD REMOVAL</i> BERDASARKAN NDVI PADA CITRA MULTITEMPORAL (Full Paper) <i>Atika Cahyawati, Macya Sita Nurdiana, Yosi Nuki Fitra Pratama, Randy Aswin</i>	150
	074 PENAMBANGAN CITRA (<i>IMAGE MINING</i>) PENGINDERAAN JAUH UNTUK PEMETAAN KERAWANAN LONGSOR LAHAN DI KABUPATEN TEMANGGUNG (Full Paper) <i>Nur Mohammad Farda</i>	154
	118 PENGARUH JUMLAH DAN METODE PENGAMBILAN TITIK SAMPEL PENGUJI TERHADAP TINGKAT AKURASI KLASIFIKASI CITRA DIGITAL PENGINDERAAN JAUH (Full Paper) <i>Projo Danoedoro</i>	162
NOTULENSI DISKUSI SESI PENGOLAHAN CITRA DIGITAL PENGINDERAAN JAUH (Notulen)		173
R2A – RUANG SIDANG 1 PUSPICS, 25 NOVEMBER 2015 (13.15 – 14.15)		
MANAJEMEN BENCANA - 2	089 ESTIMASI DEBIT PUNCAK UNTUK IDENTIFIKASI POTENSI BANJIR DI DAS JANGKOK MENGGUNAKAN PJ DAN SIG (Full Paper) <i>Sigit Heru Murti B.S, Ach. Firyal Wijdani, Aisya Jaya D, Andika Putri F*, Assyria Fahsyia U, Dian Prabantoro, Dzimar A.R.P, Nila Ratnasari</i>	176
	092 DEAGREGASI BAHAYA GEMPABUMI UNTUK DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA (Full Paper) <i>Bambang Sunardi, Sulastrri</i>	187
	111 PEMODELAN ALIRAN ABU VULKANIK GUNUNG BERAPI SEBAGAI <i>EARLY WARNING</i> TERHADAP BENCANA NASIONAL (STUDI KASUS LETUSAN GUNUNG KELUD TAHUN 2014) (Full Paper) <i>Ahmad Lubab, Ahmad Hanif Asyhar, Mohammad Hafiyusholeh, Dian C. Rini N.</i>	196
	076 PEMETAAN ZONA RAWAN LONGSOR BERBASIS SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS DAN ANALISIS KESTABILAN LERENG. STUDI KASUS: KECAMATAN NGALIYAN, KOTA SEMARANG (Full Paper) <i>Pamungkas, A.A., Putra, D.W.K.P, Wanda, F.S</i>	205
NOTULENSI DISKUSI SESI MANAJEMEN BENCANA – 2 (Notulen)		214
R2B – RUANG SIDANG 2 PUSPICS, 25 NOVEMBER 2015 (13.15 – 14.15)		
VISUALISASI KARTOGRAFI	026 GENERALISASI KARTOGRAFIS PADA PETA RUPABUMI INDONESIA (RBI) SKALA 1:25.000 MENJADI 1:50.000 (Full Paper) <i>Danang Budi Susetyo</i>	217
	047 PEMBUATAN PETA KECAMATAN PERBATASAN INDONESIA - MALAYSIA (Full Paper) <i>Gama Hirawan Utomo, Farid Yuniar dan Lulus Hidayatno</i>	226
	049 KAJIAN ESTETIKA PETA TEMATIK SECARA VISUAL BERDASARKAN DESAIN TATA LETAK PETA (Full Paper)	233

	<i>Grefie Dwinita, Mayca Sita Nurdiana, Atika Cahyawati, Yosi Nuki Fitra Pratama, Indah Octavia Koeswandari, Kusuma Wardani Laksitaningrum, Tantri Utami Widaningtyas</i>	
	004 VISUALISASI DAN ANALISIS SPATIO TEMPORAL UNTUK EVALUASI ZONASI TATA RUANG DENGAN GOOGLE EARTH ENGINE (STUDI KASUS: KABUPATEN SLEMAN, DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA)(Full Paper)	239
	<i>Aditya Sanjaya, Rahmah Devi Hapsari, Trias Aditya</i>	
	046 PETA INFOGRAFIS SEBAGAI MEDIA VISUALISASI DALAM OPTIMALISASI PENGGUNAAN PETA NASIONAL(Full Paper)	246
	<i>Fithrotul Khikmah</i>	
NOTULENSI DISKUSI SESI VISUALISASI KARTOGRAFI(Notulen)		251
R2C – RUANG KULIAH 1 PUSPICS, 25 NOVEMBER 2015 (13.15 – 14.15)		
KAJIAN METEOROLOGI DAN KLIMATOLOGI	104 ANALISIS PERUBAHAN AWAL MUSIM HUJAN BERDASARKAN PREDIKSI CURAH HUJAN UNTUK PENENTUAN MASA TANAM DAN PRODUKTIVITAS PADI SAWAH TADAH HUJAN DI KABUPATEN CIANJUR(Full Paper)	256
	<i>Yosafat Donni Haryanto, Armi Susandi, Edvin Aldrian</i>	
	106 ANALISIS HUBUNGAN RUANG TERBUKA HIJAU TERHADAP IKLIM MIKRO DI KAWASAN PERKOTAAN KLATEN MENGGUNAKAN CITRA ALOS PAN-SHARPENED(Full Paper)	266
	<i>Eni Susanti, Iswari Nur Hidayati, Anindita Indraputra</i>	
	107 PEMANFAATAN SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS UNTUK ANALISIS PENGGUNAAN LAHAN TERHADAP SEBARAN SPASIAL SUHU UDARA DI KECAMATAN SEMARANG UTARA. (Full Paper)	275
	<i>Alke Caroline Helena Maru, Iswari Nur Hidayati</i>	
	109 MODEL SISTEM INFORMASI KEKERINGAN(Full Paper)	282
	<i>Sudaryatno</i>	
NOTULENSI DISKUSI SESI KAJIAN METEOROLOGI DAN KLIMATOLOGI(Notulen)		296
R3A - RUANG SIDANG 1 PUSPICS, 25 NOVEMBER 2015 (15.00 – 16.15)		
TATA RUANG DAN PERENCANAAN WILAYAH	093 PEMANFAATAN APLIKASI SIG BERBASIS WEB UNTUK PENATAAN SEKTOR PERTAMBANGAN INDONESIA(Full Paper)	299
	<i>Surya Herjuna, Dimar Wahyu Anggara, Bayu Raharja</i>	
	037 IDENTIFIKASI AGIHAN BARKHAN PADA ZONA INTI GUMUK PASIR PARANGTRITIS DENGAN MENGGUNAKAN DATA UAV (Full Paper)	307
	<i>Edwin Maulana, Theresia Retno Wulan</i>	
	044 PEMETAAN PARTISIPATIF PELACAKAN BATAS DESA DI KOTA BLITAR DAN KABUPATEN BLITAR(Full Paper)	314
	<i>Farid Yuniar, Yogyrema Setyanto Putra, Fahrul Hidayat, Guridno Bintar S</i>	
	115 KAJIAN KRITERIA PENENTUAN ZONA INTI TAMAN NASIONAL BERBASIS GEOFISIK MENGGUNAKAN TEKNIK PENGINDERAAN JAUH DAN SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS (STUDI KASUS DI TAMAN NASIONAL BOGANI NANI WARTABONE)(Full Paper)	323
	<i>Nawir N. Sune</i>	
NOTULENSI DISKUSI SESI TATA RUANG DAN PERENCANAAN WILAYAH(Notulen)		331
R3B - RUANG SIDANG 2 PUSPICS, 25 NOVEMBER 2015 (15.00 – 16.15)		
GEOGRAFI	091 KELAYAKAN HUTAN MANGROVE DI PANTAI TIRIS DESA	334

KESEHATAN DAN LINGKUNGAN	PABEAN ILIR KEC. PASEKAN KABUPATEN INDRAMAYU SEBAGAI KAWASAN EKOWISATA MANGROVE YANG BERKELANJUTAN(Full Paper) <i>Sodikin</i>	
	038 POLA SPASIAL PERSEBARAN PENYAKIT TB PARU DI KOTA MALANG(Full Paper) <i>Endang Surjati</i>	341
	108 PEMANFAATAN CITRA GEOEYE – 1 DAN SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS UNTUK PEMODELAN SPASIAL RISIKO PENYAKIT DIARE AKUT PADA BALITA DI KECAMATAN MOYUDAN, KABUPATEN SLEMAN(Full Paper) <i>Erika Yuliantari,Prima Widayani</i>	347
	069 DISTRIBUSI SPATIAL NYAMUK TULAR PENYAKIT BERDASARKAN BENTANGLAHAN DI KABUPATEN DONGGALA DAN SIGI PROVINSI SULAWESI TENGAH(Full Paper) <i>Mujiyanto, Rosmini, Jastal, Triwibowo A.G</i>	355
	062 APLIKASI PENGINDERAAN JAUH DAN SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS UNTUK PENENTUAN KUALITAS AIR DI PERAIRAN SEKOTONG, LOMBOK BARAT(Full Paper) <i>Ade Intan P, Anggun Detrina N, Hafidh Alfian A, Kusuma Wardani L, Widyaniisa Rahmayani , Yan Nur Hidayat</i>	364
NOTULENSI DISKUSI SESI GEOGRAFI KESEHATAN DAN LINGKUNGAN(Notulen)		374
R3C - RUANG KULIAH 1 PUSPICS, 25 NOVEMBER 2015 (15.00 – 16.15)		
EVALUASI LAHAN DAN AKUISISI DATA	053 EVALUASI KESESUAIAN LAHAN UNTUK TANAMAN KEDELAI MENGGUNAKAN <i>MULTI-CRITERIA ANALYSIS</i> DI KECAMATAN PUJUT, LOMBOK TENGAH, NUSA TENGGARA BARAT (Full Paper) <i>Ima Rahmawati, Arnellya Fitri, Aziz Wahyu Kuncoro, Desi Ariska Putri, Dian Resti Mawarni, Faisal Ashaari, M Radito Pratomo</i>	379
	102 INTEGRASI SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS DENGAN SUMBERDAYA LAHAN UNTUK PENENTUAN TINGKAT KEKRITISAN DAERAH ALIRAN SUNGAI NGALANG, KABUPATEN GUNUNG KIDUL(Full Paper) <i>Yoesep Budianto, Rusma Prima R, Umma Iltizam, Nia Kurniawati, Dwi Nofiana G.P, Lailatus Syukriyah</i>	388
	035 PEMOTRETAN UDARA DENGAN UAV UNTUK MENDUKUNG KEGIATAN KONSERVASI KAWASAN GUMUK PASIR PARANGTRITIS(Full Paper) <i>Edwin Maulana, Theresia Retno Wulan</i>	399
	018 STUDI PERUBAHAN PENUTUP LAHAN TERHADAP PERUBAHAN DEBIT PUNCAK DI DAS WOSEA(Full Paper) <i>Bayu Raharja, Muhammad Fauzi, Nur Fathurrahman A</i>	408
NOTULENSI DISKUSI SESIEVALUASI LAHAN DAN AKUISISI DATA(Notulen)		420
POSTER SESSION-1		
048 PEMANFAATAN SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS UNTUK PENYAJIAN HASIL PEMILIHAN UMUM TAHUN 2014 DI DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA(Full Paper) <i>Gilang Adinugroho, Nugroho Hartanto</i>		424
071 ANALISIS PENGINDERAAN JAUH DAN PEMETAAN SEBAGAI UPAYA MITIGASI BENCANA LONGSOR DI DAERAH KECAMATAN GUNUNGPATI, SEMARANG (Full Paper) <i>Daniel Kristianto Setyawan, David Widyanto, Galang Virgiawan, Nicholas Bastian, Zuhdi Azmi</i>		433

<i>Fauzi</i>		
114 ANALISIS SPASIAL ARAH PERKEMBANGAN KOTA GORONTALO MENGGUNAKAN CITRA LANDSAT MULTI TEMPORAL(Full Paper)		442
<i>Sri Maryati, Nawir Sune, Sutarno</i>		
PLENARY SESSION-2(Materi)		446
K4B - RUANG SIDANG 2 PUSPICS, 26 NOVEMBER 2015 (08.30 – 09.45)		
MANAJEMEN BENCANA - 3	025 APLIKASI MODEL PEMBANGKIT DATA IKLIM DALAM ANALISIS RISIKO KEKERINGAN PERTANIAN BERBASIS DATA SPASIAL MENENGAH: KASUS PADA BUDIDAYA KENTANG DI KAWASAN DIENG(Full Paper) <i>D. P. Adikarma Mandala, Junun Sartohadi, Danang Sri Hadmoko</i>	492
	054 PENILAIAN HUBUNGAN BENCANA BANJIR DAN PERUBAHAN PENGGUNAAN LAHAN SECARA SPATIAL-TEMPORAL DI PANTAI UTARA JAWA(Full Paper) <i>Imam Setyo Hartanto, Rini Rachmawati</i>	502
	084 APLIKASI SIG UNTUK PEMETAAN ZONA KERENTANAN GERAKAN TANAH (STUDI KASUS: KABUPATEN DAN KOTA MOJOKERTO)(Full Paper) <i>Robby Arafad , Yanto Budisusanto</i>	511
	086 APLIKASI GIS DAN PENGINDERAAN JAUH DALAM PENGEMBANGAN RESIKO API (<i>FIRE RISK</i>) DI LANSEKAP KELAPA SAWIT: KASUS STUDI KALIMANTAN TENGAH, INDONESIA (Full Paper) <i>Sakti Anggara, Muhammad Silmi</i>	519
	036 PEMETAAN MULTI-RAWAN KABUPATEN MALANG BAGIAN SELATAN DENGAN MENGGUNAKAN PENDEKATAN BENTANGALAM(Full Paper) <i>Edwin Maulana, Theresia Retno Wulan</i>	526
NOTULENSI DISKUSI SESI MANAJEMEN BENCANA – 3(Notulen)		535
K4C - RUANG KULIAH 1 PUSPICS, 26 NOVEMBER 2015 (08.30 – 09.45)		
TATA RUANG DAN PERENCANAAN WILAYAH DAN SURVEI KEKOTAAN	110 KONTRIBUSI CITRA PENGINDERAAN JAUH UNTUK PELACAKAN ZONA POTENSIAL PENYUMBANG SEDIMEN WADUK MRICA, BANJARNEGARA, JAWA TENGAH(Full Paper) <i>Totok Gunawan</i>	539
	041 PENTINGNYA TINJAUAN ASPEK GEOLOGI DALAM SUATU PERENCANAAN WILAYAH DAN KOTA GUNA TERCIPTANYA KAWASAN HUNIAN YANG IDEAL(Full Paper) <i>First Ferdian Dheswara Adji Maryadi, Kemala Medika Putri</i>	554
	005 ANALISIS ARAH DAN FAKTOR PERKEMBANGAN KOTA MATARAM DENGAN CITRA MULTITEMPORAL(Full Paper) <i>Ajeng Murtisari, Lia Lovianisa, Kuncoro Purba Wasisa, Mayca Sita Nurdiana</i>	562
	033 IMPLIKASI DEURBANISASI TERHADAP GAYA HIDUP PENDUDUK KAMPUNG DI WILAYAH PINGGIRAN PERKOTAAN, STUDI KASUS DI PERKAMPUNGAN KARAWACI, KABUPATEN TANGERANG, BANTEN(Full Paper) <i>Dwiyanti Kusumaningrum</i>	570
	042 KARAKTERISTIK BATAS WILAYAH ADMINISTRASI DAERAH DI INDONESIA BERDASARKAN TIPOLOGI BATAS WILAYAH (Full Paper)	581

	<i>Fahrul Hidayat, Yulia Indri Astuty, Suryant, Guridno Bintar Saputro</i>	
NOTULENSI DISKUSI SESI TATA RUANG DAN PERENCANAAN WILAYAH DAN SURVEI KEKOTAAN(Notulen)		591
K5A - RUANG SIDANG 1 PUSPICS, 26 NOVEMBER 2015 (13.00 – 14.15)		
KAJIAN METEOROLOGI DAN KLIMATOLOGI	056 PEMANFAATAN DATA MULTI SATELIT ALTIMETRI UNTUK KAJIAN KENAIKAN MUKA AIR LAUT PERAIRAN PULAU JAWA DARI TAHUN 1995 s.d 2014(Full Paper) <i>Isna Uswatun Khasanah, Leni S. Heliani, Abdul Basith</i>	596
	100 RELASI FAKTOR REFLEKTIFITAS RADAR DENGAN INTENSITAS CURAH HUJAN UNTUK RADAR C-BAND DI SOROAKO, SULAWESI SELATAN(Full Paper) <i>Vera Arida, Zadrach L. Dupe, Findy Renggono</i>	606
	039 PENGGUNAAN INDEKS IKLIM GLOBAL DAN CURAH HUJAN SEBAGAI <i>EARLY WARNING SYSTEM</i> (EWS) BENCANA LONGSOR DI KABUPATEN BANJARNEGARA – JAWA TENGAH(Full Paper) <i>Eri Nofian, Bayu Dwi Apri Nugroho, Ismail Wahab</i>	616
	050 PEMANFAATAN CITRA MTSAT-2R, TRMM-2A12, DAN ASTER GDEM-2 UNTUK ESTIMASI CURAH HUJAN DI JAWA BAGIAN TENGAH(Full Paper) <i>Hamim Zaky Hadibasyir, Hartono</i>	624
NOTULENSI DISKUSI SESIKAJIAN METEOROLOGI DAN KLIMATOLOGI (Notulen)		633
K5B - RUANG SIDANG 2 PUSPICS, 26 NOVEMBER 2015 (13.00 – 14.15)		
KAJIAN VEGETASI DAN KEHUTANAN	031 KAJIAN HUBUNGAN ANTARA <i>FRACTIONAL VEGETATION COVER</i> (FVC) DENGAN TINGKAT EROSI BERBASIS <i>REVISED UNIVERSAL SOIL LOSS EQUATION</i> (RUSLE) DI DAS GESING MELALUI ANALISIS CITRA LANDSAT-8 OLI DAN SIG RASTER (Full Paper) <i>Diwyacitta Dirda Gupita, Sigit Heru Murti B.S.</i>	635
	051 ESTIMASI STOK KARBON HUTAN MANGROVE KAWASAN SEGORO ANAK PADA KAWASAN TAMAN NASIONAL ALAS PURWO BANYUWANGI, JAWA TIMUR(Full Paper) <i>Hendry Frananda, Nursida Arif</i>	643
	072 PEMODELAN ALOS PALSAR UNTUK ESTIMASI KANDUNGAN BIOMASSA ATAS PERMUKAAN DAN KARBON TEGAKAN HUTAN BERDASARKAN HABITAT DI SEBAGIAN TAMAN NASIONAL KERINCI SEBLAT PROVINSI SUMATERA BARAT (Full Paper) <i>Nirmawana Simarmata, Hartono</i>	651
	099 PEMETAAN KEMAMPUAN LAHAN DAN INDEKS POTENSI LAHAN UNTUK ARAHAN PENGGUNAAN LAHAN PERTANIAN DENGAN MENGGUNAKAN PENGINDERAAN JAUH DAN SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS(Full Paper) <i>Trihatmaja Adi Nugraha, Rukiyya Sri Rayati Harahap, Ainil Mardhiah, M. Randy Aswin, Anugerah Ramadhian A.P, Prayoga Try Sagita, Azzadiva Ravi Sawungrana Wirastuti Widyatmanti</i>	651
	119 PENGARUH RESOLUSI SPASIAL CITRA PENGINDERAAN JAUH TERHADAP ESTIMASI LEAF AREA INDEX MANGROVE DI KEPULAUAN KARIMUNJAWA JAWA TENGAH(Full Paper) <i>Muhammad Kamal, Pramaditya Wicaksono, Dimar Wahyu Anggara, Muhammad Hafizt</i>	667
NOTULENSI DISKUSI SESI KAJIAN VEGETASI DAN KEHUTANAN (Notulen)		675

K5C - RUANG KULIAH 1 PUSPICS, 26 NOVEMBER 2015 (13.00 – 14.15)		
TOPIK LAIN TERKAIT SPASIALISASI INFORMASI GEOGRAFI - 1	013 IDENTIFIKASI KESESUAIAN LAHAN UNTUK PENGEMBANGAN KOMODITAS PERKEBUNAN DI PROVINSI JAMBI(Full Paper) <i>Ari Murdimanto</i>	679
	024 IDENTIFIKASI POTENSI KAWASAN KONSERVASI PERAIRAN DI KABUPATEN MALUKU TENGGARA BARAT BERDASARKAN ANALISIS MARXAN(Full Paper) <i>Christian Handayani, Dirga Daniel, Estradivari</i>	690
	030 ANALISIS PENGARUH FAKTOR PENDORONG PERUBAHAN TERHADAP AKURASI MODEL INTEGRASI <i>CELLULAR AUTOMATA</i> DAN REGRESI LOGISTIK BINER BERDASARKAN PETA PERUBAHAN SAWAH KLATEN DAN SEKITARNYA (Full Paper) <i>Dicky Setiady, Projo Danoedoro</i>	699
	055 PEMETAAN POTENSI KEKERINGAN MENGGUNAKAN <i>TOPOGRAPHIC WETNESS INDEX (TWI)</i> DAN <i>TASSELED CAP</i> LANDSAT 8 DI KECAMATAN PUJUT, KABUPATEN LOMBOK TENGAH(Full Paper) <i>Intan Khaeruli F , Atika Cahyawati ,Defa Herdianta S, Fajar Dewangga, Akbar Cahyadhi Pratama Putra, Basuki Rakhmat, Nur Ramadhan Bayu</i>	709
	029 REKOMENDASI PENGELOLAAN DAS MENGGUNAKAN CITRA ALOS AVNIR (STUDI KASUS: DAS KAYANGAN, KABUPATEN KULONPROGO)(Full Paper) <i>Dian Prabantoro, Nila Ratnasari, Erika Dwi Candra</i>	719
NOTULENSI DISKUSI SESI TOPIK LAIN TERKAIT SPASIALISASI INFORMASI GEOGRAFI – 1(Notulen)		728
K6A - RUANG SIDANG 1 PUSPICS, 26 NOVEMBER 2015 (15.00 – 16.15)		
ESSTIMASI PRODUKSI DAN PENGGUNAAN LAHAN	043 ESTIMASI PRODUKSI PADI UNTUK MENGETAHUI TINGKAT KEMANDIRIAN PANGAN DI SEBAGIAN KABUPATEN LOMBOK BARAT(Full Paper) <i>Faiz Fahmi Baihaqi, Erika Dwi Candra, Yogi Prabowo, Iis Sugiarti Ari Widayati, Valentian Sidik Wiworo</i>	732
NOTULENSI DISKUSI SESI ESSTIMASI PRODUKSI DAN PENGGUNAAN LAHAN (Notulen)		742
K6B - RUANG SIDANG 2 PUSPICS, 26 NOVEMBER 2015 (15.00 – 16.15)		
TOPIK LAIN TERKAIT SPASIALISASI INFORMASI GEOGRAFI - 2	064 PENGARUH RESOLUSI SPASIAL DIGITAL ELEVATION MODEL TERHADAP KEMIRINGAN LERENG(Full Paper) <i>Adi Artanto, M. Syahdan A.S.</i>	744
	094 APLIKASI PENGINDERAAN JAUH DAN SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS UNTUK PEMETAAN KERAWANAN LONGSOR LAHAN DI KABUPATEN TEMANGGUNG(Full Paper) <i>Suryanti, Nur Mohammad Farda</i>	751
NOTULENSI DISKUSI SESI TOPIK LAIN TERKAIT SPASIALISASI INFORMASI GEOGRAFI – 2(Notulen)		760
K6C - RUANG KULIAH 1 PUSPICS, 26 NOVEMBER 2015 (15.00 – 16.15)		
TOPIK LAIN TERKAIT SPASIALISASI INFORMASI GEOGRAFI - 3	023 PENGARUH KONTEKSTUALITAS DATA ATRIBUTTERHADAP HASIL BELAJAR SISWA DALAM PEMBELAJARAN GEOGRAFI (Full Paper) <i>Chandra Adiputra</i>	762
	085 PENILAIAN KUALITAS AIR MENGGUNAKAN CITRA PENGINDERAAN JAUH DAN SIG DI SEBAGIAN PESISIR	770

	<p>KECAMATAN SEKOTONG DAN GERUNG, LOMBOK BARAT (Full Paper) <i>Ruslisan, Nur Hafizul Kalam, Aglis Cahya Dwininta, Muhammad, Hasnan Habibi, Ernawati Tri Rahayu, Nurkhovia Dewi, Eleonora Easter Henny K, Wirastuti Widyatmanti,</i></p> <p>082 PEMETAAN LAHAN POTENSIAL MANGROVE MENGGUNAKAN CITRA LANDSAT OLI DAN SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS DI DELTA MAHAKAM, KALIMANTAN TIMUR(Full Paper) <i>Ratri Ma 'rifatun Nisaa', Nurul Khakhim</i></p> <p>120 PERBANDINGAN AKURASI METODE BAND TUNGGAL DAN BAND RASIO UNTUK PEMETAAN BATIMETRI PADA LAUT DANGKAL OPTIS(Full Paper) <i>Pramaditya Wicaksono</i></p>	<p></p> <p>781</p> <p>792</p>
NOTULENSI DISKUSI SESITOPIK LAIN TERKAIT SPASIALISASI INFORMASI GEOGRAFI – 3 (Notulen)		801
POSTER SESSION-2		
<p>010 PEMANTAUAN KONDISI PILAR CBNDRF PERBATASAN INDONESIA - TIMOR LESTE (Full Paper) <i>Andriyana Lailissaum, Muhammad Nurman</i></p> <p>032 KAJIAN PEMANFAATAN CITRA NOAA UNTUK PENDUGAAN POTENSI IKAN DI WILAYAH PENGELOLAAN PERIKANAN (WPP) 573(Full Paper) <i>Dwi Sri Wahyuningsih, Th. Retno Wulan</i></p> <p>098 PEMODELAN SPASIAL BANJIR ROB DI PESISIR PEKALONGAN DENGAN MEMANFAATKAN DEM RESOLUSI 10M DARI ALGORITMA ANUDEM(Full Paper) <i>Trida Ridho Fariz, Dwi Fathimah Zahra</i></p> <p>115 KAJIAN KRITERIA PENENTUAN ZONA INTI TAMAN NASIONAL BERBASIS GEOFISIK MENGGUNAKAN TEKNIK PENGINDERAAN JAUH DAN SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS (Studi Kasus di Taman Nasional Bogani Nani Wartabone) (Full Paper) <i>Nawir N. Sune</i></p>		<p>804</p> <p>813</p> <p>822</p> <p>830</p>

JADWAL ACARA SIMPOSIUM NASIONAL SAINS GEOINFORMASI 2015 – PUSPICS UGM

HARI PERTAMA: RABU, 25 NOVEMBER 2015

Waktu (WIB)	Acara				Poster
07.30-08.30	Persiapan dan Registrasi Peserta Tempat: Teras Selatan Auditorium Merapi				Persiapan dan pemasangan Poster Session hari ke-1 Tempat: Teras Utara Auditorium Merapi
08.30-09.00	Pembukaan dan Sambutan: <ul style="list-style-type: none">Drs. Projo Danoedoro, M.Sc., Ph.D. (Ketua Panitia Simposium)Prof. Dr. Rijanta, M.Sc.(Dekan Fakultas Geografi UGM) Tempat: Auditorium Merapi				R1P-02 012, R1P-04 048, R1P-05 071, R1P-08 091,R1P-10 114
09.00-10.30	Plenary Session 1 <ul style="list-style-type: none">Prof. Dr. Hartono, DEA., DESS. (Ketua Ikatan Geograf Indonesia – IGI)Dr. Suprajaka, M.T. (Kepala Pusat Standarisasi Kelembagaan Informasi Spasial [PSKIG] mewakili Kepala Badan Informasi Geospasial – BIG) Tempat: Auditorium Merapi				
10.30-11.00	Coffee break Tempat: Teras Utara Auditorium Merapi				Poster Session hari ke-1
11.00-12.15	Parallel Session 1	Ruang Sidang 1 PUSPICS (A) (MANAJEMEN BENCANA)	Ruang Sidang 2 PUSPICS (B) (Metode Analisis & Pemodelan Spasial)	Ruang Kelas 1 PUSPICS (C) (Akuisisi & Pengolahan Data PJ)	
	Moderator	Dr. Sudaryatno	Dr. Taufik Heri P	Dr. Pramaditya W	
	11.00-11.15	R1A-01 001	R1B-01 002	R1C-01 009	
	11.15-11.30	R1A-02 003	R1B-02 008	R1C-02 015	
	11.30-11.45	R1A-04 022	R1B-03 012	R1C-03 074	
	11.45-12.00		R1B-04 059	R1C-04118	
	12.00-12.15				
12.15-13.15	Ishoma				Poster Session hari ke-1
13.15-14.15	Parallel Session 2	Ruang Sidang 1 PUSPICS (A) (MANAJEMEN BENCANA)	Ruang Sidang 2 PUSPICS (B) (VISUALISASI KARTOGRAFI)	Ruang Kelas 1 PUSPICS (C) (KAJIAN METKLIM)	
	Moderator	Dr. Nurul Khakhim	Totok WW, MSc	NM Farda, MCs	
	13.15-13.30	R2A-01 089	R2B-01 026	R2C-01 104	
	13.30-13.45	R2A-02 092	R2B-02 047	R2C-02 106	
	13.45-14.00	R2A-03111	R2B-03049	R2C-03 107	
	14.00-14.15	R2A-04 076	R2B-04 004	R2C-04 109	
	14.15-14.30		R2B-05 046		
14.15-15.00	Coffee break Tempat: Teras Utara Auditorium Merapi				Poster Session hari ke-1
15.00-16.15	Parallel Session 3	Ruang Sidang 1 PUSPICS (A) (TATA RUANG & PERENCANAAN WILAYAH)	Ruang Sidang 2 PUSPICS (B) (GEOGRAFI KESEHATAN & LINGKUNGAN)	Ruang Kelas 1 PUSPICS (C) (EVALUASI LAHAN)	
	Moderator	Dr. Suharyadi	Prima W, MSi	Karen SH, MSc	
	15.00-15.15	R3A-01 037	R3B-01 038	R3C-01 018	
	15.15-15.30	R3A-02 044	R3B-02062	R3C-02 035	
	15.30-15.45	R3A-03 093	R3B-03 069	R3C-03 053	
	15.45-16.00	R3A-05 115	R3B-04 108	R3C-04 102	
	16.00-16.15		R3B-05 091		

HARI KEDUA: KAMIS, 26 NOVEMBER 2015

Waktu (WIB)	Acara				Poster
07.30-08.30	Persiapan dan Registrasi Peserta Tempat: Teras Utara Auditorium Merapi				Persiapan dan pemasangan Poster Session hari ke-2 Tempat: Teras Utara Auditorium Merapi
08.30-09.45	Parallel Session 4	Ruang Sidang 1 PUSPICS (A) (Sesi PSKIG BIG)	Ruang Sidang 2 PUSPICS (B) (MANAJEMEN BENCANA 2)	Ruang Kelas 1 PUSPICS (C) (TATA RUANG, PERENCANAAN WILAYAH & SURVEI KEKOTAAN)	K2P-02 010, K2P-04 029, K2P-05 032, K2P-06 033, K2P-07 036, K2P-09 098, K2P-10 115
	Moderator	Projo D., PhD	Dr. Sudaryatno	Dr. Sigit Heru M	
	08.30-08.45	K4A-01	K4B-01 025	K4C-01 110	
	08.45-09.00	K4A-02	K4B-02 054	K4C-02 041	
	09.00-09.15	K4A-03	K4B-03084	K4C-03 042	
	09.15-09.30	K4A-04	K4B-04 086	K4C-04 005	
	09.30-09.45	K4A-05	K4B-05 036	K4C-05 033	
09.45-10.30	Coffee break Tempat: Teras Utara Auditorium Merapi				Poster Session hari ke-2
10.30-12.00	Plenary Session 2 <ul style="list-style-type: none"> Dr. rer. Nat. Sumaryono, M.Sc. (Kepala Bidang Pengembangan Sumberdaya Manusia dan Industri Informasi Geospasial – BIG) Drs. Projo Danoedoro, M.Sc., Ph.D. (Ketua PUSPICS UGM / MAPIN Yogya) Tempat: Auditorium Merapi				
12.00-13.00	Ishoma				Poster Session hari ke-2
13.00-14.15	Parallel Session 5	Ruang Sidang 1 PUSPICS (A) (KAJIAN METKLIM 2)	Ruang Sidang 2 PUSPICS (B) (KAJIAN VEGETASI & KEHUTANAN)	Ruang Kelas 1 PUSPICS (C) (TOPIK LAIN TERKAIT SIG 1)	
	Moderator	Dr. Sudaryatno	Bowo Susilo, MT	Like I, MSc	
	13.00-13.15	K5A-01 039	K5B-01 031	K5C-01 013	
	13.15-13.30	K5A-02 050	K5B-02 051	K5C-02 024	
	13.30-13.45	K5A-03056	K5B-03072	K5C-03 030	
	13.45-14.00	K5A-04 100	K5B-04 099	K5C-04 055	
	14.00-14.15		K5B-04 119	K5C-05 029	
14.15-15.00	Coffee break Tempat: Teras Utara Auditorium Merapi				Poster Session hari ke-2
15.00-16.00	Parallel Session 6	Ruang Sidang 1 PUSPICS (A) (ESTIMASI PRODUKSI DAN PL)	Ruang Sidang 2 PUSPICS (B) (TOPIK LAIN TERKAIT SIG 2)	Ruang Kelas 1 PUSPICS (C) (TOPIK LAIN TERKAIT SIG 3)	
	Moderator	Dr. Sigit Heru M	Ibnu R, MCs	Dr. Nurul Khakhim	
	15.00-15.15	K6A-01 043	K6B-01 064	K6C-01 023	
	15.15-15.30		K6B-03094	K6C-03082	
	15.30-15.45			K6C-04 085	
16.00-16.30	15.45-16.00			K6C-05 120	
	Penutupan acara simposium Tempat: Auditorium Merapi				

Keterangan:

- Kode presentasi **R1A-01 001**: hari Rabu, sesi 1, ruang A, urutan presentasi 01, paper ID 001

KUMPULAN PAPER SIMPOSIUM



PLENARY SESSION – 1

24 November 2015

Auditorium Merapi, Fakultas Geografi

Prof. Dr. Hartono, DEA., DESS.

(Ketua Ikatan Geograf Indonesia – IGI)

Dr. Suprajaka, M.T.

(Kepala Pusat Standarisasi Kelembagaan Informasi Spasial [PSKIG]
mewakili Kepala Badan Informasi Geospasial – BIG)

Materi Pertama Plenary Session - 1

PERAN KEAHLIAN GEOGRAFI DALAM MENDUKUNG PENGEMBANGAN PROFESI TERKAIT INFORMASI GEOSPASIAL



OLEH : PROF. Dr. HARTONO, DEA, DESS
KETUA UMUM IKATAN GEOGRAF INDONESIA (IGI)
www.igi.net.id hp. 0811268894; hartono.geografi@ugm.ac.id

Locally Rooted, Globally Respected

www.ugm.ac.id

ISI PRESENTASI

- I. PENDAHULUAN
- II. GEOGRAFI DAN PROFESI GEOGRAFI
- III. INFORMASI GEOGRAFI, TEKNOLOGI INFORMASI GEOGRAFI
DAN DATA GEOSPASIAL
- IV. PENGEMBANGAN PROFESI GEOGRAFI DAN PROFESI SDM
TERKAIT DATA GEOSPASIAL
- V. PERAN PROFESI GEOGRAFI DALAM SOLUSI PROBLEMA
BANGSA
- VI. KESIMPULAN

Locally Rooted, Globally Respected

www.ugm.ac.id



I. PENDAHULUAN

- ELON MUSK (2015) TIGA HAL PENTING YANG MEWARNAI KEHIDUPAN KITA DI MASA DEPAN YAITU *INTERNET, PERJALANAN ANTARIKSA DAN PENGGUNAAN ENERGY YANG RAMAH LINGKUNGAN (ENERGY MATAHARI)*
- BJ HABIBIE (2005) BERPENDAPAT BAHWA BARANGSIAPA MENGUASAI INFORMASI MAKA MEREKA AKAN MENGUASAI DUNIA
- Agenda 21 di butir 40 :*" In sustainable development, everyone is a user and provider of information considered in the broad sense.*
- GEOGRAFI, KOMPETENSI GEOGRAFI, SERTIFIKASI PROFESI GEOGRAFI PERLU SEGERA DIMANTAPKAN
- DATA GEOSPASIAL ADALAH PISAU ANALISIS GEOGRAF, TELAH TERSEDIA PADA INA-GEOPORTAL pada www.big.go.id, SBG DATA WAREHOUSE
- KIPRAH GEOGRAF DGN DATA GEOSPASIAL MAKIN NYATA

Locally Rooted, Globally Respected

www.ugm.ac.id



II. GEOGRAFI DAN KOMPETENSI GEOGRAFI

- HUBUNGAN ALAM DENGAN MANUSIA
- PEMENUHAN KEBUTUHAN MANUSIA AGAR SEJAHTERA
- KOMPETENSI GEOGRAFI : PENGETAHUAN, KETRAMPILAN, ANALISIS, SIKAP DAN PERILAKU THD KINERJA PROFESIONAL GEOGRAFI
- BUMI SBG OBYEK KAJIAN DENGAN PENDEKATAN EKOLOGIS, SPASIAL, KOMPLEK WILAYAH

Locally Rooted, Globally Respected

www.ugm.ac.id

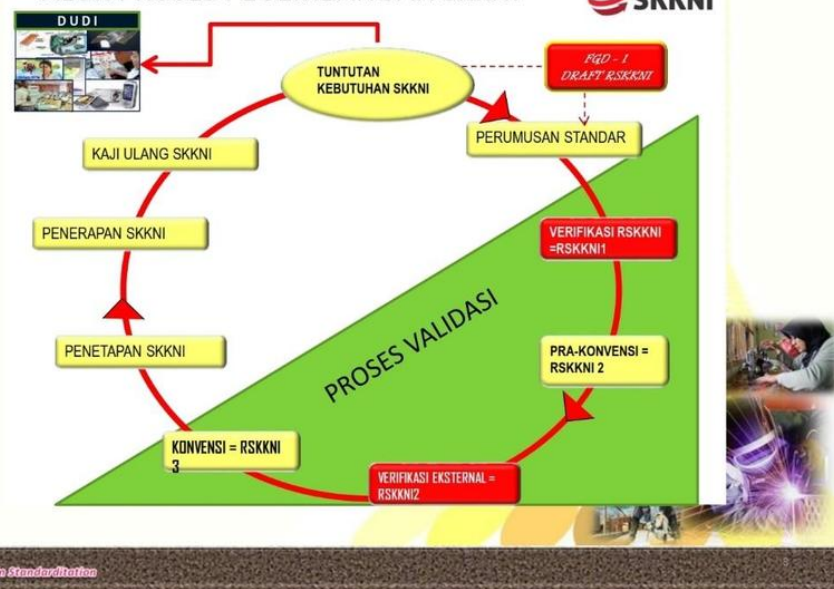


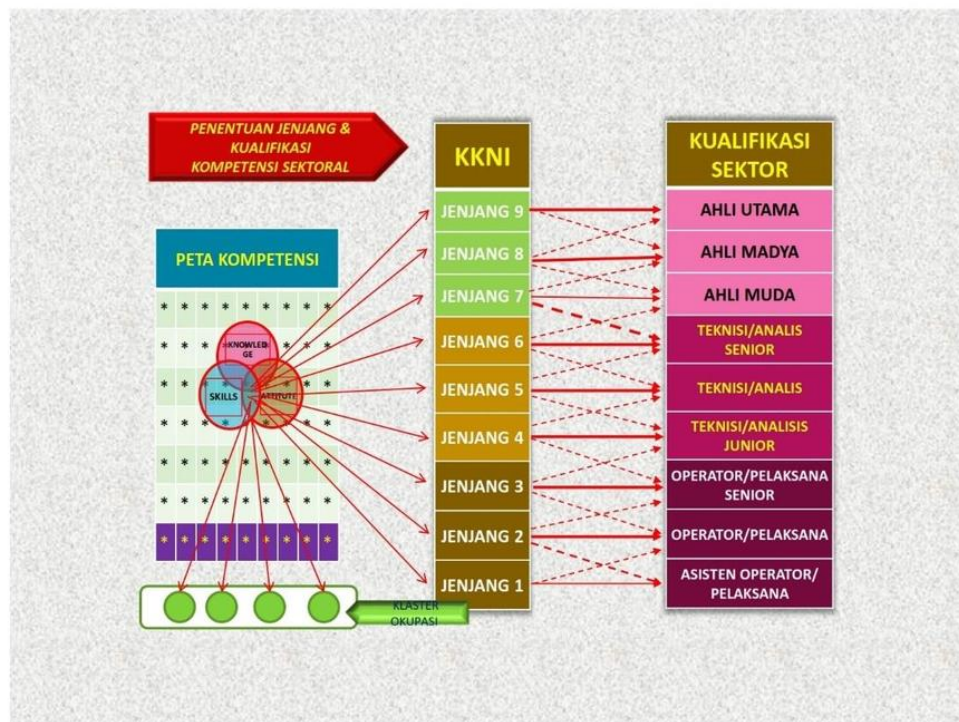
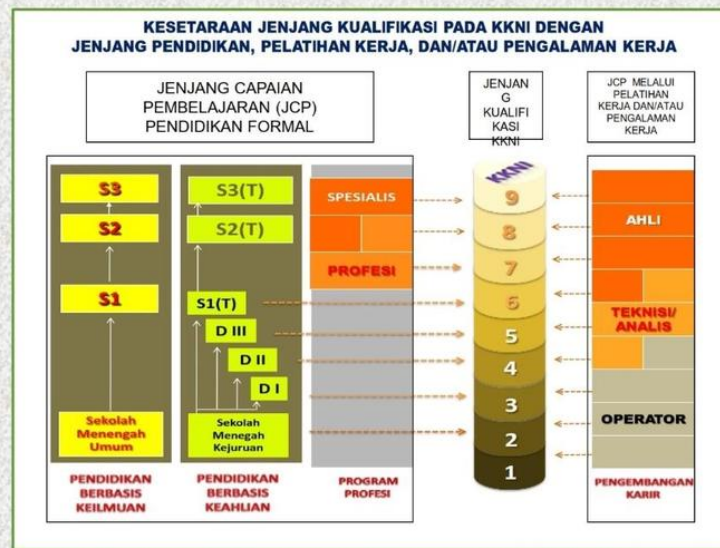
SKKNI - Standardisasi Kompetensi Kerja Nasional



adalah rumusan kemampuan kerja yang mencakup aspek **Pengetahuan, Keterampilan dan/atau Keahlian serta Sikap kerja** yang relevan dengan pelaksanaan tugas dan syarat jabatan yang ditetapkan sesuai dengan ketentuan peraturan perundang-undangan yang berlaku.

• ALUR PROSES PEGEMBANGAN SKKNI





Fungsi Utama	Unit Kompetensi
Perencanaan	1. Menyusun rencana pekerjaan IG Geografi 2. Mengidentifikasi kebutuhan substansi pekerjaan IG Geografi 3. Melakukan perencanaan pekerjaan IG Geografi
Pengumpulan Data	1. Mengumpulkan data IG Geografi 2. Menderivasi data/ informasi IG Geografi 3. Memvalidasi data IG Geografi 4. Memverifikasi data IG Geografi
Pemrosesan Data	1. Melakukan proses editing data IG Geografi 2. Menyusun peta tematik IG Geografi 3. Menyusun basisdata IG Geografi
Pengelolaan Data	1. Mengelola basisdata IG Geografi 2. Menganalisis IG Geografi 3. Mensintesis IG Geografi 4. Mengevaluasi IG Geografi
Penyajian Data	1. Merencanakan produk IG Geografi 2. Menyusun laporan produk IG Geografi 3. Mendiseminasi IG Geografi 4. Mengkomersialisasi IG Geografi

Tabel 1.
Kompetensi
sub bidang
Geografi
dalam SKNI

SKNI IG YG TELAH DAN PERLU DISUSUN

1. SURVEI TERESTRIS (SURVEYING);
2. FOTOGRAMETRI;
3. PENGINDERAAN JAUH
4. SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS
5. KARTOGRAFI,
6. HIDROGRAFI
7. **GEOGRAFI**

- A. Geografi Fisik**
 - A.1 Geomorfologi,**
 - A.2 Hidrologi,**
 - A.3 Klimatologi,**
 - A.4 Pedologi**
- B. Geografi Manusia**
 - B.1 Kependudukan,**
 - B.2 Geografi Politik,**
 - B.3 Geografi Ekonomi,**
 - B.4 Geografi Regional,**
 - B.5 Geografi Kesehatan,**
 - B.6 Geografi Sosial**
- C. PENGEMBANGAN WILAYAH**



III. INFORMASI GEOGRAFI, TEKNOLOGI INFORMASI GEOGRAFI DAN DATA GEOSPASIAL

Locally Rooted, Globally Respected

www.ugm.ac.id



DATA DAN INFORMASI GEOGRAFI

- LITHOSFER
- HIDROSFER
- ATMOSFER
- BIOSFER
- ANTROPOSFER
- SKALA 1:1.000.000 sd 1:1000
- RUANG DAN WAKTU

- ABIOTIK (TANAH, AIR, BATUAN, IKLIM)
- BIOTIK (FLORA, FAUNA)
- CULTURAL (IDEOLOGI, POLITIK, SOSIAL, EKONOMI, HANKAM,...)
- BIOME, ECOREGION,
- ECOSYSTEM, FAMILI, GENUS, SPESIES, CELL

Locally Rooted, Globally Respected

www.ugm.ac.id



Dalam standart internasional, informasi geografi diatur dalam
Geographic Information/ Geomatics, ISO/TC 211 N 573

Informasi geografi didukung dengan 10 buah teknologi berikut

- (1) **Digital survey instruments,**
- (2) **Global Positioning System,**
- (3) **Remote Sensing,**
- (4) **Geographic Information Systems,**
- (5) **Spatial Systems Engineering Tools,**
- (6) **Spatial Database Management,**
- (7) **Automated Cartography,**
- (8) **Visualisation,**
- (9) **Modeling,**
- (10) **Spatial Analysis.**

Locally Rooted, Globally Respected

www.ugm.ac.id

DATA GEOSPASIAL



- DATA GEOSPASIAL : DATA KONDISI MUKA, BAWAH DAN DI ATAS BUMI YG PENTING BAGI KEHIDUPAN.
- PP 8/2013, DATA DAN INFORMASI GEOSPASIAL BERUPA PETA, BASIS DATA, KETELITIAN PETA, SKALA, UNIT PEMETAAN, PETA DASAR, PETA TEMATIK, KORIDOR, DELINEASI DAN PETA WILAYAH.
- SKALA PETA MEMBENTUK PETA TATARUANG NASIONAL, PROVINSI, DAERAH KABUPATEN, KOTA, DAN DETIL
- BADAN INFORMASI GEOSPASIAL = LEMBAGA YG BERTANGGUNG JAWAB TTG NORMA, PEDOMAN, PANDUAN DATA GEOSPASIAL
- UU 4 TH 2011 TENTANG INFORMASI GEOSPASIAL
- UU 26 TH 2007 TENTANG PENATAAN RUANG
- KEPPRES 85 TH 2007 TENTANG JARING DATA SPASIAL NASIONAL

Locally Rooted, Globally Respected

www.ugm.ac.id



PENGUMPULAN DATA GEOGRAFI

- Survey Terestris (lapangan)
- Pemotretan Udara
- Radar Udara (airborne IFSAR)
- Citra Satelit Optis
- Citra Satelit Radar
- Airborne LIDAR

FAKTOR PENENTU :

- LUAS WILAYAH, SKALA, WAKTU,
- ANGGARAN, SDM,



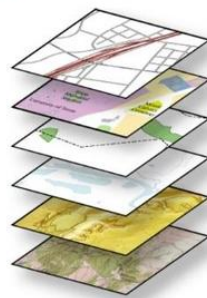
Locally Rooted, Globally Respected

www.ugm.ac.id



EKSTRAKSI UNSUR MUKA BUMI

1. Garis pantai
2. Hipsografi
3. Perairan
4. Nama Rupabumi
5. Batas Wilayah Administrasi
6. Transportasi dan Utilitas
7. Bangunan dan Fasilitas Umum
8. Penutup Lahan



Locally Rooted, Globally Respected

www.ugm.ac.id



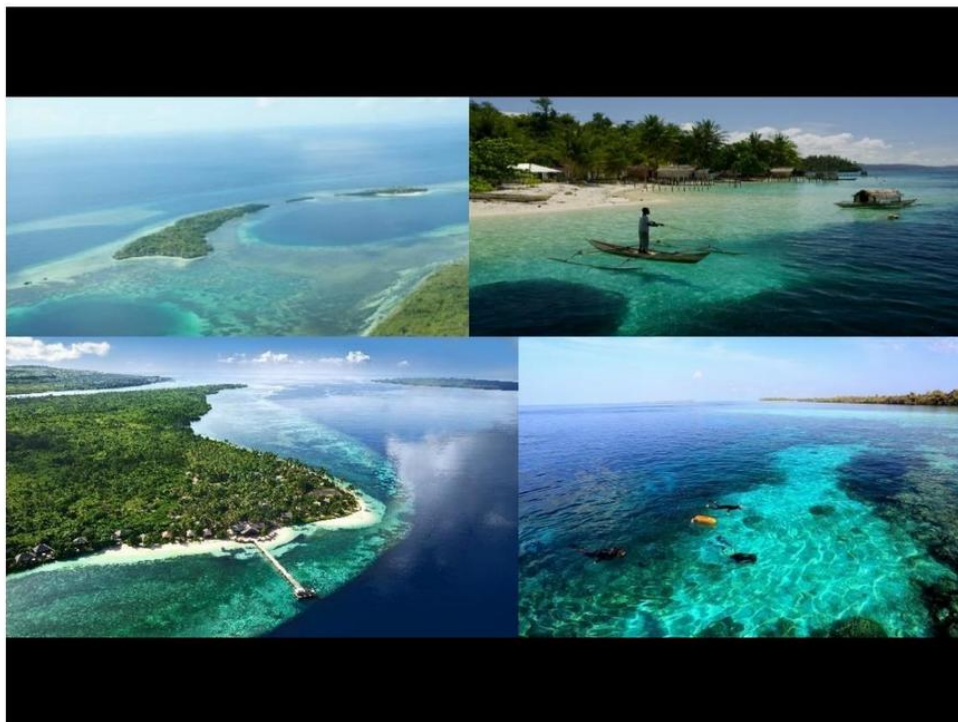
DATA DTM DAN DSM

(SUMBER : BADAN INFORMASI GEOSPASIAL)



Locally Rooted, Globally Respected

www.ugm.ac.id



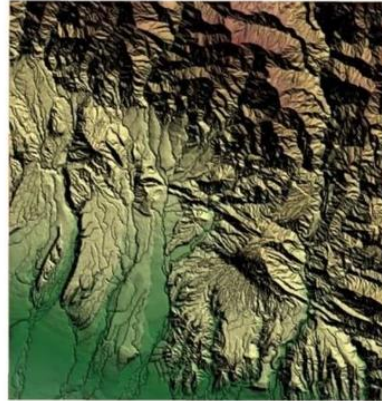


PEMBENTUKAN DTM

✦ Pembentukan DTM:

- ✦ Pengukuran mass points
- ✦ Penambahan sungai dan breaklines lainnya
- ✦ Mass points adalah titik-titik ketinggian permukaan tanah / terrain dgn sebaran dan jarak ttt sesuai skala.

- Skala jarak titik mass point
- 1 : 10.000 10 – 20 m
- 1 : 5.000 5 – 10 m
- 1 : 2.500 2.5 – 5 m
- 1 : 1.000 1 – 2 m



Locally Rooted, Globally Respected

www.ugm.ac.id

KETERSEDIAAN IGD LAUT

(Lingkungan Pantai Indonesia dan Lingkungan Laut Nasional)

No	Jenis Peta	Jumlah Total (NLP)	Telah Dipetakan sampai TA 2014 (NLP)	Belum Dipetakan (NLP)	Persentase telah dipetakan (%)
1	LPI Skala 10.000	300	0	300	0,0
2	LPI Skala 25.000	2536	8	2544	0,3
3	LPI Skala 50.000	1050	498	552	47,4
4	LPI Skala 250.000	212	147	65	67,8
5	LLN Skala 500.000	44	44	0	100,0
6	LLN Skala 250.000	150	0	150	0,0
7	LLN Skala 50.000	248	8	240	3,2

SUMBER : BADAN INFORMASI GEOSPASIAL



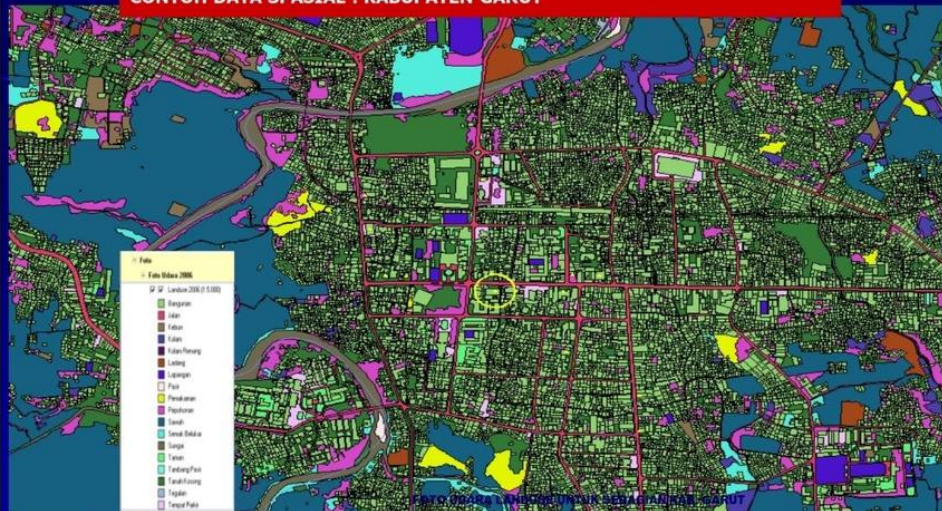
PENYAJIAN KARTOGRAFI



Locally Rooted, Globally Respected

www.ugm.ac.id

CONTOH DATA SPASIAL : KABUPATEN GARUT



IV. PENGEMBANGAN PROFESI GEOGRAFI DAN PROFESI SDM TERKAIT DATA GEOSPASIAL



- PASCA TSUNAMI ACEH, ANALISIS GEOGRAFI MAKIN MANTAP
- DATA DAN INFORMASI GEOGRAFI DIBUTUHKAN
- PROFESI GEOGRAFI MAKIN DIRASAKAN KIPRAHNYA
- DATA GEOSPASIAL, 3D, RUANG WAKTU, MENYATU DENGAN KINERJA PROFESI GEOGRAFI
- PROFESI GEOGRAFI PERLU MENGIKUTI STANDARISASI NASIONAL DAN INTERNASIONAL
- GEOGRAFI DAN GEOGRAFI KEPENDIDIKAN, KEDUANYA MENGGUNAKAN DATA GEOSPASIAL DALAM ANALISIS, SINTESIS DAN EVALUASI DATA FENOMENA ALAM DAN MANUSIA

Locally Rooted, Globally Respected

www.ugm.ac.id

V. PERAN PROFESI GEOGRAFI DALAM SOLUSI ISYU-ISYU STRATEGIS NASIONAL



1. TOL LAUT – PARADIGMA GEOMARITIM
2. KONSISTENSI TATARUANG NASIONAL – DAERAH
3. PERUBAHAN IKLIM : EL NINO; LA NINA;
4. KEBAKARAN HUTAN DAN LAHAN
5. PERIKANAN NASIONAL – INTERNASIONAL
6. PULAU2 KECIL - PERBATASAN ANTAR DAERAH/NEGARA
7. DEGRADASI LINGKUNGAN
8. ALIH FUNGSI PENGGUNAAN LAHAN – AGRARIA
9. BENCANA ALAM
10. CEK RICEK OBYEK PAJAK
11. PEMANTAUAN HEWAN LANGKA

Locally Rooted, Globally Respected

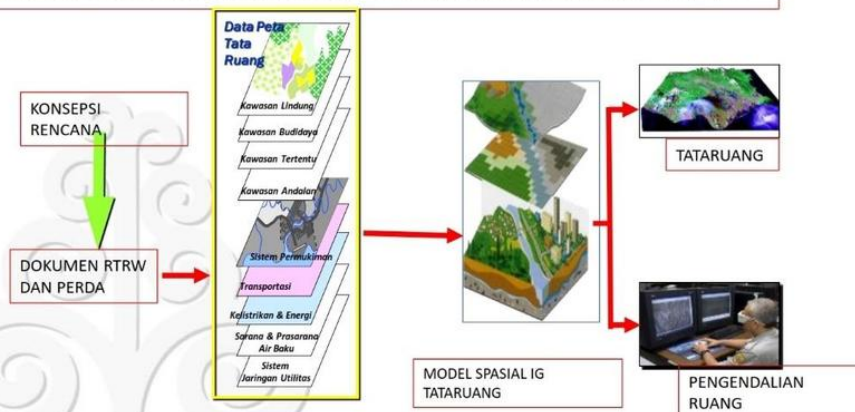
www.ugm.ac.id

5.1 JALAN TOL DI DENPASAR...TOL LAUT ...PARADIGMA GEOMARITIM



PETA SEBAGAI MODEL SPASIAL RENCANA TATA RUANG WILAYAH

PETA RTRW MERUPAKAN BAGIAN TIDAK TERPISAHKAN DARI DOKUMEN RENCANA/PERDA NYA, DALAM HAL INI PETA RTRW BERFUNGSI SEBAGAI MODEL YANG MENJELASKAN RENCANA TATA RUANG SECARA SPASIAL.





ATURAN TTG TATARUANG

• PP 26 TH 2008 TTG RTRW NASIONAL

• PP KETELITIAN PETA UTK RTRW

• **PERPRES NO. 85 TH 2007 TTG JDSN**

• KEPPRES NO 4 TH 2009 TTG KEANGGOTAAN BIG DLM BKPRN

• PERMEN PU NO 20 TH 2007 PEDOMAN TEKNIK PENYUSUNAN RTRW

• PERMEN PU NO 20/PRT/M/2011 TTG PEDOMAN PENYUSUNAN RDTR DAN PERATURAN ZONASI KABUPATEN/KOTA

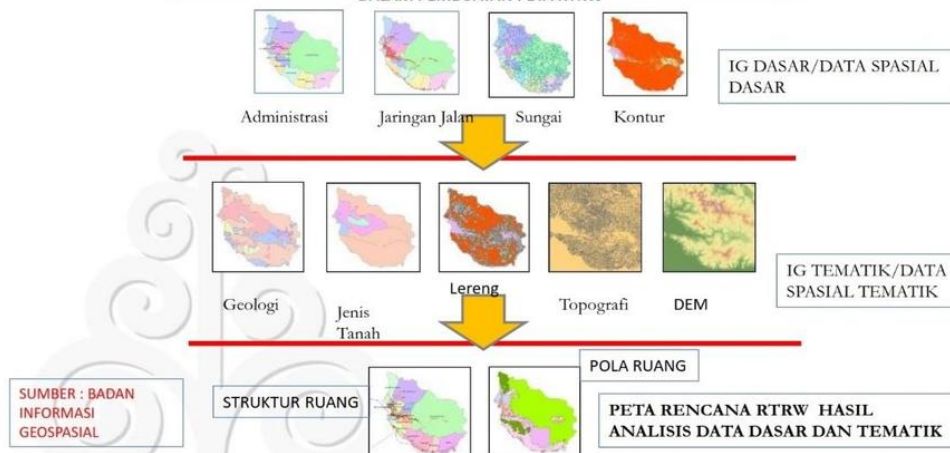
Locally Rooted, Globally Respected

www.ugm.ac.id



PERAN IG DASAR/DATA SPASIAL DASAR DAN IG TEMATIK/DATA SPASIAL TEMATIK

DALAM PEMBUATAN PETA RTRW



Locally Rooted, Globally Respected

www.ugm.ac.id

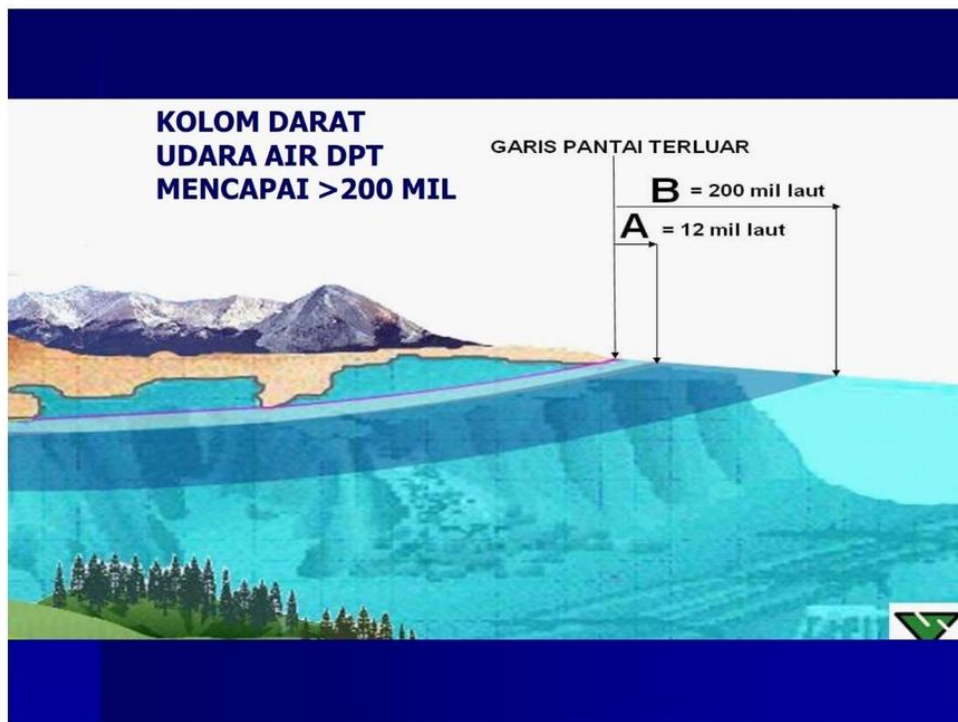
CONTOH LAYOUT PETA RTRW

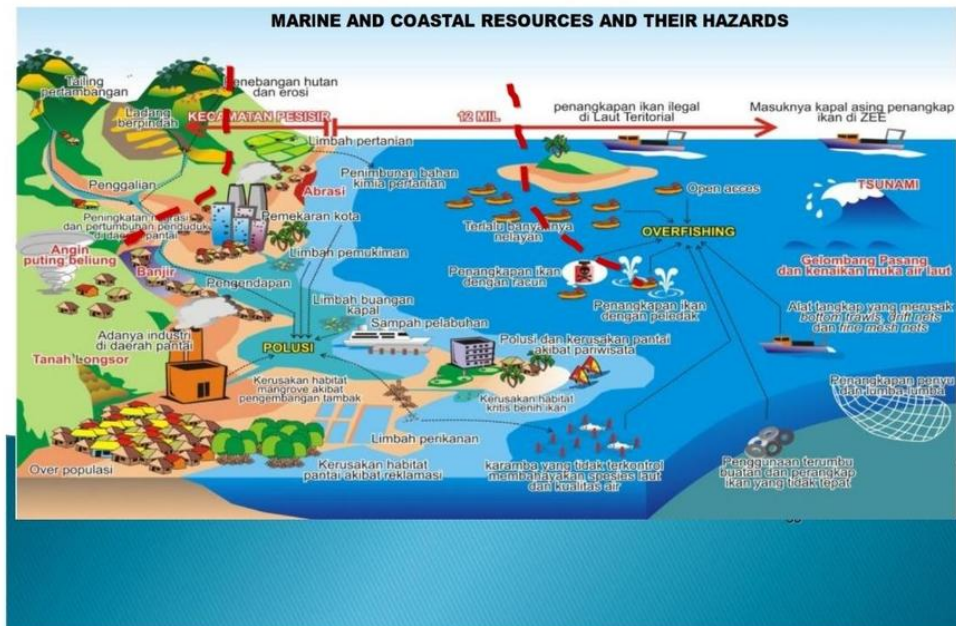


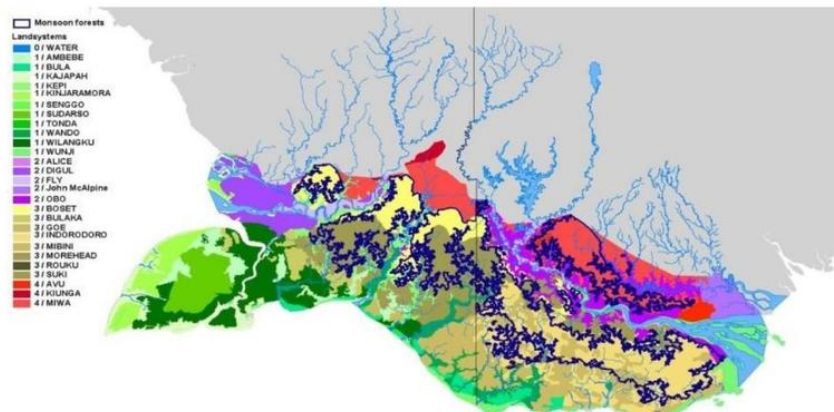
CONTOH PERMASALAHAN YANG TERJADI
DALAM PERPETAAN RDTR (2)

AKURASI DATA KURANG MEMENUHI SYARAT KETELITIAN GEOMETRIS DAN PLOTING POSISI

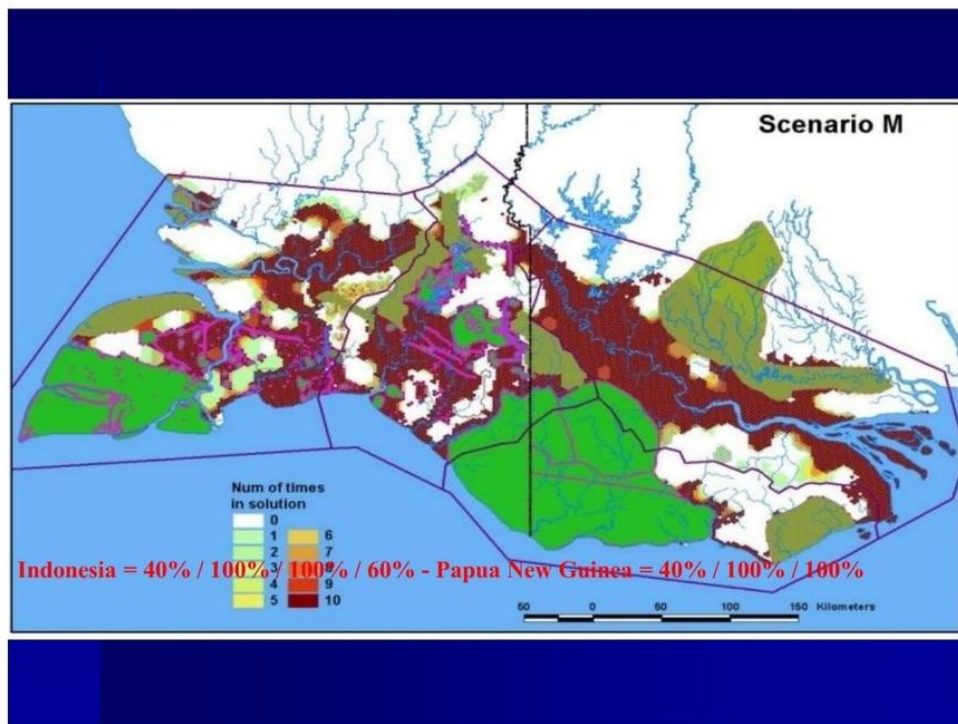








PEWILAYAHAN RUANG KONSERVASI DI ECOSYSTEM
TRANS FLY PAPUA





PENGELOLAAN P.NIPA PASCA REKLAMASI

1. Reklamasi oleh Departemen Pekerjaan Umum telah selesai pada TA.2008.
2. Pasca reklamasi telah dibuat Blue Print Rencana Pengembangan P.Nipa.



40

PEMANFAATAN TATARUANG WILAYAH DAERAH DAN NASIONAL UNTUK PEMBANGUNAN NASIONAL



- Mendukung penetapan batas wilayah nasional/internasional
- Alokasi ruang pesisir serta laut yang rasional
- Pengaturan kawasan lindung
- Penetapan kawasan budidaya
- Penetapan kawasan rawan bencana
- Keepakatan ecoregion antar 2 negara
- Penataan ruang detail kota
- Pemantapan pulau terluar

Locally Rooted, Globally Respected

www.ugm.ac.id

5.4 PENEBAHAN DAN KEBAKARAN HUTAN

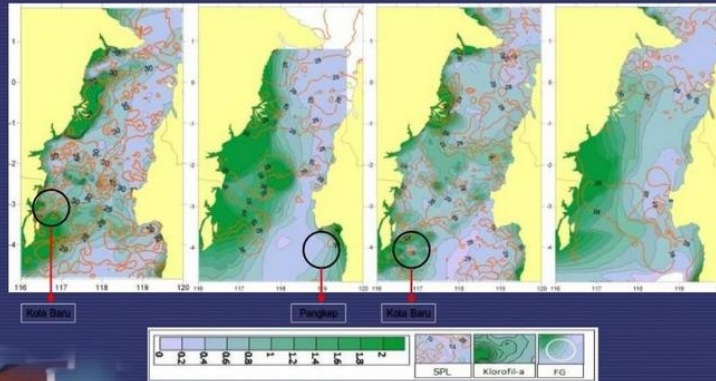


5.5
PERIK
ANAN



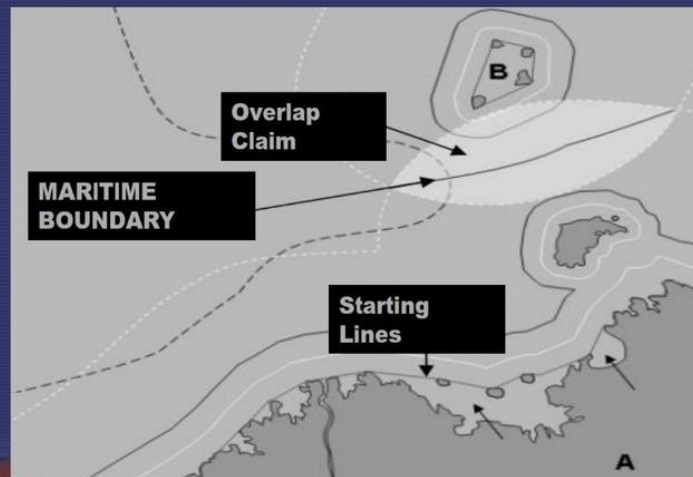
Overlay Map of SST – Chlorophyll-a – Location
of Fishing Ground (2009) (Djisman, 2011)

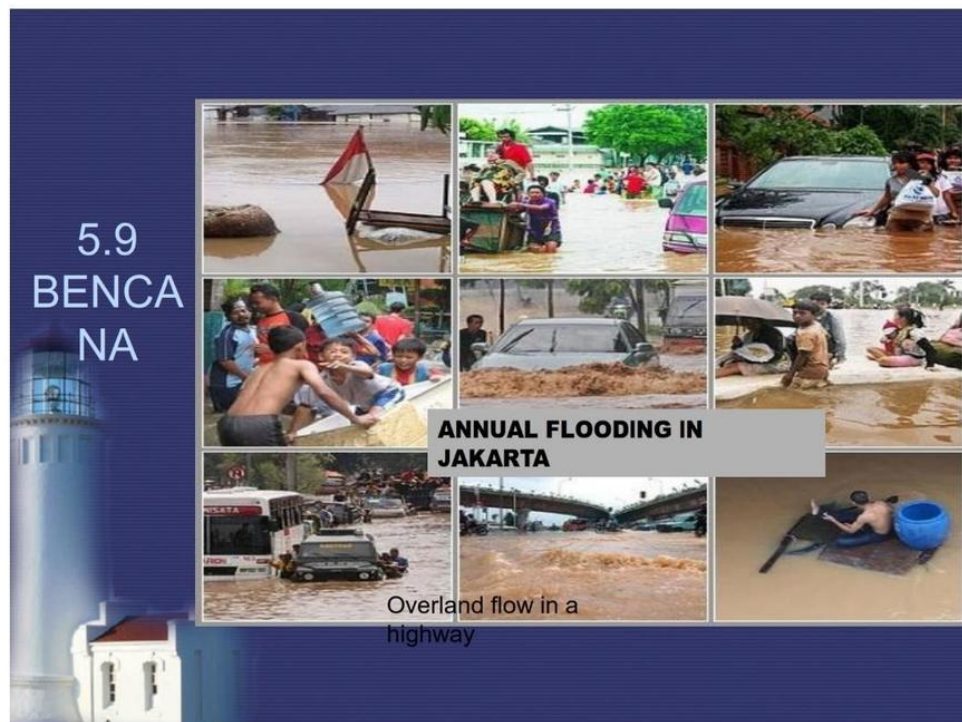
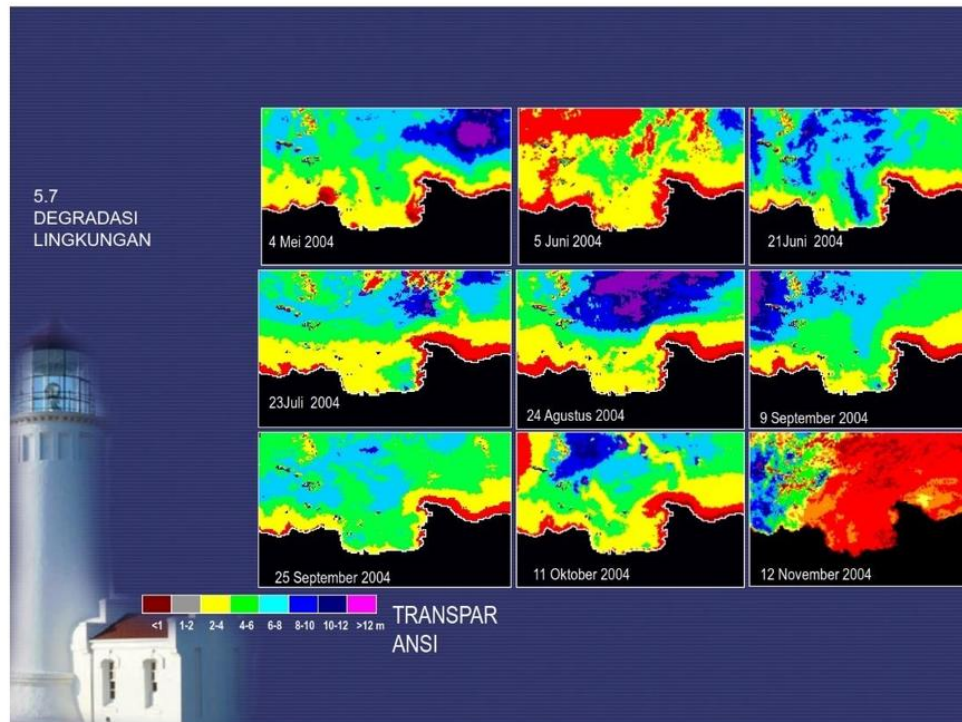
January



5.6

MARITIME BOUNDARY BETWEEN 2 COUNTRIES
(United Nation Convention on the Law Of the Sea, 1982)



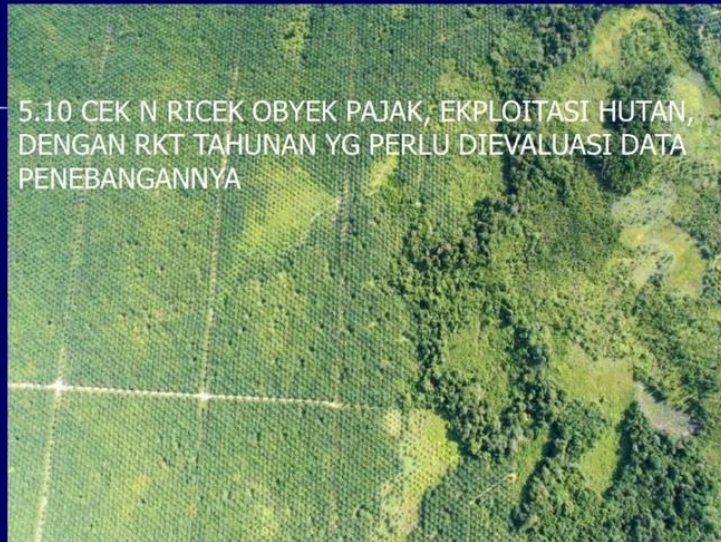




Locally Rooted, Globally Respected

www.ugm.ac.id

5.10 CEK N RICEK OBYEK PAJAK, EKSPLOITASI HUTAN,
DENGAN RKT TAHUNAN YG PERLU DIEVALUASI DATA
PENEBAHANNYA



Pemantauan Penyu Hijau di Lautan

▪ Attachments of the PTTs were performed after the nesters laid eggs as the attachment method described by Balaz *et al* (1996)



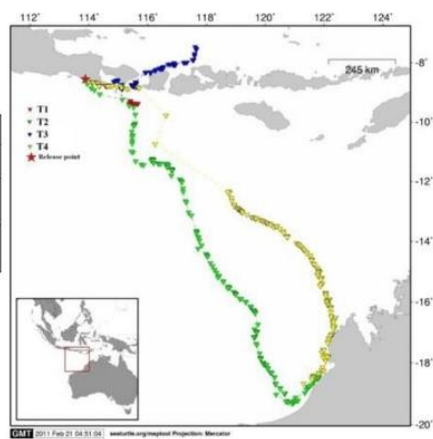
▪ The position signals from the PTTs were obtained via the Argos system (www.argosinc.com).

Location class (LC)	3	2	1	0	A	B	Z
Accuracy (m) in Latitude & longitude	~150	150-350	350-1000	>1000	n/a	n/a	Invalid location
# of messagees received during satellite overpass	>4	4	4	4	3	2	n/a

Route Migration Penyu Hijau

Turtle	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄
Transmission period (days)	6	35	10	29
Average speed \pm stdev (km/h)	1.94 \pm 0.75	2.26 \pm 1.23	2.43 \pm 1.14	2.72 \pm 1.14
Distance travelled (km)	208	1.133	484	1.913

TEKNIK INI DPT PULA DITERAPKAN UTK PENGELOLAAN GADJAH, HARIMAU, BADAK, KOMODO, ORANG HUTAN, YG MAKIN TERDESAK DAN LANGKA





KESIMPULAN

- GEOGRAFI MAKIN MANTAP. KOMPETENSI DAN PROFESI GEOGRAFI PERLU SEGERA DIPERJUANGKAN AGAR KIPRAH GEOGRAF MENJADI MAKIN MENGUAT DI ERA GLOBAL (MEA; MAP)
- DATA GEOSPASIAL SKALA KECIL MENENGAH TELAH TERSEDIA DAN SIAP DIBERDAYAKAN UTK PENYUSUNAN PETA ANALITIK, SINTETIK DAN EVALUATIF DARAT DAN LAUT
- SKKNI PROFESI GEOGRAFI TELAH DISUSUN DAN DIPERJUANGKAN PADA KEMENTERIAN TENAGA KERJA MELALUI BIG
- PEMANTAPAN PROFESI GEOGRAFI MENDORONG PENGUATAN KOMPETENSI ILMU SERUMPUN PENDUKUNG GEOGRAFI (KARTO, PJ, SIG, SURVEYING)
- ILMU PENDUKUNG GEOGRAFI (GEOMORF, HIDRO, KLIMATOLOGI, TANAH, GEOGRAFI PENDUDUK, G EKONOMI, G POLITIK, G REGIONAL, G SOSIAL) PERLU DIBERDAYAKAN MELALUI SERTIFIKASI PROFESI, AGAR MAKIN MANTAP PERANNYA DLM PENGELOLAAN WILAYAH
- PERAN GEOGRAFI TERHADAP ISYU-ISYU NASIONAL DAPAT DITUNJUKAN DENGAN 10 PROBLEMA BANGSA MUTAKHIR
- PENYUSUNAN RTRW NASIONAL, PROVINSI, DAERAH PERLU DISELARASKAN DENGAN MENGEDEPANKAN HARMONISASI VERTIKAL DAN HORIZONTAL

Locally Rooted, Globally Respected

www.ugm.ac.id



TERIMA KASIH

Locally Rooted, Globally Respected

www.ugm.ac.id

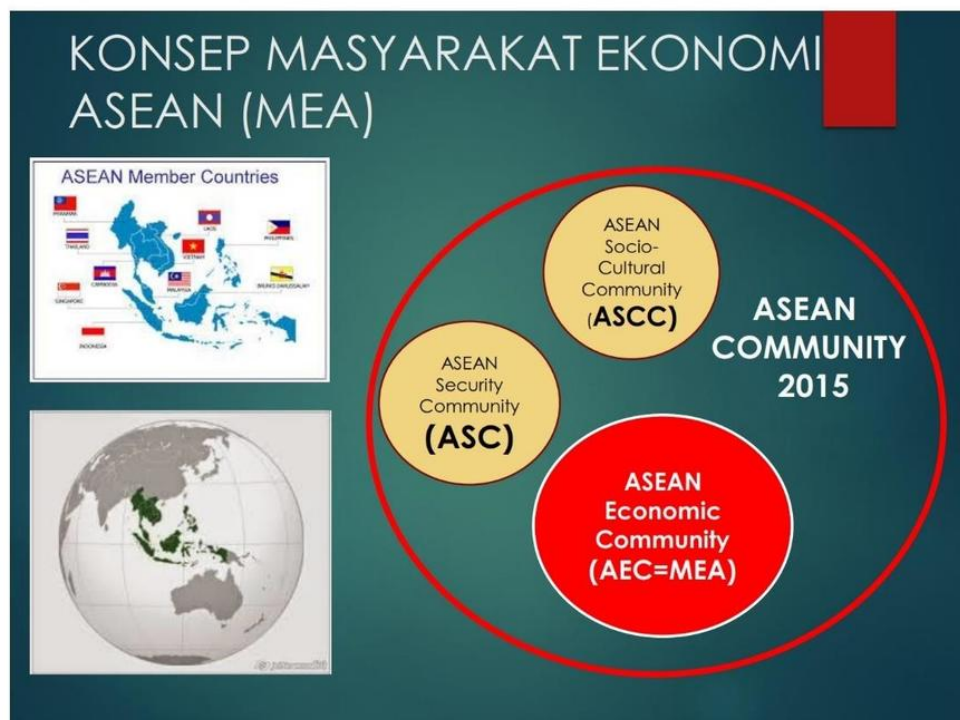
Materi Kedua Plenary Session - 1

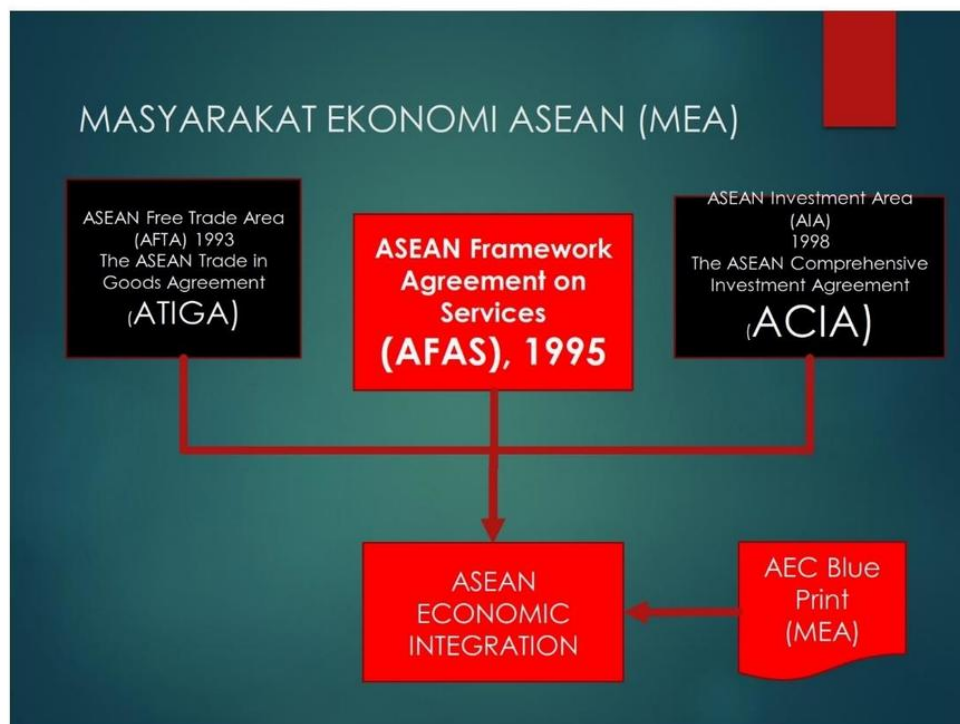
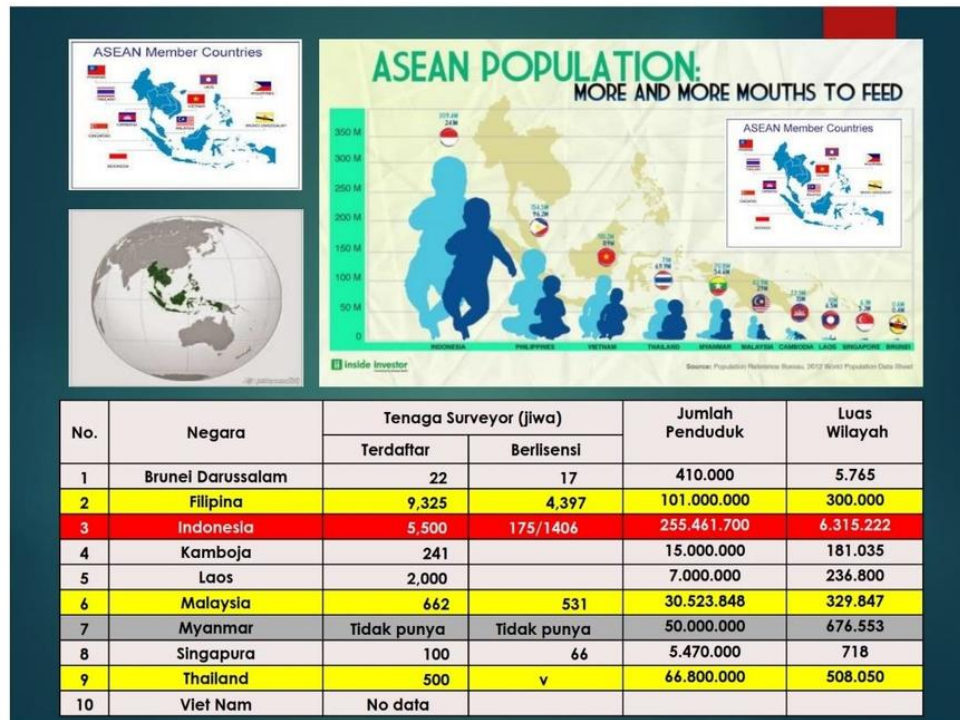


**PENGUATAN LEMBAGA INFORMASI
GEOSPASIAL DI INDONESIA DALAM
MENGHADAPI MEA**

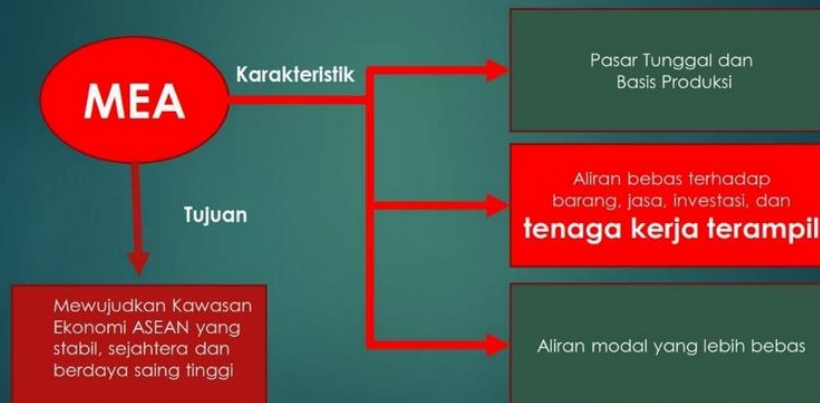
OLEH:
DR. Priyadi Kardono, M.Sc.
KEPALA BADAN INFORMASI GEOSPASIAL

Disampaikan dalam Simposium Nasional SAINS GEOINFORMASI 2015
Penguatan Peran Sains Informasi Geografis dalam Mendukung Penanganan Isu-Isu Strategis Nasional, Yogyakarta, 25-26 November 2015





TUJUAN DAN KARAKTERISTIK AEC BLUE PRINT MEA



INSTRUMEN LIBERALISASI SEKTOR JASA

1. Blue Print dan Penjadwalan Strategis dalam implementasi MEA 2015
2. **AFAS** (ASEAN Framework Agreement on Services): mengadopsi ketentuan-ketentuan GATS
3. Coordinating Committee on Services (**CCS**): merupakan Kelompok Kerja Teknis yang bertanggungjawab dalam liberalisasi Jasa melalui negosiasi.
4. **CCS** membentuk Ad-Hoc Expert Group on MRA (**Mutual Recognition Arrangement**) di bawah Business Services Working Group (BSWG).
5. **MRA on Surveying dibahas dalam Ad-Hoc Expert Group on MRA-Surveying**

MRA (Mutual Recognition Arrangement) YANG SUDAH DITANDATANGANI ASEAN

No.	MRA	Tanggal dan Tempat Penandatanganan
1	Engineering Services	9 Desember 2005, KL, Malaysia
2	Nursing Services	8 Desember 2006, Cebu, The Philippines
3	Architectural Services	19 November 2007, Singapore
4	Framework Arrangement for the Mutual Recognition of Surveying Qualifications	19 November 2007, Singapore
5	Tourism Professional	9 Januari 2009, Hanoi, Vietnam
6	MRA on Accountancy Services	26 February 2009, Cha-am, Thailand
7	Medical Practitioners	26 February 2009, Cha-am, Thailand
8	Dental Practitioners	26 February 2009, Cha-am, Thailand

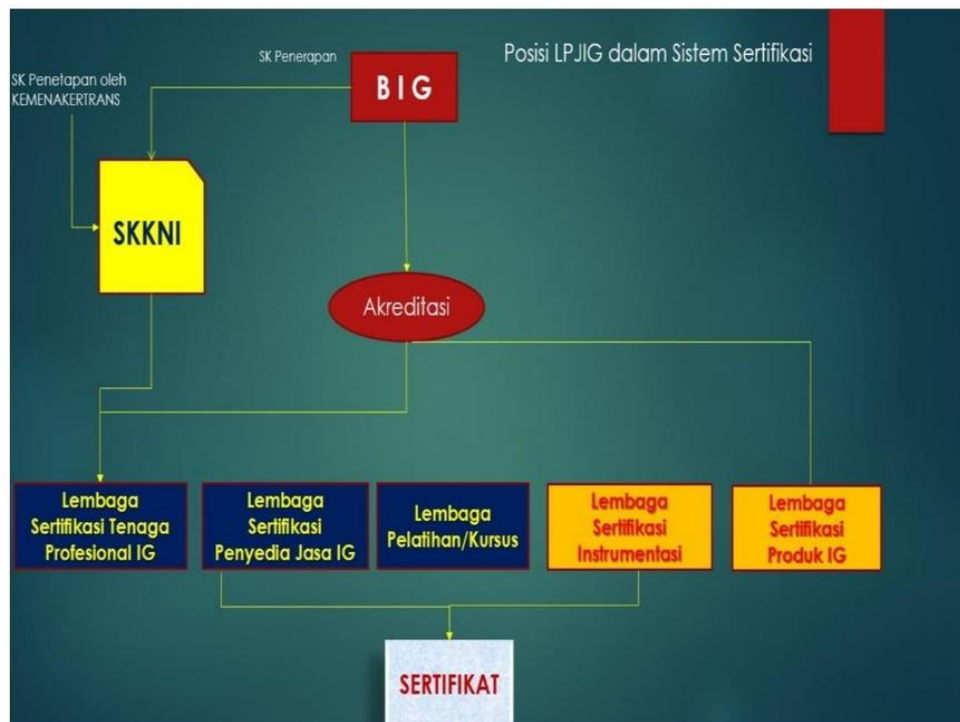
STRATEGI

PENGEMBANGAN SDM IG MENGHADAPI MEA



Strategi dan Kebijakan Pengembangan SDM IG

- ▶ Pemetaan kekuatan SDM dan industri IG nasional, dibandingkan dengan kekuatan SDM dan industri IG dunia.
- ▶ Penambahan kapasitas lembaga pendidikan dan latihan bidang Informasi Geospasial: SMK, PT, Diklat, Community College.
- ▶ Penyusunan Standar Kompetensi Kerja Nasional Indonesia (SKKNI) bidang Informasi Geospasial bertaraf dunia.
- ▶ **Penyusunan system sertifikasi SDM dan Industri IG.**
- ▶ Menjalin kerjasama regional ASEAN dalam skema MRA (Mutual Recognition Arrangement) on Surveying dan kerjasama dunia.



SERTIFIKASI PENYEDIA JASA

- ▶ Diberikan kepada **penyedia jasa** yang telah memenuhi syarat tertentu
- ▶ Memenuhi kriteria standar dan atau spesifikasi yang diatur dengan Perka BIG
- ▶ Memenuhi persyaratan administrasi dan tata cara perolehan sertifikat yang ditetapkan oleh BIG
- ▶ **Diselenggarakan oleh Lembaga Sertifikasi Penyedia Jasa yang independen yang telah diakreditasi oleh BIG**

AKREDITASI LEMBAGA PELATIHAN/ KURSUS

- ▶ Diberikan kepada lembaga yang telah memenuhi syarat tertentu
- ▶ Memenuhi kriteria standar dan atau spesifikasi teknis latih kompetensi yang diatur dengan Perka BIG
- ▶ Memenuhi persyaratan administrasi dan tata cara perolehan akreditasi yang ditetapkan oleh BIG

SERTIFIKASI TENAGA PROFESIONAL

- ▶ Diberikan kepada tenaga Profesional yang telah memenuhi syarat tertentu
- ▶ Sesuai kompetensinya dan diuji dengan SKKNI level tertentu
- ▶ Persyaratan administrasi dan tata cara sertifikasi ditetapkan oleh BIG
- ▶ Sertifikasi diselenggarakan oleh **Lembaga Sertifikasi Kompetensi** yang telah mendapat akreditasi dari BIG

SERTIFIKASI INSTRUMENTASI

- ▶ Diselenggarakan kepada instrumentasi yang telah memenuhi tata cara perolehan sertifikat yang ditetapkan oleh BIG
- ▶ Standar dan/atau spesifikasi pengujian instrumentasi diatur dengan Peraturan Kepala BIG
- ▶ Persyaratan administrasi dan tata cara sertifikasi ditetapkan oleh BIG
- ▶ Sertifikasi diselenggarakan oleh **Lembaga Sertifikasi Instrumentasi** yang telah mendapat akreditasi dari BIG

SERTIFIKASI PRODUK IG

- ▶ Diselenggarakan bertujuan untuk menjaga standar kualitas produk IG sesuai dengan persyaratan
- ▶ Standar dan/atau spesifikasi pengujian produk IG diatur dengan Peraturan Kepala BIG
- ▶ Tata cara sertifikasi produk IG ditetapkan oleh BIG
- ▶ Sertifikasi diselenggarakan oleh **Lembaga Sertifikasi produk IG** yang telah mendapat akreditasi dari BIG

PENGEMBANGAN SDM IG NASIONAL MENGHADAPI MEA



UU No. 4 Tahun 2011

Landasan integrasi aspek keruangan dalam proses pengambilan keputusan

1. Mendukung referensi tunggal untuk informasi geospasial;
2. Menjamin ketersediaan dan akses dengan akuntabilitas;
3. Mewujudkan kebergunaan ig melalui kerjasama, koordinasi, integrasi dan sinkronisasi;
4. Mendorong penggunaan informasi geospasial dalam kegiatan pemerintah dan kehidupan sehari-hari masyarakat

Dalam mengelola sumber daya alam dan sumber daya lainnya serta penanggulangan bencana dalam wilayah NKRI dan wilayah yurisdiksinya diperlukan informasi geospasial (UU No. 4/2011)

Tata Kelola Informasi Geospasial Berstandar

Karakteristik Penyelenggaraan Informasi Geospasial yang baik

Karakteristik Tata Kelola Informasi Geospasial secara nasional yang baik menurut **Pasal 2, UU No. 4/2011**

- a) **KEPASTIAN HUKUM**
berlandaskan hukum dan peraturan perundang-undangan yang memberikan kepastian hak dan kewajiban bagi para pemangku kepentingan.
- b) **KETERPADUAN**
dilakukan bersama-sama oleh Pemerintah, Pemerintah daerah dan setiap orang, yang harus saling mengisi dan saling memperkuat dalam memenuhi kebutuhan IG.
- c) **KETERBUKAAN**
dapat dipergunakan oleh banyak pihak dengan memberikan akses yang mudah kepada masyarakat untuk mendapatkan IG

Tata Kelola Informasi Geospasial Berstandar

Karakteristik Penyelenggaraan Informasi Geospasial yang baik

Karakteristik Tata Kelola Informasi Geospasial secara nasional yang baik menurut **Pasal 2, UU No. 4/2011**

- d) **KEMUTAKHIRAN**
disajikan dan/atau tersedia harus dapat menggambarkan fenomena dan/atau perubahannya menurut keadaan yang terbaru.
- e) **KEAKURATAN**
disajikan harus diupayakan untuk menghasilkan DG dan IG yang teliti, tepat, benar, dan berkualitas sesuai dengan kebutuhan.
- f) **KEMANFAATAN**
harus dapat memberikan manfaat yang sebesar-besarnya bagi masyarakat.
- g) **DEMOKRATIS**
harus dilaksanakan secara luas dengan melibatkan peran serta masyarakat.

► Tujuan UU-IG (UU No. 4 th 2011, Pasal 3,)

- a. menjamin **ketersediaan** dan akses terhadap Informasi Geospasial (IG) yang **dapat dipertanggungjawabkan**.
- b. Mewujudkan **penyelenggaraan IG yang berdaya guna dan berhasil guna** melalui kerjasama, koordinasi, integrasi, dan sinkronisasi
- c. Mendorong **penggunaan IG** dalam penyelenggaraan pemerintahan dan dalam berbagai aspek kehidupan masyarakat.



Perlu dukungan SDM dan Industri IG yang berkualitas dan handal.

SDM PELAKSANA IG

- Kegiatan penyelenggaraan IG oleh **Instansi Pemerintah atau Pemerintah daerah** dapat dilaksanakan oleh setiap orang.
- Pelaksanaan IG **orang perseorangan wajib memenuhi kualifikasi kompetensi** yang dikeluarkan oleh lembaga yang berwenang sesuai dengan ketentuan peraturan perundang-undangan.
- Pelaksanaan IG yang dilakukan oleh **kelompok orang wajib memenuhi kualifikasi** sebagai kelompok yang bergerak di bidang IG sesuai dengan ketentuan peraturan perundang-undangan.
- Pelaksanaan IG yang dilakukan oleh **badan usaha wajib memenuhi persyaratan administratif dan persyaratan teknis**.

► (Pasal 54 – 55 UIG)

► Pelaksanaan IG oleh Industri (Badan Usaha) (Pasal 56):

- (1) Pelaksanaan IG yang dilakukan oleh badan usaha wajib memenuhi: a. Persyaratan administratif, b. Persyaratan teknis
- (2) Persyaratan administratif sebagaimana dimaksud pada ayat (1) huruf a paling sedikit meliputi: a. akte pendirian badan hukum Indonesia; dan b. izin usaha sesuai dengan ketentuan peraturan perundang-undangan.
- (3) Persyaratan teknis meliputi: a. Memiliki sertifikat yang memenuhi klasifikasi dan kualifikasi sebagai penyedia jasa di bidang IG dan b. Memiliki tenaga profesional yang tersertifikasi di bidang IG
- (4) Sertifikasi Badan Usaha dilakukan oleh lembaga independen yang telah mendapat akreditasi dari Badan
- (5) Sertifikat tenaga profesional diterbitkan oleh lembaga yang berwenang sesuai dengan ketentuan Peraturan Kepala Badan.

TANTANGAN PENGEMBANGAN SDM IG

- Jumlah SDM IG kurang dari yang dibutuhkan, baik kuantitas, kualitas maupun distribusinya
- Jumlah dan persebaran Universitas/Lembaga Diklat pencetak SDM IG masih rendah
- Lulusan Perguruan Tinggi dan SMK Surta belum siap pakai (belum berkompetensi)
- Liberalisasi SDM Surveyor ASEAN (2015), Asia Pasific (2020) dan dunia (GATT)

KEBERADAAN SDM IG NASIONAL

No.	Instansi	Tingkat Pendidikan			
		SMK	Diploma	Sarjana	Pasca Sarjana
1	Instansi Pusat (K/L)	1.872	-	1.144	67
2	Pemda Kabupaten/Kota	79	237	948	316
3	BUMN	60	-	319	20
4	Industri Pertambangan	17	11	84	0
5	Industri Perkebunan Kehutanan	26	5	71	0
6	Industri Properti	21	14	106	0
7	Industri IG	1.712	86	999	57
8	Konsultan Daerah Terkait IG	22	15	175	7
9	NGO	9	14	56	14
Total (8.584 orang)		3.817	382	3.903	481

Sumber : Survei SDM IG dan Analisis Data, 2015

PROYEKSI KEBUTUHAN SDM IG NASIONAL

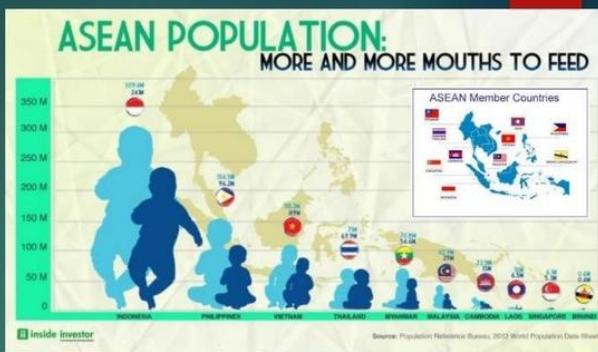
Tahun	Proyeksi Kebutuhan	SDM IG Tersedia	Gap SDM IG	Pemenuhan SDM IG	Rencana Pemenuhan
2015	31.500	8.584	22.917		22.917
2016	32.414	11.084	23.830	2.500	21.330
2017	33.353	13.584	22.270	2.500	19.770
2018	34.321	16.084	20.737	2.500	18.237
2019	35.316	18.584	19.233	2.500	16.733
2020	36.340	21.084	17.757	2.500	15.257
2021	37.394	23.584	16.311	2.500	13.811
2022	38.479	26.084	14.895	2.500	12.395
2023	39.594	28.584	13.511	2.500	11.011
2024	40.743	31.084	12.159	2.500	9.659

Sumber : Survei SDM IG dan Analisis Data, 2015

PROYEKSI KEBUTUHAN BERDASARKAN KLASIFIKASINYA

Tahun	SRVTRTS		HDGRFI		FTGMTR		INDERAJA		SIG		KARTO	
	SMK	S1	SMK	S1	SMK	S1	SMK	S1	SMK	S1	SMK	S1
2015	5.322	2.281	123	288	2.622	1.748	657	986	2.745	4.118	1.014	1.014
2016	4.953	2.123	115	268	2.440	1.627	612	918	2.555	3.833	943	943
2017	4.591	1.968	106	248	2.262	1.508	567	851	2.368	3.552	874	874
2018	4.235	1.815	98	229	2.086	1.391	523	785	2.185	3.277	807	807
2019	3.886	1.665	90	210	1.914	1.276	480	720	2.004	3.006	740	740
2020	3.543	1.518	82	192	1.745	1.164	438	657	1.828	2.741	675	675
2021	3.207	1.374	74	173	1.580	1.053	396	594	1.654	2.481	611	611
2022	2.878	1.234	67	156	1.418	945	356	533	1.485	2.227	548	548
2023	2.557	1.096	59	138	1.260	840	316	474	1.319	1.978	487	487
2024	2.243	961	52	121	1.105	737	277	416	1.157	1.736	427	427

Sumber : Survei SDM IG dan Analisis Data, 2015



No.	Negara	Tenaga Surveyor (jiwa)		Jumlah Penduduk	Luas Wilayah
		Terdaftar	Berlisensi		
1	Brunei Darussalam	22	17	410.000	5.765
2	Filipina	9,325	4,397	101.000.000	300.000
3	Indonesia	5,500	175/1406	255.461.700	6.315.222
4	Kamboja	241		15.000.000	181.035
5	Laos	2,000		7.000.000	236.800
6	Malaysia	662	531	30.523.848	329.847
7	Myanmar	Tidak punya	Tidak punya	50.000.000	676.553
8	Singapura	100	66	5.470.000	718
9	Thailand	500	v	66.800.000	508.050
10	Viet Nam	No data			

NAWA CITA 3

Membangun Indonesia dari pinggiran dengan memperkuat daerah-daerah dan desa dalam kerangka Negara kesatuan

Peletakan Dasar-Dasar Dimulainya Desentralisasi Asimetris

- Pengembangan Kawasan Perbatasan
- Pengembangan Daerah Tertinggal
- Pembangunan Desa dan Kawasan Perdesaan

Pemerataan Pembangunan Antar Wilayah Terutama Kawasan Timur Indonesia.

- PENGEMBANGAN KAWASAN STRATEGIS

Penanggulangan Kemiskinan

Quick Wins BIG:

Tugas dari Bappenas (RPJMN): Penyediaan peta dasar skala 1:5.000 untuk penyusunan RDTR pada KSN dan daerah yang diprioritaskan

Inisiatif BIG: Penyediaan citra tegak resolusi tinggi sebagai sumber data untuk pemetaan desa, RDTR dan kepentingan lainnya

PEMETAAN SKALA RINCI

DALAM RPJMN 2015-2019

RPJMN 2015-2019 (Nawa Cita) secara banyak menyebut kebutuhan peta dasar skala 1:5.000 baik secara eksplisit maupun implisit:

- ▶ Pemetaan dasar untuk penyusunan RDTR kawasan perkotaan, kawasan strategis provinsi, kawasan strategis nasional, dan daerah prioritas lainnya (ada di 491 kabupaten/kota)
- ▶ Penetapan batas wilayah hutan pada skala 1:5.000 sepanjang 189.056,6 km;
- ▶ Pembangunan desa memerlukan peta dasar skala rinci (total 83.184 desa/kelurahan dengan 5.000 desa prioritas (desa mandiri))
- ▶ Penyelesaian batas wilayah administrasi dapat dimulai dengan penetapan batas wilayah desa untuk kemudian di-agregatkan ke level yang lebih tinggi

TERSEBAR DI 491 KAB/KOTA

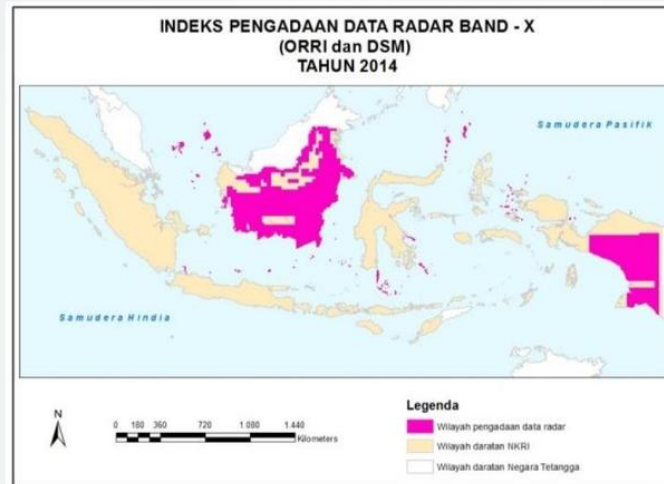
No.	Provinsi	Kabupaten	Lokasi RRTR Kabupaten	Jumlah RRTR per Provinsi	Estimasi Tahun Perkiraan			
					2014	2015	2016	2017
1	Aceh			1	48	270	58	20
2	Kep. Riau	Aceh Barat	RDRTR Kawasan Perkotaan Meulaboh	1				
3	Jambi	Bintan	RDRTR Kawasan Perkotaan Tanjung Uban	3				
4	Bengkulu	Sarolangun	RDRTR Kawasan Perkotaan Sarolangun	2				
5	Bangka Belitung		RDRTR Kawasan Perkotaan Singkut					
6	Lampung		RDRTR Kawasan Perkotaan Mande					
7		Muko-muko	RDRTR Kawasan Perkotaan Lima Koto dan Lima Belas Koto	6				
8		Kepahiang	RDRTR KSK Kecamatan	6				
9		Bangka Belitung	RDRTR dan PDRTR					
10		Bangka Tengah	RDRTR KSK Kecamatan					
11			RDRTR KSK Kecamatan					
12			RDRTR KSK Kecamatan					
13			RDRTR KSK Kecamatan					
14			RDRTR KSK Kecamatan					
15			RDRTR KSK Kecamatan					
16			RDRTR KSK Kecamatan					
17			RDRTR KSK Kecamatan					
18			RDRTR KSK Kecamatan					
19			RDRTR KSK Kecamatan					
20			RDRTR KSK Kecamatan					
21			RDRTR KSK Kecamatan					
22			RDRTR KSK Kecamatan					
23			RDRTR KSK Kecamatan					
24			RDRTR KSK Kecamatan					
25			RDRTR KSK Kecamatan					
26			RDRTR KSK Kecamatan					
27			RDRTR KSK Kecamatan					
28			RDRTR KSK Kecamatan					
29			RDRTR KSK Kecamatan					
30			RDRTR KSK Kecamatan					
31			RDRTR KSK Kecamatan					
32			RDRTR KSK Kecamatan					

PEMETAAN DASAR K/L DAN PEMDA

No	Program	Dasar Hukum	Skala
1.	Penyelenggaraan Pemetaan RBI Skala Besar	UU No. 4 Tahun 2011 BIG	Besar (1:1.000, 1: 2.500, 1:5.000, 1:10.000)
2.	Rencana Detil Tata Ruang	UU No.26 Tahun 2007 Kementerian PU, Pemda	Besar (1:5.000)
3.	Peta Dasar Pendaftaran Tanah	Permen Agraria No.3/1997 BPN	Besar (1:1.000, 1:2.500 atau 1:10.000)
4.	Rencana Tata Ruang Kawasan Strategis Nasional	UU No.26 Tahun 2007 Kementerian PU	Besar (1:5.000 atau 1:10.000)
5.	Batas Wilayah dan Toponim Desa	UU Nomor 6 Tahun 2014 tentang Desa	Menengah (1:25.000) dan Besar (1:10.000, 1:5.000)



IMPLEMENTASI PELAKSANAAN INPRES 6/2012: PENGADAAN DATA DSM - 2014



DATA DEM





Uji	Surveying		P J		SIG		Total Terampil	Total Ahli
Thn	Asesi terampil	Asesi ahli	Asesi terampil	asesi ahli	Asesi terampil	Asesi ahli		
2007	56	21	44	28	19	10	119	59
2008	119	52	25	12	29	21	173	85
2009	46	11	25	19	1	1	72	31
2010							192	**
2011	12		55		22		89	
2012	52		52		78		286	
2013	62		81		90		233	
2014	182		18		42		242	
TOTAL **data blm							1406	175

SDM LSP GEOMATIKA

No	Asesor	Jumlah
1	Asesor Kompetensi (Askom)/BNSP	32
2	Asesor Lisensi/BNSP	2
3	Askom Teknis/LSP : ❖ Surveying ❖ PJ ❖ SIG	9 21 14
4	<i>Calon Master Asesor dan Lead Assor</i>	<i>proses</i>



BERAPA SNI diperlukan utk ps 25 ?

JUMLAH tersedia utk tahap:	SNI
a. pengumpulan DG	: 10
b. pengolahan DG dan IG	: 17
c. penyimpanan dan pengamatan DG dan IG	: 14
d. penyebarluasan DG dan IG	: 8
e. penggunaan IG	:

PENUTUP

- ▶ Keberhasilan penyelenggaraan IG nasional memerlukan strategi yang jitu dengan memperhatikan kondisi lingkungan strategis yang sangat mempengaruhi tersedianya SDM IG yang cukup jumlahnya dan handal kualitasnya.
- ▶ Kondisi lingkungan strategis berupa liberalisasi sector jasa IG pada tingkat regional ASEAN maupun dunia membawa peluang sekaligus tantangan besar yang harus dikelola dengan cermat dan baik agar dapat menjaga kepentingan Indonesia.
- ▶ Hal yang sangat mendasar harus dilakukan Indonesia dalam pengembangan SDM IG nasional adalah peningkatan jumlah dan kualitas SDM IG melalui strategi peningkatan kapasitas lembaga pendidikan dan kursus dan **system sertifikasi yang komprehensif.**

PERAN KEAHLIAN GEOGRAFI DALAM MENDUKUNG PENGEMBANGAN PROFESI TERKAIT INFORMASI GEOSPASIAL

Prof. Dr. Hartono, DEA, DESS¹

¹Ketua Umum Ikatan Geograf Indonesia (IGI)
hartono.geografi@ugm.ac.id; hp. 0811268894
hartonogeografi@yahoo.co.id

*Corresponding author: hartono.geografi@ugm.ac.id

ABSTRAK

Geografi sebagai cabang ilmu yang sudah mapan, memiliki obyek kajian berupa daratan dan lautan, yang memiliki peran nyata dalam memberikan solusi isyu-isu problema bangsa. Obyek kajian bidang geografi memperkuat perannya sebagai unsur pembentuk negara, mendukung ketahanan dan kedaulatan nasional. Geografi juga mendeskripsi dan mengkaji keberadaan distribusi sumberdaya alam, peradaban manusia dan sumberdaya buatan, dalam mendukung perencanaan, implementasi, monitoring dan evaluasi pelaksanaan pembangunan nasional serta menumbuhkan rasa cinta tanah air. Dunia telah bergeser dan mengalami globalisasi. Peradaban manusia telah berganti, yang kini ditandai dengan penerapan teknologi informasi dan komunikasi yang memungkinkan manusia untuk berkomunikasi dengan dunia lain dengan cepat, maya dan menarik. Penerapan teknologi ini telah menembus batas wilayah dan negara. Dunia informasi geospasial telah terpengaruh dengan globalisasi, termasuk profesi geografi yang dituntut untuk memantapkan sertifikasi profesinya di era MEA. Terbitnya UU 4/2011, UU 32/2009; UU 27/2007 dan aturan yang mengatur tentang sumberdaya alam dan informasi geospasial, semakin menegaskan bahwa informasi geografi semakin penting dalam mendukung pelaksanaan kajian bidang geografi. Peran geografi perlu dimantapkan dengan sertifikasi kompetensi geografi melalui penyusunan SKKNI Geografi. Kompetensi spasial geografi dapat mengajukan SKKNI melalui BIG, yang juga telah menyusun SKKNI Bidang Survei Terestris; Fotogrametri; Penginderaan Jauh; Sistem Informasi Geografis (SIG); Kartografi, dan Hidrografi. Draft SKKNI yang mantap, akan makin memantapkan kiprah profesi geografi. Pengembangan sertifikasi Geografi dapat memiliki pengaruh positif terhadap kemajuan bidang ilmu serumpun. Peran teknologi informasi geografi sebagai penghasil data dan informasi geospasial sangat nyata, terutama untuk deteksi, indentifikasi, pemetaan, pengukuran, analisis obyek geografi, sumberdaya dan lingkungan, melalui produk-produk turunannya (peta chart, denah, photomap, spasiomap, orthofoto, system informasi). Peran tersebut penting bagi pengembangan SDM geografi yang unggul.

Paper disajikan pada Simposium Nasional SAINS GEOINFORMASI dengan tema PENGUATAN PERAN SAINS INFORMASI GEOGRAFI DALAM MENDUKUNG PENANGANAN ISYU-ISYU STRATEGIS NASIONAL, diselenggarakan oleh PUSPICS-BIG-IGI di Yogyakarta pada tanggal 25 November 2015

PENDAHULUAN

Profesi geografi pada era global, makin penting seiring dengan perkembangan sains dan teknologi di bidang geospasial, baik matra darat, laut dan udara. Informasi geografi meliputi informasi lithosfer, hidrosfer, atmosfer, biosfer dan antroposfer, yang sangat penting untuk berbagai peruntukan program pembangunan dan kajian bencana. Kini bangsa Indonesia, sesuai dengan globalisasi berada pada zaman pengembangan dan penerapan teknologi komunikasi dan informasi (*information communication technology*), setelah kita melampaui zaman dengan fokus penekanan pada sendi kehidupan pertanian dan industri. Elon Musk (2015) menyatakan bahwa pada zaman ini ada 3 hal penting yang mewarnai kehidupan kita di masa depan yaitu *internet, perjalanan antariksa dan penggunaan energy yang ramah lingkungan (energy matahari)*. Akses internet, facebook, smart phone (ponsel pintar), twitter, instagram, whatsapp, BBM, dll sangat mudah dan menjadi prioritas dalam kehidupan modern. Hal ini dapat membuat hidup makin dipermudah dalam menjalin komunikasi dan akses informasi.

Prof BJ Habibie (2005) berpendapat bahwa barangsiapa menguasai informasi maka mereka akan menguasai dunia. Terkait dengan informasi geografi, berbagai isyu-isu dunia telah menegaskan perlunya informasi untuk pengambilan keputusan. Agenda 21 di butir 40 :*"Insustainable development, everyone is a user and provider of information considered in the broad sense. That includes data, information, appropriately packaged experience and knowledge. The need*

for information arises at all levels, from that of senior decision makers at the national and international level to the grass-roots and individual levels. The following two programme areas need to be implemented to ensure that decisions are based increasingly on sound information: a. Bridging the data gap and b. Improving information availability". Kegunaan informasi geografi, yang antara lain diujutkan dalam bentuk data dan informasi geospasial telah makin menunjukkan peranannya dalam berbagai peruntukan : tata ruang, pengelolaan hutan, pengelolaan DAS dan sumberdaya air, pembangunan desa, dll. Agenda tersebut relevan dengan kondisi Indonesia dengan perlunya menjembatani gap dan peningkatan ketersediaan informasi geospasial, yang kini memang masih dirasakan di berbagai tingkat pembangunan.

Program Millenium Development Goals (MDGs) tentang keberlanjutan lingkungan hidup, butir 7a, b, c, d menyebutkan *perlunya integrate the principles of sustainable development into country policies and programmes and reverse the loss of environmental resources; reduce biodiversity loss, achieving, by 2010, a significant reduction in the rate of loss; Halve, by 2015, the proportion of the population without sustainable access to safe drinking water and basic sanitation; By 2020, to have achieved a significant improvement in the lives of at least 100 million slum dwellers.* Informasi geospasial sangat diperlukan dalam melestarikan lingkungan hidup dan menjamin kebutuhan dasar manusia untuk memenuhi kehidupannya (air, tempat berteduh,...).

Teknologi modern telah memungkinkan terciptanya komunikasi bebas lintas benua, lintas negara, menerobos berbagai pelosok perkampungan di pedesaan dan menyusup di gang-gang sempit di perkotaan, melalui media audio (radio) dan audio visual (televisi, internet, dan media social lainnya), dapat dijadikan alat yang sangat baik untuk sharing data geospasial dan bahkan interoperability data tersebut diantara sesama pengguna data dan informasi geospasial, baik melalui INA-GEOPORTAL pada www.big.go.id, maupun melalui portal-portal lainnya. Dengan fakta-fakta tersebut di atas nampak bahwa profesi geografi yang menghasilkan data dan informasi geografi, dengan menggunakan teknologi informasi geografi, dan perwujudan data geospasial sebagai produk yang mengikuti kaidah geografi oleh pada profesi pendukung ilmu geografi, maka profesi geografi sangat penting dalam pembangunan ini. Profesi geografi juga mendorong makin berkembangnya profesi lain yang berkembang melalui aplikasi bidang geografi (penginderaan jauh, SIG, GPS, Kartografi, Surveying, teknologi satelit hingga para layang dan drone), sesuai dengan sinyalemen Elon Musk tersebut di atas. Tulisan ini menguraikan tentang peran ahli geografi dalam mendukung pengembangan profesi yang terkait dengan geospasial, yang disesuaikan dengan perkembangan isyu-isyu strategis nasional di era global. Setelah pendahuluan kemudian secara berturut turut diikuti dengan uraian tentang profesi geografi, penggunaan data geospasial dan peran ahli geografi-geospasial dalam penyelesaian isyu-isyu nasional.

KOMPETENSI DAN PROFESI GEOGRAFI DALAM ERA GLOBAL

Geografi merupakan ilmu yang mempelajari tentang bumi dan hubungannya dengan kehidupan manusia. Ilmu pendukung geografi antara lain meliputi hidrologi, geomorfologi, pedologi, geografi kota, desa, dan didukung oleh teknologi informasi geografi. Manusia pada mulanya tergantung dan menyesuaikan dengan alam (deterministik), sehingga terbentuk pola peradaban manusia yang dicirikan oleh karakteristik fisik alam. Lambat laun manusia memegang peranan, terutama dengan dikuasainya teknologi, sehingga manusia mengatur alam untuk memenuhi kesejahteraannya (positivism). Daerah yang tidak memiliki sumberdaya air tawar, manusia mampu mendestilasi air laut untuk menghasilkan air minum dan kebutuhan domestik lainnya (di pulau-pulau terpencil). Penelitian dan pengabdian pada masyarakat bidang geografi berkaitan dengan bidang keilmuan di atas, dengan porsi penekanan yang berimbang maupun penekanan pada salah satu bidang keilmuan tertentu. Pelibatan unsur alam dan manusia dengan menggunakan teknologi informasi geografi merupakan ciri penting penelitian dan pengabdian pada masyarakat bidang geografi.

Hagget (1978) menyebutkan bahwa geografi memiliki tiga pisau analisis dalam pendekatannya untuk mempelajari fenomena bumi, yaitu pendekatan ekologi, spasial dan wilayah. Ketiga pendekatan tersebut secara nyata telah diterapkan dalam berbagai penelitian dan pengabdian pada masyarakat dan memberikan hasil yang baik. Dalam berbagai fakta, sering pengelola wilayah belum menerapkan hampiran geografi tersebut dengan konsekuen, akibatnya banyak dijumpai kerusakan lahan, degradasi lingkungan, dsb. Daya dukung wilayah cenderung diabaikan, karena prinsip ekologi belum digunakan dengan baik.

Kajian dan analisis geografi menjadi makin menguat antara lain dengan digunakannya analisis kualitatif, kuantitatif, statistik dan SIG. Peran penting penelitian geografi dikuatkan oleh SIG, yang dengan jelas dinyatakan oleh Dangermond, (2011) *the role of geography is a platform for understanding the world. GIS is making geography come alive. It condenses our data, information, and science into a language that we can easily understand: maps.* Penelitian geografi sebaiknya menggunakan peta, dalam bentuk 2 dan 3 dimensi; static dan dinamik. Geodatabase tersusun atas layer-layer peta dasar dan peta tematik. Bidang penelitian yang belum memperoleh porsi yang layak adalah geopolitik, status lahan, kewenangan dalam kadaster darat dan laut,

perubahan iklim global, dan dirgantara. Bidang dirgantara, eksploitasi dan pengaturan udara dan antariksa belum banyak disinggung dalam penelitian geografi.

Daryaka (2014) menguraikan bahwa Standar Kompetensi Kerja Nasional Indonesia (SKKNI) berguna untuk menjamin kualitas sumberdaya manusia (SDM) yang bekerja secara profesional sesuai dengan kompetensinya. Perpres No. 8 tahun 2012, tentang Kerangka Kualifikasi Nasional Indonesia (KKNI), SDM profesional dikelompokkan menjadi 9 jenjang kualifikasi, dengan kesetaraan lulusan pendidikan SD setara dengan jenjang 1, lulusan S1 setara dengan jenjang 6, dan lulusan S3 setara dengan jenjang 9. SKKNI perlu diacu oleh penyelenggara pendidikan dalam menyusun kurikulum, agar lulusannya dapat setara kemampuannya dengan standar nasional tersebut. Dalam rangka menghadapi Masyarakat Ekonomi ASEAN (MEA), SKKNI diharmonisasikan dengan negara tetangga melalui forum Mutual Recognition Arrangement (MRA), sehingga kualitas SDM kita juga diakui setara kualitasnya pada jenjang yang sama.

Di bidang Informasi Geospasial (IG) juga sedang disusun SKKNI, dengan maksud agar SDM yang terlibat dalam pembuatan data dan IG dapat terjamin standar kemampuannya, yang pada akhirnya juga dapat menjamin kualitas data yang dihasilkan. Penyusunan SKKNI bidang IG ini merupakan bagian dari pembangunan SDM IG secara nasional, agar dapat mendukung kebijakan *One Map Solution*. SKKNI bidang IG disusun berdasarkan amanat UU No 4 tahun 2011 tentang Informasi Geospasial terutama pasal 55 dan 56. Penyusunan SKKNI bidang IG sudah mulai dibangun tahun 2012. Kompetensi kerja di Bidang IG dikelompokkan menjadi 6 Sub Bidang : Survei Terestris (Surveying); Fotogrametri; Penginderaan Jauh (Remote Sensing); Sistem Informasi Geografis (SIG); Kartografi, dan Hidrografi. Unit Kompetensi bidang Informasi Geospasial sub Bidang Geografitelah diusulkan dan dalam proses penyelesaian bersama dengan 6 bidang yang telah diusulkan sebelumnya. Kompetensi sub bidang Geografi memiliki rumusan kompetensi sebagaimana diuraikan dalam tabel 1 berikut.

Tabel 1. Kompetensi sub bidang Geografi dalam SKKNI

Fungsi Utama	Unit Kompetensi
Perencanaan	<ol style="list-style-type: none"> 1. Menyusun rencana pekerjaan IG Geografi 2. Mengidentifikasi kebutuhan substansi pekerjaan IG Geografi 3. Melakukan perencanaan pekerjaan IG Geografi
Pengumpulan Data	<ol style="list-style-type: none"> 1. Mengumpulkan data IG Geografi 2. Menderivasi data/ informasi IG Geografi 3. Memvalidasi data IG Geografi 4. Memverifikasi data IG Geografi
Pemrosesan Data	<ol style="list-style-type: none"> 1. Melakukan proses editing data IG Geografi 2. Menyusun peta tematik IG Geografi 3. Menyusun basisdata IG Geografi
Pengelolaan Data	<ol style="list-style-type: none"> 1. Mengelola basisdata IG Geografi 2. Menganalisis IG Geografi 3. Mensintesis IG Geografi 4. Mengevaluasi IG Geografi
Penyajian Data	<ol style="list-style-type: none"> 1. Merencanakan produk IG Geografi 2. Menyusun laporan produk IG Geografi 3. Mendiseminasi IG Geografi 4. Mengkomersialisasi IG Geografi

Terkait data dan informasi Geografi perolehan dan pemrosesannya didukung oleh ilmu dan teknologi sub bidang Geografi yang langsung secara teknis mengelolanya. Ilmu dan teknologi tersebut adalah kartografi, penginderaan jauh, surveying dan Sistem Informasi Geografi (SIG). Olehkarena pada jenjang 1 hingga 6, kompetensi pengumpulan dan pemrosesan data langsung menggunakan spesifikasi SKKNI sub bidang kartografi, penginderaan jauh, surveying dan SIG yang telah tersedia. Kompetensi Geografi terutama pada analisis, sintesis dan evaluasi data dan informasi geospasial untuk menghasilkan produk data dan informasi baru yang digunakan untuk pembangunan dan kajian bencana. Produk tersebut antara lain peta tata ruang, peta kemiskinan, peta jalur pengembangan tol laut, peta pembukaan sawah terkait swasembada pangan, system informasi spasial pengelolaan kota, pengelolaan wilayah perbatasan, dll.

Bidang-bidang ilmu dalam lingkup Geografi meliputi bidang Geografi Fisik (Geomorfologi, Hidrologi, Klimatologi, Pedologi); dan Geografi Manusia (Kependudukan, Geografi Politik, Geografi Ekonomi, Geografi Regional, Geografi Kesehatan, Geografi Sosial) dan didukung oleh Geografi Teknik (Kartografi, Handasah, Penginderaan Jauh, SIG). Kompetensi bidang Geografi Teknik telah berkembang dengan pesat, bahkan kini telah diatur dalam ISO, dalam SNI dan memiliki draf SKKNI yang mantap. Bidang keilmuan yang tercakup

dalam Geografi Fisik dan Geografi Manusia serta Kebencanaan perlu mengembangkan diri dengan memiliki SKKNI yang diperlukan dalam era global.

INFORMASI GEOSPASIAL DALAM KOMPETENSI SUB BIDANG GEOGRAFI

UU nomor 4 tahun 2011 menjelaskan bahwa Geospasial atau ruang kebumian adalah aspek keruangan yang menunjukkan lokasi, letak, dan posisi suatu objek atau kejadian yang berada di bawah, pada, atau di atas permukaan bumi yang dinyatakan dalam sistem koordinat tertentu. Informasi Geospasial yang selanjutnya disingkat IG adalah data geospasial yang sudah diolah sehingga dapat digunakan sebagai alat bantu dalam perumusan kebijakan, pengambilan keputusan, dan/atau pelaksanaan kegiatan yang berhubungan dengan ruang kebumian.

Dalam era pembangunan dan globalisasi, diperlukan data geospasial yang lengkap, baru, akurat dan pengelolaan data dan informasi yang mudah diakses. Dalam hal ini, teknik penginderaan jauh dan SIG dapat memberikan solusi tentang data dan informasi obyek geografi, baik lithosfer, hidrosfer, atmosfer, biosfer, dan antroposfer. Teknologi penginderaan jauh, melalui produk yang dihasilkan (citra foto, citra satelit) dapat dimanfaatkan sebagai sumberdata dalam penelitian geografi. Data dan informasi geospasial dapat berupa peta dasar, peta tematik, citra foto udara, citra satelit, chart, denah, maket, sistem informasi spasial, baik yang statik maupun dinamik. Teknologi pengelolaan informasi geospasial memanfaatkan teknologi ICT dengan intens, sehingga bidang kajian geografi tidak hanya meliputi geografi fisik dan geografi manusia, tetapi juga didukung oleh teknologi informasi geografi, yang menjadikan kajian geografi makin bermakna.

Tatakelola informasi geospasial diatur dalam UU 4/2011, sedang pengelolaan sumberdaya alam diatur dalam UU 27/2007, UU 41/1999, UU 32/2009 yang diikuti dengan peraturan implementatif di bawahnya, yang memperjelas tahapan operasionalnya. PP 10/2000 mengatur tentang ketelitian peta tematik pendukung tata ruang. Keppres 85/2007 mengatur tentang Jaring Data Spasial Nasional, lembaga mana memproduksi peta apa. Berbagai SNI telah diterbitkan, untuk memberikan panduan tentang kompetensi dan spesifikasi produk spasial tertentu (Panduan Penyusunan Peta Rupa Bumi, dll). Penelitian geografi sebaiknya mengikuti ketentuan tersebut dalam implementasinya.

Naskah akademik UU 4 tahun 2011 menyebutkan bahwa InformasiGeospasial, yang lazimdikenal dengan peta,adalahinformasi obyekpermukaan bumiyang mencakup aspekwaktu dan keruangan.Pengertian *geodalamgeospasial*,berarti *geosfer* yang mencakup*atmosfer* (lapisan udara yang meliputi permukaan bumi),*litosfer*(lapisankulitbumi),*pedosfer*(tanah beserta pembentukan dan zona-zonanya, sebagai bagian dari kulit bumi), *hidrosfer*(lapisanair yang menutupi permukaanbumi dalamberbagai bentuknya), *biosfer*(segenap unsur di permukaan bumiyang membuatkehidupandan proses biotik berlangsung) dan*antroposfer*(manusia dengansegala aktivitasyang dilakukannya di permukaanbumi)

Informasiterkaitdengangeografi mencakuptiga pengertian1) informasi tentanglokasidi permukaanbumi;2)informasitentangterdapatnyasuatuobyek di bumiyang bersifat fisik(atmosfer,litosfer, pedosfer, hidrosferdanbiosfer) ataupun non-fisikdan budidayahasilkreasi manusia(antroposfer); 3)informasi tentang apayang beradapadasuatulokasitertentu.Dengandemikianpengertian geografitidakhanya menunjukkanlokasidi permukaan bumi,tetapijugaterkait sumber daya danlingkungan hidupmanusia.

Pengertian Informasi Geospasial amat erat kaitannya dengansalahsatusyaratatterbentuknyasebuah negara yaituadanyawilayahyang berkonotasi territorial. Wilayahmerupakansalahsatusyaratutamaterbentuknya suatu negara,denganlokasidanbatas-batasyangdiakuiberdasarkan peraturan yang berlaku. InformasiGeospasial merupakanbagian penting dalammewujudkansistem informasi yang dapat dimanfaatkan untuk mendukung sektor publik dalam melaksanakan prosesperencanaan, pelaksanaan dan evaluasipembangunan, baikpadapemerintahantingkatpusat maupun tingkat daerah,danjugapada sektorperorogandankelompok orang.InformasiGeospasialmenjadikomponen pentingdalam mendukungpengambilankeputusan.

PeranInformasiGeospasial, yang dihasilkan oleh kompetensi geografi semakin penting dalam pembangunan,namun masih banyakpermasalahanyang munculkarena dengan adanyaUU tentangInformasiGeospasial, perlu konsistensi dalam pelaksanaan pedoman, skala, produk, dll. Keberlangsungan penyelenggaraanInformasiGeospasialmemerlukan dukungandari berbagaipihak,yang sangat erat kaitannya dengan ketersediaansumber dayamanusiayangberkualitas,danperkembanganilmu pengetahuan,teknologi, dansosial (IPTEKS), antara lain adalah SDM Geografi.

KOMPETENSI DAN PROFESI GEOGRAFI DALAM SOLUSI PROBLEMA BANGSA

Program presiden Jokowi-JK termuat dalam tujuh misi (1) Mewujudkan keamanan nasional yang mampu menjaga kedaulatan wilayah, menopang kemandirian ekonomi dengan mengamankan sumber daya maritim, dan mencerminkan kepribadian Indonesia sebagai negara kepulauan; (2) Mewujudkan masyarakat maju, berkesimbangan dan demokratis berlandaskan hukum; (3) Mewujudkan politik luar negeri bebas aktif dan memperkuat jatidiri sebagai negara maritim; (4) Mewujudkan kualitas manusia Indonesia yang tinggi, maju dan sejahtera; (5) Mewujudkan bangsa yang berdaya saing; (6) Mewujudkan Indonesia sebagai negara maritim yang mandiri, maju, kuat dan berbasiskan kepentingan nasional; (7) Mewujudkan masyarakat yang berkepribadian dalam kebudayaan. Program pembangunan nasional dalam UU 25 tahun 2000, nampak masih relevan dengan program kabinet Kerja. Butir-butir rincian dalam UU tersebut dapat digunakan sebagai dasar untuk menunjukkan manfaat penelitian geografi dan informasi geospasial. Program tersebut berisi antara lain perlunya : (1) inventarisasi dan evaluasi potensi SDA dan lingkungan hidup, yang meliputi darat, laut, udara; (2) valuasi potensi sumberdaya hutan, air, laut, udara dan mineral, yang memungkinkan semua sumberdaya memiliki harkat; (3) pendataan kawasan ekosistem yang rentan terhadap kerusakan, termasuk wilayah kepulauan; (4) peningkatan akses informasi SDA dan LH kepada masyarakat, *stake holders*.

Butir-butir tersebut dengan jelas memposisikan semua *spasial data provider* untuk mengembangkan sistem informasi spasial geografis, yang dapat memberikan layanan kepada masyarakat secara *real time* dan menyeluruh. Agar supaya suatu lembaga dapat melaksanakan pengelolaan wilayah untuk pembangunan dan menanggulangi bencana, maka sebuah intitusi pengelolaan data amat diperlukan. Penyusunan institusi pengelolaan data tersebut memerlukan tersedianya *hardware, software, data spasial dan numerik, sumberdaya manusia, prosedur kerja standart, dan mekanisme pendukung*, termasuk institusi pengelolaan kemaritiman. Pengembangan institusi pengelola data kemaritiman memerlukan pemantapan tujuan, dukungan dana, sumberdaya manusia (teknisi, analis, pengelola), *spasial information expert, application GIS expert* dan perlu berhubungan dengan para vendor. Manfaat geografi dalam peningkatan pembangunan, antara lain dapat diuraikan pada butir-butir berikut.

Penyusunan Basisdata Kemaritiman

Aplikasi geografi di bidang kemaritiman yang perlu percepatan antara lain adalah kadaster laut, toponimie bagi kepulauan nusantara, pengelolaan perbatasan daerah dan negara, penataan tataguna tanah, hak atas lahan, rehabilitasi kerusakan lingkungan yang berpengaruh pada laut. Pendataan pulau telah mencapai 13466, itupun belum sempurna. Hal-hal tersebut adalah contoh persoalan spasial dan wilayah, yang masih sangat diperlukan untuk dilakukan akselerasinya di Indonesia. Data dasar nasional kemaritiman sebaiknya berisi data dan informasi dasar geografis yang tercakup dalam peta Bathimetri, Topografi, Rupabumi, lingkungan Pantai Indonesia, Lingkungan Laut Nasional dan Benua Maritim. Sebesar 70% dari wilayah nasional telah terselesaikan. Data tematik yang dibangun di atas data dasar meliputi tematik abiotik (geologi, tanah, air, iklim, mineral, laut), biotik (vegetasi) dan data sosial ekonomi penduduk. Perolehan data tersebut oleh instansi penghasil data (Dishidros, KKP, P3O LIPI, BIG, BPN, Puslittanak, Dirjen Geologi, Lemigas, Departemen Kehutanan, Jawatan Topografi, Kimpraswil, BMG, BPS) menggunakan data hasil survei hidrografi, terestris, dan menggunakan data penginderaan jauh dan diolah dengan SIG. **PP 10/2000**, mengatur tentang penyusunan Peta RTRW Nasional minimal 1 : 1.000.000; Peta RTRW Daerah Propinsi, minimal 1 : 250.000. Peta RTRW Daerah Kabupaten, minimal 1 : 100.000. Peta RTRW Daerah Kota, minimal 1 : 50.000. Data nasional sebagai input terbentuknya basisdata nasional telah tersedia dalam skala 1:1000.000 dan 1:250.000, sedang skala yang lebih besar masih perlu dikerjakan dengan cara-cara yang lebih sistematis.

Untuk kemaritiman, data tentang fisik laut (kedalaman, ombak, pasang surut, gelombang, dan data fisik, kimia), pertambangan, industry, pelayaran, perniagaan, pelabuhan dan yang terkait perlu disusun dalam basisdata. RUU Kelautan menyebutkan bahwa data kelautan meliputi : karakteristik laut, baku mutu laut, bathimetry, hydrography, oceanography, data ttg cuaca, data sumberdaya hayati dan non hayati, data ttg lempeng tanah dasar laut, data ttg gempa di laut, tsunami, data ttg pulau-pulau, data ttg peta laut, data ttg penduduk pesisir dan data lain yg diperlukan.

Pemantapan Batas Wilayah

Saat ini batas wilayah NKRI masih ada yang belum selesai dirundingkan dengan negara tetangga. Pulau kecil terluar yang berjumlah 92, dimana yang berpenduduk sebanyak 31 buah, perlu dipetakan agar dapat digunakan sebagai penetapan garis pangkal. Pulau terluar perlu diinventarisasi dan ditetapkan nama-nama pulau tersebut, karena hingga kini masih banyak pulau yang belum memiliki nama. Konsep Daerah Aliran Sungai perlu diterapkan agar terimplementasikan pengelolaan wilayah yang berciri sinergi spasial darat laut dalam satu kesatuan yang holistik.

Kajian Sumberdaya Laut

Ekosistem laut Indonesia sangat kaya dengan sumberdaya hayati dan non hayati. Ekosistem mangrove, terumbu karang, padang lamun mendukung keberadaan ikan pelagis, demersal dan ikan jeluk yang banyak jumlahnya. Luas ekosistem terumbu karang sebesar 50.875 Km² (Burke, dkk, 2002). Sebesar 10-50% ekosistem tersebut mengalami peningkatan degradasi karena berbagai sebab alami dan eksploitasi. Jumlah spesies adalah 574 buah (Vernon, dkk, 2009), sebesar 22,05% terlindungi (Kementerian Kehutanan). Ekosistem ini berada pada 1133 lokasi, dengan kondisi sangat baik 5%; baik 27%; cukup 37% dan buruk 31% (Puslit Oceanologi LIPI).

Green Peace (2011) melaporkan bahwa ekosistem padang lamun mencakup luas sekitar 30.000 km², dengan memiliki jumlah spesies sebanyak 13 buah, dimana sebesar 17,1% terlindungi, sedang sisanya belum. Ekosistem mangrove meliputi luas 3.244.018 Ha (Bakosurtanal), jumlah spesies adalah 45 uah (Spalding, dkk, 2002). Ekosistem mangrove yang terlindungi sebesar 21,97% (Kementerian Kehutanan). Di bidang perikanan jumlah tenaga kerja yang terkait langsung dengan perikanan – 2.265.213. Tahun 2011 jumlah kapal 581.845 buah. Tiga provinsi dengan jumlah kapal terbanyak : Sulawesi, Sumatera dan Jawa. Jumlah alat penangkap ikan 1.001.667 unit. Spesies Penyu 6 buah, 95 tempat kembang biak, 49% tempat kembang biak terlindungi (Kementerian Kehutanan). Spesies Dugong : 28 Habitat, 45% habitat terlindungi (Kementerian Kehutanan).

Kemampuan inventarisasi kekayaan alam laut perlu ditingkatkan dengan penerapan teknologi informasi geografi, dengan program dan pendanaan yang memadai. Kegiatan riset yang dilengkapi dengan kemampuan teknologi yang memadai perlu ditingkatkan. Survei hidrografi, terrestrial, dengan dibantu dengan teknologi penginderaan jauh, kartografi dan SIG perlu memperoleh perhatian yang memadai.

Penyusunan Tata Ruang Laut

Terkait tataruang laut, saat ini telah dihasilkan RUU Kelautan yang bertujuan agar mampu mewujudkan NKRI sbg negara kepulauan yang berciri Nusantara dan menciptakan laut yang lestari, aman, serta teridentifikasinya sumberdaya laut dlm yurisdiksi nasional dan diluar yurisdiksi nasional. Aturan tersebut juga berisi pemanfaatan sumberdaya kelautan dan kekayaan laut dlm wilayah laut NKRI, laut lepas dan dasar samudera dalam, secara berkelanjutan, utk sebesar-besarnya bagi generasi sekarang tanpa mengorbankan kepentingan generasi mendatang; mengembangkan budaya dan pengetahuan kelautan bagi masyarakat utk menumbuhkan pembangunan yg berorientasikan kelautan, dan menciptakan SDM kelautan yang profesional, beretika, berdedikasi, dan mampu mendukung pembangunan kelautan scr optimal dan terpadu.

Pada pasal 10 ayat 2 RUU tersebut menjelaskan bahwa penataan ruang kelautan meliputi diantaranya wilayah perikanan, pertambangan, kenavigasian, pelayaran dan kepelabuhanan, industri kelautan, kepariwisataan kelautan, penelitian ilmiah, bangunan diatas air, daerah latihan militer, uji-coba sistem senjata militer dan kawasan lindung. Implementasi ketentuan tersebut perlu segera dilakukan untuk seluruh wilayah perairan laut kita agar pengelolaannya dapat lebih baik. Implementasi dari RUU tersebut sangat diperlukan guna pembangunan kemaritiman di Indonesia.

Pembangunan Parwisata

Indonesia diharapkan mampu membangun pariwisata sebagai tulang punggung kesejahteraan rakyat yang sangat menjanjikan. Hal ini didukung dengan kekayaan sumberdaya alam dan panoramik yang indah dan kaya dengan keanekaragaman hayati. Keindahan pasir dan kondisi pantai, aneka spesies terumbu karang, keindahan hutan mangrove, tinggi gelombang, warna laut, dan karakteristik lainnya, mampu sebagai daya tarik wisata alamyang luar biasa. Kemasan wisata perlu didukung dengan fasilitas pendukung yang memadai, keamanan, kenyamanan, yang mampu meningkatkan daya jual pariwisata.

Kajian Bencana

Bencana alam yang terjadi di laut (*banjir, gempa bumi, tsunami, badai, siklon*) yang terjadi mengharuskan lembaga yang kompeten untuk melakukan upaya terkait penanggulangan bencana alam (Bakornas PB, SAR, Mawil Hansip). Sistem informasi penanggulangan bencana alam (SIPBI) perlu disusun guna mitigasi bencana. Kinerja utamanya adalah penyusunan basisdata wilayah : pemetaan daerah bencana, evaluasi bencana, kajian evakuasi, *Early warning System*. Tumpahan minyak di laut berbahaya bagi lingkungan. Polusi terhadap air tanah sangat berbahaya bagi penduduk. Buangan *tailing* dari eksploitasi pertambangan dengan kandungan logam berat (Hg, Cd,...), merupakan bom waktu bagi penduduk.

Deliveri dalam Pembelajaran Geografi di era Global

Di bidang pendidikan, aplikasi teknologi Penginderaan Jauh dan SIG serta teknologi informasi geografi yang lain dalam pembelajaran telah berkembang dengan pesat. SIG sebagai alat pengelolaan informasi saling

melengkapi dengan penginderaan jauh dalam pengelolaan data spasial. Dalam kaidah standart internasional, informasi geografi telah diatur dalam *Geographic Information/ Geomatics*, tertuang dalam ISO/TC 211 N 573. Dalam ketentuan tersebut, informasi geografi didukung dengan 10 buah teknologi berikut (1) Digital survey instruments, (2) Global Positioning System, (3) Remote Sensing, (4) Geographic Information Systems, (5) Spatial Systems Engineering Tools, (6) Spatial Database Management, (7) Automated Cartography, (8) Visualisation, (9) Modeling, (10) Spatial Analysis.

Pengelolaan informasi spasial untuk kajian dan delivery informasi bidang geografi, lingkungan, wilayah dan bencana perlu didukung dengan system penyedia data yang berkelanjutan, dalam hal ini adalah teknologi penginderaan jauh, SIG dan GPS, maupun teknologi pendukung *geographic information* yang lain. Untuk kepentingan pendidikan, diperlukan basisdata sumberdaya dan lingkungan, yang dapat menghasilkan informasi tentang perkembangan desa, kota dan wilayah, juga adanya kejadian bencana, dampak bencana dan data sarana prasarana pendukung. Data dan informasi tersebut antara lain dapat diperoleh dari analisis citra penginderaan jauh (*foto udara, radar hingga citra satelit*), yang dilengkapi dengan survey dan uji medan. Setiap jenis citra penginderaan jauh, dicirikan dengan *sifat spasial, spektral dan temporal* memiliki peran yang khas terhadap perolehan data lingkungan, termasuk kejadian bencana alam guna pengelolaannya.

Untuk keperluan pendidikan, manfaat penginderaan jauh dan SIG sangat nyata, terutama untuk deteksi, indentifikasi, pemetaan, pengukuran, analisis obyek geografi, sumberdaya dan lingkungan, melalui produk-produk turunannya (peta dasar, peta tematik, chart, denah, photomap, spasiomap, orthofoto, digital terrain model, system informasi). Penyajian tersebut dapat disesuaikan dengan tingkat pendidikannya. Pendidikan SMU dapat memanfaatkan modul dengan menggunakan Penginderaan jauh dan SIG dengan pilihan-pilihan aplikasi yang bervariasi dalam menyusun peraga. Untuk mahasiswa diberi keleluasaan dalam penjelajahan basisdata dan penyusunan peta secara mandiri. Penyusunan peta mandiri ini telah difasilitasi oleh BIG dengan program INA GEOPORTAL, pada www.big.go.id. Media social yang lain GOOGLE menawarkan citra satelit yang dapat dimanfaatkan secara semantic untuk pendidikan. Delivery materi pembelajaran geografi sebaiknya difasilitasi dengan ICT agar tayangan geografi lebih hidup dan menarik.

KESIMPULAN

Dunia telah bergeser dan peradaban manusia telah berganti, dari era pertanian, industry dan memasuki era informasi. Era informasi ditandai dengan penerapan teknologi ICT yang memungkinkan umat manusia untuk berkomunikasi dengan dunia lain dengan cepat, maya dan menarik. Penerapan teknologi ini telah menembus batas wilayah dan negara. Era ini disebut dengan era global, proses yang berlangsung adalah globalisasi.

Geografi sebagai cabang ilmu yang sudah mapan, telah terbukti memiliki kemantapan konsep, pengertian, pendekatan, analisis dan aplikasinya bagi pembangunan di Indonesia. Pengembangan kompetensi geografi telah mendesak untuk segera diujutkan, agar para geografer dapat mengaktualisasikan profesinya dengan di era global dan MEA. Pengembangan SKKNI pada bidang ilmu dalam lingkup Geografi (Geomorfologi, Hidrologi, Klimatologi, Pedologi, Kependudukan, Geografi Politik, Geografi Ekonomi, Geografi Regional, Geografi Kesehatan, Geografi Sosial, Kartografi, Handasah, Penginderaan Jauh, SIG) perlu diperhatikan, mengingat ilmu-ilmu tersebut sangat bermanfaat dalam pengelolaan wilayah dan solusi problema bangsa. Kompetensi Sub Bidang Survei Terestris; Fotogrametri; Penginderaan Jauh (Remote Sensing); Sistem Informasi Geografis (SIG); Kartografi, dan Hidrografi, yang telah berkembang, telah memiliki draf SKKNI yang mantap, yang makin memantapkan kiprah profesi geografi.

Aplikasi kompetensi geografi penghasil data geospasial dalam pembangunan antara lain berupa penyusunan basisdata, unsur pembentuk negara, pemantapan batas wilayah, kajian sumberdaya hayati dan non hayati, penyusunan tata ruang laut, pariwisata, kajian bencana. Hal ini menunjukkan peran nyata geografi untuk pembangunan di bidang pengelolaan wilayah. Informasi geografi, penghasil data geospasial semakin penting dalam mendukung pengelolaan wilayah.

DAFTAR PUSTAKA

- Agenda 21, The United Nation Organization
Agus Siswanto, 2008, Pemetaan Hutan mangrove di kepulauan Karimunjawa, Dengan metode Berlapis, *Skripsi*, di Fakultas Geografi UGM.
Anonim, 1992, United Nations Conference on Environment & Development, Rio de Janeiro, Brazil, 3 to 14 June 1992, AGENDA 21

- Anonim, *Program Pembangunan Nasional 2000-2004*, UU Nomor 25 tahun 2000. Pemerintah Republik Indonesia.
- Anonim, *Peraturan Pemerintah Nomor 10 tahun 2000*. Pemerintah Republik Indonesia
- Belward Alan, S dan Carlos R. Valenzuela, 1991, *Remote Sensing and GIS for resource Management in Developing Countries*, Enschede, Kluwer Academic Publishers
- BintartodanSurastopoHadisumarno, 1982, *Metode Analisis Geografi, LP3ES*. Dangermond, Jack, 2011, *Geography: A Platform for Understanding*, ESRI Seminar.
- Daryaka, Sri, Penyusunan SKKNI di BIG, www.big.go.id
- DeMers, Michael N, 1997, *Fundamentals of GIS*, New York, John Wiley and Sons, Inc.
- Derek Osborn, Amy Cutter and Farooq Ullah, 2015, *Universale Sustainable Development Goals, Understanding the Transformational Challenge for Developed Countries*, Report of a Study by Stakeholder Forum, May 2015
- Green Peace, 2011, *Laut Indonesia dalam Krisis*, Jakarta. Green Peace Southeast Asia, Jakarta.
- Habibie, BJ, 2005, Pidato pada Kongres Kedirgantaraan, Bandung
- Hagget, Peter, 1978, *Geography: Modern Synthesis*
- Hartono, 2014, Peranan Geografi untuk Pembangunan nasional di era Global, Paper disajikan pada Mega Seminar Nasional dan Reuni Akbar, Geografi untukmu Negeri, diselenggarakan oleh Jurusan Pendidikan Geografi Fakultas Ilmu Sosial Universitas Negeri Yogyakarta, di Yogyakarta pada tanggal 5 Mei 2014.
- Hartono, 2010, Penginderaan Jauh dan SIG serta Aplikasinya di Bidang Pendidikan dan Pembangunan, Paper disajikan pada Seminar Nasional, dengan tema Pemanfaatan Penginderaan Jauh dan Sistem Informasi Geografis untuk Pembelajaran Geografi dan Pembangunan Nasional, Fakultas Geografi Universitas Muhammadiyah Surakarta (UMS) pada tanggal 3 Juli 2010, di UMS Surakarta.
- Khakim, Nurul, 2015, Peran Strategis Informasi Geospasial Untuk mendukung Pembangunan Kemaritiman di Indonesia, pidato ilmiah dalam Dies natalis ke 52 fakultas Geografi UGM Yogyakarta
- Millenium Development Goals Report,
- Nawa Cita, 2010, Pidato Presiden Joko Widodo, Oktober 2010
- Sumarmi, 2010, Upaya peningkatan Partisipasi Masyarakat dalam Pengelolaan Ruang Terbuka Hijau, pidato gurubesar di Universitas Negeri Malang Kementerian Pendidikan Nasional, Malang, 6 Juli 2010.
- www.um.malang.go.id
- www.big.go.id

MANAJEMEN BENCANA-1

R1A – RUANG SIDANG 1 PUSPICS,
25 NOVEMBER 2015 (11.00 – 12.15)

001 PEMODELAN HIDROLOGI *LIMBURG SOIL EROSION*
MODEL (LISEM) UNTUK PREDIKSI TINGGI GENANGAN
BANJIR BANDANG

*A. U. Rusdimi, P.K Widyaputra, J. Sartohadi, M.A. Setiawan, S.
Ritohardoyo*

003 PEMANFAATAN APLIKASI InaSAFE GUNA MENDUKUNG
PENYUSUNAN PERANGKAT KEBIJAKAN
PENANGGULANGAN BENCANA

*Adi Kurniawan, Fredy Chandra, Charlotte Morgan, Agus Wibowo,
Dian Oktiari*

022 ESTIMASI INDEKS KEBASAHAHAN BERBASIS SISTEM
INFORMASI GEOGRAFIS UNTUK MENDUKUNG
PERINGATAN DINI BAHAYA BANJIR PADA KOTA
SEMARANG

Putra, D. M. W. K., Cahyaningtyas, W.M.

PEMODELAN HIDROLOGI *LIMBURG SOIL EROSION MODEL* (LISEM) UNTUK PREDIKSI TINGGI GENANGAN BANJIR BANDANG

A. U. Rusdimi¹, P.K Widyaputra², J. Sartohadi¹, M.A. Setiawan¹ S. Ritohardoyo¹

¹Fakultas Geografi, Universitas Gadjah Mada

Email: ulyarusdimi@live.com, primandakiky@gmail.com

²Fakultas Teknologi Sumberdaya Alam, Institut Teknologi Yogyakarta

Email: panyidiksiti@gmail.com

*Corresponding author: ulyarusdimi@live.com

ABSTRAK

Pemanfaatan teknologi sistem informasi geografis (SIG) telah berkembang pesat dan memberikan kontribusi yang besar dalam analisis kebencanaan di Indonesia, salah satunya melalui pemodelan. *Limburg Soil Erosion Model* (LISEM) merupakan pemodelan hidrologis yang menggunakan banyak parameter pada skala detail. Model ini dikembangkan untuk mensimulasikan kondisi hidrologi permukaan dan keseimbangan sedimen. Kelebihan model LISEM adalah mampu mensimulasikan kondisi-kondisi tersebut dalam ruang dan waktu yang cukup detail.

Keberhasilan suatu model dalam menghasilkan hasil prediksi yang paling mendekati kondisi sebenarnya di lapangan berkaitan erat dengan kelengkapan data yang dibutuhkan. Oleh karena itu, penelitian ini mengkaji hasil penerapan model hidrologi LISEM untuk prediksi banjir bandang dalam rangka mengidentifikasi kebutuhan basis data untuk pemodelan tersebut dan mengevaluasi optimalisasi model untuk pemodelan banjir bandang di Indonesia. Pemodelan hidrologi menggunakan LISEM dilakukan di DAS Bladak, Jawa Timur dan Sub-DAS Kedungwinong, DAS Juwana, Jawa Tengah yang memiliki karakteristik fisik yang berbeda.

Hasil prosedur pemodelan tinggi genangan banjir bandang dianalisis secara deskriptif. Kelengkapan data yang meliputi informasi curah hujan, topografi, penutup lahan, sifat fisik tanah, dimensi dan aliran sungai, kekasaran permukaan dan vegetasi menentukan optimalisasi hasil pemodelan aliran permukaan dalam suatu DAS. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa model LISEM mampu memprediksi tinggi genangan dan lokasi genangan; meskipun dalam penelitian ini masih menggunakan banyak asumsi dan keterbatasan data. Untuk itu, dibutuhkan basis informasi dalam skala yang detail untuk dapat menghasilkan prediksi respon suatu DAS pada suatu kejadian curah hujan yang ekstrem.

KATA KUNCI: aplikasi SIG, model hidrologi, LISEM, pemodelan banjir bandang

1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara yang paling rawan akan multi bencana di Asia. Dalam beberapa tahun terakhir, besarnya resiko bencana alam di Indonesia kian meningkat, salah satunya adalah risiko akan bencana banjir bandang. Banjir bandang terjadi dalam waktu yang relatif singkat dengan kekuatan yang besar dan mengakibatkan kerusakan pada kehidupan masyarakat yang tinggal di sekitar sungai. Tidak hanya kerugian yang diderita oleh masyarakat secara materi ataupun jiwa, tetapi juga kerugian secara ekonomi yang menurunkan kesejahteraan masyarakat juga dirasakan sebagai dampak bencana banjir bandang. Banjir bandang tersebut dapat disebabkan oleh beberapa faktor, diantaranya (a) kegagalan dalam bangunan penahan air (*dam break/failure*), baik yang disebabkan oleh faktor alam atau kesalahan manusia, (b) faktor curah hujan yang tinggi dan dalam durasi yang panjang, (c) serta faktor geometri saluran meliputi gradien sungai dan lembah sungai dari bagian hulu (*upstream*) dan hilir (*downstream*) (Imran, 2013).

Sungai Bladak di lereng Gunungapi Kelud di Jawa Timur merupakan salah satu sungai yang paling berpotensi dilalui oleh lahar dingin setelah terjadinya erupsi gunungapi. Karakteristik lereng dan lembah sungai Bladak di bagian hulu merupakan faktor utama yang membuat alur sungai Bladak dapat membawa aliran lahar dingin ketika hujan dengan intensitas tinggi terjadi. Pola aliran sungai Bladak yang merupakan radial sentrifugal membuat aliran sungai terkonsentrasi dan terakumulasi pada satu titik pertemuan cabang anak sungai dan sangat berpotensi melimpahkan aliran tersebut ke daerah sekitarnya. Di lokasi lain, yaitu di DAS Juwana, Jawa Tengah, juga terbukti memiliki catatan bencana yang disebabkan oleh banjir bandang. Banjir bandang mampu menyebabkan akibat yang berbahaya karena kecepatan dan kemampuannya untuk membawa air dan material yang dapat menyebabkan kerusakan terhadap bangunan dan jembatan. Meskipun banjir bandang biasanya

terjadi di daerah yang relatif sempit, upaya mengidentifikasi lokasi yang rawan sangat dibutuhkan dalam pengurangan risiko bencana dan tata ruang.

Memahami hubungan hujan-limpasan bersama dengan parameter-parameter fisik lainnya dalam suatu DAS sangat penting dalam membangun model hidrologis untuk prediksi banjir bandang. Arnaud-Fassetta et al. (2009) mengemukakan perkembangan kajian hidro-meteorologis menggunakan Geographic Information System (GIS) untuk membangun karakter dan dinamika banjir melalui model. Untuk membangun probabilitas kejadian dan analisis kerawanan dapat dilakukan dengan menggabungkan aspek geomorfologis, meteorologi-klimatologis, dan penggunaan lahan. Informasi yang dihasilkan dari data tersebut berupa informasi potensi kejadian bencana, sehingga peran dari aspek geomorfologis, meteorologi-klimatologi, dan penggunaan lahan sangat diperlukan dalam membangun model bencana (Dikau, 1990; Parise, 2001; Cardinali et al., 2002; van Westen et al., 2008; Leoni et al., 2009).

Faktor-faktor meteorologis seperti intensitas, distribusi dan besar curah hujan juga merupakan variabel input dalam membentuk model. Kajian mendalam terkait parameter-parameter ini dapat digunakan untuk memprediksi dan membangun sistem kewaspadaan terhadap bencana banjir bandang. Kelengkapan informasi untuk setiap parameter sangat dibutuhkan, terutama dalam skala yang detail mengingat pemodelan banjir bandang merupakan pemodelan yang dilakukan pada daerah yang relatif sempit dan dalam durasi waktu yang singkat. Oleh karena itu, tujuan dari penelitian ini adalah untuk: (1) mengkaji hasil penerapan model hidrologi LISEM untuk prediksi banjir bandang, (2) mengidentifikasi kebutuhan basis data untuk pemodelan, dan (3) mengevaluasi optimalisasi model untuk pemodelan banjir bandang di Indonesia.

2. METODE PENELITIAN

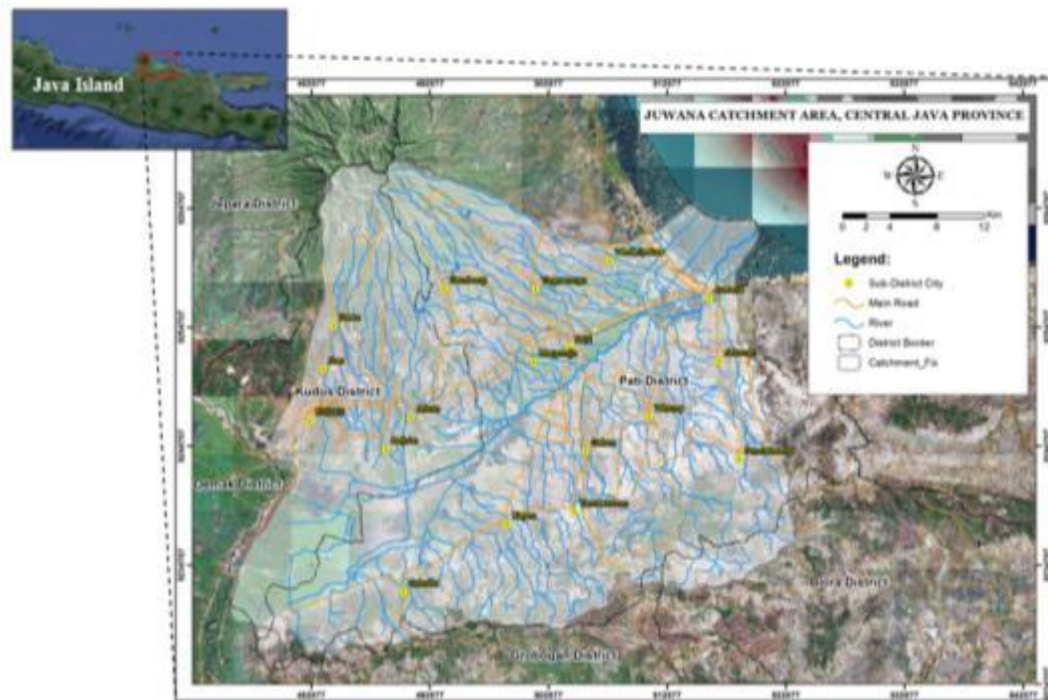
2.1 Dekripsi Wilayah

DAS Bladak terletak di bagian barat lereng Gunungapi Kelud, Jawa Timur dan merupakan salah satu DAS yang dilewati oleh sungai yang memiliki tingkat kerawanan tinggi terhadap bencana banjir bandang karena karakteristik morfologi sungai tersebut. Secara astronomis, DAS Bladak terletak di 9113664 mN - 9123058 mN dan 619099 mE - 643515 mE dengan luas wilayah 50,91 km². DAS Bladak memiliki bentuk memanjang dengan panjang sungai utama DAS Bladak mencapai 40,9 km².



Gambar 1.Peta lokasi kajian DAS Bladak

DAS Juwana terletak di Jawa Tengah, meliputi sebagian wilayah Kabupaten Pati, Kudus, dan Grobogan. DAS Juwana memiliki beberapa variasi bentanglahan dan kondisi geomorfologi yang berbeda, yaitu memiliki proses, bentuk, dan material permukaan yang spesifik. Kondisi geomorfologis tersebut mempunyai kaitan erat dengan kejadian banjir bandang.



Gambar 2.Peta lokasi kajian DAS Juwana

2.2 Data yang Digunakan

Data primer untuk pemodelan hujan-limpasan didapatkan dari pengukuran langsung di lapangan yang meliputi observasi dan pengambilan sampel, sedangkan data sekunder didapatkan dari studi literatur dan pengumpulan data dari instansi-instansi terkait. Secara detail, kebutuhan data untuk pemodelan hujan-limpasan menggunakan LISEM dijelaskan dalam tabel 1.

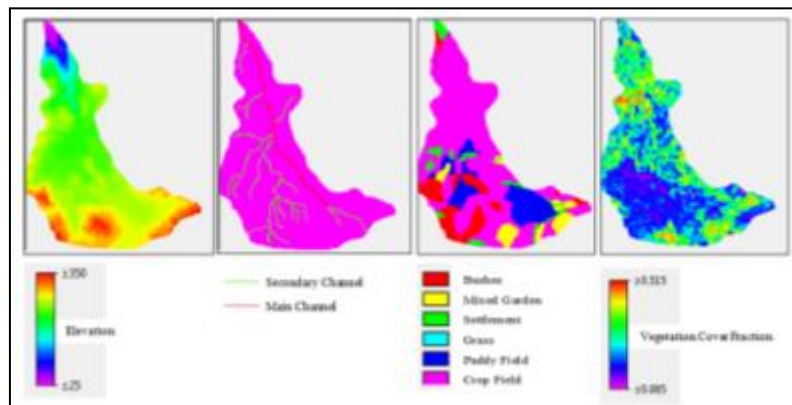
Tabel 1. Kebutuhan data penelitian

Data	Sumber
Peta Rupa Bumi Indonesia skala 1 : 25.000 -Topografi -Sungai	BIG
Curah hujan per 10 menit	Stasiun hujan Slemanan dan Candisewu Stasiun Hujan di Pati dan Kudus
- Penutup Lahan -Tutupan Vegetasi	Citra Visual <i>Bing Satellite Imagery</i> LANDSAT 8 Pengamatan di lapangan
Peta sifat fisik tanah	Pengamatan dan Pengukuran di lapangan
Peta penutup lahan dan tutupan vegetasi	Pengukuran di lapangan

Sumber: Analisis, 2015

2.3 Pengolahan Data

LISEM memerlukan beberapa data agar dapat menghasilkan keluaran yang prediktif. Data tersebut meliputi data curah hujan, data sifat fisik tanah, data saluran sungai, kekasaran permukaan, dan data penggunaan lahan (El Kadi Abderrezzak et al., 2009). Pengolahan data dalam pemodelan meliputi pengolahan data menggunakan perangkat lunak GIS dan pengolahan curah hujan sebagai input LISEM. Pengolahan data menggunakan perangkat lunak GIS meliputi penyiapan peta penggunaan lahan yang diperoleh dari peta BIG dan survei lapangan; peta saluran atau sungai, mencakup debit, kedalaman dan lebar saluran; peta tutupan vegetasi yang dibangun dari analisis NDVI (*Normalized Density Vegetation Index*), menggunakan Landsat 8, serta identifikasi tutupan lahan lain berupa lahan terbangun interpretasi visual. Citra visual dari *Bing Satellite Imagery* diolah untuk menghasilkan peta klasifikasi penutup lahan dengan proses segmentasi menggunakan perangkat lunak *eCognition Developer* dan proses klasifikasi yang dilakukan dengan interpretasi manual, kemudian divalidasi dengan pengamatan lapangan. Citra LANDSAT 8 digunakan untuk menentukan tutupan vegetasi melalui NDVI, sehingga bisa diperoleh nilai *Leaf Area Index* dan menghasilkan peta tutupan vegetasi.



Gambar 3. Peta Input Dalam Pemodelan LISEM

DEM (*Digital Elevation Model*) dibangun dari kontur untuk menghasilkan kondisi topografi DAS kajian secara spasial, dan menurunkan *petalocal drain direction* (LDD) dan peta lereng, karena DEM menyajikan informasi sudut lereng dan arah aliran (Setiawan, 2009). DEM idealnya dibangun menggunakan pengukuran lapangan atau sumber data spasial yang menghasilkan kontur detil. Penelitian ini menggunakan peta kontur berskala 1 : 25.000 untuk menghasilkan DEM dengan menginterpolasi titik-titik ketinggian. DEM merupakan input data yang paling berpengaruh dalam menghasilkan output pemodelan yang dapat merepresentasikan keadaan sebenarnya di lapangan. Semakin detail skala yang dimiliki oleh DEM, maka kondisi topografi yang dijalankan oleh model semakin mendekati kondisi sebenarnya di lapangan. Dalam penelitian ini, DEM dihasilkan dari interpolasi garis kontur pada peta Rupa Bumi Indonesia skala 1 : 25.000.

Data curah hujan dalam pemodelan berfungsi sebagai data “skenario”, berdasarkan data curah hujan yang direkam dari stasiun hujan yang mencakup wilayah DAS kajian. Curah hujan tertinggi yang terekam pada stasiun hujan digunakan sebagai input data curah hujan dalam pemodelan. Pemodelan dijalankan berdasarkan “skenario” hujan di mana jumlah total curah hujan ditentukan dari data aktual curah hujan harian. Kesulitan dalam menggunakan data aktual untuk pemodelan terletak pada keterbatasan data. Namun demikian, puncak dan jumlah curah hujan dalam pemodelan merupakan data aktual yang dalam penelitian ini berasal dari stasiun Slemanan dan Candisewu, Kabupaten Blitar untuk DAS Bladak pada dan stasiun Tlogowungu, Kabupaten Pati untuk DAS Juwana. Asumsi yang digunakan dalam pemodelan adalah bahwa hanya terjadi satu kejadian hujan dalam satu hari. Data curah hujan simulasi per 10 menit dibutuhkan untuk melakukan skenario pemodelan respon DAS pada saat terjadi hujan dalam intensitas tertentu. Dalam hal ini, pengukuran curah hujan di lapangan dilakukan secara harian, sehingga nilai curah hujan yang digunakan dalam pemodelan adalah jumlah curah hujan alam satu hari yang diambil dari kejadian hujan terbesar dalam bulan basah.

Data kondisi tanah dilakukan dengan mengambil sampel tanah pada setiap unit pemetaan yang ditentukan berdasarkan karakteristik geomorfologi dan tutupan lahan. Asumsi yang digunakan adalah bahwa setiap proses geomorfologi memiliki sifat fisik tanah yang spesifik berdasarkan penutup lahan, material dan proses yang berlangsung. Beberapa parameter yang terkait sifat fisik tanah didapatkan di lapangan dengan

survey dan observasi langsung. Data sifat fisik tanah yang dibutuhkan untuk pemodelan antara lain hantaran hidrolik jenuh (mm/h), *average suction* (cm), porositas, kadar lengas tanah awal, dan kekasaran permukaan.

2.4 Metode Analisis

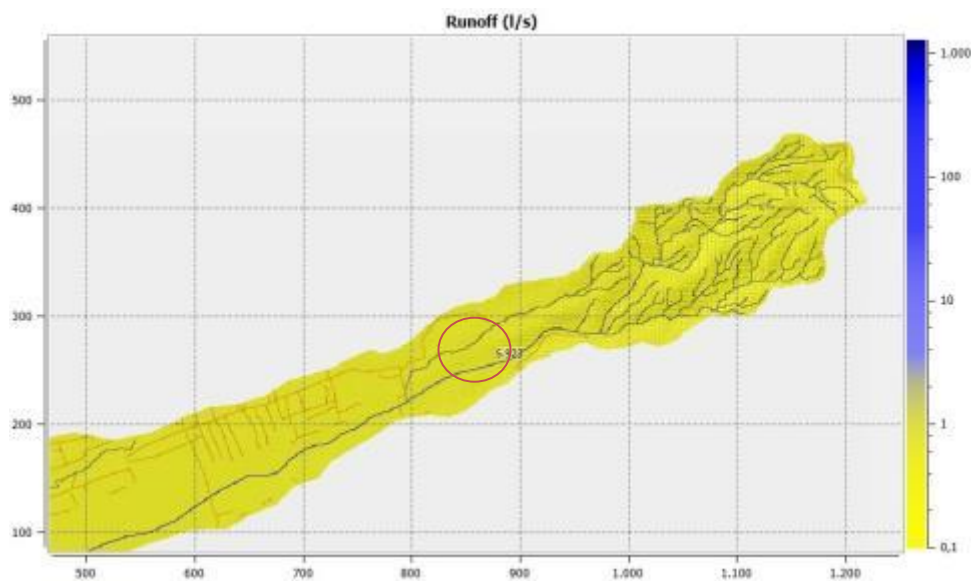
Untuk mencapai tujuan utama penelitian ini, yakni mengevaluasi kebutuhan basis data untuk optimalisasi pemodelan banjir bandang di Indonesia, analisis deskriptif dilakukan dengan mengkaji studi kasus hasil pemodelan banjir bandang menggunakan LISEM yang telah dilakukan di kedua daerah kajian. Model LISEM digunakan untuk mensimulasikan debit sungai, ketebalan banjir maksimum, dan kecepatan banjir maksimum (Thi Hai Van et al., 2011; Alkema et al., 2007). Model dibangun berdasarkan konsep gelombang kinematik pada suatu kejadian hujan dalam DAS (Jetten, 2002), diwakili dengan piksel (*raster-based operation*) dimana input pada tiap piksel adalah hujan dan intersepsi, sedangkan infiltrasi dan simpanan permukaan digunakan untuk menghitung limpasan (Fang & Su, 2006).

Analisis deskriptif dilakukan secara mendalam dengan mengkaji hubungan dan fungsi setiap variabel dalam pemodelan dan pengaruhnya terhadap hasil pemodelan. Keterbatasan yang ditemukan dalam hasil pemodelan menjadi titik acuan untuk menggali lebih dalam kebutuhan basis data yang perlu dikembangkan untuk mencapai hasil prediksi yang paling mendekati kondisi sebenarnya di lapangan. Kondisi ideal untuk membangun suatu model hidrologis adalah adanya data yang mencukupi di DAS yang dikaji, terutama data DEM, tanah, tutupan vegetasi dan tutupan lahan (Bek & Ježek, 2011), data hidrologis (Yang et al., 2012).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Penerapan LISEM untuk Prediksi Banjir Bandang

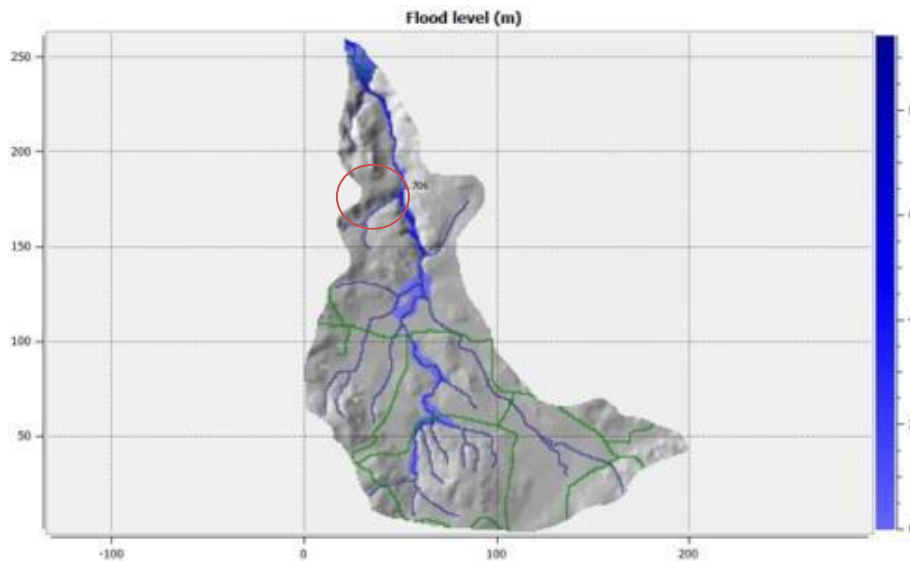
Pemodelan hidrologi menggunakan LISEM pada umumnya menggambarkan respon suatu DAS terhadap suatu kejadian hujan. Hasil pemodelan dengan input parameter yang diberikan menghasilkan prediksi total intersepsi, total infiltrasi, dan simpanan permukaan DAS tersebut, juga prediksi total debit, debit puncak dan waktu debit puncak tercapai yang dialami oleh sungai terkait.



Gambar 4. Hasil pemodelan hubungan hujan-aliran permukaan di DAS Bladak

Hidrograf aliran sungai yang dihasilkan oleh pemodelan merupakan prediksi respon DAS Bladak pada saat sungai berada pada keadaan normal, sementara skenario hujan-limpasan pada DAS Juwana dilakukan pada keadaan hujan dengan intensitas yang besar. Hal ini dapat dilihat pada hasil pemodelan yang menunjukkan banyaknya genangan di sepanjang sungai utama di DAS Juwana terutama pada pertemuan cabang-cabang anak sungai, jika dibandingkan dengan hasil pemodelan DAS Bladak yang tidak menunjukkan adanya genangan di sepanjang sungai. Adanya genangan menunjukkan bahwa aliran permukaan yang dihasilkan ketika hujan dan mengalir melalui sungai telah melewati kapasitas sungai tersebut, sehingga pada titik-titik adanya genangan ini

merupakan prediksi lokasi terjadinya banjir bandang. Angka yang ditunjukkan pada hasil pemodelan merupakan tinggi muka air sungai pada lokasi yang ditunjukkan (Rusdimy, 2015; Widyaputra, 2015).



Gambar 5.Hasil pemodelan hubungan hujan-aliran permukaan di DAS Juwana

Pemodelan dengan menggunakan skenario curah hujan yang besar sebagai pemicu terjadinya banjir bandang di DAS Bladak tidak dapat dilakukan karena keterbatasan data curah hujan yang tersedia, yakni data hujan harian, sementara pemodelan membutuhkan data kejadian hujan per 10 menit untuk menghasilkan respon DAS dalam periode yang singkat. *Digital Elevation Model* (DEM) juga merupakan input terpenting dalam pemodelan hujan-limpasan pada suatu DAS, mengingat kondisi topografi yang direpresentasikan oleh DEM memiliki pengaruh yang besar akan karakteristik hidrograf banjir yang dihasilkan. Data DEM yang digunakan dalam pemodelan hujan-limpasan di DAS Bladak dan DAS Juwana merupakan hasil interpolasi data kontur pada Peta Rupa Bumi Indonesia skala 1 : 25.000, sehingga menghasilkan peta raster DEM yang memiliki nilai pixel sebesar 20 m. DEM yang dihasilkan dari peta dengan skala menengah seperti ini mengakibatkan hasil pemodelan yang tidak maksimal karena skenario kondisi topografi yang dinilai terlalu kasar (Rusdimy, 2015; Widyaputra, 2015).

Untuk memperoleh hasil pemodelan yang dapat diterima pada keadaan yang sebenarnya, kalibrasi dan validasi perlu dilakukan mengingat hasil pemodelan tidak pernah sepenuhnya berbasis fisik di lapangan. Nilai parameter yang digunakan dalam pemodelan yang tidak optimal dapat menjadi salah satu sumber penyimpangan pada model yang dihasilkan. Salah satu parameter yang baik digunakan untuk kalibrasi dan validasi adalah nilai debit banjir pada saat banjir bandang yang sebenarnya berlangsung di lapangan. Nilai ini dapat dipertanggungjawabkan apabila terdapat data debit aliran yang terekam baik ketika sungai berada pada keadaan normal maupun pada saat terjadi banjir.

3.2 Kebutuhan Basis Data untuk Pemodelan

Pemodelan banjir LISEM membutuhkan dukungan data spasial dan hidrografi yang lengkap. LISEM bersifat *Data Demanding*, artinya bahwa semakin lengkap dan detil data yang dimiliki, hasil pemodelan juga akan semakin baik. Pemodelan LISEM dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak pemodelan openLISEM dan PCRaster, bersama dengan perangkat lunak pemetaan ArcGIS. Penggunaan Sistem Informasi Geografis (SIG) dalam pemodelan ini merupakan pendekatan untuk menggambarkan proses hidrologi yang terjadi dalam suatu DAS. Alasan utama penggunaan SIG untuk itu adalah bahwa proses terjadinya limpasan dan erosi terjadi secara spasial, sehingga setiap sel yang berada dalam data raster mewakili semua variasi lingkungan fisik yang ada di lapangan, seperti curah hujan, intersepsi, simpanan permukaan, infiltrasi, pergerakan air dalam tanah, limpasan permukaan, aliran sungai, pelepasan tanah oleh aliran permukaan, dan kapasitas angkut aliran. Hal inilah yang mendasari pentingnya kelengkapan data fisik dengan skala detil sehingga dapat menjadi masukan untuk peta input yang paling mendekati kebenaran di lapangan yang digunakan untuk pemodelan.

Data utama yang digunakan untuk menghasilkan prediksi banjir bandang meliputi curah hujan, debit sungai, dan data spasial berupa DEM, sungai, jalan dan tutupan lahan. Hasil prediksi banjir di DAS Bladak dan DAS Juwana menggunakan data tersebut dapat menunjukkan prediksi lokasi banjir dan kedalaman banjir, meskipun pemodelan yang dilakukan menggunakan asumsi-asumsi yang diterapkan untuk beberapa parameter yang memiliki keterbatasan data. Oleh karena itu, berdasarkan hasil dari pemodelan yang telah dilakukan di DAS Bladak dan DAS Juwana, dapat diidentifikasi kebutuhan data yang ketersediaannya sangat penting dalam membangun model. Hanya saja, sumber data yang seringkali belum terbuka untuk publik serta masih banyak dijumpai kekosongan bahkan ketiadaan data, menyebabkan muncul kesulitan dalam melakukan pemodelan banjir secara detil dan prediktif di Indonesia. Kebutuhan data tersebut dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Parameter Pemodelan dan Sumber Data

	Parameter	Sumber
DAS	<i>Local drain direction</i>	DEM
	Batas DAS	DEM
	Hujan wilayah	Pemetaan
	Gradien lereng	DEM
	Lokasi outlet	DEM
	Jembatan	DEM
	Curah hujan	Penakar hujan
Penutup lahan	<i>Leaf area index (LAI)</i>	Pengolahan data (SIG)
	Fraksi tutupan vegetasi	Literatur
	Tinggi vegetasi	Pengukuran di lapangan, Literatur
	Fraksi tutupan permukiman	Pemetaan
	Lebar jalan kedap air	Pemetaan
	Lebar jalan tanah	Pemetaan
Infiltrasi dan Sifat Permukaan	<i>Manning's n</i>	Literature
	<i>Random roughness</i>	Literature
	Hantaran hidrolik jenuh	Pengukuran di lapangan
	<i>Saturated volumetric soil moisture content</i>	Literatur
	<i>Initial volumetric soil moisture content</i>	Literatur
	<i>Soil water tension at wetting front</i>	Literatur
Saluran	<i>Local drain direction of channel network</i>	DEM
	Gradien saluran	DEM
	<i>Manning's n</i> saluran	Literatur
	Lebar saluran	Pemetaan
	<i>Channel cross section shape</i>	Pemetaan

3.3 Optimalisasi Model untuk Pemodelan Banjir Bandang di Indonesia

Dalam pemodelan hidrologi, intensitas curah hujan merupakan salah satu komponen terpenting yang menentukan prediksi besarnya limpasan yang terjadi. Untuk pemodelan banjir bandang yang terjadi dalam waktu yang relatif singkat, dibutuhkan data hujan ideal jangka pendek per 10 menit. Untuk mencapai hal itu, stasiun pencatat hujan otomatis sangat dibutuhkan sehingga dapat merekam kejadian hujan jangka pendek yang diperlukan. Namun demikian, saat ini sebagian besar alat penakar hujan yang terdapat di lapangan hanya memiliki resolusi rendah yang hanya dapat mencatat data hujan per jam. Pada sebagian kasus di daerah yang

termasuk ke dalam daerah rawan bencana gunungapi, alat penakar hujan pada beberapa titik juga ditemukan rusak akibat dampak letusan gunungapi dan belum diperbaiki, sehingga menyebabkan keterbatasan data.

Kurangnya instrumen pencatat data di lapangan juga ditemukan pada beberapa sungai utama di daerah kajian, yakni kebutuhan akan adanya stasiun pengamatan arus sungai (SPAS). Dalam pemodelan hidrologi LISEM, data debit sungai sangat dibutuhkan pada tahap kalibrasi dan validasi model untuk mendapatkan hasil pemodelan yang lebih relevan. Data debit merupakan data utama dalam membangun hidrograf banjir yang menjadi input dasar dalam pemodelan. Ketersediaan data pencatat arus sungai yang lengkap dan dapat diakses dengan mudah, terutama untuk sungai-sungai yang berpotensi banjir, merupakan suatu keharusan apabila akan digunakan untuk membangun model yang digunakan sebagai dasar perencanaan dalam manajemen bencana banjir.

Kondisi ketinggian dan kelerengan yang direpresentasikan oleh DEM merupakan salah satu faktor terkuat yang mempengaruhi banjir bandang. Perbedaan kondisi fisik topografi DAS bagian hulu, tengah dan hilir mempengaruhi prediksi titik-titik terjadinya luapan dari aliran sungai. Untuk memperoleh DEM yang memiliki resolusi tinggi, dibutuhkan sumber data yang memadai, baik dari citra satelit ataupun dari sumber lain. Oleh karena itu, kemudahan akses terhadap sumber data muka bumi khususnya elevasi yang detil dan dukungan dari penyedia data spasial sangat diperlukan sebagai sarana mengoptimalkan hasil dari pemodelan banjir bandang.

4. KESIMPULAN

Kajian Pemodelan menggunakan LISEM untuk banjir bandang menghasilkan beberapa kesimpulan, yaitu:

1. Penerapan model hidrologi LISEM untuk prediksi banjir bandang telah dapat menghasilkan beberapa keluaran prediktif banjir bandang, diantaranya meliputi sebaran banjir secara spasial, ketebalan, durasi, dan kecepatan banjir. Walaupun demikian, masih terdapat banyak kelemahan karena masih menerapkan beberapa asumsi dan data simulasi “skenario” untuk membangun model banjir bandang, belum sepenuhnya menggunakan data riil.
2. Untuk membangun pemodelan banjir bandang secara akurat, terdapat beberapa data yang bersifat wajib untuk dipenuhi. Hal ini sekaligus menjadi masukan bagi instansi penyedia data dalam menerapkan inventarisasi basis data terkait banjir secara lengkap, berkelanjutan dan terstruktur di Indonesia.
3. Optimalisasi pemodelan banjir bandang dapat dilakukan dengan melengkapi data menggunakan data yang lebih detil, terutama untuk data hidrologis-klimatologis berupa curah hujan dan debit sungai, data DEM sebagai representasi muka bumi, serta informasi lain yang mendukung pemodelan hidrologi.

DAFTAR PUSTAKA

- Alkema, D., Nieuwenhuis, J. D., & de Jong, S. M. (2007). *Simulating floods : on the application of a 2D hydraulic model for flood hazard and risk assessment*. (147), ITC, Enschede. Retrieved from http://www.itc.nl/library/papers_2007/phd/alkema.pdf
- Arnaud-Fassetta G., Astrade L., Bardou E., Corbonnois J., Delahaye D., Fort M., Gautier E., Jacob N., Peiry J.-L., Piégay H., Penven M.-J. (2009) - Fluvial geomorphology and flood-risk management. *Géomorphologie : relief, processus, environnement*, 2, 109-128. 2009 Arnaud-Fassetta et al. *Geomorphologie Fluvial risk ENGLISH.pdf*
- Cardinali, M., Reichenbach, P., Guzzetti, F., Ardizzone, F., Antonini, G., Galli, M., et al., (2002). A geomorphological approach to the estimation of landslide hazards and risks in Umbria, Central Italy. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.* 2, 5772.
- Dikau, R., (1990). Derivatives from detailed geoscientific maps using computer methods. *Z. Geomorphol. N.F.* 80, 4555.
- El Kadi Abderrezzak, K., Paquier, A., & Mignot, E. (2009). Modelling flash flood propagation in urban areas using a two-dimensional numerical model. *Natural Hazards*, 50(3), 433-460. doi: 10.1007/s11069-008-9300-0.
- El Kadi Abderrezzak, K., Paquier, A., & Mignot, E. (2009). Modelling flash flood propagation in urban areas using a two-dimensional numerical model. *Natural Hazards*, 50(3), 433-460. doi: 10.1007/s11069-008-9300-0

- Fang, X., & Su, D. (2006). An integrated one-dimensional and two-dimensional urban stormwater flood simulation model. *JAWRA Journal of the American Water Resources Association*, 42(3), 713-724. doi: 10.1111/j.1752-1688.2006.tb04487.x
- Imran, A. M., (2013). Fenomena Banjir Bandang di Indonesia, Workshop Penanggulangan Banjir Bandang. Makassar
- Jetten, V. (2002). LISEM user manual version 2.x. The Netherlands: Utrecht Centre for Environment and Landscape Dynamics, Utrecht University.
- Leoni, G., Barchiesi, F., Catallo, F., Dramis, F., Fubelli, G., Lucifora, S., et al., (2009). GIS methodology to assess landslide susceptibility: application to a river catchment of Central Italy. *J. Maps* 2009, 8793.
- Parise, M., (2001). Landslide mapping techniques and their use in the assessment of the landslide hazard. *Phys. Chem. Earth C* 26 (9), 697703.
- Rusdim, A. U. 2015. Retarding Basin for Lahar Hazard Management (Case Study in Bladak Catchment, East Java). *Tesis*. Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, Indonesia.
- Setiawan, A. 2009. Study of Land Use Change Effect on the Runoff Using LISEM (Limburg Soil Erosion Model) Rainfall-Runoff Model A Case Study: Kreo Sub Catchment, Central Java Province, Indonesia. *Sekolah Pascasarjana Universitas Gadjah Mada*, Yogyakarta, Indonesia.
- Thi Hai Van, N., Pedzisai, E., Alkema, D., & Jetten, V. G. (2011). Flash flood propagation through terraced paddy fields in Cuong No catchment, Yen Bai, Vietnam : abstract. Presented at AOGS 2011 : Asia Oceania Geosciences Society, 8-12 August 2011, Taipei, Taiwan. 1 p.
- van Westen, C.J., Castellanos Abella, E.A., Sekhar, L.K., (2008). Spatial data for landslide susceptibility, hazards and vulnerability assessment: an overview. *Eng. Geol.* 102 (34), 112131.
- Widyaputra, P. K. 2014. Multi-scale Analysis on Flash Flood Susceptibility Assessment by Using Geomorphological Approach and Hydrological Model in Juwana Catchment, Central Java Province. *Tesis*. Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, Indonesia.
- Yang, T., Xu, C.-y., Zhang, Q., Yu, Z., Baron, A., Wang, X., & Singh, V. (2012). DEM-based numerical modelling of runoff and soil erosion processes in the hilly-gully loess regions. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, 26(4), 581-597. doi: 10.1007/s00477-011-0515-3

PEMANFAATAN APLIKASI *InaSAFE* GUNA MENDUKUNG PENYUSUNAN PERANGKAT KEBIJAKAN PENANGGULANGAN BENCANA

Adi Kurniawan¹, Fredy Chandra¹, Charlotte Morgan¹, Agus Wibowo², Dian Oktiari²

¹DMInnovation, Menara Thamrin Suite 1505, Jalan MH. Thamrin, Jakarta Pusat

²Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB), Jalan Pramuka Kav. 23, Jakarta Timur

*Corresponding author : adi.kurniawan@dminnovation.org

ABSTRAK

UU No.24 Tahun 2007 mengamanatkan pemerintah agar menyusun perangkat kebijakan penanggulangan bencana yang dapat disahkan oleh pemerintah sebagai masukan dalam kegiatan perencanaan pembangunan. Perangkat kebijakan tersebut berupa Kajian Risiko Bencana, Rencana Penanggulangan Bencana dan Rencana Penanganan Kedaruratan Bencana. Penyusunan perangkat penanggulangan bencana tersebut memerlukan proses hingga menghasilkan sebuah dokumen daerah yang disahkan, kemudian menjadi referensi dasar dalam perencanaan pembangunan di daerah. Dalam perkembangannya masih banyak daerah yang belum memiliki perangkat-perangkat tersebut. Daerah menghadapi kendala teknis dan minimnya pengetahuan dalam memfasilitasi proses penyusunannya. Kondisi ini menjadi tantangan tersendiri bagi daerah untuk dapat mengintegrasikan penanggulangan bencana kedalam perencanaan pembangunan daerah. Mencoba menjawab tantangan teknis dan proses, Badan Nasional Penanggulangan Bencana bersama dengan Pemerintah Australia dan Bank Dunia (*Global Facility for Disaster Reduction and Recovery*) mengembangkan InaSAFE, sebuah piranti lunak gratis berbasis Sistem Informasi Geografis yang melekat pada piranti lunak QGIS yang mampu melakukan analisis dampak bencana dengan menggunakan data skenario ancaman dan keterpaparan yang ada. Hasil skenario tersebut digunakan untuk kegiatan perencanaan, kesiapsiagaan, dan respon bencana. Pemanfaatan InaSAFE dapat mendukung dan membantu para pelaku penanggulangan bencana dalam pengkajian risiko bencana, yang selanjutnya dapat diturunkan menjadi kebijakan sampai kepada dokumen rencana penanggulangan bencana, Rencana Kontinjensi dan Laporan Situasi Darurat. Melalui program dari pemerintah Australia yang bekerjasama dengan BNPB dan BPBD telah mencoba mengaplikasikan InaSAFE sebagai salah satu alat guna mendukung penyusunan perangkat kebijakan penanggulangan bencana, seperti di Provinsi Sulawesi Selatan, Kabupaten Nagekeo dan Timor Tengah Utara di Provinsi NTT, serta Kabupaten Sampang, Situbondo, Malang, dan Trenggalek di Provinsi Jawa Timur.

KATA KUNCI : Bencana, InaSAFE, kajian risiko, kebijakan

1. PENDAHULUAN

Indonesia adalah negara yang rawan bencana. Berdiri di atas 3 lempeng tektonik yaitu Australia, Eurasia, serta Pasifik, menyebabkan negara ini sangat rentan untuk mengalami efek dari aktivitas ketiga lempeng tersebut. Deretan gunungapi aktif sebanyak 127 gunung sepanjang Sumatera sampai Nusa Tenggara, sebagian Pulau Sulawesi dan Kepulauan Maluku, serta dijumpainya palung-palung di perairan sekitar Indonesia, menunjukkan bukti adanya hasil dari aktivitas geologi di negara ini. Sejumlah gunungapi aktif yang dapat meletus sewaktu-waktu menimbulkan ancaman bagi masyarakat yang tinggal di sekitar gunungapi tersebut. Selain itu ketiga lempeng aktif yang saling bertemu di Indonesia juga menimbulkan ancaman bencana gempa bumi, karena adanya pergeseran kerak bumi beberapa centimeter setiap tahunnya.

Terletak di antara dua samudera, yaitu Samudera Hindia dan Samudera Pasifik, juga berdampak pada kondisi hidrometeorologi di Indonesia. Anomali suhu permukaan pada kedua samudera tersebut akan menimbulkan dampak El Nino maupun La Nina yang akan menimbulkan bencana kekeringan dan banjir di negeri ini. Ditambah lagi dengan adanya efek dari musim kemarau yang berkepanjangan, ancaman kebakaran lahan dan hutan juga menjadi salah satu deretan kejadian bencana yang terjadi di negeri ini.

Sejak kejadian bencana tsunami di Aceh Tahun 2004, disusul dengan gempabumi di Nias, Tahun 2005, gempabumi di Jogja Tahun 2006, semakin membuka pikiran para pengelola negeri ini untuk membuat peraturan terkait dengan kebencanaan. Peraturan tersebut diharapkan mampu mengamankan kepada seluruh pengampu tata kelola pemerintahan di semua daerah di Indonesia untuk selalu meningkatkan kesadarannya akan bahaya bencana dan melakukan kegiatan guna mendukung pengurangan risiko bencana. Pada tahun 2007, DPR

mengesahkan UU No. 24 Tahun 2007 tentang penanggulangan bencana. Pengimplementasian dari undang-undang tersebut diperkuat dengan disahkannya PP No. 21 Tahun 2008 tentang penyelenggaraan penanggulangan bencana.

Salah satu amanat yang disebutkan dalam UU No. 24 Tahun 2007 dinyatakan bahwa pemerintah berkewajiban untuk menyusun perangkat kebijakan penanggulangan bencana. Perangkat ini merupakan suatu rangkaian proses penyelenggaraan penanggulangan bencana yang nantinya menghasilkan suatu dokumen yang dapat disahkan oleh pemerintah sebagai masukan dalam kegiatan perencanaan pembangunan. Hal ini juga selaras dengan UU No. 26 Tahun 2007 yang menyebutkan perlunya memperhatikan aspek bencana dalam penataan ruang.



Gambar 1. Substansi Dari Proses Kajian Risiko.

Belum semua daerah di Indonesia memasukkan unsur bencana di dalam rencana pembangunannya. Hal ini dikarenakan mereka belum mempunyai dokumen rencana penanggulangan bencana. Beberapa dari daerah tersebut belum menyadari pentingnya hal ini, tetapi ada juga daerah yang berkeinginan untuk membuat dokumen tersebut, namun terkendala masalah teknis dan pemahaman terkait penyusunannya. Bahkan, ada beberapa daerah yang dengan latah hanya membuat dokumen rencana kontinjensi, tanpa didasari dengan kajian risiko bencana terlebih dahulu. Padahal sudah cukup jelas disebutkan dalam pasal-pasal di undang-undang tersebut bahwa yang pertama kali dilakukan adalah untuk melakukan kajian risiko bencana, yang nantinya akan diturunkan menjadi kebijakan risiko bencana, dan akan dijadikan sebagai dasar untuk membuat rencana penanggulangan bencana.

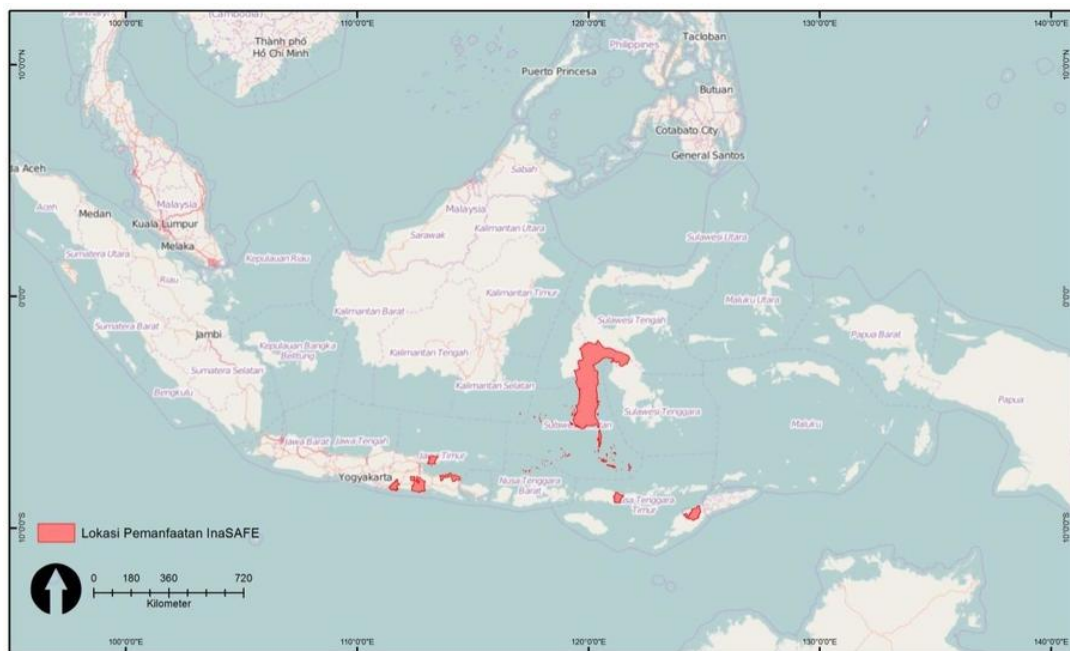
Australia - Indonesia facility for Disaster Reduction (AIFDR) sebagai salah satu bentuk kerjasama bilateral antara pemerintah Indonesia dengan Australia, mempunyai banyak program guna penguatan kapasitas nasional dan lokal dalam penanggulangan bencana, serta menciptakan ketangguhan suatu daerah dalam menghadapi bencana. Diantara sekian banyak program tersebut salah satunya adalah pengembangan perangkat lunak InaSAFE. InaSAFE merupakan salah satu perangkat lunak gratis yang dikembangkan oleh BNPB bersama dengan Australia dan World Bank. InaSAFE dibangun sebagai *plugin* dari perangkat lunak *QGIS*, salah satu perangkat lunak sistem informasi geografis yang tidak berbayar. InaSAFE merupakan perangkat lunak yang inovatif dan teknik *crowd sourcing* untuk menghasilkan skenario dampak kejadian bencana pada kondisi (mendekati) sebenarnya. Hasil dari pengolahan data spasial menggunakan InaSAFE ini, dapat digunakan untuk perencanaan yang lebih baik, kesiapsiagaan, dan aktivitas respon. Hal ini tergantung dari pengampu kebijakan penanggulangan bencana dalam menggunakannya.

Selain pengembangan InaSAFE, AIFDR juga mempunyai program lain yang dinamakan CDSP (*Capacity Development Support Program*). Program tersebut salah satunya mempunyai tujuan untuk meningkatkan kapasitas mitra kerja yaitu BNPB dalam kegiatan penanggulangan bencana, juga mempunyai 4 prioritas provinsi dalam konteks kegiatan pengurangan risiko bencana. Keempat provinsi tersebut yaitu Provinsi Sulawesi Selatan, Nusa Tenggara Timur, Jawa Timur, serta Sumatera Barat. Selama pelaksanaan program CDSP, terdapat beberapa permohonan dari BPBD di dalam lingkup Provinsi yang menjadi prioritas CDSP tersebut untuk diberikan dukungan teknis dan pengetahuan terkait kegiatan kajian risiko bencana pada level

provinsi maupun kabupaten. Hal ini dikarenakan mereka masih mempunyai kurang pemahaman tentang proses kajian risiko serta penggunaan data yang digunakan dalam kegiatan kajian ini. Padahal, dokumen kajian risiko sangat diperlukan oleh pemerintah daerah (BPBD) guna digunakan sebagai dasar untuk penyusunan perangkat kebijakan penanggulangan bencana seperti Rencana Penanggulangan Bencana, Rencana Kontinjensi, maupun Perda penanggulangan bencana. Kegiatan pengkajian risiko bencana ini telah dilaksanakan beberapa waktu yang lalu, sebelum program AIFDR-CDSP ditutup pada Juni 2015.

InaSAFE mempunyai fungsi yang dapat digunakan untuk menghitung dampak kejadian bencana. Hal ini dapat diimplementasikan lebih luas untuk mendukung kegiatan kajian risiko bencana. InaSAFE digunakan sebagai salah satu dukungan teknis guna menghitung nilai kemungkinan keterpaparan suatu bencana terhadap bangunan, populasi, maupun jalan. Hasil dari InaSAFE ini, selanjutnya dapat digunakan sebagai valuasi terhadap risiko bencana yang ada pada daerah tersebut.

2. DAERAH KAJIAN



Gambar 2. Lokasi pemanfaatan InaSAFE di beberapa daerah prioritas program CDSP - AIFDR

Pelaksanaan kegiatan pemanfaatan aplikasi InaSAFE ini dilakukan pada beberapa daerah yang menjadi prioritas program CDSP. Diantaranya Provinsi Sulawesi Selatan, Kabupaten Malang, Situbondo, Trenggalek dan Sampang Provinsi Jawa Timur, Serta Kabupaten Timor Tengah Utara dan Kabupaten Nagekeo, Provinsi Nusa Tenggara Timur.

3. DATA DAN METODE

3.1 Data

InaSAFE didesain untuk menggunakan berbagai jenis data spasial yang ada di Indonesia. Untuk dapat menggunakan InaSAFE, minimal ada dua jenis data yang digunakan, yaitu data ancaman / risiko bencana, serta data keterpaparan.

Data ancaman bencana yang digunakan dalam proses ini menggunakan data resmi dari instansi resmi dari pemerintah yang berwenang untuk membuatnya, serta dari hasil analisis spasial oleh pemerintah setempat dengan pedoman yang disepakati bersama oleh beberapa instansi yang mempunyai kapasitas dalam pembuatannya dan dibuat selama kegiatan fasilitasi oleh AIFDR. Beberapa data ancaman yang menggunakan data resmi dari instansi pemerintahan yaitu ancaman gempa bumi dan longsor dari Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi Kementerian ESDM. Sementara untuk beberapa data yang dibuat selama kegiatan fasilitasi, dilakukan karena permasalahan ketersediaan data, maupun karena data yang ada mempunyai skala yang kurang besar.

Untuk data keterpaparan, Pemerintah Australia bekerjasama dengan *Humanitarian OpenStreetMapTeam* (HOT) Indonesia guna melakukan pemetaan keterpaparan. Pemetaan keterpaparan yang berupa bangunan dan jalan tersebut dilakukan oleh para relawan HOT yang tersebar di Indonesia. Selain itu juga, tim dari HOT juga memberikan pelatihan kepada Satuan Kerja Perangkat Daerah dan masyarakat setempat untuk melakukan pemetaan ini. Untuk data keterpaparan lainnya, menggunakan data dari Peta Rupabumi Indonesia produksi dari Badan Informasi Geospasial yang diunduh pada tautan <http://ina-sdi.or.id>. Data populasi yang digunakan dalam kegiatan ini menggunakan data dari hasil sensus penduduk tahun 2010, yang diunduh dari <http://sp2010.bps.go.id>.

Dalam membuat peta risiko bencana, diperlukan pula data kerentanan serta kapasitas suatu daerah. Data tersebut diperoleh dengan menggunakan beberapa jenis data yang ada dalam PODES Tahun 2011. Data PODES dapat diunduh pada tautan <http://dibi.bnpb.go.id>.

3.2 Metode

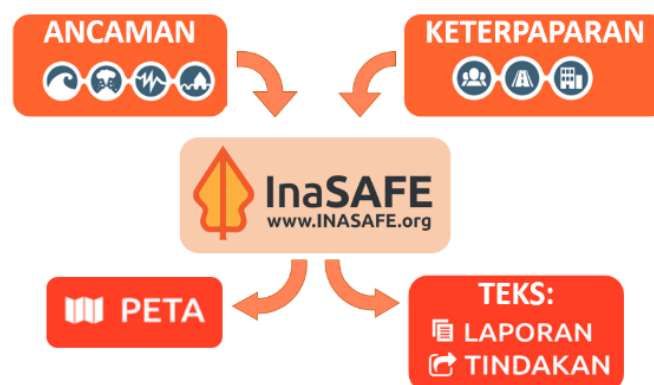
3.2.1 Konsep Kajian Risiko Bencana

Konsep kajian risiko bencana yang dipakai, sebagaimana tertulis dalam Perka No. 2 Tahun 2012 secara sederhana dapat dituliskan sebagai berikut.

$$R \approx H \times \frac{V}{C}$$

Dimana R = Risiko Bencana, H = Ancaman Bencana, V = Kerentanan, C = Kapasitas.

3.2.2 InaSAFE



Gambar 3. Proses analisis dalam InaSAFE.

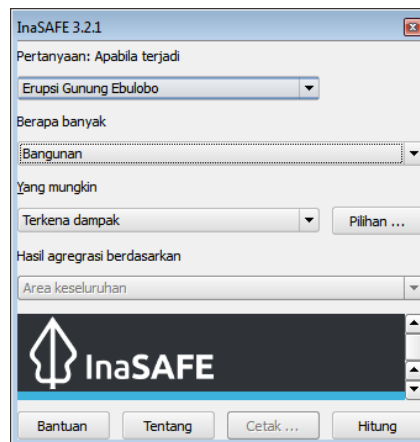
Fungsi dari InaSAFE adalah untuk mempermudah para pengampu kebijakan dalam melakukan penyusunan dokumen kajian risiko bencana. Proses *geoprocessing* yang terjadi dalam aplikasi ini adalah proses *overlay*. Setiap proses dalam InaSAFE ini, akan menghasilkan peta, laporan serta beberapa tindakan yang dapat dilakukan oleh pengguna. InaSAFE akan menghitung setiap data keterpaparan yang masuk ke dalam zona berisiko. Proses yang terjadi di dalam aplikasi InaSAFE ini secara sederhana dapat dilihat pada gambar 3 di atas.

InaSAFE mempunyai beberapa jenis bencana spesifik yang dapat dianalisis, serta memberi keleluasaan data kepada pengguna dalam menggunakan InaSAFE. Pemberian kata kunci ini akan membantu aplikasi InaSAFE dalam mengenali data yang berupa ancaman, keterpaparan, maupun data agregasi (untuk membagi hasil analisis sesuai batas wilayah). Dalam hal ini, sesuai fungsi yang sudah ada pada aplikasi InaSAFE diharapkan mampu menganalisa dampak / wilayah yang berisiko terhadap bencana yang berpotensi terjadi pada wilayah kerja.

Hasil dari analisis tersebut, digunakan sebagai masukan untuk melakukan valuasi risiko. Dalam setiap laporan yang dihasilkan dari InaSAFE, akan menunjukkan nilai keterpaparan yang dapat digunakan sebagai perhitungan valuasi risiko pada setiap jenis bencana.

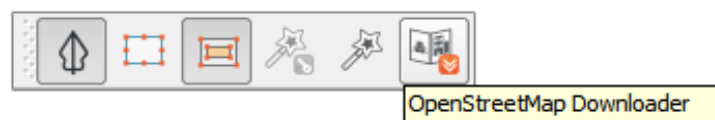
Guna membantu memudahkan penggunaannya, InaSAFE menyediakan fasilitas *dock* yang muncul pada tampilan QGIS saat *plugin* InaSAFE diaktifkan. Pada tampilan *dock* InaSAFE menyediakan semacam skenario dampak bencana yang dirangkai dalam susunan suatu kalimat. Hal tersebut akan memandu pengguna

InaSAFE dalam menentukan data yang akan dianalisis. Konsep dasarnya adalah pertanyaan sederhana “*Apabila terjadi suatu bencana, berapa banyak hal yang mungkin terdampak.*” Pentunjuk yang berupa kalimat pertanyaan ini digunakan sebagai metode panduan untuk memahami *geoprocessing* yang akan dilakukan. Sebagaimana contoh pada gambar 4 berikut.



Gambar 4. Tampilan *dock* InaSAFE yang berisikan pertanyaan panduan guna menuntun pengguna dalam menentukan data yang digunakan dan memahami proses analisis menggunakan InaSAFE

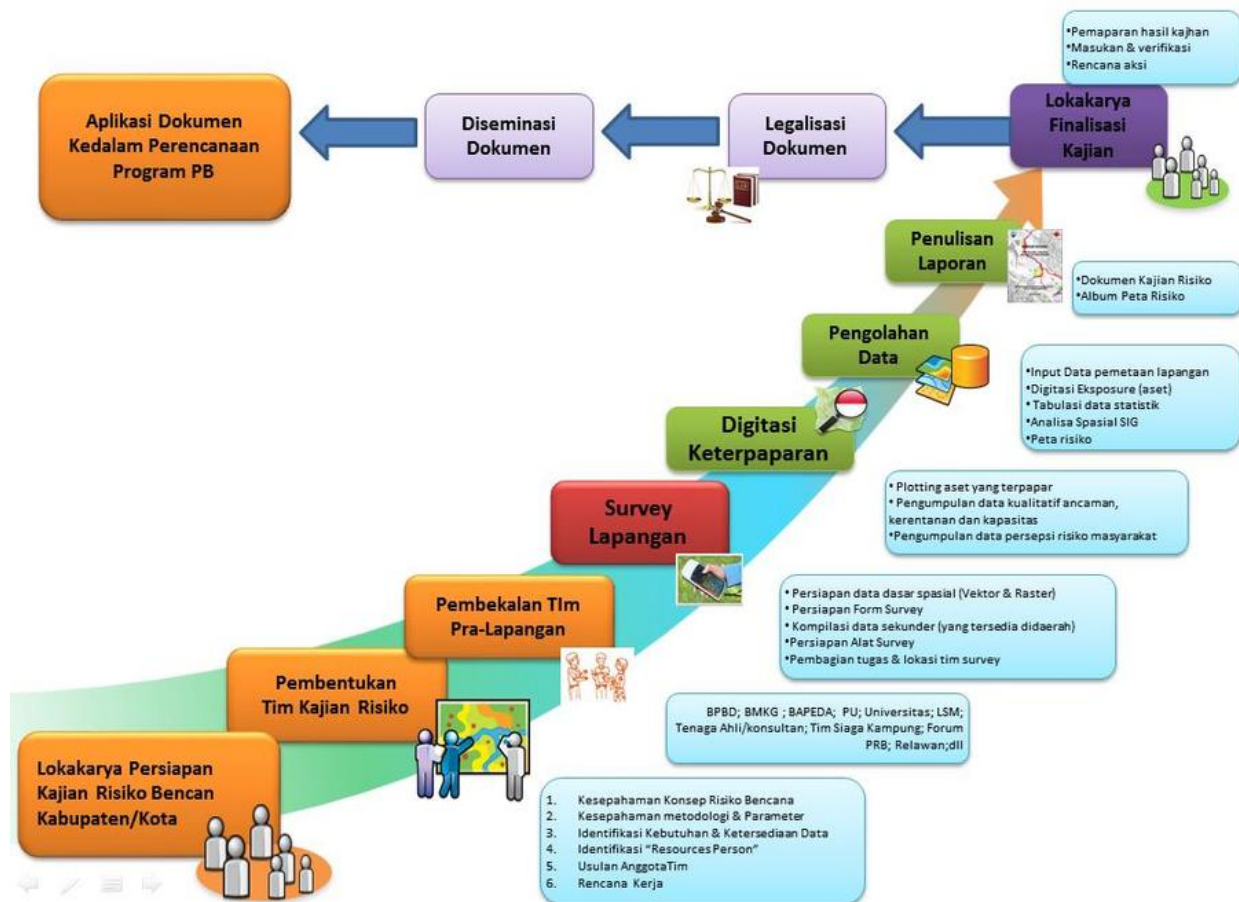
Untuk mendapatkan data keterpaparan, selain menggunakan data dari BIG, dalam kegiatan kajian risiko ini mereka juga melakukan pemetaan bangunan serta jalan dengan dukungan dari rekan-rekan *Humanitarian Openstreetmap Team*. Mereka memanfaatkan fitur *tasking manager* pada tautan <http://task.hotosm.org> untuk mengkoordinir para relawan dan komunitas OSM lokal untuk ikut berpartisipasi dalam kegiatan digitasi data keterpaparan ini. Data yang sudah didigitasi tersebut, kemudian diunggah ke dalam *server* OSM. Dalam kegiatan penyusunan kajian risiko bencana ini, pengguna cukup memanfaatkan fitur pengunduh *OpenStreetMap* pada *toolbar* InaSAFE seperti pada gambar 5.



Gambar 5. Fitur pengunduh data OSM pada InaSAFE untuk membantu pengguna dalam mengunduh data keterpaparan dari *Open Street Map*.

3.2.3 Proses Fasilitasi

Proses kegiatan fasilitasi ini dilakukan dalam beberapa tahapan, dimulai dari penguatan kapasitas SKPD (Satuan Kerja Perangkat Daerah) setempat mengenai pengetahuan tentang proses kajian risiko bencana dan turunannya yang dapat dihasilkan dari dokumen tersebut, serta kemampuan teknis dalam operasional pemrosesan menggunakan InaSAFE dan pemetaan data keterpaparan OSM. Dalam kegiatan ini, sebagian besar proses melibatkan peran aktif dari SKPD setempat. Proses kegiatan kajian risiko bencana ini, dapat dilihat pada gambar 6 berikut.



Gambar 6. Proses kegiatan kajian risiko bencana partisipatif.

Pada rangkaian proses kegiatan kajian risiko bencana ini, penggunaan InaSAFE dilakukan pada tahapan pengolahan data. Pengolahan data disini bukanlah membuat peta risiko. Peta risiko sendiri dihasilkan dengan menggunakan analisis spasial menggunakan QGIS, setelah peta risiko dihasilkan baru kemudian InaSAFE digunakan untuk menghitung berapa jumlah manusia, bangunan, jalan dan fasilitas publik yang berada dalam kawasan berisiko dengan menjalankan *Impact Function* didalamnya. Hasil perhitungan tersebut merupakan data dasar yang dapat digunakan untuk menghitung potensi kerugian yang dapat terjadi pada manusia, bangunan, jalan dan fasilitas publik. Potensi kerugian tersebut selanjutnya dapat digunakan untuk menentukan skala prioritas dalam perumusan kebijakan, program dan strategi implementasi program-program pengurangan risiko bencana di daerah.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Perangkat kebijakan penanggulangan bencana, menjadi hal wajib yang harus dimiliki oleh setiap daerah, baik itu tingkat provinsi maupun kabupaten. Sesuai amanat UU No.24 Tahun 2007 pemerintah mempunyai kewenangan dalam melakukan penyelenggaraan kegiatan perencanaan penanggulangan bencana, dengan rinciannya sesuai dengan pasal 36 pada undang-undang tersebut. Banyak daerah yang masih mempunyai kekurangpahaman terhadap proses penyusunan dokumen tersebut. Melalui program CDSP, yang salah satunya bertujuan untuk meningkatkan kapasitas pemangku kebijakan dalam melakukan kegiatan pengurangan risiko bencana, beberapa pemerintah daerah di dalam provinsi yang menjadi prioritas kegiatan CDSP melakukan permohonan untuk dukungan pengetahuan dan teknis dalam penyusunan dokumen kajian risiko bencana. Program CDSP bekerjasama dengan DMInnovation (semula *Risk and Vulnerability team* di AIFDR) menggunakan aplikasi InaSAFE dan pengintegrasian ilmu pengetahuan guna mendukung kegiatan penanggulangan bencana, guna melakukan dukungan sebagaimana permohonan dari pemerintah daerah untuk menyusun dokumen kajian risiko bencana.

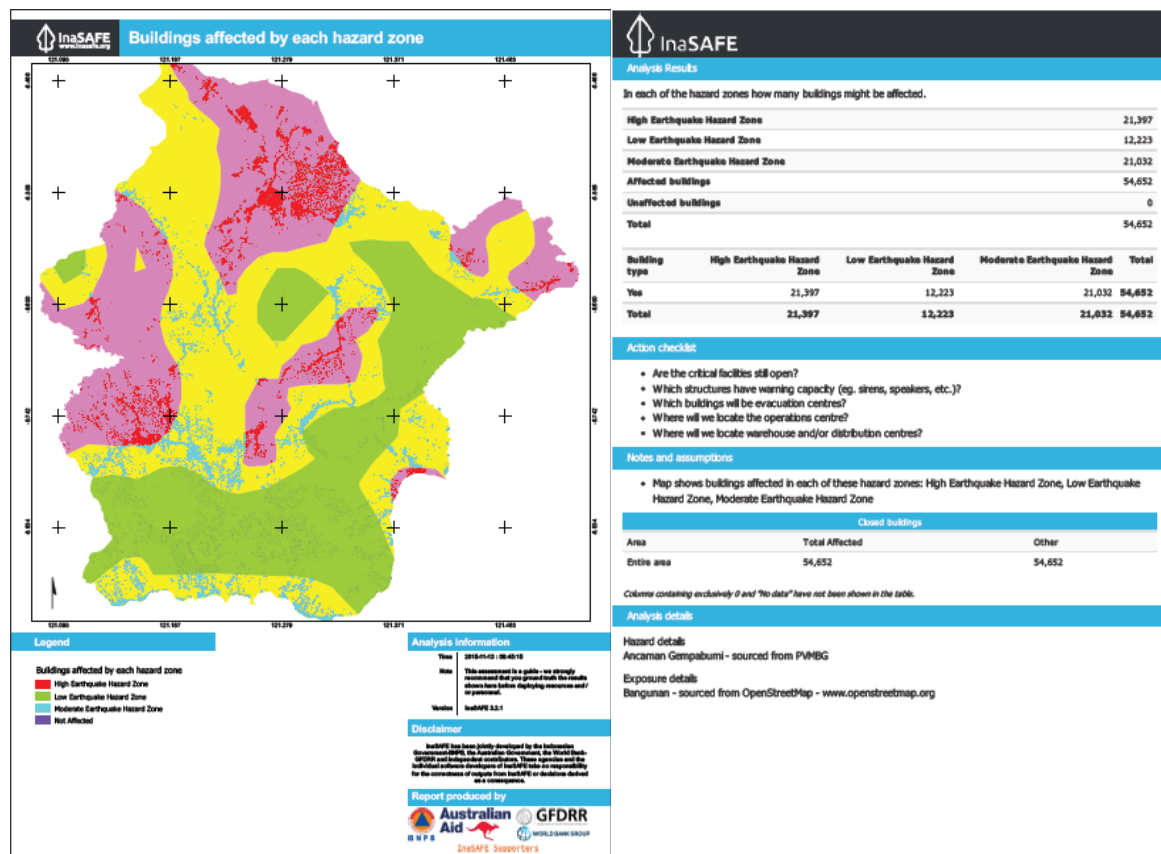
InaSAFE mencoba menghadirkan unsur ilmu pengetahuan dalam kegiatan penanggulangan bencana. Program yang dirancang untuk memudahkan para pemangku kebijakan dalam melakukan kegiatan *geoprocessing* pada analisis data spasial, menjembatani celah teknis pada proses penyusunan dokumen kajian

risiko bencana yang kurang dipahami oleh pemerintah daerah. Pengguna hanya perlu memahami jenis data yang digunakan, serta mampu untuk menampilkannya pada *QGIS*. Setiap data yang akan digunakan pada analisis menggunakan InaSAFE, akan ditampilkan informasi perinciannya, sesuai dengan kata kunci yang dimasukkan. Pemahaman terkait proses penyusunan dokumen kajian risiko bencana, mempunyai nilai lebih penting dalam proses ini, sehingga persyaratan untuk sisi penguasaan keahlian dalam hal teknis dapat dibantu oleh fungsi dari aplikasi InaSAFE ini.

InaSAFE	
Kata kunci lapisan:	
Kata kunci berikut ini dipunyai oleh layer yang aktif:	
Title	Ancaman Gempabumi
Tujuan	hazard
Ancaman	earthquake
Skenario	Kejadian majemuk
Geometri	polygon
Jenis Data	classified
Kelas-kelas	Ini merupakan deskripsi ternari untuk wilayah. Suatu wilayah dapat memiliki klasifikasi ancaman rendah , menengah , atau tinggi .
Field attribute	KRB
Pemetaan nilai atribut	high High Earthquake Hazard Zone
	medium Moderate Earthquake Hazard Zone
	low <ul style="list-style-type: none"> Low Earthquake Hazard Zone Very Low Earthquake Hazard Zone
Source	PVMBG
Date	2012
Keyword version	3.2

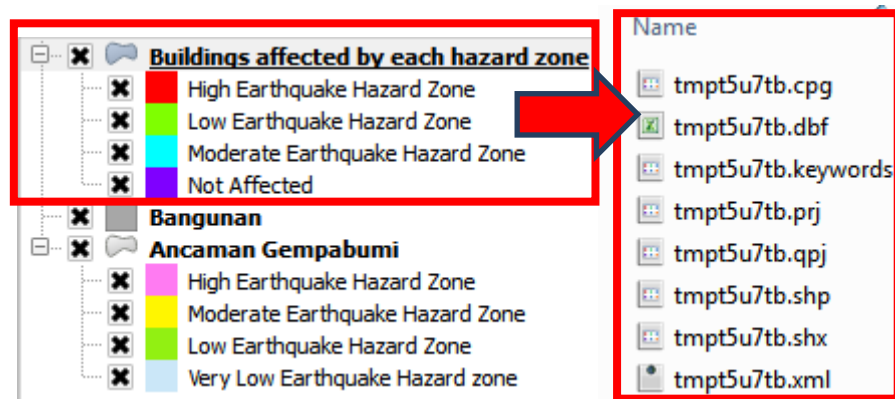
Gambar 7. Salah satu contoh informasi rinci (kata kunci) dari data ancaman bencana gempa bumi dari Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi yang digunakan pada InaSAFE.

Kemudahan yang disediakan pada InaSAFE sebagai jembatan celah teknis pada proses penyusunan dokumen kajian risiko bencana ini yaitu fitur *dock* InaSAFE yang mempunyai tampilan muka cukup *user friendly* dengan penggunaan bahasa pengantar yang membuat tim pengkajian risiko bencana mendapatkan panduan dalam menentukan data yang akan digunakan. Ditambahkan dengan informasi detail pada setiap data yang digunakan, mengurangi tingkat kesalahan pemilihan data, sehingga penggunaan *dock* InaSAFE pada kegiatan kajian risiko ini cukup membantu tim pengkajian risiko bencana dalam melakukan analisis menggunakan InaSAFE. Sebagai contoh pada saat ingin mengetahui jumlah bangunan yang masuk dalam zona berisiko bencana gempabumi di Kab. Nagekeo, NTT, tim lebih cepat memahami proses yang sedang mereka lakukan karena bantuan petunjuk kalimat pertanyaan pada *dock* tersebut. Pada contoh tahapan ini, tim menggunakan data Peta Ancaman Gempabumi sebagai *layer* ancaman dan memberi kata kunci pada layer tersebut dengan nama *Ancaman Gempabumi*. Kemudian sebagai layer keterparan, menggunakan data bangunan dari *Open Street Map* yang diunduh menggunakan fitur pengunduh data OSM pada *toolbar* InaSAFE. Sebagaimana konsep dasar pada penggunaan InaSAFE, apabila kondisi tersebut dirangkai dalam sebuah kalimat, maka akan berbunyi “*Apabila terjadi **ancaman gempabumi**, berapa banyak **bangunan** yang mungkin **terkena dampak**”*. InaSAFE kemudian akan menganalisis pertanyaan tersebut, untuk kemudian akan menghasilkan jawaban yang ditampilkan dalam bentuk peta dan laporan seperti pada gambar 8.



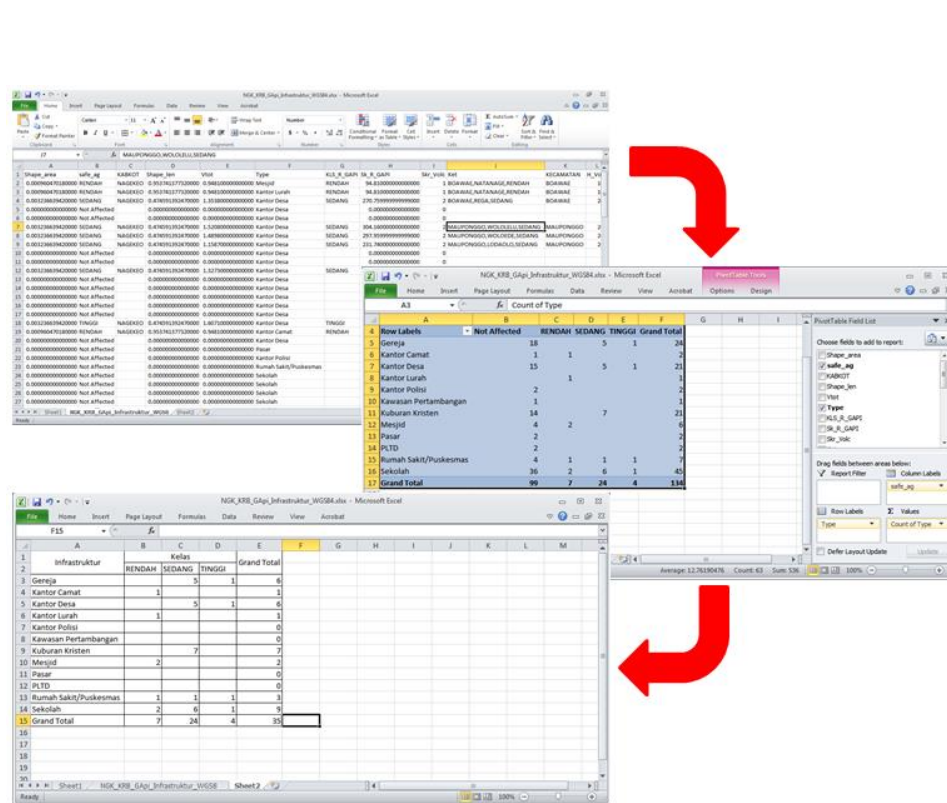
Gambar 8. Contoh hasil analisis menggunakan InaSAFE yang ditampilkan dalam peta dan laporan singkat untuk bangunan yang berisiko terhadap bencana gempa bumi di Kabupaten Nagekeo, Provinsi NTT.

Selain dalam bentuk laporan dan peta dengan format **.pdf*, pada gambar 9 merupakan hasil dari InaSAFE yang berupa data spasial dengan format *shapefiles* sebagaimana halnya ketika melakukan proses *overlay* menggunakan fitur pada perangkat lunak GIS.



Gambar 9. Contoh hasil data spasial dengan format *shapefiles* dari hasil analisis bangunan yang berisiko terhadap bencana gempa bumi menggunakan InaSAFE sebagai komplemen dari hasil analisis yang ditunjukkan pada gambar 8.

Guna memudahkan proses dalam penyusunan dokumen kajian risiko ini, data dengan format **.dbf* sebagai salah satu file dari keseluruhan data spasial tersebut, dapat dibuka menggunakan perangkat lunak *Microsoft Excel*, untuk selanjutnya dianalisis menggunakan *Pivot Table*. Hasilnya, tabel akan lebih mudah dibaca, dan dipahami valuasi untuk setiap tingkat risiko pada masing-masing desa dan kecamatan. Meskipun fitur *Pivot Table* merupakan hal yang baru bagi sebagian anggota tim pengkajian risiko bencana, namun hal tersebut bukan merupakan suatu kendala karena mereka sebelumnya telah terbiasa menggunakan perangkat lunak *Microsoft Excel*.



Gambar 10. Proses pengolahan menggunakan *Pivot Table* sebagai proses lanjutan dari valuasi risiko untuk bisa ditampilkan dalam format tabel yang lebih mudah dibaca dan dipahami.

InaSAFE cukup membantu untuk melakukan proses analisis kajian risiko bencana, terutama dalam proses penghitungan jumlah penduduk, bangunan, maupun jalan yang terdampak. InaSAFE mempunyai beberapa fungsi untuk bencana spesifik, seperti banjir, gempa bumi, tsunami, serta letusan gunung api, sehingga hasil laporan dari analisisnya cukup spesifik menggambarkan dampak serta kebutuhan yang diperlukan. Sedangkan untuk jenis bencana lainnya, InaSAFE mempunyai fungsi dampak bencana secara umum / generik. Pada fungsi generik ini, semua jenis bencana dapat dianalisis menggunakan InaSAFE, selama data tersebut mempunyai kelas risiko / ancaman tinggi, sedang, dan rendah.

Pada proses pembuatan dokumen kajian risiko bencana, InaSAFE tidak seratus persen digunakan pada semua proses analisisnya. Ada satu tahapan dimana tim juga melakukan analisis untuk penggunaan lahan. Untuk menganalisis penggunaan lahan, menggunakan *geoprocessing intersect*. Pada proses menggunakan *intersect* ini, tim pengkajian risiko bencana sedikit mengalami kesulitan dalam memahami proses yang dilakukan, karena tahapan proses yang dilakukan lebih banyak.

InaSAFE bukan alat untuk membuat peta risiko bencana, sehingga untuk peta risiko dibuat menggunakan perangkat lunak GIS. InaSAFE lebih digunakan untuk melakukan proses valuasi risiko yang telah dihasilkan. Dengan menggunakan metode penyusunan yang partisipatif, maka fasilitator dapat membantu SKPD setempat dalam membuat peta risiko, sementara untuk proses valuasi risiko menggunakan InaSAFE, dilakukan sepenuhnya oleh SKPD setempat.

Berdasarkan hasil kegiatan di beberapa lokasi tersebut, masih terdapat kekurangan yang terdapat dalam aplikasi InaSAFE ini. Termasuk salah satunya untuk menghitung nilai keterpaparan dari penggunaan lahan menggunakan InaSAFE. Hal ini menjadi masukan kepada pengembang untuk memasukkan fitur ini ke dalam versi InaSAFE selanjutnya. Melihat dari keberhasilan penggunaan InaSAFE dalam menghitung keterpaparan bangunan, jalan, serta populasi, penambahan fitur untuk menghitung lahan yang terdampak, juga diperlukan guna memudahkan para pengguna dalam melakukan valuasi risiko bencana.

Hasil dari proses kajian risiko ini menghasilkan dokumen kajian risiko yang telah sampai pada tahapan finalisasi untuk semua daerah tersebut. Hasil dari kegiatan kajian risiko bencana ini, menjadi dasar untuk pembuatan di dokumen kajian risiko bencana di Provinsi Sulawesi Selatan, Kabupaten Timor Tengah Utara, dan Kabupaten Nagekeo di Provinsi NTT. Sementara untuk Kabupaten Sampang, Kabupaten Situbondo, dan Kabupaten Malang, hasil dari kajian ini masuk ke dalam Bab 3 dari dokumen Rencana Penanggulangan Bencana, karena sebelumnya mereka sudah membuat dokumen tersebut, tanpa didasari oleh kajian risiko bencana terlebih dahulu. Untuk Kabupaten Trenggalek, mereka sudah mempunyai dokumen Kajian Risiko

Bencana, hanya saja dokumen tersebut dikerjakan oleh konsultan. Mereka memanfaatkan InaSAFE ini, sebagai salah satu proses pembelajaran untuk memahami proses pengkajian risiko bencana, sehingga ketika nanti dokumen tersebut telah berakhir masa berlakunya, mereka mempunyai harapan untuk bisa mengerjakan dengan sumberdaya dari mereka sendiri.

5. KESIMPULAN

Meskipun porsi penggunaan aplikasi InaSAFE ini hanya sedikit jika dibandingkan dengan rangkain proses penyusunan dokumen kajian risiko bencana, sampai kepada turunan setelahnya, tetapi InaSAFE ini mempunyai peranan cukup strategis, karena dapat digunakan sebagai penyambung antara proses di hulu dan di hilir. Aplikasi ini dapat membantu menjawab permasalahan teknis analisis spasial, terutama bagi mereka yang sama sekali belum pernah belajar tentang ilmu sistem informasi geografis.

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terima kasih kami haturkan kepada semua pihak yang terlibat dalam proses kajian risiko bencana, terutama kepada koordinator program CDSP di provinsi yang menjadi prioritas program dan pihak BPBD Provinsi Sulawesi Selatan, BPBD Provinsi NTT, BPBD Provinsi Jawa Timur, BPBD Kabupaten Nagekeo, BPBD Kabupaten Timor Tengah Utara, BPBD Kabupaten Malang, BPBD Kabupaten Sampang, BPBD Kabupaten Situbondo, dan BPBD Kabupaten Trenggalek atas peran aktifnya untuk penyelenggaraan kegiatan ini dan koordinasi dengan SKPD setempat. *Humanitarian OpenStreetMap Team* (HOT) dan komunitasnya di Indonesia dalam melakukan pemetaan data keterpaparan. BNPB, DMInnovation, juga dukungan dari Pemerintah Australia dan Bank Dunia yang telah mengembangkan aplikasi InaSAFE.

DAFTAR PUSTAKA

- _____. (2007), *Undang-Undang tentang Penanggulangan Bencana*, UU No. 24 Tahun 2007
- _____. (2007), *Undang - Undang tentang Penataan Ruang*, UU No. 26 Tahun 2007
- _____. (2008), *Peraturan Pemerintah tentang Penyelenggaraan Penanggulangan Bencana*, PP No. 21 Tahun 2008
- _____. (2012), *Peraturan Kepala BNPB tentang Pedoman Umum Pengkajian Risiko Bencana*, Peraturan Kepala BNPB No. 2 Tahun 2012
- DMInnovation. (2015), *InaSAFE Training Materials*, <http://docs.inasafe.org/en/training/index.html>, diakses tanggal 2 November 2015

ESTIMASI INDEKS KEBASAHAN BERBASIS SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS UNTUK MENDUKUNG PERINGATAN DINI BAHAYA BANJIR PADA KOTA SEMARANG

Putra, D. M. W. K.^{1*} dan Cahyaningtyas, W.M.¹

¹ Prodi Teknik Geologi Fakultas Teknik Universitas Diponegoro, Tembalang, Semarang, 55281
Email: mahardika.debi@gmail.com, widyamurtic@gmail.com

*Corresponding author: mahardika.debi@gmail.com

ABSTRAK

Kota Semarang merupakan daerah dengan potensi bahaya banjir yang cukup besar. Hal ini ditunjukkan oleh adanya beberapa kejadian banjir yang terjadi pada beberapa DAS pada daerah kota Semarang, antara lain DAS Barat, Tengah, Timur, dan Banjir Kanal Timur (BAPPEDA Kota Semarang, 2015). Oleh karena itu diperlukan adanya pencegahan dan mitigasi terhadap bahaya banjir pada Kota Semarang mengingat akan segera datangnya musim hujan di Indonesia, salah satu langkah awal yaitu dengan menghitung estimasi indeks kebasahan (*TWI / Topographic Wetness Index*) pada wilayah Kota Semarang, untuk mengetahui daerah dengan potensi terjadinya banjir. Metode Index Kebasahan (*TWI / Topographic Wetness Index*) adalah metode untuk memodelkan zona rawan banjir dengan menggunakan data *Digital Elevation Model* (DEM). Konsep indeks kebasahan ini menggunakan klasifikasi Putra pada tahun 2007, dikatakan bahwa suatu daerah sangat rawan terjadi banjir apabila nilai *TWI* > 8,82, rawan terjadi banjir apabila nilai *TWI* antara 6,05-8,82, agak rawan terjadi banjir apabila nilai *TWI* 3,58-6,05, potensial terjadi banjir apabila nilai *TWI* 1,1-3,58, dan tidak rawan terjadi banjir apabila nilai *TWI* < 1,1. Pemilihan Model data raster dikarenakan data raster lebih sesuai untuk memodelkan zona rawan banjir, terutama dalam memahami pola aliran dari data topografis yang ada. Selain menggunakan indeks nilai kebasahan (*TWI / Topographic Wetness Index*) dilakukan pula analisis untuk mengetahui batas DAS (*Watershed*), arah aliran (*flow direction*) dan tipe/ordo sungai (*stream*), hal ini dilakukan untuk mengetahui hubungan antara faktor terjadinya banjir dengan sifat aliran akibat dari topografi yang ada. Analisis Sistem Informasi Geografis yang dilakukan menggunakan data *Digital Elevation Model* (DEM) dengan bantuan perangkat lunak analisis yaitu Global Mapper 13.0 dan ArcGIS 10.1 untuk pembuatan beberapa peta utama, yaitu peta kelereng dan peta akumulasi aliran, yang nantinya juga akan dilakukan *overlay*, serta digunakan untuk pembuatan beberapa peta pendukung, yaitu peta DAS, peta sungai utama, peta ordo sungai, dan peta arah aliran. Berdasarkan penampalan peta kelereng dan peta akumulasi aliran dilakukan penghitungan indeks kebasahan dengan menggunakan rumus, $TWI = \ln (As/\tan B)$, dimana ; As adalah akumulasi aliran dan B adalah kemiringan (Putra, 2007). Sehingga didapatkanlah daerah-daerah dengan klasifikasi sangat rawan terjadi banjir antara lain berada pada sebagian besar daerah DAS Barat, Tengah, dan Timur, serta sebagian kecil pada daerah DAS Banjir Kanal Timur.

KATA KUNCI: Zona Rawan Banjir, Sistem Informasi Geografis, *TWI / Topographic Wetness Index*

1. PENDAHULUAN

Potensi bencana alam yang tinggi pada dasarnya tidak lebih dari sekedar refleksi fenomena alam yang secara geografis sangat khas untuk wilayah tanah air kita. Lebih spesifik, kota Semarang merupakan daerah dengan potensi banjir yang sangat besar, ditunjukkan dengan adanya kejadian banjir setiap tahunnya. Banjir merupakan salah satu peristiwa bencana alam yang sering melanda sejumlah negara termasuk Indonesia. Kejadian banjir ini berupa genangan air yang berlebihan terutama yang sering terjadi pada saat musim penghujan. Genangan air tersebut muncul karena adanya peningkatan volume air yang mengalir di atas permukaan tanah, baik akibat curah hujan yang tinggi atau luapan air sungai. Terdapat beberapa faktor yang menyebabkan terjadinya banjir diantaranya adalah curah hujan dalam jangka waktu yang lama, terjadi erosi tanah yang menyisakan batuan dan tidak ada resapan air, tersumbatnya aliran air karena penanganan sampah yang buruk dan justru dibuang ke dalam air, bendungan dan saluran air yang rusak, penebangan hutan secara liar dan tidak terkendali, topologi suatu wilayah, kiriman atau karena banjir bandang, alih fungsi lahan dan tanah menjadi pemukiman dan perkantoran.

Sebagai langkah menangani dan mengantisipasi masalah banjir yang dapat terjadi pada daerah kota Semarang, maka diperlukanlah antisipasi dini penanggulangan bencana banjir. Salah satu usaha yang dapat dilakukan adalah dengan membuat peta rawan bencana banjir pada daerah kota Semarang. Pembuatan peta rawan bencana dimaksudkan agar dapat memperkecil resiko pada daerah rawan banjir dan mempersiapkan secara dini daerah-daerah dengan potensi banjir yang tinggi pada daerah kota Semarang.

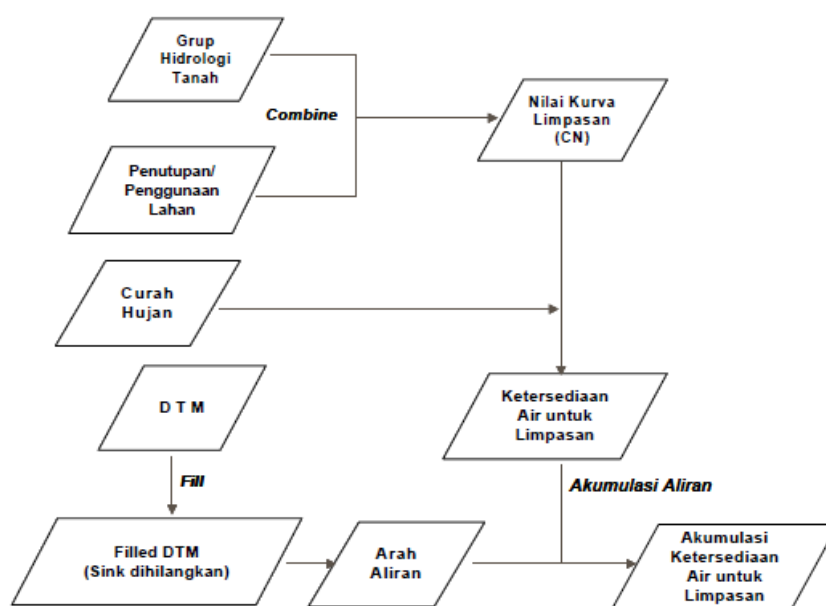
Dalam pembuatan peta kerawanan bencana banjir ini dilakukan dengan menggunakan analisis berdasarkan penginderaan jauh. Perkembangan teknologi GIS, sangat membantu dalam pemodelan hidrologi DAS. Yaitu dengan kemampuannya dalam menangkap (*capture*), menampilkan, menyimpan, mengolah, dan menganalisa data dari data titik ke data spasial. Teknik GIS memungkinkan untuk pemodelan hidrologi yang lebih akurat yaitu dengan kemampuannya mengakomodasi parameter-parameter hidrologi yang beragam. Dengan penggabungan dan *overlay* (tumpang tindih) informasi tanah dan vegetasi, unit respon hidrologi dari suatu DAS menjadi lebih mudah ditentukan. Penelitian ini akan bertujuan untuk menerapkan klasifikasi indeks kebasahan (*Topographic Wetness Index*) untuk menentukan daerah rawan bencana banjir pada kota Semarang.

2. METODE PENELITIAN

Metode pengolahan data dilakukan dengan beberapa tahapan yang meliputi : a. Pengolahan data *Digital Elevation Model-Shuttle Radar Topographic Mapping (DEM SRTM)* untuk ekstraksi data kelerengan dan akumulasi aliran b. Perhitungan nilai indeks kebasahan berdasarkan nilai kelerengan dan akumulasi aliran c. Klasifikasi kerawanan daerah berdasarkan nilai indeks kebasahan

2.1 Ekstraksi Data Kelerengan dan Akumulasi Aliran

Ekstraksi data kelerengan dan akumulasi aliran menggunakan data *DEM SRTM* bulan Januari tahun 2015. Ekstraksi dilakukan dengan bantuan *software* GIS berupa ArcGIS 10.1. Setelah didapatkan data kelerengan dan akumulasi aliran dilakukan pengklasifikasian data kelerengan menurut Van Zuidam, 1986 menurut dari persen kelerengan.



Gambar 1. Diagram Alir Ekstraksi Akumulasi Aliran (Kementerian Negara Lingkungan Hidup, 2007)

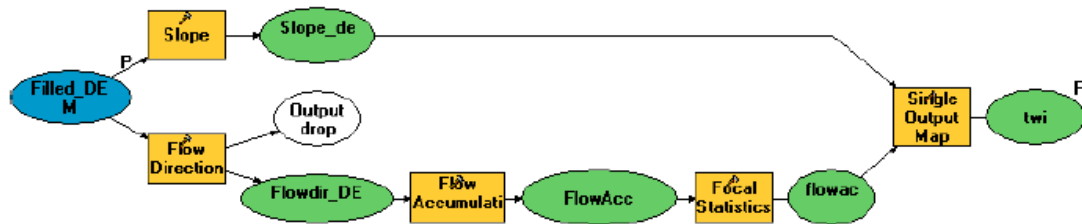
2.2 Perhitungan Nilai Indeks Kebasahan

Metode Index Kebasahan / TWI (*Topographic Wetness Index*) adalah metode untuk memodelkan zona rawan banjir dengan menggunakan data *Digital Elevation Model (DEM)*. Model data raster yang digunakan lebih sesuai untuk memodelkan zona rawan banjir, terutama dalam memahami pola aliran dari data topografis yang ada. Perhitungan nilai indeks kebasahan dilakukan dengan menggunakan 2 data primer hasil ekstraksi dari data *DEM SRTM*, yaitu data kelerengan dan data akumulasi aliran.

Perhitungan dilakukan dengan menggunakan rumus :

$$TWI = \ln\left(\frac{As}{TanB}\right) \dots\dots\dots(1)$$

Dimana ; As : Akumulasi Aliran dan B adalah Kemiringan (Putra, 2007)



Gambar 2. Diagram Alir Nilai Indeks Kebasahan Topografi
(Kementerian Negara Lingkungan Hidup, 2007)

2.3 Klasifikasi Kerawanan Daerah

Klasifikasi kerawanan daerah berpotensi banjir dengan menggunakan nilai indeks kebasahan, antara lain :

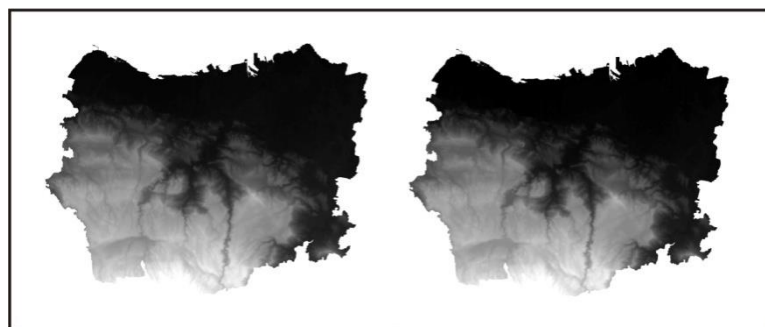
Tabel 1. Klasifikasi Tingkat Rawan Banjir Berdasarkan TWI

Nilai Indeks Kebasahan	Tingkat Kerawanan Banjir	Keterangan
< 1,1	Tidak Rawan	Wilayah tidak rawan banjir, kemiringan lereng > 40%
1,1 – 3,58	Potensial	Wilayah berpotensi banjir, kemiringan lereng 25 – 40 %
3,58 – 6,05	Agak Rawan	Wilayah agak rawan banjir, kemiringan lereng 15-25 %
6,05 – 8,82	Rawan	Wilayah rawan banjir secara periodik, kemiringan lereng 8 – 15 %
8,82 – 23,22	Sangat Rawan	Wilayah rutin terjadi banjir secara periodik, kemiringanlereng 0 – 8%

3. DATA YANG DIGUNAKAN

Data yang digunakan pada penelitian ini adalah a. Data *DEM SRTM* daerah Kota Semarang b.

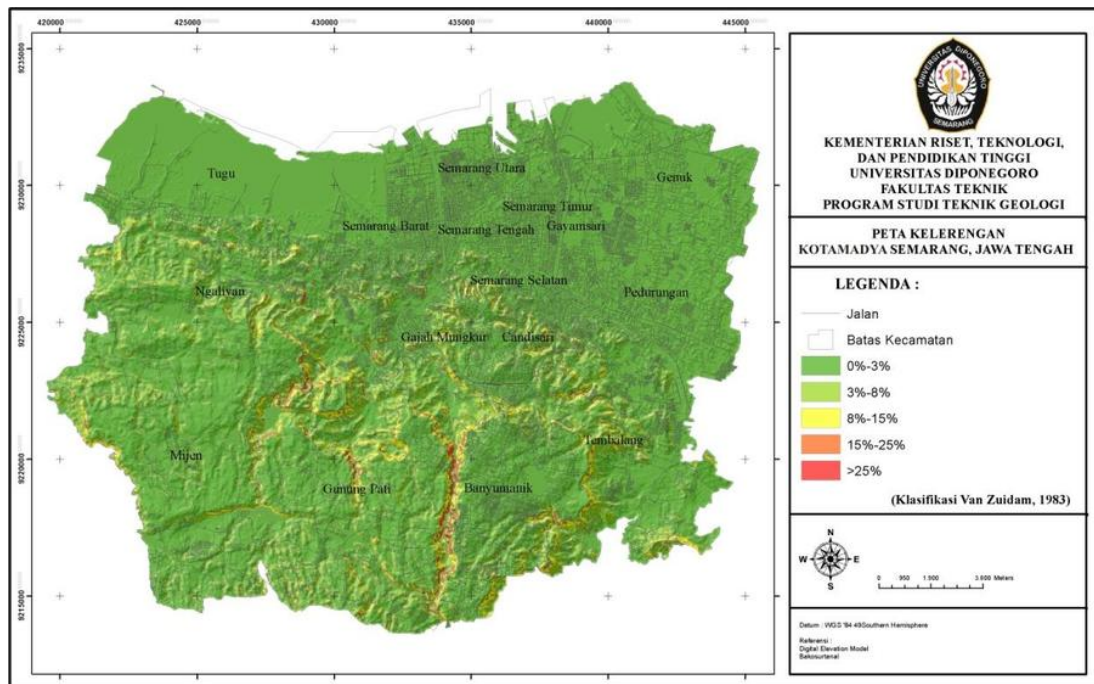
Data *DEM SRTM* daerah Kota Semarang. Penggunaan data ini dilakukan dengan mempertimbangkan kemampuannya dalam menangkap (*capture*), menampilkan, menyimpan, mengolah, dan menganalisa data dari data titik ke data spasial. Teknik GIS memungkinkan untuk pemodelan hidrologi yang lebih akurat yaitu dengan kemampuannya mengakomodasi parameter-parameter hidrologi yang beragam. Selanjutnya dengan penggabungan dan *overlay* (tumpang tindih) informasi tanah dan vegetasi, unit respon hidrologi dari suatu DAS menjadi lebih mudah ditentukan.



Gambar 3. Data *DEM SRTM* bulan januari tahun 2015 sebelum (kiri) dan sesudah (kanan) proses *fill* pada wilayah Kota Semarang

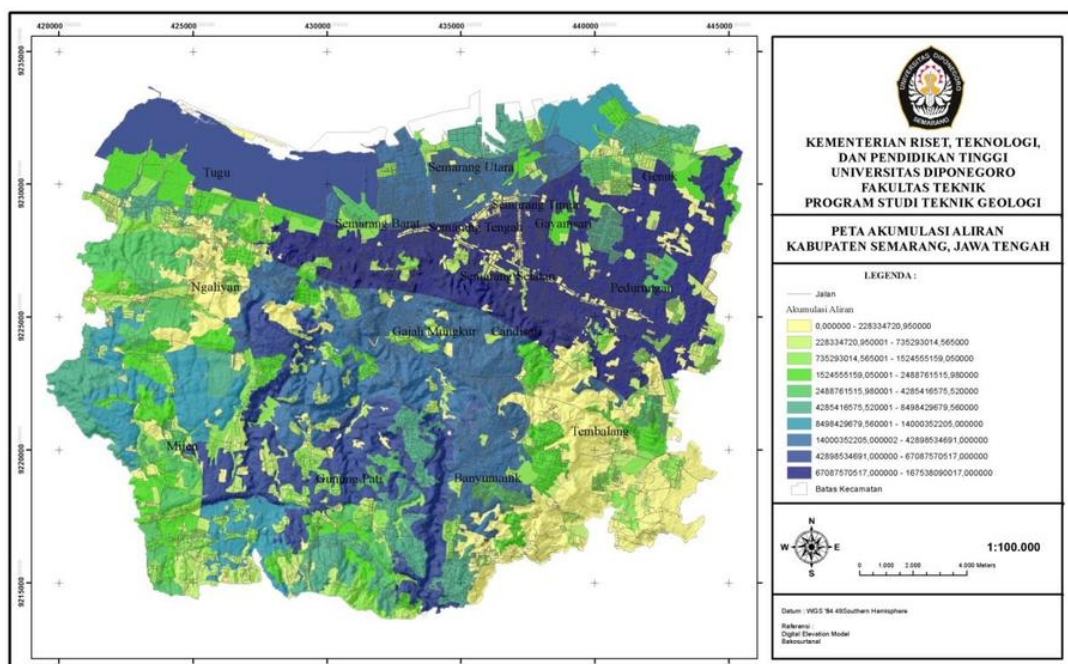
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan data *DEM SRTM* dilakukan ekstraksi terhadap nilai kelerengannya dari daerah penelitian. Peta yang dihasilkan merupakan peta berdasarkan nilai persen kelerengannya yang diklasifikasikan menurut Van Zuidam tahun 1986, seperti pada gambar 2:



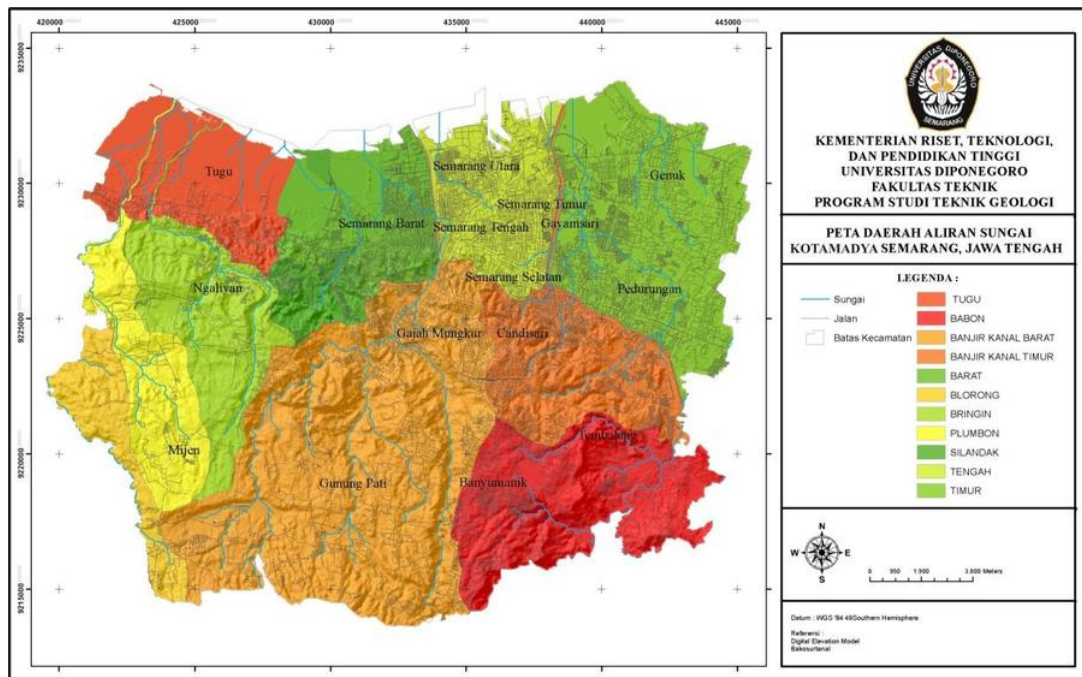
Gambar 4. Peta Kelereng Kota Semarang

Selain menghasilkan data kelerengannya, data primer *DEM SRTM* juga dapat menghasilkan peta akumulasi aliran pada daerah penelitian. Peta akumulasi aliran ini merupakan penggambaran dari akumulasi aliran air yang dapat terjadi pada suatu sistem sungai. Didapatkan peta akumulasi aliran, seperti pada gambar 3 :



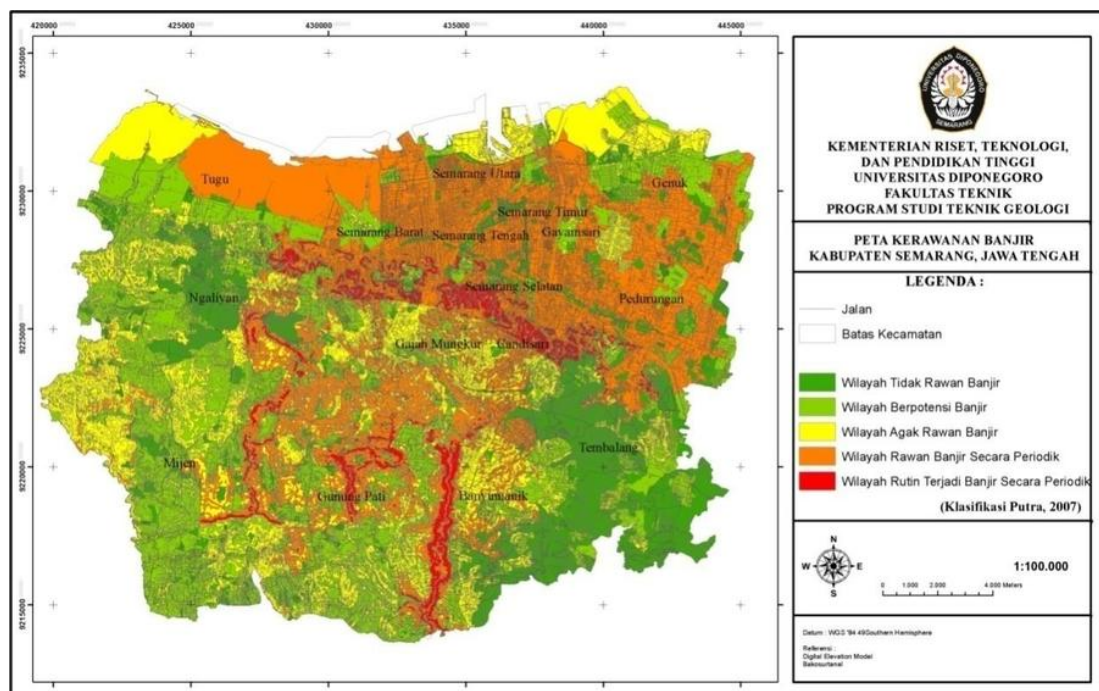
Gambar 5. Peta Akumulasi Aliran Kota Semarang

Dilakukan pula analisis terhadap daerah aliran sungai (DAS) pada kota semarang dan arah aliran dari bentukan morfologi yang ada pada daerah kota semarang. Kedua faktor ini sangat berpengaruh karena morfologi pada daerah penelitian akan menjadi faktor penting dalam penentuan daerah banjir. Bentuk morfologi yang rawan terkena banjir merupakan daerah dengan morfologi datar. Didapatkan peta daerah aliran sungai pada daerah penelitian, seperti pada gambar 4:



Gambar 6. Peta Daerah Aliran Sungai Kota Semarang

Berdasarkan peta kelerengan dan peta akumulasi aliran pada daerah penelitian, didapatkan nilai indeks kebasahan dari setiap daerah pada daerah penelitian. Sehingga didapatkan deliniasi daerah dengan kerawanan bencana banjir menurut Putra, tahun 2007 dengan memperhatikan variasi nilai indeks kebasahan (TWI), seperti pada gambar 5 :



Gambar 7. Peta Kerawanan Banjir Kota Semarang

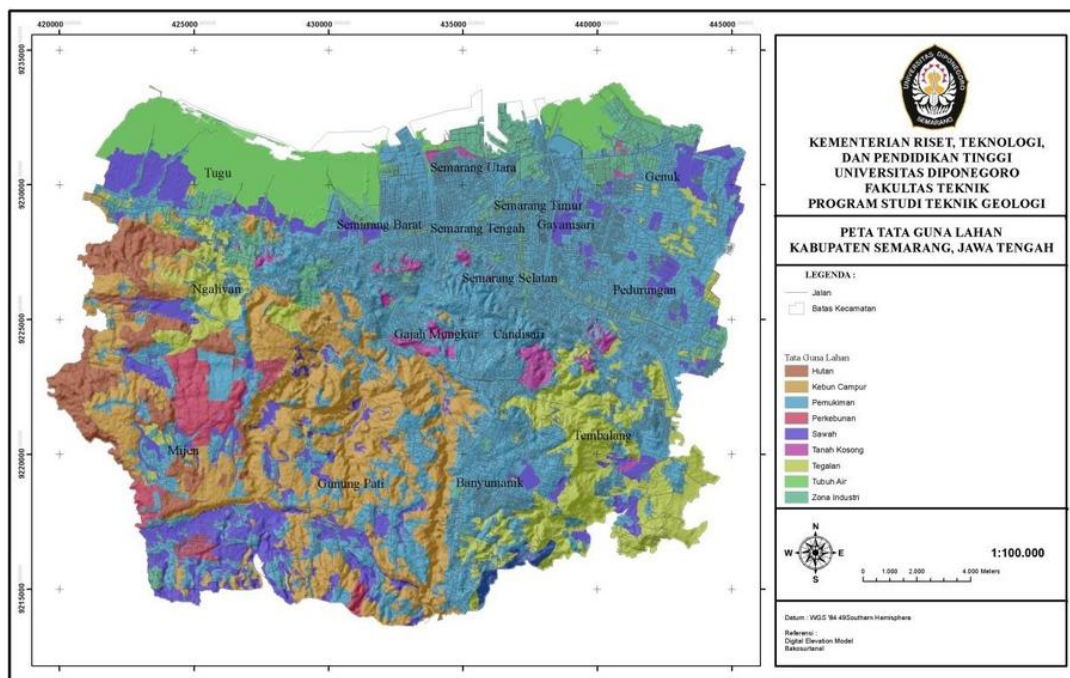
Sehingga dapat disimpulkan pada daerah kota semarang, daerah dengan potensi sangat rawan terjadinya banjir menurut indeks kebasahan topografi antara lain berada pada daerah aliran sungai barat, tengah, banjir kanal barat, dan bringin. Atau berada pada Kecamatan Semarang Barat, Semarang Timur, Genuk, Gayamsari, Ngaliyan, Banyumanik, dan sebagian kecil daerah Gunung Pati. Secara lebih mendetail, zonasi kerawanan longsor berdasarkan indeks kebasahan topografi Kota Semarang antara lain (tabel 2) :

Tabel 2. Distribusi Wilayah Rawan Banjir Kota Semarang (Putra, 2007)

Tingkat Kerawanan Banjir	Kecamatan	Keterangan
Tidak Rawan	Tembalang, Ngaliyan	Wilayah tidak rawan terjadi banjir, dimana daerah tersebut merupakan daerah tinggian dengan kemiringan lereng > 40%, Mencakup 8% dari luas Kota Semarang.
Potensial	Mijen, Gunung Pati, Banyumanik, sebagian kecil Kecamatan Tembalang	Wilayah berpotensi banjir, daerah dengan kemiringan lereng 25 – 40 %, mencakup 10% dari luas Kota Semarang.
Agak Rawan	Candisari, Semarang Selatan, sebagian kecil dari Kecamatan Tembalang, Gajah Mungkur, Gunung Pati, dan Mijen	Wilayah agak rawan banjir, kemiringan lereng 15%-25%, mencakup 53% dari luas Kota Semarang.
Rawan	Tugu, Semarang Utara, Semarang Timur, Semarang Tengah, dan Genuk	Wilayah rawan banjir secara periodik, pada daerah ini lebih dikontrol oleh banjir rob dari arah laut, dikarenakan daerah yang dekat dengan laut dengan kemiringan lereng yang rendah (0%-15%), mencakup 35% dari luas Kota Semarang.
Sangat Rawan	Semarang Barat, Gayamsari, Pedurungan, dan sebagian kecil dari Kecamatan Ngaliyan, Gunung Pati, Gajah Mungkur, dan Banyumanik	Wilayah sangat rawan terjadi banjir secara periodik, dikarenakan pada daerah ini mengalami akumulasi aliran dari beberapa sungai sehingga volume aliran membesar, dengan kelerengan yang landai (0%-8%), mencakup 12% dari luas Kota Semarang.

Faktor pengontrol banjir pada Kota Semarang antara lain : a. tata guna lahan b. wilayah topografi lebih rendah c. pada umumnya berada pada morfologi sungai berupa bantaran sungai.

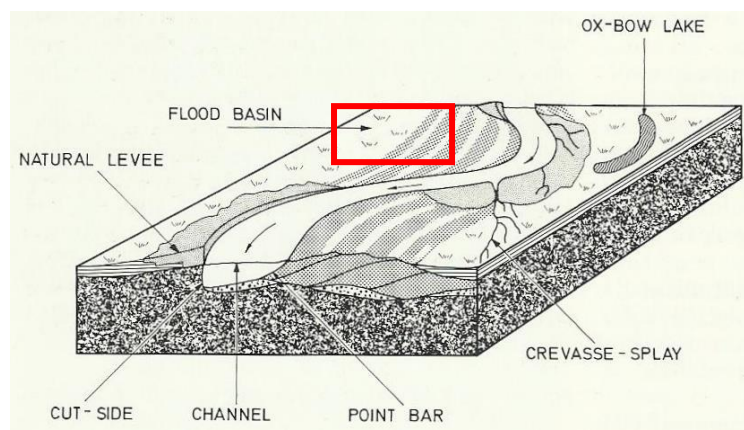
Kota semarang merupakan salah satu kota dengan perindustrian terpadat di Pulau Jawa, hal ini didukung dengan letak geografisnya yang berada pada daerah pesisir utara Pulau Jawa. Sehingga tata guna lahan di daerah utara Kota Semarang didominasi oleh daerah industri (gambar 8), namun secara aspek geologi pada daerah utara Kota Semarang merupakan daerah akumulasi aliran permukaan yang berasal dari daerah Gunung Ungaran dan memiliki jenis tanah berupa tanah alluvium, yang termasuk dalam jenis tanah dengan nilai kelolosan air yang kecil. Hal ini menyebabkan daerah ini sangat rawan akan potensi bencana banjir, dikarenakan daerah industri akan menyebabkan berkurangnya rataaan infiltrasi aliran permukaan, sehingga rawan akan terjadinya bencana banjir. Hal ini didukung dengan hasil analisis yang memperlihatkan bahwa pada daerah utara Kota Semarang merupakan daerah rawan terjadi banjir secara periodik. Selain dikarenakan faktor aliran permukaan, banjir pada daerah utara Kota Semarang juga diperparah dengan adanya faktor masuknya air laut ke permukaan (banjir rob).



Gambar 8. Peta Tata Guna Lahan Kota Semarang

Selanjutnya, wilayah topografi lebih rendah akan mendapatkan suplai air yang berasal dari daerah dengan topografi tinggi, ini dikarenakan sifat air sendiri yang mengalir ketempat yang lebih rendah. Dapat dilihat berdasarkan peta kerawanan (Gambar 5) pada umumnya daerah yang potensial terjadi banjir berada pada daerah dengan morfologi berbukit-bukit. Ini dikarenakan apabila terdapat limpasan air, maka air tersebut akan mengalir menuruni bukit dan terpusat pada daerah dengan kelerengan yang landai ataupun datar yang ditunjukan pada daerah warna kuning dan merah, yaitu daerah dengan potensi rawan dan sangat rawan terjadi banjir.

Jika dilihat berdasarkan aspek geologi, morfologi sungai yang paling sering terdampak oleh banjir merupakan bantaran sungai atau dapat dikatakan sebagai dataran banjir. Morfologi dataran banjir (gambar 6) merupakan bentukan lahan yang terendam oleh air saat terjadi banjir. Terjadinya alihfungsi dari bentuk lahan ini dapat menyebabkan makin parahnya dampak banjir pada sekitar daerah tersebut. Ini dikarenakan pada umumnya dataran banjir merupakan bentuk lahan alami yang menjadi tempat aliran air permukaan saat terjadi banjir, dan apabila lahan ini dialih fungsikan menjadi dataran pemukiman atau perkantoran, maka akan mengganggu proses infiltrasi dari air permukaan.



Gambar 6. Morfologi Sungai (Nichols, 2009)

5. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, didapatkan kesimpulan sebagai berikut :

1. Terdapat 5 zona kerawanan potensi banjir pada Kota Semarang yaitu tidak rawan, potensial, agak rawan, rawan, dan sangat rawan.
2. Daerah dengan potensi banjir tidak rawan berada pada Kecamatan Ngaliyan dan Tembalang, daerah dengan potensi banjir potensial berada pada Kecamatan Mijen, Gunung Pati, Banyumanik, sebagian kecil Kecamatan Tembalang, daerah dengan potensi banjir agak rawan berada pada Kecamatan Candisari, Semarang Selatan, sebagian kecil dari Kecamatan Tembalang, Gajah Mungkur, Gunung Pati, dan Mijen, daerah dengan potensi banjir rawan berada pada Kecamatan Tugu, Semarang Utara, Semarang Timur, Semarang Tengah, dan Genuk, dan daerah dengan potensi banjir sangat rawan berada pada Kecamatan Semarang Barat, Gayamsari, Pedurungan, dan sebagian kecil dari Kecamatan Ngaliyan, Gunung Pati, Gajah Mungkur, dan Banyumanik
3. Faktor pengontrol daerah potensi banjir dipengaruhi oleh a. tata guna lahan b. wilayah topografi lebih rendah c. pada umumnya berada pada morfologi sungai berupa bantaran sungai

DAFTAR PUSTAKA

- Abdur Rahman. (2011), *Inderaja dan Sistim Informasi Geografis Perairan*, Fakultas Perikanan & Ilmu Kelautan Manajemen Sumberdaya Perairan, Universitas Lambung Mangkurat, Banjarbaru.
- Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB), (2013), *Data dan Informasi Bencana Indonesia* [Internet]. [Accessed on 10 Agustus 2015]. Available from <http://dibi.bnpb.go.id>.
- Kementerian Negara Lingkungan Hidup. (2007), *Analisis Potensi Rawan Bencana Alam di Papua dan Maluku (Tanah Longsor – Banjir – Gempa Bumi - Tsunami)*, Deputi Bidang Pembinaan Sarana Teknis dan Peningkatan Kapasitas, Jakarta
- Nichols. (2009), *Sedimentology and Stratigraphy [Second Edition]*, John Wiley & Sons Ltd, Oxford, United Kingdom
- Parwati Sofan, Nur Febrianti, dan Indah Prasasti. (2014), Estimasi Limpasan Permukaan Dari Data Satelit Untuk Mendukung Peringatan Dini Bahaya Banjir Di Wilayah Jabodetabek (Satellite Based Surface Runoff Estimation For Supporting The Flood Early Warning System In Jabodetabek), *Jurnal Penginderaan Jauh*, Vol. 11 No. 1, 43-62
- Putra, E.H. (2007), *Menentukan Lokasi Daerah Rawan Banjir (Studi Kasus propinsi Sulawesi Utara) Menggunakan Metode TWI*, Pengendali Ekosistem Hutan.

NOTULENSI DISKUSI SESI MANAJEMEN BENCANA - 1

Judul Makalah:

PEMODELAN HIDROLOGI *LIMBURG SOIL EROSION MODEL* (LISEM) UNTUK
PREDIKSI TINGGI GENANGAN BANJIR BANDANG

A. U. Rusdimi, P.K Widyaputra, J. Sartohadi, M.A. Setiawan, S. Ritohardoyo

Pertanyaan Oleh: Yosep, BIG

Kenapa memilih pengolahan data raster ? Bagaimana anda menggunakan metode LISEM dari erosi untuk banjir bandang ?

Jawaban:

Banyak parameter yang berbeda – beda, raster bisa mewakili nilai semua parameter. LISEM awalnya memang untuk pemodelan erosi, jadi hanya untuk memodelkan hujan dan limpasan.

Pertanyaan Oleh: Sulastri, Puslitbang BMKG

Pemodelan menggunakan data curah hujan per 10 menit, data didapatkan darimana ?

Jawaban:

Sumber data didapatkan dari data harian dibagi menjadi per 10 menit.

Judul Makalah:

PEMANFAATAN APLIKASI InaSAFE GUNA MENDUKUNG PENYUSUNAN
PERANGKAT KEBIJAKAN PENANGGULANGAN BENCANA

Adi Kurniawan, Fredy Chandra, Charlotte Morgan, Agus Wibowo, Dian Oktiari

Pertanyaan Oleh: Yosep, BIG

Untuk pengembangan software apakah ada rencana untuk mengkaji lagi agar dapat digunakan oleh masyarakat ?

Jawaban:

Awalnya ditekankan kepada respon, kemudian diimplementasikan ke evaluasi risiko. Software ini (InaSafe) berfungsi untuk menyederhanakan proses penyusunan pengolahan data untuk evaluasi risiko. Implementasi InaSafe bisa diterapkan di pra, pasca dan recovery.

Pertanyaan Oleh: Sulastri, Puslitbang BMKG

Bagaimana cara untuk penghitungan hazard ? apakah ada rencana untuk kerjasama ?

Jawaban:

Untuk penyusunan peta ancaman, karena terkendala dengan ketersediaan data skala besar. Maka dilakukan FGD dengan berbagai pendekatan sehingga hasilnya diharapkan mendekati perhitungan yang lebih detail.

Pertanyaan Oleh: Debi Mahardika, UNDIP

Untuk InaSafe, berapa lama waktu yang dibutuhkan untuk pemutakhiran data ?

Jawaban:

Updating database belum ada, hanya disoftware terdapat link untuk data – data pendukung. Selain itu, dilakukan participatory mapping untuk mendukung data yang lebih detail.

Judul Makalah :

ESTIMASI INDEKS KEBASAHAHAN BERBASIS SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS
UNTUK MENDUKUNG PERINGATAN DINI BAHAYA BANJIR PADA KOTA
SEMARANG

Putra, D. M. W. K., Cahyaningtyas, W.M.

Pertanyaan Oleh: Yosep, BIG

Apakah kurva C12 itu merupakan kurva S ?

Konfirmasi apakah bagian utara masuk kedalam klasifikasi wilayah banjir periodik/
kerawanan rendah ?

Bagian kesimpulan , ada 4 tujuan tapi hanya ada 2 kesimpulan ?

Jawaban:

Faktor tata guna lahan juga mengontrol tingkat kerawanan banjir. Nilai CN merupakan hasil dari kombinasi tata guna lahan dengan litologi tanah.

METODE ANALISIS DAN PEMODELAN SPASIAL

R1B – RUANG SIDANG 2 PUSPICS,
25 NOVEMBER 2015 (11.00 – 12.15)

002 PEMODELAN POTENSI EROSI DI DAS SERANG HULU
BERBASIS LOGIKA *FUZZY*

A.N Khasanah, M.A.Setyawan

008 PEMODELAN SPASIAL UNTUK ANALISIS WILAYAH
POTENSI LONGSOR DENGAN MENGGUNAKAN METODE
SINMAP (*STABILITY INDEX MAPPING*) DI KABUPATEN
BANDUNG

Andri Noor Ardiansyah

012 INTERVAL KONFIDENSI UNTUK ESTIMASI PARAMETER
(STUDI KASUS : DATA MAGNITUDE GEMPABUMI BULAN
JULI TAHUN 2015 BERDISTRIBUSI NORMAL)

Anggara Setyabawana Putra, TheresiaRetnoWulan

059 PEMODELAN SPASIAL MENGGUNAKAN *INVERSE*
DISTANCE WEIGHT (IDW) DAN *ORDINARY KRIGING* DALAM
EVALUASI TANAH TERCEMAR LOGAM BERAT DI LAHAN
PERTANIAN (STUDI KASUS: RANCAEKEK)

Jefri Ferliande, Idris Maxdoni Kamil, Akhmad Riqqi

PEMODELAN POTENSI EROSI DI DAS SERANG HULU BERBASIS LOGIKA *FUZZY*

A.N Khasanah¹, Dr. rer. nat.M.A.Setyawan.M.Si^{1,2}

¹ Magister Manajemen Pengelolaan Pesisir dan Daerah Aliran Sungai, Fakultas Geografi UGM, Sekip Utara, Sleman, Yogyakarta 55281

² Staf Pengajar Fakultas Geografi UGM, Sekip Utara, Sleman, Yogyakarta 55281
Email: alfiatun.nur@ugm.ac.id, anggri@ugm.ac.id

*Corresponding author: alfiatun.nur@ugm.ac.id

ABSTRAK

Jumlah DAS yang mengalami degradasi lahan dari tahun ke tahun semakin bertambah. Hingga saat ini, pemerintah Indonesia telah menetapkan 108 DAS sebagai DAS prioritas. Salah satu indikator DAS kritis adalah besaran erosi. Oleh karena itu, pembangunan model untuk prediksi erosi menjadi penting untuk dikaji. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memodelkan potensi erosi dengan pendekatan Logika *Fuzzy*. Pemodelan ini memungkinkan untuk mengintegrasikan antara pengetahuan pakar dengan kondisi daerah penelitian. Fokus penelitian adalah di DAS Serang bagian tengah dan hulu yang merupakan daerah erosi dan transportasi sedimen. Luas daerah penelitian mencapai 13.149.7 ha atau meliputi 55% dari Total Luas DAS Serang. Satuan Lahan yang paling dominan berupa perbukitan struktural berbatuan andesit dengan penggunaan lahan berupa kebun campuran (s5.a1-K) dan meliputi 11,9% dari daerah kajian. Sebanyak 26 sampel tanah dikumpulkan secara purposif berdasarkan satuan lahan yang dominan, untuk selanjutnya dilakukan analisa terhadap komponen tanah serta pengamatan fisik seperti teknik konservasi dan kenampakan erosi. Parameter yang digunakan dalam pemodelan antara lain adalah energi kinetik hujan, faktor kemiringan dan panjang lereng, erodibilitas tanah, dan faktor pengelolaan dan konservasi lahan. Rumus dari masing masing faktor dimodifikasi berdasarkan beberapa penelitian terkait. Fungsi keanggotaan *fuzzy* didasarkan pada hubungan antara masing masing variabel terhadap proses erosi. Teknik *overlay* yang digunakan adalah *overlay product* dan *gamma*. Hasil dari *overlay* masih berupa indeks sehingga harus dikorelasikan dengan potensi erosi yang ada di lapangan. Hasil *overlai* terbaik ditunjukkan oleh *Overlay Gamma*-0,5. Berdasarkan model tersebut, DAS Serang Hulu didominasi oleh tingkat erosi percik yang sangat tinggi.

KATA KUNCI: Erosi, Pemodelan, *Overlay Fuzzy*

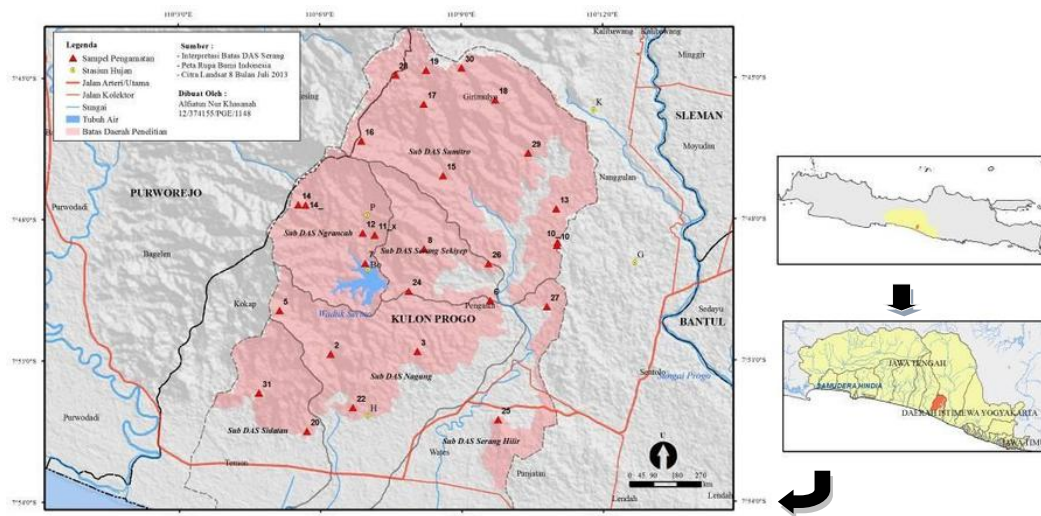
1. PENDAHULUAN

Pemerintah Indonesia telah menetapkan 108 DAS sebagai DAS prioritas (SK. 328/Menhut-II/2009). DAS Prioritas adalah lahan di dalam maupun di luar kawasan hutan yang dikategorikan sebagai lahan dengan tingkat kekritisannya sangat kritis (SK Dirjen RLL No.041/KPTS/V1998). Salah satu indikator DAS kritis adalah besaran erosi yang terjadi memiliki tingkatan sangat berat. Salah satu DAS yang masuk dalam das prioritas adalah DAS Serang, Kabupaten Kulon Progo. Metode pemodelan dengan skor telah diaplikasikan untuk penilaian lahan kritis dalam DAS berdasarkan peraturan Direktur Jendral Bina Pengelolaan Daerah aliran Sungai dan Perhutanan Sosial nomor P.4/V-SET/2013. Namun, metode ini memiliki beberapa kelemahan, diantaranya adalah kurang memiliki landasan ilmiah yang kuat dalam pembobotan dan pemberian skor, serta hasil dan akurasi peta yang ditampilkan sangat tergantung cara pemberian skornya (Malczewski, 2004). Pemodelan tidak akan realistis apabila menggunakan metode tersebut karena keterbatasan dari data yang tersedia (baik dari segi temporal maupun spasial) serta adanya ketidakpastian dalam asosiasi di setiap parameter. Pemodelan dengan logika *fuzzy* dapat mengatasi hal tersebut. Logika *Fuzzy* diperkenalkan oleh Zadeh (1962) dan merupakan perluasan dari teori himpunan kelasik (*crisp*) (Kusumadewi dan Hartati 2010). Ide dari Logika *Fuzzy* (Zadeh, 1965) adalah dengan mempertimbangkan objek spasial dalam suatu peta menjadi suatu anggota dari satu set data (Tangestani, 2009). Nilai keanggotaan dari suatu elemen (x) dalam suatu himpunan sering disebut juga sebagai derajat keanggotaan (μ_x). Derajat keanggotaan didefinisikan dengan rentang nilai 0-1, dengan nilai 0 berarti absolut salah, dan 1 absolut benar. Model *Fuzzy* dapat digunakan pada beragam input data dan dikontrol dengan pembobotan yang dilakukan dengan pemahaman ahli. Pemodelan dengan teknik ini telah banyak dilakukan namun terbatas pada penilaian kerentanan longsor (Zhu, 2014) dan kerentanan air tanah (Nobre *et al*, 2007) serta pemodelan erosi (Bakimachandra, 2011). Tujuan dari penelitian ini adalah melakukan pemodelan erosi di DAS Serang Hulu berdasarkan pada penerapan logika *fuzzy*.

2. DAERAH KAJIAN

Secara Geografis DAS Serang terletak antara 7°43'40" LS- 7°55'30" LS dan 110°03'49"- 110°13'50" BT. Serta masuk dalam administrasi Kabupaten Kulonprogo. Batas bagian timur berupa Kabupaten Purworejo, Samudera Hindia di bagian Selatan, Kabupaten Bantul dan Sleman di bagian Barat, dan Provinsi Jawa Tengah di bagian Utara (Gambar 1). DAS Ini mempunyai luas sebesar $\pm 280 \text{ km}^2$ dengan panjang sungai utamanya $\pm 28 \text{ km}$. DAS tersebut berada diantara DAS Progo dan DAS Bogowonto dan terdiri atas 6 sub-DAS (Nagung, Ngrancah, Serang Hilir, Serang Sekiye, Sidatan, Sumitro). Luas daerah penelitian mencapai 13.149.7 ha atau meliputi 55% dari Total Luas DAS Serang. Kawasan tengah dan hulu DAS Serang berada pada seluruh kecamatan Pengasih, Kokap, dan Nanggulan. Dengan prosentase luasan paling besar berada di Kecamatan Kokap yaitu sebesar 40% dari total daerah kajian. Rata rata curah hujan tahunan selama 15 tahun (tahun 2000-2014) sebesar 2.105,3 mm/tahun. Curah hujan tertinggi terjadi pada bulan Desember hingga mencapai rata rata maksimum 184,3 mm dengan jumlah hari hujan rata rata maksimum sebanyak 28 hari. Berdasarkan data publikasi dari stasiun klimatologi Wates temperatur rata rata pada tahun 2014 sebesar 27,27°C dengan temperatur maksimum mencapai 35°C di bulan September dan terendah sebesar 19°C di bulan Agustus. Sedangkan kecepatan angin rata rata di tahun tersebut adalah 17,9 km/hari.

Umur formasi yang paling tua pada daerah kajian adalah Formasi Nanggulan yang terbentuk pada masa Eosen tengah hingga Oligosen atas. 36 % dari lahan di daerah kajian memiliki kelerengan 30-60% sedangkan 31% lainnya memiliki kemiringan lereng 15-30%. Bentuk lahan yang paling dominan di daerah kajian berupa bentuk lahan asal proses struktural yaitu pegunungan struktural berbatuan breksi andesit (S4.a2) yaitu sebesar 22% dan Perbukitan Struktural Berbatuan Breksi Andesit (s5.a3) yaitu sebesar 21,3 % dari luas wilayah. Penggunaan lahan berupa kebun campuran mendominasi daerah kajian (52,96%) diikuti oleh penggunaan lahan berupa tegalan (27,33 %). Kabupaten Kulon Progo memiliki laju pertumbuhan penduduk mencapai 0,48 dengan kepadatan penduduk mencapai sebesar 663 jiwa/km pada tahun 2010. Jumlah penduduk di kabupaten tersebut juga mengalami peningkatan dari tahun 1980 hingga 2010 sebesar 8.814 jiwa. Jumlah penduduk yang tinggi akan menyebabkan tingginya tekanan terhadap lahan. Tekanan lahan yang tinggi dapat memicu adanya eksploitasi lahan dan secara tidak langsung meningkatkan laju erosi.



Gambar 1. Daerah Kajian dan Sebaran Sampel Penelitian

3. DATA DAN METODE

3.1. Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah Citra SPOT 5 perekaman 24 Oktober 2014; bersumber dari pusat data Lembaga Penerbangan Antariksa Nasional. Citra SPOT 5 diluncurkan pada tahun 2002 dengan resolusi spasial sebesar 10 m untuk citra multispektral dan 5 m untuk citra pankromatik. Lebar liputan citra ini dari 60-80 km dan resolusi radiometrik sebesar 8 bit. Ketinggian orbit sebesar 822 km. Lebar panjang gelombang untuk citra Pankromatik sebesar 480-710 nm. Sedangkan Citra Mutispektral memiliki julat gelombang Hijau (500-590 nm); Merah (610 680 nm); NIR (780-890 nm) dan Swir (1580-1750 nm). Selain itu digunakan pula Peta Rupa Bumi Indonesia skala 1: 25.000 serta data hujan dari 9 stasiun di sekitar DAS Serang.

3.2. Metode

3.2.1. Metode Pengambilan Sampel

Penentuan sampel dilakukan dengan mempertimbangkan satuan pemetaan yang terdiri atas informasi bentuk lahan dan penggunaan lahan. Total satuan pemetaan sebanyak 54 satuan pemetaan. Satuan yang paling dominan berupa perbukitan struktural berbatuan andesit dengan penggunaan lahan berupa kebun campuran (s5.a1-K) yang meliputi 11,9% dari daerah kajian. Sejumlah 26 sampel tanah diambil berdasarkan satuan pemetaan yang paling dominan. Metode penentuan sampel yang digunakan adalah *purposive sampling*. Pengamatan pada sampel meliputi jenis pengelolaan dan konservasi lahan, bukti erosi di lapangan dan pengukuran kerapatan kanopi dan tinggi vegetasi. Selain itu diamati pula kenampakan erosi percik dengan indikator kenampakan pedestal. Perhitungan laju erosi berdasarkan kenampakan erosi di lapangan mengacu pada Stocking, M dan Niamh M (2000) dengan memperhitungkan nilai *Bulk Density* (BD). 1 mm dari kehilangan tanah berasosiasi dengan 10 ton/ha ketika BD bernilai 1 g/cm³. Rumus Perhitungan Laju Erosi adalah sebagai berikut

$$E_{\text{pedestal}} = \text{Tinggi pedestal (mm)} \times \text{BD} \times 10 \quad (1)$$

3.2.2. Pra Pengolahan Citra

Citra SPOT telah mengalami ortorektifikasi oleh LAPAN namun tetap dilakukan koreksi Geometrik dengan cara *Image To Map*. Jumlah *Ground Control Point* sebanyak 60 titik dengan nilai RMS sebesar 0,3. Panjang gelombang dikoreksi radiometrik terutama adalah panjang gelombang merah (band 2) dan inframerah (band 3). Hasil koreksi menunjukkan bahwa Band 2 memiliki nilai minimum sebesar 0,06 dan maksimum sebesar 0,52. Sedangkan band 3 memiliki nilai minimum sebesar 0,12 dan maksimum sebesar 0,69.

3.2.3. Pemetaan Parameter Penelitian

a. Faktor Manajemen dan Pengelolaan Lahan

Pemetaan informasi penggunaan lahan dan konservasi lahan disesuaikan dipetakan pada skala 1: 25.000. Namun pada akhirnya, dilakukan proses generalisasi untuk dapat digabungkan dengan peta bentuk lahan dengan skala 1: 50.000. Hal ini dikarenakan DAS Serang termasuk dalam DAS dengan kategori sedang (Luas 100.000-500.000 Ha) dan masuk dalam Kabupaten (P.3/V-Set/2013). Interpretasi penggunaan lahan secara digital dapat dilakukan dengan mendeteksi rona dan warna pada citra, dan menarik batas pada kelompok dengan rona dan warna yang sama (Umali, 1983 dalam Sutanto, 1986) serta ukuran, bentuk, tekstur, bayangan, asosiasi, dan situs. Masing masing *polygon* hasil interpretasi diubah dalam bentuk indeks CP sesuai dengan Klasifikasi tersebut mengacu pada Departemen Kehutanan pada tahun (1998).

b. Faktor panjang dan kemiringan lereng

Faktor panjang lereng (L) dihitung dengan memadukan *flow accumulation* dan panjang lereng per piksel. Lereng dengan arah hadap utara, selatan, timur, dan barat memiliki panjang lereng nilai 30 m sedangkan sisanya memiliki nilai 42,43 (O'Callagan & Mark, 1984 dalam Zhang et al, 2013). Faktor L dihitung dengan rumus:

$$L = \frac{\text{flow accumulation} \times \text{panjang lereng}^m}{22,13} \quad (2)$$

m merupakan variabel eksponen dari panjang lereng, dihitung dengan :

$$m = \beta(1 + \beta) \quad (3)$$

$$\beta = (\sin \alpha) / (3 * ((\sin \alpha)^{0,8} + 0,56)) \quad (4)$$

α merupakan kemiringan lereng dalam derajat (°). Sedangkan Faktor pengaruh kemiringan lereng terhadap erosi dihitung dengan rumus Renard (1998) :

$$S = 10,8 \sin \alpha + 0,03 \quad \text{jika kemiringan lereng} < 9\%, \quad (5)$$

$$S = 16,8 \sin \alpha - 0,5 \quad \text{jika Kemiringan Lereng} > 9\% \quad (6)$$

Faktor panjang dan kemiringan lereng merupakan hasil kali antara faktor panjang lereng (rumus 2) dengan faktor kemiringan lereng (rumus 5 dan 6)

c. Erodibilitas Tanah

Nilai erodibilitas dihitung menggunakan rumus Wischmeier dan Smith (1978) dalam Asdak (2002) berikut :

$$100 K = 1,292 (2,1M^{1,14}(10^{-4})(12-a)+3,25(b-2)+2,5(c-3)) \quad (7)$$

M merupakan parameter ukuran butir, didapat dengan (%debu + % pasir sangat halus)(100-%liat). Sedangkan a adalah bahan organik tanah (%C x 1,724). Faktor b merupakan struktur tanah dan c adalah permeabilitas tanah. Kelas permeabilitas dan struktur tanah dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1.Skoring Kelas Permeabilitas dan Struktur Tanah

Klas Permeabilitas	Cm/jam	Skor	Tipe Struktur Tanah	Skor
Cepat	>25,4	1	Granuler, sangat halus	1
Sedang - cepat	12,7 – 25,4	2	Granuler halus	2
Sedang	6,3 -12,7	3	Granuler, sedang ,dan kasar	3
Sedang – lambat	2,0 – 6,3	4	Gumpal, lempeng, pejal	4
Lambat	0,5 – 2,0	5		
Sangat lambat	< 0,5	6		

Sumber: Wischmeier et al.,1978 dalam Asdak,2002

d. Erosivitas Hujan

Penilaian jumlah hujan di penelitian ini didasarkan oleh penelitian Morgan&Duzant (2007) dengan membagi hujan menjadi *Leaf Drainage* (LD) dan *Direct Troughfall* (DT). DT (*Direct Troughfall*) merupakan curah hujan yang langsung menuju tanah melewati celah vegetasi. Sedangkan Nilai LD (*Leaf Drainage*) merupakan curah hujan yang melewati daun atau batang. Sebelum menghitung nilai DT, terlebih dahulu dihitung nilai Efektifitas Hujan Tahunan (Rf). Rf dihitung dengan mempertimbangkan nilai intersepsi pada tanaman (PI), rata rata hujan tahunan (R) dan kemiringan lereng dalam derajat (s). Rf dirumuskan sebagai berikut

$$Rf = R*(1-PI)*(1/\cos s) \quad (8)$$

Nilai intersepsi yang digunakan dalam penelitian ini disesuaikan dengan nilai Morgan&Duzant (2007) yaitu sebesar 0 untuk daerah tanpa tutupan, 0,25 untuk semak dan rerumputan, 0,2 untuk hutan kayu berdaun lebar dan 0,3 untuk hutan kayu berdaun jarum. Nilai DT dan LD dihitung dengan rumus berikut

$$DT = Rf-LD \quad (9)$$

$$LD = Rf*CC \quad (10)$$

CC merupakan *cover* tanaman dengan nilai proporsi antara 0-1. Nilai CC didapat dari hasil regresi linier antara indeks vegetasi (NDVI). Hasil perhitungan NDVI bernilai -1 hingga +1 dikorelasikan dengan kerapatan kanopi di lapangan. Rumus NDVI (Danoedoro, 2012) adalah sebagai berikut:

$$NDVI = \frac{BV_{NIR} - BV_{Red}}{BV_{NIR} + BV_{Red}} \quad (11)$$

Pengaruh hujan terhadap pengahancuran agregat tanah dapat diwakili dengan nilai energi kinetik hujan. Energi kinetik hujan memiliki korelasi yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan faktor hujan lainnya dalam kaitannya dengan proses erosi (Wischmeier dan Smith, 1985 dalam Utama,1994). Nilai energi kinetik hujan pada hujan yang langsung turun melalui celah vegetasi (DT) dihitung berdasarkan rumus global yang dibuat oleh van Dijk et al (2002) sedangkan Energi Kinetik LD dihitung berdasarkan Morgan dan Duzant (2007):

$$KE (DT) = 0,283(1-0,52 e^{-0,042*DT}) \quad (12)$$

$$KE (LD) = 0 \quad \text{jika Tinggi Pohon (TP) } < 0,15 \text{ m} \quad (13)$$

$$KE (LD) = 15,8 \times (TP)^{0,5-5,87} \quad (14)$$

Rumus Energi kinetik dari DT menggunakan logika eksponensial karena pada titik tertentu pengaruh energi kinetik hujan akan bersifat konstan, yaitu pada $28.3 \text{ J m}^{-2}\text{mm}^{-1}$ terutama ketika intensitas hujan melebihi 76 mm/jam. Total dari energi kinetik adalah jumlah energi kinetik dari DT dan LD.

3.2.2. Pemodelan Fuzzy Overlay

a. Fuzzyfikasi

Setiap variabel yang akan digunakan untuk pemodelan laju erosi diubah ke dalam rentang nilai *fuzzy* (0-1) berdasarkan kontribusinya terhadap proses erosi yang direpresentasikan dalam kurva derajat keanggotaan. Derajat keanggotaan dapat berupa sigmoid (S) pertumbuhan atau kurva linier. Fungsi keanggotaan linier diterapkan pada parameter erodibilitas dan kemiringan lereng. Kurva linier merepresentasikan peningkatan nilai derajat keanggotaan seiring dengan meningkatnya nilai input variabel. Sedangkan fungsi keanggotaan sigmoid diaplikasikan pada parameter erosivitas hujan. Metode ini menggambarkan bahwa pada titik tertentu nilai akan bersifat konstan.

b. Overlay Fuzzy

Tabel 3 menunjukkan diskripsi operasi yang digunakan adalah dalam proses *overlay* adalah *Fuzzy Product* dan *Gamma*.

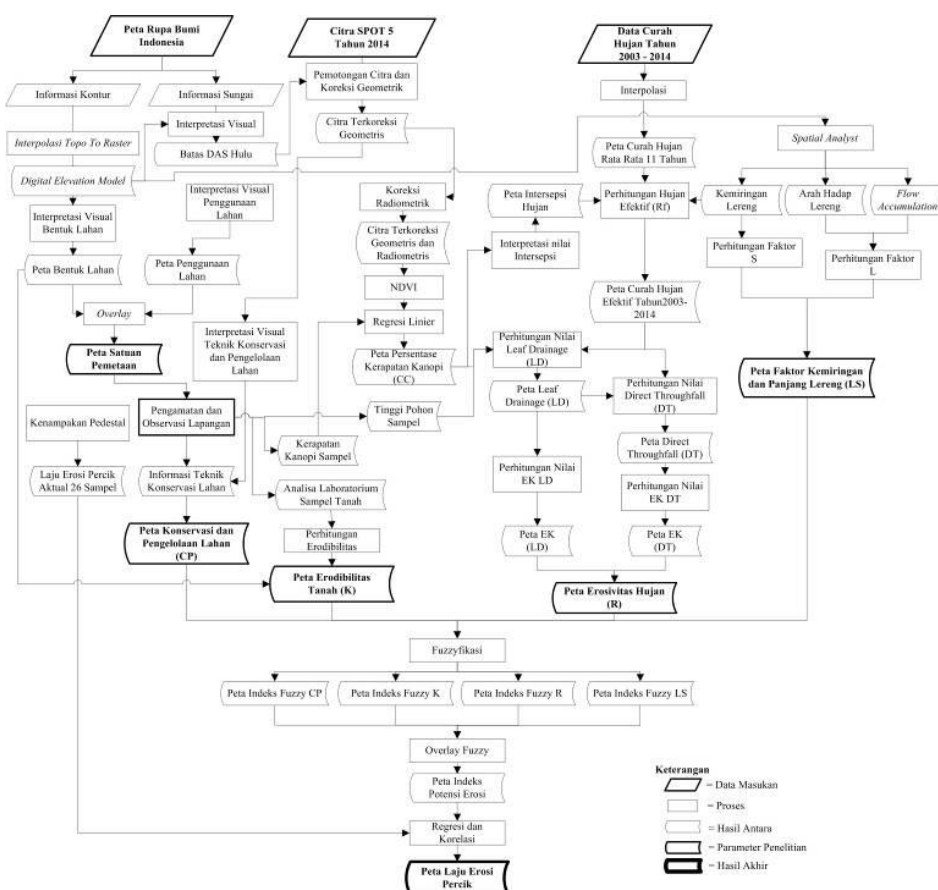
Tabel 3. Operasi yang Digunakan dalam Proses *Overlay Fuzzy*

Operasi	Diskripsi	Rumus
<i>Fuzzy Product</i>	Setiap nilai fuzzy dalam variabel masukan akan dikalikan.	$\text{product}(\mu_1, \dots, \mu_n)$
<i>Fuzzy Gamma</i>	<i>Fuzzy Gamma</i> merupakan produk algebra dari <i>Fuzzy SUM</i> dan <i>Fuzzy Product</i> .	$\text{Pow}(1 - ((1 - \mu_1) * (1 - \mu_2) * \dots), \text{Gamma}) * \text{pow}(\mu_1 * \mu_2 * \dots, 1 - \text{Gamma})$

Sumber: ArcGiss Help

c. Reklasifikasi

Hasil dari proses *overlay fuzzy* adalah nilai indeks potensi erosi. Nilai indeks potensi erosi, semakin mendekati 1 maka potensi erosi semakin besar, sedangkan semakin mendekati 0 potensi erosi semakin rendah. Analisis defuzzifikasi dilakukan untuk mengembalikan nilai hasil fuzzy overlay ke dalam bentuk yang tegas sehingga pemodelan yang dibuat menjadi lebih mudah untuk dipahami. Proses defuzzifikasi dilakukan dengan mengkatagorikan nilai hasil *fuzzy overlay* ke dalam tingkat laju erosi berdasarkan hasil survei lapangan. Diagram Alir Penelitian dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Pemetaan Parameter

4.1.1. Interpretasi Konservasi

Kunci interpretasi untuk mengidentifitasi jenis konservasi adalah dengan menggunakan bayangan, pola, dan asosiasi. Bayangan menunjukkan perbedaan ketinggian daam lahan akibat adanya teras, Pola menunjukkan keteraturan dari tapak teras, sedangkan asosiasi menunjukkan keterkaitan antara aspek konservasi dengan aspek

penggunaan lahan ataupun kerapatan vegetasi. Rona yang lebih gelap dengan warna yang lebih menonjolkan aspek vegetasi dengan tekstur halus menunjukkan adanya vegetasi yang sehat dengan kondisi air yang mencukupi. Bentuk konservasi yang sulit diidentifikasi dari citra adalah teras tradisional. Teras baik itu teras guludan, tradisional, maupun teras bangku hanya dapat dikenali dengan mudah pada daerah dengan kerapatan vegetasi yang rendah hingga sedang. Sedangkan pada kerapatan vegetasi yang tinggi digunakan pengamatan lapangan. Hasil dari pemetaan konservasi dan pengelolaan lahan di DAS Serang hulu dapat dilihat pada Gambar 3a. Berdasarkan peta tersebut, DAS Serang hulu didominasi oleh daerah kebun campuran dengan penutup buruk tanpa adanya konservasi teknis.

4.1.2. Pemetaan faktor *K*

Gambar 3b. menunjukkan sebaran nilai erodibilitas hasil ekstrapolasi sampel lapangan. Nilai erodibilitas paling tinggi disumbang oleh sampel 5 yaitu sebesar 0,33. Nilai erodibilitas paling kecil ditunjukkan oleh sampel 20 (D1-a3.K) yaitu sebesar 0,115. Sebagian besar wilayah di masing masing SubDAS memiliki nilai erodibilitas yang sedang yaitu pada kosaran 0,2. Nilai erodibilitas terkecil berada di subDAS Nagung yaitu sebesar 0,114.

4.1.3. Pemetaan faktor *R*

a. Kerapatan Vegetasi

Hasil dari pemetaan kerapatan vegetasi digunakan untuk menghitung besarnya Curah hujan relatif dan energi kinetik hujan yang berpengaruh terhadap laju erosi. Indeks NDVI di daerah kajian memiliki nilai maksimum sebesar 0,52, nilai minimum -0,69 dan rata rata sebesar 0,48 dengan standar deviasi 0,08. Nilai korelasi antara sampel kerapatan vegetasi dan nilai indeks NDVI sebesar 0,7. Semakin tinggi nilai indeks vegetasi maka kerapatan kanopi semakin tinggi. Walau demikian, berdasarkan data lapangan, tingginya nilai indeks vegetasi juga disumbang oleh kerapatan penutup tanah. Semakin rapat kerapatan penutup tanah dan strata vegetasi maka nilai indeks juga semakin besar. 33,81% daerah kajian memiliki kerapatan vegetasi yang tinggi dan 34,76% memiliki kerapatan vegetasi sedang.

b. Penilaian Hujan Efektif

Selama tahun 2003-2014, 40,1 % DAS Serang Hulu didominasi oleh curah hujan tinggi (1.903,43 – 2032,35 mm/tahun) dengan rata-rata jumlah curah hujan pertahun sebesar 1.799,69 mm. Tidak semua hujan tersebut langsung jatuh ke tanah, namun dapat berkurang karena adanya intersepsi oleh tanaman. Nilai intersepsi 0,3 dikarenakan mayoritas lahan merupakan kebun campuran berdaun lebar. Selain itu, diperhitungkan pula kemiringan lereng untuk menggambarkan akumulasi limpasan dari jumlah curah hujan yang jatuh pada satu unit area. Walaupun nilai intersepsi besar, namun tingkat kelerengan yang curam menyebabkan efek limpasan menjadi besar. Oleh karenanya, rata rata hujan efektif menjadi 1.803,6 mm. Hujan efektif yang tinggi menyebar di daerah hulu bagian selatan-barat, dikarenakan sebagian besar wilayah tersebut memiliki nilai rata rata jumlah hujan yang tinggi, nilai lereng yang curam namun memiliki nilai intersepsi yang besar. Curah hujan efektif dibagi menjadi *Leaf Drainage* (LD) dan *Direct Throghfall* (DT). Nilai LD tertinggi mencapai 1.865 mm dengan Rata rata jumlah LD sebesar 764,7 mm. DT dihitung dari selisih antara hujan efektif dan LD. Sedangkan nilai DT maksimal mencapai 2300 mm yaitu pada waduk Sermo sedangkan rata rata nilai DT sebesar 714 mm DT. Nilai DT tinggi terutama di daerah dengan kerapatan kanopi rendah, karena hujan akan langsung jatuh ke tanah tanpa tertahan oleh kanopi vegetasi.

c. Penilaian Energi Kinetik Hujan

Energi kinetik hujan yang dihasilkan oleh curah hujan yang langsung jatuh ke tanah (DT) memiliki nilai yang kecil yaitu dengan rata rata $0,27 \text{ Jm}^{-2}$, serta nilai minimal sebesar $0,135 \text{ Jm}^{-2}$ dan maksimum sebesar $0,283 \text{ Jm}^{-2}$. Nilai yang kecil dapat disebabkan oleh butiran hujan yang juga kecil. Berbeda halnya dengan energi kinetik hujan yang disebabkan oleh akumulasi curah hujan yang melalui vegetasi. Semakin tinggi pohon, akumulasi dari butiran hujan semakin besar sehingga energi kinetiknya pun semakin besar. Nilai kinetik paling besar mencapai $55,32 \text{ Jm}^{-2}$ terutama pada daerah dengan ketinggian pohon melebihi 15 m, sedangkan rata rata nilai LD sebesar $42,05 \text{ Jm}^{-2}$. Total dari kedua energi kinetik tersebut menjadi parameter erosivitas dalam pemodelan erosi (Gambar 3c). Nilai Energi kinetik total berkisar antara 0,27 sampai $55,59 \text{ Jm}^{-2}$ dengan nilai rata rata sebesar $42,34 \text{ Jm}^{-2}$. Sebaran Energi kinetik yang besar terdapat pada daerah di subDAS Ngrancah dan subDAS Sumitro bagian barat.

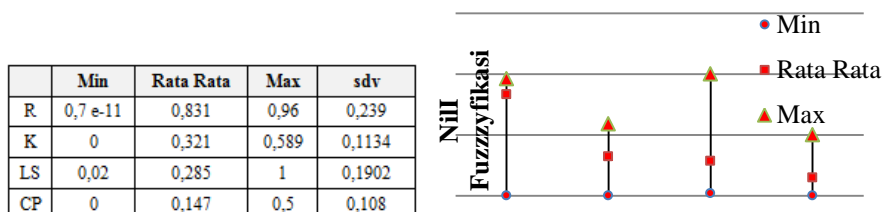
4.1.4. Pemetaan faktor *LS*

Faktor panjang lereng paling tinggi sebesar 3,63 berada di DAS Ngrancah dan bagian hulu dari subDAS Sumitro. Sedangkan faktor kemiringan lereng memiliki kisaran nilai sebesar 0,031 -12,64 dengan rata rata sebesar 3,61. Hasil perkalian antara faktor panjang lereng dan kemiringan lereng menghasilkan faktor LS (Gambar 3d). Berdasarkan gambar tersebut, diketahui bahwa semakin miring dan semakin panjang lereng, maka

faktor LS akan semakin besar. Nilai LS berkisar antara 0 sampai 25,41 dan rata rata sebesar 3,63. Nilai faktor LS yang besar terutama berada dalam wilayah SubDAS Sumitro dan SubDAS Ngrancah.

4.2. Fuzzyfikasi

Hasil indeks *fuzzy* menunjukkan derajat potensi terjadinya erosi di setiap parameter. Nilai mendekati 1 diasumsikan memiliki potensi untuk tererosi semakin besar. Gambar 4 menunjukkan perbedaan nilai statistik dari masing masing parameter hasil *fuzzyfikasi*. Standard deviasi tertinggi ditunjukkan oleh parameter erosivitas dan faktor LS1. Semakin tinggi standard deviasi, maka semakin besar variasi nilai dalam data.

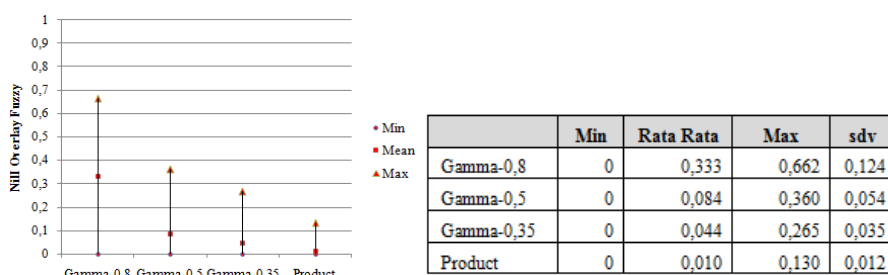


Gambar 4. Statistik Hasil Fuzzyfikasi

Gambar 4 menunjukkan peta hasil proses *fuzzyfikasi* setiap parameter. Nilai indeks yang tinggi (hampir mendekati 1) mendominasi parameter erosivitas (Gambar 4b) ditunjukkan dengan dominansi warna merah pada peta. Hal ini disebabkan karena tingginya nilai energi kinetik yang disebabkan oleh akumulasi air hujan yang tertampung pada vegetasi. Rata rata nilai yang tinggi juga ditunjukkan oleh peta parameter erodibilitas (K) dan kemiringan lereng 1 (LS1). Sedangkan faktor CP memiliki variasi dan nilai rata rata yang kecil.

4.3. Overlay dan Reklasifikasi Data Fuzzy

Terdapat 4 tipe operasi *overlay Fuzzy* yang diterapkan dalam penelitian ini yaitu operasi Product, Gamma-0,5 Gamma-0,5 dan Gamma-0,8. Statistik dari hasil overlay dapat dilihat pada Gambar 5 sedangkan hasil peta *overlay* dapat dilihat pada Gambar 6. Hasil statistik dari keempat model tersebut menunjukkan nilai rata rata yang semakin meningkat dari model Product, Gamma-0,35; Gamma-0,5; dan Gamma 0,8. Nilai Variasi terbesar ditunjukkan oleh Model Gamma-0,8 yaitu sebesar 0, 124. Nilai varians yang besar menyebabkan dominansi warna merah pada hasil *overlay* Gamma-0,8 (Gambar 5d). Pada model tersebut, DAS Serang Hulu didominasi dengan nilai indeks tinggi (0,3-0,6). Sedangkan variasi nilai terkecil ditunjukkan oleh model *Product* sebesar 0,010 (Gambar 5a). Pada model ini, semakin banyak input data yang digunakan, maka nilai akan semakin kecil.



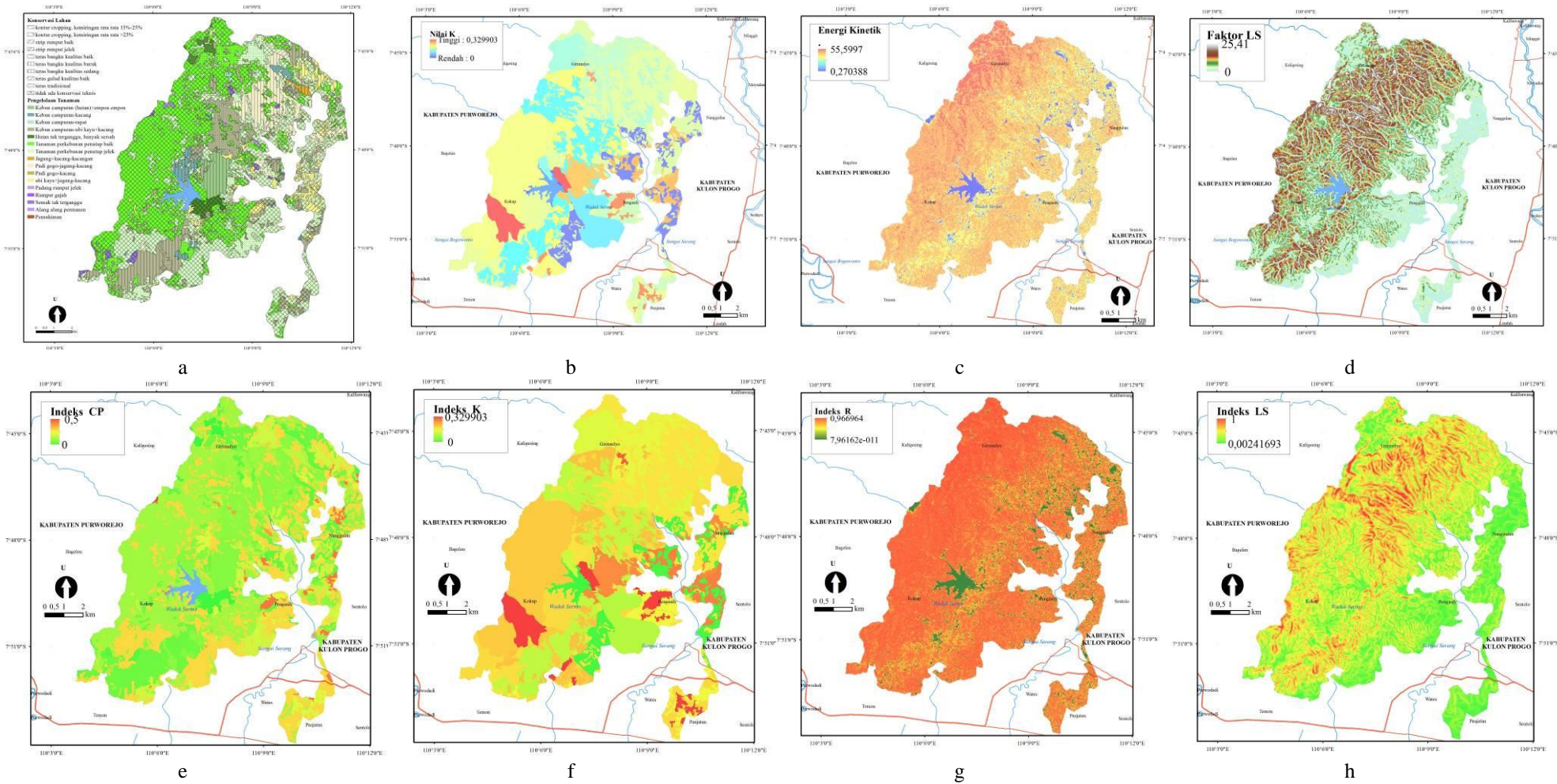
Gambar 5. Statistik Nilai Overlay Fuzzy

4.5. Validasi Model

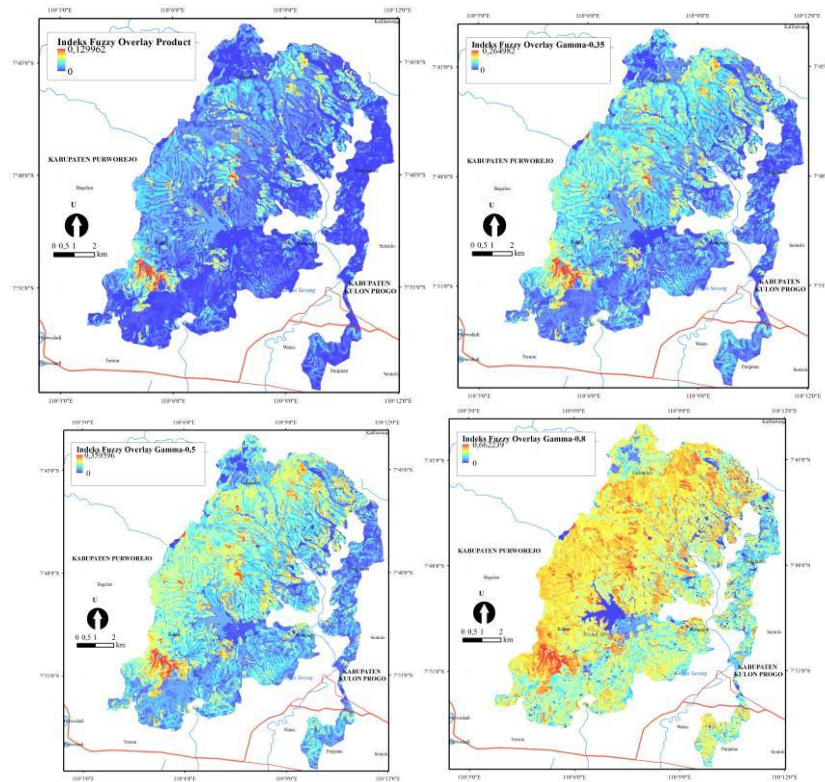
Tabel 4 menunjukkan hasil analisa korelasi *product moment*. Kelima model memiliki korelasi yang signifikan pada 1-tailed ($< 0,05$). Korelasi yang paling signifikan ditunjukkan oleh model Gamma-0,5, dengan nilai signifikansi korelasi paling besar (0,028) dan nilai *Pearson Correlation* tertinggi diantara 4 pemodelan lainnya (0,380). Analisis regresi linier sederhana juga digunakan untuk memodelkan hubungan antara nilai erosi percik dengan pemodelan. Variabel independen berupa laju erosi percik, sedangkan variabel dependen adalah nilai indeks pemodelan. Hasil dari pemodelan ini ditunjukkan pada tabel. Berdasarkan analisis, diketahui bahwa model dengan signifikansi paling besar adalah model Gamma 0,5 dengan koefisien determinasi sebesar 0,144. Koefisien determinasi menyatakan bahwa variabel bebas (laju erosi percik) memiliki pengaruh kontribusi 14,4 % terhadap hasil pemodelan. Sedangkan nilai signifikasni yang semakin mendekati 0,05 menggambarkan bahwa model memenuhi kriteria linieritas.

Tabel 4 . Hasil Korelasi Linier Sederhana Model *Overlay Fuzzy*

Model	r	R ²	Signifikansi model	Koefisien konstan	Signifikansi konstanta	Koefisien b
product	0,350	0,122	0,080	0,005	0,019	6,914*10 ⁻⁶
Gamma-0,35	0,373	0,139	0,06	0,025	0,02	2,647*10 ⁻⁵
Gamma-0,5	0,380	0,144	0,056	0,051	0	4,652*10 ⁻⁵
Gamma-0,8	0,362	0,131	0,069	0,248	0	0

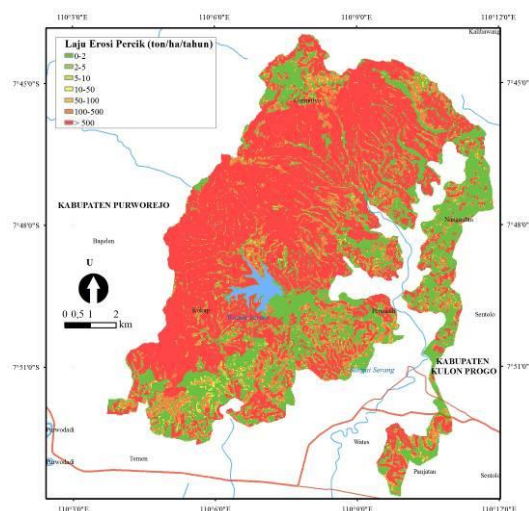


Gambar 3. Peta Parameter Penelitian dan Hasil *Fuzzyfikasi*



Gambar 5. PetaHasil *Overlay Fuzzy*

Nilai konstanta dan koefisien b pada model regresi diterapkan ke dalam peta untuk mendapatkan nilai laju erosi di lapangan. Rumus regresi linier untuk Gamma-0,5 adalah $0,51 + (\text{nilai erosi}) * 4,652 * 10^{-5}$. Hasil penerapan invers rumus tersebut akan menunjukkan nilai laju erosi percik. Gambar 6 menunjukkan peta sebaran erosi percik di DAS Serang Hulu. Klasifikasi Erosi didasarkan pada Morgan (2005) yang membagi laju erosi menjadi 7 kelas. Hasil menunjukkan bahwa daerah kajian didominasi oleh laju erosi kelas ke 7, yaitu tererosi sangat berat. Daerah dengan laju erosi percik yang besar terutama berada di daerah dengan kepadatan vegetasi yang rapat dengan pohon yang tinggi. Selain itu, erosi percik yang besar juga berada di lahan kebun campuran tanpa penutup tanah yang baik.



Gambar 6. PetaHasil *Overlay Fuzzy*

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Pemodelan erosi berbasis Logika Fuzzy memiliki hasil yang berkorelasi secara signifikan dengan laju erosi percik di lapangan. Pemodelan paling baik ditunjukkan oleh model Gamma-0,5 karena memiliki nilai

signifikansi yang paling besar (mendekati 0,05). Secara matematis, nilai erosi dimodelkan dalam bentuk perkalian antara faktor LS, R, K, dan CP baik itu dalam model RUSLE, USLE, maupun modifikasinya. Namun, nilai korelasi dari pemodelan product (perkalian antar parameter) justru memiliki korelasi yang paling rendah diantara 4 pemodelan *fuzzy*. Hasil pemetaan menunjukkan bahwa daerah kajian didominasi oleh tingkat erosi percik yang sangat tinggi. Tidak adanya penutup tanah ditambah dengan kelerengan yang curam menyebabkan laju erosi percik menjadi besar. Kelemahan model *fuzzy* adalah dari segi validasi data, karena perbedaan aturan yang diterapkan akan memberikan hasil yang berbeda. Model yang dibuat masih perlu diuji coba keakuratannya dalam memodelkan erosi di Daerah Aliran Sungai lainnya. Parameter pemodelan juga dapat ditambah sehingga dapat menggambarkan proses erosi dengan lebih baik.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih diberikan kepada Beasiswa Unggulan Fastract Tahun 2012, Lembaga Penerbangan Antariksa Nasional (LAPAN), Program Manajemen Pengelolaan Pesisir dan Daerah Aliran Sungai. Serta Tim penelitian DAS Serang : Nursida Arif, S.T., M., Sc, Iwuk Sri Lestari, M.Sc; Lesan P, S.Si, Bagus P, dan Natassa S

DAFTAR PUSTAKA

- Asdak, C. (2002). *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Gadjah Mada University Press Yogyakarta
- Bakimchandra, O. (2011). *Integrated Fuzzy-GIS Approach for Assessing Regional Soil Erosion Risks*. Phd thesis. Universitas Stuttgart, Jerman
- Danoedoro, P. (2012). *Pengantar Penginderaan Jauh Digital*. Penerbit Andi, Yogyakarta
- Departemen Kehutanan. (1998). Surat Keputusan Direktur Jenderal Reboisasi dan Rehabilitasi Lahan NO 04/Kpts/V/1998. Pedoman Penyusunan Rencana Teknik Lapangan Rehabilitasi Lahan dan Konservasi Tanah di Daerah Aliran Sungai.
- Keputusan Menteri Kehutanan Republik Indonesia Nomor: Sk. 328/Menhut-II/2009 Tentang Penetapan Daerah Aliran Sungai (Das) Prioritas Dalam Rangka Rencana Pembangunan Jangka Menengah (RPJM) Tahun 2010-2014.
- Kusumadewi, S dan Sri H. (2010). *Neuro-Fuzzy Integrasi Sistem Fuzzy dan Jaringan Syaraf Tiruan*. Graha Ilmu, Yogyakarta
- Peraturan Direktur Jendral Bina Pengelolaan Daerah Aliran Sungai dan Perhutanan Sosial. Nomor P-4/V-SET/2013. Tentang Petunjuk Teknis Penyusunan Data Spasial Lahan Kritis.
- Peraturan Direktur Jenderal Bina Pengelolaan Daerah Aliran Sungai Dan Perhutanan Sosial Nomor : P. 3/V-Set/2013 Tentang Pedoman Identifikasi Karakteristik Daerah Aliran Sungai
- Malczewski, J. (2004). GIS-Based Land-Use Suitability Analysis: A Critical Overview. *Progress in Planning* 62, (3)64
- Morgan, CP. (2005). *Soil Erosion and Conservation Third Edition*. National Soil Resources Institute, Cranfield University : Blackwell Publishing
- Morgan & Duzant (2007). Modified MMF (Morgan-Morgan-Finney) /Model for Evaluating Effects of Crops and Vegetation Cover on Soil Erosion. *Earth Surface Processes and Landform. Published Online in Wiley InterScience* (www.interscience.wiley.com)
- Nobre et al., (2007). Groundwater Vulnerability and Risk Mapping Using GIS Modelling and a Fuzzy Logic Tool. *Journal of Contaminant Hydrology* (94), 277-292
- Renard et al., (1997). *Predicting Soil Erosion by Water: A Guide to Conservation Planning With the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE)*. Agriculture Handbook No 703. 404 pp. United States Department of Agriculture, America
- Stocking, M dan Niamh M. (2000). *Land Degradation- Guidelines For Field Assessment*. Norwich
- Sutanto. (1986). *Penginderaan Jauh (Jilid 1)*. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta
- Taghestani, M.H. (2009). A Comparative Study of Dempster-Shafer and Fuzzy Models For Landslide Susceptibility Mapping Using a GIS : An Experience From Zagros Mountains, SW Iran. *Journal of Asian Earth Science*, (35), 66-73
- Utama. (1994). *Erosi dan Konservasi Tanah*. Penerbit IKIP, Malang.
- Van Dijk et al (2002). Review Rainfall Intensity-kinetic Energy Relationship: a Critical Literature Appraisal. *Journal of Hydrology* (261), 1-23
- Zadeh, L.A. (1965). Fuzzy Set. *Information and Control* .(8). 338--353
- Zhang, H. Et al., (2013). Extension of GIS Procedure for Calculating the RUSLE Equation LS Factor. *Computers and Geoscience*. (52). 177-188
- Zhu, A-X et al., (2014). An Expert Knowledge Based Approach to Landslide susceptibility Mapping Using GIS and Fuzzy Logic. *Geomorphology*. (214), 128-13

PEMODELAN SPASIAL UNTUK ANALISIS WILAYAH POTENSI LONGSOR DENGAN MENGGUNAKAN METODE SINMAP (*STABILITY INDEX MAPPING*) DI KABUPATEN BANDUNG

Andri Noor Ardiansyah¹

¹Jurusan Pendidikan IPS/Geografi FITK UIN Syarif Hidayatullah, Jakarta
Email: andri.noor@uinjkt.ac.id

ABSTRAK

Terjadinya tanah longsor di Kabupaten Bandung telah menimbulkan resiko kerugian yang tidak sedikit, sehingga penelusuran tentang kejadian tanah longsor dapat digunakan untuk tujuan mitigasi bencana. Pendugaan potensi longsor dapat digunakan dengan menggunakan metode SINMAP (*Stability Index Mapping*) yang selanjutnya dikaitkan dengan lokasi kejadian longsor dari hasil survey lapangan. Metode keakuratan dilakukan dengan overlay titik kejadian longsor dengan potensi longsor metode SINMAP (*Stability Index Mapping*). SINMAP (*Stability Index Mapping*) merupakan ekstensi program Arc View dalam Sistem Informasi Geografis ini didasarkan pada kombinasi dari model topografi hidrologi yang digunakan untuk menghitung tekanan pori-pori air, dengan mengasumsikan bahwa kedalaman titik jenuh tanah adalah cukup untuk menopang penampang aliran menyamping/lateral yang sebanding ke area tangkapan spesifik (area kenaikan lereng per unit satuan panjang kontur). Prediksi ini kemudian akan dipakai selanjutnya untuk memperkirakan stabilitas lereng. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dari 33 kejadian titik longsor terdapat 20 kejadian longsor yang berada di atas wilayah potensi longsor metode SINMAP. Dengan rincian 9 kejadian yang menimpa lahan permukiman dan sisanya 11 kejadian yang menimpa lahan pertanian. Titik terbanyak dari hasil survey lapangan terdapat di Kecamatan Pangalengan dengan jumlah titik longsor sebanyak 4 kejadian yang tersebar di Desa Sukamah dengan dua titik kejadian, disusul dengan Desa Margamulya dan Desa Sukaluyu. Selain di Kecamatan Pangalengan jumlah titik longsor terbanyak juga ditemukan di Kecamatan Arjasari dengan jumlah titik longsor sama dengan Pangalengan, yakni empat juga yang tersebar di desa Rancakole, Patrolsari, Pinggirsari, dan Wargaluyu.

KATA KUNCI: Tanah Longsor, Metode SINMAP, Kabupaten Bandung

1. PENDAHULUAN

Longsor didefinisikan sebagai pergerakan massabatuan, puing-puing, ataubumiyang menurunlereng (Cruden, 1991). Tanah longsor adalah jenis gerakan tanah dan batuan di bawah pengaruh langsung gravitasi. Lebih lanjut *United States Geological Survey*, (USGS) menerangkan bahwa meskipun gaya gravitasi yang bekerja pada lereng adalah hal utama terjadinya longsor, namun terdapat faktor-faktor lain yang mempengaruhinya, seperti : erosi oleh sungai, gletser, atau gelombang laut membuat lereng tidak stabil, batu dan tanah lereng melemah melalui saturasi dengan pencairan salju atau hujan lebat, gempa bumi dengan skala besar memicu tanah longsor, letusan gunung berapi, kelebihan massa dari akumulasi hujan atau salju, penimbunan batuan, tumpukan sampah, atau dari buatan manusia yang memungkinkan gaya penahan lereng menjadi lemah.

Longsor terjadi karena adanya gangguan keseimbangan gaya yang bekerja pada lereng yaitu gaya penahan (*shear strength*) dan gaya peluncur (*shear stress*) (Sutikno, 2000). Gaya penahan masa tanah pada lereng dipengaruhi oleh kandungan air, berat masa tanah itu sendiri dan berat bangunan. Ketidakseimbangan gaya yang bekerja pada lereng menyebabkan lereng menjadi tidak stabil. Ketidakstabilan tersebut menyebabkan masa tanah atau batuan bergerak turun.

Provinsi Jawa Barat merupakan wilayah paling rawan longsor. Surono, Pusat Vulkanologi, dan Mitigasi Bencana Geologi (Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi, 2010) menyebutkan bahwa lebih dari 70% dari total kejadian longsor di Indonesia. Kerentanan pergerakan tanah di Jawa Barat, tampaknya lebih cenderung selain dipengaruhi oleh kondisi geologi yang tidak stabil juga dikarenakan intensitas hujan yang cukup tinggi. Berdasarkan data dari 26 Kabupaten di Jawa Barat, sebanyak 21 Kabupaten di antaranya berpotensi besar terjadi longsor, terutama Kabupaten. Bandung, Garut, Tasikmalaya, Majalengka, Sukabumi, Bogor, dan Cianjur yang berada pada dataran menengah dan tinggi (Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi, 2010)

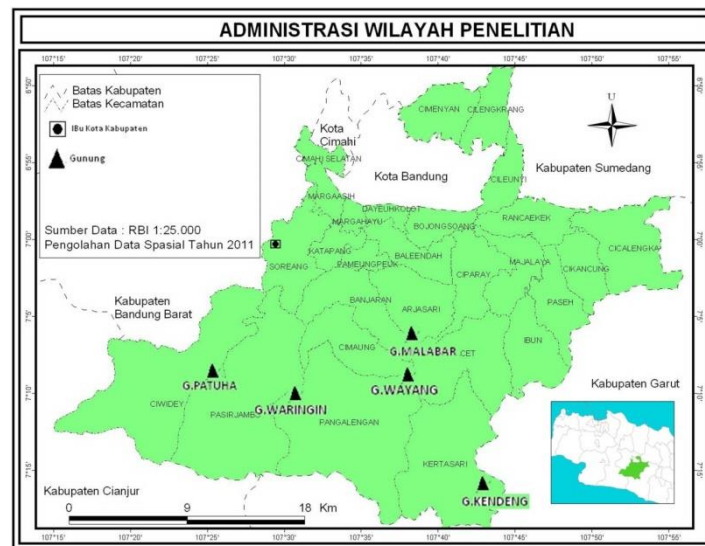
Berdasarkan laporan Tim Mitigasi Bencana Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi bahwa daerah Kabupaten Bandung berupa perbukitan bergelombang, agak terjal hingga terjal. Lokasi kejadian tanah longsor berada di kisaran ketinggian 1.500 dan 1.700 m dpl dan pada daerah dengan kemiringan lereng sangat curam (lebih dari 40%). Selain potensi fisik ketinggian dan kelerengan, daerah rawan longsor tersut juga dicirikan oleh lapisan tanah di yang relatif tebal yang terbentuk dari pelapukan batuan yang mengandung pasir yang rapuh (Nugroho, 2010).

Badan Geologi, Pusat Vulkanologi, dan Mitigasi Bencana Geologi menyebutkan bahwa potensi gerakan tanah terjadi di Jawa Barat termasuk ke dalam kategori tingkat menengah sampai dengan tinggi yang dipengaruhi oleh curah hujan tinggi (Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi, 2008). Kejadian tanah longsor meliputi daerah-daerah yang berbatasan dengan lembah sungai, gawir, dan tebing jalan. Curah hujan yang besar selain menimbulkan beban bagi batuan yang kondisinya sudah rapuh, juga merembesnya aliran air pada dasar lapisan tanah dengan batuan dasar cadas. Aliran air di permukaan tanah, akan mempercepat proses kejenuhan dan menurunkan kestabilan tanah sehingga terjadi pergerakan tanah (longsor).

Terjadinya bencana longsor yang melanda di Kabupaten Bandung tentunya menimbulkan berbagai macam bentuk resiko (*risk*) bencana yang tidak sedikit. Mencermati uraian peristiwa tanah longsor di Kabupaten Bandung yang melanda pemukiman dan daerah pertanian penduduk, tentunya menimbulkan berbagai macam kerugian. Selain korban jiwa, juga kerusakan sarana dan prasarana umum. Untuk itu penelusuran secara ilmiah tentang kejadian tanah longsor cukup strategis untuk ditelaah melalui metode SINMAP (*Stability Index Mapping*). Adapun dasar pertimbangan penelitian ini antara lain mencakup hal-hal sebagai berikut, :metode SINMAP pada dasarnya ialah kemampuannya memberikan gambaran potensi longsor suatu wilayah dengan menggabungkan unsur-unsur hidrologi, geologi, geomorfologi dan prinsip-prinsip fisika secara mendalam (Pack, 1998). Pendekatan SINMAP pada dasarnya merupakan bentuk pendugaan (prakiraan) terhadap wilayah potensi longsor, dengan menggunakan data ketinggian, nilai kohesi (C), sudut gesek (*angel friction*)(Φ), sehingga dapat memperkirakan data stabilitas lereng (e.g. Hammond et al, 1992) dan (Montgomery and Dietrich, 1994).

2. DAERAH KAJIAN

Daerah penelitian ini mencakup *Kabupaten Bandung* (*Gambar1*) adalah sebuah kabupaten di Provinsi Jawa Barat, Indonesia yang berIbukota di *Soreang*. Secara anstronomis letak Kabupaten Bandung berada pada 6°50' – 7°19' Lintang Selatan dan diantara 107°15' – 107°55' Bujur Timur dengan luas wilayah 177.410,65 ha. Kabupaten Bandung terdiri atas 31 Kecamatan, 266 Desa dan 9 Kelurahan



Gambar.1 Peta Administrasi Penelitian

2. DATA DAN METODE

2.1 Pengumpulan Data

Pada tahap ini seluruh data yang dibutuhkan selama proses pengolahan dan analisis untuk mengetahui wilayah potensi longsor, wilayah kerentanan longsor dan wilayah resiko bencana longsor di Kabupaten Bandung. Adapun data yang dibutuhkan dalam penelitian ini adalah :

- Peta Rupa Bumi skala 1 :25000 bersumber dari Bakosurtanal lembar 1208-543 Gunung halu, 1208-544 Pasirjambu, 1208-633 Soreang, 1205-541 Rancabali, 1205-542 Barutunggul, dan 1208-631 Pangalengan untuk mengetahui garis ketinggian (garis kontur).
- Peta Geologi skala 1 :100.000 bersumber dari Direktorat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi untuk mengetahui jenis formasi batuan daerah penelitian
- Peta Tanah skala 1: 250.000 diperoleh dari Puslitnak Bogor untuk mengetahui jenis tanah di daerah penelitian. Peta ini mencakup seluruh Kabupaten Bandung
- Peta Penggunaan Tanah skala 1:50.000 diperoleh dari Badan Pertanahan Nasional (BPN) tahun 2009
- Jurnal penelitian dan informasi lainnya, sebagai data penunjang penelitian bencana tanah longsor.
- Survey lapangan, melakukan pengecekan lapangan di lokasi yang pernah terjadi longsor dari data yang diperoleh sebelumnya dan memasukkannya ke dalam titik koordinat dengan menggunakan *Global Position System* (GPS), kemudian diadakan untuk mengidentifikasi parameter fisik, seperti : ketinggian, kemiringan lereng, morfologi wilayah, dan jenis penggunaan lahannya.

2.2 Pengolahan Data

Pada proses pengolahan data ini bertujuan untuk memadukan data-data yang telah dikumpulkan sebelumnya agar dapat digunakan dalam metode SINMAP serta memberikan hasil peta yang menunjukkan wilayah potensi longsor. Adapun tahapan-tahapan dalam proses pengolahan data ini sebagai berikut

- Mengolah data ketinggian , yakni mengekstraksi data kontur yang berasal dari peta rupa bumi skala 1: 25000 berupa SHP menjadi peta kontur dalam format vektor
- Mengkonversi peta kontur ke dalam ke dalam bentuk grid, sehingga dihasilkan peta kontur (grid). Tahapan ini dikerjakan menggunakan *software* yang sama dengan tahapan 1 dengan menambahkan ekstension grid analys. Pada saat mengkonversi peta kontur daerah penelitian dibuat border yang luasnya lebih besar dari daerah penelitian. Hal ini bertujuan mengurangi tingkat kesalahan atau penyimpangan yang mungkin terjadi saat membangun data grid.
- Menjalankan fungsi ekstensi SINMAP. Pada tahapan ini *software* akan meminta peta grid yang telah dibuat sebelumnya dan parameter-parameter lainnya, yakni nilai kohesi, *angel friction* , dan transimtas air berdasarkan pada masing-masing jenis tanah di daerah penelitian. Nilai masing-masing parameter untuk setiap jenis tanah di daerah penelitian tertera pada Tabel dibawah ini

Tabel 1. Nilai Parameter Mekanika Tanah di Daerah Penelitian

NO	Jenis tanah	Kohesi (C)		Friction angle		Transmitas (T/R) m	
		Lower bound	Upper bound	Lower bound	Upper bound	Lower bound	Upper bound
1	Desytrudept	0,1	0,75	29	32	1368	11400
2	Hapludox	0,1	1,0	18	21	1215	10125
3	Hapludands	0,15	0,5	32	35	2388	199900
4	Endoquept	0	0	0	0	4540	37833
5	Hapludults	0,1	0,75	29	32	2052	17100

Sumber : Driscoll (1979) dan Hasil Pengamatan 2011

Sementara parameter lainnya '*set default*' dengan nilai gravitasi bumi (g)= $9,81\text{m/s}^2$, kepadatan tanah (ρ_s)= 2000kg/m^3 dan kepadatan air (ρ_w)= 1000kg/m^3 . Selanjutnya dari hasil menjalankan fungsi SINMAP menghasilkan lima model out peta :

Pit-filled DEM

Pada tahap awal SINMAP akan menampilkan theme dengan judul Pit-filled DEM dengan format GRID. Nilai yang ada pada theme ini merupakan nilai yang digeneralisasikan dalam bentuk grid yang menunjukkan ketinggian wilayah penelitian

Calibration Region

Pada langkah ini SINMAP mengolah data Pit-filled DEM hasil langkah 1 dengan mengeleminir wilayah yang tidak memiliki nilai atau "no data"

Contributing Area

Pada langkah ini SINMAP mengolah pembuatan model hidrologi. Nilai yang terdapat dalam theme contributing area bervariasi antara 1-10, setiap grid memiliki satu nilai. Nilai ini merupakan klasifikasi dari nilai ketinggian tersebut.

Flow direction

Pada langkah ini SINMAP menganalisis arah aliran air yang mengalir di wilayah penelitian. Analisis didasarkan pada data ketinggian yang terdapat pada theme pit-filled DEM dan menggabungkannya dengan nilai grid yang terdapat pada contributing area

Saturation Zone

Pada langkah ini SINMAP menganalisis zona jenuh air di wilayah penelitian. Berdasarkan nilai grid yang terdapat dalam theme flow direction, SINMAP menganalisis potensi kejenuhan air pada wilayah penelitian.

Stability Index

Langkah terakhir pada SINMAP ini adalah menganalisis wilayah potensi longsor. Pada pemodelan SINMAP wilayah ini dibagi menjadi 6 kelas. Masing-masing kelas memiliki nilai yang disebut "*Stability Index*" atau *Faktor of Safety*"

- (d) Menampalkan wilayah potensial longsor dari hasil fungsi SINMAP dengan kejadian longsor baik yang menimpa lahan permukiman dan non permukiman sehingga dihasilkan wilayah rawan longsor. Adapun wilayah rawan longsor yang dimaksud mempunyai dua pengertian, pertama: wilayah permukiman atau non permukiman yang memang terdapat di wilayah pemodelan potensi longsor hasil SINMAP, kedua wilayah permukiman dan non non permukiman yang secara pemodelan SINMAP aman longsor, tetapi terkena reruntuhan material longsor dari atasnya.

2.3 Analisis Data

Analisis deskriptif pada peta hasil metode SINMAP untuk menerangkan pemodelan tingkat potensi longsor di Kabupaten Bandung

- (a) Melakukan analisis zona jenuh air wilayah penelitian. Dalam proses SINMAP wilayah ini dinamakan "*Saturation Zone*", atau wilayah kelembaban tanah. Hasil analisis ini dibagi ke dalam empat kelas yaitu mulai dari yang paling tidak jenuh adalah "*low moisture*" atau kelembaban rendah, "*partially wet*" atau kelembaban sedang, "*threshold saturation*" atau kelembaban tinggi dan terakhir "*saturation zone*" atau zona kelembaban. Parameter dari hasil analisa ini ialah mengacu kepada "*threshold saturation*" atau kelembaban tinggi. Hal ini karena pada zona tersebut meskipun merupakan wilayah basah namun masih ada pergerakan air yang mempengaruhi kekuatan kohesi dan kekompakan tanah serta menambah beban yang ditanggung tanah sehingga lebih memungkinkan terjadinya longsor. Semakin banyak luasan area dari zona "*threshold saturation*" yang dihasilkan pemodelan SINMAP maka semakin banyak pula peluang luasan area yang berpotensi longsor
- (b). Melakukan analisa pada hasil data olahan SINMAP untuk mengetahui distribusi wilayah potensi longsor. Untuk itu perlu dibuat klasifikasi sebagai berikut :

Tabel 2. Klasifikasi Hasil Metode SINMAP untuk Pemodelan Wilayah Potensi Longsor

NO	Indeks stabilitas	Kondisi	Diskripsi
1	$SI > 1.5$	Stabil	Parameter indeks yang digunakan tidak mendukung wilayah untuk terjadi longsor
2	$1.5 > SI > 1.25$	stabil menengah	
4	$1.25 > SI > 1$	Stabil rendah	
5	$1 > SI > 0$	Potensi longsor rendah	Parameter indeks yang digunakan mendukung wilayah untuk terjadi longsor atau berpotensi longsor
6	$0.5 > SI > 0$	Potensi Longsor sedang	
7	$SI < 0$	Potensi Longsor tinggi	

Sumber : *Stability Index Approach to Terrain Stability Hazard Mapping, SINMAP User's Manual. Utah State University*

Klasifikasi yang diperoleh dari proses SINMAP disederhanakan menjadi dua klasifikasi untuk memudahkan proses analisis. Dengan demikian diketahui wilayah potensi longsor dan wilayah stabil.

- (b) Untuk menguji keakuratan metode SINMAP ini maka dilakukan overlay dengan titik-titik kejadian longsor yang telah terjadi sebelumnya. Hasil ini menunjukkan apakah klasifikasi wilayah potensi longsor dari hasil pemodelan SINMAP erat kaitannya dengan titik-titik kejadian longsor. Apabila

diadaptasikan jumlah titik-titik kejadian longsor terdapat pada wilayah potensi longsor hasil pengolahan SINMAP, maka pemodelan ini sangat bagus digunakan.

2.4 Metode

Penelitian menggunakan pendekatan diskriptif analitik, dengan menggunakan metode SINMAP yang memanfaatkan software Arcview 3.3 ekstensi SINMAP. Kaitannya dalam penelitian ini, maka penulis mencoba mendiskripsikan tentang penggunaan SINMAP untuk analisa potensi longsor serta hubungannya dengan tingkat resiko bencana longsor di Kabupaten Bandung

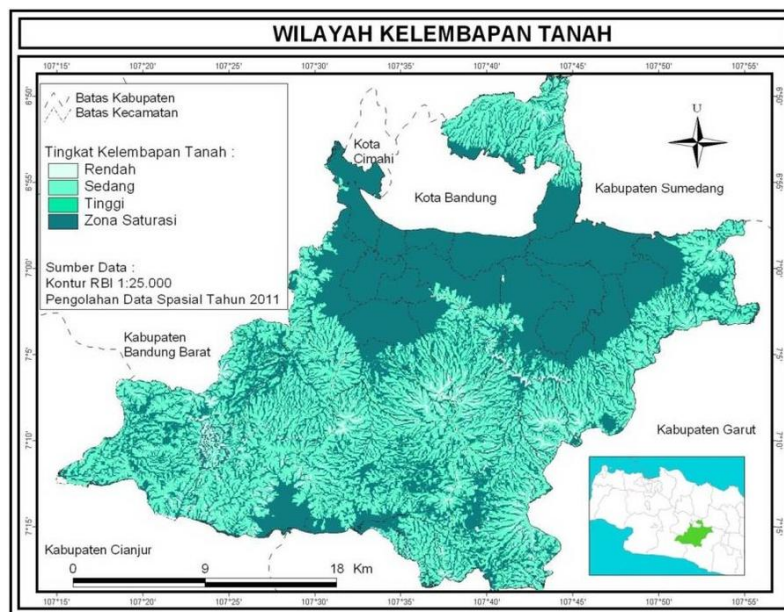
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pemodelan Spasial Wilayah Potensi Longsor Menurut Metode SINMAP di Kabupaten Bandung

Proses identifikasi wilayah potensial longsor di Kabupaten Bandung menggunakan metode SINMAP melalui beberapa langkah, pada setiap langkah dihasilkan peta yang menunjukkan bahwa proses SINMAP berjalan dengan baik. Untuk mengetahui potensi longsor di wilayah penelitian maka akan digambarkan terlebih dahulu hasil pemodelan untuk menganalisis zona jenuh air wilayah penelitian. Dalam proses SINMAP wilayah ini dinamakan "*Saturation Zone*". atau wilayah kelembaban tanah. Berdasarkan nilai grid yang terdapat dalam *theme flow direction*, SINMAP menganalisis potensi kejenuhan air pada wilayah penelitian.

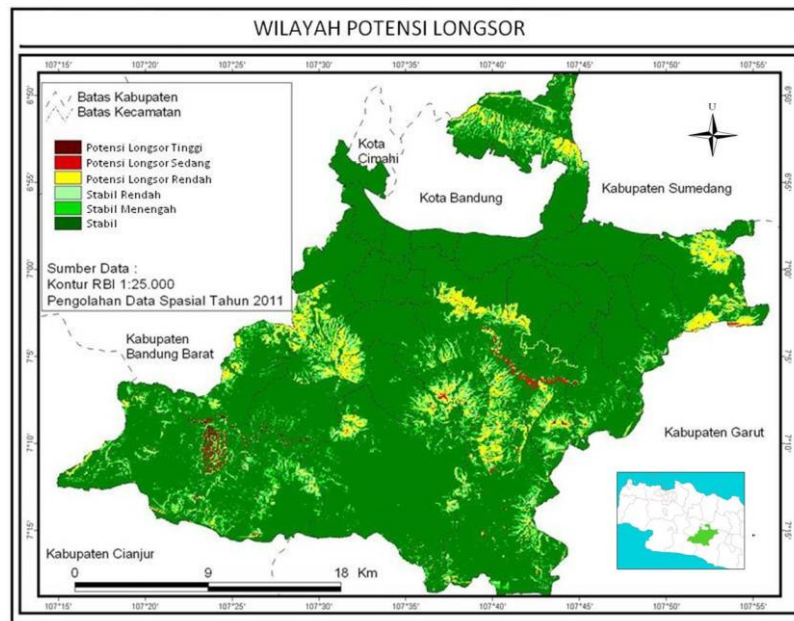
Hasil analisis ini terbagi ke dalam empat kelas yaitu mulai dari yang paling tidak jenuh adalah "*low moisture*" atau kelembaban rendah, "*partially wet*" atau kelembaban sedang, "*threshold saturation*" atau kelembaban tinggi dan terakhir "*saturation zone*" atau zona kelembaban. Pada penelitian ini, wilayah potensi longsor paling banyak terdapat pada kelas "*threshold saturation*" atau kelembaban tinggi. Hal ini dikarenakan pada kelas ini meskipun merupakan wilayah basah namun masih ada pergerakan air yang mempengaruhi kekuatan kohesi dan kekompakan tanah serta menambah beban yang ditanggung tanah sehingga lebih memungkinkan terjadinya longsor.

Secara umum wilayah "*threshold saturation*" atau kelembaban tinggi yang merupakan wilayah yang memungkinkan longsor mempunyai luas 5.715,30 Ha atau sekitar 3,22% dari luas wilayah penelitian, sehingga dapat dikatakan pula bahwa sekitar 3,22% merupakan wilayah yang memungkinkan terjadinya longsor dengan alasan yang telah disebutkan diatas. Untuk lebih jelasnya dibawah ini disajikan peta dan tabel luasan tingkat kelembaban tanah di wilayah penelitian



Gambar 2. Peta Wilayah Kelembapan Tanah Daerah Penelitian

Setelah wilayah kelembaban diketahui maka langkah selanjutnya adalah menganalisis wilayah potensi longsor. Pada pemodelan SINMAP wilayah ini dibagi menjadi 6 kelas. masing-masing kelas memiliki nilai yang disebut "*Stability Indeks*". Nilai ini menentukan apakah wilayah tersebut termasuk dalam wilayah potensi longsor atau bukan

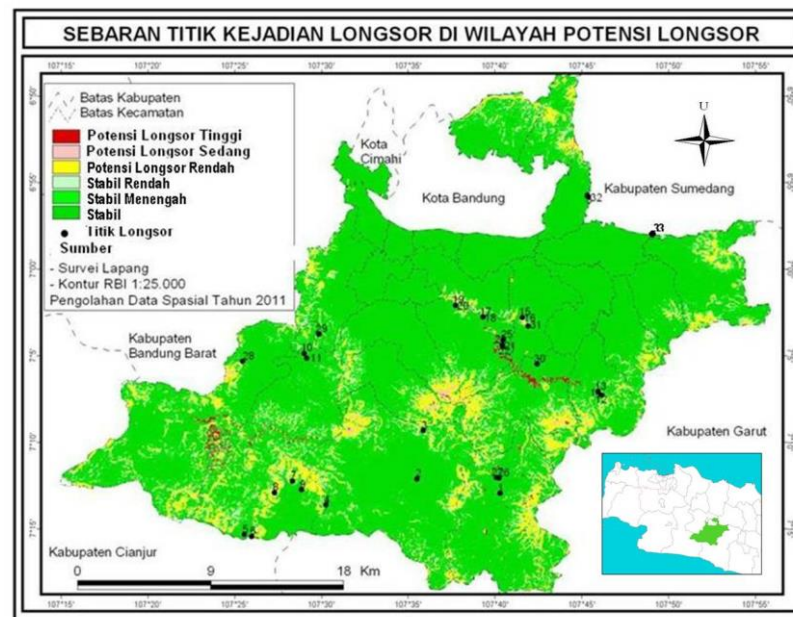


Gambar 3. Peta Wilayah Potensi Longsor Pengolahan SINMAP

Berdasarkan hasil pengolahan SINMAP yang disajikan pada peta diatas dapat disebutkan bahwa secara keseluruhan Kabupaten Bandung yang luasnya 177.410,65 Ha didominasi oleh wilayah stabil atau aman dari bahaya seluas 135.390,88 Ha atau 76.47% dari luas total wilayah Kabupaten Bandung. Wilayah stabil ini secara topografi memiliki kemiringan lereng yang bervariasi dimulai dari 0-3%, dan 3-8%. Wilayah stabil ini juga didominasi oleh permukiman. Selanjutnya 7.10% atau 12.291,17 Ha adalah wilayah cukup aman artinya pada wilayah tersebut kemungkinan longsor masih ada walaupun kecil. Wilayah stabil ini juga didominasi oleh permukiman dengan kemiringan lereng 3-8% dan 8-15%. Sedangkan 13.382,61 Ha atau 7.42% wilayah berpotensi longsor rendah, artinya wilayah ini beresiko terjadi longsor, wilayah ini adalah bentuk peralihan dari daerah longsor menuju aman, artinya jika diatasnya longsor maka daerah ini ikut terkena dampaknya. Luasan sisanya berturut-turut sekitar 12.704,63 Ha atau 0.70%, dan 798,35 Ha atau 0.45% merupakan wilayah yang berpotensi longsor sedang dan tinggi dibandingkan sebelumnya. Wilayah berpotensi longsor ini memiliki kemiringan lereng 15-30%, 30-45%, 45-65% dan >65% dan didominasi oleh lahan perkebunan dan persawahan.

3.2 Akurasi Pemodelan Spasial Wilayah Potensi Longsor Menurut Metode SINMAP Dengan Kejadian Longsor di Kabupaten Bandung

Akurasi pemodelan spasial wilayah potensi longsor dalam hal ini merupakan hasil penampalan/overlay dari metode SINMAP dengan titik kejadian longsor di Kabupaten Bandung. Hasil metode SINMAP ditampilkan dengan data kejadian longsor di Kabupaten Bandung yang bersumber dari Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi (1980-2011), Dinas Pertambangan dan Energi Kabupaten Bandung, Badan Penanggulangan Bencana Daerah JABAR (1999-2011) dan data survey lapangan dapat dilihat dari peta dibawah ini :



Gambar 4. Peta Sebaran Titik Kejadian Longsor di Wilayah Potensi Longsor Pengolahan SINMAP

Dari hasil penampalan menunjukan bahwa dari 33 titik longsor telah terjadi 20 titik longsor diatas wilayah potensi longsor menurut metode SINMAP atau sekitar 60,61%% dari total titik longsor wilayah penelitian. Sisanya 39.39% merupakan kejadian longsor pada wilayah stabil dan cukup stabil hasil metode SINMAP.

Titik-titik kejadian longsor sekitar 60,61% di wilayah potensi longsor di Kabupaten Bandung umumnya terletak pada kemiringan lereng yang cukup bervariasi yakni dimulai dari 8-15%, 15-30%, 30-45%, 45-65%, dan 65%>. Lereng adalah salah satu variabel yang menentukan terjadinya tanah longsor. Hal ini dikarenakan yang menentukan besarnya gaya gravitasi terhadap material penyusun lereng. Apabila kemiringannya semakin besar maka kesetabilannya akan semakin berkurang sehingga kemungkinan terjadinya tanah longsor semakin besar.

Dari peta kemiringan lereng terlihat bahwa wilayah Kabupaten Bandung memiliki kemiringan lereng yang bervariasi dari kemiringan 0-3% 3-8%, 8-15%, 15-30%, 30-45%, 45-65% dan 65%> atau secara kualitatif dapat disebutkan memiliki morfologi wilayah yang berbukit, agak curam, curam dan sangat curam. Menurut Direktorat Geologi dan Tata Lingkungan (2005) tanah longsor umumnya terjadi pada lereng yang tidak datar yaitu dimulai dari kemiringan lebih besar dari 15%. Untuk lebih lengkapnya dibawah ini disajikan pada Tabel 2 titik lokasi longsor bersamaan dengan hasil pengolahan SINMAP dan kemiringan lereng.

Tabel 2. Titik lokasi longsor bersamaan dengan hasil pengolahan SINMAP dan kemiringan lereng

No Lokasi Longsor	Bujur	Lintang	Kecamatan	Kemiringan lereng (%)	Penggunaan Lahan	Kesetabilan Tanah
1	107.67225	-7.21608	Pangalengan	0-3%	Permukiman	Stabil
2	107.59269	-7.20214	Pangalengan	3-8%	Permukiman	Stabil
3	107.59870	-7.15575	Pangalengan	30-45%	Permukiman	Potensi longsor rendah
4	107.50527	-7.22725	Pangalengan	3-8%	Perkebunan	stabil
5	107.42706	-7.25581	Ciwidey	8-15% 5	Permukiman	Potensi longsor rendah
6	107.43392	-7.25753	Ciwidey	15-30%	Perkebunan	Potensi longsor rendah
7	107.47323	-7.20418	Pasirjambu	15-30%	Perkebunan	Potensi longsor sedang
8	107.45590	-7.21534	Pasirjambu	30-45%	Perkebunan	Potensi longsor sedang
9	107.48192	-7.21253	Pasirjambu	15-30%	Perkebunan	Potensi longsor sedang
10	107.48425	-7.08106	Pasirjambu	0-3%	Perkebunan	Stabil
11	107.48706	-7.08575	Pasirjambu	3-8%	Permukiman	Stabil menengah
12	107.76991	-7.12127	Ibun	0-3%	Persawahan	Stabil
13	107.76655	-7.11803	Ibun	8-15%	Permukiman	Potensi longsor rendah
14	107.76655	-7.11803	Ibun	8-15%	Perkebunan	Potensi longsor rendah
15	107.69376	-7.04663	Ibun	30-45%	Persawahan	Potensi Longsor sedang
16	107.69376	-7.04663	Ibun	30-45%	Permukiman	Potensi longsor sedang
17	107.65611	-7.04631	Arjasari	0-3%	Stabil	
18	107.65611	-7.04631	Arjasari	0-3%	Persawahan	Stabil
19	107.62958	-7.03477	Arjasari	15-30%	Permukiman	Potensi longsor rendah
20	107.62958	-7.03477	Arjasari	15-30%	Persawahan	Potensi longsor rendah
21	107.67503	-7.07447	Arjasari	46-65%	Persawahan	Potensi Longsor Tinggi
22	107.67503	-7.07447	Arjasari	45-65%	Perkebunan	Potensi Longsor Tinggi
23	107.67461	-7.07306	Arjasari	46-65%	Permukiman	Potensi Longsor Tinggi
24	107.67461	-7.07306	Arjasari	46-65%	Persawahan	Potensi Longsor Tinggi
25	107.67542	-7.06806	Arjasari	30-45%	Persawahan	Potensi Longsor Tinggi
26	107.67161	-7.20126	Kertasari	0-3%	Perkebunan	Stabil
27	107.66881	-7.20101	Kertasari	3-8%	Permukiman	Stabil menengah
28	107.42535	-7.08892	Soreang	8-15%	Permukiman	Potensi longsor sedang
29	107.49859	-7.06286	Soreang	8-15%	Permukiman	Potensi longsor sedang
30	107.70811	-7.09150	Ciparay	3-8%	Persawahan	Stabil
31	107.69957	-7.05460	Ciparay	65>%	Permukiman	Potensi longsor sedang
32	107.75767	-6.93100	Cileunyi	0-3%	Permukiman	Stabil
33	107.75658	6.92886-	Cicalengka	0-3%	Permukiman	Stabil

4. KESIMPULAN

Dari hasil pemodelan spasial wilayah potensi longsor menggunakan metode SINMAP (*Stabilitas Index Mapping*) di wilayah Kabupaten Bandung terdapat 7.10% dari luas wilayah Kabupaten Bandung adalah wilayah cukup aman artinya pada wilayah tersebut kemungkinan longsor masih ada walaupun kecil. Wilayah stabil ini juga didominasi oleh permukiman dengan kemiringan lereng 3-8% dan 8-15%. Sedangkan 7.42% wilayah berpotensi longsor rendah, artinya wilayah ini beresiko terjadi longsor, wilayah ini adalah bentuk peralihan dari daerah longsor menuju aman, artinya jika di atasnya longsor maka daerah ini ikut terkena dampaknya. Luasan sisanya berturut-turut sekitar 0.70%, dan 0.45% merupakan wilayah yang berpotensi longsor sedang dan tinggi dibandingkan sebelumnya. Wilayah berpotensi longsor ini memiliki kemiringan lereng 15-30%, 30-45%, 45-65% dan >65% dan didominasi oleh lahan perkebunan dan persawahan.

Dari hasil penampalan antara titik kejadian longsor dan pengolahan SINMAP, menunjukan 60,61% kejadian longsor yang berada pada wilayah berpotensi longsor pengolahan SINMAP. Lebih rinci lagi bahwa sekitar 54,54% kejadian longsor berada pada wilayah potensi longsor dan sisanya 45,45% kejadian longsor berada pada wilayah yang stabil dan cukup stabil. Kejadian longsor pada wilayah potensi longsor sendiri pada umumnya berada pada kemiringan lereng diatas 15-30%.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih penulis ucapkan kepada Pemda Kabupaten Bandung, Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi dan juga Badan Penanggulangan Bencana Daerah Jawa Barat yang telah memberikan bantuannya untuk pelaksanaan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Cruden, D.M., 1991. *A Simple Definition of a Landslide*. Bulletin of the International Association of Engineering Geology, No. 43, pp. 27-29.
- Das, B.M., 1979. *Introduction to soil mechanics*. Iowa State University Press, Iowa
- Hammond, C., D. Hall, S. Miller and P. Swetik. 1992, *"Level I Stability Analysis (LISA) Documentation for Version 2.0,"* General Technical Report INT-285, USDA Forest Service Intermountain Research Station
- Klimes, J.2008. *Analysis Of Preparatory Factors Of Landslides, Vstinske Vrchy Highland, Czech Republic*. Ph.D. thesis defended at the department of Physical Geography and Geoecology, Faculty of Science, Charles University in Prague
- Montgomery, D. R. and W. E. Dietrich,.1994, *"A Physically Based Model for the Topographic Control on Shallow Landsliding,"* *Water Resources Research*, 30(4): 1153-1171.
- Pack, RT. Tarboton, DG, and CN, Goodwin.1998. *Stability Index Approach To Terrain Stability Hazard Mapping* (SINMAP User's Manual).
- Pack, RT and DG, Tarboton. (1998).*The SINMAP Approach to Terrain Mapping. Paper submitted in 8th congress of the International Association of Engineering Geology*. Canada, 21-25 September. Jakarta
- .Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi, 2008. *Wilayah Kerentanan Gerakan Tanah Menengah hingga Tinggi di Provinsi Jawa Barat*. PVMBG. Jakarta
- Rahman, A. O, Oktriadi, dan Firmansyah, (2010). *Penentuan Tingkat Resiko Bencana Letusan Gunung Gamalama di Pulau Ternate Provinsi Maluku Utara*. Buletin Geologi Tata Lingkungan Vol . 20 No 3 Desember 2010 : Bandung
- Sutikno, 1997. *Penanggulangan Tanah Longsor*. Bahan Penyuluhan Bencana Alam Gerakan Tanah

INTERVAL KONFIDENSI UNTUK ESTIMASI PARAMETER (STUDI KASUS : DATA MAGNITUDE GEMPA BUMI BULAN JULI TAHUN 2015 BERDISTRIBUSI NORMAL)

Anggara Setyabawana Putra ^{1,2}, Theresia Retno Wulan ^{1,3}

¹ Parangtritis Geomaritime Science Park, Badan Informasi Geospasial, Kretek, Bantul DIY

Email: setyabawana@gmail.com, noibako@gmail.com

² Ilmu Statistika, Universitas Islam Indonesia, Sleman 55584

³ Program Doktorat Fakultas Geografi, Universitas Gadjah Mada, Sleman 55281

Corresponding author: setyabawana@gmail.com

ABSTRAK

Gempa bumi adalah salah satu gejala alam yang sering terjadi, di seluruh dunia. Pada bulan Juli tahun 2015 Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) Indonesia, mencatat sebanyak 357 kejadian gempa yang tersebar di seluruh dunia. Penelitian dilakukan guna mencari interval konfidensi untuk estimasi parameter (μ) berdasarkan data kejadian gempa bumi bulan juli tahun 2015 (data berdistribusi normal). Dari perhitungan dengan $\alpha : 0,05$ didapatkan batas bawah interval adalah 4,101 SR dan batas atasnya adalah 4.289 SR. Dengan $\alpha : 0,10$ didapatkan batas bawah interval adalah 4,116 SR dan batas atas interval adalah 4.274 SR. Kemudian dengan $\alpha : 0,01$ didapatkan batas bawah interval adalah 4,072 SR dan batas atas interval adalah 4,318 SR. dari ketiga selang tersebut, selang yang paling ideal adalah selang yang paling pendek, yaitu $4,116 \text{ SR} < \mu < 4,274 \text{ SR}$.

KATA KUNCI: Estimasi Parameter, Gempa Bumi, Interval Konfidensi

1. PENDAHULUAN

Gempa bumi, merupakan salah satu kejadian alam yang sering terjadi di seluruh belahan dunia. Gempa bumi terjadi setiap saat, namun tidak semua kejadian bisa dirasakan oleh manusia, dan tidak semua kejadian dapat menimbulkan kerusakan. Pada bulan juli tahun 2015, badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) Indonesia, mencatat sebanyak 357 kejadian gempa bumi yang tersebar di seluruh dunia. Sebagai contoh adalah gempa bumi yang terjadi di Irian Jaya pada tanggal 2 Juli tahun 2017 dengan kekuatan gempa sebesar 4,7 SR di kedalaman 11 km. kemudian gempa yang terjadi di Filipina pada tanggal 31 Juli 2015 dengan kekuatan gempa sebesar 5 SR di kedalaman 54 km. Gempa bumi adalah peristiwa bergetarnya bumi akibat pelepasan energi di dalam bumi secara tiba-tiba yang ditandai dengan patahnya lapisan batuan pada kerak bumi (BMKG, 2014).

Berdasarkan terjadinya, gempa bumi diklasifikasikan sebagai berikut :

1. Gempa tektonik, (pergeseran lapisan batuan pada daerah patahan),
2. Gempa vulkanik, (gempa yang diakibatkan oleh aktivitas vulkanisme),
3. Gempa guguran (gempa runtuh),
4. Gempa tumbukan, (akibat meteor besar yang jatuh ke bumi).

Parameter Gempa Bumi (BMKG, 2015) :

1. Waktu terjadinya gempabumi (Origin Time - OT)
2. Lokasi pusat gempabumi (Episenter)
3. Kedalaman pusat gempabumi (Depth)
4. Kekuatan Gempabumi (Magnitudo)

1.1 Metode Momen Distribusi Normal

Metode momen dilakukan dengan menyamakan karakteristik sampel tertentu seperti mean dan variansi, menggunakan persamaan yang dihasilkan untuk mendapatkan nilai perkiraan parameter. Jika diketahui x_1, x_2, \dots, x_n adalah himpunan data, maka momen ke k sampel adalah :

$$M_k = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i^k \dots\dots\dots (1)$$

Apabila Diketahui data berdistribusi normal, maka *pdf* (*probability density function*) dari distribusi normal adalah:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2} \dots\dots\dots (2)$$

Momen pertama M_1 dan momen kedua M_2 dari distribusi normal adalah :

$$M_1 = \int_{-\infty}^{\infty} \frac{x}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2} dx \dots\dots\dots (3)$$

$$M_2 = \int_{-\infty}^{\infty} \frac{x^2}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2} dx \dots\dots\dots (4)$$

Kemudian dilakukan transformasi dan pengintegralan, maka didapatkan :

$$M_1 = \mu = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \dots\dots\dots (5)$$

$$M_2 = \mu^2 + \sigma^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i^2 \dots\dots\dots (6)$$

Maka estimasi untuk parameter μ dan σ^2 adalah

$$\hat{\mu} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \dots\dots\dots (7)$$

$$\hat{\sigma}^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i^2 - \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \right]^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \dots\dots\dots (8)$$

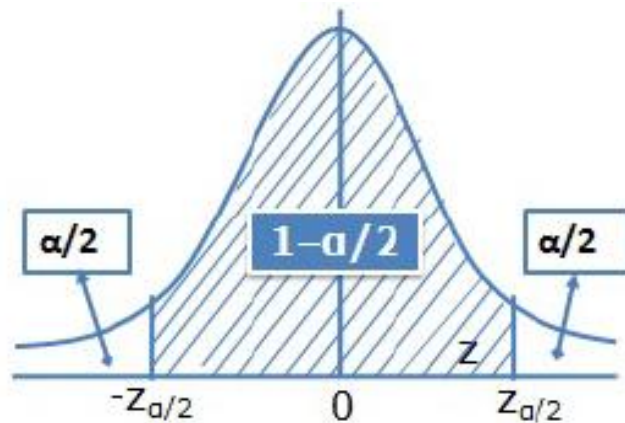
1.2 Estimasi Interval

Misalkan $\{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ suatu sampel random dan suatu populasi dengan μ yang tidak diketahui dan variansi σ^2 . Kemudian \bar{x} adalah rata-rata dari sampel tersebut, $\mu_{\bar{x}} = \mu$ dan $\sigma_{\bar{x}} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$, maka menurut teorema limit pusat :

$$Z = \frac{\bar{x} - \mu}{\sigma/\sqrt{n}} \sim N(0,1) \dots\dots\dots (9)$$

$$P \left[-Z_{\alpha/2} \leq \frac{\bar{x} - \mu}{\sigma/\sqrt{n}} \leq Z_{\alpha/2} \right] = 1 - \alpha \dots\dots\dots (10)$$

$$P \left[\bar{x} - Z_{\alpha/2} \cdot \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \leq \mu \leq \bar{x} + Z_{\alpha/2} \cdot \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \right] = 1 - \alpha \dots\dots\dots (11)$$



Gambar 1. Kurva Normal

Maka interval konvidensi untuk $(1-\alpha)$ adalah :

$$\left[\bar{x} - Z_{\alpha/2} \cdot \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \leq \mu \leq \bar{x} + Z_{\alpha/2} \cdot \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \right] \dots\dots\dots (12)$$

Kemudian jika variansi populasi tidak diketahui (σ^2) maka interval konvidensi untuk $(1-\alpha)$ adalah :

$$\left[\bar{x} - Z_{\alpha/2} \cdot \frac{S}{\sqrt{n}} \leq \mu \leq \bar{x} + Z_{\alpha/2} \cdot \frac{S}{\sqrt{n}} \right] \dots\dots\dots (13)$$

Dengan :

$$S = \sqrt{\frac{\sum x^2}{n-1} - \frac{(\sum x)^2}{n(n-1)}} \dots\dots\dots (14)$$

Keterangan :

- \bar{x} = rata-rata
- $Z_{\alpha/2}$ = nilai di table Z
- S = standard deviasi
- n = banyak data

2. TUJUAN

Tujuan dari penelitian yang dilakukan adalah untuk menentukan estimasi titik (distribusi normal), yaitu μ dan σ^2 , kemudian mencari interval konvidensi dari besar kekuatan gempa bumi yang terjadi pada bulan Juli tahun 2015.

3. DATA DAN METODE

Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data magnitude gempa bumi yang terjadi pada bulan Juli tahun 2015 (Tabel 1) dari 357 lokasi gempa. tercatat oleh Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG).

Tabel 1. Data Magnitude

No	Tanggal	Mag.	Lokasi
1	7/1/2015	3.1 SR	Sumba Region, Indonesia
2	7/1/2015	3.1 SR	Sumbawa Region, Indonesia
3	7/1/2015	4.4 SR	Northern Molucca Sea
4	7/1/2015	3.2 SR	Minahassa Peninsula, Sulawesi
5	7/1/2015	4.6 SR	South of Kermadec Islands
6	7/1/2015	3.2 SR	Seram, Indonesia
7	7/1/2015	3.2 SR	Northern Sumatra, Indonesia
...
351	7/31/2015	2.9 SR	Bali Region, Indonesia
352	7/31/2015	3.4 SR	Irian Jaya Region, Indonesia
353	7/31/2015	3.6 SR	Sumbawa Region, Indonesia
354	7/31/2015	4.9 SR	Sumbawa Region, Indonesia
355	7/31/2015	3.7 SR	Sumbawa Region, Indonesia
356	7/31/2015	3.4 SR	Sumbawa Region, Indonesia
357	7/31/2015	3.7 SR	Sumbawa Region, Indonesia

Sumber : BMKG, 2015

Keterangan

Mag : magnitude (besar kekuatan gempa dalam skala Richter)

WIB : UTC + 7 Jam

Kemudian dilakukan perhitungan untuk menentukan estimasi titik, yaitu untuk menentukan parameter dari distribusi normal berupa mean (μ) dan variansi (σ^2), dengan menggunakan persamaan no (7) dan (8) :

$$\hat{\mu} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i = \frac{3,1 + 3,1 + 4,4 + \dots + 3,7 + 3,4 + 3,7}{357} = 4,195$$

$$\begin{aligned} \hat{\sigma}^2 &= \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \\ &= \frac{(3,1 - 4,195)^2 + (3,1 - 4,195)^2 + (4,4 - 4,195)^2 + \dots + (3,7 - 4,195)^2 + (3,4 - 4,195)^2 + (3,7 - 4,195)^2}{357} \\ &= 0,83 \end{aligned}$$

Setelah didapatkan estimasi titik, yaitu μ dan σ^2 , persamaan yang dipakai untuk menentukan interval konfidensi adalah dengan kondisi belum didapatkannya nilai standar deviasi, maka perlu dilakukan perhitungan nilai standar deviasi nya (S) dengan menggunakan persamaan nomor (14) :

$$S = \sqrt{\frac{\sum x^2}{n-1} - \frac{(\sum x)^2}{n(n-1)}} = \sqrt{\frac{6580,21}{357-1} - \frac{(1497,7)^2}{357(357-1)}} = 0,91$$

Kemudian apabila nilai standar deviasi telah didapatkan, selanjutnya melakukan perhitungan interval konfidensi nya dengan menggunakan persamaan nomor (13) dengan menggunakan $\alpha : 0,05$

$$\begin{aligned} \left[\bar{x} - Z_{\alpha/2} \cdot \frac{S}{\sqrt{n}} \leq \mu \leq \bar{x} + Z_{\alpha/2} \cdot \frac{S}{\sqrt{n}} \right] &= \left[4,195 - 1,96 \cdot \frac{0,91}{\sqrt{357}} \leq \mu \leq 4,195 + 1,96 \cdot \frac{0,91}{\sqrt{357}} \right] \\ &= [4,101 \leq \mu \leq 4,289] \end{aligned}$$

Dengan menggunakan persamaan yang sama (13), dihitung pula interval konvidensi dengan $\alpha = 0,10$ dan $\alpha = 0,01$

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari perhitungan yang telah dilakukan, dengan menggunakan persamaan dari data berdistribusi normal, maka didapatkan hasil estimasi titik seperti berikut:

Tabel 2. Estimasi Titik

No	Parameter	Hasil
1	μ	4,195
2	α	0,83

Kemudian untuk perhitungan interval konvidensi dengan menggunakan nilai α yang berbeda-beda, maka didapatkan hasil berikut :

Tabel 3. Interval Konvidensi

Tingkat Kepercayaan	Batas Atas	Batas Bawah	Selisih (Lebar Selang)
99%	4.318	4.072	0.246
95%	4.289	4.101	0.188
90%	4.274	4.116	0.158

Dengan menggunakan interval konvidensi, maka parameter μ (mean) terletak antara batas bawah dan batas atas selang, selang yang baik ditunjukkan dengan selang yang paling pendek.

5. KESIMPULAN

Dari hasil perhitungan, dengan menggunakan tingkat kepercayaan 99%, 95% dan 90% maka didapatkan tiga interval konvidensi. Dari ketiga interval konvidensi tersebut, selang yang baik adalah dengan menggunakan ingkat kepercayaan 90% ($\alpha : 0,10$):

$$\left[\bar{x} - Z_{\alpha/2} \cdot \frac{S}{\sqrt{n}} \leq \mu \leq \bar{x} + Z_{\alpha/2} \cdot \frac{S}{\sqrt{n}} \right] = 4,116 \leq \mu \leq 4,274$$

Angka tersebut menunjukkan, dengan tingkat kepercayaan 90% bahwa mean magnitude gempa yang sebenarnya terletak antara **4,116 SR** dan **4,274 SR**.

DAFTAR PUSTAKA

- Fauzy, A. & Anggara, S. P. (2013). Interval konfidensi untuk dua parameter distribusi eksponensial di bawah sensor tipe-II (studi kasus data waktu tunggu gempabumi besar di Indonesia). Prosiding Seminar Nasional Matematika dan Pendidikan Matematika (pp. 21-27). Surabaya: Unesa
- Fauzy, A. & Anggara, S. P. (2013). Interval konfidensi bagi fungsi tahan hidup waktu tunggu gempa bumi besar di Indonesia (data berdistribusi eksponensial dua parameter tersensor tipe-II). Prosiding Seminar Nasional statistika dalam Menejemen Kebencanaan. Yogyakarta: UII
- http://www.bmkg.go.id/BMKG_Pusat/Gempabumi_-_Tsunami/Gempabumi.bmkg#ixzz3rM0KmaRD
- Kesumawati, Ayundyah. (2015) Pendugaan Parameter. Materi Perkuliahan Metode Statistika II. Yogyakarta : UII.
- Kesumawati, Ayundyah. (2015) The Central Limit Theorm. Materi Perkuliahan Metode Statistika II. Yogyakarta : UII

PEMODELAN SPASIAL MENGGUNAKAN *INVERSE DISTANCE WEIGHT* (IDW) DAN ORDINARY KRIGING DALAM EVALUASI TANAH TERCEMAR LOGAM BERAT DI LAHAN PERTANIAN (STUDI KASUS: RANCAEKEK)

Jefri Ferliande¹, Idris Maxdoni Kamil², dan Akhmad Riqqi³

Email: ferliande.jefri@gmail.com, maxdoni@ftsl.itb.ac.id, riqqi@gd.itb.ac.id

¹Departemen Teknik Lingkungan, Institut Teknologi Bandung

²Departemen Geodesi dan Geomatika, Institut Teknologi Bandung

*Corresponding author: ferliande.jefri@gmail.com

ABSTRAK

Industri tekstil semakin berkembang secara signifikan pada setiap tahunnya di Kecamatan Rancaekek. Aktivitas industri ini telah menyebabkan terjadinya penurunan kualitas lahan khususnya di daerah pertanian sebagai salah satu sumber daya alam yang terdapat di Kabupaten Bandung. Bahan pencemar berupa logam berat yang dilepaskan oleh industri ke lingkungan telah mengalami penyebaran yang luas di wilayah ini. Pencemaran juga telah menyebabkan terjadinya penurunan produktivitas padi dalam setiap tahun serta terganggunya ketahanan pangan di daerah tersebut. Pemodelan spasial merupakan salah satu cara untuk mengetahui persebaran tingkat pencemaran tanah sehingga dapat dijadikan sebagai langkah dalam pengambilan kebijakan untuk kegiatan pemulihan lahan pada tanah tercemar. Studi ini menunjukkan bahwa Ordinary Kriging menghasilkan prediksi yang lebih baik dibandingkan IDW ketika dilakukan validasi menggunakan data baru dengan memperoleh nilai RMSE sebesar 0,07, sedangkan untuk IDW diperoleh nilai RMSE sebesar 0,09. Model Ordinary Kriging mampu memberikan sebuah pemahaman bagaimana zat pencemar tersebut terdistribusi berdasarkan tingkat konsentrasinya di dalam tanah melalui analisis semivariogram secara anisotropi. Studi ini juga menggunakan teknologi SIG sehingga hasil prediksi yang diperoleh lebih bersifat representatif dan mudah dimengerti oleh berbagai pihak.

KATA KUNCI: Kualitas Lahan, Pemodelan Spasial, IDW, Ordinary Kriging, Semivariogram, SIG

1. PENDAHULUAN

Rancaekek sebagai daerah studi merupakan salah satu kecamatan di Kabupaten Bandung yang memiliki beberapa industri yang terus berkembang, khususnya jenis industri tekstil yang berada di sepanjang jalan raya Rancaekek. Namun, tidak sedikit dari industri tersebut yang membuang limbahnya tanpa memperhatikan baku mutu yang telah ditetapkan ketika dilepaskan ke lingkungan. Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa beberapa logam berat yang ditemukan pada tanah di wilayah penelitian antara lain Cu, Zn, Pb, Cd, dan Cr sebagai akibat dari aktivitas industri (BPLHD Kabupaten Bandung, 2003). Kontaminan yang dihasilkan dari sumber pencemar tersebut memiliki kemungkinan tersebar melalui media air, tanah maupun udara dengan berbagai tipe sumber pencemarnya (Fachinelli et al., 2001) sehingga merupakan suatu hal penting untuk mengetahui fenomena persebaran konsentrasi dari pencemar tersebut di dalam tanah.

Secara umum, proses transportasi dan menyebarnya kontaminan di wilayah ini adalah melalui media sungai yang mengalir dari utara ke selatan. Bagian utara merupakan kawasan industri tekstil sedangkan bagian selatan didominasi oleh tanah pertanian berupa persawahan. Penelitian yang dilakukan oleh Kurnia menunjukkan bahwa semakin luasnya tanah yang rusak akibat logam berat akibat aktivitas industri yang terdapat di bagian utara dan menurunnya produktivitas tanaman padi dari 6 – 7 ton/ha menjadi 1 – 2 ton/ha pada tanah yang tercemar di bagian selatan (Kurnia et al., 2003).

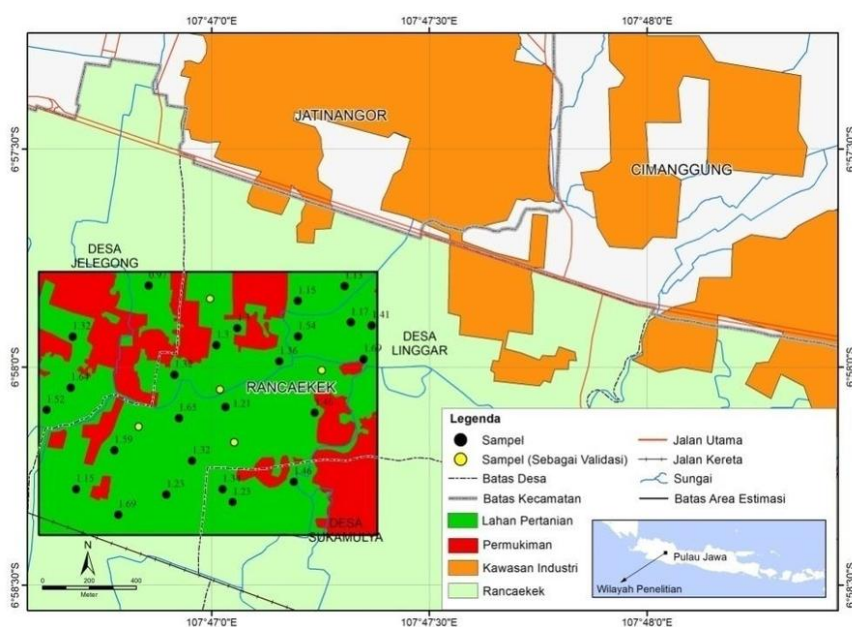
Beberapa model estimasi secara spasial yang dapat digunakan untuk mengetahui persebaran wilayah yang terkontaminasi oleh suatu kontaminan antara lain *Inverse Distance Weight* (IDW) dan Ordinary Kriging (Milillo et al., 2012; Zhao et al., 2007). *Inverse Distance Weight* (IDW) merupakan sebuah model dengan metode interpolasi yang bersifat deterministik, sedangkan Ordinary Kriging merupakan salah satu metode interpolasi statistik atau sebagai bagian dari model geostatistik yang telah diaplikasikan secara luas di bidang ilmu spasial dan kebumihutan. Para praktisi menganggap bahwa model ini khususnya geostatistik sangat membantu mereka dalam menyelesaikan suatu persoalan secara spasial jika mereka mampu memahami bagaimana cara mengaplikasikan metode tersebut (Barnet, 2000). Walaupun demikian, teknologi Sistem Informasi Geografis

(SIG) juga merupakan sebuah alat bantu yang sangat berguna untuk menjelaskan hasil secara representatif dan lebih mudah dimengerti oleh berbagai pihak (Milillo et al., 2012).

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan model yang lebih baik dengan membandingkan model IDW dan Ordinary Kriging sehingga diperoleh model yang optimal di wilayah penelitian serta dapat dijadikan sebagai suatu pertimbangan dalam memutuskan kebijakan pengelolaan tanah tercemar. Selain itu, melalui analisis terhadap karakteristik data yang diperoleh di lapangan, maka akan diperoleh kelebihan dan kekurangan dari setiap model sesuai karakteristik data yang digunakan dan dapat dijadikan sebagai bahan untuk pengembangan penelitian sejenis pada saat mendatang.

2. GAMBARAN UMUM WILAYAH KAJIAN

Wilayah penelitian dilakukan pada area dengan luasan 133,86 hektar di sebagian Desa Jelegong, Linggar, dan Sukamulya yang terletak di utara Kecamatan Rancaekek. Secara fisiografis, wilayah ini memiliki ketinggian yang seragam dengan kemiringan lereng yang relatif landai. Wilayah ketinggian di daerah ini berkisar antara 670 sampai 673 mdpl. Bagian utara wilayah penelitian merupakan suatu daratan yang lebih tinggi berupa Gunung Geulis dengan jaringan sungai mengalir dari arah utara menuju ke selatan. Wilayah penelitian merupakan bagian dari DAS Citarum hulu dimana terdapat salah satu sungai yaitu Cikijing yang memiliki hulu di Kabupaten Sumedang dan mengalir dari utara ke selatan Kecamatan Rancaekek. Kondisi wilayah penelitian dapat dilihat pada **Gambar 1**.



Gambar 1. Peta Wilayah Penelitian

3. DATA DAN METODE

3.1. Pengumpulan Data

Jenis data yang digunakan pada penelitian ini terdiri atas data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh di lapangan dengan teknik *stratified random sampling* berupa sampel tanah untuk dianalisis di laboratorium sehingga diperoleh masing-masing konsentrasinya. Jenis logam berat yang akan dianalisis dalam penelitian ini adalah kadmium sebagai salah satu logam yang bersifat toksik ketika terakumulasi dalam jumlah besar di dalam tanah. Data sekunder yang diperoleh berupa data peta RBI yang diterbitkan oleh BIG dengan skala 1:25.000 dengan format *shapefile* (.shp). Sementara itu, jumlah sampel yang digunakan untuk membangun model adalah sebanyak 25 titik lokasi dan 5 titik lokasi lainnya akan disimpan untuk digunakan sebagai proses validasi model (Gambar 1).

3.2 Metode dan Analisis

3.2.1 Model Inverse Distance Weight

Estimasi menggunakan *inverse distance* dapat digunakan untuk seluruh jarak di wilayah yang luas dan terkadang dapat digunakan proporsional tertentu berdasarkan jarak setiap titik sampel dengan titik estimasi melalui penggunaan nilai *power* (p) yang dapat dilihat pada Persamaan 1 di bawah ini.

$$\hat{v} = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{1}{d_i^p} v_i}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{d_i^p}} \quad (1)$$

Dimana d_1, \dots, d_n adalah jarak-jarak dari setiap lokasi sampel terhadap titik lokasi yang akan diestimasi, v_1, \dots, v_n adalah nilai setiap sampel, dan p adalah nilai pangkat yang digunakan di dalam model. Pemilihan nilai yang sering digunakan untuk pangkat adalah 2. Walaupun demikian penggunaan kuadrat pada metode ini bukan berarti bahwa estimasi ini lebih baik dibandingkan ketika menggunakan nilai eksponen atau pangkat lainnya. Namun, nilai ini populer digunakan karena faktanya telah melibatkan beberapa perhitungan sehingga diperoleh hasil yang efisien (Issaks, 1989).

3.2.2. Geostatistik

Geostatistik merupakan model spasial yang melakukan proses interpolasi melalui analisis statistik sehingga sangat sering juga geostatistik ini dikenal sebagai statistik spasial. Kriging merupakan salah satu metode dalam geostatistik yang selalu dihubungkan dengan akronim B.L.U.E yaitu “Best Linear Unbiased Estimator” karena mencoba untuk meminimumkan varians dari kesalahan prediksinya (Isaaks, 1989). Adapun keuntungan lain dari metode kriging adalah mampu menghitung variabilitas spasial secara tegas dan detail, misalnya dengan adanya jarak korelasi dan anisotropi dari populasi data yang dapat digambarkan dalam sebuah model semivariogram (Goovaerts, 2001).

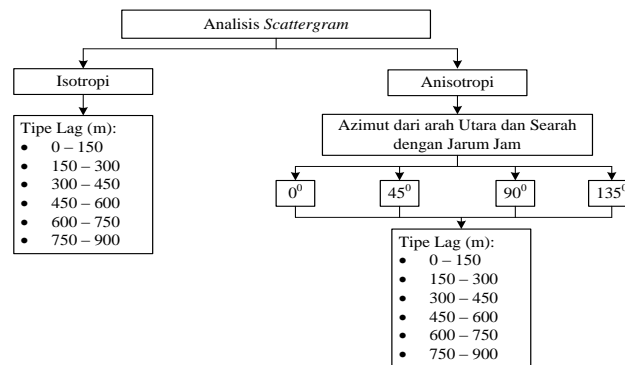
3.2.2.1. Analisis Kontinuitas Spasial

Kontinuitas spasial dalam geostatistik dapat diperoleh dari analisis *h-scattergram*. Walaupun demikian, untuk menjalankan model Ordinary Kriging, analisis kontinuitas spasial yang digunakan adalah semivariogram sebagai inti dari konsep perhitungan kriging dengan melihat varians dari setiap pasangan data. Dalam penelitian ini, *h-scattergram* juga akan tetap digunakan sebagai alat bantu untuk melihat gambaran awal untuk semivariogram dalam proses membangun model Ordinary Kriging.

Analisis *h-scattergram* dan semivariogram dapat berupa analisis isotropi dan anisotropi. Analisis secara anisotropi dilakukan dengan asumsi bahwa semivariogram hanya bergantung pada suatu jarak $h=|h|$, tetapi tidak memiliki orientasi arah terhadap jarak (h) (Brenning, 2013). Nilai semivarians juga dapat bergantung berdasarkan arah dari jarak (h) yang dikenal sebagai *directional semivariogram*. Jika bentuk semivariogram tersebut dipengaruhi oleh jarak setiap lokasi data (h) dan dipengaruhi oleh arah atau orientasi sudutnya terhadap titik lain maka dikenal sebagai anisotropi.

a. *h-scattergram*

h-scattergram menunjukkan semua kemungkinan pasangan nilai konsentrasi setiap data yang dipisahkan oleh jarak (*lag*) tertentu sesuai arahnya. Pada *h-scattergram* dalam sebuah cartesian, sumbu x dapat dilabelkan sebagai suatu nilai $V(t)$ (*head*), sedangkan sumbu y dilabelkan dengan nilai $V(t+h)$ (*tail*) ataupun sebaliknya, sedangkan h merupakan jarak antara kedua titik tersebut sehingga dapat digambarkan hubungan spasialnya (Goovaerts, 1997). Bentuk persebaran titik yang diperoleh pada *h-scattergram* juga menjelaskan bagaimana suatu nilai data bersifat kontinu pada jarak dan arah tertentu (Issaks, 1989). Langkah kerja dalam menganalisis *h-scattergram* dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Tahapan Analisis *h*-Scattergram

b. Semivariogram

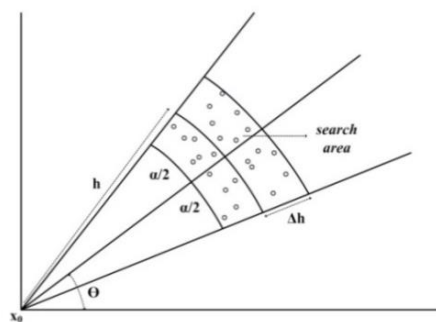
Geostatistik menggunakan teknik semivariogram untuk mengetahui kontinuitas dari variasi spasial pada variabel yang diregionkan serta memberikan parameter untuk proses interpolasi spasial menggunakan metode Kriging (Webster and Oliver, 2007). Analisis semivariogram dilakukan dengan menghitung semivarians dari dua data yang berbeda lokasi yaitu nilai data pada lokasi- x_i $Z(x_i)$ dan nilai lokasi x_i+h $Z(x+h)$ pada *lag* (h) tertentu yang dapat dilihat pada Persamaan 2.

$$\gamma(h) = \frac{1}{2} E[Z(x_i) - Z(x_i + h)]^2 \quad (2)$$

Karena sampel bersifat diskrit pada lokasi penelitian maka persamaan di atas dapat diubah menjadi Persamaan 3 dimana n merupakan jumlah pasangan data.

$$\gamma(h) = \frac{1}{2n(h)} \sum_{i=1}^{n(h)} [Z(x_i) - Z(x_i + h)]^2 \quad (3)$$

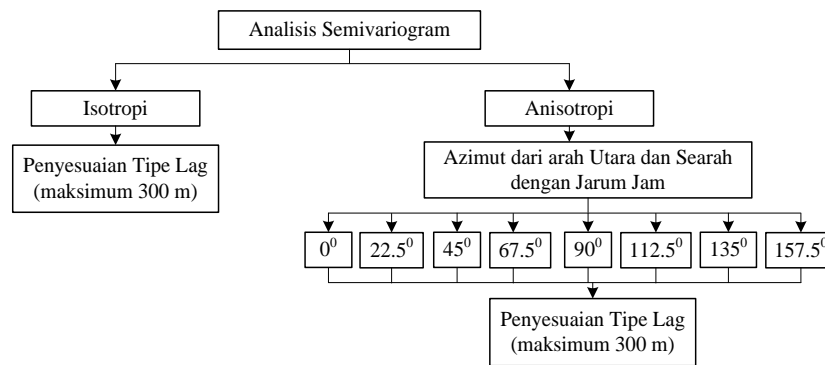
Penggunaan semivariogram dalam proses estimasi didasarkan pada stasioneritas intrinsik yang mengasumsikan bahwa peningkatan variasi akan sama antara dua titik lokasi yang memiliki jarak (h) *lag* yang sama dan arah tidak berhubungan dengan dua titik lokasi yang dipilih (David, 1977). Pendekatan yang dilakukan dalam analisis semivariogram pada sebaran sampel yang tidak teratur dilakukan dengan menggunakan batas toleransi baik pada jarak ataupun sudut yang dibentuk antara dua lokasi yang dapat diilustrasikan pada Gambar 3. Batas toleransi yang digunakan dalam adalah $22,5^\circ$ sedangkan toleransi jarak (*lag*) adalah setengah dari jaraknya itu sendiri.



Gambar 3. Arah variogram (θ), toleransi sudut ($\theta \pm \alpha/2$) dan jarak ($h \pm \Delta h$)

(David, 1977; Oliver dan Webster, 2014)

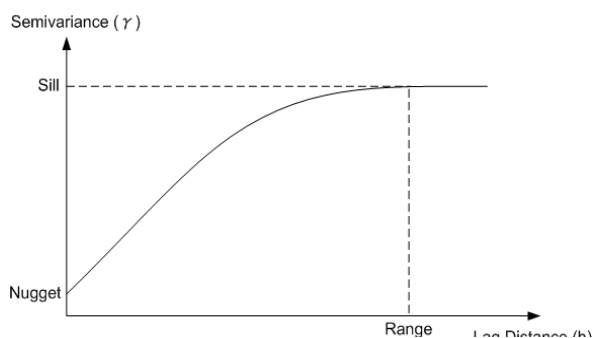
Tahapan metode dalam analisis semivariogram dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 4.



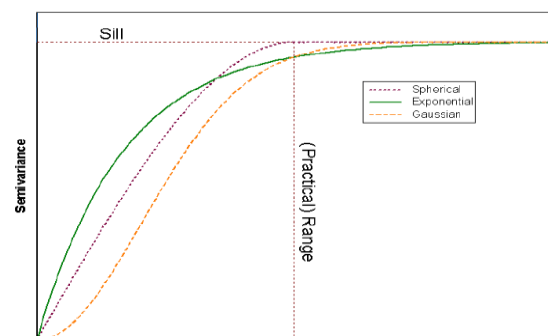
Gambar 4. Tahapan Analisis *h-Scattergram*

3.2.2.2. Analisis Struktural

Semivariogram diplot dalam grafik untuk mengetahui nilai *nugget*, *sill*, dan *range* yang dapat dilihat pada Gambar 5. *Nugget* adalah nilai variogram pada jarak bernilai 0. *Sill* adalah nilai semivarians pada semivariogram ketika mencapai nilai konstan. Sedangkan *range* adalah jarak maksimum ketika mencapai *sill* dimana masih terdapat korelasi antara data, selanjutnya data tersebut dianggap tidak memiliki korelasi (Brenning, 2013). Semivariogram yang diperoleh dari data sampel merupakan semivariogram eksperimental yang kemudian disesuaikan dengan model teoritis yang ada berupa *spherical*, eksponensial, atau *Gaussian* (Gambar 6), analisis ini dikenal dengan analisis struktural.



Gambar 5. Grafik dan Parameter Semivariogram



Gambar 6. Model *Spherical*, Eksponensial dan *Gaussian* (Bohling, 2005)

Penyesuaian model semivariogram eksperimental dengan model teoritis akan menyediakan informasi tentang struktur spasial dari parameter yang kemudian digunakan sebagai input untuk proses interpolasi atau perhitungan menggunakan Ordinary Kriging di dalam penelitian.

3.2.2.3. Model Ordinary Kriging

Model kriging merupakan fungsi random yang membantu dalam menentukan faktor pemberat pada sampel berdekatan agar estimasi yang dihasilkan tidak bersifat bias. Setiap titik yang tidak dilakukan sampel akan diestimasi dengan menggunakan konsep *weight linier combination* dengan Persamaan 4.

$$\hat{v}_{(x_0)} = \sum_{i=1}^N w_i \cdot v_{(x_i)} \quad (4)$$

Dimana $\hat{v}_{(x_0)}$ adalah nilai yang diestimasi (tidak diketahui nilainya), $v_{(x_i)}$ adalah nilai yang diketahui dan w_i adalah faktor pemberat dalam model yang dapat diubah sesuai dengan estimasi yang dilakukan terhadap nilai yang tidak diketahui di lokasi yang berbeda-beda.

Kesalahan nilai suatu lokasi (R) dari estimasi diperoleh dengan melihat perbedaan nilai antara nilai estimasi \hat{v} dengan nilai sebenarnya v pada suatu lokasi yang sama sehingga dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 5.

$$R_{(x_0)} = \hat{v}_{(x_0)} - v_{(x_0)} \quad (5)$$

Masing-masing variabel random memiliki memiliki hukum probabilitas yang sama pada semua lokasi dimana *expected value* dari variabel random dikenal sebagai $E\{V\}$. Dengan mensubstitusi Persamaan 4 ke dalam Persamaan 5 maka dapat diekspresikan nilai $R_{(x_0)}$ dalam model fungsi random yang dapat dilihat pada Persamaan 6.

$$R_{(x_0)} = \sum_{i=1}^N w_i \cdot v_{(x_i)} - v_{(x_0)} \quad (6)$$

Kesalahan yang terjadi ketika mengestimasi nilai yang tidak diketahui pada x_0 adalah hasil dari variabel random $R_{(x_0)}$. Kesalahan tersebut pada setiap lokasi dapat diyakini memiliki *expected value* kesalahan sebesar 0 dimana persamannya dapat dijabarkan sebagai berikut:

$$E\{R_{(x_0)}\} = E\left\{\sum_{i=1}^N w_i \cdot v_{(x_i)} - v_{(x_0)}\right\}$$

$$E\{R_{(x_0)}\} = \sum_{i=1}^N w_i E v_{(x_i)} - E v_{(x_0)}$$

Karena dalam model ini diasumsikan stasioner maka dapat diekspresikan bahwa nilai *expected value* pada bagian kiri dan kanan adalah sama (Isaaks, 1989) sehingga:

$$E\{R_{(x_0)}\} = \sum_{i=1}^N w_i E\{V\} - E\{V\}$$

Expected value dari kesalahan dari beberapa lokasi dapat dinotasikan dengan $E\{R_{(x_0)}\}$ yang sering dianggap bias. *Expected value* tersebut perlu dijadikan 0 agar menjadi tidak bias sehingga diperoleh Persamaan 7 dengan jalan berikut:

$$E\{R_{(x_0)}\} = 0 = E\{V\} \sum_{i=1}^N w_i - E\{V\}$$

$$E\{V\} \sum_{i=1}^N w_i = E\{V\}$$

$$\sum_{i=1}^N w_i = 1 \quad (7)$$

Dari persamaan tersebut maka selanjutnya dapat dibuat sebuah matriks yang dapat dilihat pada Persamaan 8.

$$\Gamma * \lambda = g \quad (8)$$

Persamaan di atas dapat dikonversi ke dalam sebuah matriks sehingga diperoleh matriks dari setiap variabelnya.

$$\begin{pmatrix} \gamma_{11} & \cdots & \gamma_{1n} & 1 \\ \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ \gamma_{n1} & \cdots & \gamma_{nn} & 1 \\ 1 & \cdots & 1 & 0 \end{pmatrix} * \begin{pmatrix} w_1 \\ \vdots \\ \vdots \\ w_n \\ \mu \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \gamma_{10} \\ \vdots \\ \vdots \\ \gamma_{n0} \\ 1 \end{pmatrix}$$

Setiap elemen dapat diisi ke dalam matriks jika diketahui bentuk semivariogramnya. Matriks gamma (Γ) mengandung nilai dari model semivariogram antara masing-masing bagian sampel di lokasi dimana γ_{ij} nilai model semivariogram yang berdasarkan jarak antara dua sampel yang diidentifikasi oleh ke-i dan ke-j. Vektor (g) mengandung nilai model semivariogram γ_{i0} berdasarkan jarak antara sampel lokasi ke-i dengan lokasi yang diprediksi. Nilai w yang tidak diketahui di dalam matriks λ merupakan vektor yang diestimasi, sedangkan μ merupakan *lagrange parameter*. Setelah menghitung model semivariogram maka matriks λ dapat diperoleh menggunakan inverse matriks (Γ) Persamaan 9.

$$\lambda = \Gamma^{-1} * g \quad (9)$$

Salah satu kelebihan ketika menggunakan Ordinary Kriging dibandingkan model deterministik seperti *Inverse Distance Weight* (IDW) adalah kemampuannya dalam mengetahui kemungkinan kesalahan dari prediksi yang dikenal sebagai varians dan standar error kriging menggunakan Persamaan 10 dan Persamaan 11. (Isaaks, 1989).

$$\text{Varians Kriging} = \sigma_k^2 = \lambda * g \quad (10)$$

$$\text{Standar Error Kriging} = \sqrt{\sigma_k^2} \quad (11)$$

3.2.3 Validasi Silang dan Validasi

Kualitas model merupakan hal yang sangat penting untuk diketahui setelah model dihasilkan. Uji validasi dilakukan untuk mengetahui kualitas setiap model tersebut sehingga dapat dibandingkan dan diperoleh model yang optimal. Parameter dalam uji validasi silang pada IDW antara lain *mean error* (ME) dan *root mean squared error* (RMSE) terdapat pada Persamaan 12 – Persamaan 13. Sedangkan pada model Ordinary kriging, selain menggunakan dua parameter sebelumnya pada IDW, juga terdapat parameter lain untuk melihat seberapa baik model tersebut dihasilkan, antara lain *average kriging standard error* (AKSE), *mean standardized prediction error* (MSPE) dan *root mean square standardized prediction error* (RMSSPE) yang dapat dilihat pada Persamaan 14 - Persamaan 16 (Johnston dkk, 2001):

$$ME = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \hat{Z}(x_i) - z(x_i) \quad (12)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N \{\hat{Z}(x_i) - z(x_i)\}^2}{N}} \quad (13)$$

$$AKSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N \hat{\sigma}(x_i)}{N}} \quad (14)$$

$$MSPE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \hat{Z}(x_i) - z(x_i) / \hat{\sigma}(x_i) \quad (15)$$

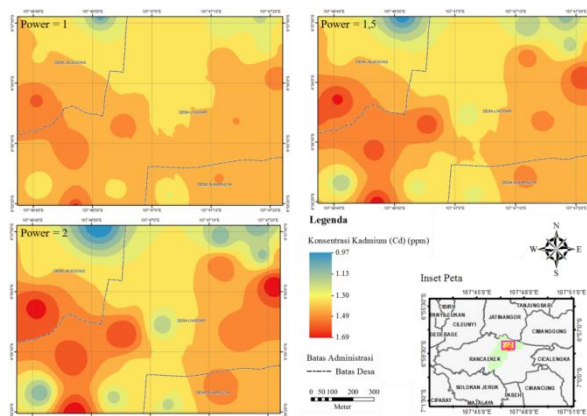
$$RMSSPE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N [\hat{Z}(x_i) - z(x_i) / \hat{\sigma}(x_i)]^2}{N}} \quad (16)$$

Dimana $\hat{Z}(x_i)$ dan $z(x_i)$ adalah nilai estimasi dan pengukuran di lokasi x_i . sedangkan $\hat{\sigma}(x_i)$ adalah standar error prediksi pada lokasi x_i . Sedangkan dalam uji validasi menggunakan data baru maka akan digunakan nilai *mean error* (ME) dan *root mean squared error* (RMSE) dari setiap model yang dihasilkan.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Model Inverse Distance Weight (IDW)

Peta estimasi persebaran konsentrasi kadmium di tanah tercemar dengan menggunakan berbagai nilai *power* dapat dilihat pada **Gambar 7**. Secara umum, semua model menghasilkan konsentrasi yang tinggi di bagian barat dan timur wilayah penelitian dan fenomena distribusi kadmium yang ditemukan tidak jauh berbeda berdasarkan setiap nilai *power* yang digunakan. Model ini menunjukkan variasi lokal meningkat dengan adanya peningkatan nilai *power* akibat perhitungan matematis model IDW. Model yang dihasilkanpun menghasilkan beberapa *bull eyes* ketika distribusi konsentrasi kadmium di setiap titik ditampilkan di dalam sebuah peta.



Gambar 7. Model IDW dengan Nilai Power 1, 2, dan 3

Tabel 1. Validasi Silang IDW

Nilai Power	(ME)	(RMSE)
1	0,0005	0,2
1.5	0,0024	0,2023
2	0,0047	0,2063

Tabel 2. Validasi Data Baru Model IDW

Nilai Power	(ME)	(RMSE)
1	0,006	0,14
1.5	0,006	0,12
2	0,007	0,09

Semua nilai ME pada validasi silang dan validasi menggunakan data baru memiliki nilai yang mendekati 0 yang menunjukkan bahwa terjadinya *over estimated* dan *under estimated* dalam prediksi adalah cukup seimbang. RMSE pada validasi silang menunjukkan nilai yang hampir sama di setiap penggunaan nilai power, sedangkan ketika validasi dilakukan menggunakan data baru maka diperoleh nilai RMSE dengan nilai power = 2 memiliki nilai yang lebih kecil dibandingkan pada nilai power 1 dan 2. Hasil dari validasi silang dan validasi menggunakan data baru pada model IDW dapat dilihat pada Tabel 1 dan Tabel 2.

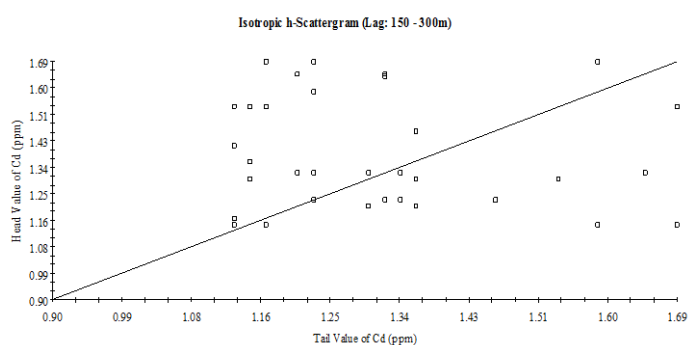
4.2. Kontinuitas Spasial Kadmium

Kontinuitas spasial dilakukan untuk melihat karakteristik dari hubungan setiap sampel di masing-masing lokasi. Analisis kontinuitas pada kadmium dilakukan secara isotropi dan anisotropi di dalam analisis *h-scattergram*. Sementara itu untuk analisis semivariogram, pemilihan analisis isotropi atau anisotropi dilakukan berdasarkan gambaran yang diperoleh dari hasil *h-scattergram*.

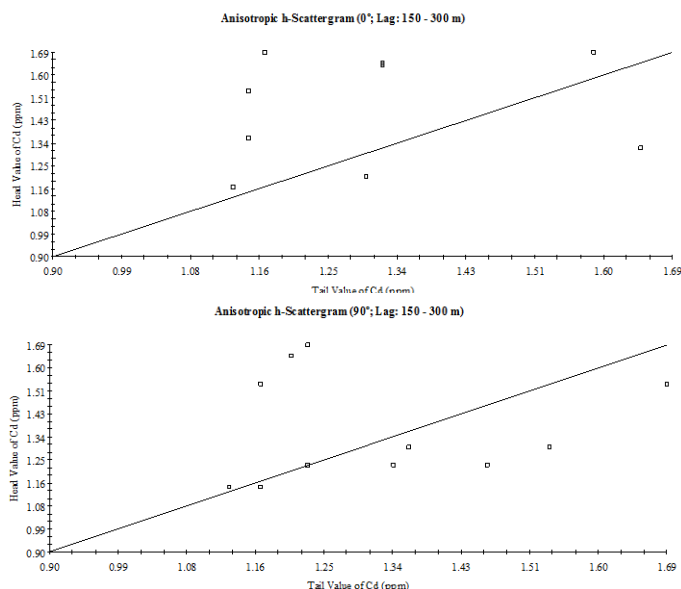
4.2.1. H-scattergram

Berdasarkan analisis *h-scattergram* secara isotropi diperoleh bahwa jumlah pasangan data semakin besar ketika nilai *lag* lebih dari 150 m terkait dengan jarak rata-rata setiap sampel dalam penelitian. Ketika menggunakan lag antara 150 – 350 m, *h-scattergram* menunjukkan adanya beberapa korelasi yang ditandai dengan adanya beberapa titik yang berada di garis 45° yang dapat dilihat pada Gambar 8. Walaupun demikian, juga banyak pasangan lainnya ditemukan berada cukup jauh dari garis 45° sehingga terlihat dari gambar tersebut sebagian data mengalami dispersi.

Hasil yang diperoleh di atas menunjukkan bahwa perlu dilakukan analisis lanjutan melalui *h-scattergram* secara anisotropi untuk mengetahui arah azimut yang menunjukkan setiap pasangan data memiliki hubungan yang kuat dan arah azimut yang menunjukkan pasangan data memiliki hubungan yang paling lemah. Berdasarkan Gambar 9 diperoleh bahwa arah azimut yang menunjukkan korelasi spasial yang kuat adalah pada azimut 90° dari arah utara dan korelasi spasial yang paling lemah ditemukan pada azimut 0° dari arah utara.



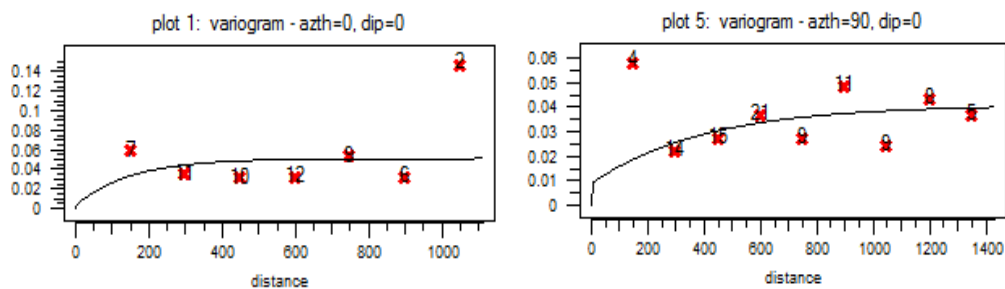
Gambar 8. *h-scattergram* Isotropi dengan lag 150 – 300 m



Gambar 9. *h-scattergram* Anisotropi dengan lag 150 – 300 m dengan azimut 0° (atas) dan azimut 90°(bawah)

4.2.2. Semivariogram

Berdasarkan analisis *h-scattergram* yang telah dihasilkan, dapat ditentukan bahwa analisis semivariogram yang digunakan adalah secara anisotropi. Secara anisotropi, nilai *range* maksimum diperoleh ketika menggunakan azimuth sebesar 90^0 dari arah utara dengan menggunakan model eksponensial yaitu 1215 m. Nilai *range* minimum diperoleh ketika menggunakan nilai azimuth 0^0 dari arah utara dengan model teoritis eksponensial yaitu 450 m. Hasil analisis semivariogram dari kedua azimuth tersebut dapat dilihat pada Gambar 10. Pada Tabel 3 dapat dilihat bahwa nilai *nugget* yang dihasilkan tidak jauh berbeda dari kedua azimuth namun yang cukup berbeda adalah pada nilai *sill* yang diperoleh di dalam semivariogram. Hal tersebut disebabkan karena korelasi spasial yang berbeda dari setiap pasangan sampel di setiap azimuthnya.



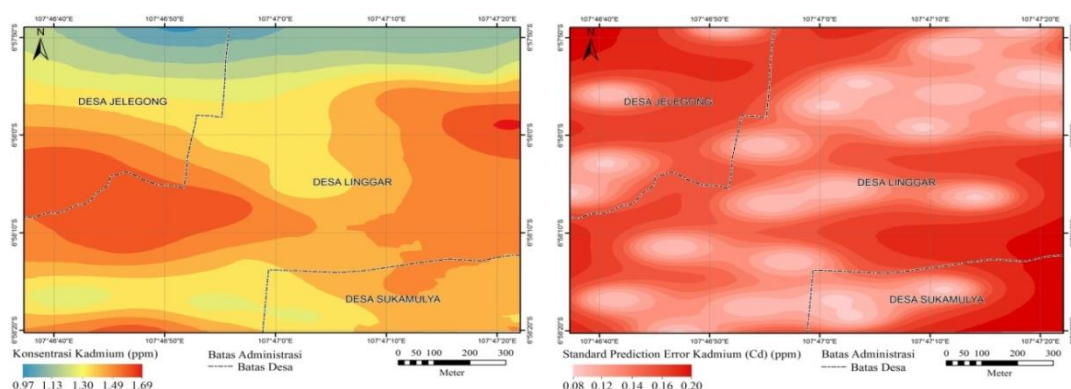
Gambar 10. Model Semivariogram pada Azimut 0^0 (kiri) dan Azimut 45^0 (kanan)

Tabel 3. Parameter Model Semivariogram Anisotropi Kadmium berdasarkan Azimut

Azimut (derajat dari Utara)	Nugget (C_0) (ppm)	Sill (C) (ppm)	Range(m)	Model
0	0,003	0,048	450	eksponensial
90	0,009	0,032	1215	eksponensial

4.3. Model Ordinary Kriging

Model Ordinary Kriging yang dijalankan berdasarkan semivariogram yang diperoleh pada pembahasan sebelumnya yaitu model semivariogram anisotropi. Hasil prediksi persebaran konsentrasi kadmium dan standar prediksi eror secara anisotropi dapat dilihat pada Gambar 11. Jika hasil ini dibandingkan dengan IDW (Gambar 7), model Ordinary Kriging menghasilkan prediksi konsentrasi yang tinggi di bagian barat dan timur di wilayah penelitian tanpa adanya gangguan berupa *bullseyes* di dalam peta. Hal ini menyebabkan hasil prediksi lebih bersifat representatif dan lebih mudah untuk memahami bagaimana menjelaskan persebaran dari logam berat (kadmium) itu sendiri.



Gambar 11. Prediksi (kiri) dan Standar Prediksi Error (kanan) pada Kadmium (Cd) Menggunakan Ordinary Kriging Anisotropi

Berdasarkan model Ordinary Kriging yang telah dihasilkan terlihat bahwa terdapat asosiasi antara persebaran logam berat kadmium dengan aliran sungai. Sebagian besar kadmium dengan konsentrasi tinggi yaitu lebih dari 1,49 ppm di dalam tanah dapat ditemukan di sekitar aliran sungai. Konsentrasi tinggi dari

kadmium di dalam tanah memiliki distribusi dengan bentuk memanjang seperti pola aliran sungai Cikijing yang terdapat di wilayah penelitian. Sementara itu, berdasarkan model standar prediksi eror yang diperoleh dari Ordinary Kriging, terlihat bahwa tingkat kesalahan prediksi menjadi kecil ketika melakukan prediksi di bagian tengah, timur laut dan barat daya dari wilayah penelitian. Hal ini dipengaruhi oleh densitas dan korelasi spasial dari persebaran sampel dalam membangun model Ordinary Kriging itu sendiri.

Dalam melakukan validasi silang pada Ordinary Kriging maka diperoleh diperoleh nilai *mean prediction error* (ME) sebesar -0,0004 dan *mean standardize prediction error* sebesar 0,0009 sehingga model yang dihasilkan bersifat tidak bias yang dibuktikan bahwa nilai dari kedua parameter tersebut sangat mendekati 0. Nilai *root mean squared prediction error* (RMSE) yang diperoleh adalah 0,19 dengan *average standar prediction error* sebesar 0,189. Kedua parameter ini memiliki nilai yang hampir sama sehingga menunjukkan pengkajian terhadap variabilitas data telah dilakukan secara benar di dalam melakukan prediksi. Di sisi lain, ketika melakukan validasi menggunakan data baru maka diperoleh *Mean Prediction Error* (ME) sebesar -0,022 dan *Root Mean Square Prediction Error* (RMSE) sebesar 0,07. Ringkasan dari parameter validasi silang dan validasi menggunakan data baru dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Validasi Silang dan Validasi Menggunakan Data Baru dalam Model Ordinary Kriging

Parameter Validasi	Validasi Silang	Validasi Menggunakan Data Baru
<i>Mean Error</i> (ME)	-0,0004	-0,022
<i>Root Mean Square Error</i> (RMSE)	0,19	0,07
<i>Mean Standardize Prediction Error</i>	0,0009	
<i>RMS Standardize Prediction Error</i>	1,026	
<i>Average Kriging Standard Error</i>	0,189	

4.4 Perbandingan Model

Ketika membandingkan hasil estimasi dari setiap model baik menggunakan *Inverse Distance Weight* (IDW) maupun model Ordinary Kriging (OK) maka diperoleh bahwa model Ordinary Kriging dengan menggunakan analisis semivariogram secara anisotropi menghasilkan estimasi yang lebih baik dibandingkan dengan *Inverse Distance Weight* (IDW). Hal ini terbukti dengan diperolehnya nilai kesalahan yang kecil (RMSE) dalam prediksi dan tidak bersifat bias baik pada validasi silang dan validasi menggunakan data baru.

5. KESIMPULAN

Analisis *h-scattergram* dan semivariogram dalam Ordinary Kriging sangat membantu dalam memahami kontinuitas spasial setiap data berdasarkan jarak dan arahnya (azimut). Berbeda dengan model IDW yang lebih fokus kepada faktor pemberat berdasarkan jarak setiap data dengan titik estimasi di dalam persamaan matematisnya. Berdasarkan peta yang dihasilkan dari kedua model, terlihat bahwa model yang dihasilkan oleh Ordinary Kriging lebih mudah dimengerti dibandingkan model IDW karena menghasilkan sebaran tingkat pencemaran tanpa adanya *bulleyes* pada sebuah peta.

Model Ordinary kriging menghasilkan hasil prediksi yang lebih baik dibandingkan *Inverse Distance Weight* (IDW) berdasarkan hasil *Root Mean Square Error* (RMSE) pada proses validasi silang maupun validasi menggunakan data baru. Walaupun demikian hasil prediksi yang dihasilkan oleh IDW masih cukup baik berdasarkan nilai yang diperoleh dari parameter validasi dan penggunaannya lebih sederhana dan mudah dibandingkan Ordinary Kriging.

Pengaplikasian SIG juga sangat mendukung dalam memahami persebaran tanah yang tercemar oleh kadmium berdasarkan model yang dihasilkan, khususnya pada model Ordinary Kriging. Hal ini dikarenakan SIG mampu menyediakan informasi spasial untuk melihat hubungan setiap atribut spasial yang terdapat di wilayah kajian dengan model yang dihasilkan. Dalam penelitian ini terlihat bahwa adanya hubungan lokasi persebaran kawasan industri tekstil dan jaringan sungai dengan model yang dihasilkan, dimana sebagian besar dari konsentrasi tinggi kadmium di dalam tanah dapat ditemukan di sekitar atau di sepanjang jaringan sungai yang berasal dari aktivitas industri di wilayah utara penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Barnet, Vic. (2000), *Geostatistics for Environmental Scientist*, John Wiley & Sons, Ltd., West Sussex, England.
- BPLHD Kabupaten Bandung. (2003), *Penyusunan Status Kerusakan Tanah Untuk Produksi Biomassa*, BPLHD, Kabupaten Bandung.
- Brenning, A. (2013), *GEOSTAT: 2013, Geostatistic (1)*, University of Waterloo, Canada.
- David, M. (1977), *Geostatistical Ore Reserve Estimation*, Elsevier Scientific Publ. Co., Amsterdam.
- Fachinelli, A., Sacchi, E., dan Mallen, L. (2001), Multivariate Statistical and GIS-Based Approach to Identify Heavy Metal Sources in Soils, Italy, *Journal of Environmental Pollution*, 114, 313-324.
- Goovaerts, P. (1997), *Geostatistics for Natural Resources Evaluation*, Oxford University Press, New York.
- Goovaerts, P. (2001), Geostatistical modelling of uncertainty in soil science, *Elsevier: Geoderma*, 103, 3-26.
- Isaaks, E.H. dan Shrivastava R.M. (1989), *An Introduction to Applied Geostatistics*, Oxford University Press, New York.
- Johnston et al. (2001), *Using ArcGIS Geostatistical Analyst*, ESRI, New York Street – Redlands.
- Kurnia, U., Suganda, H., Saraswati, R., dan Nurjaya. (2003), Teknologi Pengendalian Pencemaran Lahan Sawah. Bogor, *Prosiding Balai Penelitian Tanah Bogor*, 9, 254.
- Milillo, T.M., Sinha, G., dan Gardella, J.A. (2012), Use of Geostatistics for Remediation Planning to Transcend Urban Political Boundaries. USA, *Journal of Environmental Pollution*, 70, 52-62.
- Oliver, M.A. dan Webster, R. (2014), A Tutorial Guide Geostatistics: Computing and Modelling Variograms and Kriging, *Elsevier (Jurnal of Catena)*, 113, 56-59.
- Webster R., dan Oliver M. (2007), *Geostatistics for Environmental Scientists, 2nd Edition (Statistics in Practice)*, John Wiley & Sons, United Kingdom.
- Zhao, Y.F., et al. (2007), Spatial distribution of heavy metals in agricultural soils of an industry-based peri-urban area in Wuxi, China, *Pedosphere*, 17(1), 44-51.

NOTULENSI DISKUSI SESI METODE ANALISIS DAN PEMODELAN SPASIAL

Judul Makalah:

PEMODELAN POTENSI EROSI DI DAS SERANG HULU BERBASIS LOGIKA *FUZZY*
A.N Khasanah, M.A.Setyawan

Pertanyaan Oleh: Candra, S1 Pendidikan Geografi UPI

Mengapa akumulasi kinetik di tanah lebih besar daripada akumulasi vegetasi?

Jawaban:

Akumulasi tanah → air hujan/rintikan hujan langsung jatuh ke tanah sehingga akumulasi kinetiknya lebih besar. Akumulasi vegetasi berdasarkan jenis daun, daun lebar atau daun runcing.

Pertanyaan Oleh: Jefri

Parameter → erodibilitas. Faktor apa yang digunakan untuk menentukan faktor erodibilitas?

Jawaban:

Parameter fisik → tekstur tanah, bahan organik tanah, permeabilitas tanah, semua diambil sampelnya di lapangan.

Judul Makalah:

PEMODELAN SPASIAL UNTUK ANALISIS WILAYAH POTENSI LONGSOR
DENGAN MENGGUNAKAN METODE SINMAP (*STABILITY INDEX MAPPING*) DI
KABUPATEN BANDUNG
Andri Noor Ardiansyah

Pertanyaan Oleh: Imam, Kementerian Kehutanan

Kenapa daerah stabil kenapa dibagi 3, kenapa yang lain tidak dibagi 3. Kesimpulan 39% kondisi longsor yang terjadi pada daerah yang stabil?

Jawaban:

Pembagian kelasnya secara rinci, oleh karena itu pembagiannya dibagi menjadi 3. Mungkin potensi stabil rendah mungkin bisa memiliki potensi untuk terjadi longsor. Longsornya yang tertimpa, sumber longsor ada pada zona potensi longsor, tapi di lapangan longsor tersebut jatuh pada zonasi aman.

Judul Makalah:

INTERVAL KONFIDENSI UNTUK ESTIMASI PARAMETER (STUDI KASUS : DATA
MAGNITUDE GEMPABUMI BULAN JULI TAHUN 2015 BERDISTRIBUSI NORMAL)
Anggara Setyabawana Putra, Theresia Retno Wulan

Pertanyaan Oleh: Hanif, Matematika

Kenapa dibatasi dengan distribusi normal, akan lebih bagus bila dibatasi dengan metode yang lain ?

Jawaban:

Banyak distribusi yang memungkinkan : parametrik dan non parametrik. Kebanyakan studi pustaka menggunakan distribusi normal. Kebanyak data yang tidak berdistribusi normal dipaksakan untuk normal.

Pertanyaan Oleh: Dwiyanti, Geografi UGM

Apakah data juli 2015 apakah benar berdistribusi normal? bisa diperlihatkan grafik distribusi normal ?

Jawaban:

Tidak ada grafik.

Pertanyaan Oleh:

Manfaat secara teknis untuk interfal konfidensi?

Jawaban:

Parameter mui(μ) dan alfa (α) untuk uji hipotesis. Pemanfaatan praktis, mencari besaran gempa maksimal dan minimal pada bulan tersebut.

Judul Makalah:

PEMODELAN SPASIAL MENGGUNAKAN *INVERSE DISTANCE WEIGHT* (IDW) DAN *ORDINARY KRIGING* DALAM EVALUASI TANAH TERCEMAR LOGAM BERAT DI LAHAN PERTANIAN (STUDI KASUS: RANCAEKEK)

Jefri Ferliande, Idris Maxdoni Kamil, Akhmad Riqqi

Pertanyaan Oleh: Candra, S1 Pendidikan Geografi UPI

Mengapa menggunakan metode stratified random sampling?

Jawaban:

Karena topografi di wilayah penelitian beragam dari utara hingga selatan sehingga memerlukan sampel random berdasarkan topografi

Pertanyaan Oleh: Dewa (S2 Geo Informasi)

Jika diterapkan di wilayah lain apakah hasilnya akan sama?

Jawaban:

Setiap wilayah unik, hasilnya akan berbeda setiap tempat.

PENGOLAHAN CITRA DIGITAL PENGINDERAAN JAUH

R1C – RUANG KULIAH 1 PUSPICS,
25 NOVEMBER 2015 (11.00 – 12.15)

009 PEMOTRETAN UDARA WILAYAH *UNRESOLVED SEGMENT*
PERBATASAN RI-RDTL DALAM RANGKA PENYELESAIAN
SENGKETA BATAS NEGARA

Andriyana Lailissaum

015 EVALUASI METODE OTOMATISASI *CLOUD REMOVAL*
BERDASARKAN NDVI PADA CITRA MULTITEMPORAL

*Atika Cahyawati, Macya Sita Nurdiana, Yosi Nuki Fitra Pratama,
Randy Aswin*

074 PENAMBANGAN CITRA (*IMAGE MINING*) PENGINDERAAN
JAUH UNTUK PEMETAAN KERAWANAN LONGSOR LAHAN
DI KABUPATEN TEMANGGUNG

Nur Mohammad Farda

118 PENGARUH JUMLAH DAN METODE PENGAMBILAN TITIK
SAMPEL PENGUJI TERHADAP TINGKAT AKURASI
KLASIFIKASI CITRA DIGITAL PENGINDERAAN JAUH

Projo Danoedoro

PEMOTRETAN UDARA WILAYAH UNRESOLVED SEGMENT PERBATASAN RI-RDTL DALAM RANGKA PENYELESAIAN SENGKETA BATAS NEGARA

Andriyana Lailissaum

Badan Informasi Geospasial

Jl. Raya Jakarta-Bogor KM 46 Cibinong 16911

Email : Andriyana.lailissaum@gmail.com

*Corresponding author : Andriyana.lailissaum@gmail.com

ABSTRAK

Persetujuan sementara antara Pemerintah Republik Indonesia dan Pemerintah Republik Demokratik Timor Leste mengenai Perbatasan Darat dituangkan dalam *Provisional Agreement* yang disepakati di Dili tanggal 8 April 2005. Pada *Provisional Agreement* tahun 2005 terdapat 3 *Unresolved segmen* antara Indonesia dan Timor Leste yang belum disepakati, yaitu Dilumil/Memo, Noel Besi/Citrana dan Bijael Sunan/Oben. Segment Dilumil/Memo telah diselesaikan melalui addendum *Provisional Agreement* pada tahun 2013. Hingga saat ini masih tersisa 2 wilayah *Unresolved Segment*, yaitu segmen Noel Besi/Citrana dan Bijael Sunan/Oben. Belum jelasnya garis batas negara pada wilayah *Unresolved segmen* membuat masyarakat kedua negara sering terlibat konflik batas. Salah satu penyebab utama terjadinya konflik adalah perebutan kewenangan di wilayah *Unresolved segmen*. Aktivitas pembangunan fisik berupa bangunan kayu atau beton serta pembuatan sawah atau ladang di wilayah *unresolved segment* berpotensi memicu terjadinya konflik antar masyarakat kedua negara. Pemotretan udara dimaksudkan untuk menghasilkan foto udara resolusi tinggi dengan menggunakan wahana UAV yang akan digunakan untuk analisa perkembangan ladang dan sawah di wilayah *Unresolved segmen*. Foto udara juga digunakan untuk mengidentifikasi perkembangan pemukiman di wilayah *Unresolved Segment*. Hasil pemotretan udara juga digunakan untuk menganalisa fitur fitur alam di wilayah *Unresolved Segment* yang berpotensi menjadi solusi penentuan garis batas negara yang belum disepakati.

KATA KUNCI : *Provisional Agreement, Unresolved Segment, UAV*

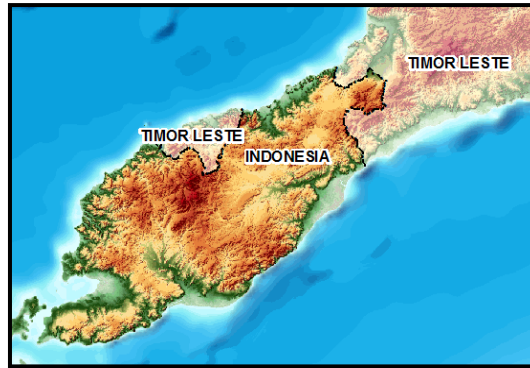
1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sempat menjadi bagian dari wilayah kedaulatan Indonesia, Timor-Timur atau yang sekarang di juluki Timor Leste pada akhirnya memilih berpisah dan merdeka. Indonesia harus bisa menerima kenyataan untuk segera mengakhiri kekuasaannya ketika dalam jajak pendapat 78,5 persen rakyat Timor-Timur memilih opsi sebagai negara merdeka. Pengakuan internasional terhadap kemerdekaan Timor Timur pada tahun 2002 semakin mengukuhkan posisinya sebagai negara berdaulat, dengan sebutan resmi *Republic Democratic of TimorLeste* (RDTL). Sebagai konsekuensi logis, Pemerintah Indonesia dan Pemerintah Timor Leste harus segera menentukan garis batas negara untuk dijadikan dasar pengelolaan wilayah masing masing.

Persetujuan sementara antara Pemerintah Republik Indonesia dan Pemerintah Republik Demokratik Timor Leste mengenai Perbatasan Darat dituangkan dalam *Provisional Agreement* yang disepakati di Dili tanggal 8 April 2005. PA 2005 dibuat berdasarkan Konvensi Perbatasan antara Portugis dan Kerajaan Belanda di Pulau Timor atau disebut Traktat/*Treaty* 1904 yang di tandatangani di Den Haag pada Tanggal 1 Oktober 1904, *Arbitral Award Rendered in Execution of the compromis* yang ditandatangani di Den Haag tanggal 3 April 1913, antara Belanda dan Portugal mengenai masalah perbatasan yang menjadi bagian kepemilikan kedua negara terhadap Pulau Timor yang di tandatangani di Paris pada tanggal 25 Juni 1914. Persetujuan sementara ini ditandatangani oleh Menteri Luar Negeri Pemerintah Republik Indonesia Dr. N. Hassan Wirajuda dan Menteri Luar Negeri Pemerintah Republik Demokratik Timor Leste Dr. Jose Ramos Horta.

Perbatasan Indonesia dengan Timor Leste terdiri dari 2 sektor, yaitu sektor barat dan sektor timur. Panjang garis batas sektor timur sekitar 149,1 Km sedangkan panjang garis batas sektor barat sekitar 119,7 Km. Seluruh garis batas negara sektor timur telah disepakati. Progres penegasan garis batas negara di sektor timur jauh lebih maju daripada sektor barat, hingga saat ini di sektor timur telah dipasang 574 buah pilar batas negara, jauh lebih banyak daripada sektor barat yang baru terpasang 13 pilar batas negara. Pemasangan pilar batas negara di garis batas sektor barat masih terhambat karena terdapat *unsurvey segmen* dan *unresolved segment*.



Gambar 1. Perbatasan RI-RDTL

Berdasarkan pertemuan TSCBDR (*Technical Sub-Committee on Border Demarcation and Regulation*) antara Indonesia dan Timor-Leste pada tanggal 2-4 Desember 2005 di Surabaya, ada 3 *unresolved segments* antara RI-RDTL yaitu Dilumil/Memo, Manusasi/Oben, dan Noel Besi/Citrana. Segmen Dilumil/Memo sudah diselesaikan melalui *Addendum PA 2005* pada tahun 2013, sehingga saat ini masih ada 2 *unresolved segments* antara RI-RDTL yang belum diselesaikan yaitu segmen Noel Besi/Citrana dan Manusasi/Oben.

Pada peta lampiran *provisional agreement* tahun 2005 terdapat 3 jenis garis batas negara antara Indonesia dan Timor Leste, yaitu *Approximate Border Line*, *On The Going Technical Prosesing* dan *Unresolved Segment*. *Approximate Border Line* adalah garis batas negara yang sudah disepakati, *On The Going Technical Prosesing* adalah garis batas negara yang belum disepakati dan sedang dalam proses penyelesaian (*Unsurvey Segment*). *Unresolved Segment* adalah garis batas negara yang belum disepakati karena kedua negara memiliki penafsiran masing masing terhadap garis batas negara.

1.2 Area Pemotretan

Pemotretan Udara dilakukan di 2 wilayah yang berbeda. Wilayah pertama (segmen Bijael Sunan/Oben) terletak di kecamatan Miomafo Barat, kabupaten Timor Tengah Utara dan wilayah kedua (segmen Noelbesi/Citrana) terletak di kecamatan Amfoang Timur, kabupaten Kupang. Wilayah pemotretan dapat dilihat pada *gambar 2*.



Gambar 2. *Unresolved Segmen*

1.3 Batasan Kajian

Ruang lingkup kajian ini adalah sebagai berikut :

1. Pemotretan Udara menggunakan Pesawat Tanpa Awak Tipe *Airbone Platform*
2. Pengukuran *Ground Control Point* menggunakan GPS geodetic dengan metode *differensial static*
3. Menggunakan kamera *Digital Sony Nex 5* dengan Lensa Fix resolusi 18 *Mega Pixel* dan *focal length* 16 mm
4. Uji ketelitian horizontal Foto Udara hasil pemotretan menggunakan *Independen Control Point*

2. METODE

2.1 Pembuatan Blok

Luas area pemotretan pada segmen Bijael Sunan/Oben adalah 30 Km². Luas area pemotretan pada segmen Noelbesi/Citrana adalah 50 Km². Pesawat UAV yang digunakan dalam kegiatan ini tidak bisa melakukan pemotretan udara di seluruh wilayah dalam sekali terbang. Pesawat UAV hanya mampu terbang dalam jangka waktu sekitar 60 menit. Untuk itu wilayah pemotretan perlu dibagi menjadi beberapa blok. Pada umumnya pesawat harus mampu menyelesaikan pemotretan satu blok dalam sekali terbang. Segmen Bijael Sunan/oben dibagi menjadi 8 blok sedangkan untuk segmen Noel Besi/citrana dibagi menjadi 12 blok. Blok berupa persegi dengan ukuran 2 Km x 2 Km.

2.2 Pembuatan Jalur Terbang

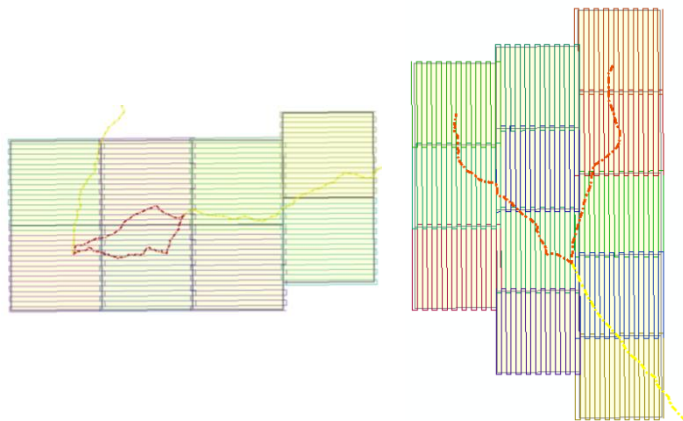
Rencana jalur terbang sangat bergantung pada *Ground Sampling Distance (GSD)*, jenis pesawat dan kamera yang digunakan. Nilai GSD yang ingin dicapai adalah < 25 cm. Pesawat UAV yang digunakan adalah Tipe *Airborne Platform* (Fix Wings) dengan kemampuan terbang maksimal sekitar 80 menit. Kamera yang digunakan adalah kamera *Digital Sony Nex 5* dengan Lensa Fix resolusi 18 *Mega Pixel* dan *focal length* 16 mm. Jalur terbang dibuat dengan *software mission planer* dengan memasukkan beberapa parameter yang telah diketahui. Parameter yang dibutuhkan untuk membuat jalur terbang dengan *software mission planer* adalah sebagai berikut :

1. Parameter Kamera dan Lensa

Keterangan	Nilai
Focal Length (mm)	16
Image Height (Pixel)	4912
Image Weight (Pixel)	3264
Sensor Height (mm)	23.4
Sensor Weight (mm)	15.6

2. Parameter Penerbangan

- Area Pemotretan
- Kecepatan Pesawat
- Tinggi Terbang :
- Overlap dan Sidelap



Gambar 3. Blok dan Rencana Jalur Terbang

Dari parameter tersebut akan dihasilkan jalur terbang beserta dengan spesifikasinya. Jika spesifikasi jalur terbang tidak sesuai maka parameter yang digunakan untuk membuat jalur terbang harus diganti. Spesifikasi jalur terbang dijelaskan sebagai berikut :

- Distance : Jarak yang ditempuh oleh pesawat untuk menyelesaikan pemotretan dalam 1 blok
- Distance between image : Jarak antar pengambilan satu foto dengan foto yang lain
- Ground Resolution : Jika nilai ground Resolution sebesar 16 cm itu artinya setiap pixel pada foto udara mewakili 16 cm pada keadaan sebenarnya.
- Footprint : Luas wilayah yang mampu direkam dalam 1 buah foto
- Flight Time : Waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan pemotretan dalam 1 blok

2.1 Pemasangan Premark

Pada segmen Manusasi/Oben dipasang 22 buah *Ground Control Point* (GCP) dan 8 buah *Independent Control Point* (ICP). Pada segmen Noel Besi/Citrana dipasang 28 buah GCP dan 8 buah ICP. GCP digunakan sebagai titik ikat pada saat proses *orthorektifikasi* sedangkan ICP digunakan untuk mendapatkan ketelitian horizontal foto udara hasil pemotretan. GCP dan ICP dibuat dari bahan terpal berwarna mencolok dengan panjang sayap 50 cm. GCP mempunyai bentuk kaki empat sedangkan ICP berbentuk kaki tiga.



Gambar 4. Ground Control Point



Gambar 5. Independent Control Point

2.2 Pengukuran Premark

Premark diukur menggunakan GPS Geodetic dual Frekuensi. Pengukuran dilakukan secara *differential static* dengan pengolahan data secara *post processing*. Lama pengamatan sekitar 30-45 menit dengan interval perekaman data 1 detik. Pengukuran GCP dan ICP terikat dengan 2 buah pilar CBDRF (*Common Border Datum Reference Frame*). Pilar CBDRF merupakan pilar acuan yang telah disepakati oleh Indonesia dan RDTL sebagai referensi dalam pekerjaan pemetaan di wilayah perbatasan RI-RDTL. Pilar CBDRF digunakan sebagai titik ikat dalam pengukuran pilar batas negara, delineasi garis batas negara dan pengukuran Premark pada pekerjaan UAV di perbatasan RI-RDTL. Indonesia memiliki 49 pilar CBDRF yang tersebar di wilayah perbatasan. Pilar CBDRF yang digunakan adalah Pilar CBDRF Manusasi, Oelbinose, Oepoli Koki dan Oepoli Pantai.

2.5 Pemotretan Udara

Pemotretan udara sangat bergantung pada kondisi cuaca di wilayah pemotretan. Angin yang bertiup di wilayah Manusasi dan Oepoli cukup kencang sehingga membuat pemotretan udara berjalan lambat. Pemotretan udara juga harus memperhatikan posisi matahari, pemotretan udara tidak boleh dilakukan terlalu pagi atau terlalu sore karena akan mengakibatkan foto hasil pemotretan penuh dengan bayangan, terutama pemotretan di wilayah perbukitan dan pegunungan.

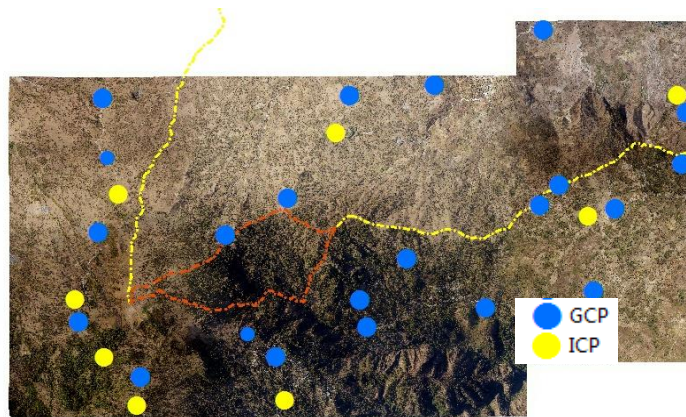
2.6 Pengolahan Data

Ketelitian hasil ukuran GPS digambarkan dengan nilai Standar Deviasi. Pengolahan data GPS dilakukan menggunakan software komersial *Trimble Total Control*. Nilai tinggi hasil ukuran GPS yang masih mengacu kepada *ellipsoid* kemudian dikonversi menjadi tinggi *orthometrik* dengan menggunakan EGM 2008. Pengolahan foto udara dilakukan menggunakan software *Agisoft PhotoScan*. Proses mozaik foto udara dilakukan per blok, kemudian dilakukan mozaik antar blok lalu dilakukan rektifikasi menggunakan GCP yang telah diukur sebelumnya.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Ground Control Point dan Independent Control Point

Persebaran GCP dan ICP kurang proporsional dikarenakan medan di area pemotretan yang sangat berat. Faktor lain yang sangat berpengaruh dalam persebaran GCP dan ICP adalah faktor keamanan. Pemasangan GCP dan ICP di wilayah Timor Leste tidak bisa dilakukan dengan leluasa karena waktu yang sangat terbatas.



Gambar 6. Persebaran GCP dan ICP di wilayah Pemotretan Segmen Bijael Sunan/oben

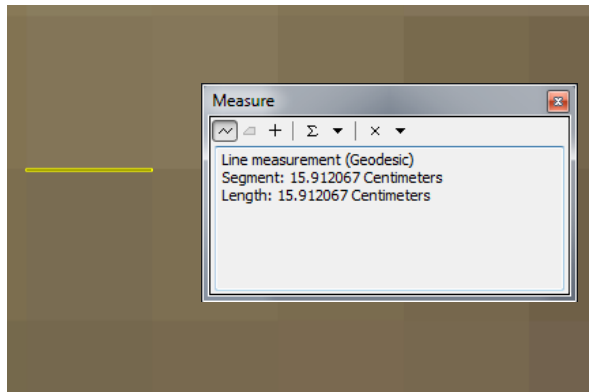


Gambar 7. Persebaran GCP dan ICP di wilayah Pemotretan segmen Noelbesi/Citrana

Ketelitian koordinat pengukuran GCP dan ICP digambarkan dengan nilai Standar Deviasi. Nilai Standar Deviasi Horizontal rata rata dan nilai Standar Deviasi Vertikal rata rata untuk pengukuran GCP dan ICP di seluruh Segmen *Bijael Sunan/oben* adalah 23.66 cm dan 26.95. Nilai Standar Deviasi Horizontal rata rata dan nilai Standar Deviasi Vertikal rata rata untuk pengukuran GCP dan ICP di seluruh Segmen *Noelbesi/Citrana* adalah 31.13 cm dan 35.89 cm. Nilai Standar Deviasi Horizontal rata rata dan nilai Standar Deviasi Vertikal di kedua wilayah pemotretan adalah 27.40 cm dan lah 31.20 cm.

3.2 *Ground Sampling Distance*

Ground Sampling distance merupakan ukuran kualitas sebuah foto udara. Semakin kecil nilai GSD maka foto udara akan semakin tajam. Nilai GSD menggambarkan cakupan wilayah yang mampu digambarkan dalam 1 pixel. Sebagai contoh, jika nilai GSD foto udara adalah 16 cm maka 1 pixel dalam foto tersebut mewakili 16 cm x 16 cm pada keadaan sebenarnya. Setelah dilakukan pengecekan pada foto udara hasil pemotretan didapatkan nilai GSD sekitar 16 cm. Nilai GSD yang mencapai 16 cm sudah cukup untuk menganalisa keberadaan rumah, gubuk dan bangunan lain di wilayah *Unresolved Segmen*



Gambar 8. Pengecekan GSD



Gambar 9. Identifikasi Bangunan

3.3 Uji Ketelitian Horisontal Foto Udara

Untuk mengetahui kualitas foto udara maka perlu dilakukan uji ketelitian horizontal foto udara. Metode yang digunakan adalah dengan membandingkan posisi ICP di foto udara dengan koordinat ICP hasil pengukuran GPS. ICP tidak digunakan dalam proses rektifikasi foto udara seperti layaknya GCP sehingga pergeseran ICP dari titik koordinat yang telah diukur menggunakan GPS dianggap sebagai nilai ketelitian horizontal foto udara. Beberapa ICP tidak dapat diinterpretasi melalui foto udara. Uji ketelitian horizontal tetap dilakukan menggunakan ICP yang masih dapat diinterpretasi pada foto udara.

Tabel 1. Uji Ketelitian Horisontal Segmen Bijael Sunan- Oben

No	Nama	X-FOTO	X-UKUR	DX	DX ²	Y-FOTO	Y-UKUR	DY	DY ²	DX ² + DY ²
1	ICP_01	642737.315	642737.526	-0.211	0.045	8951329.962	8951328.886	1.076	1.158	1.203
2	ICP_02	646768.627	646768.627	0.000	0.000	8951768.304	8951768.304	0.000	0.000	0.000
3	ICP_03	645705.595	645705.336	0.259	0.067	8950320.626	8950320.989	-0.363	0.132	0.199
4	ICP_04	640158.231	640158.450	-0.219	0.048	8950598.705	8950598.578	0.127	0.016	0.064
5	ICP_05	639640.617	639640.811	-0.194	0.038	8949337.744	8949337.865	-0.121	0.015	0.052
6	ICP_06	639986.674	639986.805	-0.131	0.017	8948650.077	8948650.103	-0.026	0.001	0.018
7	ICP_07	640370.919	640371.084	-0.165	0.027	8948063.402	8948063.191	0.211	0.044	0.072

Tabel 2. Uji Ketelitian Horisontal Segmen Noel Besi Citrana

No	Nama	X-FOTO	X-UKUR	DX	DX ²	Y-FOTO	Y-UKUR	DY	DY ²	DX ² + DY ²
1	ICP_02	615672.961	615672.951	0.010	0.000	8967060.338	8967060.57	-0.232	0.054	0.054
2	ICP_04	614346.125	614346.201	-0.076	0.006	8966907.441	8966907.483	-0.042	0.002	0.008
3	ICP_06	616492.659	616492.557	0.102	0.010	8964385.575	8964385.608	-0.032	0.001	0.011
4	ICP_07	617093.307	617093.310	-0.003	0.000	8963628.66	8963628.688	-0.028	0.001	0.001
5	ICP_09	618768.385	618768.385	0.000	0.000	8961052.983	8961052.983	0.000	0.000	0.000
6	ICP_10	614128.383	614128.430	-0.047	0.002	8966309.613	8966309.606	0.008	0.000	0.002
7	ICP_11	614019.467	614019.467	0.000	0.000	8965103.062	8965103.062	0.000	0.000	0.000
8	ICP_12	614644.888	614644.695	0.194	0.037	8963838.53	8963838.287	0.242	0.059	0.096
9	ICP_13	615356.354	615356.490	-0.136	0.019	8963446.049	8963446.111	-0.063	0.004	0.022

Tabel 3. Uji Ketelitian Horisontal

KETERANGAN	Noel besi Citrana	Bijael Sunan-Oben
JUMLAH	0.1944 m	1.6075 m
RATA RATA	0.0216 m	0.2296 m
RMSE	0.1470 m	0.4792 m
CE90	0.2315	0.7548 m

Keterangan :

Jumlah : Total nilai ($DX^2 + DY^2$)

Rata rata : Jumlah/Banyak titik ICP

RMSE : Sqrt (Rata rata)

CE90 : 1,5175 x RMSE

Tabel 4. Ketelitian peta RBI (Perka BIG)

No.	Skala	Interval kontur (m)	Ketelitian Peta RBI					
			Kelas 1		Kelas 2		Kelas 3	
			Horizontal (CE90 dalam m)	Vertikal (LE90 dalam m)	Horizontal (CE90 dalam m)	Vertikal (LE90 dalam m)	Horizontal (CE90 dalam m)	Vertikal (LE90 dalam m)
1.	1:1.000.000	400	200	200	300	300,00	500	500,00
2.	1:500.000	200	100	100	150	150,00	250	250,00
3.	1:250.000	100	50	50	75	75,00	125	125,00
4.	1:100.000	40	20	20	30	30,00	50	50,00
5.	1:50.000	20	10	10	15	15,00	25	25,00
6.	1:25.000	10	5	5	7,5	7,50	12,5	12,50
7.	1:10.000	4	2	2	3	3,00	5	5,00
8.	1:5.000	2	1	1	1,5	1,50	2,5	2,50
9.	1:2.500	1	0,5	0,5	0,75	0,75	1,25	1,25
10.	1:1.000	0,4	0,2	0,2	0,3	0,30	0,5	0,50

Tabel 5. Ketelitian Peta RBI Berdasarkan Kelas

Ketelitian	Kelas 1	Kelas 2	Kelas 3
Horizontal	0,2 mm x bilangan skala	0,3 mm x bilangan skala	0,5 mm x bilangan skala
Vertikal	0,5 x interval kontur	1,5 x ketelitian kelas 1	2,5 x ketelitian kelas 1

Berdasarkan hasil uji ketelitian horizontal maka foto udara segmen Bijael Sunan - Oben dapat digunakan untuk membuat peta garis skala 1 : 2.500 (Kelas 3). Foto udara segmen Noel Besi - Citrana dapat digunakan untuk membuat peta garis skala 1 : 2.500 (Kelas 1).

4. KESIMPULAN

- Resolusi spasial foto udara sudah mencukupi jika digunakan untuk menganalisa objek objek alam sebagai dasar penentuan garis batas negara di wilayah *Unresolved Segmen*
- Resolusi foto udara sudah mencukupi jika digunakan untuk menganalisa keberadaan rumah, gubuk atau bangunan yang terdapat dalam wilayah *Unresolved Segmen*
- Ketelitian foto udara sudah mencukupi jika digunakan untuk melakukan delineasi garis batas negara di wilayah *Unresolved Segmen*

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Informasi Geospasial (2014), Peraturan Kepala BIG Nomor 15 tahun 2014 tentang *Ketelitian Peta Dasar*, Cibinong
- Republik Indonesia (2002). Standar Nasional Indonesia : Jaring Kontrol Horizontal. Jakarta
- Kolne. Y (2014). Implementasi Perjanjian Perbatasan RI-RDTL Dalam Upaya Penyelesaian Masalah Perbatasan (Studi Kasus di Kabupaten TTU – RI dengan Distrik Oecusse-RDTL), Jurnal Politika, Vol. 5 No. 1, Oktober 2014
- Gurandhi, M.F., Rudianto B (2013). Evaluasi spesifikasi teknis pada survey GPS, Institut Teknologi Nasional. Bandung
- Puspitasari, Y (2013). Upaya Indonesia Dalam Menangani Masalah Perbatasan Dengan Timor Leste Pada Periode 2002-2012, UIN Syarif Hidayatullah. Jakarta
- Sutisna, S. Handoyo, S (2006). Delineation and Demarcation Survey Of The Land Border In Timor : Indonesian Prespective. Paper presented at “the International Symposium on Land and River Boundaries Demarcation and Maintenance in Support of Borderland Development ” Bangkok, Thailand, 6-11 November 2006
- Interim Report On The Land Border Delineation Between Republic Of Indonesia And Democratic Republic Of Timor-Leste tahun 2004

EVALUASI METODE OTOMATISASI CLOUD REMOVAL BERDASARKAN NDVI PADA CITRA MULTITEMPORAL

Atika Cahyawati¹, Macya Sita Nurdiana¹, Yosi Nuki Fitra Pratama¹, Randy Aswin¹

Email: atikacahyawati@gmail.com, maycasita@gmail.com, pratamayosi1@gmail.com,
randy.aswin@mail.ugm.ac.id

¹Prodi Kartografi dan Penginderaan Jauh, Fakultas Geografi UGM, Sekip Utara, Sleman, Yogyakarta 55281

*Corresponding author: atikacahyawati@gmail.com

ABSTRAK

Gangguan awan pada citra merupakan salah satu hambatan terbesar dalam melakukan ekstraksi informasi maupun interpretasi khususnya penutup lahan pada citra. Gangguan awan dapat dihilangkan dengan teknik penggabungan citra multitemporal yang tutupan lahannya belum mengalami perubahan. Metode penghilangan awan pada citra yang biasa digunakan adalah metode konvensional dengan melakukan masking secara manual pada tutupan awan kemudian digantikan pada citra dengan lokasi sama yang bebas awan. Metode penghilangan awan secara otomatis dapat dilakukan dengan menggunakan transformasi indeks pada citra multitemporal dengan syarat penggunaan lahannya tidak mengalami perubahan secara signifikan. Metode penghilangan awan yang dilakukan pada penelitian ini menggunakan teknik mozaik berdasarkan nilai indeks vegetasi NDVI pada Landsat 8 OLI. Tujuan dari penelitian ini adalah menguji transformasi NDVI untuk menghilangkan tutupan awan pada citra dengan karakteristik tutupan lahan yang bervariasi. Asumsi yang digunakan adalah jika nilai NDVI pada piksel citra pertama lebih besar dari nilai NDVI piksel citra kedua maka yang akan dieksekusi adalah piksel pada citra pertama dan sebaliknya. Hasil dari transformasi indeks vegetasi NDVI baik digunakan untuk menghilangkan tutupan awan pada citra dengan dominasi tutupan lahan bervegetasi dan tidak cocok untuk daerah perairan, selain itu juga harus mempertimbangkan kondisi awan. Hasil cloud removal dengan kondisi awan yang tebal sangat baik dibandingkan dengan lokasi kondisi awan tipis.

KATA KUNCI: Cloud Removal, NDVI, Multitemporal, Mozaik

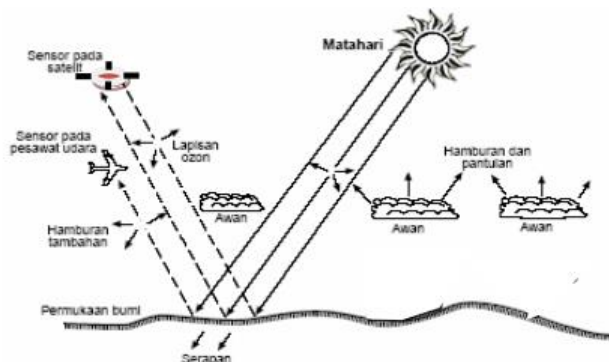
1. PENDAHULUAN

Dengan menggunakan data penginderaan jauh semakin mempermudah dalam analisis suatu objek karena tidak memerlukan penelitian secara langsung dengan objek yang diteliti dan kata seni juga dapat diartikan sebagai teknik didalam perolehan data dan juga menganalisis informasi yang terkait dengan informasi kebumih. Namun analisis suatu obyek misalnya dalam ekstraksi penutup lahan atau penggunaan lahan pada citra penginderaan jauh seringkali mengalami hambatan terutama kondisi citra tersebut yang tertutup awan sehingga menutupi penutup atau penggunaan lahan di bawahnya. Gangguan awan dapat dihilangkan dengan teknik penggabungan citra multitemporal yang tutupan lahannya belum mengalami perubahan. Metode penghilangan awan pada citra yang biasa digunakan adalah metode konvensional dengan melakukan masking secara manual pada tutupan awan kemudian digantikan pada citra dengan lokasi sama yang bebas awan.

Metode penghilangan awan secara otomatis dapat dilakukan dengan menggunakan transformasi indeks pada citra multitemporal dengan syarat penggunaan lahannya tidak mengalami perubahan secara signifikan. Metode penghilangan awan yang dilakukan pada penelitian ini menggunakan teknik mozaik berdasarkan nilai indeks vegetasi NDVI pada Landsat 8 OLI. Tujuan dari penelitian ini adalah menguji transformasi NDVI untuk menghilangkan tutupan awan pada citra dengan karakteristik tutupan lahan yang bervariasi. Awan pada citra dapat bermacam-macam sesuai dengan kondisi sebenarnya, ada yang tipis maupun tebal. Awan yang tebal mengandung banyak air sehingga dengan menggunakan metode NDVI dapat dideteksi dan memiliki nilai yang jauh lebih rendah dibandingkan dengan obyek vegetasi maupun obyek permukaan darat lainnya yang kondisinya kering.

1.1. Penginderaan Jauh

Konsep dasar penginderaan jauh terdiri atas beberapa elemen atau komponen meliputi sumber tenaga, atmosfer, interaksi tenaga dengan objek di permukaan bumi, sensor, system pengolahan, dan berbagai pengguna data. Konsep dasar digambarkan sebagai system penginderaan jauh (Gambar 1)



Gambar 1. Interaksi Antara Tenaga Elektromagnetik dengan Atmosfer (Sutanto, 1986)

Gelombang elektromagnetik yang dipantulkan, ditransmisikan, atau dihamburkan objek inilah yang membawa informasi objek tersebut. Secara spesifik daerah cahaya tampak sampai daerah inframerah dekat dipantulan oleh berbagai objek, daerah inframerah teral objek akan mentransmisikannya, dan daerah pada gelombang mikro ada yang bersifat memantulkan atau menghamburkan gelombang elektromagnetik yang datang mengenainya. Tiap objek mempunyai karakteristik tersendiri dalam menyerap dan memantulkan tenaga yang diterima olehnya. Karakteristik ini disebut karakteristik spectral yang ada pada umumnya digambarkan dengan kurva pantulan. Tiga objek utama di permukaan bumi yang dapat dikenali secara cepat dari data penginderaan jauh adalah objek air, tanah, dan vegetasi sementara objek lain yang dikenali berdasarkan kurva pantulannya merupakan kombinasi dari tiga objek utama itu. Berikut adalah kurva pantulan spektral

1.2. Karakteristik Citra Landsat 8

Setiap ju Satelit Landsat merupakan satelit milik Amerika Serikat yang pertama kali diluncurkan pada tahun 1972 dengan nama ERTS-1 (*Earth Resources TechnologySatellite – 1*). Proyek ini sukses dan dilanjutkan dengan peluncuran selanjutnya, seri kedua, tetapi berganti nama menjadi Landsat. Seri Landsat hingga saat ini telah sampai pada Landsat 8 (*Landsat Data Continuity Mission* atau LDCM) yang telah berhasil diluncurkan NASA pada tanggal 11 Februari 2013 bertempat di Vandenberg Air Force Base, California.

Tabel 1. Spesifikasi Spektral Citra Landsat 8

Sensor	Saluran	Panjang Gelombang (μm)	Resolusi Spasial (m)
OLI	1 (<i>visible</i>)	0.43 - 0.45 μm	30 m
	2 (<i>visible</i>)	0.450 - 0.51 μm	30 m
	3 (<i>visible</i>)	0.53 - 0.59 μm	30 m
	4 (<i>near infrared</i>)	0.64 - 0.67 μm	30 m
	5 (<i>near infrared</i>)	0.85 - 0.88 μm	30 m
	6 (SWIR 1)	1.57 - 1.65 μm	30 m
	7 (SWIR 2)	2.11 - 2.29 μm	30 m
	8 (<i>Panchromatic</i>)	0.50 - 0.68 μm	15 m
	9 (<i>Cirrus</i>)	1.36 - 1.38 μm	30 m
Thermal	10 (TIRS 1)	10.6 - 11.19 μm	100 m
	11 (TIRS 2)	11.5 - 12.51 μm	100 m

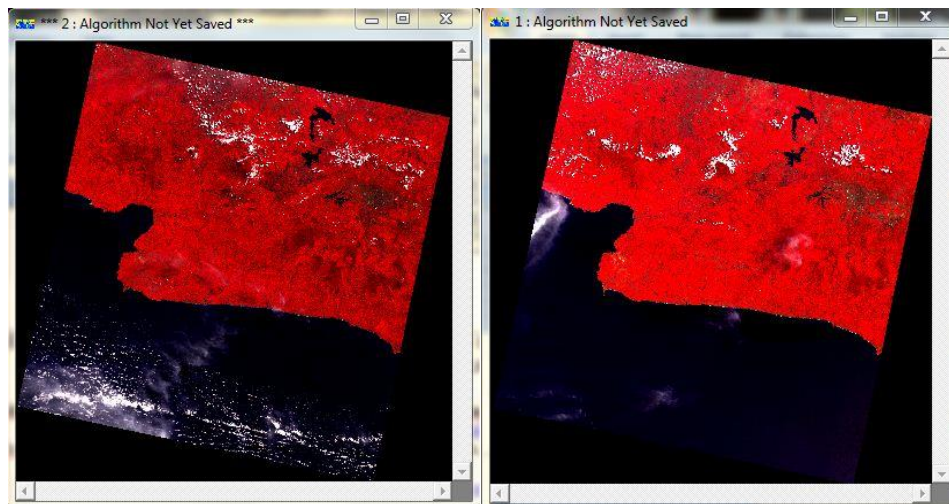
Sumber : <http://landsat.usgs.gov>

Misi Landsat 8 yang diluncurkan pada tahun 2013 ini akan dijalankan selama kurang lebih 40 tahun perekaman. Landsat memiliki orbit polar atau *sun-synchronous* orbit yang berarti mampu merekam seluruh wilayah di permukaan bumi dengan sudut inklinasi $98,2^{\circ}$. Karakteristik dari citra Landsat 8 adalah menggunakan sensor *Operational Land Manager* (OLI) dengan selisihsaluran yang lebih pendek dan terdapat saluran-saluran tambahan yang disinyalir memiliki akurasi geodetik dan geometrik yang lebih baik,

yaitu *band* 1 yang akan digunakan untuk studi pesisir dan aerosol serta *band* 9 yang akan berguna untuk mendeteksi awan cirrus. Selain itu juga terdapat dua saluran *thermal* untuk memberikan informasi mengenai suhu permukaan yang lebih akurat yaitu TIRS 1 dan 2. Landsat 8 melakukan manuver orbit, sistem inisialisasi dan kalibrasi kegiatan pada ketinggian 438 mil (705 km) di atas Bumi, pada grid WRS-2. Landsat 8 mengorbit setiap 99 menit, dapat mengindera seluruh permukaan Bumi setiap 16 hari, dan melintasi ekuator setiap pukul 10.00. Spesifikasi Landsat 8 disajikan pada Tabel 1.

2. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini menggunakan citra Landsat 8 OLI perekaman pada tanggal 9 bulan Agustus dan pada tanggal 10 September tahun 2013. Untuk metode cloud removal citra Landsat 8 ini perlu dilakukan koreksi radiometrik absolut dan relatif. Koreksi absolut dimulai dari mengubah nilai Digital Number menjadi nilai radian sehingga nilai piksel pada citra memiliki satuan energi, nilai piksel yang mewakili atas gelombang elektromagnetik. Selanjutnya dilakukan koreksi untuk mengubah nilai radian menjadi nilai reflektan. Nilai reflektan merepresentasikan rasio dari pantulan objek dan sensornya. Sedangkan untuk koreksi relatif menggunakan metode dark substrate yang mengekstraksi nilai objek tergelap misalnya air laut ataupun bayangan, sehingga nilai piksel terendah dari citra tersebut bergeser ke nol. Berikut adalah tampilan kedua citra setelah dilakukan koreksi yang ditampilkan pada software er-mapper (Gambar 2).



Gambar 2. Citra Landsat 8 OLI Komposit 542 bulan Agustus (kiri) dan bulan September (kanan)

Berdasarkan gambar di atas, dapat dilihat bahwa kondisi awan pada kedua citra bervariasi terutama dalam hal lokasi awan. Pemilihan citra menggunakan perekaman bulan yang mendekati dikarenakan agar penggunaan lahan yang ada tidak mengalami perubahan secara signifikan sehingga tidak mengubah dari proses interpretasi visual. Melalui citra Landsat 8 dengan resolusi spasial 30 meter maka dapat digunakan untuk interpretasi penggunaan lahan sampai dengan skala 1:250.000. Kondisi awan yang menutupi penutup atau penggunaan lahan inilah yang dapat mengganggu dan menjadi hambatan dalam melakukan interpretasi visual. Untuk itu diperlukan penghilangan awan pada citra. Penggunaan citra dengan multitemporal diharapkan pada kedua citra pikselnya dapat saling melengkapi.

Nilai NDVI berkisar antara -1 sampai dengan 1. Semakin mendekati nilai 1 maka objek akan semakin menyerupai vegetasi, dan mendekati -1 merupakan penciri objek yang mengandung banyak air (laut, sungai) sedangkan nilai 0 merupakan lahan terbuka ataupun vegetasi dengan tingkat kerapatan rendah. Awan memiliki banyak kandungan air dan memiliki nilai indeks NDVI lebih rendah dibandingkan dengan objek vegetasi, tanah kering, maupun bangunan. Sehingga dengan rule dari algoritma NDVI pada kedua citra, awan dapat dideteksi dan dapat dilakukan penghilangan dengan cara menggantikan nilai piksel awan tersebut dengan nilai piksel objek pada citra yang lain (lokasi piksel sama). Asumsi yang digunakan dalam metode cloud removal ini adalah jika nilai NDVI citra A (Agustus) lebih besar dari nilai NDVI citra B (September) maka nilai piksel yang akan dipilih atau eksekusi adalah nilai piksel pada citra A dan sebaliknya. Dengan menggunakan software ermapper, maka rule atau aturan tersebut dapat dituliskan menjadi:

$$\text{If } (((i1-i2) / (i1+i2)) > ((i3-i4)/(i3+i4))) \text{ then } i5 \text{ else } i6 \quad (1)$$

Dimana,

i1 : band inframerah pada citra A (Agustus)
i2 : band merah pada citra A (Agustus)
i3 : band inframerah pada citra B (September)
i4 : band merah pada citra B (September)
i5 : nilai piksel citra A (Agustus) yang akan dieksekusi
i6 : nilai piksel citra B (September) yang akan dieksekusi

Sehingga pada proses ini tidak dilakukan proses NDVI terlebih dahulu melainkan langsung memproses citra yang telah terkoreksi geometric dan radiometrik dengan baik melalui algoritma di atas. Berikut ini adalah hasil dari cloud removal dengan tampilan komposit 542 (peka vegetasi) (Gambar 3).



Gambar 3. Hasil cloud Removal dengan komposit 542

Terlihat bahwa hasil dari cloud removal citra lebih bersih dari awan pada area daratan, pada area daratan yang masih terdapat awan, hal tersebut dikarenakan pada lokasi sama di kedua citra memiliki awan sehingga hasil cloud removal pun tetap terdapat awan. Sedangkan pada area laut, hasilnya sangat berbeda yakni awan nya semakin bertambah. Hal tersebut dapat dijelaskan bahwa pada area laut, nilai NDVI awan lebih besar dibandingkan nilai NDVI pada laut sehingga sesuai dengan rule yang telah dibuat maka yang akan dieksekusi adalah area laut yang memiliki awan. Penggunaan metode ini tidak disarankan untuk dijadikan klasifikasi multispektral, hal tersebut dikarenakan metode ini menggunakan 2 citra yang berbeda perekaman melalui prinsip piksel yang saling melengkapi (piksel awan digantikan dengan piksel objek tanpa awan pada lokasi piksel yang sama). Dapat disimpulkan bahwa metode ini sangat membantu dalam proses interpretasi visual citra terutama pada lokasi-lokasi yang sering tertutup oleh awan. Metode ini juga baik dilakukan pada area bervegetasi atau kering sehingga nilai NDVI nya tidak rancu dengan NDVI awan misalnya pada area basah atau lembab.

DAFTAR PUSTAKA

- Danoedoro, P. 1996. *Pengolahan Citra Digital*. Diktat Kuliah. Fakultas Geografi. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta
- Lillesand and Kiefer. 1987. *Remote Sensing and Image Interpretation*. second edition. John Wiley and Sons. New York
- Sutanto. 1994. *Penginderaan Jauh Jilid 2*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.

PENAMBANGAN CITRA (*IMAGE MINING*) PENGINDERAAN JAUH UNTUK PEMETAAN KERAWANAN LONGSOR LAHAN

Nur Mohammad Farda*

¹ Prodi Kartografi dan Penginderaan Jauh, Fakultas Geografi UGM, Sekip Utara, Sleman, Yogyakarta 55281
Email: farda@geo.ugm.ac.id

*Corresponding author: farda@geo.ugm.ac.id

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengaplikasikan penambangan citra (*image mining*) penginderaan jauh untuk memetakan kerawanan longsor lahan di Kabupaten Temanggung. Kelimpahan data spasial khususnya citra satelit penginderaan jauh sangat penting diimbangi dengan ekstraksi informasi. Beberapa metode untuk memetakan longsor lahan sudah banyak diteliti, seperti metode Anbalagan, metode Geolistrik, metode Geodetik, metode *Fuzzy Logic*, dan metode analisis statistik multivariat, namun masih belum fokus menjawab permasalahan kelimpahan data citra satelit. Metode pada penelitian ini merupakan rangkaian *image mining* yang diawali dari data cleaning, data selection (*transformation extraction*), *data mining*, dan menghasilkan pengetahuan berupa peta kerawanan longsor. Hasil dari penelitian ini telah menjawab masalah kelimpahan data penginderaan jauh dengan menghasilkan informasi yang cukup akurat. Peta kerawanan longsor yang dihasilkan mempunyai akurasi 81,25 % bila diuji dengan data lokasi kejadian longsor.

KATA KUNCI: Penambangan Citra, *Image Mining*, Longsor Lahan.

1. PENDAHULUAN

1.2 Latar Belakang

Longsor lahan merupakan gerakan massa tanah, runtuhannya, batuan, dan atau material organik menurun lereng baik karena faktor utama berupa gaya gravitasi bumi dan faktor pemicu lainnya berupa faktor fisik dan manusia (Dikau *et al.*, 1996; Westen, *et al.*, 2003). Faktor fisik dapat berupa erosi, lereng, gempa bumi, dan gunung berapi, serta berat yang berlebihan dari berkumpulnya air hujan atau salju. Sedangkan contoh faktor manusia dapat berupa getaran dari mesin, lalu lintas, dan penggunaan bahan-bahan peledak.

Menurut Pusat Vulkanologi, dan Mitigasi Bencana Geologi (BGPVMBG, 2010) bahwa di Indonesia tercatat ada 154 kabupaten/kota yang memiliki resiko tanah longsor, terutama di Pulau Jawa. Lebih jauh dikatakan bahwa proses kejadian tanah longsor, lebih cenderung dipicu oleh jenis tanah yang labil dan kejadian gempa. Lebih jauh disebutkan bahwa kerentanan tanah longsor semakin meningkat, dengan meningkatnya aktivitas manusia yang tidak ramah lingkungan, seperti pembukaan hutan di kawasan perbukitan, bahkan kemudian menjadikannya daerah yang terbuka itu untuk perkebunan dan permukiman.

Provinsi Jawa Tengah berdasarkan Peta Indeks Rawan Bencana dari BNPB (Badan Nasional Penanggulangan Bencana), hampir sebagian besar wilayahnya memiliki indeks tingkat kerawanan yang tinggi hingga sedang (<http://geospasial.bnpb.go.id/2010/03/20/peta-indeks-rawan-bencana-provinsi-jawa-tengah/> diakses Februari 2015). Kabupaten Temanggung sebagai bagian dari provinsi Jawa Tengah juga mempunyai kawasan rawan longsor lahan yang cukup luas berdasarkan Peta Rawan Bencana Kabupaten Temanggung (<http://temanggungkab.go.id/profil.php?mnid=504> diakses Februari 2015). Wilayah yang termasuk ke dalam kawasan rawan longsor adalah kecamatan Wonobojo dan Kecamatan Kaloran. Bencana tersebut biasanya terjadi di lereng gunung Sindoro-Sumbing dan Prau. Faktor yang mempengaruhi terjadinya longsor di Kabupaten Temanggung adalah jenis tanah, curah hujan dan faktor kelerengan serta penggunaan lahan yang ada. Longsor banyak melanda daerah perbukitan di tropis basah (Hardiyatmo, 2006).

Upaya memberikan informasi spasial yang berhubungan dengan longsor di suatu daerah dapat dilakukan dengan berbagai macam metode. Metode investigasi tanah longsor menurut Zaruba dan Mencl (1982) antara lain: investigasi lapangan, metode geofisika, dan investigasi laboratorium. Metode investigasi di lapangan dapat dilakukan dengan survei lapangan langsung, menggunakan bantuan foto udara atau citra satelit, menggunakan bantuan peta geologi, dan lain-lain.

1.3. Perumusan Masalah

Pemanfaatan citra satelit untuk pemetaan kerawanan longsor telah banyak dilakukan dan data citra satelit sekarang ini cukup melimpah. Kelimpahan data citra sekarang ini tidak banyak diimbangi dengan proses penurunan data dari citra satelit menjadi informasi yang bermanfaat pada berbagai bidang aplikasi seperti untuk pemetaan kerawanan longsor. Berbagai macam metode untuk pemetaan kerawanan longsor diantaranya: metode Anbalagan, metode Geolistrik, metode Geodetik, metode Fuzzy Logic, metode analisis statistik multivariat, dan lain-lain. Metode tersebut masih belum cukup untuk menjawab keterlimpahan data baik dari citra satelit atau data spasial lainnya. Sehingga dalam penelitian ini memanfaatkan metode dari *image mining* (penambangan citra) untuk memetakan daerah rawan longsor lahan.

1.4. Tujuan

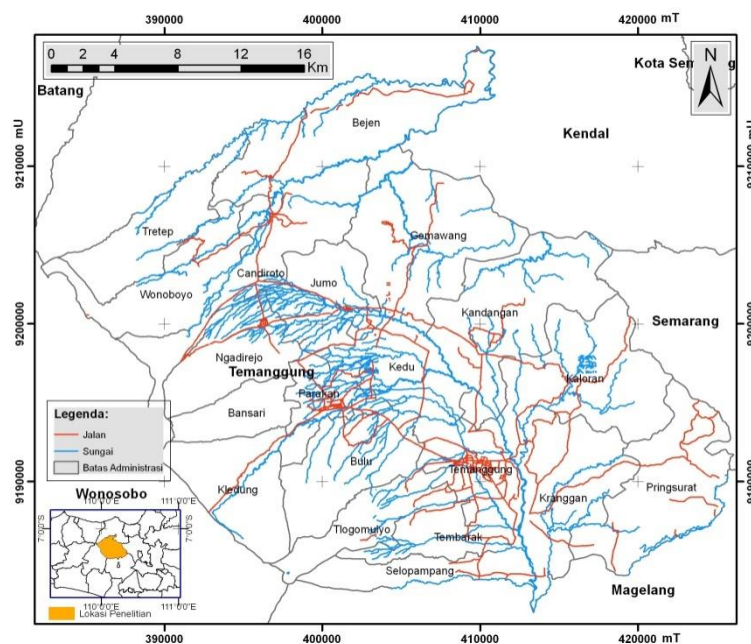
Penelitian ini memiliki dua tujuan, sebagai berikut: 1) Memetakan daerah rawan longsor lahan di daerah penelitian menggunakan spatial data mining dengan algoritma C4.5, dan 2) Mengetahui akurasi pemetaan rawan longsor menggunakan spatial data mining.

1.5. Manfaat

Manfaat penelitian ini dapat dibedakan menjadi dua: 1) Berdasarkan tinjauan akademik, hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan alternatif pemrosesan citra digital data Penginderaan Jauh dan Sistem Informasi Geografis dalam menghadapi kelimpahan data spasial berupa citra satelit, dan 2) Berdasarkan tinjauan pragmatis, hasil penelitian ini diharapkan dapat memecahkan masalah penyediaan data kerawanan bencana terutama longsor lahan guna mendukung perencanaan dan kebijakan pembangunan berkelanjutan dan berwawasan lingkungan.

2. DAERAH KAJIAN

Daerah kajian penelitian ini dibatasi oleh batas administrasi Kabupaten Temanggung, Provinsi Jawa Tengah (Gambar 1). Kabupaten Temanggung secara astronomis terletak di 110° 23' sampai dengan 110° 46' 30" Bujur Timur, dan 7° 14' sampai dengan 7° 32' 35" Lintang Selatan. Sedangkan secara geografis Kabupaten Temanggung berbatasan langsung dengan empat kabupaten, yaitu: Kabupaten Kendal, Kabupaten Semarang, Kabupaten Magelang, dan Kabupaten Wonosobo.



Gambar 1. Daerah kajian penelitian di Kabupaten Temanggung, Provinsi Jawa Tengah.

3. DATA DAN METODE

3.1. Data

Data yang digunakan adalah Landsat 8 OLI perekaman tanggal 14 Juni 2015 pada Path 120 / Row 065 dan citra ASTER GDEM menggunakan dua scene citra (ASTGTM2_S08E109, dan ASTGTM2_S08E110) perekaman tanggal 17 Oktober 2011.

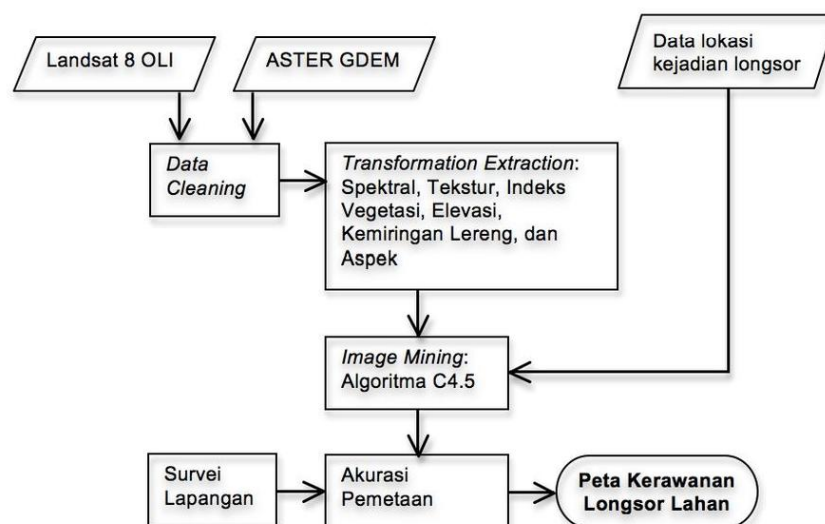
3.2. Metode

Penelitian ini menggunakan urutan proses dari penambangan citra (*image mining*) yang memiliki urutan langkah (proses) dari *image database*, *preprocessing*, *transformation&feature extraction*, *mining*, *interpretation&evaluation*, dan menghasilkan *knowledge* (Han and Kamber, 2006; Hsu *et al.*, 2002; Ramh and Do, 2000; Shekar and Chawla, 2003).

Data citra Landsat 8 OLI dan ASTER GDEM diturunkan menjadi beberap input faktor sebagai berikut:

- Faktor Spektral, meliputi saluran spektral Band 1 s.d Band 7 yang ada di citra Landsat 8 OLI.
- Faktor Tekstur, menggunakan tipe tekstur Variability Analysis untuk mengukur *relative richness* dari citra ASTER GDEM.
- Faktor Vegetasi, memanfaatkan indeks vegetasi NDVI yang berasal dari saluran 4 (Merah) dan saluran 5 (Infra Merah) citra Landsat 8 OLI.
- Faktor Fisik, berupa kemiringan lereng (*slope*), dan aspek (*aspect*) yang diturunkan dari data DEM citra ASTER GDEM.

Faktor spektral, faktor tekstur, faktor vegetasi, dan faktor fisik, serta data mengenai lokasi kejadian longsor lahan dikombinasikan dan diproses menggunakan algoritma C4.5 untuk menghasilkan pohon keputusan yang digunakan untuk membuat peta kerawanan longsor lahan. Selanjutnya akurasi pemetaan diukur dengan data lokasi kejadian longsor dan data lapangan. Diagram alir metode penelitian dapat dilihat pada Gambar 3 di bawah ini.



Gambar 2. Diagram alir penelitian.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Peta Kerawanan Longsor Lahan dari Spatial Data Mining menggunakan Classification Tree Analysis (CTA) dengan Algoritma Decision Tree C4.5

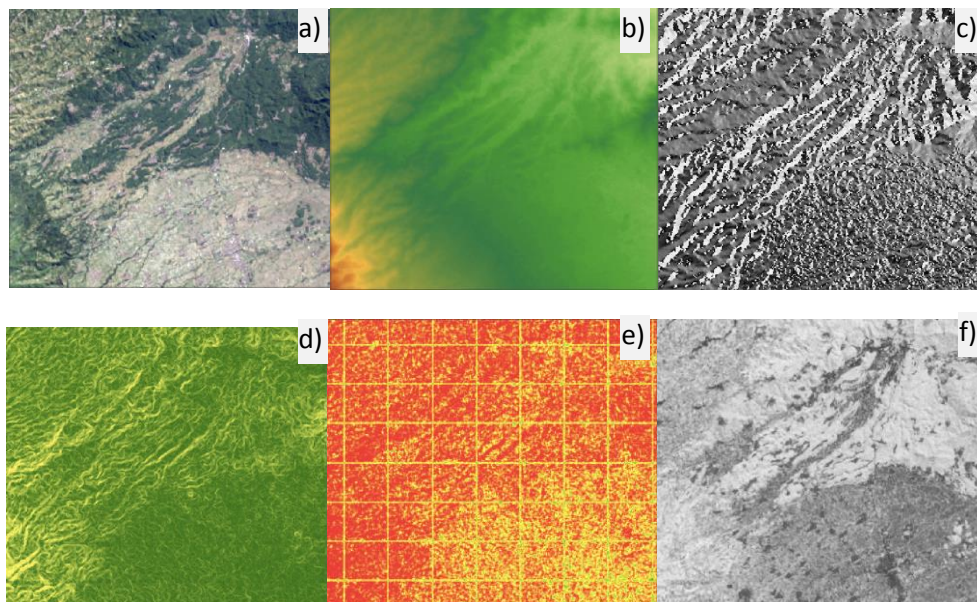
Penelitian ini menggunakan data masukan yang berasal dari Citra Landsat 8 OLI dan ASTER GDEM, serta data dari hasil turunannya sehingga berjumlah 11 data masukan seperti pada Tabel 1 dan

Gambar 3. Penambangan citra (*image mining*) pada khususnya dan *Knowledge Discovery from Data* (KDD) pada umumnya, menggunakan metode *machine learning* untuk mengekstraksi informasi dari data-data yang cukup banyak. Kemampuan manusia yang terbatas dalam menganalisa data dalam jumlah banyak dalam waktu singkat dapat dibantu dengan metode di atas. *Machine learning* yang digunakan adalah klasifikasi non-parametrik *Classification Tree Analysis* (CTA) dengan algoritma *Decision Tree* C4.5.

Tabel 1. Data masukan penambangan citra (*image mining*).

No.	Data Masukan	Jumlah	Keterangan
1.	Saluran (Band) Citra Landsat 8 OLI	7	Band 1: Coastal Band 2: Biru Band 3: Hijau Band 4: Merah Band 5: Inframerah Dekat Band 6: Inframerah Tengah 1 Band 7: Inframerah Tengah 2
2.	ASTER GDEM diturunkan menjadi <i>Aspect</i> , <i>Slope</i> , dan <i>Texture</i>	3	Band 8: Aspect Band 10: Slope Band 11: Texture
3.	Indeks Vegetasi dari Landsat 8 OLI	1	Band 9: NDVI

Selain data input, algoritma *Decision Tree* C4.5 dalam mengklasifikasikan citra menjadi peta kerawanan longsor memerlukan pelatihan untuk mengenali kelas-kelas yang diberikan. Oleh karena itu suatu algoritma klasifikasi memerlukan training area (daerah contoh/latihan/sampel), sehingga setelah algoritma klasifikasi mengenali kelas-kelas yang diberikan maka klasifikasi dapat dilakukan. Penentuan daerah sampel disesuaikan dengan skema klasifikasi yang digunakan yaitu tingkat kerawanan longsor dibagi menjadi lima (5) tingkat kerawanan longsor: sangat rendah, rendah, sedang, tinggi, dan sangat tinggi, jumlah sampel ada 50.



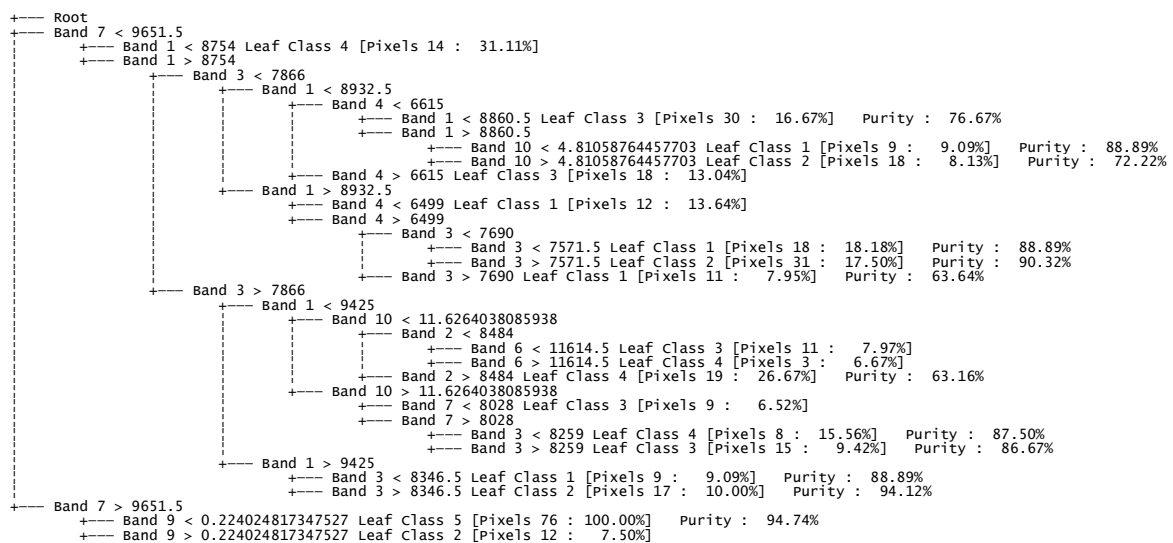
Gambar 3. Data input pada penambangan citra: a) Komposit Citra 432 Landsat 8 OLI, b) ASTER GDEM, c) Aspect, d) Slope, e) Texture, dan f) NDVI.

Tahapan simulasi klasifikasi kerawanan longsor memerlukan beberapa pengaturan pada parameter, parameter yang digunakan dalam penelitian ini adalah 1) *split type*: *entropy* atau *information gain*, 2) *prunning*: 1%, 5%, dan 10%. *Split type* merupakan algoritma pemisah dalam membentuk pohon keputusan, sedangkan *prunning* (pemangkasan) pohon keputusan digunakan untuk memangkas pohon yang telah terbentuk.

Simulasi Pertama (*split type: entropy, pruning: 1%*) menghasilkan pohon keputusan dengan jumlah *node* = 29, *leaf* = 34, dan kedalaman pohon keputusan = 14. Dari pohon keputusan simulasi pertama, kelas paling mudah (sederhana) terbentuk adalah Class 4 (Sangat Rawan) dan Class 2 (Sedang). Class 4 memerlukan 2 *node*, yaitu Band 7 dan Band 1 dari Landsat 8 OLI. Class 2 memerlukan 2 *node*, yaitu: Band 7 (Saluran 7 Landsat 8 OLI) dan Band 9 (NDVI). Sedangkan yang memerlukan banyak *node* adalah dalam memisahkan Class 1 (Sangat Rendah) dan Class 3 (Tinggi).

Dari simulasi pertama, seluruh input dari Band 1 sampai dengan Band 11 digunakan, tidak ada pengurangan input setelah dilakukan pruning 1% terhadap hasil *entropy*. Kompleksitas sebuah pohon keputusan biasanya diukur dengan salah satu dari beberapa hal berikut: jumlah *node*, jumlah *leaf*, *tree depth* (kedalaman pohon) dan jumlah atribut yang digunakan. Oleh karena itu, simulasi pertama menunjukkan pohon keputusan yang cukup kompleks. Ada beberapa hal yang penting diketahui pada hasil pohon keputusan, yaitu: *pixels*, dan *purity index*. *Pixels* merupakan jumlah piksel dalam daun (*leaf*). Nilai persen merupakan persentase dari piksel yang termasuk dalam total piksel pada kelas tersebut. *Purity index* pada pohon keputusan merupakan persentase piksel yang benar milik kelas tertentu dalam daun dari total jumlah piksel dalam daun. Rincian daun pada pohon keputusan dihitung dari data training.

Simulasi Kedua (*split type: entropy, pruning: 5%*) menghasilkan pohon keputusan dengan jumlah *node* = 18, *leaf* = 17, dan kedalaman pohon keputusan = 7 (Gambar 4). Dari pohon keputusan simulasi kedua mempunyai tingkat kerumitan yang lebih sederhana dari simulasi pertama, kelas paling mudah (sederhana) terbentuk adalah kerawanan longsor Class 4 (Sangat Tinggi), Class 2 (Sedang), dan Class 5 (Sangat Rendah). Class 4 memerlukan 2 *node*, yaitu Band 7 dan Band 1 dari Landsat 8 OLI. Class 2 dan Class 5 memerlukan 2 *node*, yaitu: Band 7 (Saluran 7 Landsat 8 OLI) dan Band 9 (NDVI). Sedangkan yang memerlukan banyak *node* adalah dalam memisahkan Class 1 (Sangat Rendah), Class 3 (Tinggi), dan Class 4 (Sangat Tinggi). Simulasi ini tidak menggunakan semua input (11 input) tapi hanya 8 input yaitu Band 1, Band 2, Band 3, Band 4, Band 6, dan Band 7 dari Landsat OLI 8, Band 9 (NDVI dari Landsat 8 OLI), dan Band 10 (Slope dari ASTER GDEM). Pengurangan input terjadi setelah dilakukan pruning 5% terhadap hasil *entropy*.



Gambar 4. Hasil Pohon Keputusan dari Simulasi Kedua (*split type: entropy, pruning: 5%*).

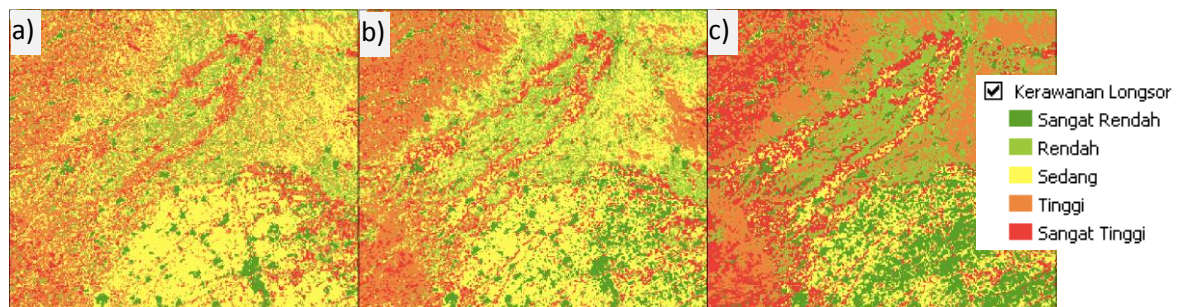
Simulasi Ketiga (*split type: entropy, pruning: 10%*) menghasilkan pohon keputusan dengan jumlah *node* = 4, *leaf* = 6, dan kedalaman pohon keputusan = 4 (Gambar 5). Dari pohon keputusan simulasi ketiga mempunyai tingkat kerumitan yang paling sederhana dibanding simulasi pertama dan kedua, kelas paling mudah (sederhana) terbentuk adalah kerawanan longsor Class 5 (Sangat Rendah). Class 5 hanya memerlukan 1 *node*, yaitu Band 7 dari Landsat 8 OLI. Sedangkan yang memerlukan banyak *node* adalah dalam memisahkan Class 1 (Sangat Rendah), Class 2 (Rendah) dan Class 3 (Tinggi). Simulasi ini tidak menggunakan semua input (11 input) tapi hanya 8 input yaitu Band 1, Band 3, dan Band 7 dari Landsat OLI 8. Pengurangan input terjadi setelah dilakukan pruning 10% terhadap hasil *entropy*.


```

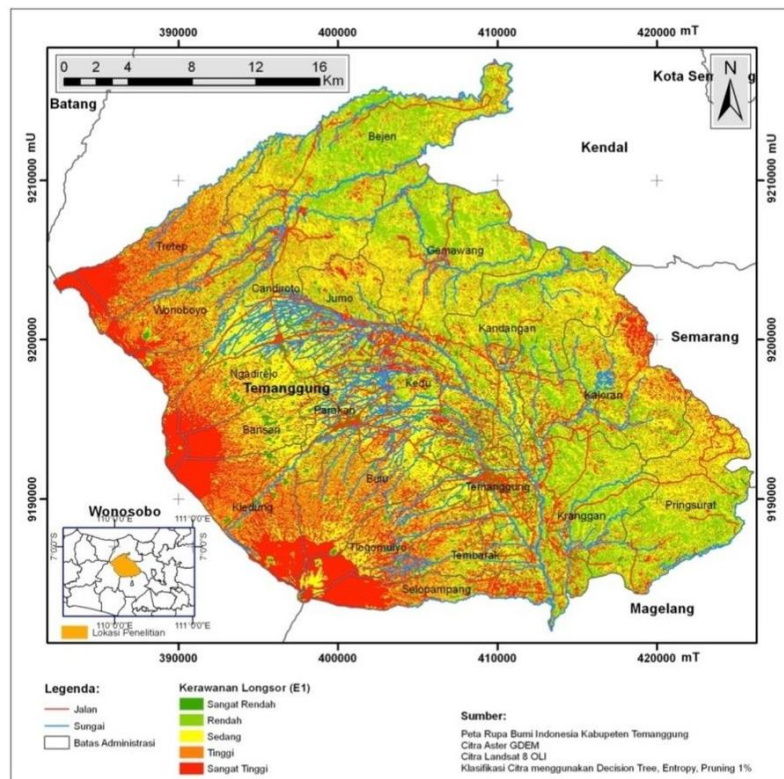
+--- Root
+--- Band 7 < 9651.5
+--- Band 1 < 8754 Leaf Class 4 [Pixels 14 : 31.11%]
+--- Band 1 > 8754
+--- Band 3 < 7866
+--- Band 1 < 8932.5 Leaf Class 3 [Pixels 52 : 31.16%] Purity : 82.69%
+--- Band 1 > 8932.5 Leaf Class 1 [Pixels 37 : 35.23%] Purity : 83.78%
+--- Band 3 > 7866
+--- Band 1 < 9425 Leaf Class 4 [Pixels 26 : 40.00%] Purity : 69.23%
+--- Band 1 > 9425 Leaf Class 2 [Pixels 17 : 10.00%] Purity : 94.12%
+--- Band 7 > 9651.5 Leaf Class 5 [Pixels 76 : 100.00%] Purity : 94.74%
    
```

Gambar 5. Hasil Pohon Keputusan dari Simulasi Ketiga (*split type: entropy, pruning: 10%*).

Hasil dari proses penambangan citra (*image mining*) berupa pengetahuan, dalam hal ini informasi kerawanan longsor lahan. Dari proses *pattern evaluation*, diketahui pohon keputusan yang memiliki akurasi terbaik, dan selanjutnya hasil tersebut dipresentasikan sebagai *knowledge presentation*. Representasi atau visualisasi dari pengetahuan dalam penelitian ini disajikan dalam bentuk peta, yaitu peta Kerawanan Longsor Lahan seperti pada Gambar 6 dan Gambar 7.



Gambar 6. Perbandingan hasil penambangan citra pada berbagai simulasi menggunakan algoritma C4.5 dengan parameter *split type: entropy* dan *pruning*: a) 1%, b) 5%, dan c) 10%.



Gambar 7. Peta Kerawanan Longsor dari hasil penambangan citra menggunakan algoritma C4.5 dengan parameter *split type: entropy* dan *pruning 1%*.

Perbedaan input dan pengaturan parameter *split type: entropy* dan *prunning* (1%, 5%, dan 10%) menghasilkan perbedaan luas peta kerawanan longsor lahan pada tiap kelas (Tabel 2.). Kelas kerawanan longsor lahan rendah dan sedang mempunyai luasan yang lebih besar dibanding kelas lain, kecuali pada Simulasi Ketiga yang mempunyai luasan lebih kecil. Kelas kerawanan longsor lahan sangat rendah mempunyai luasan yang paling rendah dibanding kelas lain, kecuali pada Simulasi Ketiga yang mempunyai luasan lebih besar.

Tabel 2. Luas (Ha) hasil Simulasi Pertama, Kedua dan Ketiga.

ID	Kerawanan Longsor	Luas hasil Simulasi Pertama (Ha)	Luas hasil Simulasi Kedua (Ha)	Luas hasil Simulasi Ketiga (Ha)
1	Sangat Rendah	3834.94	5774.71	10442.50
2	Rendah	19312.26	22399.63	27224.50
3	Sedang	31975.47	25851.79	8786.33
4	Tinggi	18042.92	17322.72	14111.04
5	Sangat Tinggi	13717.99	15534.73	26319.22
	Luas Total (Ha)	86883.59	86883.59	86883.59

4.2. Akurasi Peta Kerawanan Longsor Lahan dari hasil Simulasi Pertama, Kedua, dan Ketiga

Akurasi keseluruhan (*overall accuracy*) dapat dihitung dari hasil bagi antara jumlah keseluruhan piksel yang terklasifikasi secara benar dengan jumlah keseluruhan piksel referensi. Akurasi penghasil (*producer accuracy*) diperoleh dari hasil bagi jumlah piksel yang terklasifikasi secara benar untuk setiap kategori dengan jumlah piksel pada tiap training set. Akurasi menurut pengguna (*user accuracy*) dihitung dengan cara membagi jumlah piksel yang terklasifikasi secara benar di tiap kategori dengan jumlah keseluruhan piksel yang diklasifikasi pada kategori tersebut (Danoedoro, 2012).

Tabel 3. Akurasi hasil Simulasi Pertama, Kedua, dan Ketiga.

Simulasi Pertama: <i>Entropy, Pruning</i> 1%		Kejadian Longsor		Total
		Tidak Longsor	Longsor	
Kerawanan Longsor	Tidak Longsor	0	6	6
	Longsor	0	26	26
Total		0	32	32
Akurasi Keseluruhan		26/32 = 81,25%		

Simulasi Kedua: <i>Entropy, Pruning</i> 5%		Kejadian Longsor		Total
		Tidak Longsor	Longsor	
Kerawanan Longsor	Tidak Longsor	0	9	9
	Longsor	0	24	24
Total		0	33	34
Akurasi Keseluruhan		24/33 = 72,73%		

Simulasi Pertama: <i>Entropy, Pruning</i> 10%		Kejadian Longsor		Total
		Tidak Longsor	Longsor	
Kerawanan Longsor	Tidak Longsor	0	16	16
	Longsor	0	14	14
Total		0	30	30
Akurasi Keseluruhan		26/32 = 46,67%		

Akurasi simulasi pertama, kedua, dan ketiga dihitung berdasarkan peta kerawanan longsor lahan yang dihasilkan dibandingkan dengan data sekunder lokasi kejadian longsor. Kelas antara peta kerawanan longsor lahan yang dihasilkan dengan kelas kejadian longsor mempunyai kelas yang berbeda sehingga

sehingga kelas kerawanan longsor diklasifikasi ulang menjadi tidak longsor (kerawanan longsor sangat rendah dan rendah) dan longsor (kerawanan longsor sedang, tinggi, dan sangat tinggi). Akurasi tertinggi ditempati Simulasi Pertama dengan akurasi keseluruhan 81,25%, dan akurasi terendah adalah Simulasi Ketiga 46,67%.

Perbedaan akurasi keseluruhan pada Simulasi Pertama, Kedua, dan Ketiga ternyata mempunyai pola yang sama dengan pengaturan *prunning*. Semakin tinggi persentase *prunning* maka akurasi keseluruhan semakin menurun. Kenaikan persentase *prunning* mengakibatkan pemotongan terhadap daun dari pohon keputusan yang semakin banyak dan mengurangi input. Kontribusi input yang banyak (11 Band) pada batas tertentu semakin mempertinggi akurasi pemisahan antar kelas. Namun disisi lain, dapat dilihat input mana yang paling dominan dan penting dalam klasifikasi kerawanan longsor lahan. Penelitian ini menunjukkan saluran spektral pada Landsat 8 OLI lebih mempunyai kontribusi yang tinggi dibandingkan saluran non spektral yang dihasilkan dari turunan citra ASTER GDEM (*slope*, *aspect*, dan *texture*). Saluran spektral yang stabil dan lebih dominan dalam pemisahan kelas adalah saluran dari Band 1, Band 3, dan Band 7 dari citra Landsat 8 OLI.

5. KESIMPULAN

Penelitian ini menghasilkan kesimpulan sebagai berikut:

- a. Peta Kerawanan Longsor Lahan dengan kelas kerawanan: sangat rendah (3834,94 Ha), rendah (19312,26 Ha), sedang (31975,47 Ha), tinggi (18042,92), dan sangat tinggi (13717,99) di Kabupaten Temanggung dapat dihasilkan oleh penambangan citra (*image mining*) dengan algoritma Decision Tree C4.5 menggunakan input dari citra Landsat 8 OLI dan ASTER GDEM. Saluran spektral yang stabil dan lebih dominan dalam pemisahan kelas adalah saluran dari Band 1, Band 3, dan Band 7 dari citra Landsat 8 OLI.
- b. Akurasi tertinggi metode *image mining* dengan algoritma Decision Tree C4.5 dalam memetakan kerawanan longsor lahan adalah pada Simulasi Pertama (81,25%) dengan input 11 Band dan pengaturan parameter split type: entropy dan prunning 1%.

UCAPAN TERIMA KASIH

Peneliti mengucapkan terima kasih kepada: Fakultas Geografi UGM yang telah memberikan Hibah Penelitian secara periodik, Kepala Laboratorium Sistem Informasi Geografi Fakultas Geografi UGM dan PUSPICS UGM yang telah memberikan sarana prasarana dalam penelitian ini, Sdri. Suryanti dan Sdra. Devian Arya Febryanto yang telah membantu survey lapangan, serta kepada seluruh pihak yang terlibat dalam penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Danoedoro, P. (2012), *Pengantar Penginderaan Jauh Digital*, Penerbit Andi, Yogyakarta.
- Dikau, R., Brunsten, D., Schrott, L., and Ibsen, M.-L. (1996), *Landslide Recognition: Identification, Movement, and Causes*, John Wiley & Sons, New York.
- Hardiyatmo, H.C. (2006), *Penanganan Tanah Longsor dan Erosi*, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Han, J., Kamber, M. (2006), *Data Mining: Concepts and Techniques 2nd Edition*, Elsevier, Morgan Kaufmann Publishers, San Fransisco.
- Hsu, W., Lee, M. L. M, and Zhang, J. (2002), Image Mining: Trends and Developments. *J. Intell. Inf. Syst.*, **19**, 7–23. <http://link.springer.com/article/10.1023/A:1015508302797> (Accessed September 24, 2014).
- Rahm, E., Do, HH. (2000), Data Cleaning: Problems and Current Approaches, *IEEE Data Engineering Bulletin*.
- Shekar, S., and Chawla, S. (2003), *Spatial Databases: A Tour*, Prentice Hall.
- Wang, X., and Niu, R. (2009), Spatial Forecast of Landslides in Three Gorges Based On Spatial Data Mining, *Sensors*, Volume 9, Issues 3 (<http://www.mdpi.com/1424-8220/9/3/2035>).
- Westen, Van. C.J. , Rengers, N., and Soeters, R. (2003), Use of Geomorphological Information in Indirect Landslide Susceptibility Assessment, *Natural Hazard* (30): 399-419., Kluwer Academic Publishers, Netherlands.
- Zaruba, Q. and Mencl, V. (1982), *Landslide and Their Control*, Elsevier Science Ltd., Belanda.

PENGARUH JUMLAH DAN METODE PENGAMBILAN TITIK SAMPEL PENGUJI TERHADAP TINGKAT AKURASI KLASIFIKASI CITRA DIGITAL PENGINDERAAN JAUH

Projo Danoedoro¹

¹ PUSPICS Fakultas Geografi UGM, Sekip Utara, Sleman, Yogyakarta 55281

Email: projo.danoedoro@geo.ugm.ac.id.

*Corresponding author: projo.danoedoro@geo.ugm.ac.id

ABSTRAK

Penelitian penginderaan jauh hampir selalu menggunakan analisis uji akurasi untuk menunjukkan seberapa efektif suatu metode digunakan dan dikembangkan dalam mendukung aplikasi tertentu. Meskipun demikian, penelitian tentang bagaimana suatu metode uji akurasi dijalankan ternyata relatif terbatas. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh jumlah sampel penguji titik di lapangan dan metode pengambilannya terhadap tingkat akurasi hasil klasifikasi multispektral citra ALOS AVNIR-2. Dalam penelitian ini, citra ALOS AVNIR-2 multispektral (resolusi spasial 10 m) diklasifikasi multispektral untuk menurunkan peta-peta penutup lahan pada dua versi menurut jumlah kelas yang dihasilkan, yaitu 35 dan 15. Secara terpisah, citra ALOS AVNIR-2 ini dianalisis dengan metode klasifikasi berbasis objek dan kemudian diedit dengan basis poligon sesuai dengan kenyataan di lapangan, untuk dijadikan rujukan (dianggap benar) dalam pengujian akurasi. Pengambilan sampel lapangan untuk penguji akurasi dilakukan dengan basis titik. Untuk sampel penguji dilakukan strategi pengambilan sampel secara (a) acak, (b) sistematis atau grid, dan (c) acak terstratifikasi. Analisis uji akurasi dilakukan dengan menggunakan *confusion/error matrix*, untuk memperoleh nilai *overall accuracy*. Penelitian ini menemukan bahwa jumlah minimal sampel penguji yang direkomendasikan pada berbagai metode pengambilan sampel penguji adalah $4n$ untuk jumlah kelas penutup lahan yang banyak (35 kelas) dan $8n$ untuk jumlah kelas yang sedikit (13 kelas), di mana n = jumlah kelas. Penggunaan sampel penguji berupa titik secara acak kurang mampu memberikan hasil yang konsisten, apabila dibandingkan dengan nilai akurasi yang sebenarnya.

KATA KUNCI: penutup lahan, klasifikasi citra, uji akurasi

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang dan Perumusan Masalah

Penginderaan jauh dapat dipandang sebagai sains (Dahlberg dan Jensen, 1986), namun dapat pula dipandang sebagai sub-disiplin di bawah disiplin geografi. Sains, menurut Zen (1979) dicirikan setidaknya oleh tiga hal, yaitu (a) eksplorasi ke alam materi, (b) melakukan pengamatan fenomena keteraturan di alam dan memformulasikannya ke dalam konsep dan teori, dan (c) bersifat mampu menguji diri sendiri (*self testing*). Baik sebagai sains tersendiri maupun sebagai sub-disiplin dalam geografi, penginderaan jauh telah menunjukkan bahwa dirinya mempunyai kemampuan untuk menguji diri sendiri, sehingga setiap kali penelitian penginderaan jauh selalu mampu memberikan hasil yang dapat dipakai sebagai umpan balik dalam menilai proses penyusunan pengetahuan maupun kelemahan-kelemahan yang ada di dalamnya. Salah satu ciri kemampuan menguji diri sendiri itu adalah mekanisme validasi atau menguji akurasi.

Penelitian penginderaan jauh dibedakan dari penelitian terapan yang sekadar menggunakan penginderaan jauh, dalam hal mekanisme uji akurasi yang bersifat 'wajib'. Hasil uji akurasi ini menjadi tolak ukur, seberapa jauh suatu metode penginderaan jauh dapat diterapkan, dan pada kondisi apa saja suatu metode kurang dapat diandalkan. Identifikasi faktor-faktor yang berpengaruh terhadap akurasi metode penginderaan jauh akan meningkatkan nilai manfaatnya, karena metode tersebut dapat direkomendasikan dengan mempertimbangkan keterbatasan dan karakteristik data, waktu, wilayah, dan jenis aplikasi yang digunakan.

Salah satu hal yang jarang dibahas dalam menilai akurasi suatu hasil analisis penginderaan jauh adalah metode pengambilan sampel penguji. Jensen (2005) dan juga Tso dan Mather (2009) telah menunjukkan penggunaan matriks kesalahan (*confusion matrix/error matrix*), akan tetapi pada kedua

rujukan tersebut tidak ada rekomendasi tentang jumlah sampel yang harus diambil dan cara pengambilannya. Kajian tentang jumlah sampel dalam proses klasifikasi telah banyak dibahas oleh berbagai penulis, misalnya Fitzpatrick-Lins (1981), Mather (2004), dan Congalton and Green (1999). McCoy (2005) telah menunjukkan bahwa kebutuhan jumlah sampel menurut Fitzpatrick-Lins (1981) mengabaikan ukuran luas wilayah dan variabilitas geografisnya. Mather (2004) menyarankan jumlah piksel minimal sampel adalah 30 kali jumlah kelas; sementara Congalton and Green (1999) mengusulkan metode perhitungan jumlah sampel berdasarkan distribusi binomial. Walaupun demikian, penulis-penulis tersebut tidak secara spesifik membahas jumlah dan metode pengambilan sampel pengujian (bukan sampel klasifikasi) untuk suatu hasil klasifikasi digital dengan jumlah kelas tertentu.

1.2 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh informasi tentang jumlah dan metode pengambilan titik sampel pengujian yang optimal, terkait dengan jumlah kelas yang dipetakan, dalam menilai akurasi suatu hasil klasifikasi citra digital penginderaan jauh, khususnya dengan citra satelit ALOS AVNIR-2 multispektral..

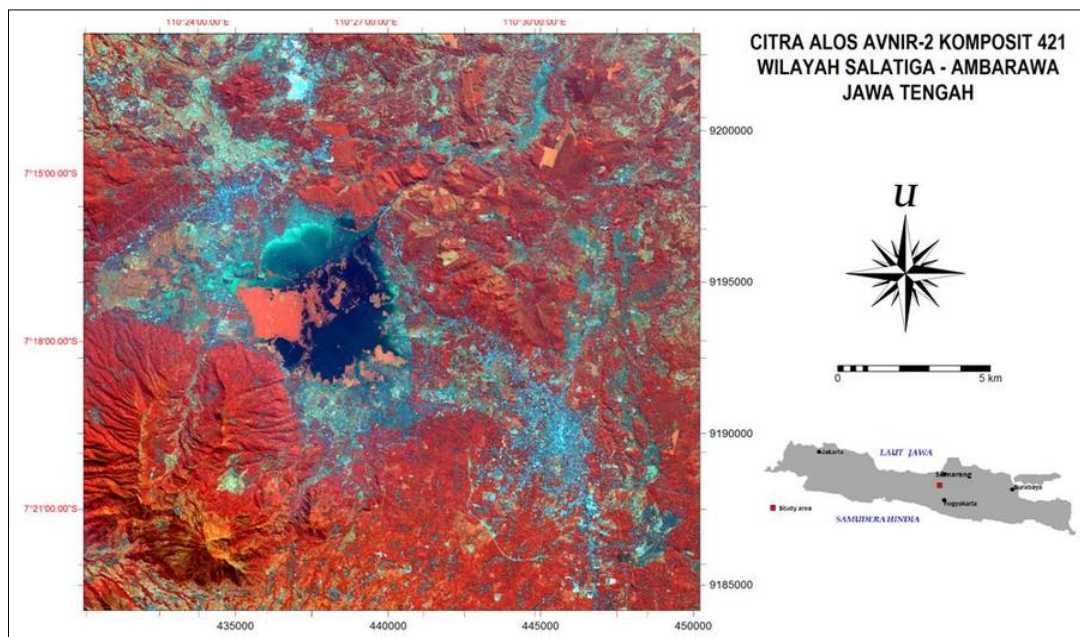
1.3 Hasil yang Diharapkan

Hasil yang diharapkan dari penelitian ini adalah (a) hasil klasifikasi citra ALOS AVNIR-2 secara digital yang dijadikan objek pengujian akurasi, (b) peta penutup lahan referensi (pengganti data lapangan) yang diproses dari klasifikasi citra ALOS AVNIR-2 dan koreksi lapangan, (c) titik-titik distribusi sampel pengujian pada berbagai jumlah yang diambil pada berbagai metode, (d) tabel yang menyatakan hubungan antara jumlah kelas, jumlah titik sampel, dan metode pengambilan sampel dengan tingkat akurasi yang dihasilkan, dan (e) rekomendasi metode pengambilan sampel titik serta jumlah yang optimal untuk menilai akurasi suatu hasil klasifikasi citra secara digital.

2. BAHAN, ALAT DAN METODE PENELITIAN

2.1 Bahan

Penelitian ini menggunakan citra ALOS AVNIR-2 multispektral pada resolusi spasial 10 m, yang terdiri dari empat saluran spectral, yaitu biru (0,42-0,50 μm), hijau (0,52-0,60 μm), merah (0,61-0,69 μm), dan inframerah dekat (0,76-0,89 μm). Citra direkam pada tanggal 20 Juni 2009, dan dipotong pada ukuran 1909 baris x 2025 kolom, meliputi wilayah dengan ukuran 19,09 km x 20,25 km, termasuk Danau Rawa Pening di bagian tengah, kota Salatiga di bagian kanan bawah, dan kota Kecamatan Ambarawa di bagian kiri tengah (Gambar 1). Peta RBI skala 1:25.000 digunakan sebagai rujukan saat melakukan koreksi geometrik.



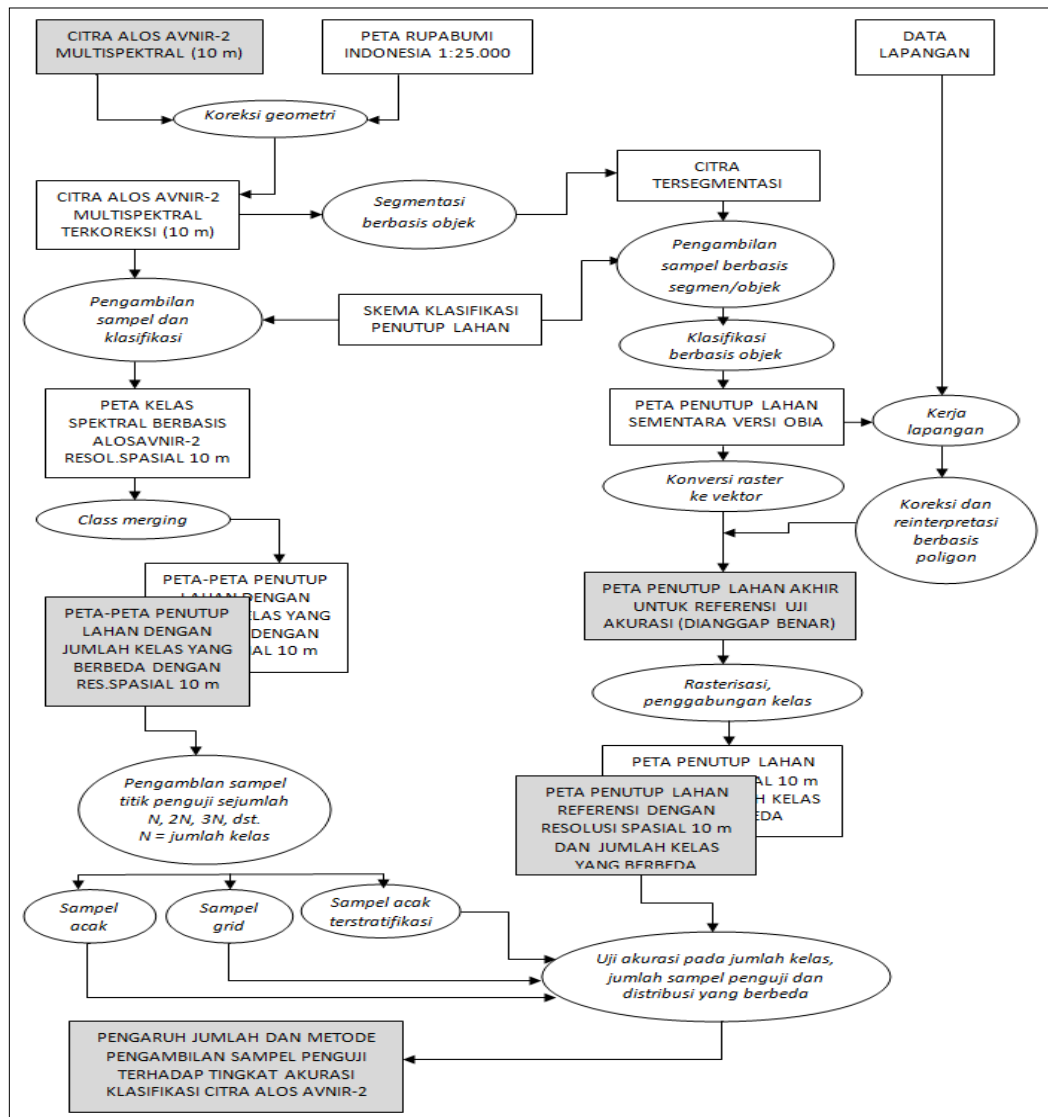
Gambar 1. Daerah penelitian yang tersaji pada citra komposit warna semu 421 (RGB) ALOS AVNIR-2

2.2 Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah laptop dengan prosesor Intel i7 dan perangkat lunak Idrisi Selva serta perangkat lunak ILWIS Open 3.8. Idrisi Selva terutama digunakan untuk melakukan klasifikasi citra multispektral berbasis objek serta pengambilan sampel pengujian; sementara ILWIS digunakan untuk melakukan penyuntingan hasil klasifikasi citra berbasis vektor, pengujian akurasi dengan menggunakan sistem informasi geografis, serta tampilan peta. GPS *receiver* digunakan untuk memandu kerja lapangan.

2.3 Metode Penelitian

Penelitian ini bersifat eksperimental, dengan menggunakan dua macam data utama, yaitu (a) citra yang telah diklasifikasi secara digital dan (b) referensi lapangan yang diwujudkan dalam bentuk peta. Dalam penelitian ini digunakan citra ALOS AVNIR-2 untuk diklasifikasi secara multispektral dan peta penutup lahan hasil klasifikasi ditambah kerja lapangan detail sebagai koreksi untuk dijadikan referensi. Peta hasil interpretasi ini diperbaiki berdasarkan survei lapangan, diperbaiki batas-batas satuan pemetaannya maupun isi kategorinya pada amodel data vektor, kemudian dirasterkan pada resolusi yang sama dengan citra ALOS AVNIR-2 untuk dijadikan referensi lapangan atau pengujian akurasi. Secara garis besar, metode penelitian ini tersaji pada diagram alir di Gambar 1.



Gambar 2. Diagram alir metode penelitian

Perlu ditekankan di sini bahwa pencapaian akurasi yang tinggi pada klasifikasi multispektral citra ALOS AVNIR-2 bukanlah tujuan dari penelitian ini. Penggunaan citra terklasifikasi multispektral dan peta referensi yang dianggap benar hanya menjadi sarana untuk menilai pengaruh jumlah dan cara pengambilan sampel pengujian terhadap tingkat akurasi hasil klasifikasi secara digital.

2.3.1 *Pra-pemrosesan*

Pada tahap awal, citra ALOS AVNIR-2 dikoreksi geometri dengan mengacu pada peta topografi (peta RBI) skala 1:25.000. Koreksi radiometri hanya dilakukan dengan cara mengurangi nilai piksel citra asli pada setiap saluran dengan nilai minimum yang diasumsikan sebagai gangguan (*noise*). Hal ini dilakukan dengan landasan dua alasan. Pertama, proses klasifikasi multispektral untuk satu tanggal perekaman tidak banyak terganggu oleh dikoreksi-tidaknya nilai piksel saluran-saluran yang dilibatkan. Kedua, perangkat lunak yang digunakan dalam penelitian ini memproses citra untuk klasifikasi multispektral dengan rentang nilai 0-255 atau dengan koding 8 bit, sehingga hasil koreksi radiometri hingga *at-surface reflectance* yang disimpan dalam 2 byte per piksel sekali pun harus dikonversi kembali ke skala 0-255, .

2.3.2 *Klasifikasi Multispektral untuk Pemetaan Penutup Lahan*

Selain digunakan sebagai salah satu masukan proses *pan-sharpening*, citra ALOS AVNIR-2 juga digunakan sebagai dasar pembuatan peta penutup lahan melalui klasifikasi multispektral. Proses klasifikasi multispektral dilakukan dengan mengacu ke skema klasifikasi multiguna dimensi spektral menurut Danoedoro (2009) yang dimodifikasi. Proses pengambilan sampel spektral akan memberikan kelas-kelas spektral dalam jumlah relatif besar. Kelas-kelas ini kemudian akan diubah menjadi kelas penutup lahan melalui proses *Boolean logic* dan penggabungan beberapa kelas spektral yang serupa ke kelas informasional (penutup lahan). Dengan demikian, akan dihasilkan beberapa jenis peta penutup lahan dengan jumlah kelas yang berbeda-beda, yang akan diuji akurasinya.

2.3.3 *Klasifikasi Berbasis Objek untuk Pembuatan Peta Referensi (Pengujian Akurasi)*

Secara terpisah, citra ALOS AVNIR-2 diproses dengan klasifikasi berbasis objek untuk menghasilkan peta penutup lahan referensi, yaitu peta penutup lahan yang dianggap benar, dan menjadi dasar bagi pengujian akurasi yang ideal. Pengujian akurasi yang ideal adalah dengan cara menumpang-susunkan peta hasil klasifikasi yang akan diuji dengan peta referensi, sehingga setiap piksel pada kedua peta dapat dibandingkan; bukan hanya bertumpu pada sampel. pemilihan klasifikasi berbasis objek didasari oleh pertimbangan bahwa metode ini mampu menghasilkan segmen dan kelas dalam bentuk poligon (bukan hasil generalisasi) yang bisa disunting berdasarkan cek lapangan. Proses klasifikasi berbasis objek meliputi dua langkah, yaitu (a) segmentasi berbasis objek, dan (b) klasifikasi berbasis objek. Sementara itu, hasil klasifikasi berbasis objek diproses lebih lanjut melalui koreksi dari data lapangan untuk menjadi peta referensi yang dipandang benar.

a. *Segmentasi berbasis Objek*

Segmentasi berbasis objek dilakukan dengan perangkat lunak Idrisi Selva. Cara kerja segmentasi ini mengacu pada penjelasan Eastman (2012), yaitu bahwa citra asli pada tahap awal diubah menjadi peta permukaan menyerupai model elevasi digital. Pengubahan dilakukan dengan mentransformasi nilai piksel asli menjadi nilai variansi. Selanjutnya, komputer melakukan delineasi otomatis untuk menentukan daerah tangkapan (*watershed boundary*), analog dengan citra elevasi digital, menggunakan nilai-nilai piksel yang mempunyai variansi tertinggi sebagai batas. Piksel-piksel dengan nilai variansi mendekati nol dipandang sebagai area atau objek yang homogen. Ketiga, daerah tangkapan yang relatif kecil-kecil kemudian digabung dengan menggunakan kriteria standar untuk membangun segmen-segmen citra, antara lain kemiripan secara spektral. Setiap segmen tercatat mempunyai tetangga segmen dengan urutan kemiripan yang tertentu namun konsisten satu sama lain. Proses ini berlangsung secara iteratif. Hasil akhir dari proses segmentasi adalah peta segmen yang tersimpan dalam dua macam model data, yaitu vektor dan raster.

b. *Klasifikasi Berbasis Objek*

Citra segmen kemudian dijadikan dasar bagi pengambilan sampel, yaitu dengan menganggap segmen-segmen tertentu sebagai *area of interest* atau *region of interest*. Setiap sampel diberi label nama kelas mengacu ke skema klasifikasi, dan setiap sampel mempunyai *spectral signature* tertentu, sesuai dengan

nilai piksel semua saluran yang jatuh di dalam setiap segmen. Pengambilan sampel berbasis segmen ini kemudian dilanjutkan dengan proses klasifikasi per piksel. Proses klasifikasi per-piksel akan menghasilkan citra terklasifikasi berbasis piksel, yang terpisah dari citra tersegmentasi. Hasil klasifikasi per-piksel ini kemudian digabungkan kembali dengan hasil segmentasi, untuk kemudian ditentukan label kelas akhirnya dengan mengacu pada aturan mayoritas piksel berlabel tertentu pada setiap segmen. Dengan cara yang sangat sederhana ini, setiap segmen pun kemudian dilabeli dengan nama-nama kelas atau kategori.

c. Pembuatan Peta Penutup Lahan Referensi

Peta hasil klasifikasi berbasis objek kemudian dikembalikan ke model data vektor. Konversi dari raster ke vektor dilakukan dengan perangkat lunak ILWIS 3.8, karena perangkat lunak ini mampu melakukan vektorisasi poligon relatif lebih baik (dalam arti menghasilkan poligon yang batasnya halus, tidak patah-patah) daripada perangkat lunak lain yang banyak tersedia di pasar. Dengan cara ini, penyuntingan (*editing*) atas hasil klasifikasi berdasarkan cek lapangan dapat dilakukan pada setiap poligon. Pengecekan lapangan berlangsung ekstensif sehingga poligon-poligon yang salah terklasifikasi dapat dikoreksi. Hasil akhir dari proses ini adalah peta penutup lahan referensi yang dianggap benar (karena sudah dikoreksi mengacu ke data lapangan) dan dikonversi kembali ke model data raster.

2.3.4 Penilaian Akurasi yang Benar dan Pengambilan Sampel untuk Pengujian Akurasi

Penilaian akurasi yang benar dilakukan dengan cara menumpangsusunkan peta penutup lahan referensi dan peta penutup lahan hasil klasifikasi multispektral yang akan diuji. Dengan cara ini seluruh piksel pada daerah penelitian dilibatkan dalam pengujian dan masuk ke perhitungan matriks kesalahan. Nilai akurasi yang muncul adalah nilai akurasi yang sebenarnya, bukan berdasarkan sampel.

Pengambilan sampel pengujian akurasi lapangan yang bertumpu pada peta-peta penutup lahan referensi ini dilakukan dengan menggunakan basis titik. Sampel pengujian berupa titik diambil dengan tiga macam cara, yaitu (1) acak (*random*) (2) sistematis/grid, dan (3) acak terstratifikasi (*stratified random*). Penentuan titik-titik sampel acak, grid, maupun acak terstratifikasi dilakukan secara otomatis dengan menggunakan fasilitas pengambilan sampel acak dari perangkat lunak Idrisi Selva. Jumlah sampel pengujian yang diambil didasari oleh jumlah kelas yang dihasilkan. Untuk keperluan penelitian ini, diambil sampel sejumlah $2n$, $3n$, $4n$ dan seterusnya, di mana n adalah jumlah kelas.

2.3.5 Evaluasi atas Nilai Uji Akurasi

Analisis hubungan antar jumlah kelas dan metode pengambilan sampel (acak, grid, dan terstratifikasi) dilakukan dengan menerapkan analisis matriks kesalahan pada setiap pasangan data hasil klasifikasi dan peta penutup lahan referensi. Akurasi keseluruhan digunakan sebagai penilai tingkat akurasi. Dari analisis ini diharapkan dapat diperoleh gambaran tentang jumlah sampel pengujian yang optimal, dan metode pengambilan sampel yang efektif.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

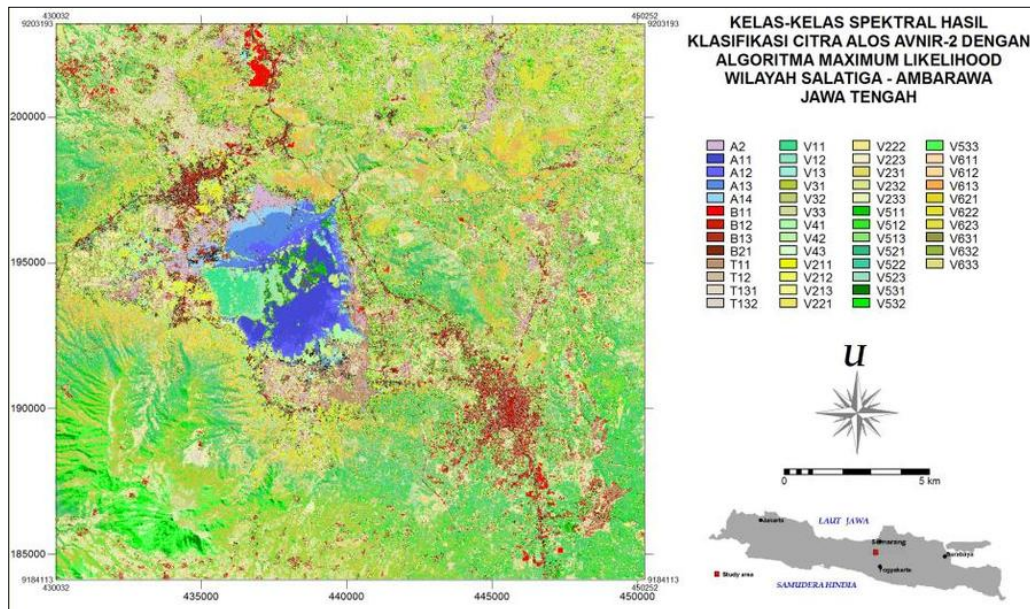
4.1. Peta Penutup Lahan yang Akan Diuji

Peta penutup lahan yang diuji diproses dengan cara standar, baik dalam hal pemilihan sampel maupun eksekusi klasifikasinya. Pada tahap awal dihasilkan 49 kelas spektral, seperti tersaji pada Gambar 3. Karena kelas-kelas ini masih merupakan kelas spektral, dan bukan kelas yang sesuai dengan skema klasifikasi yang digunakan, maka dilakukan pengelompokan kelas. Misalnya *air_keruh_1*, *air_keruh_2* dan *air_keruh_3* dan seterusnya menjadi tubuh air. Cara ini menghasilkan 35 kelas penutup lahan seperti tersaji pada Gambar 4.

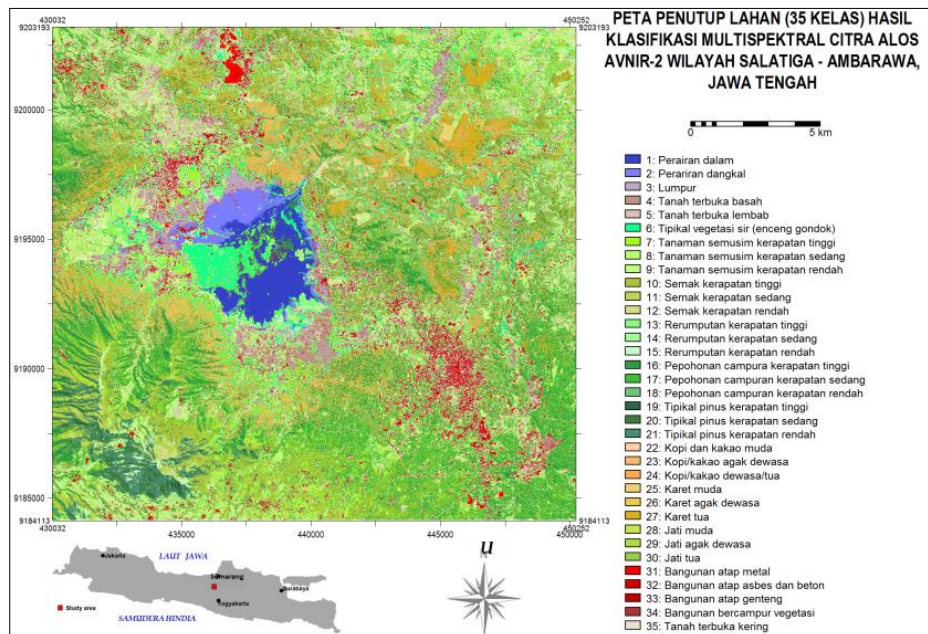
Peta dengan jumlah kelas sebanyak 35 ini kemudian disederhanakan menjadi peta baru dengan 13 kelas. Pengelompokan kembali jumlah kelas ini ditujukan untuk menghasilkan peta dengan jumlah kelas yang berbeda, yang perlu dikaji pengaruhnya terhadap jumlah dan distribusi sampel titik pengujian akurasi. Peta dengan 13 kelas tersaji pada Gambar 5. Peta-peta penutup lahan dengan 35 dan 13 kelas ini yang kemudian perlu dibandingkan dengan peta penutup lahan lain yang dianggap benar.

4.2. Peta Penutup Lahan Pengujian

Proses penyusunan peta penguji yang dianggap benar dimulai dengan segmentasi citra. Segmentasi memerlukan masukan empat saluran, yaitu biru, hijau, merah dan inframerah dekat, dengan bobot setiap saluran yang berbeda-beda, karena bentanglahan daerah kajian didominasi oleh area bervegetasi. Pada penelitian ini, matriks korelasi antar-saluran dan matriks variansi-kovariansi menjadi pertimbangan, sehingga bobot untuk saluran biru adalah 0,19; sementara bobot untuk saluran hijau, merah, dan inframerah dekat masing-masing adalah 0,27. Pertimbangannya, kedua matriks tersebut dan fakta fenomena vegetasi di daerah penelitian lebih menunjukkan peran saluran hijau, merah dan inframerah dekat daripada saluran biru.



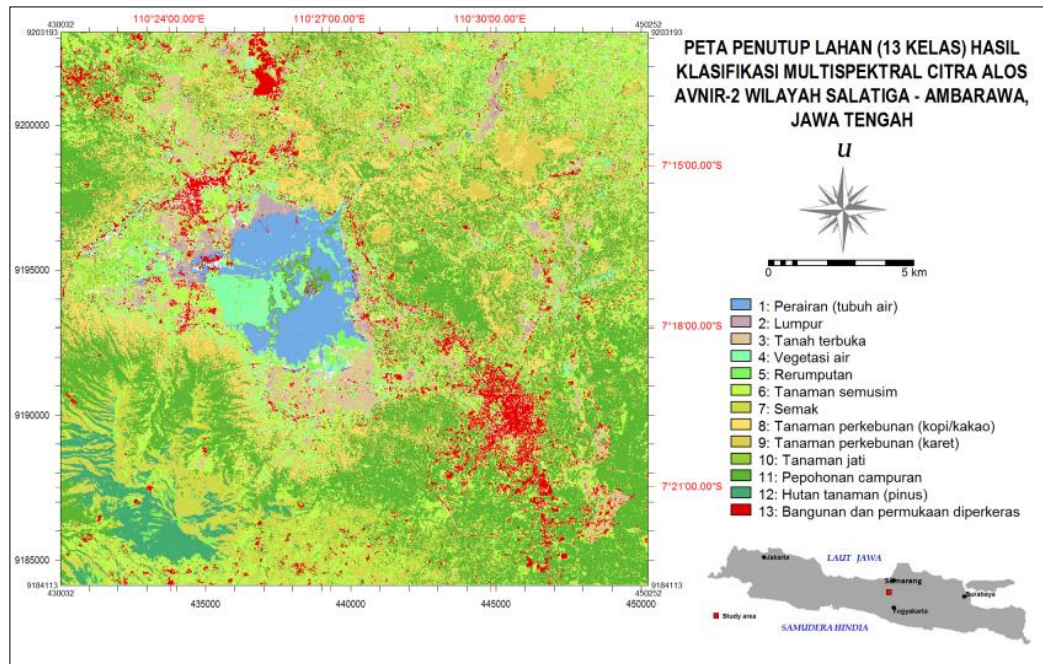
Gambar 3. Peta hasil klasifikasi multispektral dengan 49 kelas spektral mengacu ke kelas penutup lahan.



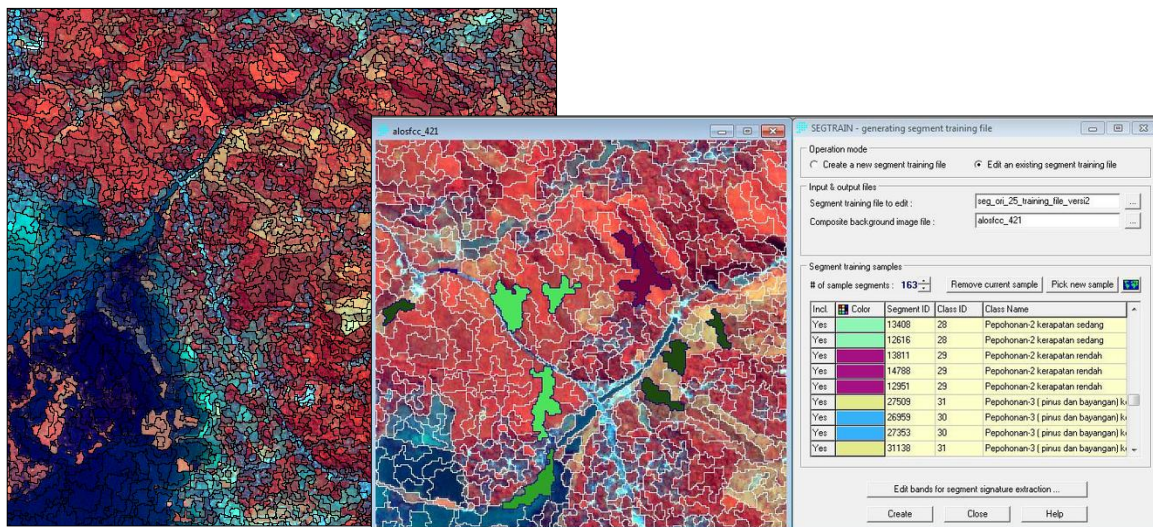
Gambar 4. Peta penutup lahan akhir dengan 35 kelas, hasil penyederhanaan peta kelas spektral

Berdasarkan proses *trial and error*, segmentasi menggunakan parameter dengan bobot yang sama untuk faktor nilai rerata dan faktor nilai variansi, yaitu 0,5. Nilai toleransi kemiripan (*similarity tolerance*)

dicoba pada berbagai nilai, yaitu 10, 25, 40, 60, 80 dan 100; di mana nilai toleransi kemiripan yang kecil akan menghasilkan ukuran segmen yang kecil pula. Dapat diterima-tidaknya hasil segmentasi dengan kombinasi parameter di atas adalah melalui perbandingan visual dengan citra komposit warna pada berbagai versi, di mana hasil segmentasi yang mampu memberikan gambaran visual pemisahan kenampakan penutup lahan yang paling baiklah yang akan diambil. Pada proses ini, ukuran toleransi kemiripan 25 dinilai memberikan hasil terbaik. Gambar 6 menyajikan potongan citra yang telah disegmentasi pada kombinasi parameter tersebut, serta proses pengambilan sampel berbasis segmen.



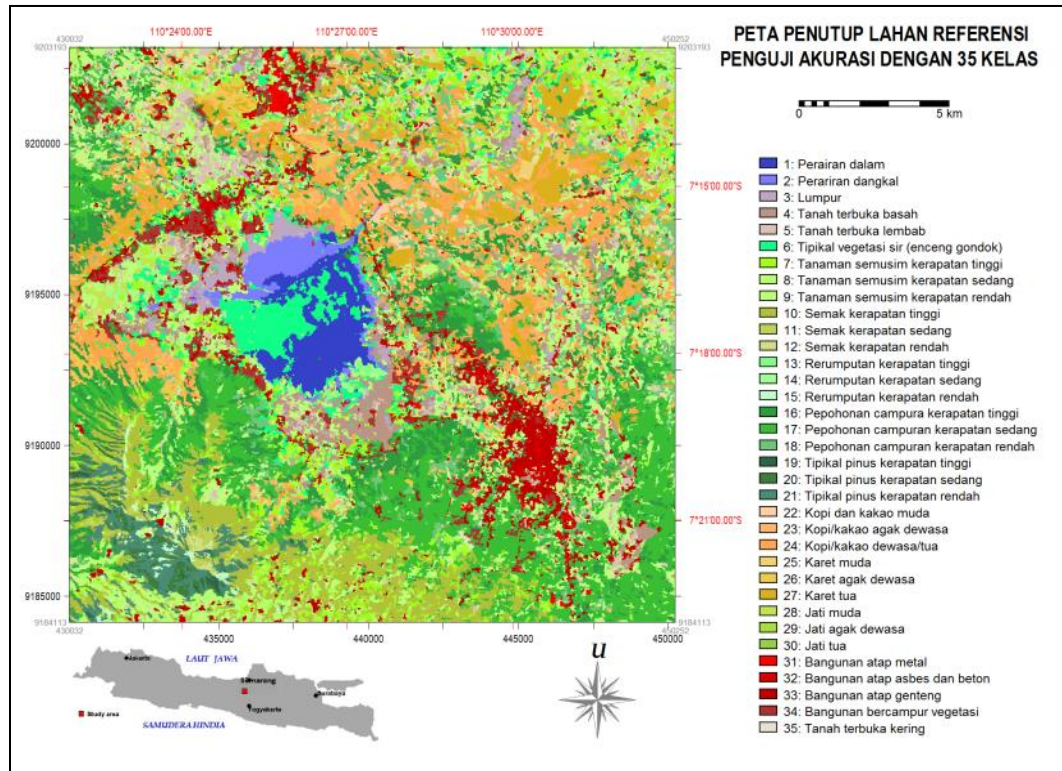
Gambar 5. Peta penutup lahan akhir dengan jumlah kelas 13, hasil penyederhanaan peta dengan 35 kelas.



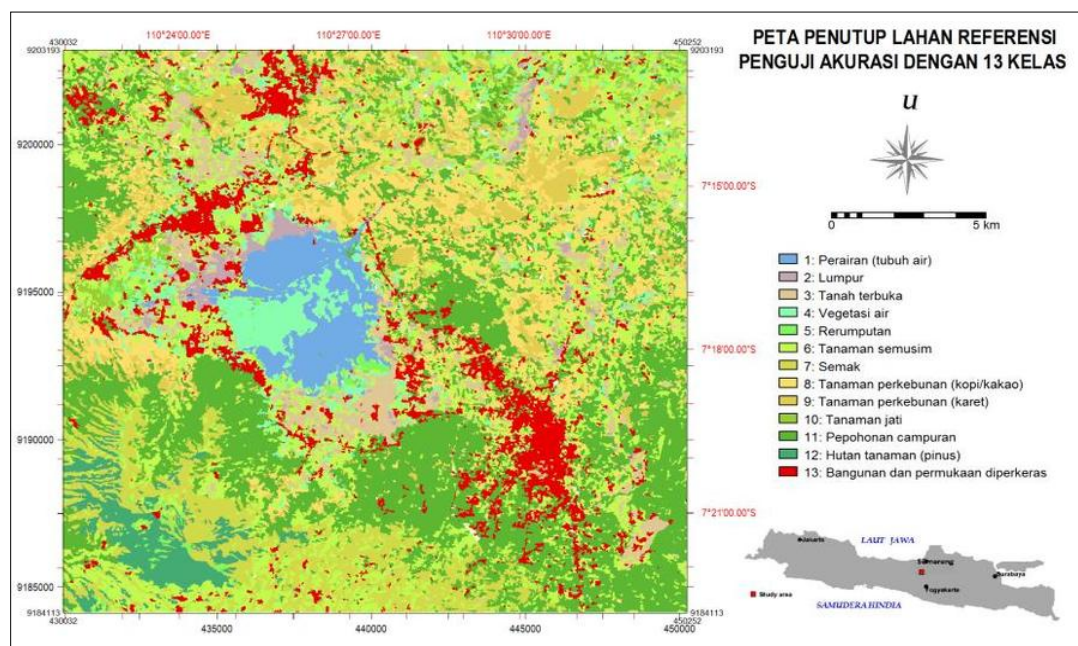
Gambar 6. Potongan area yang menunjukkan hasil segmentasi berbasis objek, dan proses pengambilan sampel berbasis segmen

Setelah segmen-segmen sampel diambil dan diekstrak informasi spektralnya pada setiap saluran, maka proses klasifikasi per-piksel pun dilakukan berdasarkan sampel-sampel tersebut. Hasil klasifikasi per-piksel ini kemudian ditumpangsusunkan dengan peta hasil segmentasi untuk menurunkan peta hasil klasifikasi berbasis objek melalui aturan mayoritas. Hasil klasifikasi berbasis objek kemudian dikembalikan

ke model data vektor dan diperbaiki per poligon dengan mengacu pada hasil cek lapangan. Pada proses ini ada 1296 poligon yang diperbaiki labelnya, mengacu ke fakta di lapangan. Hasil perbaikan di peta vektor ini kemudian dikembalikan ke model data raster pada 35 dan 13 kelas untuk menghasilkan peta-peta referensi yang dipandang benar, sebagai pengganti kondisi di lapangan pengujian akurasi (Gambar 7 dan Gambar 8).



Gambar 7. Peta referensi yang dianggap benar (35 kelas), sebagai pengganti kenyataan di lapangan, diperoleh melalui proses klasifikasi berbasis objek dan diperbaiki melalui penyuntingan 1296 poligon berdasarkan cek lapangan.

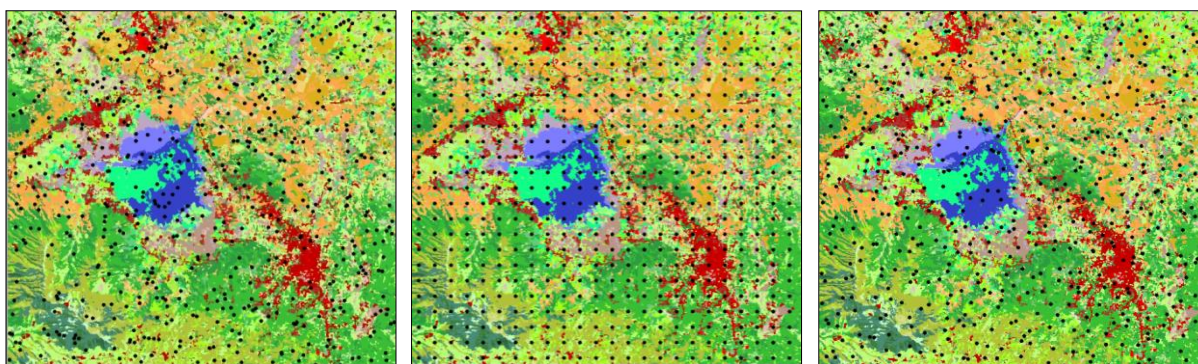


Gambar 8. Peta referensi yang dianggap benar (13 kelas), sebagai pengganti kenyataan di lapangan, diperoleh melalui proses reklasifikasi dan penggabungan kelas dari peta penutup lahan dengan 35 kelas.

4.3. Hasil Pengujian Akurasi

Pengujian akurasi dilakukan dengan menjalankan program pengambilan sampel secara otomatis. Pada masing-masing himpunan sampel dengan jumlah dan metode pengambilan sampel yang berbeda ini, peta hasil klasifikasi citra dijadikan referensi, dan lokasi titik-titik sampel kemudian diplot di atas peta referensi lapangan, baik yang mempunyai 35 maupun 13 kelas. Setiap titik sampel dengan demikian mempunyai dua atribut, yaitu label kelas hasil klasifikasi dan label kelas referensi lapangan. Kedua atribut ini kemudian dipindahkan menjadi matriks kesalahan (*confusion matrix*), untuk dinilai akurasi keseluruhannya.

Contoh distribusi sampel dengan metode acak, sistematis (grid) dan acak terstratifikasi disajikan pada Gambar 9, sementara hasil perhitungan uji akurasi pada berbagai jumlah kelas, jumlah titik sampel kelas dan metode pengambilan sampel tersaji pada Tabel 1 dan 2. Berdasarkan perbandingan dua macam peta, yaitu peta penutup lahan hasil klasifikasi multispektral dengan peta referensi yang dianggap benar, diperoleh nilai akurasi masing-masing sebesar 41,88% untuk jumlah kelas 35, dan 51,59% untuk jumlah kelas sebanyak 13. Hal ini sesuai dengan teori bahwa untuk pemetaan dengan jumlah kelas yang sedikit cenderung memberikan hasil dengan tingkat akurasi yang lebih tinggi.



Gambar 9. Contoh distribusi sampel sebanyak 16n (560 titik) untuk jumlah kelas 35, yang diambil secara acak (kiri), sistematis/grid (tengah), dan acak terstratifikasi (kanan). Latar belakang adalah peta referensi.

Nilai akurasi sebesar 41,88% dan 51,59% untuk kedua macam jumlah kelas ini diterima sebagai nilai akurasi yang benar, karena tidak diperoleh dari sampel pengujian melainkan dari perbandingan keseluruhan piksel pada peta yang diuji dengan referensi lapangan yang diwakili oleh peta pengujian. Oleh karena itu diperlukan evaluasi atas jumlah titik sampel dan cara pengambilannya, untuk mengetahui jumlah minimal dan cara efektif pengambilan sampel yang dapat mendekati nilai akurasi yang sebenarnya.

Tabel 1. Nilai akurasi hasil penggunaan titik sampel pengujian, menurut jumlah kelas, metode pengambilan sampel, dan jumlah sampelnya (n = 35 kelas)

		NILAI AKURASI (%) PADA SETIAP JUMLAH SAMPEL DAN METODE PENGAMBILAN SAMPEL									
		n	2n	4n	8n	16n	32n	64n	132n	264n	528n
		35	70	140	280	560	1120	2240	4480	8960	17920
35 KELAS	Acak	40,00	32,35	42,65	41,11	39,74	41,90	42,97	41,50	41,32	41,49
	Grid	42,86	37,23	43,98	42,15	41,56	40,42	43,40	42,56	41,51	41,75
	Acak terstratifikasi	67,65	57,58	44,85	38,15	44,32	42,98	41,76	41,50	41,05	42,27
Nilai akurasi acuan (yang dianggap benar) = 41,88%											

Tabel 2. Nilai akurasi hasil penggunaan titik sampel penguji, menurut jumlah kelas, metode pengambilan sampel, dan jumlah sampelnya ($n = 13$ kelas)

		NILAI AKURASI (%) PADA SETIAP JUMLAH SAMPEL DAN METODE PEMGMBILAN SAMPEL									
		n	$2n$	$4n$	$8n$	$16n$	$32n$	$64n$	$132n$	$264n$	$528n$
		13	26	52	104	208	416	832	1664	3328	6656
13 KELAS	Acak	75,00	40,00	48,98	53,19	39,74	48,16	52,83	53,99	53,41%	52,65%
	Grid	61,54	56,00	50,00	51,52	47,26	49,88	51,11	53,23	52,08%	51,34%
	Acak terstratifikasi	38,46	53,85	59,18	43,00	44,28	49,88	51,92	52,73	50,87%	52,37%
Nilai akurasi acuan (yang dianggap benar) = 51,59%											

Dengan menggunakan nilai toleransi sebesar $\pm 1\%$ untuk menerima suatu hasil uji akurasi dipandang sama dengan /mendekati nilai akurasi yang seharusnya (nilai akurasi acuan), maka Tabel 1 dan Tabel 2 menunjukkan pola yang secara garis besar sama, namun dengan detil yang berbeda. Secara umum, dengan jumlah titik sampel yang kurang dari $4n$, berapa pun jumlah kelas penutup lahan yang dipetakan, tidak dapat diperoleh nilai akurasi klasifikasi yang sebenarnya. Jumlah titik sampel yang besar cenderung memberikan nilai akurasi klasifikasi yang mendekati kenyataan, meskipun pola yang dijumpai tidak sama antara metode pengambilan secara acak, sistematis/grid, maupun acak terstratifikasi. Jumlah kelas pemetaan penutup lahan yang lebih banyak (35 dibanding 13) mampu memberikan nilai ambang jumlah titik sampel penguji yang lebih kecil (sedikit) untuk memberikan nilai akurasi yang mendekati kenyataan. Titik sampel penguji minimal sebanyak $4n$ untuk 35 kelas mampu memberikan nilai akurasi yang lebih mendekati kenyataan; sementara untuk peta dengan 13 kelas diperlukan jumlah titik sampel penguji yang lebih banyak, yaitu $\geq 8n$.

Sesuai dengan karakternya, metode pengambilan titik sampel penguji secara acak juga memberikan hasil yang bersifat acak, dalam arti tak terduga. Hasil penilaian akurasi bersifat tidak konsisten terkait dengan jumlah titik sampel, yaitu tidak ada hubungan antara jumlah titik dengan kedekatan nilai akurasi yang sebenarnya. Pengambilan sampel secara sistematis/grid –meskipun menunjukkan jumlah minimal titik sampel penguji yang harus diambil supaya mendekati nilai akurasi kenyataan—juga masih menunjukkan inkonsistensi. Di sisi lain, pengambilan titik sampel penguji secara acak terstratifikasi jelas menunjukkan adanya kondistensi hasil dan merekomendasikan jumlah minimal titik sampel penguji. Meskipun demikian, hasil penelitian ini juga menunjukkan jumlah minimal titik sampel penguji yang sangat besar apabila analisis citra/pemetaan penutup lahan ingin memperoleh nilai akurasi klasifikasi yang mendekati kenyataan. Jumlah ini tidak mudah untuk diakomodasi dengan masih terbatasnya anggaran/dana untuk pengujian akurasi dalam pemetaan penutup lahan di Indonesia.

Penelitian ini juga belum menggunakan area sebagai basis pengambilan sampel penguji; padahal untuk menguji akurasi klasifikasi dan pemetaan penutup lahan, penggunaan sampel penguji berupa titik akan cenderung mengarahkan ke kesimpulan yang keliru, khususnya apabila jumlah titik sampel sangat terbatas. Hal ini terbukti dari temuan penelitian, yang menunjukkan bahwa jumlah titik sampel yang besar lebih bisa dipercaya daripada yang sedikit. Walaupun demikian, masih diperlukan pengujian dengan menggunakan sampel berupa area untuk memastikan jumlah sampel minimal yang mendekati nilai akurasi sebenarnya, baik untuk metode pengambilan secara acak, sistematis/grid, maupun acak terstratifikasi. Dengan demikian, penelitian lebih lanjut dengan menggunakan sampel penguji berupa area perlu diagendakan.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan yang dapat ditarik dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Jumlah minimal sampel penguji yang direkomendasikan pada berbagai metode pengambilan sampel penguji adalah $4n$ untuk jumlah kelas penutup lahan yang banyak (35 kelas) dan $8n$ untuk jumlah kelas yang sedikit (13 kelas), di mana n adalah jumlah kelas
- Penggunaan sampel penguji berupa titik secara acak kurang mampu memberikan hasil yang konsisten, apabila dibandingkan dengan nilai akurasi yang sebenarnya

Penelitian ini juga menyarankan kajian lanjut dengan menggunakan sampel penguji dalam bentuk area, agar dapat diperoleh gambaran teoretis tentang jumlah dan distribusi sampel penguji yang ideal dalam pemetaan penutup lahan berbasis citra penginderaan jauh secara digital.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Fakultas Geografi UGM yang telah memberikan dukungan dana untuk penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Congalton, R. G., and K. Green. 1999. *Assessing the accuracy of remotely sensed data: Principles and practice*. Lewis Publishers, New York
- Dahlberg, R. W., and Jensen, J.R. (1986). Education for Cartography and Remote Sensing in the Service of an Information Society: The United States Case. *The American Cartographer*, 13(1), 51-71.
- Danoedoro, P. (2009). *Land-use Information from the Satellite Imagery: Versatility and Contents for Local Physical Planning*. Lambert Academic Publishing, Saarbrücken.
- Eastman, R. (2012). *IDRISI SELVA Manual*. Clark Labs, Worchester, MA.
- Fitzpatrick-Lins, K. (1981). Comparison of sampling procedures and data analysis for a land-use and land-cover map. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* 47(3):343–351.
- Jensen, J. R. (2005). *Introductory Digital Image Processing - A Remote Sensing Perspective, 3rd edition*. Prentice Hall, Englewood Cliffs, N.J.:
- Mather, P. M. (2004). *Computer Processing of Remotely Sensed Data: An Introduction, 3rd edition*. John Wiley and Sons, Brisbane
- McCoy, R. (2005). *Field Methods in Remote Sensing*. The Guilford Press, New York.
- Tso, B., and Mather, P.M. (2009). *Classification Methods For Remotely Sensed Data*. Second Edition. CRC Press. New York.
- Zen, M.T. (1979). *Sains, Teknologi, dan Hari Depan Manusia*. Penerbit Yayasan Obor dan Gramedia, Jakarta

NOTULENSI DISKUSI SESI PENGOLAHAN CITRA DIGITAL PENGINDERAAN JAUH

Judul Makalah:

PEMOTRETAN UDARA WILAYAH *UNRESOLVED SEGMENT* PERBATASAN RI-RDTL DALAM RANGKA PENYELESAIAN SENGKETA BATAS NEGARA

Andriyana Lailissaum

Pertanyaan Oleh:Ade, S1 KPJ

Resolusi spasial yang sesuai untuk delineasi skala berapa ?

Apa pengaruh format foto udara besar / kecil pada wahananya ?

Jawaban:

Dari Perka BIG

Akurasi akan disesuaikan dengan Perka BIG

Judul Makalah:

EVALUASI METODE OTOMATISASI *CLOUD REMOVAL* BERDASARKAN NDVI PADA CITRA MULTITEMPORAL

Atika Cahyawati, Macya Sita Nurdiana, Yosi Nuki Fitra Pratama, Randy Aswin

Pertanyaan Oleh:Fatma, S2 PJ

Dari mana nilai cloud removal itu diperoleh ? trial and error ?

Jawaban:

Perkiraan nilai NDVI awan yang lebih rendah dari vegetasi, T1 digantikan dengan data T2, sehingga ada batas pada awan pada nilai NDVI yang perlu diganti dengan piksel tanggal berikutnya.

Pertanyaan Oleh: Sedyo Aji, S2 PJ

Apakah semua V1 bisa untuk cloud removal ?

Jawaban:

Bisa asalkan awan dan vegetasi dapat dipisahkan.

Judul Makalah:

PENAMBANGAN CITRA (IMAGE MINING) PENGINDERAAN JAUH UNTUK PEMETAAN KERAWANAN LONGSOR LAHAN DI KABUPATEN TEMANGGUNG

Nur Mohammad Farda

Pertanyaan Oleh:Nirma, S2 PJ

Prunning 10 % sama dengan 1 %, apa hubungan nya dengan akurasi 80 % ?

Apakah dapat digunakan untuk bencana lain atau tidak ?

Jawaban:

Tidak hanya dilihat pada akurasi datanya

Untuk dimanapun bisa

Judul Makalah:

PENGARUH JUMLAH DAN METODE PENGAMBILAN TITIK SAMPEL PENGUJI
TERHADAP TINGKAT AKURASI KLASIFIKASI CITRA DIGITAL

PENGINDERAAN JAUH

Projo Danoedoro

Pertanyaan Oleh:Ardha, S2 PJ

Uji akurasi poin ? OBIA berbentuk polygon bagaimana uji akurasinya ?

Jawaban:

Menggunakan titik minimal atau bias, titik minimal supaya akurasi point bisa mirip
dengan real accuracy

Pertanyaan Oleh: Prama, Fakultas Geografi

Jumlah sampel bias untuk tiap kelas ?

Jawaban:

Ada yang tinggi dan rendah.

MANAJEMEN BENCANA - 2

R2A – RUANG SIDANG 1 PUSPICS,
25 NOVEMBER 2015 (13.15 – 14.15)

089 ESTIMASI DEBIT PUNCAK UNTUK IDENTIFIKASI
POTENSI BANJIR DI DAS JANGKOK MENGGUNAKAN PJ
DAN SIG

*Sigit Heru Murti B.S, Ach. Firyal Wijdani, Aisya Jaya D, Andika
Putri F*, Assyria Fahsyia U, Dian Prabantoro, Dzimar A.R.P,
Nila Ratnasari*

092 DEAGREGASI BAHAYA GEMPABUMI UNTUK DAERAH
ISTIMEWA YOGYAKARTA

Bambang Sunardi, Sulastri

111 PEMODELAN ALIRAN ABU VULKANIK GUNUNG
BERAPI SEBAGAI *EARLY WARNING* TERHADAP
BENCANA NASIONAL (STUDI KASUS LETUSAN
GUNUNG KELUD TAHUN 2014)

*Ahmad Lubab, Ahmad Hanif Asyhar, Mohammad Hafiyusholeh, Dian
C. Rini N.*

076 PEMETAAN ZONA RAWAN LONGSOR BERBASIS
SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS DAN ANALISIS
KESTABILAN LERENG. STUDI KASUS: KECAMATAN
NGALIYAN, KOTA SEMARANG

Pamungkas, A.A., Putra, D.W.K.P, Wanda, F.S

ESTIMASI DEBIT PUNCAK UNTUK IDENTIFIKASI POTENSI BANJIR PADA DAS JANGKOK MENGGUNAKAN PENGINDERAAN JAUH DAN SIG

Sigit Heru Murti B.S¹, Ach. Firyal Wijdani¹, Aisya Jaya D¹, Andika Putri F^{1*}, Assyria Fahsyah U¹,
Dian Prabantoro¹, Dzimar A.R.P¹, Nila Ratnasari¹

¹ Prodi Kartografi dan Penginderaan Jauh, Fakultas Geografi UGM, Sekip Utara, Sleman, Yogyakarta 55281
Email: sigit@geo.ugm.ac.id, firyalwijdani@gmail.com, aisyadhannahisvara2206@gmail.com,
andika.putri.f@mail.ugm.ac.id, afumela@gmail.com, dian.prabantoro3@gmail.com,
dzimar.akbarur.r@mail.ugm.ac.id, nila.ratnasari@mail.ugm.ac.id

*Corresponding author: andika.putri.f@mail.ugm.ac.id

ABSTRAK

Banjir merupakan permasalahan utama yang terjadi pada beberapa DAS di Indonesia, termasuk DAS Jangkok di Provinsi Nusa Tenggara Barat. Untuk mengatasi permasalahan banjir di DAS Jangkok diperlukan upaya untuk mengetahui besarnya debit puncak yang terjadi pada musim penghujan, sebagai langkah awal dalam mengantisipasi datangnya bencana banjir. Namun sayangnya sampai saat ini tidak tersedia data debit puncak untuk DAS Jangkok, sehingga diperlukan upaya untuk menghitung besarnya debit puncak yang berpotensi terjadi di DAS tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk mengestimasi besarnya debit puncak DAS Jangkok memanfaatkan citra penginderaan jauh dengan metode *Cook* pada tahun 2015. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah : citra penginderaan jauh yang digunakan dalam penelitian ini adalah Citra Landsat 8 OLI yang direkam bulan Mei 2014, Peta Rupabumi Indonesia, Peta Tanah Tinjau, Peta Jalan dan Peta Sungai/Batas Das. Untuk mendapatkan hasil yang valid, dilakukan kegiatan survei lapangan pada bulan Mei 2015 pada 4 titik sampel pengukuran lapangan yang ditentukan berdasarkan metode sampel bersyarat. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa besarnya debit puncak DAS Jangkok pada kondisi hujan maksimum di musim penghujan mencapai 494,38 m³/detik. Besarnya daya tampung Sungai Jangkok (kapasitas maksimum saluran) berdasarkan perhitungan menggunakan metode *Manning* adalah 390,29 m²/detik. Berdasarkan kedua data tersebut, terdapat potensi banjir yang meluap dari Sungai Jangkok dengan debit sebesar 104,07 m³/detik. Jumlah debit luapan Sungai Jangkok tersebut termasuk kategori besar, sehingga potensi banjir di DAS Jangkok termasuk tinggi.

KATA KUNCI: Citra Landsat 8 OLI, debit puncak, DAS Jangkok, Metode *Cook*, Metode *Manning*

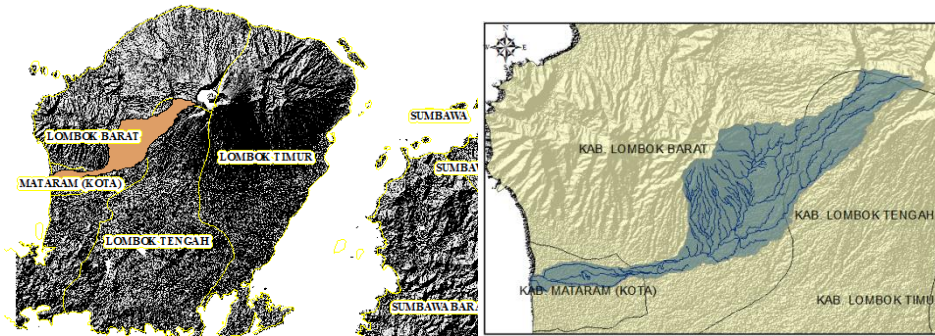
1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Permasalahan utama di sebagian besar DAS di Indonesia adalah banjir yang secara rutin terjadi pada musim penghujan. Ditinjau dari penyebabnya, peristiwa banjir tersebut banyak disebabkan oleh : (a) alih fungsi lahan dan pemanfaatan lahan yang tidak tepat, (b) penurunan kualitas dan daya dukung DAS, dan (c) perubahan pola hujan. Disamping itu, karakteristik DAS juga sangat menentukan besarnya potensi banjir dalam DAS tersebut. Salah satu parameter dalam karakteristik DAS yang mempengaruhi terjadinya banjir adalah morfometri saluran yang berupa lebar dan kedalaman sungai. Setiap DAS memiliki lebar dan kedalaman sungai utama yang berbeda-beda. Lebar dan kedalaman sungai utama berkaitan dengan seberapa besar kapasitas sungai tersebut mampu menampung air pada kondisi debit maksimum. Debit puncak akan terakumulasi pada outlet sungai yang merupakan akhir dari percabangan sungai.

Untuk mengantisipasi bencana banjir, diperlukan informasi besarnya debit puncak yang dapat terjadi dalam suatu DAS serta besarnya daya tampung sungai dalam DAS tersebut. Perhitungan debit puncak secara langsung di lapangan merupakan pekerjaan yang berat, terutama untuk DAS yang ukurannya besar dan kondisi medannya berat. Untuk itu diperlukan teknologi penginderaan jauh (PJ) dan sistem informasi geografis (SIG) untuk membantu proses analisis debit puncak. Peran PJ adalah untuk mengidentifikasi parameter-parameter yang mempengaruhi debit puncak seperti curah hujan, koefisien limpasan permukaan, dan luas DAS. Sementara SIG berfungsi untuk membantu proses analisis dan pengolahan data debit puncak tersebut.

Sebagai wilayah kajian dalam penelitian ini dipilih DAS Jangkok yang secara administratif terletak di tiga wilayah kabupaten, yaitu Kabupaten Lombok Utara, Lombok Barat, dan Lombok Tengah. DAS Jangkok memiliki dua hulu, yaitu di Gunung Pusuk dan Gunung Rinjani. Bagian hilir dari DAS Jangkok meliputi sebagian wilayah Kota Mataram bagian utara, sehingga banjir yang terjadi pada Sungai Jangkok akan berpengaruh langsung terhadap Kota Mataram sebagai ibukota Provinsi Nusa Tenggara Barat (Gambar 1).



Gambar 1. *Digital Elevation Model Daerah Lombok dan Batas DAS Jangkok*

1.1 Tujuan

Penelitian ini bertujuan untuk melakukan perhitungan debit puncak DAS Jangkok sebagai dasar identifikasi potensi banjir menggunakan metode rasional berbasis pada pengolahan citra Landsat 8 OLI dan sistem informasi geografis.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Masukan curah hujan dalam daur hidrologi akan didistribusikan melalui beberapa cara yaitu air lolos (*throughfall*), aliran batang (*stemflow*), dan air hujan yang langsung sampai ke permukaan tanah untuk kemudian terbagi menjadi air larian, evaporasi dan air infiltrasi. Pengaruh DAS terhadap air larian adalah melalui bentuk dan ukuran (morfometri) DAS, topografi, geologi dan tataguna lahan (jenis dan kerapatan vegetasi).

Semakin besar ukuran DAS, semakin besar air larian dan volume air larian. Tetapi, baik laju maupun volume air larian per satuan wilayah dalam DAS tersebut turun apabila luas daerah tangkapan air (*Catchment Area*) bertambah besar. Dengan demikian, kondisi aliran air permukaan yang berbeda akan menentukan bentuk dan besaran hidrograf aliran (bentuk hubungan grafis antara debit dan waktu). Hal ini terdiri atas luas, kemiringan lereng, bentuk dan kerapatan drainase DAS, terhadap besaran dan timing dari hidrograf aliran yang dihasilkannya.

Luas DAS merupakan salah satu faktor penting dalam pembentukan hidrograf aliran. Semakin besar luas DAS, ada kecenderungan semakin besar jumlah curah hujan yang diterima. Akan tetapi, beda waktu (*time lag*) antara puncak curah hujan dan puncak hidrograf aliran menjadi lebih lama. Demikian pula waktu yang diperlukan untuk mencapai puncak hidrograf dan lama waktu untuk keseluruhan hidrograf aliran juga menjadi lebih panjang.

Faktor berikutnya adalah kemiringan lereng DAS yang mempengaruhi perilaku hidrograf dalam hal timing. Semakin besar kemiringan lereng suatu DAS, semakin cepat laju air larian, dan dengan demikian akan mempercepat respons DAS tersebut oleh adanya curah hujan. Dengan kata lain, sebagian aliran air ditahan dan diperlambat kecepatannya sebelum mencapai lokasi pengamatan. Hal ini dapat diketahui dari bentuk hidrograf yang menjadi lebih datar.

Bentuk DAS yang memanjang dan sempit cenderung menurunkan laju air larian daripada DAS berbentuk melebar walaupun luas keseluruhan dari dua DAS tersebut sama. Pada DAS berbentuk memanjang, bila arah hujan sejajar dengannya, hujan yang bergerak ke arah hulu akan menurunkan laju air larian. Hal ini terjadi karena pada hujan yang bergerak ke arah hulu, air larian pada bagian bawah DAS tersebut telah berhenti sebelum air larian berikutnya tiba di daerah bawah tersebut. Sebaliknya, hujan yang bergerak ke daerah hilir menyebabkan air larian yang besar pada bagian bawah DAS dan pada saat yang bersamaan datang air larian dari bagian atas DAS tersebut.

Kerapatan daerah aliran (drainase) juga merupakan faktor penting dalam menentukan kecepatan air larian. Kerapatan drainase adalah jumlah dari semua saluran air/sungai (km) dibagi luas DAS. Semakin tinggi kerapatan daerah aliran, semakin besar kecepatan air larian untuk curah hujan yang sama. Oleh karenanya, dengan kerapatan daerah aliran tinggi, debit puncak akan tercapai dalam waktu yang lebih cepat.

Pengaruh vegetasi dan cara bercocok tanam terhadap air larian dapat diterangkan bahwa vegetasi dapat memperlambat jalannya air larian dan memperbesar jumlah air yang tertahan di atas permukaan tanah (*surface detention*), dan dengan demikian, menurunkan laju air larian. Berkurangnya laju dan volume air larian berkaitan dengan perubahan (penurunan) nilai koefisien air larian.

Faktor-faktor tersebut dapat menentukan hasil dari data debit atau aliran sungai yang merupakan informasi yang paling penting bagi pengelola sumberdaya air. Data Debit puncak (banjir) diperlukan untuk merancang bangunan pengendali banjir. Sementara data debit aliran kecil diperlukan untuk perencanaan alokasi (pemanfaatan) air untuk berbagai macam keperluan terutama pada musim kemarau panjang. Debit aliran rata-rata tahunan dapat memberikan gambaran potensi sumberdaya air yang dapat dimanfaatkan dari suatu daerah aliran sungai.

3. METODE

3.1 Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

- a. Seperangkat Komputer
- b. Aplikasi ArcGIS 10.1
- c. Aplikasi ENVI 5.0
- d. Alat Tulis
- e. Double Ring Infiltrrometer
- f. GPS
- g. Pita Ukur
- h. Yalon
- i. Pemberat
- j. Tali Rafia/ Tali Tambang

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

- a. Citra Landsat 8 perekaman bulan Mei 2014
- b. Data curah hujan DAS Jangkok (2009-2014)
- c. Peta Kontur Wilayah DAS Jangkok
- d. Peta Batas DAS
- e. Peta Batas Sub DAS
- f. Peta Sungai
- g. Peta Jalan
- h. Peta RBI skala 1: 25.000 lembar 1807-521, 1807-512, 1807-511, 1807-233, 1807-234

3.2 Tahapan Penelitian

3.2.1 Pra Lapangan

Koreksi Radiometrik

Koreksi radiometrik dilakukan untuk memperbaiki nilai piksel pada citra sehingga pengaruh dari gangguan atmosfer dapat diminimalisir, sehingga nilai pantulannya mendekati nilai pantulan objek yang sebenarnya. Nilai digital number pada citra tergantung pada pantulan objek sebenarnya. Metode koreksi radiometrik yang ada adalah koreksi bayangan, koreksi topografi, dan koreksi cahaya matahari pada permukaan air laut (Hedley *et al.* 2005; Wicaksono; 2012). Koreksi radiometrik yang dilakukan dalam penelitian ini adalah koreksi atmosferik yang termasuk dalam kalibrasi bayangan dan koreksi *Dark Subtract*.

Ekstraksi data Sungai dan batas DAS

Data sungai yang digunakan adalah Sungai Jangkok yang berada di Kabupaten Lombok Barat dan Kota Mataram. Ekstraksi data sungai dan batas DAS dilakukan menggunakan peta Rupabumi Indonesia lembar 1807-521, 1807-512, 1807-511, 1807-233, 1807-234. Data sungai yang diekstraksi dari peta RBI di

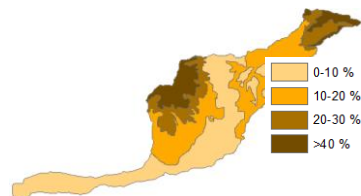
koreksi dengan menggunakan citra Landsat dan Data DEM kemudian di cek lagi di lapangan. Batas DAS ditentukan berdasarkan referensi data sungai, data kontur, dan data DEM dengan penarikan batas berdasarkan igir terluar sungai kajian. DAS Jangkok dibagi lagi ke dalam 5 Sub DAS karena dalam metode Cook lebih baik digunakan pada DAS dengan luas maksimal 800 Ha. Dari data sungai dan batas DAS kan di peroleh kerapatan aliran tiap SubDas dengan membagi antara panjang alur sungai dengan luas tiap Sub DAS.

Interpretasi Jenis Tanah

Interpretasi jenis tanah dilakukan untuk mendapat informasi terkait tekstur tanah untuk mengetahui tingkat infiltrasi sebagai salah satu parameter koefisien limpasan. Interpretasi dilakukan menggunakan Citra Landsat 8 OLI yang difusi dengan data DEM untuk menonjolkan informasi relief dan pola aliran. Pembuatan peta jenis tanah dilakukan dengan interpretasi bentuklahan dan menggunakan satuan pemetaan bentuklahan dengan asumsi tiap bentuklahan memiliki karakteristik tanah yang sama.

Interpretasi Kemiringan Lereng

Informasi lereng didapatkan dengan pemrosesan data kontur yang diturunkan menjadi kemiringan lereng (Gambar 2). Terdapat empat kelas dari kemiringan, dimana wilayah atas didominasi dengan lereng yang sangat tinggi karena merupakan puncak.



Gambar 2. Peta lereng

Interpretasi Kerapatan Aliran

Kerapatan aliran sangat bergantung pada percabangan sungai yang ada di wilayah DAS Jangkok, semakin banyak percabangan sungainya maka semakin rapat pula aliran sungainya (Gambar 3).



Gambar 3. Peta subdas dan pola aliran

Vegetation Index Transformation

Transformasi indeks vegetasi yang digunakan adalah *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI). Nilai indeks vegetasi pada NDVI digunakan untuk menentukan nilai dari kerapatan vegetasi pada wilayah kajian (Gambar 4). Saluran yang digunakan adalah saluran merah dan inframerah dekat. Rumus yang digunakan dalam transformasi ini adalah:

$$NDVI = \frac{(NIR - R)}{(NIR + R)}$$

NIR = Band Inframerah Dekat

R = Band Merah

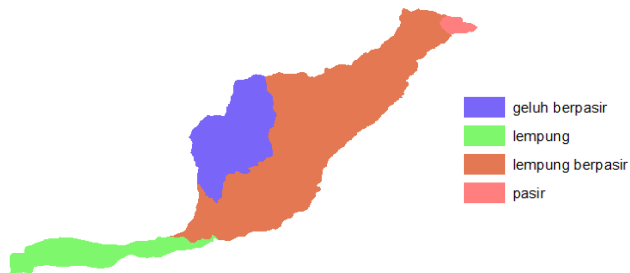


Gambar 4. Hasil transformasi NDVI

3.2.2 Lapangan

Pengukuran Infiltrasi

Pengukuran infiltrasi dilakukan dengan dua metode, yaitu kualitatif dengan cara *feel method*, sedangkan kuantitatif menggunakan *double ring infiltrometer*. Pengukuran kuantitatif dilakukan saat hasil dari data kualitatif dirasa meragukan kebenarannya. Titik sampel infiltrasi tersebar di setiap sub satuan bentuklahan sebanyak 10 sampel. Akan tetapi, hanya 4 dari 10 sampel yang diharapkan yang tercapai, karena letak sampel yang sulit untuk dijangkau. Keempat sampel yang telah diambil dirasa telah cukup mewakili untuk mengetahui tingkat infiltrasi setiap sub bentuklahannya. Peta tekstur tanah disajikan pada Gambar 5.



Gambar 5. Peta tekstur tanah

Pengukuran Kerapatan Vegetasi

Titik sampel untuk melakukan pengukuran parameter vegetasi berjumlah 30 sampel. Persebarannya berdasarkan pada perbedaan indeks kerapatan vegetasi. Indeks tersebut didapatkan dari hasil transformasi NDVI. Setiap titik sampel mewakili satu piksel pada citra Landsat 8 multispektral yang memiliki resolusi spasial 30 meter x 30 meter, akan tetapi karena dianggap ada pergeseran posisi piksel sehingga satu sampel berukuran 35 meter x 35 meter, sehingga yang kemudian di regresi dengan data lapangan. Data lapangan berupa diameter tajuk maksimal dan minimum pada setiap pohon. kemudian diambil diameter rata-rata sehingga didapatkan jari-jari untuk menghitung luas tajuk pada setiap pohon.

Pengukuran di lapangan dilakukan dengan sensus pohon pada luas sampel dengan kondisi vegetasi yang beragam. Vegetasi pada titik sampel di lapangan sebagian besar berupa vegetasi dengan masa tanam yang seragam sehingga dapat didekati dengan pengukuran sampling. Teknik pengukuran tersebut dirasa mampu menghemat waktu pengukuran.

Pengukuran Morfometri Sungai

Pengukuran morfometri sungai terdiri dari tiga aspek utama yaitu kedalaman sungai, lebar sungai, dan kecepatan sungai. Persebaran titik sampel disesuaikan dengan outlet setiap sub DAS yang berjumlah 7 sampel, akan tetapi sampel yang memungkinkan diambil hanya 4 outlet. Kedalaman sungai diukur dari penampang sungai yang di bagi menjadi beberapa segmen dengan panjang antar segmen yaitu 1 meter. Pengukuran kedalaman sungai dilakukan dengan pengukuran dengan bantuan jembatan dan pengukuran secara langsung. Kedalaman sungai yang dipertimbangkan pada dasar sungai hingga batas banjir yang pernah terjadi.

Identifikasi daerah yang pernah mengalami banjir dengan melihat adanya sampah yang tersangkut pada tanggul sungai. Kecepatan aliran dilakukan dengan meletakkan botol yang berisi pasir dengan menghitung jarak antara titik mulai hingga akhir beserta waktu tempuhnya. Daerah sungai yang dihitung kecepatannya terletak pada daerah yang masih alami (belum ada campur tangan aktivitas manusia).

3.2.3 Pasca Lapangan

Analisis Data Curah Hujan

Data curah hujan yang digunakan bersumber dari 7 stasiun hujan dengan periode waktu 5 tahun. Data tersebut didapat dari data BMKG di wilayah Lombok. Perhitungan intensitas curah hujan berdasarkan pada perhitungan hujan rancangan dari catatan hujan maksimum rata-rata bulanan. Satuan analisis data curah hujan menggunakan Poligon Thiessen. Perhitungan analisis frekuensi dilakukan dengan menggunakan metode LOG PEARSON TIPE III. Data intensitas curah hujan digunakan dalam perhitungan debit puncak dengan metode rasional.

Analisis Regresi

Data sampel kerapatan vegetasi yang diperoleh dari hasil pengukuran lapangan berjumlah 30 sampel diregresi dengan nilai piksel pada Citra LANDSAT 8 OLI hasil transformasi NDVI (*Normalized Differential Vegetation Index*), sehingga diperoleh persentase kerapatan vegetasi tiap piksel yang digunakan sebagai salah parameter limpasan permukaan.

Overlay

Overlay yang dilakukan adalah overlay berjenjang bertingkat dengan 4 parameter yaitu kerapatan vegetasi, infiltrasi dengan satuan pemetaan bentuklahan, data kerapatan aliran dengan satuan pemetaan Sub-DAS, dan kemiringan lereng. Hasil *overlay* ke empat parameter tersebut menghasilkan satuan lahan dengan nilai koefisien limpasan.

Perhitungan Morfometri Sungai

Perhitungan morfometri sungai dilakukan dengan menghitung kedalaman tiap segmen yang ditentukan yaitu setiap 1 meter sehingga diketahui luas penampang sungai.

Perhitungan Debit Puncak

Perhitungan Debit puncak dilakukan dengan menggunakan metode *Cook*. Pengukuran debit puncak dengan Metode *Cook*, parameter yang dipertimbangkan adalah koefisien limpasan, intensitas curah hujan dan luas DAS. Pengukuran debit puncak dengan *overlay* tersebut digunakan untuk mendapatkan nilai koefisien limpasan permukaan.

$$Qp = 0.278 \times C \times I \times A$$

Qp = Debit Puncak (m³/dt)

C = Koefisien Limpasan Permukaan

I = Intensitas Hujan (mm/jam)

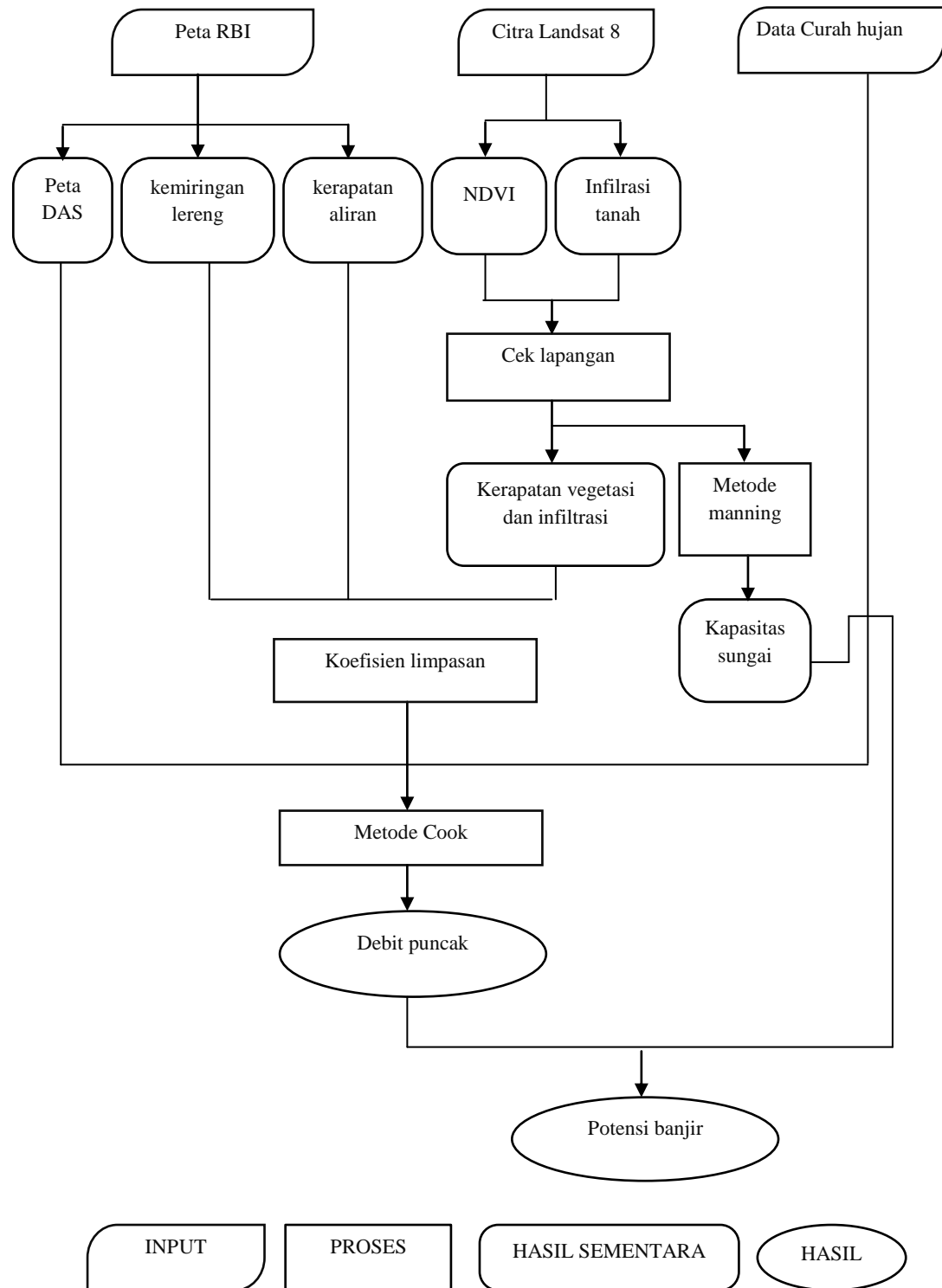
A = Luas DAS (km²)

Perhitungan Kapasitas Saluran Sungai

Agar dapat mengetahui besarnya kapasitas saluran pada Sungai Jangkok dilakukan pengukuran dengan metode *Manning*. Selanjutnya hasil pengukuran debit puncak menggunakan metode *Cook* dibandingkan dengan hasil pengukuran kapasitas sungai dengan metode *Manning*. Jika debit lebih kecil dari kapasitas saluran, maka potensi banjir akan kecil, namun jika debit sama dengan atau lebih besar dari kapasitas saluran, maka potensi banjir besar. Metode *Manning* menggunakan penilaian dengan memperhatikan morfometri sungai.

3.3 Diagram Alir Penelitian

Diagram alir penelitian disajikan pada Gambar 6.



Gambar 6. Diagram alir penelitian

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Penelitian

Penelitian ini menghasilkan peta-peta dengan skala 1:50.000 sebagai berikut.

4.1.1 Peta Batas DAS dan Sub-DAS Jangkok

Batas dari DAS Jangkok diidentifikasi dengan menggunakan batas igir dan sungai dari Gunung Rinjani dan Gunung Pusuk. Puncak igir akan mengakibatkan aliran dari sungai akan mengalir dan terakumulasi di outlet tunggal yakni di kota mataram. DAS Jangkok terbagi menjadi tujuh subDAS. Tiap subDAS tersebut tergantung pada percabangan sungai yang menjadi sungai utamanya (Gambar 7).



Gambar 7. Peta batas DAS dan subDAS Jangkok

4.1.2 Peta Kecepatan Infiltrasi Tanah DAS Jangkok

Kelas dalam kecepatan infiltrasi di DAS Jangkok dibagi menjadi tiga, yakni rendah, sedang, dan tinggi (Gambar 8). Infiltrasi di wilayah yang tinggi memiliki infiltrasi yang tinggi dan sedang, sedangkan di wilayah yang rendah memiliki infiltrasi yang cenderung rendah pula.



Gambar 8. Peta kecepatan infiltrasi tanah

4.1.3 Peta Kerapatan Vegetasi DAS Jangkok

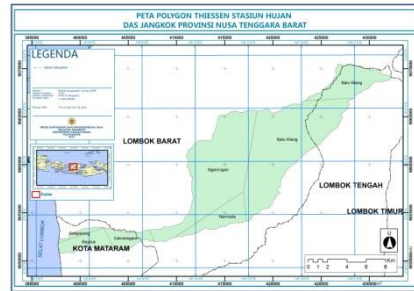
Vegetasi di wilayah atas DAS Jangkok memiliki kerapatan yang tinggi, sedangkan di wilayah hilir utamanya di wilayah Kota Mataram kerapatan vegetasinya cukup rendah dan terdapat beberapa bagian yang merupakan wilayah dengan permukaan diperkeras atau bangunan (Gambar 9).



Gambar 9. Peta kerapatan vegetasi DAS Jangkok

4.1.4 Peta Curah Hujan DAS Jangkok

Pembuatan peta curah hujan dilakukan dengan menggunakan metode Thiessen yang dihitung melalui stasiun hujan yang ada di DAS Jangkok (Gambar 10).



Gambar 10. Peta curah hujan DAS Jangkok

4.1.5 Peta Kemiringan Lereng DAS Jangkok

Terdapat empat kelas dari kemiringan, dimana wilayah atas didominasi dengan lereng yang sangat tinggi/curam karena merupakan puncak dari gunung (Gambar 11).



Gambar 11. Peta kemiringan lereng DAS Jangkok

4.1.6 Peta Kerapatan Aliran DAS Jangkok

Peta kerapatan aliran sangat bergantung pada percabangan sungai yang ada di wilayah DAS Jangkok, semakin banyak percabangan sungai maka semakin rapat pula aliran sungainya (Gambar 12).



Gambar 12. Peta kerapatan aliran DAS Jangkok

4.1.7 Koefisien Limpasan Permukaan di DAS Jangkok

Koefisien limpasan yang ekstrim (75-100%) terdapat pada puncak gunung pusuk. Koefisien Limpasan yang normal (25-50%) terdapat pada wilayah tengah, dan kebanyakan wilayah di DAS Jangkok termasuk dalam kategori tinggi yakni (50-75%)

4.1.8 Nilai Debit Puncak tiap Subdas di DAS Jangkok

Perhitungan debit puncak dengan menggunakan metode *Cook* pada dasarnya kurang baik untuk wilayah dengan luasan DAS yang cukup besar. Tetapi untuk mensiasatinya perhitungannya dibagi kedalam subDAS kecil sehingga didapat hasil seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Perhitungan debit Puncak tiap SubDAS

No	C (%)	I (mm/jam)	A (km ²)	Q (m ³ /s)
1	57.51	24.37	35.59	138.62
2	49.49	28.96	45.44	181.02
3	60.56	16.07	29.47	79.74

4	63.48	10.51	11.65	21.60
5	67.95	6.10	3.35	3.86
6	61.49	11.97	14.86	30.40
7	54.30	9.28	27.94	39.13
Total Q (m ³ /s)				494.38

4.1.9 Nilai Kapasitas sungai di Muara DAS Jangkok

Kapasitas sungai dihitung untuk mengetahui apakah suatu debit yang mengalir di sungai tersebut mencukupi atau tidak. Nilai kapasitas sungai yang didapatkan dengan menggunakan metode Manning dengan memperhatikan morfometri sungai adalah 914 m³/s.

4.2 Pembahasan

Pengukuran debit puncak di DAS Jangkok dilakukan dengan menggunakan metode *Cook*, sedangkan perhitungan kapasitas tampung sungai menggunakan metode *Manning*. Metode *Cook* digunakan untuk menentukan parameter dalam perhitungan debit puncak. Koefisien limpasan permukaan, curah hujan, dan luas DAS merupakan parameter yang digunakan dalam perhitungan debit puncak yang menggunakan penginderaan jauh dan SIG. Metode Manning digunakan untuk mengetahui kapasitas sungai yang berdasar pada pengukuran di lapangan dengan parameter kekasaran permukaan, tinggi tanggul, dan gradien hidrolik dari sungai.

DAS Jangkok dapat dibagi menjadi tiga bagian, yaitu Hulu, Tengah, dan Hilir. Wilayah hulu terdapat pada Gunung Pusuk dan Gunung Rinjani. Wilayah tengah merupakan wilayah antar gunung api yakni Gunung pusuk dan Gunung Rinjani. Sedangkan di wilayah hilir terdapat pada wilayah utara Kota Mataram. Dari hasil perhitungan, koefisien limpasan permukaan tertinggi terdapat pada hulu Gunung Pusuk dan Gunung Rinjani, serta di wilayah hilir Kota Mataram. Wilayah puncak Gunung Pusuk memiliki vegetasi dengan kerapatan sedang dengan tekstur tanah lempung berpasir. Kerapatan vegetasi menyebabkan koefisien limpasan permukaan menjadi rendah. Hal ini dikarenakan air hujan yang jatuh dipermukaan akan tertahan oleh vegetasi sehingga akan lebih banyak mengalami evapotranspirasi dan air akan mengalir pada sistem perakaran atau masuk sebagai infiltrasi.

Tekstur tanah berpasir akan memberikan efek penyerapan air pada tanah menjadi cukup cepat apabila air jatuh di atasnya. Akan tetapi, parameter yang dominan di wilayah ini adalah kemiringan lereng dan kerapatan aliran. Kemiringan yang mendominasi wilayah ini adalah sangat terjal yang terbentuk oleh bentuklahan vulkanik dengan banyak lembah dan jurang. Pada setiap kenaikan kemiringan lereng mengakibatkan tingginya limpasan permukaan karena air hujan yang jatuh didalamnya akan cepat dialirkan kedalam sistem aliran. Hal ini menyebabkan kerapatan aliran cukup tinggi karena banyak jurang yang masuk kedalam sistem sungai sehingga akan banyak sistem sungai yang akan menampung air dari aliran permukaan tersebut.

Wilayah Tengah, bagian utara merupakan Gunung Rinjani dengan elevasi tinggi, dan di bagian selatan rendah. Berdasarkan pada kerapatan vegetasi dan parameter infiltrasi, tipe tanahnya homogen tetapi memiliki faktor dominan yaitu kerapatan aliran pada wilayah utara lebih padat dibandingkan di wilayah selatan. Wilayah cekungan antar gunung api memiliki koefisien limpasan permukaan yang normal. Wilayah ini merupakan zona deposisi dengan lereng yang datar dan sedikit miring. Tekstur tanah pada wilayah ini adalah lempung dengan kerapatan aliran yang sedang. Pada wilayah hilir, di bagian utara Kota Mataram memiliki nilai limpasan permukaan yang cukup tinggi karena disana merupakan wilayah datar dengan vegetasi yang rendah serta didominasi dengan wilayah terbangun akibat dari aktivitas manusia. Wilayah terbangun akan mengakibatkan rendahnya infiltrasi dan tingginya limpasan permukaan.

Hasil perhitungan menunjukkan debit puncak di DAS Jangkok sebesar 494,38 m³ / s. Hal ini sangat jauh nilainya di bawah nilai kapasitas sungai yang dimiliki. Dengan menggunakan metode Manning, didapatkan nilai kapasitas sungai sebesar 914 m³/s. Hasil perhitungan tersebut menunjukkan bahwa debit puncak yang terjadi selama ini masih dapat ditampung oleh sungai Jangkok. Debit yang dapat ditampung menunjukkan bahwa Sungai Jangkok tersebut tidak berpotensi banjir. Setelah dilakukan beberapa model perhitungan, butuh curah hujan dua kali lebih besar dari curah hujan rata-rata untuk dapat memenuhi kapasitas sungai Jangkok tersebut. Selain berdasarkan hasil pengamatan dan perhitungan hasil lapangan, hasil wawancara terhadap masyarakat sekitar juga menunjukkan bahwa akhir-akhir ini di sebagian besar wilayah DAS Jangkok tidak terjadi banjir. Hal tersebut dikarenakan seluruh tanggul sungai yang dikaji sudah mengalami peninggian, sehingga air sangat sulit untuk melewatinya, serta nilai intensitas hujan yang dijadikan dasar perhitungan debit puncak tidak tercapai akhir-akhir ini. Menurut hasil wawancara wilayah

yang masih berpotensi banjir adalah di wilayah muara sungai. Akan tetapi karena sudah dibuat tanggul buatan, masalah banjir tersebut sudah teratasi.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Debit puncak di DAS Jangkok sebesar 494,38 m³/s sedangkan kapasitas sungai di DAS Jangkok sebesar 914 m³/s sehingga sungai Jangkok dapat dikatakan tidak berpotensi banjir.

5.2 Saran

1. Jumlah dan lokasi sampel yang diambil harus lebih menyebar dan mewakili seluruh satuan pemetaan. Misalnya pada proses pengambilan sampel untuk analisis regresi vegetasi seharusnya dilakukan lebih merata di wilayah kajian minimal sebanyak 30 sampel atau lebih agar hasil lebih akurat.
2. Parameter dalam estimasi potensi banjir sangat banyak, tidak hanya debit puncak dan kapasitas sungai, sehingga untuk penelitian selanjutnya lebih baik parameter tersebut diperhatikan.
3. Penting untuk memahami metode-metode terkait pengambilan sampel lapangan agar data yang dikumpulkan benar-benar akurat. Penggunaan metode pengukuran debit sungai yang berbeda (metode *Cook* dan *Manning*) memungkinkan terjadinya ketidakakuratan perhitungan, sehingga penelitian lebih lanjut diperlukan dengan menggunakan metode yang lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Asdak, Chay. 2002. *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press
- Asdak, Chay. 2007. *Pengelolaan Daerah Aliran Sungai dalam Konteks Solidaritas Daerah Hulu dan Hilir*, Jakarta: LIPI Press
- Hedley, J. D., Harbone, A. R., & Murby, O. J. 2005. Simple and Robust Removal of Sunlight for Mapping Shallow-Water Benthos. *Journal of Remote Sensing*, 26 (10), 2107-2112.
- Wicaksono, P.(2012). The effect of sunlight on satellite-based benthic habitat identification. *International Journal of Advanced Research in Computer and Communication Engineering*, 1 (6),364-370.

DEAGREGASI BAHAYA GEMPABUMI UNTUK DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA

Bambang Sunardi* , Sulastri

Pusat Penelitian dan Pengembangan BMKG, Jl. Angkasa 1 No. 2 Kemayoran, Jakarta Pusat 10720

Email: b.sunardi@gmail.com, sulastri@bmkg.go.id

*Corresponding author: b.sunardi@gmail.com

ABSTRAK

Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY) merupakan salah satu daerah rawan bencana gempabumi. Jumlah penduduk yang banyak menjadikan DIY memiliki tingkat resiko yang tinggi terhadap gempabumi, sehingga manajemen bencana gempabumi menjadi hal yang penting untuk diperhatikan. Salah satu bagian penting dalam manajemen bencana adalah mitigasi bencana. Penelitian ini dimaksudkan untuk memperoleh peta deagregasi bahaya gempabumi sebagai salah satu upaya mitigasi bencana gempabumi di DIY. Deagregasi bahaya gempabumi diperlukan untuk memperkirakan gempabumi penentu baik magnitude (M) maupun jarak (R) yang memberikan kontribusi terbesar dalam percepatan maksimum yang dihasilkan. Deagregasi untuk percepatan tanah maksimum (PGA), spektra percepatan 0,2 detik dan 1 detik di DIY dilakukan untuk probabilitas terlampaui 2% dalam 50 tahun (periode ulang gempabumi 2.475 tahun). Secara umum tahapan penelitian meliputi pengumpulan dan pengolahan data kegempaan, pemodelan sumber gempabumi, pemilihan fungsi atenuasi, pengelolaan unsur ketidakpastian, perhitungan bahaya gempabumi dengan *Probabilistic Seismic Hazard Analysis* (PSHA) serta analisis deagregasi terhadap hasil PSHA. Hasil deagregasi pada PGA, nilai *mean magnitude* (M) bervariasi dari 6.8 - 7.2, sedangkan nilai *mean distance* (R) bervariasi dari 7 - 152 km. Pada periode spektra T= 0.2 detik, M bervariasi dari 6.7 - 7, sedangkan R bervariasi dari 1.8 - 150 km. Pada periode spektra T= 1 detik, M bervariasi dari 6.7 - 7.3, sedangkan R bervariasi dari 1.93 - 156 km. Hampir di seluruh Daerah Istimewa Yogyakarta dominan dipengaruhi oleh gempabumi yang bersumber dari Sesar Opak kecuali sebagian daerah di tenggara Gunung Kidul yang lebih dominan dipengaruhi gempabumi dari zona subduksi. Secara umum, daerah yang jauh dari sesar aktif dominan dipengaruhi gempabumi dari zona subduksi, sebaliknya daerah yang dekat dengan sesar aktif dominan dipengaruhi gempabumi yang bersumber dari sesar tersebut.

KATA KUNCI: Deagregasi, bahaya gempabumi, manajemen bencana, PSHA

1. PENDAHULUAN

Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY) merupakan salah satu daerah rawan bencana gempabumi. Hingga sekarang, sebagian besar penduduk DIY tidak dapat melupakan gempabumi merusak yang terjadi pada 27 Mei 2006 pada pukul 5:54 WIB, dengan magnitude $M_w = 6.3$. Gempabumi tersebut telah menyebabkan 4.680 orang meninggal dunia dan 19.897 orang luka - luka di Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY). Gempabumi tersebut juga menyebabkan 96.360 rumah rata dengan tanah, 117.182 rumah rusak berat serta 156.568 rumah rusak ringan di DIY. Dari jumlah ini, kerusakan rumah paling banyak diderita oleh Kabupaten Bantul (Haifani, 2008). Gempabumi 27 Mei 2006 juga menyebabkan fasilitas umum seperti rumah sakit, jalur kereta api dan bandara mengalami kerusakan. Terjadi pengalihan rute penerbangan dari bandara Yogyakarta ke bandara Surakarta maupun Semarang, selain itu fasilitas air bersih, listrik, dan komunikasi juga terganggu (Gatignon *et al.*, 2010). Menurut Raharjo *et al.*, (2007), kerusakan bangunan akibat gempabumi Yogyakarta paling banyak terjadi pada bangunan yang tidak mengikuti aturan *building code* dan tidak didampingi oleh ahli ketika membangun.

Jumlah penduduk yang banyak menjadikan DIY memiliki tingkat resiko yang tinggi terhadap gempabumi, sehingga manajemen bencana gempabumi menjadi hal yang penting untuk diperhatikan. Salah satu bagian penting dalam manajemen bencana adalah mitigasi bencana. Mitigasi adalah beberapa tindakan yang seharusnya diambil sebelum terjadinya suatu bencana yang mana hal itu terkait dengan tindakan secara struktural dan non struktural serta dalam rangka pengurangan resiko bencana yang terintegrasi dengan menggunakan sistem pengembangan yang berkelanjutan. Pemahaman akan karakteristik sumber bencana sangat penting dilakukan dalam rangka mengestimasi potensi bencana yang mungkin ditimbulkan serta untuk mengurangi dampak bencana terhadap kehidupan di sekitarnya dan fasilitas publik yang ada di lokasi tersebut (Haifani, 2008). Salah satu upaya mitigasi bencana gempabumi adalah dengan

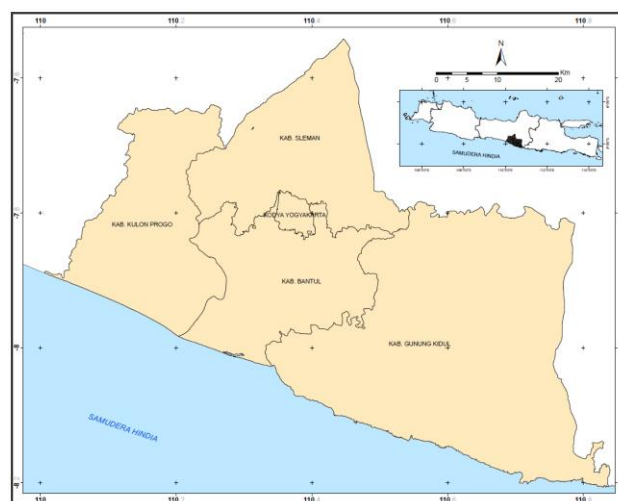
memperhitungkan karakteristik sumber bencana gempa bumi salah satunya adalah pembuatan peta deagregasi bahaya gempa bumi. Peta deagregasi memberikan perkiraan gempa bumi penentu baik magnitude (M) maupun jarak (R) yang memberikan kontribusi terbesar dalam percepatan maksimum yang dihasilkan. Peta deagregasi juga bermanfaat dalam menentukan *ground motion* sintetik dan respon spektra yang merupakan salah satu komponen utama yang bermanfaat dalam penyusunan peraturan kegempaan/*building code*. Penelitian ini dimaksudkan untuk memperoleh peta deagregasi bahaya gempa bumi sebagai salah satu upaya mitigasi bencana gempa bumi di DIY. Deagregasi untuk percepatan tanah maksimum (PGA), spektra percepatan 0,2 detik dan 1 detik di DIY dilakukan untuk probabilitas terlampaui 2% dalam 50 tahun (periode ulang gempa bumi 2.475 tahun).

Penelitian tentang deagregasi bahaya gempa bumi masih jarang dilakukan. Beberapa penelitian tentang deagregasi bahaya gempa bumi yang telah dilakukan masih dalam skala global (untuk wilayah Indonesia), diantaranya adalah Asrurifak *et al.*, (2012) pada periode ulang gempa bumi 2.475 tahun, Fauzi (2012) pada periode ulang gempa bumi 475 dan 2.475 tahun dan Makrup *et al.*, (2010) pada periode ulang gempa bumi 475 tahun. Sementara itu, peta bahaya gempa bumi untuk Pulau Jawa telah dibuat oleh Sunardi (2013) pada periode ulang gempa bumi 2.475 tahun, dan untuk skala propinsi telah dibuat oleh Delfebriyadi (2011) untuk propinsi Sumatera Barat pada periode ulang bahaya gempa bumi 500 tahun.

2. DAERAH PENELITIAN

Daerah penelitian adalah Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY) dengan posisi geografis 7.5° - 8.2° Lintang Selatan dan 110° - 110.9° Bujur Timur sebagaimana diperlihatkan pada Gambar 1. Secara umum, fisiografi daerah Yogyakarta bisa dibedakan menjadi dua, yaitu Dataran Yogyakarta dan Pegunungan Selatan Yogyakarta. Dataran Yogyakarta merupakan daerah datar yang terdiri dari endapan gunung api Merapi Muda yang sebagian besar tersusun oleh alluvial, tuff, breksi *agglomerate*, dan aliran lava, yang terdapat di selatan Gunung Merapi hingga pantai selatan Yogyakarta. Pegunungan Selatan Yogyakarta, merupakan daerah pegunungan yang terdiri dari batuan gunung api berumur Oligosen - Miosen dan batu gamping berumur Miosen - Pliosen. Struktur geologi berupa sesar merupakan sesar yang membentuk daerah depresi Yogyakarta yang dibatasi tinggian di bagian barat (Kulon Progo) dan timur (Pegunungan Selatan Wonosari). Kelurusan sesar di wilayah Yogyakarta terdiri dari tiga sistem arah sesar, yaitu: Sistem Sesar Barat - Timur, yaitu sistem patahan yang berkembang di daerah pegunungan yang menjadi tinggian pembatas zona depresi Yogyakarta; Sistem Sesar Barat Laut - Tenggara, yaitu sistem sesar yang membatasi zona depresi Yogyakarta dan tinggian Kulon Progo, dan Sistem Sesar Timurlaut - Baratdaya, yaitu sistem sesar yang membatasi zona depresi Yogyakarta dan tinggian Wonosari, berarah relatif mengikuti Sungai Opak sehingga seringkali dikenal sebagai Sesar Opak (Putranto, 2007).

Daerah Istimewa Yogyakarta berhadapan langsung dengan zona subduksi selatan Jawa. Zona subduksi dibagi menjadi zona *megathrust* / *interplate* dan zona *benioff* / *intraslab*. Zona *megathrust* berada pada kedalaman kurang dari 50 km dan zona *benioff* pada kedalaman lebih dari 50 km (Sunardi, 2013). Keberadaan sistem sesar serta letaknya yang berhadapan langsung dengan zona subduksi selatan Jawa, menjadikan wilayah Yogyakarta rawan terhadap ancaman bahaya gempa bumi. Gempa bumi Yogyakarta, 27 Mei 2006 merupakan salah satu contoh gempa bumi merusak yang terjadi di wilayah ini.



Gambar 1. Daerah penelitian.

3. DATA DAN METODE

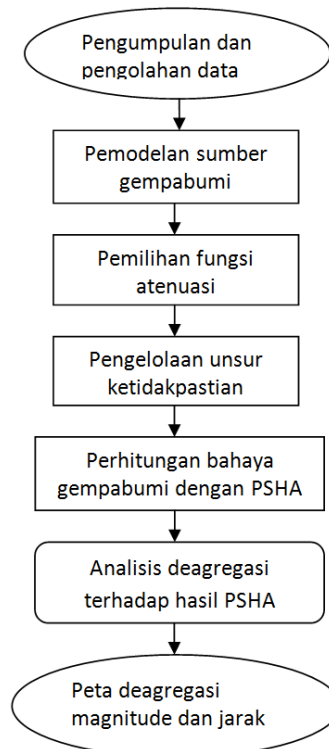
3.1. Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data kejadian gempabumi yang pernah terjadi di sekitar wilayah DIY dari tahun 1973 hingga 2014. Data kejadian gempabumi ini dikompilasi dari berbagai sumber, yaitu katalog gempabumi *National Earthquake Information Center U.S. Geological Survey* (NEIC - USGS) dan katalog gempabumi Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG). Data kegempaan yang digunakan meliputi wilayah dengan radius sekitar 500 km dari Daerah Istimewa Yogyakarta, dengan magnitude minimum Mw 5 dan kedalaman maksimum 300 km.

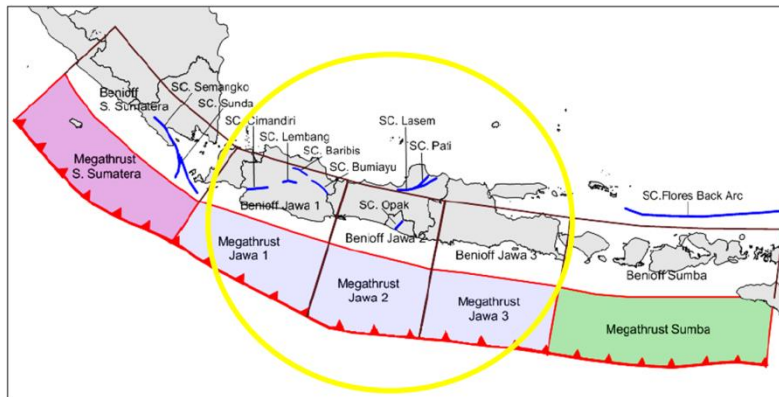
3.2. Metode

Secara umum, tahapan penelitian meliputi pengumpulan dan pengolahan data kegempaan, pemodelan sumber gempabumi, pemilihan fungsi atenuasi, pengelolaan unsur ketidakpastian, perhitungan bahaya gempabumi dengan PSHA, analisis deagregasi terhadap hasil PSHA. Tahapan penelitian yang dilakukan terangkum dalam diagram alir penelitian pada Gambar 2.

Data kegempaan sebagaimana telah disebutkan diatas diolah untuk meminimalkan kesalahan sistematis (*bias*). Untuk mendapatkan hasil yang dapat diandalkan, perlu dilakukan tiga hal berikut ini, yaitu konversi skala magnitude, pemisahan gempabumi utama dari gempabumi ikutan, dan analisis kelengkapan data gempabumi *Mc (Magnitude completeness)*. Pemodelan sumber gempabumi dapat dilakukan dengan melakukan interpretasi terhadap kondisi geologi, geofisika, dan seismotektonik berdasarkan katalog kejadian gempabumi. Model sumber gempabumi untuk wilayah Jawa bisa dibedakan menjadi tiga, yaitu subduksi *megathrust*, subduksi *benioff*, dan *shallow crustal* (sesar). Pemodelan sumber gempabumi untuk daerah penelitian dapat dilihat pada Gambar 3. Selain itu, perlu dilakukan karakterisasi sumber gempabumi, yaitu *reccurence rate*, nilai-b, nilai-a, magnitude maksimum dan *slip rate*. Pada penelitian ini, *reccurence rate* dan nilai-b diestimasi dengan metode maximum likelihood (Aki, 1965; Utsu, 1965) dengan bantuan *software* ZMAP, sementara magnitude maksimum dan *slip rate* yang digunakan mengacu pada hasil penelitian - penelitian sebelumnya, yaitu Asrurifak (2010), Firmansyah dan Irsyam *et al.*, (2000) serta Kertapati (1999).



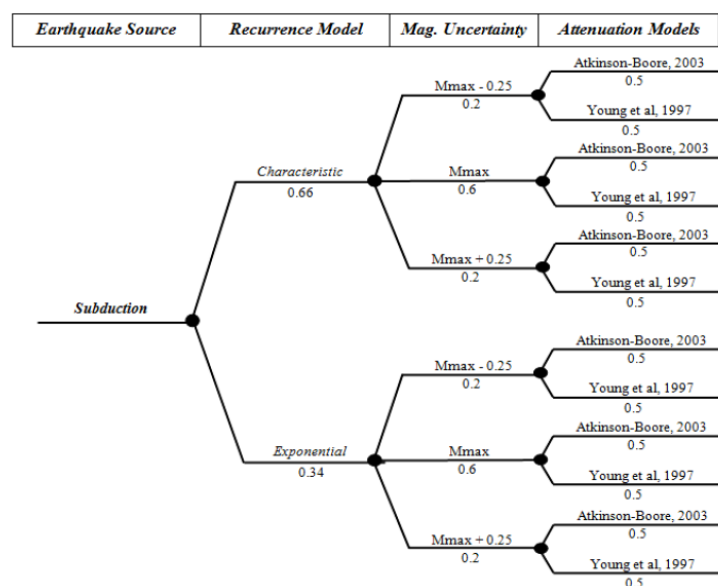
Gambar 2. Diagram alir penelitian.



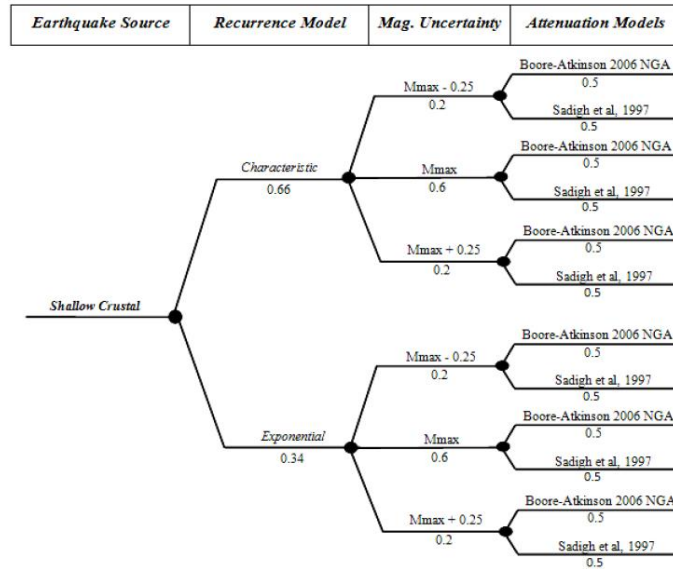
Gambar 3. Pemodelan sumber gempabumi untuk daerah penelitian. Gempabumi yang digunakan untuk pemodelan terletak dalam lingkaran kuning, dengan radius 500 km dari kota Yogyakarta (Sumber: Sunardi, 2013 dengan modifikasi).

Langkah selanjutnya adalah pemilihan fungsi atenuasi. Sampai sekarang, belum tersedia fungsi atenuasi yang diturunkan berdasarkan data - data gempabumi di wilayah Jawa. Fungsi atenuasi yang dipergunakan dalam penelitian ini adalah Boore - Atkinson NGA (Boore dan Atkinson, 2006) dan Sadigh (Sadigh *et al.*, 1997) untuk gempabumi yang bersumber pada sesar di darat, serta *Geomatrix subduction* (Youngs *et al.*, 1997) dan Atkinson - Boore BC (Atkinson dan Boore, 2003) untuk gempabumi yang bersumber pada subduksi, baik sumber gempabumi *megathrust* maupun *benioff*.

Menurut McGuire (2005), unsur ketidakpastian meliputi ketidakpastian *aleatory* (*aleatory certainty*) yang merupakan ketidakpastian probabilitas dimana ketidakpastian ini melekat dalam fenomena acak (lokasi gempabumi di masa yang akan datang, magnitudo gempabumi, dan *detail fault rupture*) serta ketidakpastian *epistemic* (*epistemic uncertainty*) yang merupakan ketidakpastian yang dihasilkan karena kurangnya pengetahuan tentang beberapa model atau parameter (distribusi parameter sumber gempabumi, geometri zona seismotektonik dan seismogenik serta nilai median gerakan tanah yang memberikan properti sumber). Penggunaan *logic tree* merupakan hal yang dapat memberikan kerangka yang lebih sesuai untuk melakukan pengelolaan terhadap model ketidakpastian ini (Makrup, 2009). *Logic tree* merupakan metode untuk memperhitungkan seluruh ketidakpastian dalam menentukan parameter - parameter dalam PSHA, yaitu pemilihan *recurrence model*, fungsi atenuasi, *recurrence rate*, dan magnitudo maksimum. *Logic tree* awalnya diperkenalkan oleh Kulkarni *et al.*, (1984) dan dikembangkan oleh Coppersmith dan Youngs (1986). *Logic tree* yang dipakai dalam penelitian ini diperlihatkan pada Gambar 4 untuk sumber gempabumi subduksi dan Gambar 5 untuk sumber gempabumi sesar.



Gambar 4. *Logic tree* untuk sumber gempabumi subduksi.



Gambar 5. Logic tree untuk sumber gempa bumi shallow crustal.

Analisis bahaya gempa bumi dilakukan dengan metode *Probabilistic Seismic Hazard Analysis* (PSHA). PSHA pertama kali diperkenalkan oleh Cornell (1968) dan terus berkembang hingga sekarang. Analisis PSHA dilakukan dengan bantuan software SR Model dan dibatasi untuk probabilitas terlampaui 2% dalam 50 tahun. Kurva bahaya gempa bumi dibuat dengan menggunakan konsep probabilitas total, kemungkinan parameter X melampaui satu nilai x tertentu, diberikan dalam bentuk integrasi dalam keseluruhan rentang magnitude dan jarak untuk rentang waktu seperti pada persamaan berikut (McGuire, 1976) :

$$P_x(x) = \int_M \int_R P(X > x|m, r) f_M(m) f_R(r) dr dm \quad (1)$$

Proses berikutnya adalah deagregasi terhadap hasil *Probabilistic Seismic Hazard Analysis* (PSHA). Deagregasi dilakukan dengan memisahkan suku - suku yang berkaitan dengan magnitude dan jarak dari integrasi persamaan (1).

Laju tahunan rata - rata kejadian sebagai fungsi magnitude saja diekspresikan pada persamaan berikut (Kramer, 1996):

$$\lambda_x^{(i, m_j)}(x) = P(M = m_j) \int_R P_i(X > x|m_j, r) \int_R^{(i)}(r) dr \quad (2)$$

Laju tahunan rata - rata kejadian sebagai fungsi jarak dari site ke sumber :

$$\lambda_x^{(i, r_k)}(x) = P(R = r_k) \int_M P_i(X > x|m, r_k) \int_M^{(i)}(m) dm \quad (3)$$

Laju tahunan rata - rata kejadian sebagai fungsi magnitude dan jarak dari site ke sumber :

$$\lambda_x^{(i, m_j, r_k)}(x) = P(M = m_j) P(R = r_k) P_i(X > x|m_j, r_k) \quad (4)$$

Laju tahunan rata - rata untuk sumber ke - i dan untuk semua sumber :

$$\lambda_x^{(i, m, r)}(x) = \sum_{jk} \lambda_x^{(i, m_j, r_k)}(x) \quad (5)$$

$$\lambda_x^{(m, r)}(x) = \sum_i \lambda_x^{(i, m, r)}(x) \quad (6)$$

Deagregasi magnitude dan jarak untuk sumber ke - i :

$$M_D^i = \sum_j \frac{m_j \lambda_x^{(i, m_j)}(x)}{\lambda_x^{(i, m, r)}(x)} \quad (7)$$

$$R_D^i = \sum_k \frac{r_k \lambda_x^{(i, r_k)}(x)}{\lambda_x^{(i, m, r)}(x)} \quad (8)$$

Deagregasi magnitude dan jarak untuk semua sumber :

$$M_D = \sum_i \frac{M_D^i \lambda_x^{(i, m, r)}(x)}{\lambda_x^{(m, r)}(x)} \quad (9)$$

$$R_D = \sum_i \frac{R_D^i \lambda_x^{(i, m, r)}(x)}{\lambda_x^{(m, r)}(x)} \quad (10)$$

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

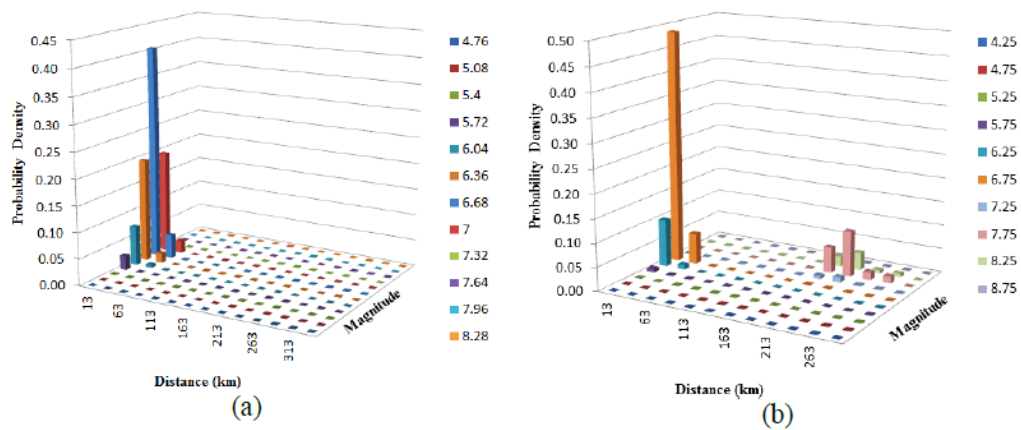
Peta deagregasi bahaya gempabumi bermanfaat dalam mengidentifikasi sumber gempabumi yang memberikan kontribusi terbesar terhadap bahaya gempabumi di Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY). Deagregasi juga bermanfaat dalam menentukan sintesis *ground motion* dengan respon spektra yang menggambarkan satu kejadian gempabumi desain pada periode ulang yang ditinjau.

Hasil deagregasi bahaya gempabumi untuk satu titik koordinat di Kota Yogyakarta pada periode spektra percepatan $T = 0.2$ detik dan $T = 1$ detik telah dibuat oleh Sunardi (2013) dalam bentuk tabel yang berisi magnitudo, jarak, dan densitas probabilitas sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 6. Hasil analisis menunjukkan nilai *mean magnitude* (M) dan *mean jarak* (R), yang merupakan titik berat dari setiap kontribusi masing-masing sumber gempabumi di Kota Yogyakarta. Pada $T = 0.2$ detik, probabilitas terbesar senilai 0.40, untuk gempabumi dengan magnitudo 6.78 dan jarak sekitar 15 km. Sedangkan pada $T = 1$ detik, probabilitas terbesar senilai 0.48, untuk gempabumi dengan magnitudo 6.75 dan jarak sekitar 17 km. Kedua hasil di atas menunjukkan jarak dari sumber gempabumi yang dominan adalah sangat dekat. Kemungkinan besar sumber gempabumi yang dominan tersebut adalah sesar Opak, karena sesar ini diketahui sebagai sesar aktif terdekat dengan Kota Yogyakarta. Sunardi (2013) membuat peta deagregasi secara global untuk wilayah Jawa. Penelitian ini menyempurnakan penelitian sebelumnya dengan membuat peta deagregasi bahaya gempabumi secara lebih detail untuk keseluruhan Daerah Istimewa Yogyakarta.

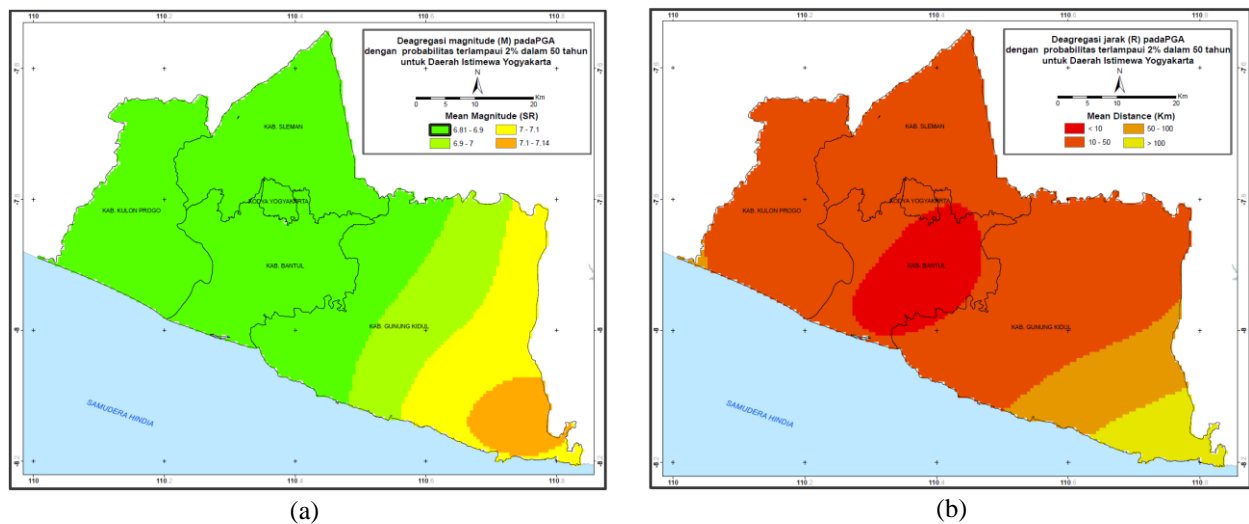
Deagregasi dilakukan terhadap bahaya gempabumi pada probabilitas terlampaui 2% dalam 50 tahun (periode ulang gempabumi 2.475 tahun). Peta deagregasi bahaya gempabumi terdiri atas deagregasi magnitudo (M) dan deagregasi jarak sumber gempabumi (R) masing-masing dibuat pada PGA, spektra percepatan 0.2 detik dan spektra percepatan 1 detik. Gambar 7 – Gambar 9 menunjukkan hasil deagregasi pada PGA, spektra percepatan 0,2 detik serta 1 detik. Hasil deagregasi pada PGA, nilai *mean magnitude* (M) bervariasi dari 6.8 - 7.2, sedangkan nilai *mean distance* (R) bervariasi dari 7 - 152 km. Pada periode spektra $T = 0.2$ detik, M bervariasi dari 6.7 - 7, sedangkan R bervariasi dari 1.8 - 150 km. Pada periode spektra $T = 1$ detik, *mean magnitude* (M) bervariasi dari 6.7 - 7.3, sedangkan *mean distance* (R) bervariasi dari 1.93 - 156 km.

Hasil analisis deagregasi bahaya gempabumi menunjukkan nilai *mean magnitude* (M) dan *mean distance* (R) di Daerah Istimewa Yogyakarta dipengaruhi oleh kontribusi terbesar dari masing-masing sumber gempabumi. Nilai *mean magnitude* (M) dan *mean distance* (R) merupakan titik berat dari setiap kontribusi masing-masing sumber gempabumi di Daerah Istimewa Yogyakarta. Untuk Daerah Istimewa Yogyakarta, daerah yang jauh dari sumber gempabumi patahan (sesar) akan dominan dipengaruhi oleh gempabumi dari zona subduksi, sedangkan daerah yang dekat dengan sumber gempabumi patahan (sesar) otomatis akan dominan dipengaruhi oleh gempabumi yang bersumber dari sesar tersebut. Jika dicermati lebih lanjut terlihat bahwa daerah dengan *mean distance* (R) yang kurang dari 10 km terletak hampir bertepatan dengan lokasi keberadaan sesar Opak. Sumber gempabumi yang dominan untuk sebagian besar Daerah Istimewa Yogyakarta adalah sumber gempabumi yang berasal dari sesar Opak. Sumber gempabumi yang berasal dari zona subduksi hanya dominan di sebagian kecil Daerah Istimewa Yogyakarta, tepatnya di wilayah tenggara Kabupaten Gunung Kidul.

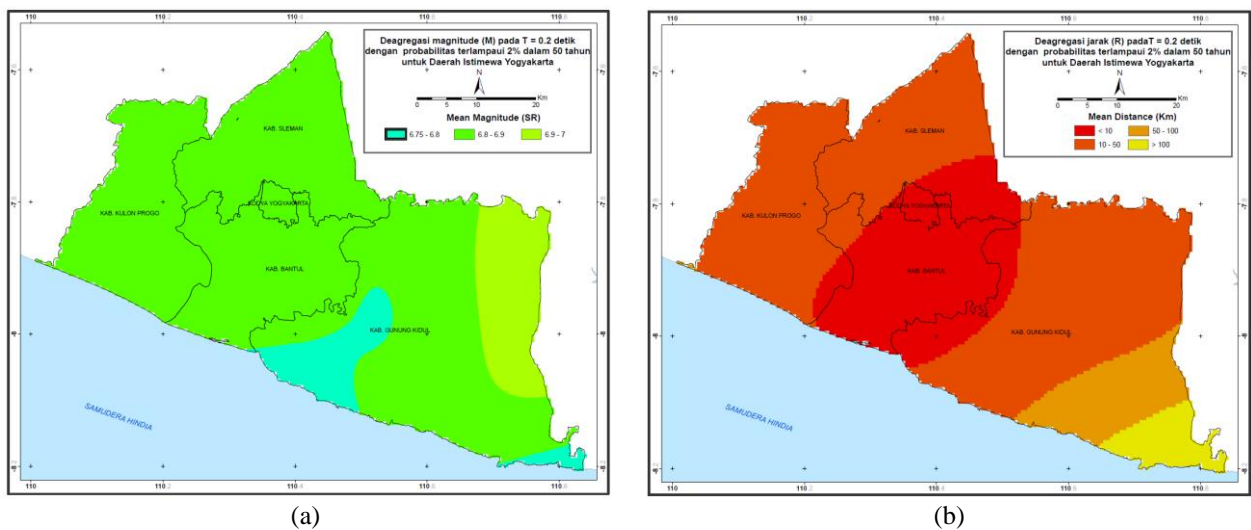
Sebagian besar Daerah Istimewa Yogyakarta dominan dipengaruhi oleh sumber gempabumi yang berasal dari sesar Opak. Hal ini harus menjadi perhatian mengingat gempabumi merusak 27 Mei 2006 kemarin bersumber dari zona di sekitar sesar Opak dan memiliki kemungkinan untuk terulang kembali. Upaya mitigasi bencana gempabumi perlu ditingkatkan sehingga kerugian yang diderita akibat gempabumi di masa depan bisa dikurangi. Salah satu upaya mitigasi dapat dilakukan dengan memanfaatkan hasil penelitian deagregasi bahaya gempabumi untuk Daerah Istimewa Yogyakarta. Hasil deagregasi bahaya gempabumi dapat digunakan sebagai informasi untuk pemilihan data *ground motion* yang sesuai untuk Daerah Istimewa Yogyakarta.



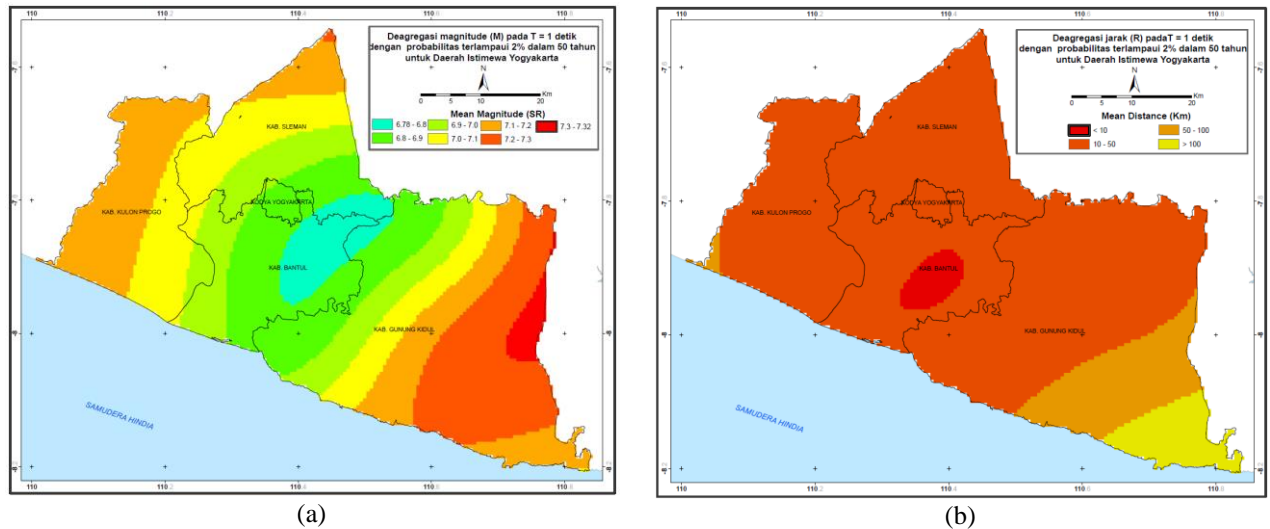
Gambar 6. Hasil deagregasi bahaya gempabumi di satu titik koordinat Kota Yogyakarta, (a) pada T = 0.2 detik dan (b) pada T = 1 detik (Sunardi, 2013).



Gambar 7. Peta deagregasi (a) magnitudo dan (b) jarak pada PGA untuk Daerah Istimewa Yogyakarta (probabilitas terlampaui 2% dalam 50 tahun).



Gambar 8. Peta deagregasi (a) magnitudo dan (b) jarak pada periode spektra percepatan 0.2 detik untuk Daerah Istimewa Yogyakarta (probabilitas terlampaui 2% dalam 50 tahun).



Gambar 9. Peta deagregasi (a) magnitudo dan (b) jarak pada periode spektra percepatan 1 detik untuk Daerah Istimewa Yogyakarta (probabilitas terlampaui 2% dalam 50 tahun)

5. KESIMPULAN

Peta deagregasi bahaya gempabumi untuk Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY) pada PGA memperlihatkan nilai *mean magnitude* (M) bervariasi dari 6.8 - 7.2, sedangkan nilai *mean distance* (R) bervariasi dari 7 - 152 km. Pada periode spektra $T = 0.2$ detik, *mean magnitude* (M) bervariasi dari 6.7 - 7, sedangkan *mean distance* (R) bervariasi dari 1.8 - 150 km. Pada periode spektra $T = 1$ detik, *mean magnitude* (M) bervariasi dari 6.7 - 7.3, sedangkan *mean distance* (R) bervariasi dari 1.93 - 156 km.

Hampir seluruh Daerah Istimewa Yogyakarta dominan dipengaruhi oleh gempabumi yang bersumber dari Sesar Opak kecuali sebagian daerah di tenggara Gunung Kidul yang lebih dominan dipengaruhi gempabumi dari zona subduksi.

Secara umum, daerah yang jauh dari sesar aktif akan dominan dipengaruhi gempabumi dari zona subduksi, sebaliknya daerah yang dekat dengan sesar aktif akan dominan dipengaruhi gempabumi yang bersumber dari sesar tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- Aki, K., (1965), Maximum Likelihood Estimate of b in Formula, $\log n = a - bM$ and Its Confidence Limits, *Bull. Earthquake Res. Inst., Tokyo Univ.* 43, 237-239.
- Asrurifak, M., (2010), *Peta Respon Spektra Indonesia untuk Perencanaan Struktur Bangunan Tahan Gempa dengan Model Sumber Tiga Dimensi dalam Analisis Probabilistik*, Disertasi, Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- Asrurifak, M., Iesyam, M., Hutapea, B. M., Mahesworo, R. P., Ridwan, M., and Aldiamar, F., (2012) Peta Deagregasi Hazard Gempa Indonesia Untuk Periode Ulang Gempa 2475 Tahun, *Prosiding Pertemuan Ilmiah Tahunan - XVI (PIT-XVI) HATTI*.
- Atkinson, G. M., and Boore, D. M. (2003), Empirical Ground Motion Relations for Subduction - Zone Earthquakes and Their Application to Cascadia and Other Region, *Bulletin of the Seismological Society of America*, Vol. 93 (4), 1703-1729.
- Boore, D. M., and Atkinson G. M., (2007), (Next Generation Attenuation), *Ground Motion Relations for Geometric Mean Horizontal Component of Peak and Spectral Ground Motion Parameters*, PEER Report, Pacific Earthquake Engineering Research Center, College of Engineering University of California, Berkeley, California, USA.
- Coppersmith, K. J., and Youngs, R. R., (1986), Capturing uncertainty in probabilistic seismic hazard assessments within intraplate tectonic environments, *Proceedings of the Third U. S. National Conference on Earthquake Engineering*, Charleston, South Carolina, Vol. 1, 301-302.

- Cornell, C. A., (1968), Engineering Seismic Risk Analysis, *Bulletin of the Seismological Society of America*, Vol. 58, 1968.
- Delfebriyadi., (2011), Deagregasi Hazard Kegempaan Provinsi Sumatera Barat, *Jurnal Teknik Sipil*, Vol. 18 No. 3, 217-226.
- Fauzi, U. J., (2011), *Peta Deagregasi Indonesia Berdasarkan Analisis Probabilitas dengan Sumber Gempa Tiga Dimensi*, Tesis, Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- Gatignou, A., Wassenhove, L. N. V., Charles, A., (2010), The Yogyakarta earthquake: Humanitarian relief through IFRC's decentralized supply chain, *Int. J. Production Economics* 126, 102-110.
- Haifani, A. M., (2008) Manajemen Resiko Bencana Gempa Bumi (Studi Kasus Gempabumi Yogyakarta 27 Mei 2006), *Seminar Nasional IV SDM Teknologi Nuklir*, Yogyakarta, 25 - 26 Agustus 2008, 285-294.
- Irsyam, M., Sengara I. W., Adiamar, F., Widiyantoro, S., Triyoso, W., Natawidjaja, D. H., Kertapati, E., Meilano, I., Suhardjono., Asrurifak, M., dan Ridwan, M., (2010), *Ringkasan Hasil Studi Tim Revisi Peta Gempa Indonesia*, Bandung, 2010.
- Kramer, S. L., (1996), *Geotechnical Earthquake Engineering*, Prentice-Hall, New Jersey.
- Kertapati, E., (1999) Probabilistic Estimates of Seismic Ground-Motion Hazard in Indonesia, *Prosiding Konferensi Nasional Rekayasa Kegempaan*, Bandung.
- Kulkarni, R. B., Youngs, R. R., Coppersmith, K. J., (1984), Assessment of confidence intervals for result of seismic hazard analysis, *Proceedings 8th World Conference on Earthquake Engineering*, San Fransisco, Vol. 1, 263-270.
- Makrup. L. L., (2009), *Pengembangan Peta Deagregasi Hazard untuk Indonesia Melalui Pembuatan Software dengan Pemodelan Sumber Gempa Tiga Dimensi*, Disertasi, Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- Makrup, L. L., Irsyam, M., Sengara, I. W., Hendriyawan., (2010), Hazard Deaggregation for Indonesia, *Jurnal Teknik Sipil*, Vol. 17. No. 3, 181-190.
- McGuire, R. K., (2005), *EZ Frisk version 7 manual*, Risk Engineering Inc.
- McGuire, R. K., (1976), *FORTTRAN computer program for seismic risk analysis*, U.S. Geol. Surv., Open-File Rept. 76-67.
- Putranto, E. T. (2007), *Gempabumi Yogyakarta 27 Mei 2006 dan Paleoseismologi Sesar Opak*, Tesis, Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- Raharjo, F., Arfiadi, Y., Lisantono, A., and Wibowo, N., (2007) Pelajaran dari gempabumi Yogyakarta 27 Mei 2006. *Proceeding of Konferensi Nasional Teknik Sipil 1 (koNTekS 1)*. Universitas Atma Jaya, Yogyakarta, 307-318.
- Sadigh, K., Chang, C. Y., Egan, J. A., Makdisi. F., Youngs. R.R. (1997), Attenuation Relationships for Shallow Crustal Earthquakes Based on California Strong Motion Data, *Seismological Research Letters*, Vol. 68(1), 180-189.
- Sunardi, B. (2013), *Peta Deagregasi Hazard Gempa Wilayah Jawa dan Rekomendasi Ground Motion di Empat Daerah*, Tesis, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- Utsu, T., (1965) a Method for Determining The Value of b in a Formula $\log N = a - bM$ Showing The Magnitude-Frequency Relation for Earthquakes, *Geophys. Bull. Hokkaido Univ.*, 13, 99-103.
- Youngs, R. R., Chiou, S. J., Silva. W. J., Humphrey, J. R. (1997), Strong Ground Motion Attenuation Relationships for Subduction Zone Earthquakes, *Seismological Research Letters*, Vol. 68(1), 58-73.

PEMODELAN ALIRAN ABU VULKANIK GUNUNG BERAPI SEBAGAI *EARLY WARNING* TERHADAP BENCANA NASIONAL (STUDI KASUS LETUSAN GUNUNG KELUD TAHUN 2014)

Ahmad Lubab, M.Si.¹, Ahmad Hanif Asyhar, M.Si.²,
Mohammad Hafiyusholeh, M.Si.³, Dian C. Rini N., M.Kom.⁴

¹ Prodi Pendidikan Matematika UIN Sunan Ampel Surabaya, Jl A. Yani, 117 Surabaya 60237
Email: ahmadlubab@uinsby.ac.id

^{2,3,4} Prodi Matematika UIN Sunan Ampel Surabaya, Jl A. Yani, 117 Surabaya 60237
Email: hanif@uinsby.ac.id, hafiyusholeh@uinsby.ac.id, diancrini@uinsby.ac.id

*Corresponding author: hanif@uinsby.ac.id

ABSTRAK

Abu vulkanik sangat berpengaruh buruk terhadap masyarakat. Ada beberapa faktor yang berpengaruh terhadap besar kecilnya dampak abu vulkanik bagi kesehatan, antara lain ukuran abu, konsentrasi, lama keterpaparan, komponen abu, dan individu yang terpapar. Semakin banyak konsentrasi abu dan semakin lama seseorang terpapar abu vulkanik maka semakin besar dampaknya terhadap gangguan kesehatan seseorang. Abu vulkanik juga berdampak pada bidang transportasi baik darat maupun udara. Penelitian ini diperlukan sebagai *early warning* bagi masyarakat terutama bidang transportasi darat, laut, maupun udara. penelitian ini juga dipandang perlu untuk mengetahui peta terdampak dari semburan abu vulkanik dari letusan gunung berapi sehingga tidak perlu menunggu saat siang atau beberapa hari untuk mengetahui dimana peta terdampak dari semburan letusan gunung berapi dengan mengambil studi kasus letusan gunung Kelud pada Februari 2014. Data yang diperlukan pada penelitian ini meliputi data dari kabupaten Kediri dan kabupaten Blitar, yang meliputi banyaknya letak, kondisi gunung sebelum, saat, dan pasca meletus tanggal 13 Februari 2014 Serta data dari Badan meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) Jawa Timur Tanjung perak Surabaya meliputi: temperatur udara, kecepatan dan arah angin. Data-data tersebut kemudian dimodifikasi menjadi model matematika. Rekomendasi penelitian mendatang adalah penelitian tentang pemodelan dan simulasi aliran lava abu vulkanik gunung kelud serta membuat data base sebaran abu vulkanik serta lava gunung berapi di Indonesia.

KATA KUNCI: Abu Vulkanik, Model Matematika, *Early Warning*

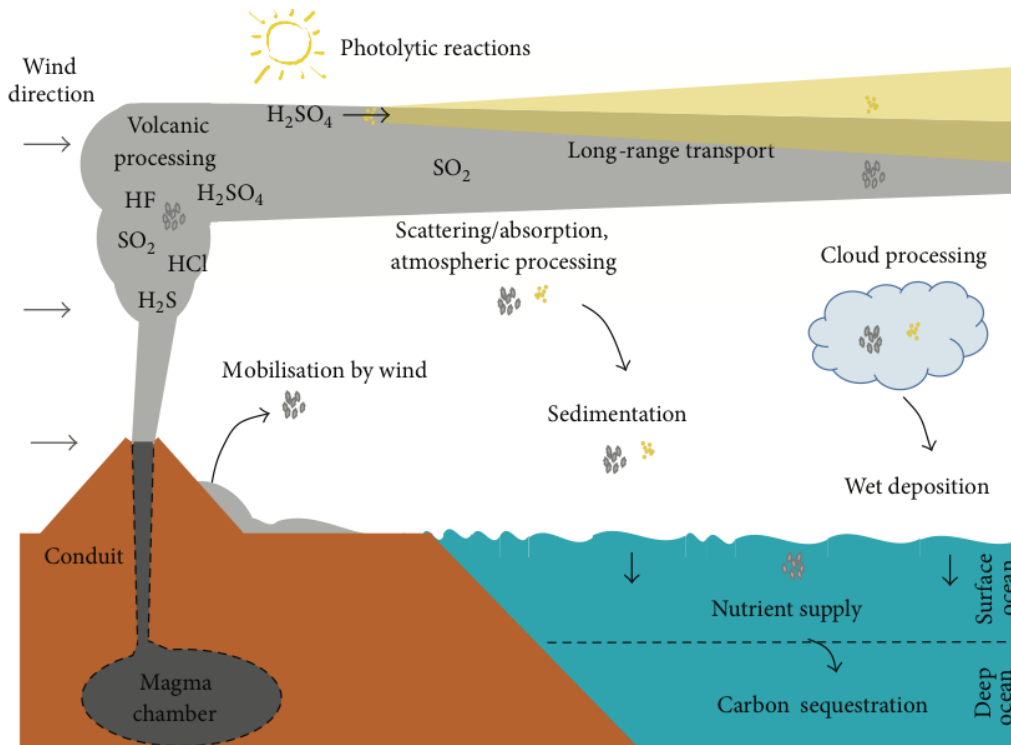
1. PENDAHULUAN

Indonesia dikelilingi oleh gunung berapi yang masih aktif, gunung Kelud merupakan salah satu gunung berapi aktif di Indonesia yang terletak di Provinsi Jawa Timur, tepatnya berada di daerah perbatasan antara Kabupaten Kediri, Blitar, dan Malang. Ciri khas yang dimiliki oleh gunung Kelud yaitu letusannya bersifat eksplosif dan berlangsung dalam waktu yang relatif singkat. Sehingga pada letusan kali beberapa tahun silam, gunung ini meletus dengan memuntahkan material yang sangat banyak.

Gunung Kelud meletus tanggal 13 Februari 2014 pada malam hari, tentunya sulit melihat seperti apa letusannya. Gambar serta foto besarnya letusan hanya tergambarkan melalui suara, getaran serta tersebarnya abu vulkanik serta material lainnya.

NASA siang harinya 14 Februari 2014 mengambil gambar Gunung Kelud dari angkasa menggunakan satelit di simulasikan dengan gambar. Terlihat penyebaran abu vulkaniknya mengarah ke barat yaitu kearah jawa bagian barat. Namun sebenarnya lebih banyak ke laut, sehingga tidak tercatat di darat. ESA (*European Sattelite Agency*) diakses 18 Maret 2015 memiliki kemampuan untuk mendeteksi SO_x dalam hal ini *Sulphur Dioxide*. ESA berhasil membuat peta sebaran SO₂ dari letusan Gunung Kelut pada tanggal 14 Februari 2014.

Belajar dari letusan gunung Kelud tanggal 13 Februari 2014, Abu vulkanik sangat berpengaruh buruk terhadap masyarakat, baik masyarakat Kediri dan sekitarnya maupun masyarakat yang jauh yang terkena dampak secara langsung semisal Jogjakarta.



Gambar 1. Proses transport debu (warna kuning) dan abu vulkanik (abu-abu), dan efek radiasi (Langman, 2014)

Menurut Dinas Kesehatan Pelabuhan Semarang (dalam <http://124.81.108.71/kkp/>) diakses 7 April 2015 Ada beberapa faktor yang berpengaruh terhadap besar kecilnya dampak abu vulkanik bagi kesehatan, antara lain ukuran abu, konsentrasi, lama keterpaparan, komponen abu, dan individu yang terpapar. Ukuran abu vulkanik ada bermacam-macam, ada yang agak besar dan ada yang kecil. Jika ukuran abu di atas 10 mikron maka sulit masuk ke saluran pernafasan karena kebesaran. Namun, jika ukurannya di bawah 10 mikron dapat terhirup oleh saluran nafas atas, dan jika di bawah 5 mikron maka akan sampai ke alveoli (saluran nafas bawah). Semakin banyak konsentrasi abu dan semakin lama seseorang terpapar abu vulkanik maka semakin besar dampaknya terhadap gangguan kesehatan seseorang. Komponen abu ada yang bersifat asam dan ada yang basa, komponen yang bersifat asam lebih merusak jaringan. Individu yang rentan seperti orang tua, bayi, anak-anak, ibu hamil, dan orang yang memiliki penyakit paru memiliki risiko tinggi mengalami gangguan kesehatan yang lebih berat dibandingkan dengan individu yang lain.

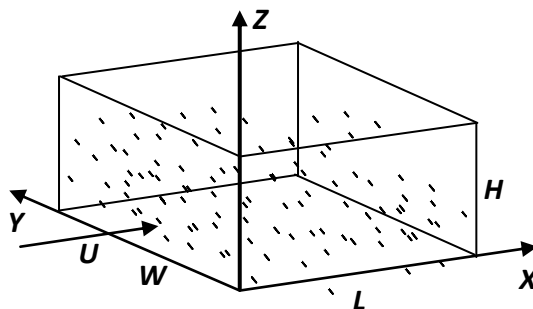
Tidak hanya bidang kesehatan, bidang transportasi juga terdampak dengan adanya letusan gunung Kelud. banyak masyarakat yang menyangka gunung Kelud yang berada di Jawa Timur peta terdampaknya hanya berada di satu wilayah, ternyata peta terdampak yang paling berpengaruh terhadap abu adalah Surabaya dan Yogyakarta dan sekitarnya. transportasi darat lumpuh untuk beberapa hari, bahkan kereta dan bus berhenti beroperasi beberapa hari. transportasi udara lumpuh di banyak kota. di beberapa bandara di Jawa lumpuh. setidaknya ada 7 bandara yang tutup akibat abu vulkanik gunung kelud yaitu bandara Juanda di Surabaya, bandara Adisumarmo di Solo, bandara Adisucipto di Yogyakarta, bandara Ahmad Yani Semarang, bandara Tunggal Wulung di Cilacap, bandara Abdurrahman Saleh di Malang, bandara Husein Sastranegara di Bandung.

Beruntung, tidak ada kecelakaan yang berarti akibat abu vulkanik baik darat ataupun udara, dikarenakan gunung yang meletus sudah menjelang dini hari jadi transportasi baik darat maupun udara tidak banyak yang beroperasi, meskipun sangat banyak pengendara motor di beberapa kota terjatuh karena material abu yang licin jika dilewati.

Penelitian ini diperlukan sebagai early warning bagi masyarakat terutama bidang transportasi darat, laut, maupun udara. penelitian ini juga dipandang perlu untuk mengetahui peta terdampak dari semburan abu vulkanik dari letusan gunung berapi sehingga tidak perlu menunggu saat siang atau beberapa hari untuk mengetahui dimana peta terdampak dari semburan letusan gunung berapi dengan mengambil studi kasus letusan gunung Kelud pada Februari 2014.

2. METODE PENELITIAN

Model Gaussian Box merupakan pendekatan model dispersi dengan membangun model matematika berdasarkan persamaan konsentrasi partikulat (dalam hal ini adalah abu vulkanik). Model Gaussian Box menggunakan persamaan dispersi Gauss sebagai dasar algoritma dengan asumsi kondisi steady (Catalano, 1987). Model Gaussian Box yang digunakan dalam penelitian ini merupakan pengembangan dari model Box yang diilustrasikan sebagai berikut:



Gambar 2. Sketsa penyebaran abu vulkanik gunung Kelud. Dengan U kecepatan dan arah angin berasal, W lebar wilayah studi, L panjang wilayah studi dan H ketinggian wilayah yang diteliti.

Data-data tersebut kemudian dimodifikasi menjadi model matematika. Rekomendasi penelitian mendatang adalah penelitian tentang pemodelan dan simulasi aliran lava abu vulkanik gunung kelud dengan menggunakan *Artificial Neural Network* (ANN) serta membuat data base sebaran abu vulkanik serta lava gunung berapi di Indonesia.

3. DATA YANG DIGUNAKAN

Dalam penerapannya, model *Gaussian Box* membutuhkan data masukan sebagai berikut:

1. Data karakteristik sumber abu vulkanik
Data karakteristik sumber emisi meliputi : Koordinat gunung Kelud, laju dan percepatan semburan gunung Kelud, ketinggian gunung, temperatur gas keluar dan diameter lubang gunung Kelud.
2. Data meteorologi
Data meteorologi meliputi : Eksponen p untuk penentuan profil angin, stabilitas atmosfer, kecepatan dan arah angin dan temperatur udara

Persamaan – persamaan yang digunakan dalam model *Gaussian Box* untuk menentukan penyebaran abu vulkanik dari sumber – sumber titik diuraikan sebagai berikut :

Data yang diperlukan pada penelitian ini meliputi data dari kabupaten Kediri dan kabupaten Blitar, yang meliputi banyaknya letak, kondisi gunung sebelum, saat, dan pasca meletus tanggal 13 Februari 2014 Serta data dari Badan meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) Jawa Timur Tanjung perak Surabaya meliputi: temperatur udara, kecepatan dan arah angin.

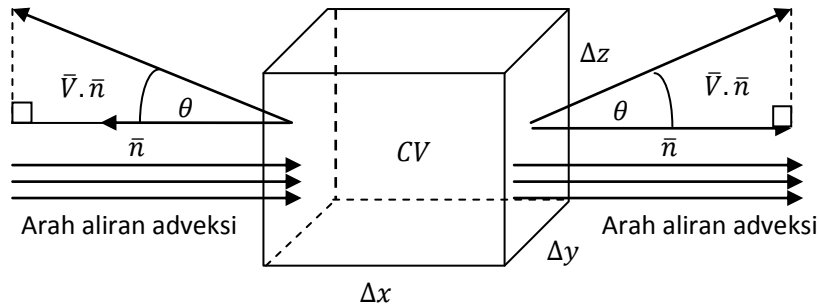
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam bab ini dibahas tentang pemodifikasian model matematika dari dispersi *Partikulat Matter* 10 (PM10) di gunung kelud Jawa Timur. Beberapa part dari model matematika berikut diadopsi dari pengangkutan polutan PM10 di Semen Gresik (Mashuda, 2011) Model matematika tersebut merupakan hasil pengembangan dari persamaan adveksi berikut (Jerald, 1996):

$$J = QC = \bar{U}AC \quad (1)$$

Dengan J menyatakan laju perpindahan massa, \bar{U} adalah kecepatan aliran rata – rata, A adalah luas penampang melintang, dan C adalah laju alir konsentrasi abu vulkanik.

Selanjutnya model penyebaran PM10 atau abu di gunung Kelud Jawa Timur dibentuk menggunakan hukum kekekalan massa. Dengan bantuan prinsip kontinum, perpindahan massa dalam kasus ini dinyatakan dengan volume kendali dan selanjutnya digunakan teorema pengangkutan Reynolds. Adapun selengkapnya disajikan sebagai berikut :



Gambar 3. Diagram skematik dari perpindahan massa yang masuk dan keluar dalam volume kendali

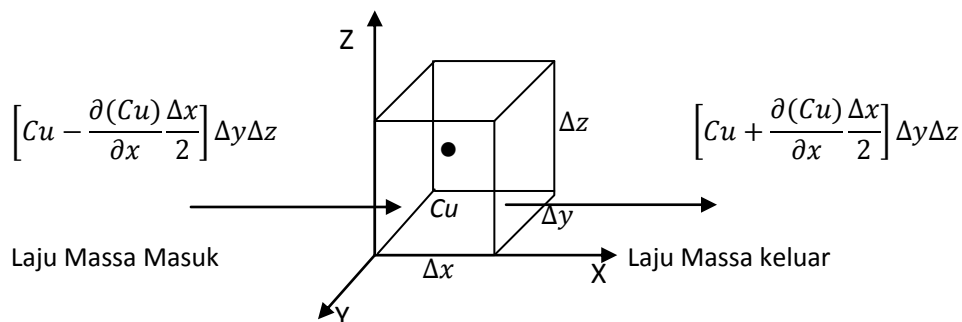
Dari persamaan kontinuitas, diperoleh (Munson, 2004):

Laju perubahan massa yang ada pada volume kendali	+	Massa bersih fluks yang masuk dan keluar melalui permukaan kendali	=	Massa yang dihasilkan oleh sumber dalam volume kendali.
---	---	---	---	--

Selanjutnya dengan menggunakan teorema transportasi Reynold diperoleh (Munson, 2004):

$$\frac{\partial}{\partial t} \int_{cv} \rho dV + \underbrace{\int_{cs} \rho V \cdot \bar{n} dA}_{\text{Adveksi} + \text{Difusi}} = 0 \quad (2)$$

Dengan integral pertama di ruas kiri Persamaan (2) menyatakan besarnya laju dari massa yang berada di dalam volume kendali, integral kedua menyatakan laju netto dari massa yang mengalir keluar melalui permukaan kendali dan disumsikan difusi = 0 bentuk Persamaan (2) disederhakan dengan merubah massa menjadi konsentrasi sehingga diperoleh :



Gambar 4. Proses Transportasi Massa

Dengan laju massa adveksi yang masuk searah sumbu X adalah :

$$J_x = \left[Cu - \frac{\partial(Cu)}{\partial x} \frac{\Delta x}{2} \right] \Delta y \Delta z \quad (3)$$

laju massa adveksi yang masuk searah sumbu Y adalah :

$$J_y = \left[Cv - \frac{\partial(Cv)}{\partial y} \frac{\Delta y}{2} \right] \Delta x \Delta z \quad (4)$$

Sedangkan laju massa adveksi yang masuk searah sumbu Z adalah :

$$J_z = \left[Cw - \frac{\partial(Cw)}{\partial z} \frac{\Delta z}{2} \right] \Delta x \Delta y \quad (5)$$

Selanjutnya laju massa adveksi yang keluar searah sumbu X adalah :

$$Jk_x = \left[Cu + \frac{\partial(Cu)}{\partial x} \frac{\Delta x}{2} \right] \Delta y \Delta z \quad (6)$$

Laju massa adveksi yang keluar searah sumbu Y adalah :

$$Jk_y = \left[Cv + \frac{\partial(Cv)}{\partial y} \frac{\Delta y}{2} \right] \Delta x \Delta z \quad (7)$$

dan laju massa adveksi yang keluar searah sumbu Z adalah :

$$Jk_z = \left[Cw + \frac{\partial(Cw)}{\partial z} \frac{\Delta z}{2} \right] \Delta x \Delta y \quad (8)$$

Sementara itu, laju perubahan konsentrasi partikel dalam volume kendali adalah :

$$Lvk = \frac{\partial C}{\partial t} \Delta x \Delta y \Delta z \quad (9)$$

Dari persamaan di atas diperoleh laju netto massa aliran keluar searah sumbu X yaitu :

$$\begin{aligned} Jk_x - J_x &= \left[Cu + \frac{\partial(Cu)}{\partial x} \frac{\Delta x}{2} \right] \Delta y \Delta z - \left[Cu - \frac{\partial(Cu)}{\partial x} \frac{\Delta x}{2} \right] \Delta y \Delta z \\ &= \frac{\partial(Cu)}{\partial x} \Delta x \Delta y \Delta z \end{aligned} \quad (10)$$

Dengan cara yang sama, diperoleh laju netto massa aliran keluar searah sumbu Y yaitu :

$$Jk_y - J_y = \frac{\partial(Cv)}{\partial y} \Delta x \Delta y \Delta z \quad (11)$$

Dengan cara yang sama pula didapat laju netto massa aliran keluar searah sumbu Z yaitu :

$$Jk_z - J_z = \frac{\partial(Cw)}{\partial z} \Delta x \Delta y \Delta z \quad (12)$$

Dari (10), (11) dan (12) diperoleh laju netto massa aliran keluar :

$$\left[\frac{\partial(Cu)}{\partial x} + \frac{\partial(Cv)}{\partial y} + \frac{\partial(Cw)}{\partial z} \right] \Delta x \Delta y \Delta z \quad (13)$$

Dari persamaan (9), (13) sesuai dengan hukum kekekalan massa dalam volume kendali didapat :

$$\frac{\partial C}{\partial t} \Delta x \Delta y \Delta z + \left[\frac{\partial(Cu)}{\partial x} + \frac{\partial(Cv)}{\partial y} + \frac{\partial(Cw)}{\partial z} \right] \Delta x \Delta y \Delta z = 0 \quad (14)$$

Kemudian dibagi dengan $\Delta x \Delta y \Delta z$ sehingga diperoleh persamaan sebagai berikut :

$$\frac{\partial C}{\partial t} + \frac{\partial(Cu)}{\partial x} + \frac{\partial(Cv)}{\partial y} + \frac{\partial(Cw)}{\partial z} = 0 \quad (15)$$

Selanjutnya, dengan asumsi :

1. Sistem dalam keadaan tunak (*steady*), karena sistem (daerah penelitian) yang digunakan dalam modeling adalah tetap (tidak bergerak), sehingga volume kendali tidak terikat terhadap waktu. Karena itu $\frac{\partial C}{\partial t} = 0$.
2. Debu atau PM10 bersifat non reaktif.
3. Kecepatan angin pada arah X adalah konstan.

Persamaan (15) dapat diselesaikan dengan menggunakan syarat batas sebagai berikut :

1. Pada kondisi dimana $C \rightarrow \infty$ untuk $x, y, z \rightarrow 0$, konsentrasi mendekati tak hingga untuk jarak sumber titik (*point source*) mendekati 0. Syarat batas ini diperlukan pada ruang lingkup matematika bukan pada keadaan sebenarnya ketika sumber direduksi menjadi titik.
2. Pada kondisi dimana $C \rightarrow 0$ untuk $x, y, z \rightarrow \infty$, konsentrasi mendekati 0 untuk jarak mendekati tak hingga.
3. Massa abu vulkanik yang menyebar menurut arah angin diasumsikan konstan dan sama dengan yang teremisi dari sumber. untuk $x > 0$, didefinisikan :

$$\int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} UC dx dy dz = Q \quad (15 a)$$

Kemudian dilakukan pemisahan semua variabel di dalam penyamaan konsentrasi sebagai berikut :

$$\begin{aligned}C &= \bar{C} + C' \\u &= \bar{u} + u' \\v &= \bar{v} + v' \\w &= \bar{w} + w'\end{aligned}$$

Sehingga dari Persamaan (15) diperoleh persamaan:

$$\frac{\partial}{\partial t}(\bar{C} + C') + \frac{\partial}{\partial x}(\bar{u} + u')(\bar{C} + C') + \frac{\partial}{\partial y}(\bar{v} + v')(\bar{C} + C') + \frac{\partial}{\partial z}(\bar{w} + w')(\bar{C} + C') = 0$$

Kemudian ditentukan persamaan rata – rata sebagai berikut:

$$\overline{(\bar{C} + C')(\bar{u} + u')} = \overline{\bar{u}\bar{C}} + \overline{\bar{u}C'} + \overline{u'\bar{C}} + \overline{u'C'} = \overline{\bar{u}\bar{C}} + \overline{u'C'} \quad (16)$$

Untuk $\bar{u}' = \bar{C}' = 0$ begitu pula untuk vC dan wC , maka diperoleh persamaan baru :

$$\frac{\partial}{\partial x}(\bar{u}\bar{C}) + \frac{\partial}{\partial y}(\bar{v}\bar{C}) + \frac{\partial}{\partial z}(\bar{w}\bar{C}) = -\frac{\partial}{\partial x}(\bar{u}'C') + \frac{\partial}{\partial y}(\bar{v}'C') + \frac{\partial}{\partial z}(\bar{w}'C') \quad (17)$$

Sisi yang sebelah kanan menunjukkan rata – rata efek turbulensi pada konsentrasi. Dari analog dengan skala molekular, diasumsikan bahwa:

$$\left. \begin{aligned}\overline{u'C'} &= -\varepsilon_x \frac{\partial \bar{C}}{\partial x} \\ \overline{v'C'} &= -\varepsilon_y \frac{\partial \bar{C}}{\partial y} \\ \overline{w'C'} &= -\varepsilon_z \frac{\partial \bar{C}}{\partial z}\end{aligned} \right\} \quad (18)$$

Dari Persamaan (17) dan (18) diperoleh persamaan di bawah ini :

$$\frac{\partial}{\partial x}(\bar{u}\bar{C}) + \frac{\partial}{\partial x}(\bar{v}\bar{C}) + \frac{\partial}{\partial x}(\bar{w}\bar{C}) = -\frac{\partial}{\partial x}\left(\varepsilon_x \frac{\partial \bar{C}}{\partial x}\right) - \frac{\partial}{\partial y}\left(\varepsilon_y \frac{\partial \bar{C}}{\partial y}\right) - \frac{\partial}{\partial z}\left(\varepsilon_z \frac{\partial \bar{C}}{\partial z}\right) \quad (19)$$

Bentuk persamaan umum pada Persamaan 19 disebut persamaan *Gauss (Gaussian equation)* dan penyelesaian dari Persamaan 19 disebut fungsi Gauss (*Gauss function*), hasil diskripsi analisis dari Persamaan 19 tersebut disebut model *Gaussplume (Gaussian Plume Models)* yaitu :

$$C = Kx^{-1} \exp \left\{ - \left[\left(\frac{X^2}{\varepsilon_x} \right) + \left(\frac{Y^2}{\varepsilon_y} \right) + \left(\frac{Z^2}{\varepsilon_z} \right) \right] \left(\frac{U}{4x} \right) \right\} \quad (20)$$

Selanjutnya substitusi Persamaan 20 ke persamaan (15 a) diperoleh persamaan:

$$Q = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} UKx^{-1} \exp \left\{ - \left[\left(\frac{X^2}{\varepsilon_x} \right) + \left(\frac{Y^2}{\varepsilon_y} \right) + \left(\frac{Z^2}{\varepsilon_z} \right) \right] \left(\frac{U}{4x} \right) \right\} dx dy dz \quad (21)$$

dengan

$$\begin{aligned}\bar{x} &\equiv \frac{X}{(\varepsilon_x)^{\frac{1}{2}}} \\ \bar{y} &\equiv \frac{Y}{(\varepsilon_y)^{\frac{1}{2}}} \\ \bar{z} &\equiv \frac{Z}{(\varepsilon_z)^{\frac{1}{2}}}\end{aligned}$$

Selanjutnya Persamaan 21 dapat disederhanakan menjadi

$$Q = UKx^{-1}(\varepsilon_x)^{\frac{1}{2}}(\varepsilon_y)^{\frac{1}{2}}(\varepsilon_z)^{\frac{1}{2}} \int_{-\infty}^{\infty} \exp\left(\frac{-\bar{x}^2}{4x}\right) d\bar{x} \int_{-\infty}^{\infty} \exp\left(\frac{-\bar{y}^2}{4y}\right) d\bar{y} \int_{-\infty}^{\infty} \exp\left(\frac{-\bar{z}^2}{4z}\right) d\bar{z} \quad (22)$$

Kemudian, dari integral $\int_0^{\infty} \exp(-a^2x^2) dx$ dimisalkan $a^2x^2 = t$ didapat $2a^2x dx = dt$ sehingga $dx = \frac{dt}{2a^2x}$. Untuk $x^2 = \frac{t}{a^2}$ maka $x = \frac{\sqrt{t}}{a}$ didapat $= \frac{dt}{2a^2\sqrt{t}} = \frac{dt}{2a\sqrt{t}}$.

Sehingga

$$\int_0^{\infty} \exp(-a^2 x^2) dx = \int_0^{\infty} e^{-a^2 x^2} dx = \int_0^{\infty} e^{-t} \frac{1}{2a\sqrt{t}} dt = \frac{1}{2a} \int_0^{\infty} e^{-t} t^{-\frac{1}{2}} dt \quad (23)$$

Sesuai dengan definisi fungsi gamma :

$$\Gamma(n) = \int_0^{\infty} e^{-x} x^{n-1} dx, \quad n > 0 \quad (23 a)$$

persamaan (23 a) dapat ditulis :

$$\Gamma\left(\frac{1}{2}\right) = \int_0^{\infty} e^{-x} x^{\frac{1}{2}-1} dx,$$

Dengan menggunakan bentuk lain dari $\Gamma(n)$, yaitu :

$$\Gamma(n) = \int_0^{\infty} x^{n-1} e^{-x} dx,$$

kemudian disubstitusikan $x = y^2 \leftrightarrow dx = 2y dy$; $x = 0 \rightarrow y = 0$; $x = \infty \rightarrow y = \infty$ diperoleh :

$$\Gamma(n) = \int_0^{\infty} y^{2n-2} e^{-y^2} 2y dy = 2 \int_0^{\infty} y^{2n-1} e^{-y^2} dy \quad (24)$$

Persamaan 24 digunakan untuk mendapatkan nilai $\Gamma\left(\frac{1}{2}\right)$ sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \Gamma(n) &= 2 \int_0^{\infty} y^{2n-1} e^{-y^2} dy \\ \left\{ \Gamma\left(\frac{1}{2}\right) \right\}^2 &= \left(2 \int_0^{\infty} e^{-y^2} dy \right) \left(2 \int_0^{\infty} e^{-z^2} dz \right) \end{aligned}$$

Kemudian ditransformasikan ke koordinat kutub dengan $z = r \cos \theta$ dan $y = r \sin \theta$ diperoleh :

$$\begin{aligned} \left\{ \Gamma\left(\frac{1}{2}\right) \right\}^2 &= 4 \int_0^{\infty} \int_0^{\infty} e^{-r^2} r d\theta dr \\ &= 4 \int_0^{\infty} e^{-r^2} r dr \int_0^{\infty} d\theta \end{aligned}$$

Dengan limit – limit integrasi untuk r bernilai 0 sampai tak hingga dan θ bernilai 0 sampai $\frac{1}{2}\pi$ diperoleh :

$$\begin{aligned} \left\{ \Gamma\left(\frac{1}{2}\right) \right\}^2 &= 4 \int_0^{\infty} \int_0^{\frac{\pi}{2}} e^{-r^2} r d\theta dr \\ &= 4 \int_0^{\infty} e^{-r^2} r dr \int_0^{\frac{\pi}{2}} d\theta \\ &= 4 \left(\frac{1}{2} \right) \left(\frac{1}{2} \right) \pi \\ \Gamma\left(\frac{1}{2}\right) &= \sqrt{\pi} \end{aligned}$$

Selanjutnya Persamaan 23 dapat ditulis sebagai berikut:

$$\int_0^{\infty} e^{-a^2 x^2} dx = \frac{1}{2a} (\sqrt{\pi}) = \frac{(\pi)^{\frac{1}{2}}}{2a} \quad (25)$$

Sehingga persamaan (22), dapat disederhanakan menjadi :

$$Q = UK x^{-1} (\varepsilon_x)^{\frac{1}{2}} (\varepsilon_y)^{\frac{1}{2}} (\varepsilon_z)^{\frac{1}{2}} \left(\frac{\pi x}{U} \right)^{\frac{1}{2}} \left[2 \cdot 2^{\frac{1}{2}} \left(\frac{\pi x}{U} \right)^{\frac{1}{2}} \right]$$

atau dapat ditulis :

$$Q = K (2\pi)^{\frac{3}{2}} (\varepsilon_x)^{\frac{1}{2}} (\varepsilon_y)^{\frac{1}{2}} (\varepsilon_z)^{\frac{1}{2}}$$

Sehingga dapat dinyatakan menjadi :

$$K = \frac{Q}{(2\pi)^{\frac{3}{2}}(\varepsilon_x)^{\frac{1}{2}}(\varepsilon_y)^{\frac{1}{2}}(\varepsilon_z)^{\frac{1}{2}}} \quad (26)$$

Dari Persamaan (20), dengan substitusi (26) ke (20) diperoleh :

$$C = \frac{Q}{(2\pi)^{\frac{3}{2}}(\varepsilon_x)^{\frac{1}{2}}(\varepsilon_y)^{\frac{1}{2}}(\varepsilon_z)^{\frac{1}{2}}} \exp \left\{ - \left[\left(\frac{X^2}{\varepsilon_x} \right) + \left(\frac{Y^2}{\varepsilon_y} \right) + \left(\frac{Z^2}{\varepsilon_z} \right) \right] \frac{U}{4x} \right\} \quad (27)$$

Dengan menggunakan definisi distribusi normal Gauss, Persamaan (4.27) dapat dinyatakan dengan :

$$C(x, t) = \frac{1}{\sigma(2\pi)^{\frac{1}{2}}} \exp \left[- \frac{(x - ut)^2}{2\sigma^2} \right] \quad (27 a)$$

untuk X, Y dan Z sebagai berikut :

$$X = x - ut; Y = y - vt; Z = z - wt$$

Selanjutnya Persamaan (27 a) dikembangkan ke arah sumbu-x, y dan z didapat :

$$C(x, y, z, t) = \frac{1}{\sigma_x \sigma_y \sigma_z (2\pi)^{\frac{1}{2}} (2\pi)^{\frac{1}{2}} (2\pi)^{\frac{1}{2}}} \exp \left[- \left(\frac{(x - ut)^2}{2\sigma_x^2} + \frac{(y - vt)^2}{2\sigma_y^2} + \frac{(z - wt)^2}{2\sigma_z^2} \right) \right] \quad (27 b)$$

Dari persamaan 27 dan 27 b diperoleh :

$$2\sigma_x^2 = \frac{4x\varepsilon_x}{U}, 2\sigma_y^2 = \frac{4x\varepsilon_y}{U} \text{ dan } 2\sigma_z^2 = \frac{4x\varepsilon_z}{U}.$$

Dari $2\sigma_x^2 = \frac{4x\varepsilon_x}{U}$ diperoleh $\varepsilon_x = \frac{\sigma_x^2 U}{2x}$, dari $2\sigma_y^2 = \frac{4x\varepsilon_y}{U}$ diperoleh $\varepsilon_y = \frac{\sigma_y^2 U}{2x}$ dan dari $2\sigma_z^2 = \frac{4x\varepsilon_z}{U}$ diperoleh $\varepsilon_z = \frac{\sigma_z^2 U}{2x}$.

Selanjutnya didapat :

$$C(x, y, z) = \frac{1}{(2\pi)^{3/2} \left(\frac{\sigma_x^2 U}{2x} \right)^{\frac{1}{2}} \left(\frac{\sigma_y^2 U}{2x} \right)^{\frac{1}{2}} \left(\frac{\sigma_z^2 U}{2x} \right)^{\frac{1}{2}}} \exp \left\{ - \left[\left(\frac{X^2}{\frac{\sigma_x^2 U}{2x}} \right) + \left(\frac{Y^2}{\frac{\sigma_y^2 U}{2x}} \right) + \left(\frac{Z^2}{\frac{\sigma_z^2 U}{2x}} \right) \right] \frac{U}{4x} \right\} \quad (28)$$

atau dapat ditulis

$$C(x, y, z) = \frac{Q}{(2\pi U)^{3/2} \sigma_x \sigma_y \sigma_z} \exp \left\{ - \left[\left(\frac{X^2}{\sigma_x^2} \right) + \left(\frac{Y^2}{\sigma_y^2} \right) + \left(\frac{Z^2}{\sigma_z^2} \right) \right] \frac{1}{2} \right\} \quad (28 a)$$

Untuk konsentrasi sebagai fungsi dari waktu, maka (28 a) dapat dikembangkan menjadi :

$$C(x, y, z, t) = \frac{Q}{(2\pi U)^{3/2} \sigma_x \sigma_y \sigma_z} \exp \left\{ - \left[\left(\frac{(x - ut)^2}{\sigma_x^2} \right) + \left(\frac{(y - vt)^2}{\sigma_y^2} \right) + \left(\frac{(z - wt)^2}{\sigma_z^2} \right) \right] \frac{1}{2} \right\} \quad (29)$$

Pada saat $t = 0$ persamaan 29 menjadi

$$C(x, y, z) = \frac{Q}{(2\pi U)^{3/2} \sigma_x \sigma_y \sigma_z} \exp \left\{ - \left[\left(\frac{(x)^2}{\sigma_x^2} \right) + \left(\frac{(y)^2}{\sigma_y^2} \right) + \left(\frac{(z)^2}{\sigma_z^2} \right) \right] \frac{1}{2} \right\} \quad (30)$$

Karena sumber abu vulkanik bersumber dari ketinggian gunung yang mempunyai ketinggian efektif H maka z pada persamaan 30 mendapat pengaruh dari H sehingga diperoleh persamaan :

$$C(x, y, z) = \frac{Q}{(2\pi U)^{3/2} \sigma_x \sigma_y \sigma_z} \exp \left\{ - \left[\left(\frac{(x)^2}{\sigma_x^2} \right) + \left(\frac{(y)^2}{\sigma_y^2} \right) + \left(\frac{(z - H)^2}{\sigma_z^2} \right) \right] \frac{1}{2} \right\} \quad (31)$$

Partikulat mempunyai kecepatan mengendap (v_t) yang dapat mempengaruhi pergerakan angin yang menuju ke arah sumbu x. Hal tersebut mengakibatkan elemen yang mengandung z pada Persamaan (31) mendapat pengaruh dari v_t , sehingga menjadi :

$$C(x, y, z) = \frac{Q}{(2\pi U)^{3/2} \sigma_x \sigma_y \sigma_z} \exp \left\{ - \left[\left(\frac{(x)^2}{\sigma_x^2} \right) + \left(\frac{(y)^2}{\sigma_y^2} \right) + \left(\frac{\left(z - \left(H - \frac{v_t x}{u} \right) \right)^2}{\sigma_z^2} \right) \right] \frac{1}{2} \right\} \quad (32)$$

Persamaan 32 adalah persamaan model matematika yang digunakan dalam menyusun program komputer untuk penelitian ini.

5. KESIMPULAN

Model penyebaran PM10 atau abu di gunung Kelud Jawa Timur dikembangkan dengan persamaan adveksi selanjutnya model dibentuk menggunakan hukum kekekalan massa. Dengan bantuan prinsip kontinum, perpindahan massa dalam kasus ini dinyatakan dengan volume kendali dan selanjutnya digunakan teorema pengangkutan Reynolds. Peneliti menggunakan metode pendekatan persamaan *Gauss* (*Gaussian equation*) dan penyelesaian dari Persamaan tersebut disebut fungsi Gauss (*Gauss function*), hasil diskripsi analisis dari Persamaan tersebut disebut model *Gaussplume* (*Gaussian Plume Models*), sehingga didapat persamaan berbentuk node yang nantinya akan dimasukkan ke program matlab yang selanjutnya bias dilihat pola penyebaran abu vulkanik gunung Kelud.

DAFTAR PUSTAKA

- Alan Bryman (2005). *Research Methods and Organisation Studies*. London: Routledge.
- Catalano (1987), *User's Guide for RAM (Regulatory Air Models)*, 2nd edition
- Ariyanto, (2014) Efek Abu Vulkanik Bagi Kesehatan Masyarakat. <http://124.81.108.71/kkp/bacaberita.php?milihndi=28>, diakses tanggal 7 April 2015.
- Heinson, R., J., Kabel, R., L. (1999), *Source and Control Of Air Pollution*.
- Jerald, L., Achooner, Zehnder, A. (1996), *Enviromnetal Modeling, Fate And Transport Of Pollutans In Water, Air And Soil*, Departement of civil and enviromnetal engineering the university of Iowa, Awiley-interscience publication, John Wiley and sons.INC.
- Langmann, B. (2014). On the role of climate forcing by volcanic sulphate and volcanic ash. *Advances in Meteorology*, 2014, 1-17.
- Mashuda, (2011) *Simulasi Pola Penyebaran Particulate Matter 10 (PM 10) di Area Industri PT Semen Gresik di Tuban*. Tesis yang tidak dipublikasikan, ITS Surabaya.
- Munson, B. R., Young, D.F., Okishi, T.H. (2004), *Mekanika Fluida*, Edisi keempat jilid1, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Nurhayati, (2000). *Pemrograman Dispersi Pencemaran Partikulat (PM-10) Dari Sumber Titik i Tunggal Kontinu Berdasarkan Persamaan Gauss*. Skripsi yang tidak dipublikasikan. ITS Surabaya.
- Sriram, G., Mohan, N. K., Gopalasamy, V. (2006) "Sensitivity Study Gaussian Dispersion Models", *Journal of scientific and industrial Research*, vol. 65 April 2006, pp. 321-324

PEMETAAN ZONA RAWAN LONGSOR BERBASIS SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS DAN ANALISIS KESTABILAN LERENG STUDI KASUS: KECAMATAN NGALIYAN, KOTA SEMARANG

Pamungkas, A.A.¹, Putra, D.W.K.P.², dan Wanda, F.S.³

^{1,2,3} Program Studi Teknik Geologi, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Jl. Prof. Sudharto, SH., Tembalang, Semarang

Email: adityageologi@gmail.com, mahardika.debi@gmail.com, firginawansuryaw@gmail.com

*Corresponding author: adityageologi@gmail.com

ABSTRAK

Secara administratif Kecamatan Ngaliyan terletak di bagian Barat Laut Kota Semarang. Kecamatan Ngaliyan termasuk wilayah yang memiliki potensi bencana tanah longsor yang cukup besar. Kondisi struktur tanah yang kurang baik serta kemiringan lereng yang cukup curam ditambah perubahan alih fungsi lahan menjadi penyebab utama terjadinya tanah longsor di lokasi penelitian. Melihat latar belakang tersebut dilakukanlah pemetaan zona rawan bencana tanah longsor di wilayah Kecamatan Ngaliyan dengan metode sistem informasi geografis dan analisis kestabilan lereng. Tujuan kajian ini adalah untuk memberikan gagasan baru dalam pemetaan zona rawan longsor dengan menggunakan sistem informasi geografis dan analisis kestabilan lereng untuk menghasilkan peta rawan bencana yang lebih spesifik. Dari hasil analisis sistem informasi geografis, dihasilkan peta kerawanan gerakan tanah yang terdiri dari lima kelompok kerawanan gerakan tanah di Kecamatan Ngaliyan yaitu wilayah dengan gerakan tanah sangat rendah sebesar 6,7% , gerakan tanah rendah sebesar 4,2%, gerakan tanah sedang sebesar 44,1%, gerakan tanah tinggi sebesar 39,2% dan gerakan tanah sangat tinggi sebesar 5,8%. Sedangkan berdasarkan hasil analisis kestabilan lereng dan pendeliniasian wilayah menurut nilai faktor keamanan wilayah Kecamatan Ngaliyan dapat dibedakan kedalam 4 zona yaitu : wilayah dengan gerakan tanah sangat jarang terjadi yang memiliki nilai $FK > 2$ dengan persentase sebesar 10,9 % , wilayah dengan gerakan tanah jarang terjadi yang memiliki nilai $1,7 < FK < 2$ dengan persentase 44,1%, wilayah dengan gerakan tanah dapat terjadi yang memiliki nilai $1,2 < FK < 1,7$ dengan persentase 39,2 % dan wilayah dengan gerakan tanah sering terjadi yang memiliki nilai $FK < 1,2$ dengan persentase 5,8%.

KATA KUNCI: Kecamatan Ngaliyan, kerawanan gerakan tanah, sistem informasi geografis, stabilitas lereng

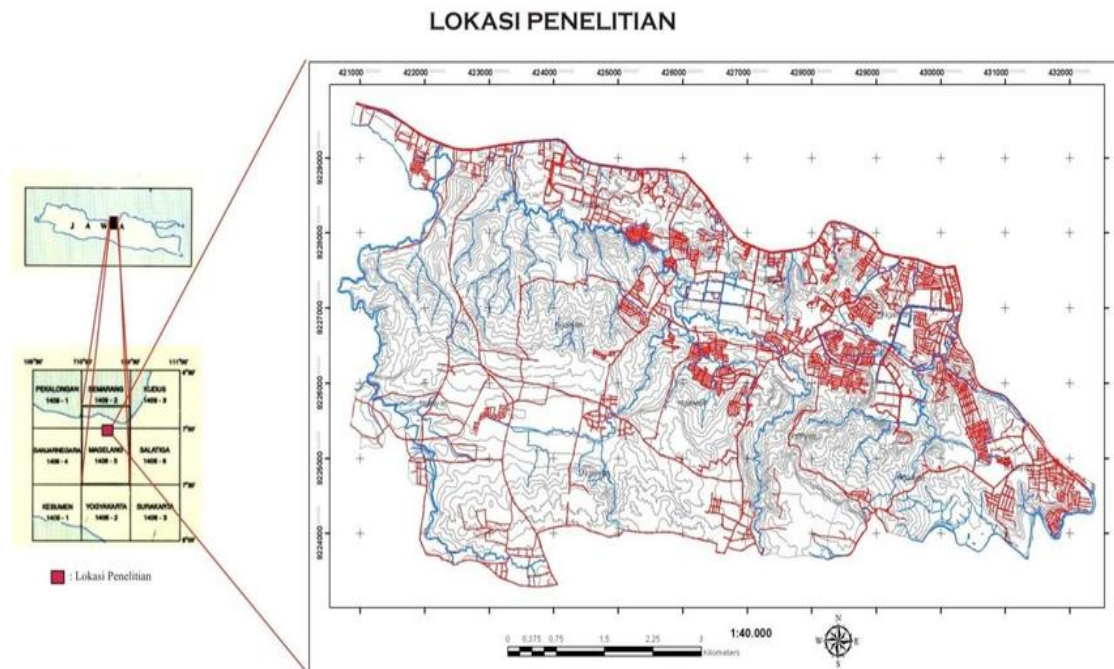
1. LATAR BELAKANG

Kecamatan Ngaliyan merupakan salah satu wilayah di Kota Semarang yang memiliki resiko bencana tanah longsor yang cukup besar. Hal ini ditunjukkan oleh adanya beberapa peristiwa tanah longsor yang terjadi di sekitar wilayah Kecamatan Ngaliyan. Menurut BAPPEDA Kota Semarang tahun 2015, beberapa peristiwa tanah longsor terjadi di Kecamatan Ngaliyan yaitu tanah longsor di perumahan Bukit Menjangan Asri, tanah longsor di samping Rumah Sakit Permata Medika dan tanah longsor yang disertai banjir bandang di wilayah Kecamatan Ngaliyan dan Kecamatan Tugu, Kota Semarang. Sebagian besar peristiwa tanah longsor disebabkan oleh kondisi struktur tanah yang kurang baik , kemiringan lereng yang cukup curam dan alih fungsi lahan yang lebih berorientasi pada bidang ekonomi tanpa memperdulikan aspek lingkungan hidup. Sebagian besar wilayah Kecamatan Ngaliyan telah beralih fungsi dari kawasan penyangga menjadi kawasan, pemukiman dan industri. Dalam kegiatan mitigasi bencana tanah longsor, Pemerintah Kota Semarang telah melaksanakan pemetaan zona rawan longsor di wilayah Kecamatan Ngaliyan. Namun pemetaan zona rawan longsor yang telah dilakukan oleh instansi pemerintah dirasa perlu dilakukan pembaharuan, baik dari aspek keakuratan data dan perkembangan kondisi aktual dilapangan. Dalam pembuatan peta rawan bencana tanah longsor, parameter yang dimasukkan merupakan jenis tanah/batuan, curah hujan dan kelerengan. Apabila mengacu pada konsep kestabilan lereng tanah longsor sering terjadi pada lereng dengan kondisi struktur tanah yang buruk dan geometri lereng yang curam, dengan nilai faktor keamanan $< 1,2$ (Ward, 1978). Melihat kondisi tersebut dilakukanlah pemetaan zona rawan bencana tanah longsor di wilayah Kecamatan Ngaliyan berbasis sistem informasi geografis dan analisa kestabilan lereng dengan memasukkan nilai kemanan lereng zona sebagai salah satu parameter utama. Tujuan kajian ini adalah untuk memberikan gagasan baru dalam pemetaan zona rawan longsor dengan menggunakan sistem

informasi geografis dan analisis kestabilan lereng untuk menghasilkan peta rawan bencana yang lebih spesifik.

2. LOKASI PENELITIAN

Lokasi penelitian terletak di wilayah Kecamatan Ngaliyan, Kota Semarang, Jawa Tengah. Peta lokasi kajian dapat dilihat seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Lokasi Penelitian

3. DATA DAN METODOLOGI

3.1 Data

Data yang digunakan dalam kajian ini merupakan data Citra Landsat 8 ETM+, *Digital Elevation Model* dengan resolusi 30 m, data curah hujan, peta jenis tanah dan data sifat fisik dan mekanik tanah di wilayah Kecamatan Ngaliyan. Data tersebut digunakan sebagai dasar untuk melaksanakan pembobotan menurut Indeks Storie (1978) dan sebagai data masukan untuk melaksanakan analisis kestabilan lereng.

3.2 Metodologi

Metode yang digunakan dalam kajian pemetaan zona rawan longsor berbasis sistem informasi geografis dan analisis kestabilan lereng di Kecamatan Ngaliyan, Kota Semarang merupakan perpaduan antara analisis sistem informasi geografis dan analisis kestabilan lereng. Peta kerentanan gerakan tanah yang didapatkan hasil dari analisis sistem informasi geografis kemudian di *overlay* dengan peta gerakan tanah berdasarkan analisis kestabilan lereng untuk mendapatkan daerah dengan tingkat kerawanan gerakan tanah tinggi-sangat tinggi. Masing-masing metode analisis dapat dijelaskan sebagai berikut :

3.2.1. Analisis Sistem Informasi Geografis

Analisis sistem informasi geografis dilakukan dengan menggunakan data Citra Landsat 8 dan *Digital Elevation Model*. Pengolahan citra dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak Er Mapper 7.0 dan Global Mapper 13.0 yang didukung oleh perangkat lunak Arc GIS 10 untuk pembuatan *overlay* peta pada saat proses pembobotan. Dari pengolahan data citra tersebut didapatkan peta kelereng, peta tata guna lahan, serta peta curah hujan yang di *overlay* dengan peta jenis tanah pada saat pembobotan. Pembobotan dilakukan dengan Metode Storie (1978) yang dikembangkan oleh Sitorus (1995). Skor pada metode tersebut dihitung berdasarkan nilai Indeks Storie.

$$L = A \times B/10 \times C/10 \times D/10 \quad (1)$$

Keterangan:

- L = Tingkat Kerentanan (Sitorus, 1995)
A= Tata Guna Lahan (Karnawati, 2003)
B= Kemiringan Lereng (Van Zuidam, 1983)
C= Jenis Tanah (Karnawati, 2003)
D= Curah Hujan (Puslit Tanah, 2004 dalam Sitorus, 1995)

Penampalan dan pembobotan masing-masing peta tersebut akan menghasilkan nilai/bobot yang dapat digunakan untuk mengelompokkan wilayah Kecamatan Ngaliyan kedalam beberapa zona kerentanan tanah longsor. Berikut klasifikasi zona rawan longsor berdasarkan Storie (1978) dalam Sitorus (1995) (Tabel 1).

Tabel 1. Hubungan Faktor Keamanan Terhadap Kerentanan Gerakan Tanah

Tataguna Lahan	Kemiringan Lereng	Jenis Tanah	Curah Hujan	Analisis Bobot	Nilai Kelas Bobot	Tingkat Kerentanan
1	1	1	1	< 0,001	< 0,001	Sangat Rendah
2	2	2	2	0,016	0,001-0,016	Rendah
3	3	3	3	0,0081	0,016-0,081	Sedang
4	4	4	4	0,256	0,081-0,256	Tinggi
5	5	5	5	0,625	> 0,256	Sangat Tinggi

3.2.2. Analisis Kestabilan Lereng

Menurut Bishop (2002) dalam Wesley (2010) analisis kestabilan lereng merupakan perbandingan antara gaya penggerak dan gaya penahan pada sebuah lereng yang dinyatakan dalam nilai faktor keamanan lereng. Parameter yang digunakan dalam kestabilan lereng terdiri dari bobot isi, kohesi, sudut geser dalam, getaran, muka air tanah dan geometri lereng. Analisis kestabilan lereng dilakukan dengan menggunakan metode kesetimbangan batas setelah wilayah di Kecamatan Ngaliyan dikelompokkan kedalam beberapa zona sesuai dengan tingkat kerentanan bencana tanah longsor. Analisis kestabilan lereng hanya dilakukan pada zona/wilayah yang dikategorikan kedalam kerentanan gerakan tanah tinggi-sangat tinggi. Menurut Ward (1978) dari hasil analisis kestabilan didapatkan nilai faktor keamanan yang dapat digunakan untuk mengelompokkan zona kritis kedalam beberapa zona kerentanan tanah (Tabel 2).

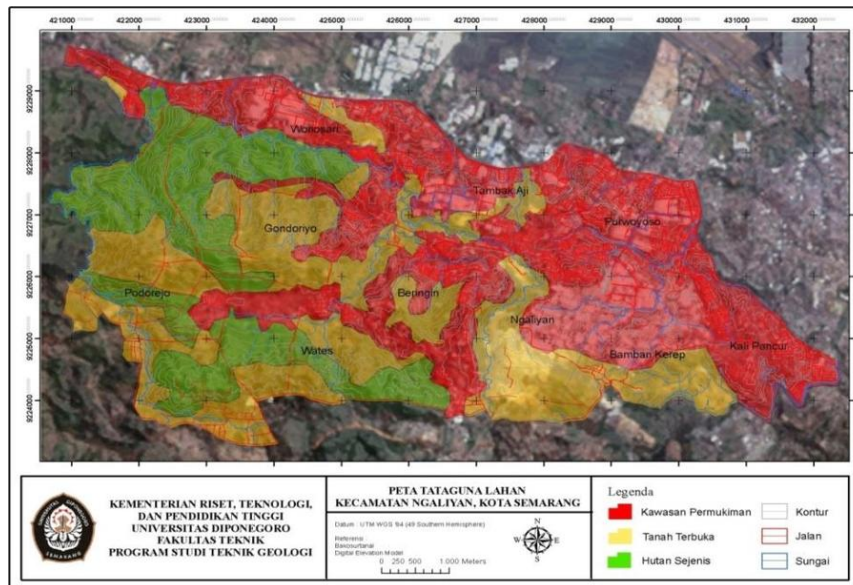
Tabel .2 Hubungan Faktor Keamanan Terhadap Kerentanan Gerakan Tanah (Ward, 1978)

Faktor Keamanan	Kerentanan Gerakan Tanah
$\leq 1,2$	Tinggi (Gerakan Tanah Sering Terjadi)
$1,2 < F_s < 1,7$	Menengah (Gerakan Tanah Dapat Terjadi)
$1,7 < F_s < 2,0$	Rendah (Gerakan Tanah Jarang Terjadi)
$> 2,0$	Sangat Rendah (Gerakan Tanah Sangat Jarang Terjadi)

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Peta Tataguna Lahan

Peta tataguna lahan dibuat berdasarkan analisis citra landsat 8 ETM+. Citra landsat 8 diolah dengan menggunakan kombinasi warna 3,2,1 atau warna nyata. Dari hasil analisis diketahui bahwa di wilayah Kecamatan Ngaliyan, dapat dibedakan menjadi 3 tataguna lahan menurut Karnawati (2003) yaitu kawasan pemukiman, tanah terbuka dan hutan sejenis. Peta tataguna lahan berdasarkan analisis citra landsat ditunjukkan seperti pada Gambar 2.

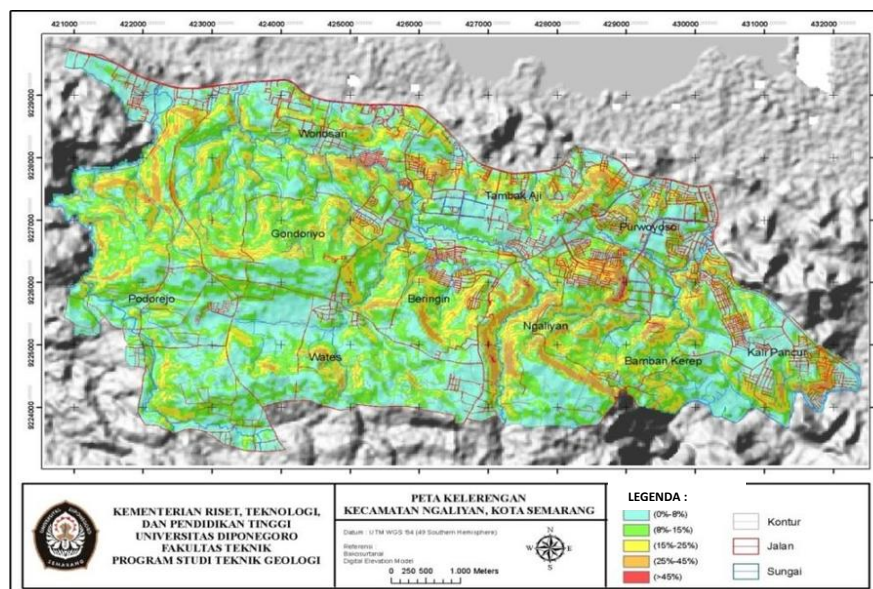


Gambar 2. Peta Tataguna Lahan Kecamatan Ngaliyan

Berdasarkan Gambar 2 dapat diketahui bahwa di Kecamatan Ngaliyan sekitar 40% wilayah memiliki tataguna lahan sebagai kawasan pemukiman (warna merah), 35 % sebagai tanah terbuka (warna kuning) dan 25 % sebagai hutan sejenis (warna hijau). Menurut Karnawati (2003) kawasan hutan sejenis memiliki bobot 2, kawasan pemukiman memiliki bobot 4 dan kawasan tanah terbuka memiliki bobot 5. Beberapa wilayah yang seharusnya dijadikan sebagai kawasan lindung/kawasan penyangga dialih fungsi lahan menjadi kawasan industri/pemukiman. Dikhawatirkan alih fungsi lahan tersebut dapat memperbesar resiko tanah longsor akibat adanya pembebanan dipuncak lereng akibat adanya pendirian bangunan diatas lereng yang cukup curam.

4.2. Peta Kelerengan

Peta kelerengan dibuat berdasarkan analisis *Digitam Elevation Model* (DEM). Berdasarkan analisis DEM yang telah dilakukan, wilayah Kecamatan Ngaliyan dapat dibagi ke dalam 5 jenis kelerengan berdasarkan nilai persen kelerengannya menurut (Van Zuidam, 1983) yaitu 0-8%, 8-15%, 15-25%, 25-45% dan > 45%. Peta kelerengan berdasarkan analisis DEM ditunjukkan seperti pada Gambar 2.

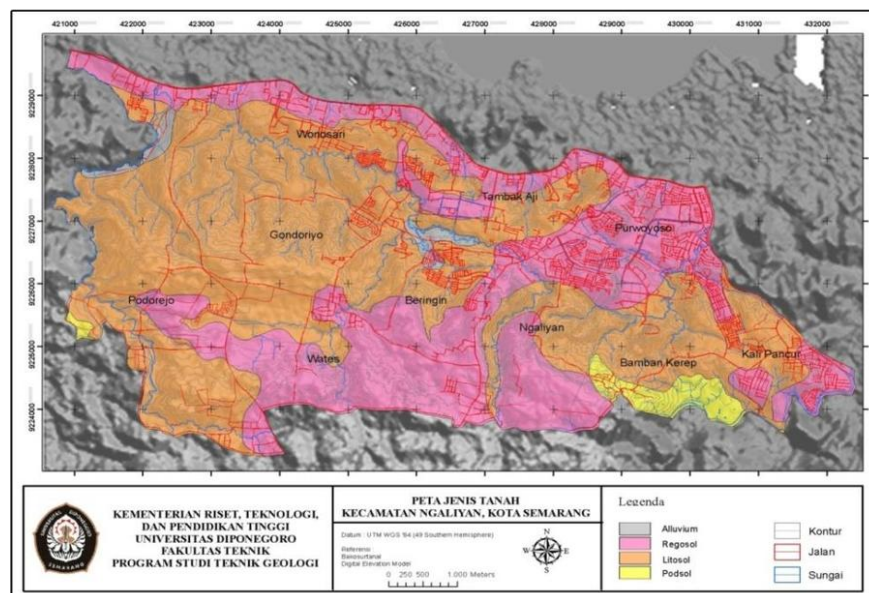


Gambar 3. Peta Kelerengan Kecamatan Ngaliyan

Berdasarkan Gambar 3 dapat diketahui bahwa di Kecamatan Ngaliyan sekitar 35% wilayah memiliki kelerengan 0-8% (warna biru), 20 % memiliki kelerengan 8-15% (warna hijau), 15 % memiliki kelerengan 15-25 % (warna kuning), 10% memiliki kelerengan 25-45 % (warna coklat) dan 5% memiliki kelerengan > 45% (warna merah). Wilayah dengan kelerengan 0-8% memiliki bobot 1, kelerengan 8-15% memiliki bobot 2, kelerengan 15-25 % memiliki bobot 3, kelerengan 25-45 % memiliki bobot 4 dan kelerengan > 45% memiliki bobot 5. Daerah yang memiliki persen kelerengan paling tinggi berada di wilayah Desa Bringin Desa Kalipancur, dan Desa Ngaliyan. Pada wilayah tersebut kelerengan relatif curam dan berpotensi terjadi tanah longsor dengan intensitas yang cukup tinggi.

4.3. Peta Jenis Tanah

Berdasarkan data BAPPEDA tahun 2015, wilayah Kecamatan Ngaliyan tersusun atas tanah hasil dari lapukan batuan vulkanis hasil erupsi dari Gunung Ungaran. Tanah di wilayah Kecamatan Ngaliyan dapat dibedakan kedalam 4 jenis menurut Karnawati (2003) yaitu tanah regosol, tanah litosol, tanah alluvium dan tanah podsol. Tanah regosol merupakan tanah hasil lapukan endapan abu vulkanik baru yang memiliki butir kasar. Tanah litosol merupakan jenis tanah berbatu-batu dengan lapisan yang tidak begitu tebal. Tanah ini berasal dari jenis batuan beku yang belum mengalami proses pelapukan secara sempurna. Tanah litosol banyak ditemukan dilembar gunung dan pegunungan. Tanah alluvium merupakan tanah muda yang belum mengalami perkembangan. Tanah ini berasal dari material halus yang diendapkan oleh aliran sungai khususnya pada stadia sungai dewasa sampai tua. Tanah podsol merupakan tanah yang berasal dari lapukan batupasir. Tanah podsol memiliki penyebaran didaerah ber iklim basah, topografi pegunungan, dengan tingkat kesuburan tanah rendah. Peta jenis tanah berdasarkan hasil pemetaan dilapangan ditunjukkan seperti pada Gambar 4.

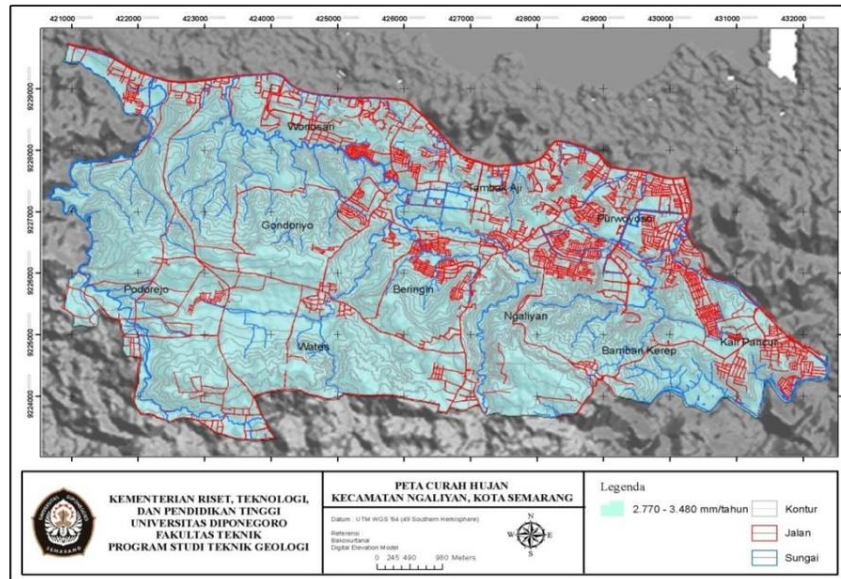


Gambar 4. Peta Jenis Tanah Kecamatan Ngaliyan

Berdasarkan Gambar 4 diketahui bahwa wilayah Kecamatan Ngaliyan sebanyak 45% tersusun atas jenis tanah litosol (warna coklat), 42% tersusun atas jenis tanah regosol (merah muda), 8% tersusun atas jenis tanah podsol (warna kuning) dan 5% tersusun atas jenis tanah alluvium. Masing-masing jenis tanah memiliki tingkat kerentanan dan bobot yang berbeda-beda. Menurut Karnawati (2003) tanah litosol dan regosol memiliki bobot 5, tanah podsol memiliki bobot 4 dan tanah alluvial memiliki bobot 1. Tanah alluvial merupakan tanah yang memiliki bobot paling rendah dan paling tidak resisten terhadap gerakan tanah. Semakin tidak resisten tanah maka nilai bobot akan semakin rendah dan semakin rawan terjadi longsor.

4.4. Peta Curah Hujan

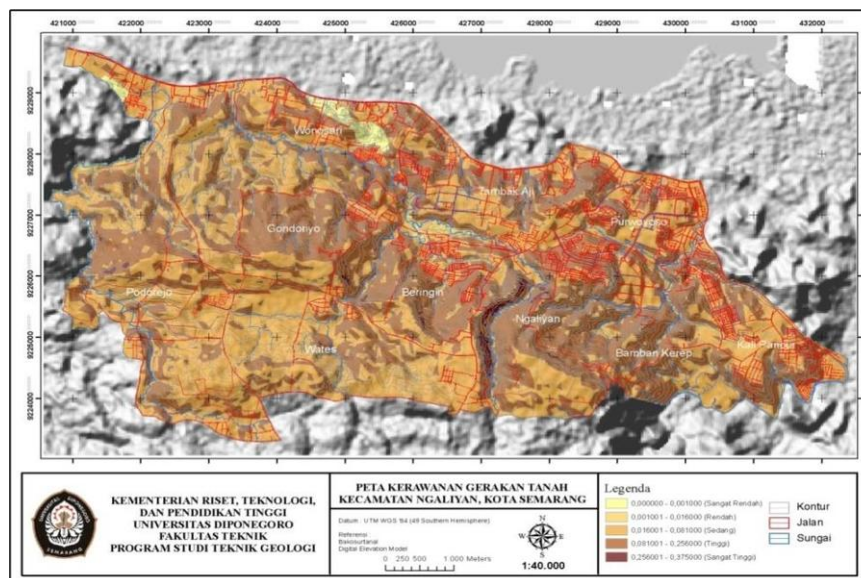
Peta curah hujan dalam 1 Kecamatan Ngaliyan memiliki intensitas yang sama. Menurut data BAPPEDA tahun 2015, wilayah Kecamatan Ngaliyan memiliki curah hujan rata-rata 2770-3400 mm/tahun. Dengan nilai curah hujan tersebut maka menurut Puslit Tanah (2004), Kecamatan Ngaliyan termasuk dalam kategori basah dan memiliki bobot 3. Semakin tinggi intensitas hujan di suatu daerah maka resiko terjadinya longso akan semakin tinggi. Peta curah hujan di wilayah Kecamatan Ngaliyan ditunjukkan seperti Gambar 5.



Gambar 5. Peta Curah Hujan Kecamatan Ngaliyan

4.5. Peta Rawan Gerakan Tanah Berdasarkan Pembobotan Indeks Storie (1978)

Dari hasil pembobotan berdasarkan parameter tataguna lahan, jenis tanah, curah hujan dan kelerengan, maka menurut Indeks Storie (1978), wilayah Kecamatan Ngaliyan dapat dikelompokkan kedalam beberapa zona kerawanan longsor yaitu zona gerakan tanah sangat rendah, zona gerakan tanah rendah, zona gerakan tanah sedang, zona gerakan tanah tinggi dan zona gerakan tanah sangat tinggi. Peta zona rawan gerakan tanah berdasarkan pembobotan Indeks Storie ditunjukkan seperti Gambar 6.



Gambar 6. Peta Rawan Gerakan Tanah Kecamatan Ngaliyan (Storie, 1978)

Berdasarkan Gambar 6, klasifikasi daerah rawan gerakan tanah di Kecamatan Ngaliyan dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Gerakan Tanah Sangat Rendah

Wilayah gerakan tanah sangat rendah memiliki persentase sebesar 6,7 % berada pada sebagian sisi Utara Kelurahan Wonosari. Wilayah ini memiliki nilai indeks storie berkisar antara 0-0,001000. Wilayah tersebut memiliki kemiringan yang relatif datar yaitu berkisar 0-8% dan memiliki litologi regosol dan litosol yang resisten terhadap gerakan tanah. Dalam aspek tataguna lahan wilayah ini digunakan sebagai area pemukiman dan industri.

2. Gerakan Tanah Rendah

Wilayah dengan gerakan tanah rendah memiliki persentase sebesar 4,2 % berada pada Kelurahan Bringin yang berbatasan dengan Kelurahan Tambak Aji. Wilayah ini memiliki nilai indeks storie berkisar antara 0,001001-0,016000. Wilayah tersebut memiliki kemiringan yang cukup datar yaitu berkisar 8-15 % dan memiliki litologi regosol dan litosol yang resisten terhadap gerakan tanah. Dalam aspek tataguna lahan wilayah ini digunakan sebagai tanah terbuka dan area pemukiman.

3. Gerakan Tanah Sedang

Wilayah dengan gerakan tanah sedang memiliki persentase sebesar 44,1 % berada hampir merata pada seluruh kelurahan di Kecamatan Ngaliyan tetapi cenderung lebih banyak berada di Kelurahan Wates, Kelurahan Podorejo dan Kelurahan Gondoriyo. Wilayah ini memiliki nilai indeks storie berkisar antara 0,016001-0,081000. Wilayah tersebut memiliki kemiringan yang cukup datar yaitu berkisar 15-25 % dan memiliki litologi litosol. Dalam aspek tataguna lahan wilayah ini digunakan sebagai tanah terbuka dan hutan sejenis.

4. Gerakan Tanah Tinggi

Wilayah dengan gerakan tanah tinggi sebesar 39,2 % berada pada Kelurahan Ngaliyan, Kelurahan Beringin, Kelurahan Gondoriyo, dan Kelurahan Bamban Kerep. Wilayah ini memiliki nilai indeks storie berkisar antara 0,081001-0,256000. Wilayah tersebut memiliki kemiringan yang relatif curam yaitu berkisar 25-45 % dan memiliki litologi litosol. Dalam aspek tataguna lahan wilayah ini digunakan sebagai tanah terbuka

5. Gerakan Tanah Sangat Tinggi

Wilayah dengan gerakan tanah sangat tinggi sebesar 5,8 % berada pada Kelurahan Ngaliyan yang berbatasan dengan Kelurahan Bringin. Wilayah ini memiliki nilai indeks storie berkisar antara 0,256001-0,375000. Wilayah tersebut memiliki kemiringan yang sangat curam yaitu > 45 % dan memiliki litologi litosol. Dalam aspek tataguna lahan wilayah ini digunakan sebagai tanah terbuka. Zona ini merupakan zona yang sangat rentan terjadi gerakan tanah.

4.6. Peta Rawan Gerakan Tanah Berdasarkan Nilai Faktor Keamanan (Ward, 1981)

Peta rawan gerakan tanah berdasarkan nilai faktor keamanan dihasilkan dari hasil analisis kestabilan lereng pada masing-masing zona gerakan tanah yang didapatkan dari hasil pembobotan berdasarkan Indeks Storie (1978). Dari hasil analisis kestabilan lereng tersebut akan dibuat peta zona gerakan tanah berdasarkan nilai faktor keamanan yang mengacu pada pembagian zona menurut Indeks Storie (1978). Analisis kestabilan lereng menggunakan metode kesetimbangan batas (Bishop, 1955) dengan memasukkan parameter kemiringan lereng, nilai bobot isi, kohesi dan sudut geser dalam batuan. Klasifikasi daerah rawan gerakan tanah di Kecamatan Ngaliyan dapat berdasarkan nilai faktor keamanan dijelaskan sebagai berikut :

1. Gerakan Tanah Sangat Jarang Terjadi

Wilayah gerakan tanah sangat rendah memiliki persentase sebesar 10,9 % berada pada Kelurahan Beringin dan Kelurahan Wonosari. Dalam klasifikasi Indeks Storie wilayah ini mencakup 2 zona yaitu zona gerakan tanah sangat rendah dan zona gerakan tanah rendah. Wilayah ini memiliki nilai indeks storie berkisar antara 0-0,016000 dengan nilai faktor keamanan, keamanan > 2 . Pada wilayah ini gerakan tanah sangat jarang terjadi karena kondisi lereng yang sangat stabil.

2. Gerakan Tanah Jarang Terjadi

Wilayah gerakan tanah jarang terjadi memiliki persentase sebesar 44,1 %, berada lebih banyak pada sisi Barat Kecamatan Ngaliyan yaitu pada Kelurahan Wates, Kelurahan Podorejo dan Kelurahan Gondoriyo. Dalam klasifikasi Indeks Storie wilayah ini termasuk kedalam zona gerakan tanah sedang. Wilayah ini memiliki nilai indeks storie berkisar antara 0,016001-0,081000 dengan nilai faktor keamanan, keamanan $1,7 < FK < 2$. Pada wilayah ini gerakan tanah jarang terjadi karena kondisi lereng yang stabil.

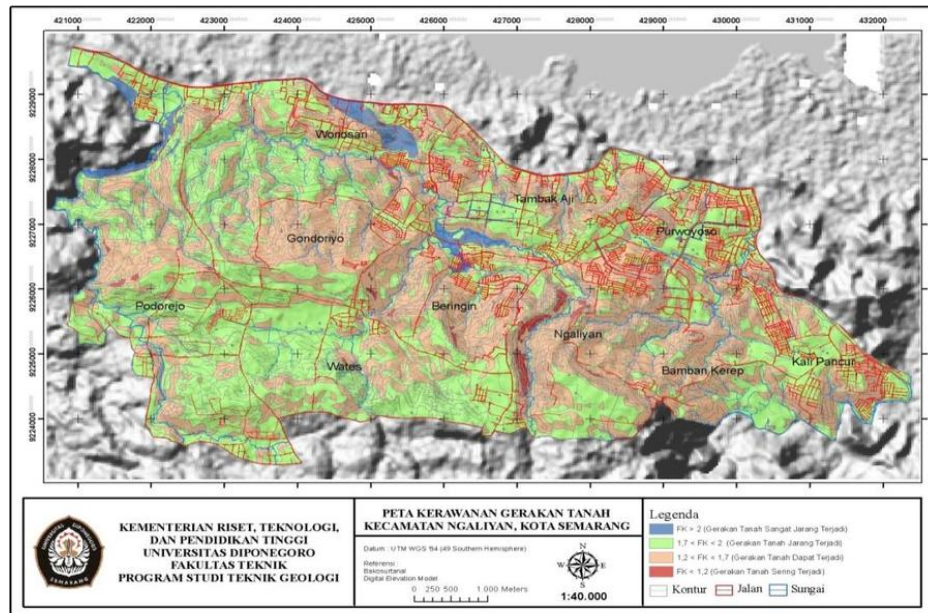
3. Gerakan Tanah Dapat Terjadi

Wilayah dengan gerakan tanah dapat terjadi memiliki persentase sebesar 39,2 % berada lebih banyak pada sisi Timur Kecamatan Ngaliyan yaitu pada Kelurahan Beringin, Kelurahan Ngaliyan, Kelurahan Bamban Kerep dan Kelurahan Kali Pancur. Dalam klasifikasi Indeks Storie wilayah ini termasuk kedalam zona gerakan tanah tinggi. Wilayah ini memiliki nilai indeks storie berkisar antara 0,081001-

0,256000 dengan nilai faktor keamanan $1,2 < FK < 1,7$. Pada wilayah ini gerakan tanah beberapa kali terjadi karena kondisi lereng yang stabil.

4. Gerakan Tanah Sering Terjadi

Wilayah dengan gerakan tanah sangat tinggi sebesar 5,8 % berada pada pada Kelurahan Ngaliyan yang berbatasan dengan Kelurahan Beringin. Dalam klasifikasi Indeks Storie wilayah ini termasuk kedalam zona gerakan tanah sangat tinggi. Wilayah ini memiliki nilai indeks storie berkisar antara 0,256001-0,375000 dengan nilai $FK < 1,2$. Pada wilayah ini gerakan tanah sangat sering terjadi karena kondisi lereng yang sangat tidak stabil (Gambar 7)



Gambar 7. Peta Rawan Gerakan Tanah Berdasarkan Nilai Kestabilan Lereng (Ward, 1981)

5. KESIMPULAN

Dari hasil pemetaan zona rawan bencana tanah longsor berbasis sistim informasi geografis dan analisis kestabilan lereng maka didapatkan hasil sebagai berikut:

1. Kecamatan Ngaliyan, Kota Semarang dapat dikategorikan menjadi 5 wilayah berdasarkan tingkat kerawanan gerakan tanah (Storie, 1978) yaitu: Gerakan Tanah Sangat Rendah sebesar 6,7 % berada pada sebagian sisi Utara Kelurahan Wonorejo. Wilayah gerakan tanah rendah sebesar 4,2 % berada pada Kelurahan Beringin yang berbatasan dengan Kelurahan Tambak Aji. Wilayah dengan gerakan tanah sedang sebesar 44,1 % berada hampir merata pada seluruh kelurahan di Kecamatan Ngaliyan tetapi cenderung lebih banyak berada di Kelurahan Wates, Kelurahan Podorejo dan Kelurahan Gondoriyo. Wilayah dengan gerakan tanah tinggi sebesar 39,2 % berada pada Kelurahan Ngaliyan, Kelurahan Beringin, Kelurahan Gondoriyo, dan Kelurahan Bamban Kerep. Wilayah dengan gerakan tanah sangat tinggi sebesar 5,8 % berada pada Kelurahan Ngaliyan yang berbatasan dengan Kelurahan Beringin.
2. Peta kerawanan gerakan tanah di Kecamatan Ngaliyan yang diklasifikasikan berdasarkan nilai Faktor Keamanan (FK) menurut Ward (1978) yang terdiri dari empat kelompok. Kelompok wilayah dengan gerakan tanah sangat jarang terjadi, memiliki nilai $FK > 2$ yang berada pada Kelurahan Beringin dan Kelurahan Wonorejo dengan persentase sebesar 10,9 %. Kelompok wilayah dengan gerakan tanah jarang terjadi, memiliki nilai $1,7 < FK < 2$ yang berada lebih banyak pada sisi Barat Kecamatan Ngaliyan yaitu pada Kelurahan Wates, Kelurahan Podorejo dan Kelurahan Gondoriyo dengan persentase 44,1%. Kelompok wilayah dengan gerakan tanah dapat terjadi, memiliki nilai $1,2 < FK < 1,7$ yang berada lebih banyak pada sisi Timur Kecamatan Ngaliyan yaitu pada Kelurahan Beringin, Kelurahan Ngaliyan, Kelurahan Bamban Kerep dan Kelurahan Kali Pancur dengan persentase 39,2 %. Kelompok terakhir adalah kelompok wilayah dengan gerakan tanah sering terjadi, memiliki nilai $FK < 1,2$ yang berada pada Kelurahan Ngaliyan yang berbatasan dengan Kelurahan Beringin dengan persentase 5,8%.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Perencanaan Pembangunan Daerah Kota Semarang. (2015). *Geologi dan Kebencanaan*. [Internet]. BPBD (Badan Perencanaan Pembangunan Daerah) [accessed 20 June 2015]. Available from <http://bappeda.semarangkota.go.id>.
- Badan Pusat Statistik Kota Semarang. (2015). *Statistik Kependudukan Kota Semarang* [Internet]. BPS (Badan Pusat Statistik) [accessed 20 June 2015]. Available from <http://semarangkota.bps.go.id>.
- Karnawati, D. (2003), *Bencana Alam Gerakan Massa Tanah di Indonesia dan Upaya Penanggulangannya*, Universitas Gajah Mada, Yogyakarta
- Sitorus, S. (1995), *Evaluasi Sumber Daya Lahan*, Tarsito, Bandung
- Zuidam, R.A.Van. (1983), *Guide to Geomorphological Aerial Photographic Interpretation and Mapping*, Enschede ITC, Amsterdam
- Ward , T.S. (1978), *Factor of Safety Approach to Landslide Potential Delineation*, Department of Civil Engineering, Colorado
- Wesley, L. D. (2010), *Mekanika Tanah untuk Tanah Residu dan Endapan*, ANDI, Yogyakarta

NOTULENSI DISKUSI SESI MANAJEMEN BENCANA - 2

Judul Makalah:

ESTIMASI DEBIT PUNCAK UNTUK IDENTIFIKASI POTENSI BANJIR DI DAS JANGKOK MENGGUNAKAN PJ DAN SIG

Sigit Heru Murti B.S, Ach. Firyal Wijdani, Aisya Jaya D, Andika Putri F, Assyria Fahsya U, Dian Prabantoro, Dzimar A.R.P, Nila Ratnasari*

Pertanyaan Oleh:

- Aplikasi SIG untuk metode manning ? kenapa lebih memilih metode manning ?
- Apa bentuk DAS dipertimbangkan dalam metode cook ?

Jawaban:

- SIG dalam metode manning tidak begitu ditonjolkan karena peneliti lebih menonjolkan pada pengukuran lapangan. Pemilihan metode manning disebabkan tujuan untuk mengukur debit permukaan dengan mempertimbangkan kekasaran sungai.
- Metode cook sudah mewakili karakter DAS, sehingga bentuk DAS otomatis juga berpengaruh pada debit aliran.

Judul Makalah:

PEMODELAN ALIRAN ABU VULKANIK GUNUNG BERAPI SEBAGAI *EARLY WARNING* TERHADAP BENCANA NASIONAL (STUDI KASUS LETUSAN GUNUNG KELUD TAHUN 2014)

Ahmad Lubab, Ahmad Hanif Asyhar, Mohammad Hafiyusholeh, Dian C. Rini N.

Pertanyaan Oleh:

- Apakah ada simulasi pemodelan spasial untuk penelitian tersebut ?
- Apakah dalam rumus tersebut diperhitungkan faktor eksternal ? Kalau ada perubahan rumusnya seperti apa ?
- Saran : dimasukkan unsur koordinat.
- Seolah – olah pemodelan yang dibuat hanya melihat (t) saja, harusnya juga melihat volume keluaran abu vulkanik dan waktu lamanya volume itu dihabiskan di atmosfer. Hal itu agar radius sebarannya bisa diketahui.

Jawaban:

- Sudah dicoba disimulasikan dengan simuling, sekarang masih dalam bentuk pengerjaan matlab.
- Dimasukkan unsur eksternal (data dari BMKG). Perubahan rumusnya masih dikerjakan.
- Sedang dikerjakan.
- Gunung punya karakter sendiri – sendiri. Oleh karena itu tidak bisa diperhitungkan volume material vulkaniknya.

Judul Makalah:

PEMETAAN ZONA RAWAN LONGSOR BERBASIS SISTEM INFORMASI
GEOGRAFIS DAN ANALISIS KESTABILAN LERENG. STUDI KASUS:
KECAMATAN NGALIYAN, KOTA SEMARANG

Pamungkas, A.A., Putra, D.W.K.P, Wanda, F.S

Pertanyaan Oleh:

- Apakah ada batasan untuk nilai klasifikasi kerawanan ?
- Mengapa data curah hujan cuma satu ?
- Bagaimana cara mendeliniasi nilai klasifikasi kerawanan pada batuan ?
- Sebelum digabungkan, apakah datanya divalidasi terlebih dahulu ? jika iya bagaimana caranya ?

Jawaban:

- Pada tiap zona kerawanan dilakukan satu buah pemotongan kelerengan, sehingga didapatkan nilai klasifikasi kerawanan berdasarkan Seeward, 1994.
- Keterbatasan data menyebabkan dalam penelitian ini hanya digunakan data curah hujan tahunan saja.
- Setiap batuan diwakilkan satu potong slide, kemudian dicari nilai klasifikasi kerawanan yang mewakili.
- Validasi data dilakukan dengan cek lapangan.

VISUALISASI KARTOGRAFI

R2B – RUANG SIDANG 2 PUSPICS,
25 NOVEMBER 2015 (13.15 – 14.15)

026 GENERALISASI KARTOGRAFIS PADA PETA RUPABUMI
INDONESIA (RBI) SKALA 1:25.000 MENJADI 1:50.000
Danang Budi Susetyo

047 PEMBUATAN PETA KECAMATAN PERBATASAN
INDONESIA - MALAYSIA
Gama Hirawan Utomo, Farid Yuniar dan Lulus Hidayatno

049 KAJIAN ESTETIKA PETA TEMATIK SECARA VISUAL
BERDASARKAN DESAIN TATA LETAK PETA
*Grefie Dwinita, Mayca Sita Nurdiana, Atika Cahyawati, Yosi Nuki
Fitra Pratama, Indah Octavia Koeswandari, Kusuma Wardani
Laksitaningrum, Tantri Utami Widaningtyas*

004 VISUALISASI DAN ANALISIS SPATIO TEMPORAL UNTUK
EVALUASI ZONASI TATA RUANG DENGAN GOOGLE
EARTH ENGINE (STUDI KASUS: KABUPATEN SLEMAN,
DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA)
Aditya Sanjaya, Rahmah Devi Hapsari, Trias Aditya

046 PETA INFOGRAFIS SEBAGAI MEDIA VISUALISASI
DALAM OPTIMALISASI PENGGUNAAN PETA NASIONAL
Fithrotul Khikmah

GENERALISASI KARTOGRAFIS PADA PETA RUPABUMI INDONESIA (RBI) SKALA 1:25.000 MENJADI 1:50.000

Danang Budi Susetyo^{1*}

¹Pusat Pemetaan Rupabumi dan Toponim Badan Informasi Geospasial
Jl. Raya Jakarta-Bogor Km. 46, Cibinong 16911
Email: danang.budi@big.go.id,

*Corresponding author: penulis.pertama@ugm.ac.id

ABSTRAK

Kebijakan Satu Peta menuntut percepatan dalam pemenuhan Informasi Geospasial Dasar (IGD) sebagai referensi tunggal dalam penyelenggaraan Informasi Geospasial (IG) nasional. Percepatan itu direalisasikan dengan beberapa kebijakan strategis, salah satunya adalah menggunakan generalisasi untuk skala-skala tertentu tertentu. Penelitian ini membahas pada generalisasi kartografis yang berkaitan dengan proses simbolologi dalam penyajian peta. Jika generalisasi basisdata hanya menggunakan metode seleksi, simplifikasi, dan penggabungan, maka dalam generalisasi kartografis dilakukan perbesaran dan pergeseran. Simbolisasi merupakan salah satu bentuk dari perbesaran secara kartografis, karena perbesaran dapat berupa simbolisasi atau memperbesar objek dari suatu fitur berbentuk poligon. Pengaturan simbol peta RBI skala 1:50.000 untuk tampilan kartografi dituangkan dalam Standar Nasional Indonesia (SNI) 6502.3:2010 tentang Spesifikasi Penyajian Peta Rupabumi Skala 1:50.000. Setelah dilakukan simbolisasi, dalam kondisi tertentu objek perlu dilakukan pergeseran. Pergeseran perlu dilakukan karena adanya konflik kepentingan setiap objek. Makalah ini fokus pada generalisasi kartografis peta Rupabumi Indonesia (RBI) skala 1:25.000 menjadi 1:50.000 di wilayah Aceh. Hasil kajian ini dapat digunakan sebagai pertimbangan ketika akan melakukan generalisasi kartografis skala menengah, termasuk dalam penentuan kebijakan penyelenggaraan peta RBI skala menengah dengan metode generalisasi.

KATA KUNCI: Generalisasi, Kartografis, Peta RBI

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

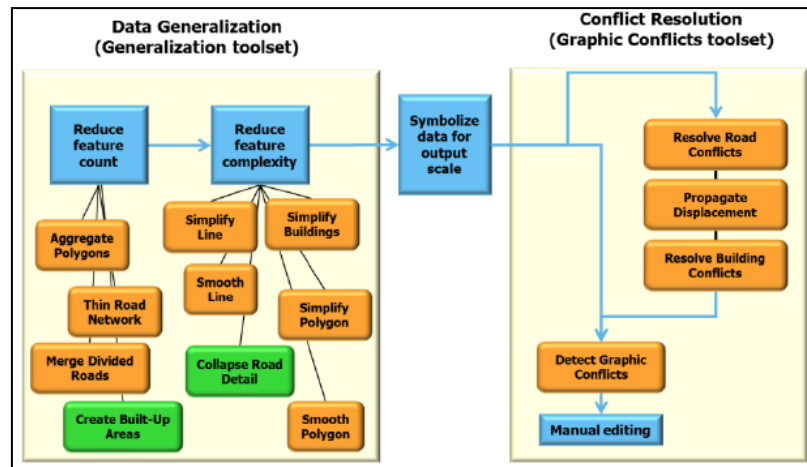
Kebijakan Satu Peta (*One Map Policy*) menuntut percepatan dalam pemenuhan Informasi Geospasial Dasar (IGD) sebagai referensi tunggal dalam penyelenggaraan Informasi Geospasial (IG) nasional (BIG, 2014). Salah satu bentuk perwujudan *One Map Policy* adalah pemenuhan ketersediaan peta Rupabumi Indonesia (RBI) yang dibutuhkan Kementerian/Lembaga dalam menyelenggarakan pemetaan tematiknya, sehingga tumpang tindih pola ruang/zonasi dapat dicegah atau diselesaikan. Percepatan itu direalisasikan dengan beberapa kebijakan strategis, salah satunya adalah dengan memfokuskan pemetaan RBI pada skala 1:50.000 di level skala besar dan 1:25.000 pada skala menengah, sedangkan pemetaan pada skala di bawahnya menggunakan metode generalisasi.

Generalisasi diperlukan karena pemanfaatan peta tidak hanya tergantung pada konten data yang ada di dalamnya, tapi juga skala yang digunakan (Kraak & Ormeling, 2010). Skala menentukan kedetailan objek yang disajikan dari sisi kartografis. Penggunaan peta dasar di Indonesia pada skala tertentu dituangkan dalam beberapa aturan, seperti PP No. 8 Tahun 2013 tentang Ketelitian Peta Rencana Tata Ruang, Permendagri No. 76 Tahun 2012 tentang Pedoman Penegasan Batas Daerah, atau aturan-aturan lain sesuai dengan tema dari Kementerian/Lembaga yang bersangkutan.

Seiring perkembangan teknologi, teknik otomatisasi generalisasi telah dikembangkan, salah satunya oleh ESRI dalam bentuk toolset *generalization* di ArcToolbox (Lee & Hardy, 2005). Penelitian mengenai *tools* tersebut pernah dilakukan oleh Susetyo & Perdana (2014), yang melakukan kajian terhadap generalisasi basisdata Rupabumi Indonesia (RBI). Penelitian tersebut menghasilkan metode otomatisasi generalisasi dengan memanfaatkan *tools* yang ada dalam *software* ESRI ArcGIS.

Penelitian ini membatasi pada generalisasi kartografis, yang merupakan pengembangan dari penelitian sebelumnya mengenai generalisasi basisdata. Generalisasi kartografis berkaitan dengan proses simbologi dalam penyajian peta. Generalisasi kartografis menghasilkan visualisasi dari basisdata yang

dihasilkan, sehingga didapatkan peta yang memenuhi spesifikasi sekaligus nilai estetika (Gulgen & Gokgoz, 2008). Hardy (2012) dalam penelitian lainnya mendeskripsikan *geoprocessing* dalam generalisasi di ArcGIS ke dalam dua kelompok besar, yaitu *toolset* generalisasi yang digunakan dalam generalisasi basisdata dan *toolset* konflik grafis yang digunakan untuk menghilangkan konflik antar objek (*conflict resolution*). *Conflict resolution* pada dasarnya mengikuti prinsip kartografi, yaitu agar setiap objek dapat ditempatkan di peta dengan baik sehingga peta tersebut dapat dibaca oleh *user* dalam sajian kartografis, dengan proses akhir adalah menghilangkan konflik grafis yang dilengkapi dengan *manual editing*.



Gambar 1. Generalisasi basisdata dan kartografis dalam *toolset* di ArcGIS (Hardy, 2012)

Jika generalisasi basisdata hanya menggunakan metode seleksi (*selection*), simplifikasi (*simplification*), dan penggabungan (*merging*), maka dalam generalisasi kartografis juga dilakukan perbesaran (*exaggeration*) dan pergeseran (*displacement*). Perbesaran dilakukan agar unsur geografis dapat dibaca dengan baik dan jelas sehingga harus dipertahankan karakteristik aslinya (Hakim, 2014), sedangkan pergeseran dilakukan jika simbol yang digunakan untuk suatu objek memerlukan ruang lebih sehingga menutupi objek lainnya. Pergeseran dilakukan dengan acuan tingkat kepentingan suatu objek terhadap objek lainnya, dimana di Indonesia ketentuan tersebut dicantumkan dalam Spesifikasi Pemetaan Rupabumi (SPR) 72 yang diterbitkan oleh Bakosurtanal (2005).

Makalah ini membahas generalisasi kartografis peta RBI skala 1:25.000 menjadi 1:50.000 wilayah Aceh. Skala tersebut dipilih karena penelitian ini dibatasi pada peta RBI skala menengah, dan peta RBI skala 1:50.000 merupakan salah satu target yang diusung dalam menuju *One Map Policy*. Selain itu dalam beberapa peraturan, skala 1:50.000 memiliki fungsi tertentu, misalnya dalam PP No. 8 Tahun 2013 digunakan untuk Rencana Tata Ruang Wilayah kabupaten, dan dalam Permendagri No. 76 Tahun 2012 digunakan untuk penyajian batas kota. Hasil kajian ini diharapkan dapat digunakan sebagai pertimbangan ketika akan melakukan generalisasi kartografis skala menengah, termasuk dalam penentuan kebijakan penyelenggaraan peta RBI skala menengah dengan metode generalisasi.

1.2 Data yang Digunakan

Penelitian ini menggunakan sampel data RBI skala 1:25.000 wilayah Aceh. Lokasi yang diambil adalah Kabupaten Aceh Barat Daya sesuai dengan indeks pada gambar 1. Data ini merupakan hasil dari generalisasi basisdata yang dilakukan oleh Susetyo & Perdana (2014).



Gambar 2. Lokasi penelitian

2. METODE

Kartografi diawali dengan simbolisasi pada setiap objek yang digambarkan dalam peta. Simbolisasi pada dasarnya memberikan desain simbol untuk merepresentasikan fenomena geografis pada peta (Tyner, 2010). Simbolisasi merupakan salah satu bentuk dari perbesaran secara kartografis, karena perbesaran dapat berupa simbolisasi atau memperbesar objek dari suatu fitur berbentuk poligon. Pengaturan simbol peta RBI skala 1:50.000 untuk tampilan kartografi dituangkan dalam Standar Nasional Indonesia (SNI) 6502.3:2010 tentang Spesifikasi Penyajian Peta Rupabumi Skala 1:50.000 (BSN, 2010).

Tabel 1. Tingkat kepentingan objek dalam peta RBI (Bakosurtanal, 2005)

No.	Objek	Keterangan
1.	Titik kontrol, garis pantai, aliran air, dan batas administrasi	Tetap pada posisinya
2.	Rel kereta api	Bila perlu digeser untuk memberikan tempat bagi objek pada poin nomor 1
3.	Jalan, kabel listrik tegangan tinggi, dan pipa minyak	Bila perlu digeser untuk memberikan tempat bagi objek pada poin nomor 1 dan 2
4.	Daerah pemukiman	Bila perlu digeser untuk kepentingan aliran air dan jalan
5.	Kenampakan titik	Bila perlu digeser untuk kepentingan aliran air dan jalan
6.	Garis kontur	Bila perlu digeser untuk kepentingan aliran air, rel kereta api, atau jalan

Setelah dilakukan simbolisasi, dalam kondisi tertentu objek perlu dilakukan pergeseran. Pergeseran menggunakan metode translasi dan deformasi. Translasi diterapkan pada objek yang memiliki geometri tetap seperti bangunan, sedangkan deformasi dilakukan pada bagian tertentu dari sebuah objek yang umumnya diterapkan pada unsur jalan (Bader, 2001). Pergeseran perlu dilakukan karena adanya konflik grafis antar unsur, sehingga perlu ditentukan urutan unsur yang dilakukan pergeseran. Urutan ini dibuat berdasarkan tingkat kepentingan setiap objek yang dituangkan dalam SPR 72. Berdasarkan aturan tersebut, urutan objek yang lebih dulu dipertahankan dapat diringkas dalam tabel 1.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Simbolisasi dalam penelitian ini dilakukan menggunakan representasi pada ArcGIS. Representasi pada dasarnya menyesuaikan tampilan *feature class* dengan menyimpan informasi simbol dari *feature class* tersebut di dalam tabel atributnya (ESRI, 2014). Representasi dipilih karena lebih mudah digunakan, terutama dalam *editing* simbol serta tidak mengubah geometri basisdata ketika harus dilakukan pergeseran dan perbesaran.

Setelah dilakukan simbolisasi dengan representasi, selanjutnya dilakukan analisis terhadap penyajian kartografis peta hasil generalisasi. Analisis hasil generalisasi kartografis mengacu pada beberapa dokumen, yaitu SNI 6502.3:2010 tentang penyajian peta rupabumi skala 1:50.000, SPR 72, serta penelitian-penelitian terkait. SNI 6502.3:2010 digunakan sebagai acuan dalam menentukan unsur-unsur yang ditampilkan dalam sajian kartografis serta pengaturan simbol yang digunakan, sedangkan SPR 72 digunakan sebagai dasar dalam melakukan pergeseran serta perbesaran unsur tertentu.

3.1 Perairan

Generalisasi basisdata perairan hanya dilakukan berdasarkan spesifikasi seperti geometri dan kerapatan tanpa menghilangkan unsur tertentu. Hal ini menyebabkan unsur apa saja yang ditampilkan pada skala 1:25.000 tidak berbeda dengan 1:50.000.

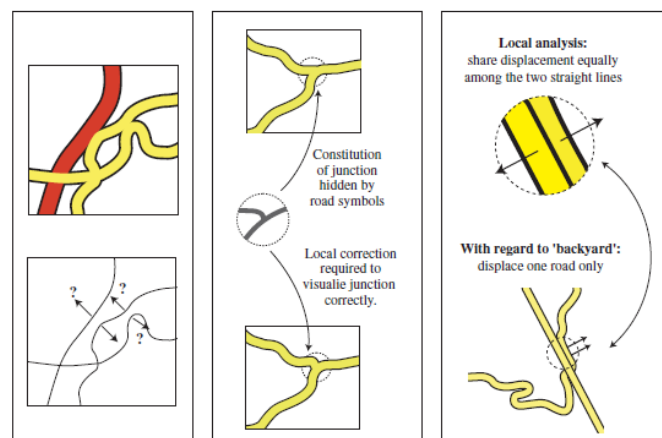
Berdasarkan SPR 72, disebutkan bahwa aliran air harus tetap pada posisinya. Aturan ini diperkuat oleh penelitian yang dilakukan oleh Savino (2011), yang menyatakan sungai merupakan unsur yang paling penting, sehingga harus menjadi unsur yang pertama digeneralisasi.

Berdasarkan data yang digunakan pada penelitian ini, tidak diperlukan perbesaran fitur berbentuk area karena tidak terdapat unsur perairan penting yang harus ditonjolkan. Unsur perairan yang memiliki nama rupabumi hanya sungai dua garis dan sungai satu garis, yang tidak memerlukan perbesaran dalam sajian kartografinya. Atas dasar tersebut, unsur perairan tetap disajikan dalam tampilan kartografis sesuai dengan geometri dan posisi sebenarnya.

3.2 Transportasi dan utilitas

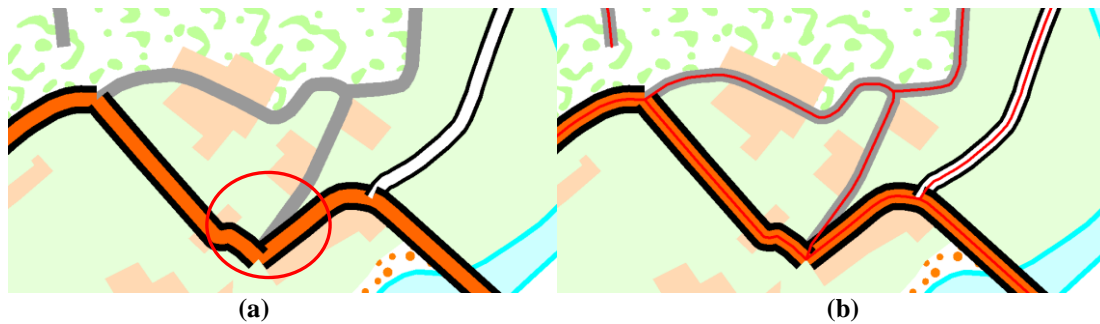
Bader (2001) menjabarkan batasan dalam melakukan pergeseran jalan, yaitu jarak minimum, keterbacaan segmen jalan pada tikungan, karakteristik geometri, topologi, dan akurasi posisi. Paper yang sama juga menyebutkan batasan lainnya, yaitu pedesaan dan perkotaan. Kondisi jalan pada daerah perkotaan pada umumnya rapat dengan geometri yang sederhana sehingga pergeseran tidak terlalu diperlukan, sedangkan kondisi jalan pada daerah pedesaan pada umumnya geometrinya lebih rumit sehingga memerlukan pergeseran.

Pergeseran unsur transportasi dianalisa dari dua sisi, yaitu kemungkinan pergeseran karena konflik antar segmen jalan dan konflik dengan unsur lain. Pendekatan dalam melakukan pergeseran karena konflik antar segmen jalan mengikuti pendekatan yang dilakukan oleh Bader (2001), yaitu dengan mengukur lebar simbol pada kelas jalan yang konflik. Metode pergeseran yang digunakan dapat berupa translasi maupun deformasi, tergantung dari kondisi geometri jalan. Jika sebuah segmen jalan hanya berupa segmen yang pendek maka dapat dilakukan translasi, namun ketika segmen jalan panjang maka deformasi lebih diutamakan.



Gambar 3. Contoh konflik grafis pada unsur jalan(Tyner, 2010)

Contoh dari pergeseran unsur jalan yang diakibatkan oleh konflik antar segmen jalan adalah seperti pada gambar 4. Gambar 4a menunjukkan konflik grafis antara jalan arteri dan jalan lain yang diakibatkan oleh pengaruh simbolisasi. Segmen jalan tersebut merupakan segmen yang pendek sehingga pergeseran dapat dilakukan dengan translasi. Penentuan unsur yang dilakukan pergeseran mengikuti urutan kelas jalan peta RBI. Konflik di atas adalah antara jalan arteri dan jalan lokal. Berdasarkan tingkat kepentingannya, jalan arteri berada di atas jalan lokal, sehingga untuk keperluan kartografi jalan lokal lebih diutamakan untuk digeser.



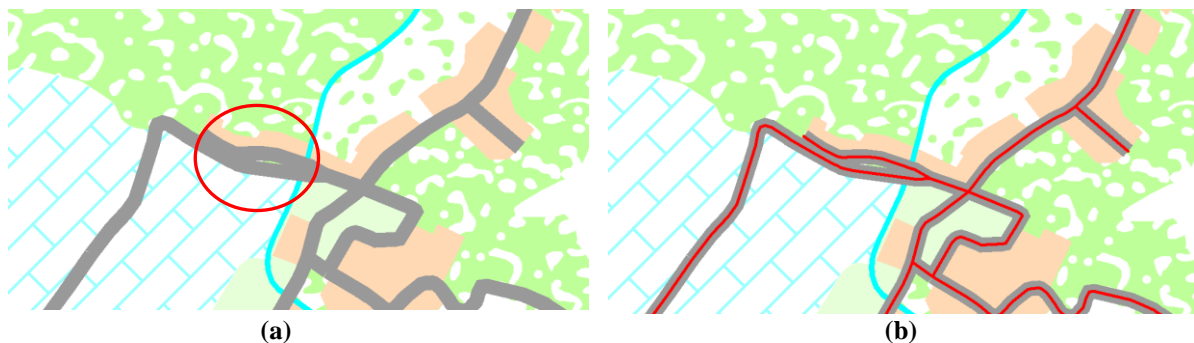
Gambar 4. (a) Konflik antar segmen jalan, (b) Geometri basisdata unsur jalan

Besarnya pergeseran dalam penelitian ini ditetapkan mengikuti spesifikasi kelas jalan yang digeser. Hal ini untuk mendukung salah satu parameter yang ditentukan oleh Bader (2001) yaitu akurasi sehingga pergeseran tidak terlalu signifikan. Toleransi yang diijinkan adalah setengah dari lebar simbol kelas jalan tersebut, dengan asumsi jika pergeseran dilakukan menggunakan pendekatan vektor seperti gambar 3 (sebelah kiri), maka vektor dari basisdata tidak keluar terlalu jauh dari simbol representasi kartografinya. Berdasarkan SNI 6502.3:2010, jalan lain memiliki lebar 0,5 mm, sehingga pergeseran disarankan tidak lebih dari 0,25 mm. Contoh hasil pergeseran disajikan pada gambar 6. Pergeseran yang dilakukan terhadap segmen tersebut sejumlah 0,24 mm.



Gambar 5. Hasil pergeseran menggunakan metode translasi

Jika kasus di atas merupakan contoh pergeseran menggunakan metode translasi, berikut merupakan contoh pergeseran dengan metode deformasi. Gambar menunjukkan 6a konflik grafis pada suatu kelas jalan yang sama. Pergeseran dalam kasus ini dapat dilakukan dengan menggeser beberapa vertex dari segmen jalan tersebut, sehingga tidak mengubah posisi dari segmen itu secara keseluruhan. Toleransi pergeseran sama dengan translasi, yaitu setengah dari lebar simbol kelas jalan tersebut. Hasil dari pergeseran menggunakan metode deformasi ditunjukkan pada gambar 7.



Gambar 6. (a) Konflik antar segmen jalan, (b) Geometri basisdata unsur jalan



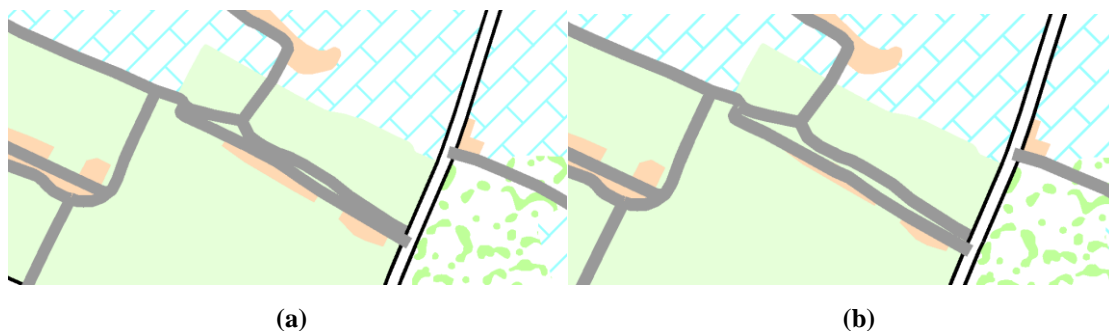
Gambar 7. Hasil pergeseran menggunakan metode deformasi

Pergeseran karena konflik dengan unsur lain menggunakan acuan yang SPR 72. Berdasarkan aturan tersebut, disebutkan bahwa jalan bila mungkin tetap pada posisinya, tetapi bila perlu mungkin saja digeser untuk memberikan tempat bagi kenampakan aliran air. Pada sampel data yang digunakan dalam penelitian ini tidak terdapat jalan yang harus digeser untuk kepentingan aliran air, karena jalan hanya dapat digeser ketika memberikan tempat untuk aliran air yang berada sejajar dengan jalan, misalnya parit.

3.3 Penutup lahan

Penutup lahan dapat mengalami pergeseran untuk kepentingan perairan dan jalan. Misalnya dalam SPR 72 disebutkan ketika unsur jalan dan pemukiman yang saling berdekatan bila disajikan dalam proses kartografi, maka unsur pemukiman dapat mengalami pergeseran. Selain pergeseran, berbagai macam kenampakan yang mempunyai satuan luas (sawah dan danau) dapat mengalami perbesaran ukuran jika diperlukan.

Gambar 8 merupakan contoh konflik grafis antar segmen jalan dan pergeserannya. Gambar tersebut menunjukkan pemukiman tertutup simbol jalan yang diakibatkan oleh pergeseran segmen jalan tersebut. Agar pemukiman tetap terlihat dengan jelas, maka unsur pemukiman juga perlu dilakukan pergeseran, dengan radius menyesuaikan pergeseran unsur jalan. Hasil pergeseran penutup lahan dapat dilihat pada gambar 9.



Gambar 8. (a) Konflik grafis antar segmen jalan, (b) Hasil pergeseran jalan



Gambar 9. Hasil pergeseran penutup lahan

3.4 Batas wilayah

Batas wilayah tetap disajikan sesuai dengan posisinya dan tidak memerlukan pergeseran. Berdasarkan SPR 72, bila sebuah aliran air merupakan bagian dari garis batas administrasi, maka simbol akan tampak di tengah-tengah aliran air tersebut. Batas wilayah kecamatan Manggeng dan Lembahsabil dalam penelitian ini dibatasi oleh sungai satu garis, sedangkan kecamatan Labuhanhaji dan Labuhanhaji Barat tidak dibatasi oleh unsur alam, sedangkan untuk batas kabupaten Aceh Barat Daya dan Aceh Selatan dibatasi oleh sungai dua garis.



Gambar 10. Penyajian batas wilayah mengikuti: (a) sungai satu garis, (b) sungai dua garis

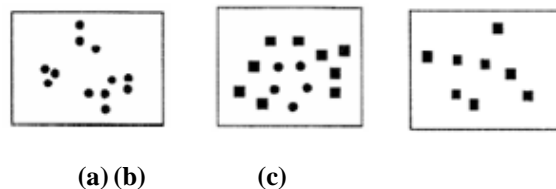
3.5 Hipsografi

SPR 72 menyebutkan garis kontur dapat digeser untuk kepentingan aliran air dan jalan jika kedua unsur tersebut letaknya sejajar. Kondisi tersebut tidak ditemukan dalam penelitian ini, sehingga pergeseran unsur hipsografi tidak diperlukan. Hipsografi juga mencakup titik tinggi, dan seperti disebutkan dalam SPR 72, kenampakan titik akan digeser untuk kepentingan aliran air dan jalan.

3.6 Bangunan dan fasilitas umum

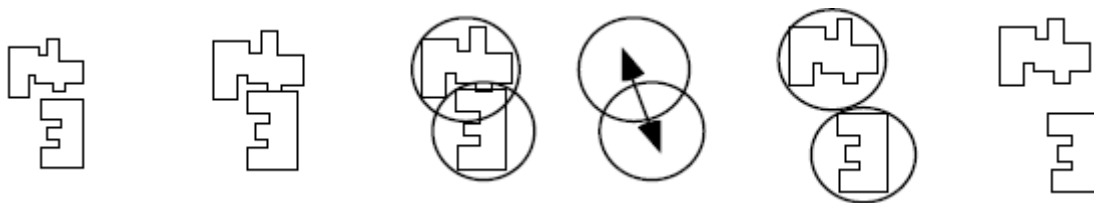
Dalam penelitian ini, bangunan dan fasilitas umum adalah unsur yang paling terakhir digeneralisasi secara kartografis. Dasar dari penentuan ini adalah aturan dalam SPR 72 yang menyebutkan daerah pemukiman (*built up area*) dan kenampakan titik akan digeser untuk kepentingan aliran air dan jalan. Bader (2001) membuat batasan terhadap pergeseran unsur bangunan, yaitu jarak minimum, sebaran/distribusi bangunan, dan akurasi posisi.

Pergeseran dilakukan dengan pendekatan yang dibuat oleh Bildirici & Aslan (2010), yaitu kedekatan, kemiripan, dan kontinuitas antar objek. Kedekatan digunakan sebagai acuan jarak minimum antar bangunan, kemiripan digunakan untuk mempertahankan pola distribusi dari kumpulan bangunan tertentu, sedangkan kontinuitas digunakan untuk dasar dalam mempertahankan *logical consistency* terhadap objek lainnya (misalnya jalan).



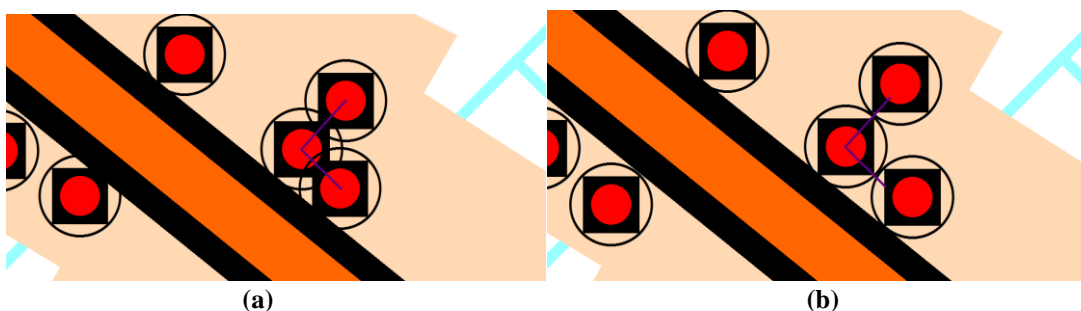
Gambar 11. (a) Kedekatan (b) Kemiripan (c) Kontinuitas (Bildirici & Aslan, 2010)

Penentuan radius pergeseran unsur bangunan dapat mengikuti pendekatan yang dilakukan oleh Mackaness & Purves (1999) yaitu menggunakan lingkaran yang melingkupi bangunan tersebut. Jika ada unsur bangunan yang mengalami konflik, pergeseran dapat dilakukan sampai lingkaran dari kedua unsur tersebut tidak lagi bertampalan. Pendekatan ini juga dapat digunakan sebagai solusi untuk menentukan arah pergeseran, yaitu sesuai dengan orientasi yang dihasilkan oleh pusat dari kedua lingkaran tersebut.



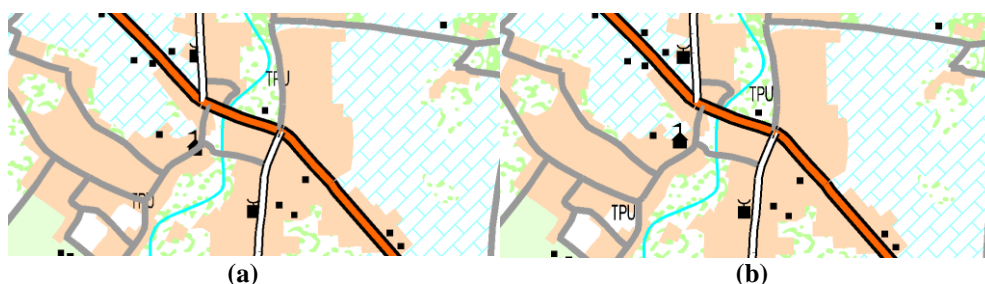
Gambar 12. Pendekatan dalam pergeseran objek bangunan(Mackness & Purves, 1999)

Jika merujuk pada pendekatan di atas, diameter bangunan dapat dihitung berdasarkan spesifikasi yang ada dalam SNI 6502.3:2010. Misalkan simbol bangunan dalam SNI memiliki panjang 0,5 mm. Spesifikasi tersebut dapat menjadi acuan untuk menentukan radius lingkaran yang mencakup keseluruhan geometri bangunan, dengan diameter yang diperlukan adalah 1 mm. Selanjutnya dapat ditentukan orientasi pergeseran dari bangunan tersebut dengan menghubungkan titik pusat dari masing-masing bangunan. Hasil dari pergeseran menggunakan metode di atas dapat dilihat pada gambar 13.



Gambar 13. Pergeseran bangunan menggunakan pendekatan Mackness & Purves (1999)

Pergeseran bangunan dan fasilitas umum mengambil prinsip untuk mempertahankan distribusi bangunan, sehingga secara presisi sebaran bangunan tidak berbeda. Pergeseran dilakukan secara manual, namun indikasi bangunan yang harus digeser mengikuti hasil dari tools *Resolve Building Conflict* pada ArcGIS.



Gambar 14. (a) Konflik grafis bangunan, (b) Hasil pergeseran

4. KESIMPULAN

Generalisasi kartografis meliputi pergeseran dan perbesaran. Perbesaran dapat berupa simbolisasi atau memperbesar objek dari suatu fitur berbentuk poligon, sedangkan pergeseran diperlukan agar setiap objek yang ada di peta bisa terbaca dengan baik oleh *user*.

Pergeseran dilakukan secara urutan berdasarkan kepentingan setiap objek. Berdasarkan penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa urutan unsur yang dapat digeser sesuai dengan tingkat kepentingannya adalah perairan, jalan, penutup lahan, batas wilayah, hipsografi, dan bangunan.

Penelitian ini masih memerlukan banyak pengembangan, diantaranya perlu ditetapkan standar yang lebih baku dalam melakukan pergeseran terhadap setiap unsur pada sajian kartografis, perlu perhitungan

matematis dalam menentukan besarnya pergeseran untuk setiap unsur, serta pemanfaatan lebih lanjut mengenai tools *Graphic Conflict* yang ada di ArcGIS agar penelitian berikutnya menjadi lebih aplikatif.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Pusat Pemetaan Rupabumi dan Toponim Badan Informasi Geospasial (PPRT-BIG) yang telah memfasilitasi terkait data yang digunakan dalam penelitian ini. Tidak lupa penulis juga mengucapkan terima kasih kepada Bapak Edi Prasetyo Utomo yang telah membimbing selama penulisan makalah ini, serta Kelompok Keahlian (KK) Kartografi dan Generalisasi PPRT, yaitu Yofri Furqani Hakim, Aji Putra Perdana, dan Elok Lestari Paramita yang telah memberi masukan terkait konten yang dituliskan.

DAFTAR PUSTAKA

- Bader, M. (2001). *Energy Minimization Methods for Feature Displacement in Map Generalization*. Thesis. Universitat Zurich.
- Bakosurtanal. (2005). *SPR-72 Generalisasi Data Rupabumi*. Cibinong.
- BIG. (2014). *Kebijakan Satu Peta*. Retrieved from <http://geodesi.undip.ac.id/wp-content/uploads/2014/12/Penyelenggaraan-Pemetaan-Rupabumi-Untuk-Mendukung-Penataan-Ruang-2.pdf>
- Bildirici, I., & Aslan, S. (2010). *Building Typification At Medium Scales*. In 3rd INTERNATIONAL CONFERENCE ON CARTOGRAPHY AND GIS. Nessebar, Bulgaria. Retrieved from http://cartography-gis.com/pdf/62_Bildirici_Aslan_Turkey_paper.pdf
- BSN. (2010). *SNI 6502.3:2010 (Spesifikasi Penyajian Peta Rupabumi – Bagian 3: Skala 1:50.000)*. Jakarta.
- ESRI. (2014). *What are Representations?*
- Gulgen, F., & Gokgoz, T. (2008). *Selection of Roads for Cartographic Generalization*. In *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing, and Spatial Information Sciences* (Vol. XXXVII). Beijing.
- Hakim, Y. F. (2014). *Kajian Kontrol Kualitas dalam Alur Produksi Kartografi Peta RBI di Badan Informasi Geospasial*. Institut Teknologi Bandung.
- Hardy, P. (2012). *Multi-scale Cartography : Maps , Tools and Models*. Retrieved from http://www.pghardy.net/paul/papers/2012_iccg_albena_hardy.pdf
- Kraak, M.-J., & Ormeling, F. (2010). *Visualization of Spatial Data Third Edition*. Pearson Education. Edinburgh Gate: Pearson Education.
- Lee, D., & Hardy, P. (2005). *Automating Generalization – Tools and Models*. In XXII International Cartographic Conference (ICC2005). A Coruna: Global Congressos.
- Mackaness, W., & Purves, R. (1999). *Issues and Solutions to Displacement in Map Generalisation*. In 19th ICA Meeting. Ottawa.
- Savino, S. (2011). *A solution to the problem of the generalization of the Italian geographical databases from large to medium scale: approach definition, process design and operators implementation*. Universita' di Padova. Retrieved from <http://generalisation.icaci.org/images/files/publications/savino.pdf>
- Susetyo, D. B., & Perdana, A. P. (2015). *Kajian Generalisasi untuk Membangun Basisdata Rupabumi Multi-Skala*. Surakarta: Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Tyner, J. A. (2010). *Principles of Map Design*. New York & London: The Guilford Press.

PEMBUATAN PETA KECAMATAN PERBATASAN INDONESIA - MALAYSIA

Gama Hirawan Utomo¹, Farid Yuniar¹ dan Lulus Hidayatno¹

¹ Pusat Pemetaan Batas Wilayah – Badan Informasi Geospasial

Email: gama.hirawan@big.go.id, farid.yuniar@big.go.id, lulus.hidayatno@big.go.id

ABSTRAK

Program Nawacita yang diusung Presiden Jokowi menempatkan kawasan perbatasan menjadi wilayah prioritas pembangunan. Program pembangunan membutuhkan dukungan informasi geospasial. Dalam rangka menyediakan informasi geospasial di kawasan perbatasan, Pusat Pemetaan Batas Wilayah Badan Informasi Geospasial membuat peta kecamatan perbatasan di perbatasan Indonesia Malaysia. Pembuatan peta kecamatan perbatasan Indonesia Malaysia meliputi 13 kecamatan di Kabupaten Malinau dan Nunukan. Output yang dihasilkan adalah peta yang dicetak dua versi, yaitu index wise skala 1:50.000 dan area wise (multi skala) dengan skala terkecil 1:250.000. Data utama yang digunakan pada pekerjaan pembuatan peta ini adalah peta Rupabumi dan Peta Joint Border Mapping (JBM). Datadata tersebut diolah menggunakan perangkat lunak SIG dengan pekerjaan utama meliputi editing data kontur, toponim dan titik tinggi. Dilakukan juga pengecekan dan editing sungai dan fitur hidrografi lain. Hasil dari pekerjaan ini adalah tersedianya peta kecamatan kawasan perbatasan Indonesia – Malaysia. Kajian ini membahas aspek teknis pembuatan peta kecamatan perbatasan termasuk tantangan dan hambatan yang dialami selama proses pembuatan peta. Proses editing hipsografi membutuhkan ketelitian dan kecermatan dalam proses pekerjaannya. Editing titik tinggi dan kontur memastikan nilai hipsografi sesuai dengan interval kontur yang dipersyaratkan.

KATA KUNCI: peta kecamatan perbatasan, batas Indonesia Malaysia, informasi geospasial, PPBW BIG

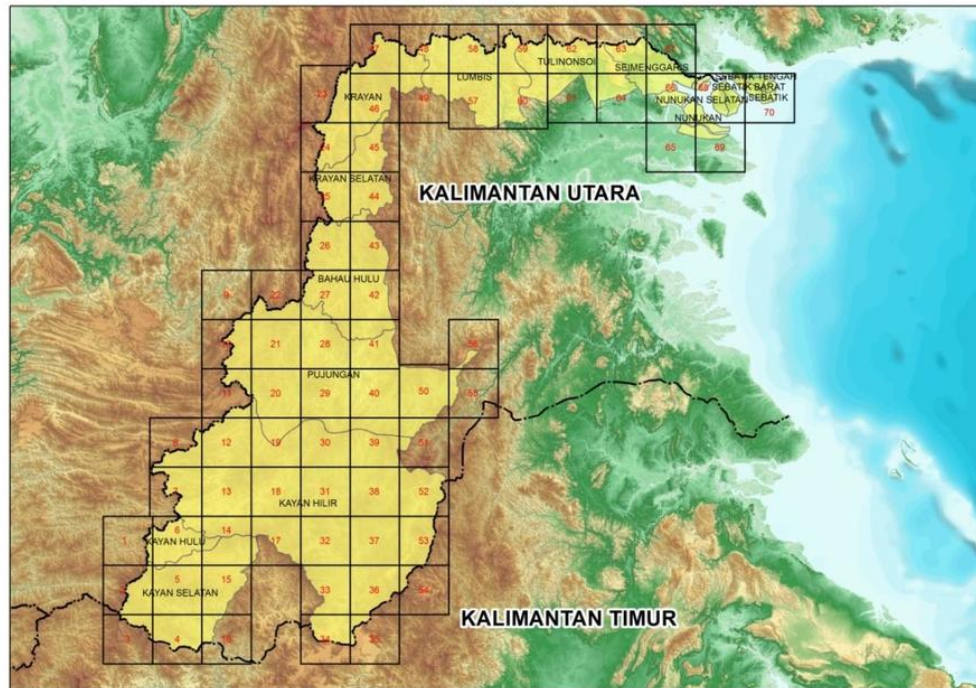
1. PENDAHULUAN

Negara Kesatuan Republik Indonesia (NKRI) memiliki batas darat dengan 3 (tiga) negara tetangga yaitu Malaysia, Papua New Guinea (PNG) dan Timor Leste. Definisi mengenai batas dan kawasan perbatasan telah dijelaskan dalam UU No.43 Tahun 2008 Tentang Wilayah Negara. Pada Pasal 1 ayat 4 disebutkan bahwa “Batas wilayah Negara adalah garis batas yang merupakan pemisah kedaulatan suatu Negara yang didasarkan atas hukum internasional”. Sedangkan pada pasal 1 ayat 6 dijelaskan definisi mengenai kawasan perbatasan sebagai berikut “Kawasan perbatasan adalah bagian dari wilayah Negara yang terletak pada sisi dalam sepanjang batas wilayah Indonesia dengan Negara lain, dalam hal batas wilayah Negara di darat, kawasan perbatasan berada di kecamatan.

Seiring dengan pembangunan di kawasan perbatasan, maupun adanya aktivitas politik, diplomatik, hukum, pertahanan, sosial budaya, dan ekonomi masyarakat yang ada di kawasan tersebut, diperlukan adanya data spasial yang akurat dan lengkap. Ketersediaan data spasial ini mutlak untuk mendukung perumusan kebijakan pembangunan wilayah kawasan perbatasan

Pembuatan Peta Wilayah Kecamatan di Kawasan Perbatasan RI-Malaysia sangat mendesak dilaksanakan untuk mendukung perumusan kebijakan pembangunan pemerintah, hal ini sesuai dengan Prioritas Nasional pada dokumen RPJM (2015 – 2019) serta sesuai dengan prioritas no. 3 Nawacita pemerintahan saat ini yang memprioritaskan pembangunan Indonesia dari pinggiran, dengan memperkuat daerah-daerah dan desa dalam rangka negara kesatuan.

Penyediaan data spasial di kawasan perbatasan telah direncanakan dalam Program Pemetaan Batas Negara, Pusat Pemetaan Batas Wilayah, Badan Informasi Geospasial (BIG). Dimulai pada tahun 2011 dengan dilaksanakannya Pembuatan Peta Kecamatan di Kawasan Perbatasan RI-Malaysia sebanyak 89 Nomor Lembar Peta (NLP). Tahun 2015 ini, kegiatan tersebut akan dilanjutkan dan diselesaikan dengan adanya kegiatan Pembuatan Peta Kecamatan di Kawasan Perbatasan RI-Malaysia sebanyak 83 NLP. Lokasi pekerjaan dan kecamatan yang dilakukan pemetaan dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Lokasi pemetaan kecamatan

Untuk lokasi kecamatan mana saja yang dilakukan pemetaan secara tabular dapat dilihat pada Tabel 1 berikut

Tabel 1. Daftar lokasi kecamatan yang dipetakan

NO	KECAMATAN	KABUPATEN	PROVINSI
1	Kayan Selatan	Malinau	Kalimantan Utara
2	Kayan Hulu		
3	Kayan Hilir		
4	Pujungan		
5	Bahau Hulu		
6	Krayan Selatan	Nunukan	
7	Krayan		
8	Lumbis		
9	Tulinonsoi		
10	Sei Menggaris		
11	Nunukan		
12	Nunukan Selatan		
13	Sebatik (Pulau)		

2. METODOLOGI

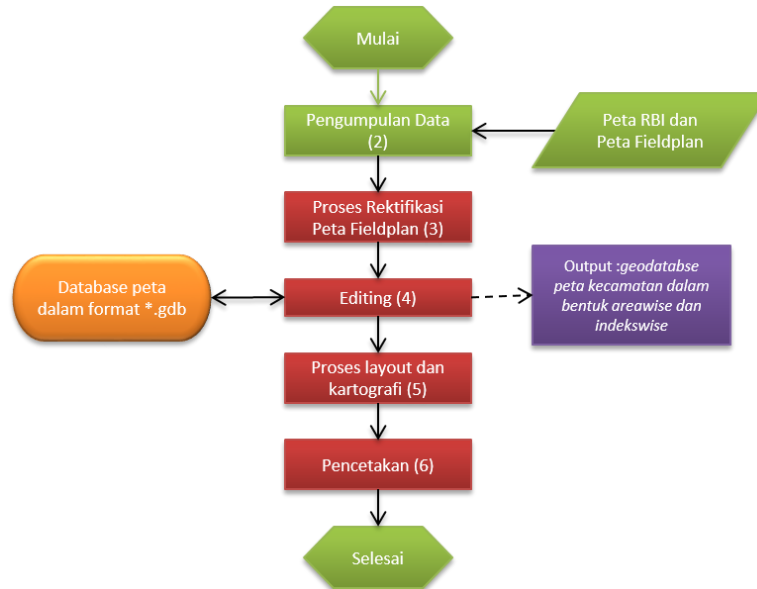
2.1. Data

Dalam melaksanakan pembuatan Peta Kecamatan Kawasan Perbatasan Indonesia – Malaysia ini, digunakan beberapa data sebagai berikut:

- Peta Rupabumi Indonesia skala 1:50.000
- Peta *Fieldplan* Indonesia-Malaysia. Peta *Fieldplan* merupakan peta lampiran *Memorandum of Understanding* (MoU) Indonesia – Malaysia terkait pelaksanaan survei bersama demarkasi atau pemasangan pilar batas yang telah dilaksanakan pada tahun 1976 sampai dengan 2001. Peta *fieldplan* ini mempunyai skala 1:2500 dan menggambarkan pilar batas, garis batas dan kontur di area sekitar garis batas.

c) Tahapan Pelaksanaan

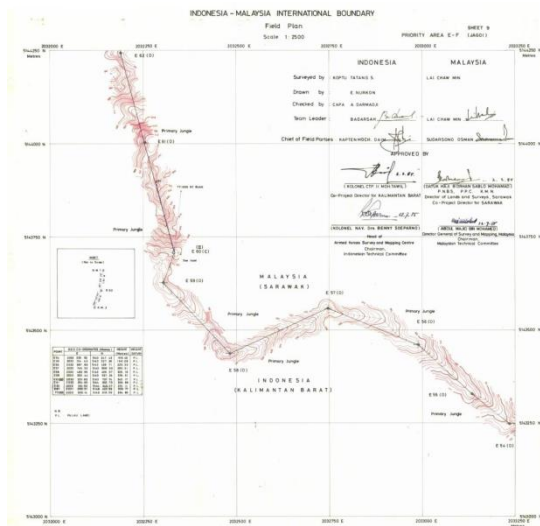
Dalam melaksanakan pembuatan Peta Kecamatan Kawasan Perbatasan Indineisa – Malaysia ini, secara umum dapat digambarkan sesuai diagram alir pekerjaan seperti pada Gambar 2 berikut ini



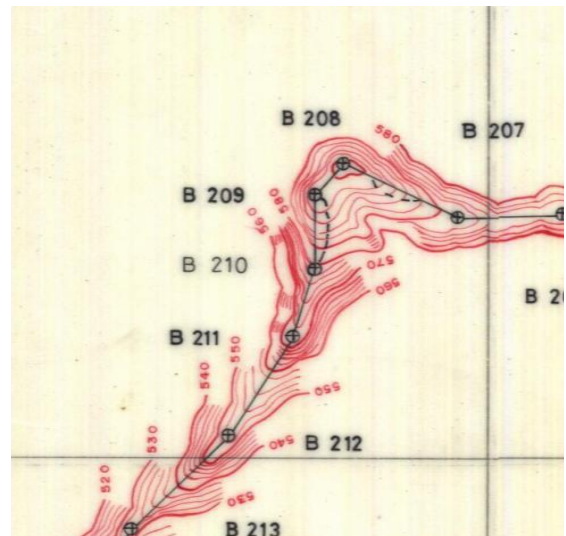
Gambar 2. Diagram alir pekerjaan

d) Pengumpulan Data

Langkah pertama yang dilakukan dalam melaksanakan pekerjaan ini adalah pengumpulan data. Seperti sudah disampaikan pada bahasan sebelumnya, bahwa dalam melaksanakan pekerjaan ini dibutuhkan dua data utama yaitu Peta RBI Skala 1:50.000 dan Peta Fieldplan. Peta RBI yang diperlukan dalam pekerjaan ini dalam format *shapefile (*.shp)*, sedangkan Peta Fieldplan berupa JPEG, sehingga perlu dilakukan rektifikasi terlebih dahulu supaya dapat ditampilkan dengan Peta RBI nya. Untuk gambaran lebih jelas mengenai Peta Fieldplan dapat dilihat pada Gambar 3. dan Gambar 4 berikut



Gambar 3. Peta Fieldplan secara umum



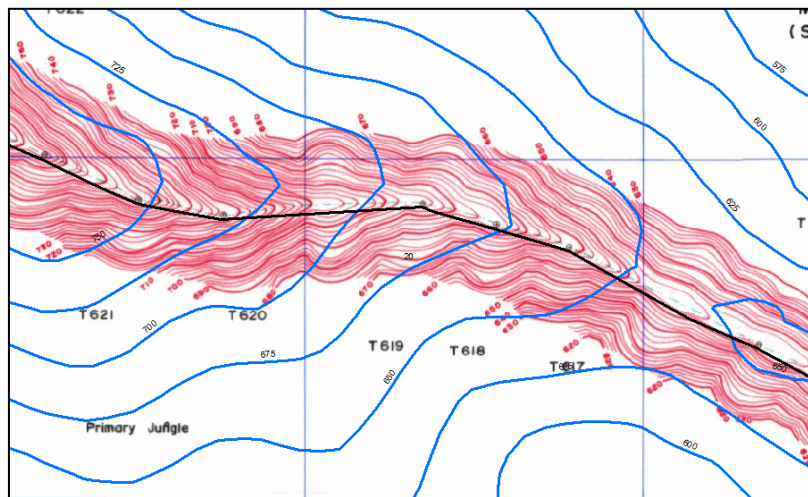
Gambar 4. Garis kontur di sekitar pilar batas

e) Proses Rektifikasi dan Transformasi Peta Fieldplan

Tahapan selanjutnya setelah semua data yang dibutuhkan lengkap adalah proses rektifikasi Peta Fieldplan. Peta Fieldplan ini mempunyai sistem proyeksi Rectified Skew Orthomorphic (RSCO) dan datum Timbalai 1948, sehingga setelah dilakukan rektifikasi dilakukan proses transformasi ke dalam sistem global atau WGS 84. Proses rektifikasi dan transformasi menggunakan perangkat lunak Global Mapper.

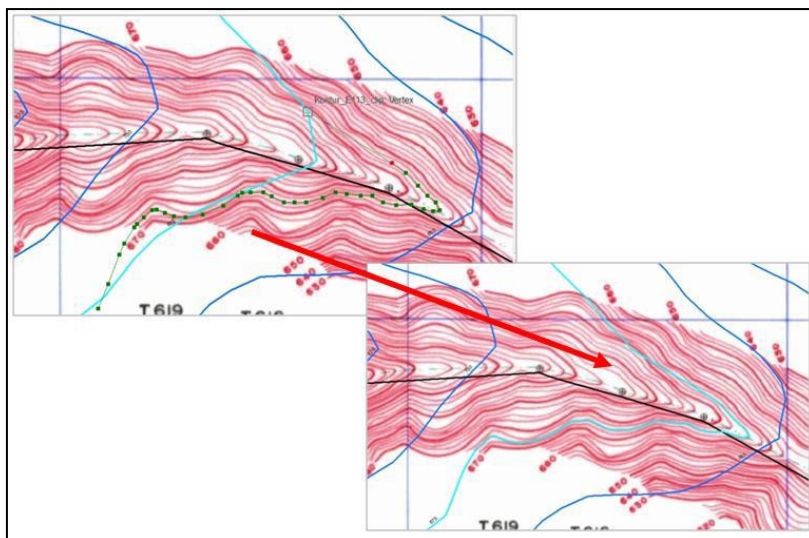
f) Editing Hipsografi

Proses editing yang dilakukan pada tahapan ini adalah penyesuaian kontur Peta RBI di sekitar garis batas Indonesia – Malaysia terhadap kontur pada Peta Fieldplan. Hal ini perlu dilakukan karena Peta Fieldplan ini merupakan peta resmi yang diakui secara bersama oleh Indonesia – Malaysia dalam kaitannya dengan garis batas dan pilar batas. Gambar 5 di bawah ini memperlihatkan pertampalan antara kontur Peta RBI dengan Peta Fieldplan. Nampak bahwa pada umumnya bentuk kontur antara Peta RBI dengan Peta Fieldplan masih relatif sepola, namun lekukan kontur pada Peta Fieldplan lebih detail karena mempunyai skala yang lebih detail juga. Proses editing dilakukan sebatas pada area maupun wilayah yang tergambar pada Peta Fieldplan tersebut.



Gambar 5. Pertampalan kontur Peta RBI dengan kontur Peta Fieldplan

Pola kontur yang sudah dilakukan editing atau penyesuaian dengan Peta Fieldplan diperlihatkan seperti pada Gambar 6 berikut ini. Nampak bahwa pada bagian yang bertampalan, kontur lekukan akan terlihat lebih detail karena mengikuti kontur pada Peta Fieldplan.

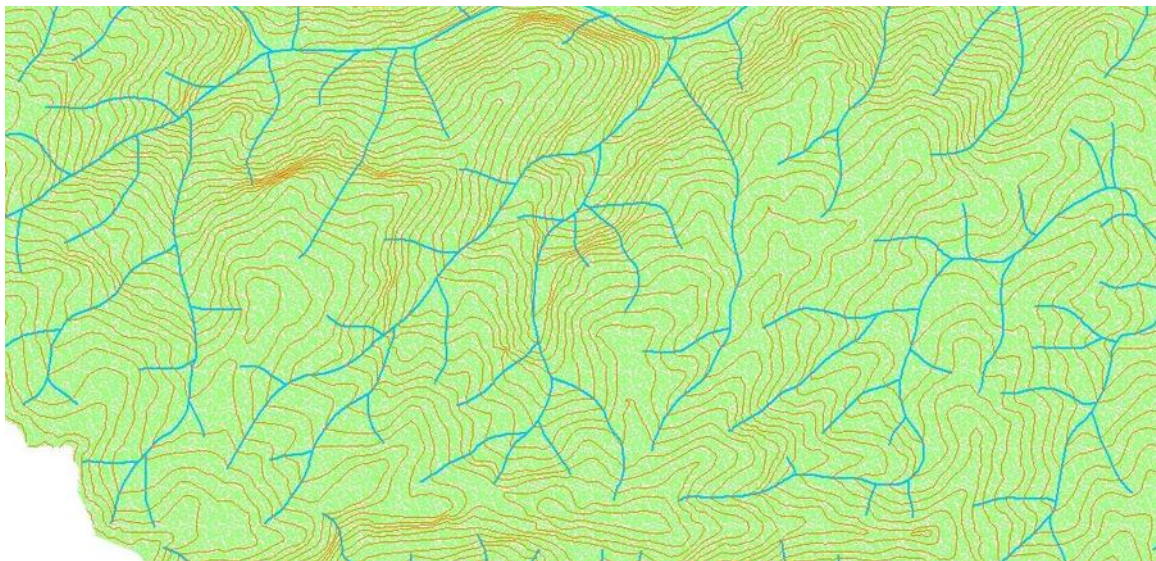


Gambar 6. Kontur yang telah dilakukan editing

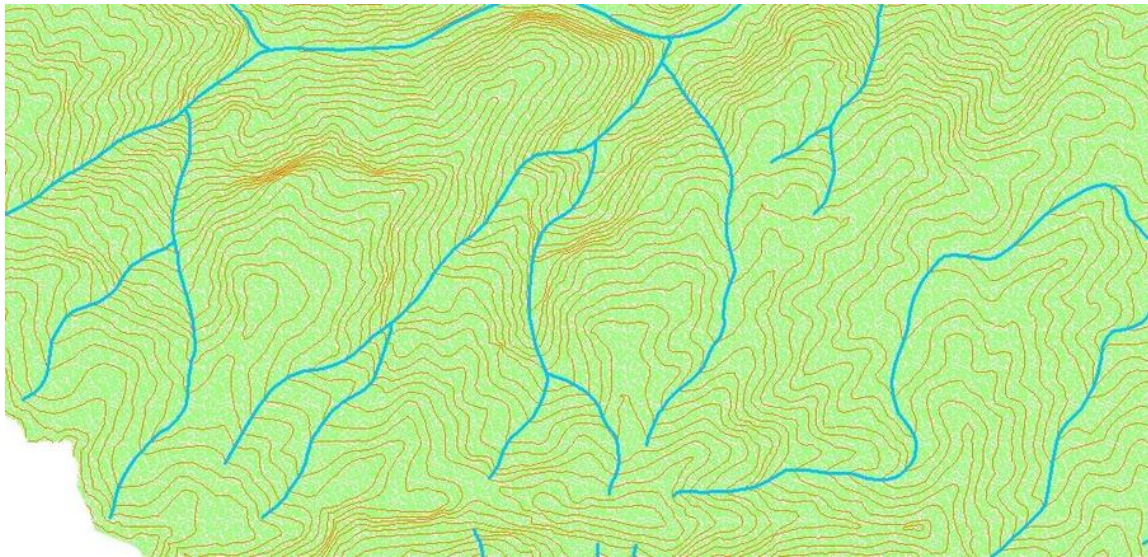
Pada tahapan ini, Peta RBI yang telah dilakukan editing kontur digabungkan menjadi satu file *geodatabase*. Pemilihan bentuk *geodatabase* adalah untuk memudahkan manajemen data agar terpusat dalam satu file, serta penggunaan representasi pada saat layouting, karena penggunaan representasi mensyaratkan file berupa *geodatabase*. Dalam satu file *geodatabase* ini, terdiri dari delapan layer utama yaitu transportasi, hidrografi, hipsografi, batas wilayah, penutup lahan, bangunan, spotheight dan toponim. File *geodatabase* ini kemudian dilakukan pemotongan atau *clipping* menggunakan batas administrasi kecamatan dengan koridor atau *buffer* selebar 1 km di sekeliling batas. Pada akhir tahapan ini akan terdapat 13 file *geodatabase* tiap kecamatan, dan masing-masing terdiri dari delapan layer utama seperti disebut di atas.

2.2. Editing Hidrografi

Proses editing hidrografi dalam tahapan ini adalah seleksi fitur-fitur hidrografi mana saja yang akan ditampilkan pada peta. Pada Peta RBI standar, sebagian besar fitur hidrografi terdiri atas sungai dua garis, sungai satu garis dan sungai musiman serta berbagai fitur hidrografi lain yang bersifat minor atau tidak terlalu banyak. Pada proses pembuatan peta kecamatan ini, seleksi fitur hidrografi perlu dilakukan karena peta yang dihasilkan mempunyai skala yang lebih kecil dari sumber Peta RBI yaitu 1:50.000. Seleksi dilakukan pada segmen atau fitur sungai yang mempunyai panjang tidak lebih dari 150 meter. Dengan parameter yang digunakan ini, bagian yang paling besar terkena seleksi adalah sungai musiman. Namun demikian, perlu ketelitian dan kehati-hatian dalam proses seleksi ini. Pada beberapa kasus yang dialami selama proses pembuatan peta ini adalah adanya sungai utama atau sungai panjang, namun terbagi dalam beberapa bagian, sehingga ketika dilakukan seleksi secara otomatis, sungai tersebut akan ikut terseleksi. Gambar 7 berikut menampilkan perbedaan kerapatan fitur hidrografi sebelum sebelum dilakukan seleksi dan setelah dilakukan seleksi pada Gambar 8.



Gambar 7. Fitur hidrografi sebelum dilakukan seleksi



Gambar 8. Fitur hidrografi setelah dilakukan seleksi

2.3. Editing Titik Tinggi

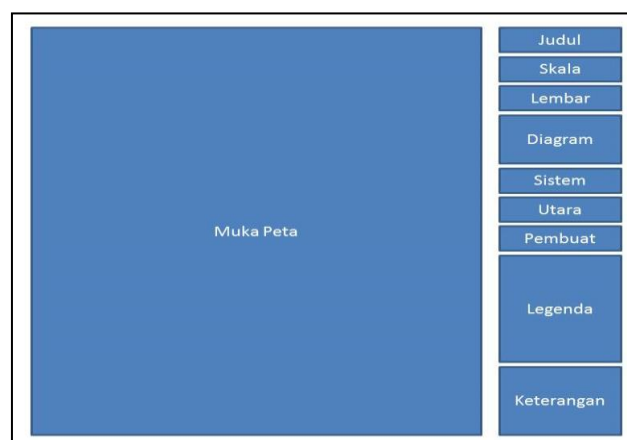
Sama halnya dengan fitur hidrografi, titik tinggi pun perlu dilakukan seleksi. Hal ini dilakukan karena pada Peta RBI yang digunakan untuk pembuatan peta kecamatan ini, persebaran titik tinggi nya sangat padat, sehingga perlu dilakukan seleksi untuk mengurangi terlalu padatnya titik tinggi. Beberapa kriteria yang digunakan dalam proses seleksi adalah hanya menampilkan titik tinggi yang berada di puncak-puncak bukit, penghapusan titik tinggi yang bertabrakan dengan garis batas, serta pembatasan titik tinggi maksimal tiap satu kotak grid dengan melihat kontur serta kenampakan peta secara keseluruhan.

2.4. Editing Geodatabase

Proses editing geodatabase dalam tahapan ini lebih kepada proses seamlessing peta-peta RBI yang digunakan serta *clipping* dan *buffer*. Proses seamlessing data dilakukan untuk menggabungkan peta-peta RBI yang berupa *indekswise* kedalam satu geodatabase. Proses clipping dilakukan untuk memotong Peta RBI sesuai dengan batas wilayah kecamatannya, dengan menggunakan *buffer* atau koridor selebar 1 kilometer.

2.5. Proses Layout dan Kartografi

Layout peta kecamatan ini merujuk pada layout peta pada umumnya, seperti nampak pada Gambar 9 berikut.



Gambar 9. Layout peta kecamatan

Untuk tahapan layout dan kartografi digunakan untuk sistem representasi. Representasi yang digunakan dalam pekerjaan ini yaitu sama dengan representasi yang digunakan pada Peta RBI skala 1:50.000. Contoh hasil akhir pembuatan peta kecamatan ditampilkan pada Gambar 10 berikut



Gambar 10. Contoh tampillah hasil akhir peta kecamatan

3. KESIMPULAN DAN SARAN

3.1. Kesimpulan

- Peta kecamatan perbatasan saat ini sangat diperlukan, terutama terkait dengan program pemerintah untuk memulai pembangunan kawasan perbatasan
- Dengan adanya peta kecamatan ini, program penegasan batas desa akan menjadi lebih mudah

3.2. Saran

- Perlunya informasi geospasial dengan skala yang lebih besar terutama untuk wilayah perbatasan, guna menunjang program-program pemerintah tentang pembangunan dari kawasan perbatasan.

DAFTAR PUSTAKA

UU No.43 Tahun 2008 Tentang Wilayah Negara

KAJIAN ESTETIKA PETA TEMATIK SECARA VISUAL BERDASARKAN DESAIN TATA LETAK PETA

Grefie Dwinita¹, Mayca Sita Nurdiana¹, Atika Cahyawati¹, Yosi Nuki Fitra Pratama¹, Indah Octavia Koeswandari¹, Kusuma Wardani Laksitaningrum¹, Tantri Utami Widaningtyas¹

¹Program Studi Kartografi dan Penginderaan Jauh Fakultas Geografi UGM, Sekip Utara, Sleman, Yogyakarta 55281

Email: grefie.dwinita@gmail.com, maycasita@gmail.com, atika.cahyawati@mail.ugm.ac.id, pratamayosi1@gmail.com, indahoctaviakoeswandari@gmail.com, laksitaningrum@gmail.com

*Corresponding author: grefie.dwinita@gmail.com

ABSTRAK

Peta merupakan gambaran permukaan bumi yang dituangkan pada bidang datar dua dimensi dan diskalakan (ICA, 1973). Peta memiliki banyak fungsi dan kegunaan, salah satunya dapat digunakan untuk menyajikan data statistik secara visual sehingga diharapkan dengan peta penyampaian informasi lebih representatif, peta yang dihasilkan dari visualisasi data statistik ini disebut sebagai peta tematik. Selain merepresentasikan data statistik, peta juga perlu menghadirkan kesan estetika di dalamnya karena kartografi sendiri mengandung pengertian sebagai seni. Estetika dalam peta tematik inilah yang sering dilupakan dan diabaikan dalam pembuatan suatu peta karena si pembuat peta hanya berfokus pada penyampaian informasi. Salah satu kurangnya nilai estetika pada peta-peta tematik yang dihasilkan adalah penempatan komponen peta yang dibuat selalu statis dan kurang mempertimbangkan kriteria pada desain peta yang terdiri atas: kontras, kesatuan, harmoni, keseimbangan, urutan, dan kejelasan. Evaluasi peta perlu dilakukan untuk memberikan gambaran dalam penyajian peta agar lebih informatif, representatif dengan tetap memperhatikan nilai estetika dari peta tersebut. Metode evaluasi estetika berdasar desain peta yang dilakukan adalah dengan menggunakan kuisioner terbuka yang ditujukan kepada beberapa responden untuk mengkritisi beberapa peta dengan desain tata letak yang berbeda. Hasil dari penelitian ini adalah seimbang menurut responden yaitu peta yang memiliki tata letak informasi tepi yang tidak terpisah dengan muka peta dan mengoptimalkan bagian dari muka peta yang kosong.

KATA KUNCI : Tata Letak Peta, Estetika, Desain Peta

1. PENDAHULUAN

Peta merupakan representasi atau gambaran, unsur-unsur atau kenampakan abstrak yang dipilih dari permukaan bumi atau yang ada kaitannya dengan permukaan bumi atau benda-benda angkasa yang umumnya digambarkan pada suatu bidang datar dan diperkecil atau diskalakan (ICA, 1984). Sukwardjono (1997) menyebutkan bahwa peta merupakan pengecilan permukaan bumi atau benda angkasa, yang disiapkan menurut ukuran geometris pada suatu bidang datar dengan simbol yang digeneralisir untuk mewakili kenampakan-kenampakan sebenarnya. Peta merupakan salah satu alat komunikasi yang bersifat universal yang banyak digunakan di berbagai belahan dunia. Fungsi peta menurut Sukwardjono dkk (1997) dalam kegiatan perencanaan antara lain memberikan informasi keruangan, alat dalam menganalisis, alat untuk menjelaskan penemuan dan alat untuk menjelaskan rencana. Selain itu, peta digunakan untuk menyajikan data statistik secara visual sehingga diharapkan dengan peta penyampaian informasi lebih representatif karena tidak hanya menyajikan data dalam bentuk angka. Peta yang dihasilkan dari visualisasi data statistik ini disebut sebagai peta tematik. Penyajian dalam bentuk peta membutuhkan kesan estetika guna menarik perhatian pembaca peta dan dimana dalam ilmu yang mempelajari tentang pembuatan peta yaitu kartografi itu sendiri mengandung pengertian sebagai seni.

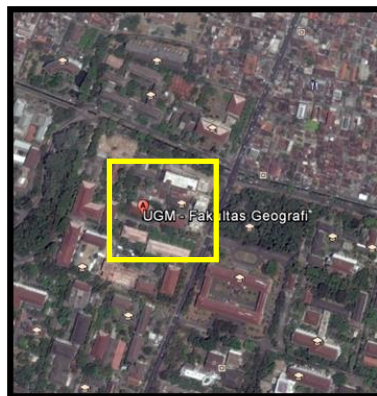
Seni yang membentuk estetika dalam pembuatan suatu peta sering dilupakan dan diabaikan karena biasanya pembuat peta hanya menekankan pada penyampaian informasi tanpa memperhatikan estetika dalam peta yang disajikan. Estetika dalam pembuatan peta salah satunya dapat dilihat dalam penempatan komponen peta atau sering disebut dengan tata letak peta dalam desain peta. Desain peta dilakukan dengan memperhatikan beberapa kriteria yaitu kontras (*contrast*), kesatuan (*unity*), harmoni (*harmony*), keseimbangan (*balance*), urutan (*order*), dan kejelasan (*clarity*). Evaluasi pada penyajian peta dilakukan untuk memberikan gambaran dalam penyajian peta agar lebih informatif, representatif dengan tetap memperhatikan nilai estetika dari peta tersebut. Evaluasi dilakukan dengan melakukan analisis terhadap beberapa variasi penyajian tata letak peta. Batasan evaluasi yang diterapkan pada penelitian ini

adalah pada unsur keseimbangan (*balance*) dalam kriteria tujuan desain peta. Hal ini berfungsi untuk menghasilkan peta yang dapat menyampaikan informasi kepada pembaca peta. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis desain tata letak peta berdasarkan parameter keseimbangan.

2. DAERAH KAJIAN PENELITIAN

2.1. Daerah Kajian Penyebaran Kuisioner

Penelitian ini dilakukan di Fakultas Geografi, universitas Gadjah Mada, Yogyakarta yang beralamat di Sekip Utara, Jalan Kaliurang, Bulaksumur, Yogyakarta, Indonesia 55281. Alasan pemilihan lokasi di Fakultas Geografi karena sasaran dalam penelitian ini adalah para akademisi salah satunya adalah mahasiswa yang paham akan peta.



Gambar 1. Lokasi penyebaran kuisioner

2.2. Daerah Pemetaan

Peta yang digunakan adalah peta kepadatan penduduk di Kabupaten Kulonprogo, karena bentuk daerah memanjang secara vertikal sehingga akan terjadi perbedaan persepsi untuk pemilihan tata letak peta.



Gambar 2. Daerah Pemetaan

3. DATA DAN METODE

3.1. Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data spasial administrasi Provinsi DIY yang berbentuk shapefile (*.shp). Data tersebut digunakan sebagai isi peta yang memiliki tema batas administrasi kabupaten di Provinsi DIY. Pembuatan peta administrasi tersebut menggunakan software ArcGIS 10.1 dan dalam melakukan analisis penentuan efektifitas visual informasi tepi peta menggunakan kuesioner.

3.2. Metode

3.2.1. Pembuatan Variasi Peta

Pembuatan peta dilakukan dengan berbagai macam tipe susunan informasi tepi, mulai dari yang formal, susunan *layout* seperti Peta RBI dan susunan *layout* yang tidak terlalu formal. Batasan yang digunakan dalam menyusun seluruh *layout* peta yang dibuat hanya mempertimbangkan unsur keseimbangan, meskipun terdapat unsur lainnya yang perlu diperhatikan dalam penyusunan *layout* peta. Penggunaan unsur keseimbangan saja dilakukan untuk batasan pada penelitian ini agar tipe-tipe *layout* yang dibuat tidak terlalu beragam dalam hal *lettering* dan simbol. Untuk itu dalam penelitian ini menggunakan variabel bebas berupa penempatan informasi tepi peta yang tersusun kurang lebih atas judul, orientasi, skala, inset, legenda, sumber dan afiliasi, sedangkan variabel terikatnya adalah isi peta, simbologi dan *lettering*.

3.2.2. Uji Efektifitas Peta

Seluruh peta dengan berbagai macam tipe *layout* yang dihasilkan, diuji keefektifannya dalam hal keseimbangan susunan informasi dalam peta dengan komentar berupa saran dan kritik dari beberapa orang yang tersampel. Pemberian komentar tentang visualisasi peta tersebut dibantu dengan kuesioner yang bersifat terbuka. Kuesioner yang bersifat terbuka ini memiliki pertanyaan-pertanyaan yang memberi kesempatan seluas-luasnya bagi responden untuk memberikan jawaban atau tanggapannya. Responden dalam penelitian ini adalah akademisi, khususnya adalah mahasiswa kartografi Fakultas Geografi UGM yang pada dasarnya mengetahui tentang peta dan untuk menggali lebih dalam mengenai arti unsure keseimbangan yang diaplikasikan pada *layout* peta. Teknik sampling yang digunakan adalah aksidental atau berdasarkan ketidaksengajaan. Seluruh mahasiswa kartografi di Fakultas Geografi UGM yang ditemui akan diberikan contoh *layout* dan kuesioner agar bisa memberikan opini mengenai susunan informasi tepi.

Hasil dari pengumpulan komentar responden yang berupa opini pada kuesioner dilakukan analisis untuk mengetahui mayoritas pilihan tipe *layout* peta dan untuk mengetahui sebab dari responden memilih tipe *layout* tersebut. Selain itu, didapatkan pemahaman mengenai arti unsure keseimbangan pada *layout* peta dari tipe *layout* pilihan responden. Analisis yang digunakan dalam penelitian ini adalah deskriptif kualitatif. Analisis ini mengungkap fakta permasalahan yang diangkat pada keadaan saat penelitian dan menyuguhkan hasil apa adanya dengan bentuk deskriptif atau kalimat. Analisis juga dilakukan dengan membandingkan antara hasil yang diperoleh dengan kenyataan penggunaan tipe *layout* peta yang sering digunakan di kalangan akademisi.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Kualitas peta selain melihat dari isi utama peta juga melihat dari susunan informasi tepi petanya. Informasi tepi peta meskipun hanya sebagai pelengkap sebuah peta, namun peranannya sangat penting karena mengandung deskripsi dari tema yang diangkat. Susunan dan peletakan informasi tepi peta berpengaruh terhadap kemudahan dalam penyadapan informasi dalam peta. Berbagai tipe *layout* peta dihasilkan dari rasa seni setiap orang yang membuat.

Batasan evaluasi mengenai *layout* peta yang dilakukan pada penelitian ini adalah evaluasi mengenai tata letak atau *layout* peta yang biasa dilampirkan pada dokumen seperti pada laporan penelitian, dokumen administrasi pemerintah dan lain sebagainya. Batasan kriteria yang digunakan dalam mengevaluasi tata letak peta tersebut adalah pada unsur keseimbangan (*balance*) pada desain *layout* peta. Wilayah yang dipetakan dalam penelitian ini adalah Kabupaten Kulonprogo dengan tema kepadatan penduduk pada tahun 2000. Variabel kontrol dalam penelitian evaluasi desain *layout* peta ini adalah wilayah kajian, tema, skala, jenis informasi tepi peta, sedangkan variabel bebas yang digunakan dalam penelitian ini adalah pengaturan kertas, dan penempatan informasi tepi peta. Pada penelitian ini disajikan enam variasi desain *layout* peta. Berikut ini adalah variasi desain *layout* peta yang dievaluasi pada penelitian ini :



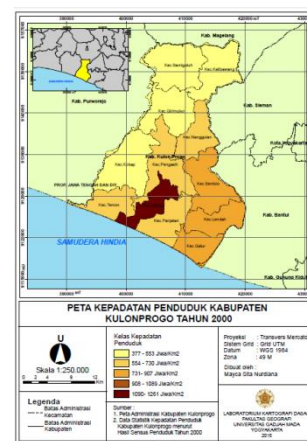
Gambar 3. Peta A



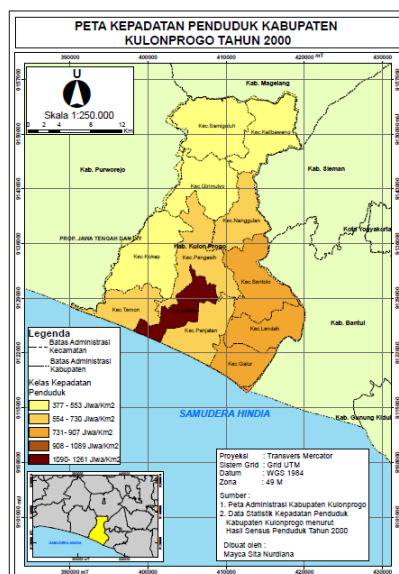
Gambar 4. Peta B



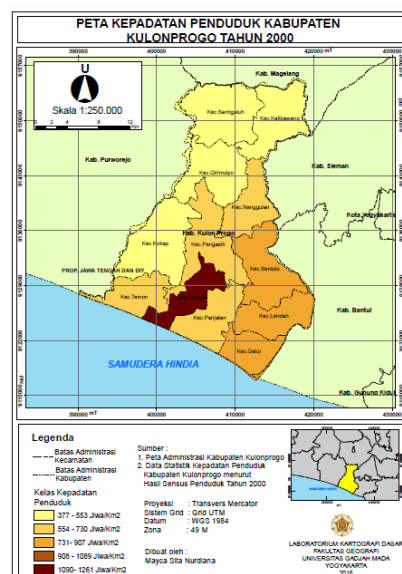
Gambar 5. Peta C



Gambar 6. Peta D

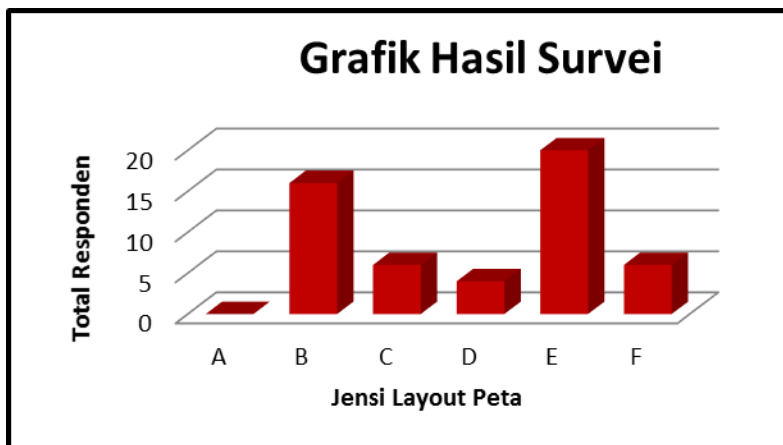


Gambar 7. Peta E



Gambar 8. Peta F

Responden dalam penelitian ini adalah akademisi yang mengerti mengenai peta dan kartografi yakni mahasiswa Fakultas Geografi UGM. Total responden yang memberikan penilaian terhadap desain peta tematik yang dibuat pada penelitian ini adalah 41 responden. Berikut ini adalah grafik yang merepresentasikan mengenai pemilihan desain *layout* peta yang dianggap paling seimbang oleh responden :



Gambar 9. Grafik Perbandingan Pemilihan Peta oleh Responden

Grafik hasil survei pemilihan desain dan layout peta yang paling seimbang menurut responden, diantara enam variasi peta yang disajikan dalam penelitian jenis peta E merupakan peta dengan jumlah terbanyak yang dipilih sebesar 20 responden. Sedangkan peta terkecil yang dipilih responden ialah peta layout A dengan jumlah resonden tidak ada yang memiliki sama sekali. Peta E memiliki jumlah pemilih responden tertinggi karena pada peta E memiliki tampilan layout peta yang tidak kaku, dapat memanfaatkan muka peta yang masih kosong untuk diletakkan informasi tepi peta, dan tampilan *visual center*, dimana informasi utama yang disajikan dalam peta berada pada posisi yang tepat. Sehingga pembaca dapat langsung mengamati informasi utama yang akan disampaikan oleh pembuat peta. Tampilan peta E memiliki layout peta dengan bentuk yang memanjang ke bawah atau *potrait* yakni, mempertimbangkan bentuk wilayah dari daerah yang dipetakan. Walaupun peta E memiliki jumlah pemilih responden tertinggi, tetapi peta E terdapat beberapa kekurangan dalam hal keseimbangan desain dan tata letak peta. Salah satu kekurangan yang perlu menjadi perhatian pada tampilan tata letak peta E yakni, *lettering* (ukuran, jenis huruf) informasi tepi yang masih terlalu besar sehingga antara informasi utama dan informasi tepi tidak memiliki tampilan seimbang. Sedangkan pada peta lainnya seperti apda peta A tidak memuat informasi tepi peta sehingga pembaca peta sulit untuk mengetahui informasi yang disampaikan dalam peta A. Dengan demikian, diantara enam variasi peta peta E memiliki tampilan dengan parameter keseimbangan antara informasi utama dan informasi yang mendekati seimbang, akan tetapi dalam melakukan desain dan layout peta mempertimbangkan faktor kesenian, keindahan, kejelasan, dan keseimbangan.

5. KESIMPULAN

Peta yang memiliki tampilan peta yang mendekati seimbang antara informasi peta dan informasi tepi peta yakni peta E yang memiliki tampilan tidak kaku dan memiliki kesesuaian anatar informasi utama peta dan muka peta. Sehingga pada peta E pembaca peta lebih mudah membaca informasi yang disajikan pengguna peta secara jelas.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kepada repsonden yang telah membantu dalam memberikan saran dan kritik terhadap tata letak peta dan PUSPIC yang memberikan kesempatan untuk mengikuti rangkaian acara Simposium 2015.

DAFTAR PUSTAKA

I.C.A. 1984. *Basic Cartography Design*. Hampshire : BAS Printers Limited.

Sukwardjono dkk. 1997. *Kartografi Dasar*. Yogyakarta : Fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada

VISUALISASI DAN ANALISIS *SPATIO TEMPORAL* UNTUK EVALUASI ZONASI TATA RUANG DENGAN *GOOGLE EARTH ENGINE* (STUDI KASUS: KABUPATEN SLEMAN, DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA)

Aditya Sanjaya¹, Rahmah Devi Hapsari¹, Trias Aditya²

¹:Mahasiswa S1 Departemen Teknik Geodesi

²:Staff pengajar Departemen Teknik Geodesi

Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, Jalan Grafika No. 02 Yogyakarta,
aditya.sanjaya@mail.ugm.ac.id, hapsari.rahmahdevi@gmail.com, triasaditya@ugm.ac.id

*Corresponding author: aditya.sanjaya@mail.ugm.ac.id

ABSTRAK

Konversi wilayah rural menjadi urban mengalami kenaikan yang sangat pesat akibat pertumbuhan penduduk dan perkembangan kota. Salah satu contoh pembangunan perkotaan yang pesat berada di Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta yang merupakan pusat pendidikan dan pertumbuhan ekonomi di Yogyakarta. Sayangnya, tidak sepenuhnya diketahui apakah perkembangan yang pesat tersebut tidak sesuai dengan prinsip tata ruang yang berketahanan terhadap bencana dan iklim, pro terhadap kelestarian lingkungan dan memiliki legalitas hukum/kebijakan pemerintah berupa Perda atau Undang-Undang. Ketidaksesuaian itu dapat terjadi karena seringkali konversi wilayah rural menjadi urban tidak mengindahkan aspek-aspek teknis dalam memenuhi spesifikasi dari tata ruang daerah. Jika konversi wilayah rural menjadi urban tersebut tidak segera ditata maka keadaan tata ruang di Kabupaten Sleman akan semakin tidak teratur. Oleh karena itu, diperlukan evaluasi pertambahan wilayah perkotaan di wilayah tersebut. Paper ini menjelaskan bahwa evaluasi pembangunan tersebut dapat dilakukan dengan menggunakan analisis informasi geospasial dari citra resolusi menengah memanfaatkan Google Earth Engine. Analisis informasi geospasial dapat dilakukan dengan membuat tampilan animasi timelapse dan delineasi pertumbuhan kotadengan bantuan Google Earth Engine memanfaatkan data multitemporal dengan *epoch* yang berbeda dalam kurun waktu dua puluh tahun sesuai Peraturan Daerah No. 12 Tahun 2012 Kabupaten Sleman tentang RTRW. Data citra diambil pada kurun waktu 2011-2015. Analisis informasi geospasial dapat dikombinasikan dengan data-data sekunder dari Badan Pertanahan Nasional, BAPPEDA, BPS, maupun BPBD serta peraturan-peraturan daerah mengenai tata ruang kawasan untuk membandingkan perubahan yg terjadi terhadap zonasi tata ruang Kabupaten Sleman yang ada. Perbandingan tersebut dihasilkan dengan analisis spasial (*overlay, clip, intersect, buffer, query, union, merge* yang dapat dipilih atau dikombinasikan) menggunakan *software* Earth Engine dan disajikan menggunakan QGIS. Zonasi ini dapat direpresentasikan dalam bentuk peta yang lebih mudah dipahami oleh orang awam sehingga informasi tentang evaluasi kesesuaian konversi lahan yang terjadi. Peta zona ketidaksesuaian ini dapat digunakan sebagai kontrol oleh pemerintah Kabupaten Sleman dalam mengambil keputusan/kebijakan terkait penataan ruang di Kabupaten Sleman.

KATA KUNCI: analisis informasi geospasial, konversi lahan, pembangunan tata ruang, zonasi.

1. PENDAHULUAN

Konversi lahan dapat diartikan sebagai berubahnya fungsi sebagian atau seluruh kawasan dari fungsinya semula. Misalnya: perubahan dari lahan pertanian menjadi lahan pemukiman. Konversi lahan saat ini mengalami perkembangan yang sangat pesat. Hal ini terlihat dari banyaknya wilayah rural yang berubah menjadi wilayah urban (perkotaan). Perubahan tersebut seringkali menimbulkan efek negatif berupa wilayah yang tidak tertata. Sebaiknya, jika dilakukan konversi wilayah atau perubahan wilayah harus sesuai dengan prinsip tata ruang yang baik. Prinsip tata ruang yang baik yaitu berketahanan terhadap bencana dan iklim, pro terhadap kelestarian lingkungan dan memiliki legalitas hukum/kebijakan pemerintah berupa Perda atau Undang-Undang. Selain itu, konversi wilayah harus memperhatikan aspek-aspek teknis yang memenuhi spesifikasi tata ruang yang telah ditentukan. Berdasarkan Pasal 8 Ayat (5) Undang-Undang Nomor 26 Tahun 2007 tentang Penataan Ruang, aspek-aspek teknis tersebut dinyatakan sebagai “pedoman bidang penataan ruang” yang mencakup norma, standar, dan manual dalam bidang penataan ruang.

Penataan ruang menurut Peraturan Daerah Nomor 12 Tahun 2012 Pasal 1 Ayat (9) tentang RTRW Kabupaten Sleman adalah suatu sistem proses perencanaan tata ruang, pemanfaatan ruang dan pengendalian pemanfaatan ruang. Penataan ruang, khususnya di Kabupaten Sleman tertuang dalam Rencana Tata Ruang Wilayah Kabupaten Sleman Tahun 2011-2031. Menurut Perda tersebut kawasan di Kabupaten Sleman umumnya dibagi menjadi dua yaitu kawasan perkotaan dan kawasan pedesaan. Kawasan perkotaan adalah wilayah yang mempunyai kegiatan utama bukan pertanian dengan susunan fungsi kawasan sebagai tempat permukiman perkotaan, pemusatan dan distribusi pelayanan jasa pemerintahan, pelayanan sosial dan kegiatan ekonomi. Sedangkan, kawasan pedesaan adalah wilayah yang mempunyai kegiatan utama

pertanian, termasuk pengelolaan sumber daya alam dengan susunan fungsi kawasan sebagai tempat permukiman perdesaan, pelayanan jasa pemerintahan, pelayanan sosial dan kegiatan ekonomi. Kawasan yang termasuk kawasan perkotaan di Kabupaten Sleman meliputi Kecamatan Gamping (Desa Ambarketawang, Desa Banyuraden, Desa Nogotirto, Desa Trihanggo), Kecamatan Godean (Desa Sidoarum), Kecamatan Mlati (Desa Sendangadi, Desa Sinduadi), Kecamatan Depok (Desa Caturtunggal, Desa Maguwoharjo, Desa Condongcatur), Kecamatan Ngemplak (Desa Wedomartani), dan Kecamatan Ngaglik (Desa Sariharjo, Desa Sinduharjo, Desa Minomartani).

Perkembangan kawasan tersebut harus terus dipantau dan dievaluasi untuk mengetahui ke arah mana pembangunan direncanakan sehingga dapat diprediksi kemajuannya. Evaluasi tata ruang dapat dilakukan dengan berbagai macam cara salah satunya dengan analisis informasi geospasial.

Analisis informasi geospasial yang marak saat ini adalah analisis spatio temporal dengan melibatkan parameter ruang dan waktu (4D). Sehingga data spasial dapat dimonitor pada rentang waktu tertentu secara bertahap dan dapat dilihat perubahannya baik itu secara real time maupun tidak. Hasil dari analisis tersebut dapat divisualisasikan sebagai peta zonasi tata ruang yang dapat dengan mudah dipahami oleh berbagai pihak. Hal ini karena peta menyajikan informasi dengan singkat, padat dan jelas tetapi tidak meninggalkan unsur-unsur penting dari informasi tersebut.

2. STUDI AREA PENELITIAN

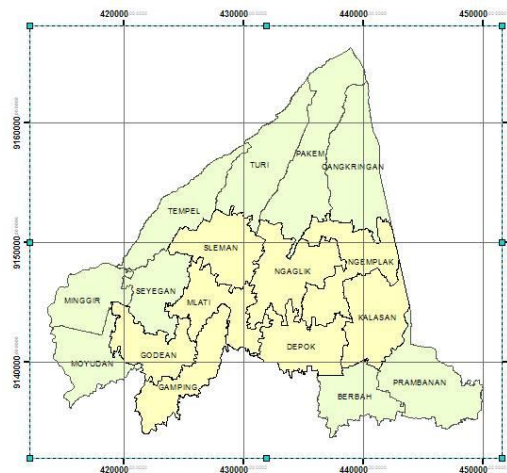
Secara geografis, Kabupaten Sleman terletak diantara 110° 33' 00" dan 110° 13' 00" BT, 7° 34' 51" dan 7° 47' 30" LS. Wilayah Kabupaten Sleman sebelah utara berbatasan dengan Kabupaten Boyolali, Provinsi Jawa Tengah, sebelah timur berbatasan dengan Kabupaten Klaten, Provinsi Jawa Tengah, sebelah barat berbatasan dengan Kabupaten Kulonprogo, Provinsi DIY dan Kabupaten Magelang, Provinsi Jawa Tengah, serta sebelah selatan berbatasan dengan Kota Yogyakarta, Kabupaten Bantul dan Kabupaten Gunung Kidul, Provinsi DIY. Luas wilayah Kabupaten Sleman adalah 57.482 Hektar atau sekitar 18% dari luas Provinsi DIY. Secara administratif terdiri dari 17 wilayah kecamatan, 86 desa dan 1212 dusun. Sementara itu hampir setengah dari luas wilayah Kabupaten Sleman merupakan tanah pertanian yang subur dengan didukung irigasi teknis di bagian barat dan selatan. Keadaan jenis tanahnya dibedakan atas sawah, tegal, pekarangan, hutan dan lain-lain. Perkembangan penggunaan tanah selama lima tahun terakhir menunjukkan jenis sawah turun rata-rata per tahun sebesar 0,96%, tegalan naik 0,82%, pekarangan naik 0,31% dan lain-lain turun 1,57%. (Sub. Dinas Pertanian Tanaman Pangan dan Holtikultura). Berdasarkan karakteristik sumber daya yang ada terbagi menjadi empat wilayah, yaitu:

- Kawasan Lereng Gunung Merapi, dimulai dari jalan yang menghubungkan Kota Tempel, Turi, Pakem dan Cangkringan sampai dengan puncak Gunung Merapi. Wilayah ini merupakan sumber daya air dan ekowisata yang berorientasi pada Gunung Merapi dan ekosistemnya.
- Kawasan Timur yang meliputi Kecamatan Prambanan, sebagian kecamatan Kalasan dan Kecamatan Berbah. Wilayah ini merupakan tempat peninggalan purbakala (candi) yang merupakan pusat wisata budaya dan daerah lahan kering serta sumber bahan batu putih.
- Wilayah Tengah yaitu wilayah aglomerasi Kota Yogyakarta yang meliputi Kecamatan Mlati, Sleman, Ngaglik, Ngemplak, Depok dan Gamping. Wilayah ini merupakan pusat pendidikan, perdagangan dan jasa.
- Wilayah Barat meliputi Kecamatan Godean, Minggir, Seyegan dan Moyudan merupakan daerah pertanian lahan basah yang tersedia cukup air dan sumber bahan baku kegiatan industri kerajinan mendong, bambu serta gerabah.

Sedangkan, berdasarkan pusat-pusat pertumbuhan wilayah Kabupaten Sleman merupakan wilayah hulu kota Yogyakarta berdasar letak kota dan mobilitas kegiatan masyarakat, dapat dibedakan fungsi kota sebagai berikut:

- a. Wilayah aglomerasi (perkembangan kota dalam kawasan tertentu). Karena perkembangan Kota Yogyakarta maka kota-kota yang berbatasan dengan Kota Yogyakarta yaitu Kecamatan Depok, Gamping, serta sebagian wilayah Kecamatan Ngaglik dan Mlati merupakan wilayah aglomerasi Kota Yogyakarta.
- b. Sub-urban (wilayah perbatasan antar desa dan kota). Kecamatan Godean, Sleman dan Ngaglik terletak agak jauh dari Kota Yogyakarta dan berkembang menjadi tujuan atau arah kegiatan masyarakat di wilayah kecamatan sekitarnya sehingga menjadi pusat pertumbuhan dan merupakan wilayah sub-urban.
- c. Wilayah fungsi khusus/wilayah penyangga (*buffer zone*). Kota Kecamatan Tempel, Pakem dan Prambanan merupakan kota pusat pertumbuhan bagi wilayah sekitarnya dan merupakan pendukung dan batas perkembangan kota ditinjau dari Kota Yogyakarta.

Studi area penelitian dilakukan di wilayah perkotaan Kabupaten Sleman yang meliputi Kecamatan Mlati, Kecamatan Ngaglik, Kecamatan Kalasan, Kecamatan Gamping, Kecamatan Ngemplak, Kecamatan Godean, Kecamatan Sleman dan Kecamatan Depok.

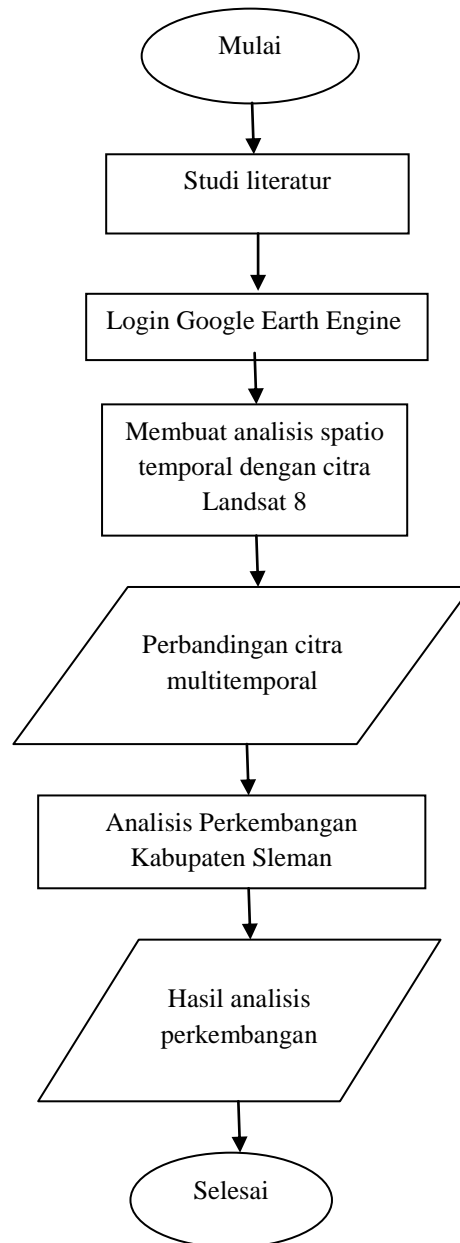


Gambar 1. Studi Area Penelitian

Pemilihan studi area penelitian didasarkan pada pusat pertumbuhan wilayah Kabupaten Sleman yang merupakan wilayah sub-urban dan wilayah aglomerasi Kota Yogyakarta. Luas studi area penelitian adalah 25.694, 36 Ha yang terbagi menjadi sepuluh wilayah kecamatan.

3. DATA DAN METODOLOGI PENELITIAN

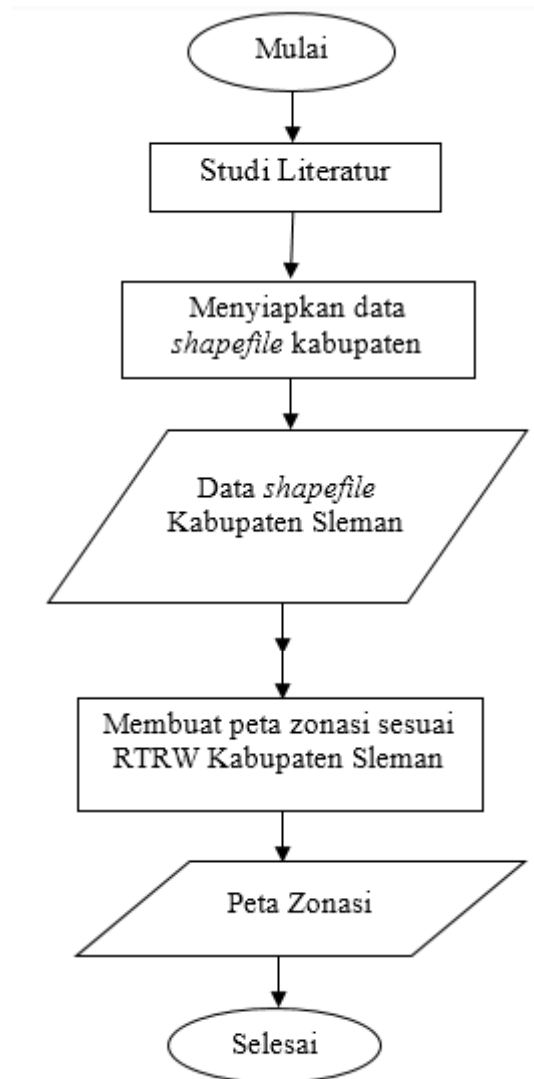
Penelitian ini menggunakan data berupa citra Landsat 8 multitemporal, Undang-Undang No. 26 Tahun 2007, Perda Nomor 12 Tahun 2012 tentang RTRW Kabupaten Sleman, Petunjuk Teknis Pelaksanaan RTRW Daerah data Open Street Map dan data statistik Kabupaten Sleman.



Gambar 2. Diagram Alir Analisis Spatio Temporal

Penjelasan dari diagram alir analisis spatio temporal adalah sebagai berikut:

- Studi Literatur dilakukan dengan mempelajari Google Earth Engine.
- Masuk (sign in) pada Google Earth Engine melalui web <http://ee-api.appspot.com>. Jika belum terdaftar harus melakukan pendaftaran terlebih dahulu.
- Bekerja dengan Google Earth Engine yaitu dengan formulasi *script* untuk menentukan area cakupan, citra yang digunakan dan waktu perekaman citra. Setelah itu, melakukan *editing script* agar menghasilkan citra komposit yang menunjukkan daerah rural menjadi daerah urban di studi area.
- Membandingkan citra multitemporal yang didapat dari editing script pada Google Earth Engine sehingga dapat dilakukan analisis visual arah perkembangan kawasan urban Kabupaten Sleman setiap tahunnya (penelitian ini mengambil sampel rentang waktu dari tahun 2011-2015). Hasil interpretasi tersebut dapat dijadikan sebagai acuan untuk melakukan evaluasi kesesuaian pembangunan Kabupaten Sleman saat ini terutama pada kawasan rural yang berkembang menjadi kawasan urban.



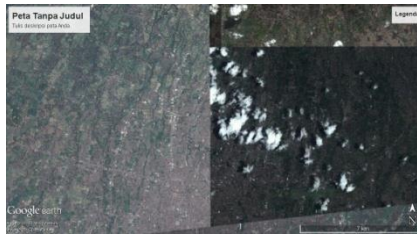
Gambar 3. Diagram Alir Pembuatan Peta Zonasi Kabupaten Sleman

Penjelasan dari diagram alir pembuatan peta zonasi adalah sebagai berikut:

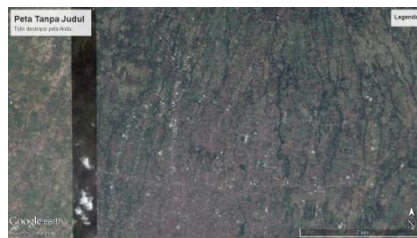
- Studi Literatur dilakukan dengan mempelajari Undang-Undang No. 26 Tahun 2007, Perda Nomor 12 Tahun 2012 tentang RTRW Kabupaten Sleman, Petunjuk Teknis Pelaksanaan RTRW Daerah.
- Pembuatan peta zonasi diawali dengan menyiapkan data-data berupa *shapefile* Kabupaten Sleman. *Shapefile* ini meliputi kawasan pendidikan, pemukiman, fasilitas-fasilitas kesehatan, Daerah Aliran Sungai (DAS), industri, komersial, daerah pertanian dan Ruang Terbuka Hijau (RTH).
- Pembuatan peta zonasi dilakukan dengan data-data yang sudah diperoleh. Pengolahan data menggunakan aplikasi GIS Open Source yaitu QGIS. QGIS yang digunakan adalah QGIS versi 2.12.0-Lyon. Diawali dengan melakukan *Clip* untuk data-data penutup lahan agar sesuai dengan studi area. Langkah selanjutnya adalah memastikan sistem proyeksi sama (WGS 84/UTM Zone 49S). Melakukan *Buffer* (batasan area) sesuai dengan petunjuk teknis pelaksanaan RTRW Daerah untuk membuat zonasi-zonasi pada masing-masing data *shapefile* sehingga didapatkan visualisasi zonasi Kabupaten Sleman.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

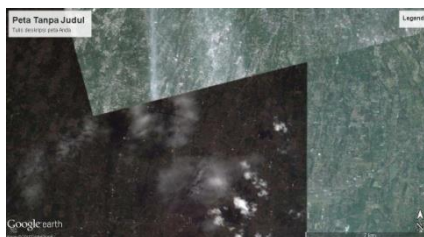
- a. Hasil Evaluasi Citra dengan menggunakan Google Earth Engine



Gambar 4. Citra Tahun 2011



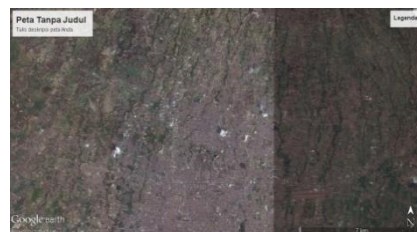
Gambar 5. Citra Tahun 2012



Gambar 6. Citra Tahun 2013



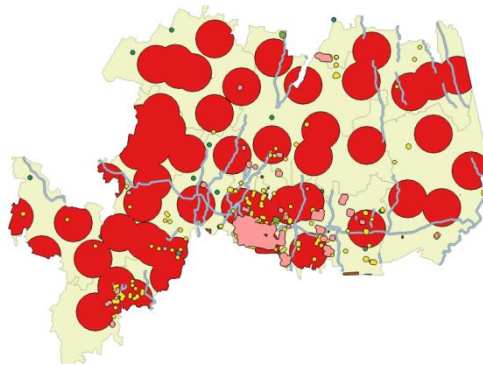
Gambar 7. Citra Tahun 2014



Gambar 8. Citra Tahun 2015

Dari data-data citra yang didapatkan dengan menganalisa citra per tahun pada rentang waktu 2011-2015 tersebut terlihat secara signifikan perubahan terhadap aspek citra pada daerah pemukiman dan daerah pembangunan urban maupun sub urban. Daerah pemukiman semakin lama dari tahun ke tahun mengalami pertumbuhan dan penambahan pada dua kawasan tersebut yaitu: kawasan urban (perkotaan) dan kawasan sub-urban

b. Hasil Peta Zonasi Citra Kabupaten Sleman (pada studi area)



Gambar 9. Contoh peta zonasi kawasan studi area

Pelaksanaan pembuatan peta zonasi ini menggunakan fitur *buffer* dari titik pusat fitur yang akan dibuat zonasinya misalnya permukiman, pendidikan, industri, kesehatan, komersial dan daerah aliran sungai. *Buffer* yang dilakukan disesuaikan dengan petunjuk teknis pelaksanaan RTRW Daerah serta interpretasi dari penulis.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian berupa analisis *spatio temporal* menggunakan *Google Earth Engine* dapat jabarkan bahwa terjadi perubahan tata ruang pada kawasan studi area. Perubahan tata ruang ini mengarah ke utara yang menggambarkan arah perkembangan kawasan urban dan sub-urban Kabupaten Sleman. Perubahan tersebut kemudian dibuat zonasi sebagai acuan untuk melakukan perencanaan pembangunan ke depannya. Zonasi memudahkan kegiatan kontrol dan evaluasi terhadap kegiatan pembangunan kawasan rural menjadi kawasan sub urban atau urban.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada dosen yang telah membimbing, keluarga besar Departemen Teknik Geodesi Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada serta pihak-pihak yang telah membantu selama pengerjaan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Pemerintah Kabupaten Sleman. -. Letak dan Luas Wilayah. <http://www.slemankab.go.id/profil-kabupaten-sleman/geografi/letak-dan-luas-wilayah>. Diakses melalui world wide web pada 6 nov 2015 pukul 20.33
- Pemerintah Kabupaten Sleman. -. Wilayah Administratif. <http://www.slemankab.go.id/wilayah-administratif>. Diakses melalui world wide web pada 6 nov 2015 pukul 20.34
- Pemerintah Kabupaten Sleman. -. Karakteristik Wilayah. <http://www.slemankab.go.id/profil-kabupaten-sleman/geografi/karakteristik-wilayah>. Diakses melalui world wide web pada 6 nov 2015 pukul 20.41
- Pemerintah Kabupaten Sleman. -. Topografi. <http://www.slemankab.go.id/profil-kabupaten-sleman/geografi/topografi>. Diakses melalui world wide web pada 6 nov 2015 pukul 20.36
- Peraturan Daerah Nomor 12 Tahun 2012 tentang RTRW Kabupaten Sleman
- Undang-Undang Nomor 26 Tahun 2007 tentang Penataan Ruang.

PETA INFOGRAFIS SEBAGAI MEDIA VISUALISASI DALAM OPTIMALISASI PENGGUNAAN PETA NASIONAL

Fithrothul Khikmah^{1,2}

¹ PUSPICS Fakultas Geografi UGM, Sekip Utara, Sleman, Yogyakarta 55281

² Prodi Kartografi dan Penginderaan Jauh, Fakultas Geografi UGM, Sekip Utara, Sleman, Yogyakarta 55281
Email: fithrothul.khikmah@mail.ugm.ac.id

*Corresponding author: fithrothul.khikmah@mail.ugm.ac.id

ABSTRAK

Peta merupakan gambaran sebagian dari kenampakan permukaan bumi pada bidang datar yang diskalakan. Peta berfungsi sebagai media komunikasi antara pembuat peta dengan pengguna peta sehingga informasi yang dimaksudkan pembuat peta dapat tersampaikan dengan baik. Ciri-ciri peta yang representatif antara lain mudah dibaca, dipahami, ditafsirkan, dan dianalisa. Agar peta yang dihasilkan representatif, peta disajikan dengan desain yang menarik dan menggunakan kaidah kartografi yang benar. Teknik penyajian peta yang belum banyak diterapkan di Indonesia adalah visualisasi dalam bentuk peta infografis. Infografis adalah suatu bentuk penyajian data dengan konsep visual yang terdiri dari teks dengan tambahan gambar atau ilustrasi yang menarik. Di Indonesia, penggunaan peta belum optimal. Sebagian kalangan masih terbiasa bertanya kepada sesama manusia pada menggunakan peta. Padahal peta merupakan suatu alat atau media yang sangat penting bagi manusia karena menunjukkan suatu lokasi. Oleh karena itu, diperlukan penyajian peta untuk mendukung penggunaan peta yang optimal secara nasional. Penelitian ini bertujuan untuk (1) membuat desain simbol untuk peta infografis berupa titik, garis, dan area. (2) Menyajikan simbol dalam bentuk Peta Infografis. Penelitian dilakukan dengan metode kualitatif dan melalui tiga tahap, yaitu tahap praproduksi, tahap desain, dan tahap produksi. Kegiatan tahap praproduksi meliputi pengumpulan referensi dari berbagai sumber mengenai visualisasi infografis, desain simbol, dan pengumpulan data yang akan disajikan dalam bentuk peta. Referensi dan data ini digunakan sebagai dasar pembuatan desain simbol dan desain peta. Peta hasil penelitian merupakan contoh representasi data dalam bentuk peta infografis yang siap pakai.

KATA KUNCI: peta infografis, visualisasi, representative

1. PENDAHULUAN

Peta merupakan media yang digunakan untuk visualisasi data keruangan (*geospatial*), yaitu data obyek atau fenomena di permukaan bumi yang memiliki lokasi dan atribut (Menno Jan Kraak dan Feerjan Ormeling, 2013). Fenomena di muka bumi memiliki karakteristik tertentu yang unik untuk direpresentasikan pada bidang datar. Karakteristik ini perlu diakomodasi sehingga peta atau visualisasi muka bumi dapat merepresentasikan sesuai kenyataan yang sebenarnya. Penggunaan kaidah kartografi sangat diperlukan untuk menghasilkan sajian peta yang lebih efektif dalam menyampaikan informasi geospasial. (Purwitasari, dkk. 2013).

Data geospasial yang tersedia belum maksimal penggunaannya sehingga perlu dimanfaatkan, diakses, ditata, dan divisualisasikan dalam bentuk peta. Selama ini peta belum menyentuh semua lini dan baru dimanfaatkan secara maksimal oleh kalangan tertentu. Penggunaan peta masih terbatas pada kalangan tertentu. Peta menunjukkan situasi di permukaan bumi. Desain peta menitikberatkan pada berbagai pilihan, metode pemetaan, variabel grafis (ukuran, nilai, kepadatan/besaran, warna, bentuk, dan arah). Penyajian di dalam kartografi merupakan proses yang kognitif yang berarti fenomena geospasial harus disajikan secara memadai. Kartografi berguna dalam menghilangkan berbagai kesalahan dalam model perpindahan informasi yang disajikan. "A picture is worth a thousand words", sebuah *quotes* yang banyak digunakan kartografi dan desainer visual. Otak manusia lebih mudah mengenali pola dan hubungan jika data dinyatakan dengan bentuk visual. Visualisasi merupakan aktivitas menuangkan atau menggambarkan suatu kenampakan ke suatu media. Peta merupakan media visualisasi. Menurut MacEachren visualisasi merupakan suatu cara pandang baru tentang aplikasi kartografi yang memperhatikan komunikasi visual dengan berpikir visual secara seimbang. Visualisasi kartografis adalah visualisasi data dan informasi keruangan dengan menggunakan peta sebagai alat utama (MacEachren, 1994). Dalam komunitas kartografi internasional telah diterima bahwa visualisasi berkaitan erat hubungannya dengan kartografi dan memiliki pengaruh besar dalam kartografi yang merupakan suatu perkembangan independen (Taylor, 1994). Penggunaan peta yang multifungsi dan

menjadi kebutuhan wajib bagi beberapa kalangan mengharuskan kartografi semakin berkembang. Kebutuhan desain dan visualisasi kartografis bersama unsur keruangan juga diwajibkan terus berkembang (Handoyo, 2009).

Salah satu bentuk visualisasi peta yang belum banyak digunakan adalah visualisasi peta infografis. Infografis merupakan representasi grafis secara visual dari informasi secara jelas yang menggunakan dukungan dari komputer. Dalam dunia pendidikan integrasi dari media yang berbeda ke dalam diagram sederhana, seperti teks, gambar, simbol, dan skema. Infografis juga dikenal sebagai "information merupakan sebuah teknik baru dari visualisasi data. Peta infografis merupakan penyajian peta tematik dalam bentuk infografis.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Kartografi merupakan ilmu faktual mengenai pembuatan peta dengan akurasi tinggi (Internasional Cartographic Association Working Group, 1992). Akurasi ini diperoleh melalui pengukuran berdasarkan model matematis dalam membantu memindahkan gambaran atau fenomena di muka bumi pada bidang datar secara akurat. Pesatnya kemajuan teknologi menyebabkan subyek dan obyek kartografi mengalami perkembangan selama tiga dasawarsa 10 tahun. Perkembangan ini merupakan buah dari kemajuan berbagai disiplin ilmu yang berhubungan dengan kartografi, seperti kemajuan teknologi komputer, penginderaan jauh, dan sistem penentuan posisi melalui satelit (antara lain GPS), dan perkembangan teknologi internet.

Kaidah kartografis merupakan ketentuan yang menjadi acuan dalam desain dan visualisasi peta. Kraak dan Orneling (2013) menyebut kaidah kartografis dengan istilah *cartographic grammar* atau *cartographic rules* yang bermanfaat dalam menggambarkan informasi bumi ke dalam simbol grafis. Selain kaidah kartografi, pembuatan peta juga tidak bisa lepas dari seni. Seni dalam membuat peta merupakan bagian yang tidak terpisahkan sehingga dikenal pula desain peta untuk dapat menghasilkan peta yang baik dan efektif. Perancangan untuk menyajikan fenomena geografis dalam komposisi grafis disebut dengan desain peta yang merupakan identitas disiplin ilmu kartografi (Bos, 1982). Desain peta bertujuan untuk efektivitas pembuatan dan penggunaan peta, baik analog maupun digital. penerapan kaidah kartografis dengan benar akan menghindarkan kesalahan dan kegagalan desain. Eked dalam Wood (1979), pada tahun 1908 menuliskan problematika desain peta: "Seni menggambarkan peta disebut sebagai kartografi. Ini merupakan seni teknis yang dipandu dan dimantapkan oleh kaidah ilmiah meskipun teori matematis yang rumit sebaiknya dihindari." Pandangan ini kemudian disebut sebagai pandangan modern karena masih relevan hingga saat ini. "Seni" lebih menonjol meskipun dilandasi dengan kaidah ilmiah dan generalisasi.

Peta merupakan model grafis tentang aspek keruangan dan realitas yang menyajikan fenomena spasial. Peta juga digunakan sebagai alat untuk memahami potensi suatu wilayah oleh geograf, perencana, sejarawan, ekonom, petani, dan berbagai kalangan lainnya. Sebagai media visualisasi informasi keruangan, peta memiliki beberapa karakteristik dasar (Robinson dkk, 1985), salah satunya adalah menyajikan realitas bumi melalui perlambangan karakteristik fenomena spasial yang disebut simbol kartografis.

Perancangan untuk menyajikan fenomena geografis dalam komposisi grafis disebut dengan desain peta yang merupakan identitas disiplin ilmu kartografi (Bos, 1982). Desain peta bertujuan untuk efektivitas pembuatan dan penggunaan peta, baik analog maupun digital. penerapan kaidah kartografis dengan benar akan menghindarkan kesalahan dan kegagalan desain.

3. METODOLOGI

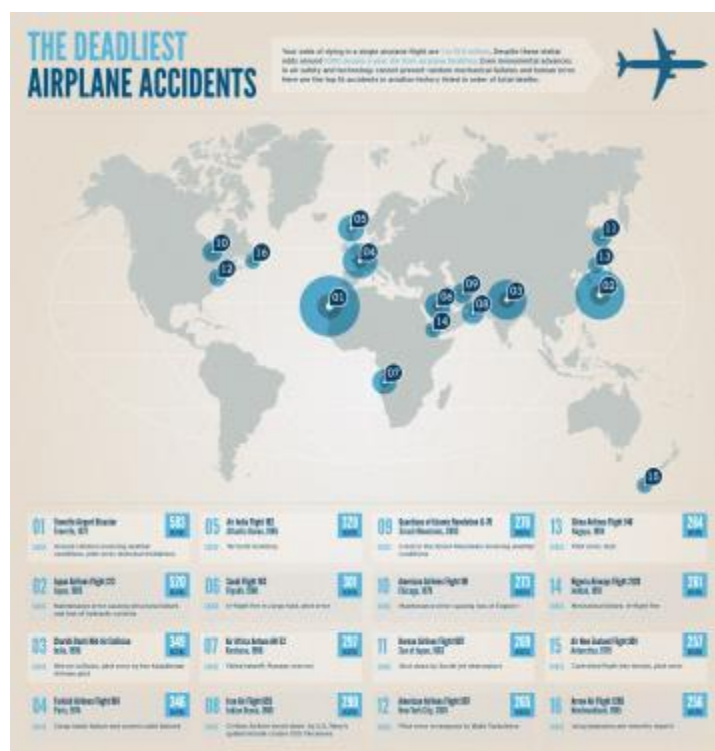
Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah kualitatif melalui 3 tahap, yaitu praproduksi, tahap desain, dan tahap produksi peta. Kegiatan yang dilakukan pada tahap praproduksi meliputi pengumpulan referensi dari berbagai sumber mengenai visualisasi infografis, desain simbol, dan pengumpulan data yang akan disajikan dalam bentuk peta. Peta referensi diperoleh dari berbagai website yang menyajikan contoh peta infografis dari luar negeri. Website yang digunakan meliputi www.mappinglondon.uk, <http://piktochart.com/>, <http://www.travelinsurance.org>, <http://thumbs.dreamstime.com>, <http://www.grant-thornton.co.uk>. Penggunaan referensi yang berasal dari luar negeri karena visualisasi peta di luar negeri lebih maju. Referensi dan data ini digunakan sebagai dasar pembuatan desain simbol dan desain peta. Pembuatan simbol peta dilakukan dengan menggunakan software desain grafis, yaitu corel draw x5. Layouting muka peta menggunakan software Geographic Information Systems (GIS), yaitu ArcGis 10.2.

Penggabungan software desain grafis dan GIS dilakukan untuk menghasilkan visualisasi yang lebih beragam. Software GIS memberikan presisi dan akurasi kebumihan yang lebih tinggi sementara software desain grafis menghasilkan visualisasi yang lebih menarik. Tahap produksi merupakan tahap pencetakan contoh peta infografis. Peta hasil penelitian merupakan contoh representasi data dalam bentuk peta infografis yang siap pakai.

4. PEMBAHASAN

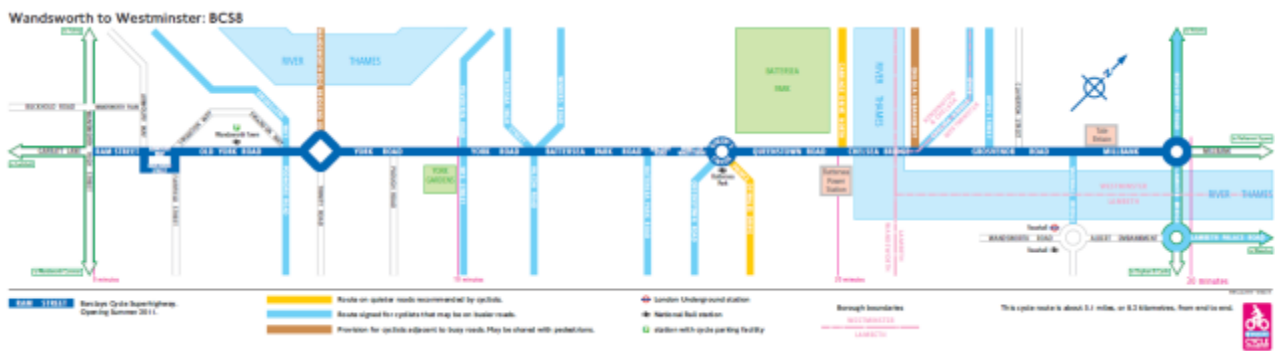
Peta infografis memvisualisasikan data statistik ke dalam unsur keruangan dengan tampilan yang lebih unik dan menarik. Desain visual simbol dan muka peta tidak monoton seperti peta tematik formal, melainkan mempertimbangkan variabel visual yang lebih beragam. Variabel warna yang digunakan lebih beragam/bervariasi untuk menghasilkan simbol yang representatif. Bentuk simbol unik, meliputi simbol geometri dan piktorial yang dinyatakan tidak monoton. Variabel ukuran digunakan bukan semata mencerminkan ukuran data, tetapi juga untuk kepentingan visual. Variabel visual lain tetap digunakan sesuai fungsinya. Kaidah kartografi tetap digunakan dalam memvisualisasikan peta, namun pada pembuatan peta infografis desain visual lebih diutamakan. Skala dan ukuran data mutlak diperhartikan untuk merepresentasikan fenomena di muka bumi ke dalam aspek spasial yang mempertimbangkan visualisasi.

Desain simbol dilakukan untuk merepresenasikan data ke dalam bentuk gambar sehingga lebih mudah dibaca. Perbedaan dalam simbol merupakan karakteristik yang sangat penting yang menunjukkan tanda-tanda geografis dan bahasa geografis. Data yang divisualisasikan mengacu pada obyek dan fenomena nyata di bumi. Tiga jenis simbol, yaitu titik, garis, dan bidang digunakan untuk merepresentasikan obyek yang beragam. Contoh peta infografis dalam bentuk titik adalah peta titik kecelakaan pesawat terbang di dunia. Pada peta ini tidak cukup dipetakan lokasi terjasi kecelakaan, namun terdapat tambahan informasi lain yaitu, nama pesawat, kota dan negara, tahun terjadinya kecelakaan, dan penyebab kecelakaan. Infografis ini berfungsi dalam menyatakan informasi utama dan tambahan pada satu peta.



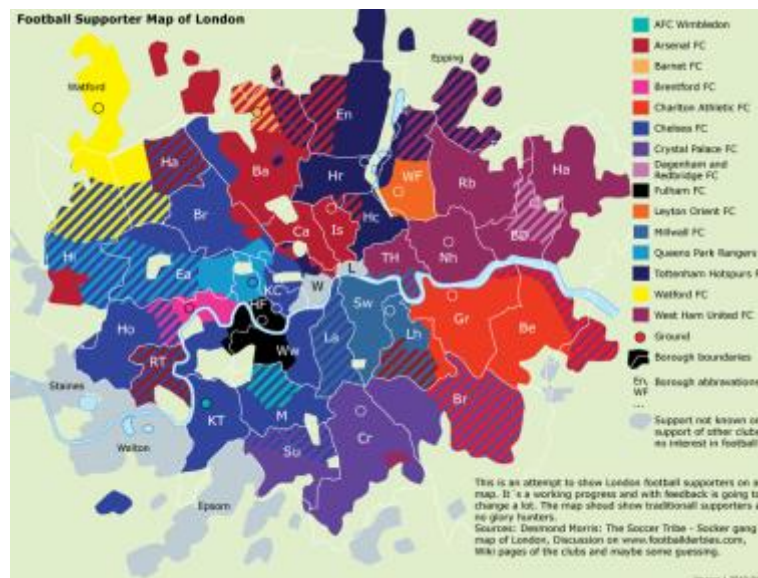
Gambar 1. Model Peta Infografis menggunakan simbol titik: Peta Kasus Kecelakaan Pesawat Terbang di Dunia. Sumber: <http://www.travelinsurance.org/wp-content/uploads/2009/11/DeadliestAirplanesFinal.jpg>

Contoh peta infografis dalam bentuk garis adalah peta rute penggunaan di London. Pada peta ini digambarkan secara jelas rute yang sebaiknya dilewati oleh pengguna sepeda yang sedang bersantai dan terburu-buru. Informasi jalan ditambah dengan informasi tempat di sekitar jalan sebagai pertimbangan bagi pengguna sepeda dalam memilih rute yang akan digunakan.



Gambar 2. Model Peta Infografis menggunakan simbol garis: Peta Pengguna Sepeda di London. Sumber: <http://mappinglondon.co.uk/wp-content/uploads/2011/02/bcs8.png>

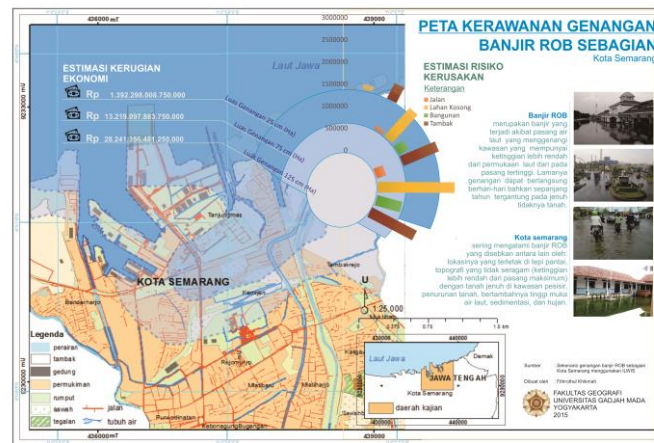
Contoh peta infografis dengan simbol bidang atau area adalah peta supporter tim sepak bola di London. Variabel visual yang utama digunakan dalam peta ini adalah tekstur dan warna. Sekilas peta ini mirip dengan peta tematik yang biasa diproduksi di Indonesia. Perbedaan mendasar adalah penggunaan warna dan tekstur yang tajam dalam memvisualisasikan kecenderungan dukungan terhadap tim sepakbola



Gambar 3. Model Peta Infografis menggunakan simbol bidang/ area: Peta Supporter Sepak Bola di London. Sumber: http://mappinglondon.co.uk/wp-content/uploads/2011/03/london_footballsupporters.png

Peta infografis tidak selalu dinyatakan dalam bentuk diagram. Simbolisasi data bisa menggunakan sejumlah variabel visual dalam pembuatan simbol. Perbedaan dengan peta yang selama ini diproduksi di Indonesia adalah peta infografis menyajikan informasi secara visual lebih menarik dan memiliki informasi yang lebih kompleks. Penggunaan peta yang masih rendah di kalangan masyarakat Indonesia menunjukkan rendahnya kesadaran spasial masyarakatnya. Untuk dapat memfasilitasi masyarakat yang masih awam dengan peta adalah dengan menyajikan peta semudah mungkin untuk dibaca sehingga informasi yang ingin disampaikan pembuat peta lebih mudah ditangkap oleh pengguna peta.

Di bawah ini adalah peta hasil infografis dalam bentuk peta yang merupakan hasil penelitian. Peta ini menggambarkan estimasi dampak yang ditimbulkan oleh tiga skenario genangan banjir rob Semarang dengan kedalaman 25 cm, 75 cm, dan 125 cm. Peta ini dilengkapi dengan proyeksi kerugian ekonomi yang mungkin di terima oleh wilayah tersebut. Pembuatan peta memadukan software GIS dan desain grafis dalam pembuatan simbol. Software desain grafis digunakan untuk menyajikan simbol ke dalam bentuk yang lebih menarik.



Gambar 4. Model Peta Infografis menggunakan simbol bidang/ area: Peta Kerawanan Banjir ROB sebagian Kota Semarang.

Software GIS digunakan untuk menghasilkan peta yang dibuat berdasarkan kaidah kartografi dan memiliki tingkat presisi dan akurasi yang terpercaya. Untuk memperindah tampilan peta menggunakan software desain grafis sehingga peta yang dihasilkan lebih menjual dari segi visual. Tampilan visual peta sangat berpengaruh terhadap ketertarikan pengguna yang masih awan dengan peta. Hal ini penting karena sebagian masyarakat Indonesia belum terbiasa membaca peta. Pembuatan peta ke bentuk yang lebih menarik dan informatif, salah satunya adalah Peta Infografis penting dilakukan untuk menarik minat pembaca peta dan optimalisasi penggunaan peta secara nasional.

5. KESIMPULAN

Peta infografis merupakan peta yang lebih menekankan pada tampilan atau visual peta, tetapi tidak mengabaikan kaidah kartografi dalam pembuatannya. Simbol yang dapat digunakan disesuaikan dengan jenis data yang akan divisualisasikan, dapat berupa titik, garis, dan area, dan kombinasi dua atau ketiganya. Informasi yang disajikan tidak hanya informasi utama yang disajikan secara spasial, tetapi juga informasi tambahan yang mendukung peta ini. Informasi tambahan dapat berupa rincian utama informasi utama yang disajikan dalam bentuk teks, diagram, gambar, foto, maupun data statistik. Tampilan peta yang menarik secara visual dan informatif lebih menarik pembaca peta untuk membaca dan menggunakan peta.

DAFTAR PUSTAKA

- Bos, E.S., 1982, Another approach to the identity of cartography, *ITC Journal*, No. 2.
- Handoyo. (2009), Kaidah Kartografi: Sebuah Kontemplasi Profesi. Makalah disampaikan dalam Seminar Forum Teknis Atlas, BAKOSURTANAL, dan Saresehan Asosiasi Kartografi, Indonesia Jakarta, 8 Desember 2009.
- Kraak, Menno-Jan dan Ormeling, Ferjan. (2013), *Cartography: Visualization of Geospatial Data Second edition*, UGM Press, Yogyakarta.
- MacEachern, A.M. (2001), *Approaches to truth in geographic visualization*, Online article, Department of Geography, Penn State University, Pennsylvania, 1-6.
- Pratama, Rizkie D.; Yuahan, Umi L. & Purwitasari, D. 2013. Implementasi Pemodelan dan Visualisasi Peta Konsep Bercabang pada Sistem Tutor Cerdas. *Jurnal Teknik Pomits*. 2(1), 2301-2271.
- Robinson, A.H., R.D. Sale, J. Morrison, and P.C. Muehrcke. (1985), *Elements of cartography*, Fifth edition, John Wiley & Sons, New York, 11-16.
- Bos, E.S., 1982, Another approach to the identity of cartography, *ITC Journal*, No. 2.
- Purwitasari dkk. (2013), Implementasi Pemodelan dan Visualisasi Peta Konsep Bercabang pada Sistem Tutor Cerdas. *Jurnal Teknik Pomits*, (2)1, 2301-2271.
- MacEachern, A.M. (2001), *Approaches to truth in geographic visualization*, Online article, Department of Geography, Penn State University, Pennsylvania, 1-6.
- Robinson, A.H., R.D. Sale, J. Morrison, and P.C. Muehrcke. (1985), *Elements of cartography*, Fifth edition, John Wiley & Sons, New York, 11-16.

Handoyo. (2009), Kaidah Kartografis: Sebuah Kontemplasi Profesi. Makalah disampaikan dalam Seminar Forum Teknis Atlas, BAKOSURTANAL, dan Saresehan Asosiasi Kartografi, Indonesia Jakarta, 8 Desember 2009.

NOTULENSI DISKUSI SESI VISUALISASI KARTOGRAFI

Judul Makalah:

GENERALISASI KARTOGRAFIS PADA PETA RUPABUMI INDONESIA (RBI)
SKALA 1:25.000 MENJADI 1:50.000

Danang Budi Susetyo

Pertanyaan Oleh: Dirga Daniel, WWF

Apakah generalisasi kartografis apakah bisa digunakan pada peta tematik? Generalisasi RBI 50.000-25.000 , apakah bisa menggunakan skala lain untuk generalisasi?

Jawaban:

Misal skala terbesar 1:1.000 bisa menjadi 1:1.000.000 namun harus step by step. 1:5000 hanya bisa digeneralisasi menjadi 1:10.000, secara historis peta pernah digeneralisasi dari 1:50.000-1:100.000, ada pula dari peta skala 1:50.000-1:250.000. Pemetaan tematik: generalisasi untuk basemap, peta tematik dibuat untuk tujuan tertentu, skala dan temanya tertentu. Generalisasi bisa digunakan untuk base map.

Pertanyaan Oleh: Jefri

Bagaimana cara untuk meminimalisir distorsi?

Jawaban:

Kartografis: tampilan atau seni. *Displacement* contoh jalan batasnya $\frac{1}{2}$ batas jalan. Bangunan: lingkaran yang melingkupi bangunan tersebut tidak overlap. Distorsi angka tidak ada.

Pertanyaan Oleh:

Pernah ada kajian peta skala 1:25.000 ketelitiannya berapa, digeneralisasi jadi 1:50.000 ketelitiannya berapa?

Jawaban:

Ketelitian hanya ketelitian geometri, yang lainnya adalah ketelitian semantik. Penelitian ketelitian bisa dilakukan dengan mengecek lokasi objek pada saat sebelum dan sesudah generalisasi. Pengujian ketelitian peta hanya bisa pada database.

Judul Makalah:

PEMBUATAN PETA KECAMATAN PERBATASAN
INDONESIA - MALAYSIA

Gama Hirawan Utomo, Farid Yuniar dan Lulus Hidayatno

Pertanyaan Oleh: Devi, Geodesi UGM

Penggunaan datum yang berbeda antara malaysia-indonesia, ketika ditransformasikan dari datum indonesia bagaimana kualitasnya? Tidak semua perbatasan di Indonesia memiliki field Map, penyelesaiannya gimana?

Jawaban:

Ilmu perbatasan: aspek teknis dan aspek legal tidak sejalan. Pembuatan peta fieldplan bareng (join) antara malaysia dan indonesia. Secara kualitas, peta 2.500 hanya menampilkan peta akan agak susah. Kurang titik kontrol kurang (di indonesia) sedangkan di malaysia titik kontrol sudah banyak, sehingga digunakan datum malaysia (timbelay). Pemetaan koridor perbatasan menggunakan UAV untuk monitoring garis batas sehingga memiliki opsi skala kecil dan besar untuk menyelesaikan masalah.

Pertanyaan Oleh:

Kenapa yang diperhatikan hipsografi, kontur dan toponimi saja? Aspek manusianya bagaimana?

Jawaban:

Kesepakatan antara malaysia dan indonesia. Kenapa bukan manusia? Karena bukan ranahnya.

Judul Makalah:

KAJIAN ESTETIKA PETA TEMATIK SECARA VISUAL BERDASARKAN DESAIN TATA LETAK PETA

Grefie Dwinita, Mayca Sita Nurdiana, Atika Cahyawati, Yosi Nuki Fitra Pratama, Indah Octavia Koeswandari, Kusuma Wardani Laksitaningrum, Tantri Utami Widaningtyas

Pertanyaan Oleh: Farid, BIG

Layout ketika muka peta sudah penuh, bagaimana menampilkan informasinya?

Saran: banyak kalangan yang menjadi reponden.

Jawaban:

Jika muka peta sudah penuh, informasi peta bisa terpisah. Karena layout peta bersifat subjektif dan fleksibel. Layout dokumen berbeda dengan layout web.

Judul Makalah:

VISUALISASI DAN ANALISIS SPATIO TEMPORAL UNTUK EVALUASI ZONASI TATA RUANG DENGAN GOOGLE EARTH ENGINE (STUDI KASUS: KABUPATEN SLEMAN, DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA)

Aditya Sanjaya, Rahmah Devi Hapsari, Trias Aditya

Pertanyaan Oleh: Ajun Purwanto, IKIP PGRI Pontianak

Konfirmasi : daerah yang kumuh di daerah aliran sungai harusnya adalah sempadan sungai.

Pertanyaan Oleh: Ade, KPJ

Analisis perkembangan bukan hanya dipnegruhi oleh aliran sungai, bisa dipengaruhi oleh jaringan jalan dan kemiringan lereng? Apakah aliran sungai sudah merepresentasikan perkembangan wilayah?

Jawaban:

Penelitian belum dibatasi hanya sebatas aliran sungai saja.

Pertanyaan Oleh: Yosi, KPJ

Google earth dan landsat 8 yang digunakan analisis yang mana? interpretasi menggunakan digital atau visual?

Jawaban:

Google earth bisa zoom, landsat 8 hanya sekedar untuk analisis. Interpretasi menggunakan interpretasi digital.

Judul Makalah:

PETA INFOGRAFIS SEBAGAI MEDIA VISUALISASI DALAM OPTIMALISASI
PENGUNAAN PETA NASIONAL

Fithrotul Khikmah

Pertanyaan Oleh: Farid, BIG

Sejauh mana peta yang dibuat, infografis yang menampilkan ilustrasi indonesia saja. Bagaimana prospek peta infografis kedepannya? dan bagaimana kontribusi orang geografi untuk penyusunan peta infografis.

Jawaban:

Di luar negeri, hal-hal yang sederhana bisa dipetakan. Aspek pariwisata → wisatawan luar memerlukan peta yang informatif (tidak hanya kawasan wisata tersebut, tapi hubungannya dengan kawasan wisata yang lain). Peluang infografis: harapannya bisa terus berkembang, apalagi menghadapi MEA akan banyak wisatawan yang datang.

KAJIAN METEOROLOGI DAN KLIMATOLOGI

R2C – RUANG KULIAH 1 PUSPICS,
25 NOVEMBER 2015 (13.15 – 14.15)

104 ANALISIS PERUBAHAN AWAL MUSIM HUJAN
BERDASARKAN PREDIKSI CURAH HUJAN UNTUK
PENENTUAN MASA TANAM DAN PRODUKTIVITAS PADI
SAWAH TADAH HUJAN DI KABUPATEN CIANJUR

Yosafat Donni Haryanto, Armi Susandi, Edvin Aldrian

106 ANALISIS HUBUNGAN RUANG TERBUKA HIJAU
TERHADAP IKLIM MIKRO DI KAWASAN PERKOTAAN
KLATEN MENGGUNAKAN CITRA ALOS *PAN-SHARPENED*

Eni Susanti, Iswari Nur Hidayati, Anindita Indraputra

107 PEMANFAATAN SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS UNTUK
ANALISIS PENGGUNAAN LAHAN TERHADAP SEBARAN
SPASIAL SUHU UDARA DI KECAMATAN SEMARANG
UTARA.

Alke Caroline Helena Maru, Iswari Nur Hidayati

109 MODEL SISTEM INFORMASI KEKERINGAN

Sudaryatno

ANALISIS PERUBAHAN AWAL MUSIM HUJAN BERDASARKAN PREDIKSI CURAH HUJAN UNTUK PENENTUAN MASA TANAM DAN PRODUKTIVITAS PADI SAWAH TADAH HUJAN DI KABUPATEN CIANJUR

Yosafat Donni Haryanto^{1,2*}, Armi Susandi³, Edvin Aldrian⁴

¹Sekolah Tinggi Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika Tangerang

²Manajemen Sumber Daya Pantai, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan UNDIP

Email : yosafatdonni@gmail.com

³Prodi Meteorologi Lingkungan Fakultas FITB, ITB, Email : armisusandi@yahoo.com

⁴Kapuslitbang BMKG, Email : e_alldrian@yahoo.com

*Corresponding author: yosafatdonni@gmail.com

ABSTRAK

Variasi iklim merupakan fenomena iklim yang kini menjadi perhatian serius karena mempunyai dampak yang besar diberbagai sektor khususnya pertanian. Kabupaten Cianjur sebagai lumbung pangan di Jawa Barat rentan terhadap variabilitas iklim terutama perubahan awal musim hujan sehingga berdampak menurunnya produktivitas padi sawah dan berubahnya masa tanam. Dalam menganalisis perubahan awal musim hujan menggunakan parameter curah hujan hasil prediksi dengan metode *Fast Fourier Transform* (FFT). Periode prediksi tahun 2011-2015 yang dibandingkan dengan data tahun 1991-2010. Selanjutnya dianalisis dampaknya terhadap masa tanam padi sawah tadah hujan dan produktivitasnya sesuai standar Food Agricultural Organization (FAO). Hasil prediksi curah hujan terlihat adanya pergeseran awal musim hujan 1-2 bulan yaitu bulan September-Oktober dibandingkan dengan periode 20 tahun terakhir. Pada scenario 3 pengaruh curah hujan terhadap tingkat produktivitas padi sawah di Kabupaten Cianjur mempunyai korelasi yang baik rata-rata sebesar ($R^2 = 0,69$). Hasil prediksi produktivitas padi sawah di Kabupaten Cianjur selama 5 tahun kedepan pada periode (2011-2015) mengalami peningkatan rata-rata sebesar 6-7,5 ton/Ha. Terjadinya pergeseran awal musim hujan maka awal masa tanam padi sawah bergeser maju 1 bulan. Awal masa tanam I pada bulan Oktober-November, sedangkan masa tanam II sekitar bulan Maret-April.

KATAKUNCI: Curah hujan, Awal musim hujan, Masa tanam, Prediksi produktivitas padi

1. PENDAHULUAN

Ketahanan dan stabilitas pangan merupakan permasalahan yang dihadapi oleh banyak negara, termasuk Indonesia. Menurut Von Grebmer dkk., (2011), Indonesia termasuk negara yang mempunyai masalah serius dalam krisis pangan. Berbagai usaha untuk mencapai ketahanan pangan dilakukan melalui pengembangan teknologi budidaya dengan varietas unggul yang berpotensi hasil tinggi, meningkatkan indeks pertanaman, teknologi pemupukan dan pengolahan tanah. Namun, ancaman penurunan produksi akibat kejadian iklim ekstrim tidak dapat dihentikan.

Pertanian, khususnya sektor tanaman pangan merupakan salah satu sektor yang sangat rentan terhadap perubahan dan variabilitas iklim (IPCC,2007).Ketidakpastian iklim 1-2 musim ke depan sangat berisiko dalam pertanian, karena dapat menyebabkan kegagalan panen apabila tidak diantisipasi dengan baik. Apabila prediksi iklim 3-6 bulan ke depan yang akurat tersedia, penyesuaian strategi usahatani dapat dilakukan untuk menekan risiko kehilangan hasil atau mengambilkan keuntungan dari kondisi yang lebih baik (Jones dkk., 2000).

Padi, dibandingkan dengan tanaman pangan lainnya, mempunyai batas kritis ketersediaan air yang lebih tinggi. Kekurangan air pada fase penyerbukan, pembungaan, pengisian buah, dan pada saat pemupukan menyebabkan penurunan produksi yang signifikan (Boyer dan McPherson, 1976). Variabilitas iklim yang semakin tinggi akibat perubahan iklim merupakan ancaman yang serius terhadap kesinambungan ketersediaan air.

Kabupaten Cianjur apabila dilihat dari aspek ketahanan pangan termasuk dalam lima besar Kabupaten di Jawa Barat sebagai “Lumbung Pangan”, hal ini dapat dibuktikan dengan meningkatnya lahan sawah dan surplusnya produksi beras dari tahun ke tahun serta memiliki varietas unggul lokal padi

pandanwangi yang mampu menembus pasar nasional hingga internasional, selain itu juga sekitar 49,79% penduduknya bekerja dan menggantungkan hidup di sektor pertanian, sehingga sektor ini perlu mendapat perhatian yang lebih dari pemerintah Kabupaten Cianjur. (Dinas Pertanian Tanaman Pangan dan Hortikultura Kabupaten Cianjur, 2011).

Melihat potensi besar pada sektor pertanian di wilayah Kabupaten Cianjur dalam hal ini tanaman padi sawah, maka perlu adanya pengetahuan bagi petani untuk memahami agar produksi padi sawah terus mengalami peningkatan setiap tahunnya. Adanya perubahan iklim sangat berpengaruh terhadap pola curah hujan dan berdampak pada sistem pertanian tanaman pangan. Curah hujan memiliki variabilitas yang besar sehingga seringkali menjadi faktor pembatas dalam kegiatan pertanian dan hasil panen. Salah satu upaya agar curah hujan tidak menjadi faktor pembatas atau menjadi kendala dalam kegiatan pertanian adalah dengan menyelaraskan semua kegiatan pertanian dengan karakteristik curah hujan yang ada (Boer, 2003). Dalam upaya menyelaraskan kegiatan pertanian dengan karakteristik curah hujan yang ada tersebut harus didukung oleh basis informasi karakteristik curah hujan yang memadai. Informasi karakteristik curah hujan tersebut adalah perubahan pola curah hujan dan prediksinya di masa datang (kecenderungan jangka panjang curah hujan). Selanjutnya karakteristik curah hujan tersebut akan mempengaruhi perubahan ketersediaan air tanah, awal masa tanam, dan hasil panen (Ruminta, 2012).

Dalam penelitian ini akan dianalisis terjadinya perubahan awal musim hujan berdasarkan prediksi curah hujan yang berpengaruh terhadap perubahan masa tanam dan tingkat produktivitas padi sawah tadah hujan di Kabupaten Cianjur sehingga dengan informasi tersebut dapat dijadikan acuan yang cukup valid dalam perencanaan dan pengembangan tanaman pangan khususnya padi sawah di Kabupaten Cianjur bagi para petani, pengusaha agribisnis, dan pemerintah setempat untuk meningkatkan produksi padi sawah.

2. DAERAH KAJIAN

Penelitian dilakukan pada wilayah Kabupaten Cianjur dengan posisi 6°21'LS-7°25'LS dan 106°42'BT-107°25'BT, dengan sebaran posisi pos hujan di wilayah Kabupaten Cianjur seperti yang terlihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Daerah Kajian Penelitian

3. DATA DAN METODE

3.1. Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini dijelaskan dalam beberapa bagian berikut :

- Data curah hujan di peroleh dari pos hujan Dinas Pengelola Sumber Daya Air dan Pertambangan (PSDA & P) Kabupaten Cianjur dan Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) Jakarta. Data ini berupa data pengamatan curah hujan bulanan di 12 lokasi pos hujan Kabupaten Cianjur pada periode 1991-2010 (20 tahun).
- Data iklim diperoleh dari Stasiun Klimatologi Darmaga Bogor (BMKG), berupa data pengamatan bulanan suhu maximum dan minimum, lamanya penyinaran matahari, kecepatan angin, dan kelembaban udara di Kabupaten Cianjur pada periode 1991-2010 (20 tahun).
- Data produktivitas padi sawah, jenis tanah, dan jenis padi di 12 kecamatan Kabupaten Cianjur pada periode 1991 – 2010 yang bersumber dari Dinas Pertanian Tanaman Pangan dan Hortikultura Kabupaten Cianjur.

3.2. Metode

Secara garis besar metode yang digunakan pada penelitian ini terbagi menjadi empat tahap yaitu:

3.2.1. Analisa Prediksi Curah Hujan

Langkah ini dilakukan dengan asumsi bahwa pola curah hujan bersifat periodik. Untuk mengetahui prediksi curah hujan ke depan, metode yang digunakan adalah dengan running model FastFourier Transform (FFT). Metode ini berfungsi mengubah data curah hujan domain waktu (time series) menjadi data frekuensi atau periode curah hujan. Outputnya adalah frekuensi dominan data curah hujan yang mengidentifikasi prediksi curah hujan 5 (lima) tahun ke depan. Langkah dalam running model FFT didasarkan pada metode inversi untuk mendapatkan hasil model prediksi curah hujan (Aster dkk., 2005).

3.2.2. Pemetaan Kontur Curah Hujan Dengan Metode Kriging

Metode kriging merupakan interpolasi optimal berdasarkan regresi terhadap nilai – nilai pengamatan dari titik pengamatan sekitarnya (Bohling, 2005). Kriging dinyatakan optimal karena memenuhi sifat ketakbiasan dan varians minimum, selain itu dapat memberikan keleluasan dalam menentukan fungsi drift yang berbentuk polinomial orde n. Drift adalah rata-rata nilai variabel regional di sekitar observasi. Fungsi drift ini berfungsi untuk menangani distribusi data curah hujan yang nonstasioner

3.2.3. Prediksi Produktivitas Padi Sawah

Model yang digunakan untuk mensimulasikan produktivitas padi sawah pada kajian ini adalah Aquacrop yang merupakan salah satu model simulasi produksi pertanian yang dikembangkan oleh Food Agriculture Organization (FAO). Aquacrop menggunakan persamaan Penman-Monteith (Allen *et al.*, 1998) dengan menghitung evapotranspirasi potensial (ET_o). Dalam evapotranspirasi potensial (ET_o) digunakan empat variabel iklim selain curah hujan sebagai inputan data yaitu suhu, kelembaban udara, kecepatan angin, dan lamanya penyinaran matahari.

3.2.4. Validasi

Validasi dapat dilakukan secara grafis dan uji berpasangan. Pengujian secara grafis dilakukan dengan dua cara, yaitu menurut *trend* waktu dari peubah yang diprediksi dengan observasi, dan membuat plot garis 1 : 1 antara data prediksi dengan observasi (Rusmayadi, 1996). Validasi dilakukan dengan menggunakan 12 pos stasiun hujan di Kabupaten Cianjur dengan periode (2002-2011) dan data model prediksi yang dipilih adalah data dengan RMSE kecil dan korelasi yang tinggi ($r > 0.5$) Untuk mengetahui tingkat kesalahan nilai prediksi terhadap nilai data observasinya menggunakan *Root Mean Square Error* (RMSE) dihitung dengan menggunakan Persamaan (1) berikut,

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{n=1}^N (F_n - O_n)^2} \quad (1)$$

Dimana RMSE = Root Mean Square Error, F = data prediksi, O = data observasi, N = jumlah data. Sementara itu untuk menghitung korelasi antara data observasi dengan prediksi menggunakan Persamaan (2) r (korelasi Pearson) :

$$r = \frac{\frac{1}{N} \sum_{n=1}^N (F_n - \bar{F})(O_n - \bar{O})}{\sigma_F \sigma_O} \quad (2)$$

Dimana, F = data prediksi, O = data observasi, σ_F = standar deviasi prediksi, σ_O = standar deviasi observasi. Adapun untuk menghitung korelasi uji sensitivitas menggunakan Persamaan (3) (RSquare)

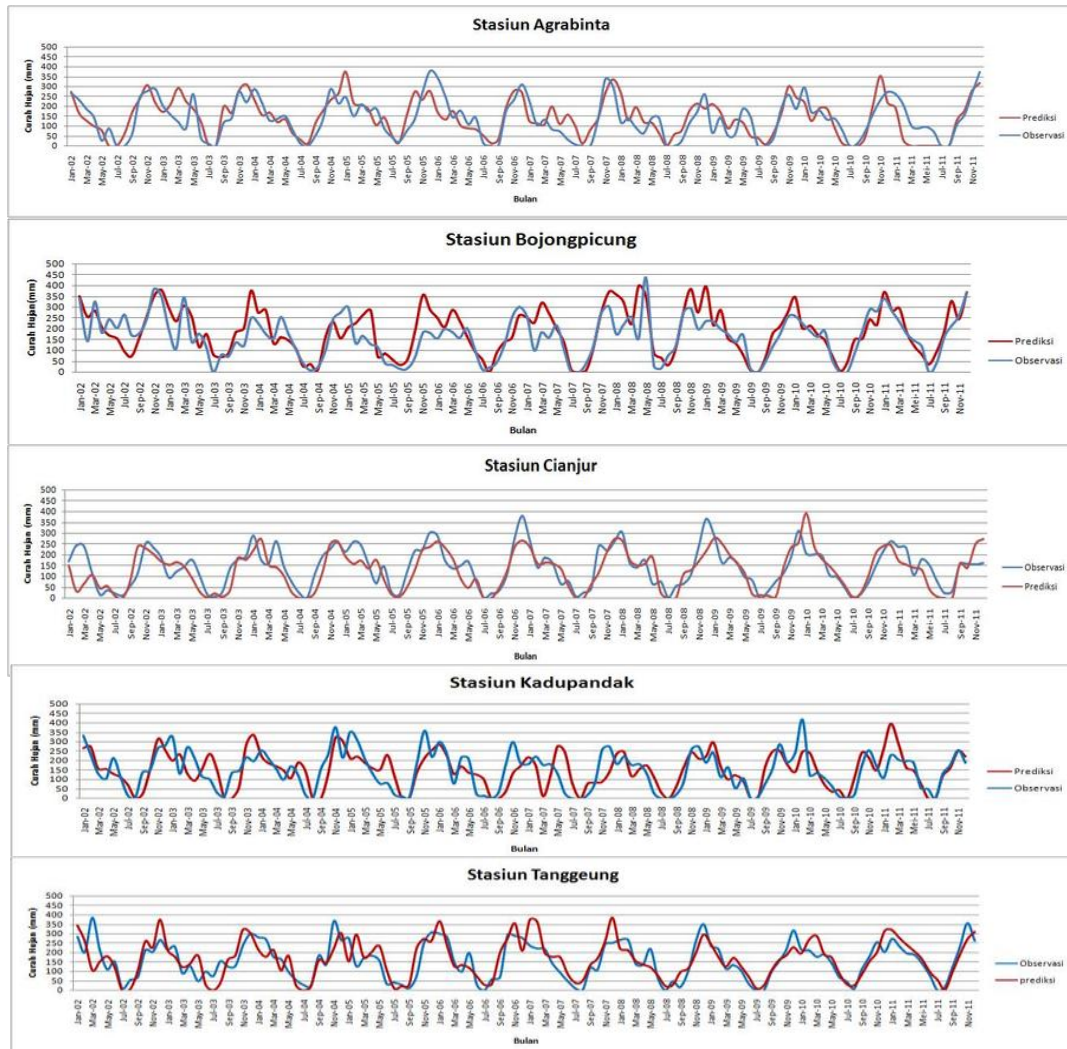
$$R^2 = \frac{\sum (y_i - \bar{y})^2 - \sum (y_i - \bar{y}_i)^2}{\sum (y_i - \bar{y})^2} \quad (3)$$

Dimana, $\sum (y_i - \bar{y})^2$ = jumlah kuadrat sekitar rata-rata, $\sum (y_i - \bar{y}_i)^2$ = jumlah kuadrat sekitar regresi. Para ahli umumnya menyatakan bahwa korelasi yang lebih tinggi dari 0,8 adalah yang paling baik, dan kurang dari 0,5 adalah lemah (McLean *et al.*, 2006).

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Analisa Prediksi Curah Hujan Menggunakan FFT

Hasil prediksi curah hujan menggunakan metode FFT untuk wilayah Kabupaten Cianjur periode (2002-2011) dapat dilihat pada Gambar 3



Gambar 3. Hasil prediksi curah hujan di 6 stasiun hujan di Kabupaten Cianjur

Berdasarkan Gambar 3 garis berwarna biru menunjukkan nilai observasi total hujan bulanan penakar hujan di stasiun, sedangkan garis yang merah merupakan nilai prediksi total hujan bulanan. Hasil tersebut mengindikasikan bahwa pola utama total hujan bulanan hasil prediksi secara umum sesuai dengan pola total hujan bulanan hasil observasi stasiun. Selanjutnya uji statistik digunakan untuk perhitungan nilai korelasi dan RMSE dari data curah hujan bulanan untuk mengevaluasi performa model dan frekuensi dominan dari masing – masing wilayah Kabupaten Cianjur dapat dilihat pada Tabel 1.

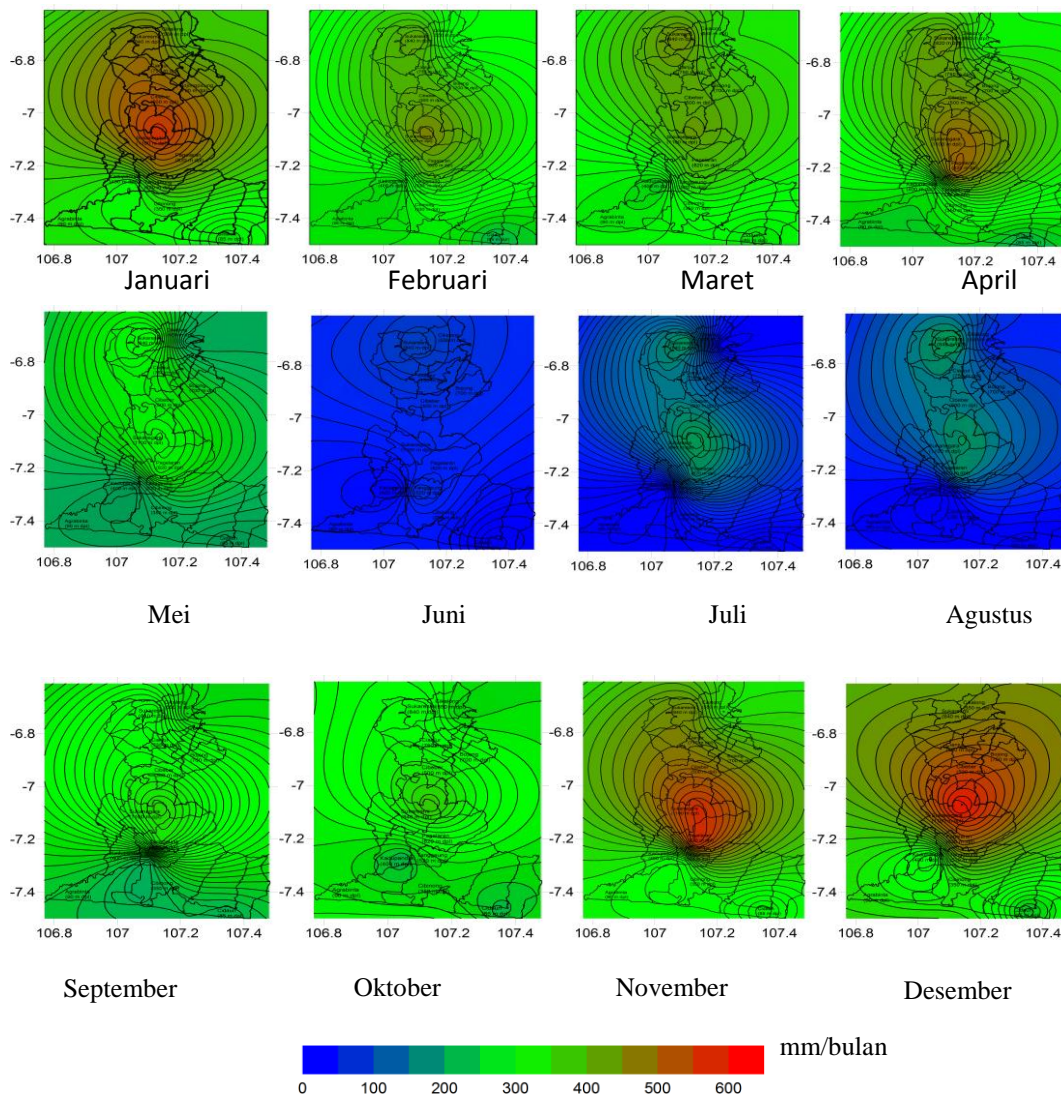
Berdasarkan Tabel 1 terlihat bahwa hasil prediksi total hujan bulanan di wilayah Kabupaten Cianjur menunjukkan nilai koefisien korelasi selalu positif dengan rentang nilai ($r = 0,68-0,78$) yang berarti nilai prediksi yang dihasilkan dengan metode FFT di wilayah Kabupaten Cianjur selalu memiliki fase yang sama dengan data observasi stasiun. Nilai koefisien korelasi Pearson tertinggi diperoleh pada lokasi Tanggeung sebesar $r = 0,78$ dan nilai koefisien korelasi terendah didapat pada lokasi Kadupandak $r = 0,68$. Selanjutnya nilai RMSE mengindikasikan bahwa kesalahan prediksi total hujan bulanan di wilayah Kabupaten Cianjur memiliki rentang (24 mm - 38 mm) per bulan. Nilai RMSE tertinggi di lokasi Agrabinta, sedangkan RMSE terburuk terdapat di Cibinong. Frekuensi dominan berarti periode berulangnya curah hujan yang sama terjadi di masing-masing wilayah kecamatan Kabupaten Cianjur berkisar antara 9,4 – 14,8 bulan.

Tabel 1. Hasil Uji Statistik

No	Stasiun	LON	LAT	Korelasi	RMSE
1	Agrabinta	107.00	-8.40	0,75	38
2	Bojongpicung	107.28	-7.83	0,76	34
3	Cianjur	107.15	-7.82	0,77	28
4	Cibinong	106.68	-6.40	0,74	24
5	Kadupandak	107.05	-7.27	0,68	30
6	Tangeung	107.10	-7.28	0,78	33

4.2. Peta Prediksi Curah Hujan di Kabupaten Cianjur

Pola curah hujan bulanan di Kabupaten Cianjur telah diprediksi dengan menggunakan metode Fast Fourier Transform (FFT), yang hasilnya berupa prediksi curah hujan bulanan. Berikut ini secara spasial hasil prediksi curah hujan di wilayah Kabupaten Cianjur ditunjukkan pada Gambar 4 sebagai berikut,



Gambar 4. Peta prediksi curah hujan Kabupaten Cianjur tahun 2011

Pada Gambar 4 menunjukkan pola sebaran curah hujan rata-rata pada bulan Januari sebagai periode terjadinya curah hujan dengan kisaran 205 – 600 mm. Curah hujan tertinggi di sekitar wilayah kecamatan

Sukanegara yang merupakan wilayah pegunungan di Kabupaten Cianjur, sedangkan hujan minimum terdapat di sekitar wilayah kecamatan Cidaun yang berada di dataran rendah. Pada bulan Februari dengan kisaran sebaran curah hujan 169 – 378 mm. Curah hujan tinggi masih dominan di sekitar wilayah kecamatan Sukanegara yang merupakan wilayah pegunungan, sedangkan hujan minimum terdapat di sekitar wilayah Agrabinta yang merupakan daerah dataran rendah.

Pada bulan Maret dengan kisaran sebaran curah hujan 180 – 364 mm. Curah hujan tertinggi di sekitar wilayah kecamatan Sukaresmi yang merupakan wilayah dataran tinggi, sedangkan hujan minimum terdapat di sekitar wilayah Kadupandak. Pola sebaran curah hujan rata-rata pada bulan April dengan kisaran sebaran curah hujan 151 – 388 mm. Pada sebagian besar wilayah Kabupaten Cianjur masih terdapat musim hujan, curah hujan tertinggi di sekitar wilayah Sukanegara dan hujan minimum terdapat di Agrabinta dan Cidaun. Pada bulan Mei dengan kisaran sebaran curah hujan 143 – 236 mm. Pada sebagian besar wilayah kabupaten Cianjur masih terdapat musim hujan namun mulai berkurang di wilayah bagian selatan.

Pola sebaran curah hujan rata-rata pada bulan Juni dengan kisaran antara 0 – 81 mm. Di sebagian besar wilayah Kabupaten Cianjur curah hujan mulai berkurang dan merupakan awal musim kemarau. Sedangkan pada bulan Juli hampir merata tidak ada hujan, hanya sebagian terdapat hujan di sekitar wilayah dataran tinggi dan pegunungan (Sukaresmi, Pagelaran, dan Sukanegara) dengan kisaran antara 0 – 141 mm. Bulan Agustus di sebagian besar wilayah Kabupaten Cianjur tidak ada hujan, hanya sebagian hujan di wilayah kecamatan Sukaresmi, Sukanegara, dan Pagelaran merupakan daerah pegunungan.

Awal musim hujan terjadi pada bulan September, hampir sebagian besar wilayah Kabupaten Cianjur memiliki jumlah hujan yang merata sekitar 152 - 283 mm, terutama wilayah utara dan tengah. Adapun di bulan berikutnya curah hujan merata di sebagian wilayah Kabupaten Cianjur dengan kisaran dari 159 – 303 mm pada bulan Oktober. Terlihat curah hujan tertinggi di kecamatan Sukanegara. Pada bulan November dan Desember curah hujan mulai tinggi di sebagian besar wilayah Kabupaten Cianjur. Pada Gambar IV.26 hujan mulai terlihat di wilayah selatan, tengah, dan utara. Pada Gambar IV.27 sebagian besar wilayah kabupaten Cianjur terjadi hujan dan hujan tertinggi berada di wilayah bagian tengah.

4.3. Analisa Data Iklim Untuk Produktivitas Padi Sawah

Unsur-unsur iklim yang berupa suhu, kelembaban udara, kecepatan angin, dan lamanya penyinaran matahari merupakan faktor penting dalam proses evapotranspirasi potensial. Evapotranspirasi potensial merupakan besarnya evapotranspirasi pada suatu lahan pertanian jika air mencukupi dan pertumbuhan tanaman tidak terganggu.

Perhitungan evapotranspirasi potensial (ET_o) dapat dilakukan secara manual maupun dengan model Aquacrop. Uji statistik hasil perhitungan manual dan menggunakan model Aquacrop dengan korelasi biasa dan uji t rata – rata menunjukkan korelasi yang baik seperti yang terlihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Uji Statistik Perhitungan ET_o

No.	Stasiun	Korelasi	Uji t hitung	t tabel
1	Agrabinta	0,72	4,6	2,2
2	Bojongpicung	0,79	5,2	2,2
3	Cianjur	0,67	5,4	2,2
4	Cibinong	0,65	5,1	2,2
5	Kadupandak	0,79	4,9	2,2
6	Tanggeung	0,77	5,3	2,2

Hasil perhitungan ET_o secara manual dan model Aquacrop menunjukkan nilai koefisien korelasi positif yang baik dengan rentang nilai ($r = 0,65 - 0,79$). Hasil uji t menunjukkan rata-rata t hitung dengan rentang nilai (4,6 - 5,4) lebih besar dibandingkan dengan t tabel (2,2). Berdasarkan hipotesis jika t hitung > t tabel maka H₀ ditolak H₁ diterima, yang artinya rata-rata perhitungan ET_o manual \neq rata-rata perhitungan model Aquacrop. Dengan kata lain perhitungan nilai ET_o menggunakan model Aquacrop hasilnya lebih baik dibandingkan secara manual

4.4. Analisa Produktivitas Padi Sawah di Kabupaten Cianjur

Hasil simulasi model Aquacrop dibawah ini adalah inputan data produksi padi sawah dan data iklim pada periode 1991-2010. Produksi padi sawah tadah hujan hasil simulasi yang diperhitungkan merupakan

produksi panen dua kali musim tanam selama 1 tahun pada bulan November dan bulan Maret. Adapun grafik yang menggambarkan hasil simulasi tersebut diperlihatkan pada Gambar 5 berikut,



Gambar 5. Produktivitas padi sawah periode (1991 – 2010)

Secara grafis pada periode (1991-2010) produktivitas padi sawah berfluktuatif, terlihat ada trend penurunan hasil meskipun tidak terlalu drastis, namun demikian hal ini mengindikasikan bahwa seiring terjadinya perubahan curah hujan selama 20 tahun terjadi pula penurunan produktivitas padi

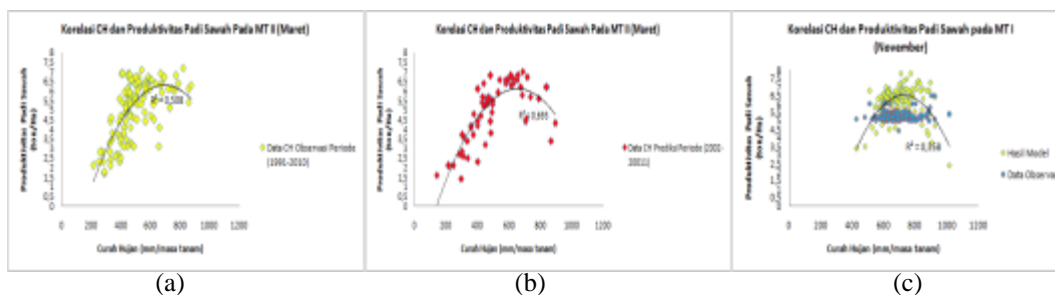
Hasil uji statistik korelasi dan RMSE dari masing-masing wilayah kecamatan Kabupaten Cianjur pada periode (1991-2010) dapat dilihat pada Tabel 3 berikut.

Tabel 3. Hasil Uji Statistik Produktivitas Padi Sawah

No	Kecamatan	Korelasi	RMSE
1	Agrabinta	0,61	1,36
2	Bojongpicung	0,63	1,52
3	Cianjur	0,65	1,50
4	Cibinong	0,53	1,77
5	Kadupandak	0,50	1,78
6	Tanggeung	0,56	1,66

Berdasarkan Tabel 3 bahwa hasil simulasi produktivitas padi di wilayah Kabupaten Cianjur menunjukkan nilai koefisien korelasi selalu positif dengan rentang nilai ($r = 0,50 - 0,65$) yang berarti simulasi yang dihasilkan oleh model Aquacrop di wilayah Kabupaten Cianjur memiliki fase yang hampir sama dengan data lapangan. Nilai koefisien korelasi Pearson tertinggi diperoleh di kecamatan Cianjur sebesar $r = 0,65$ dan nilai koefisien korelasi terendah terdapat di lokasi Kadupandak sebesar $r = 0,50$. Selanjutnya nilai RMSE mengindikasikan bahwa kesalahan model Aquacrop di wilayah Kabupaten Cianjur memiliki rentang (1,36 ton - 1,78 ton). Nilai RMSE tertinggi didapat di kecamatan Kadupandak, sedangkan RMSE terburuk didapat di lokasi Agrabinta.

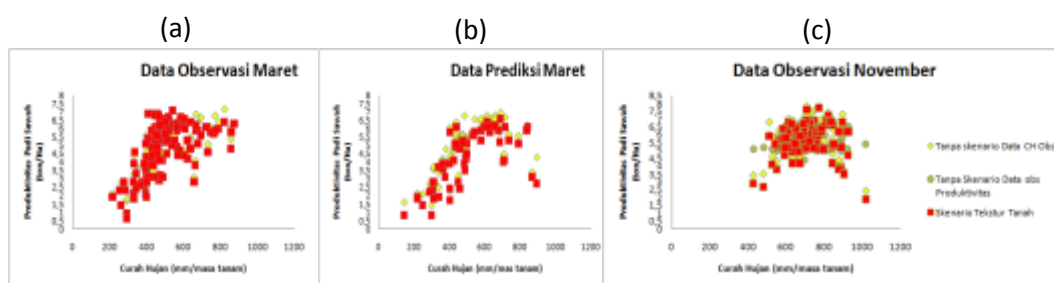
Berikut ini disajikan hasil simulasi model Aquacrop antara curah hujan dengan produktivitas padi sawah tadah hujan menggunakan data observasi curah hujan (1991-2010) dan data prediksi curah hujan (2002-2011) di Kabupaten Cianjur pada MT II (Maret), sedangkan MT I (November) menggunakan data observasi curah hujan (1991-2010) dan data observasi produktivitas padi sawah (1991-2010) seperti yang terlihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Scatter plot antara curah hujan dan produktivitas padi sawah tadah hujan pada MT I (November) dan MT II (Maret)

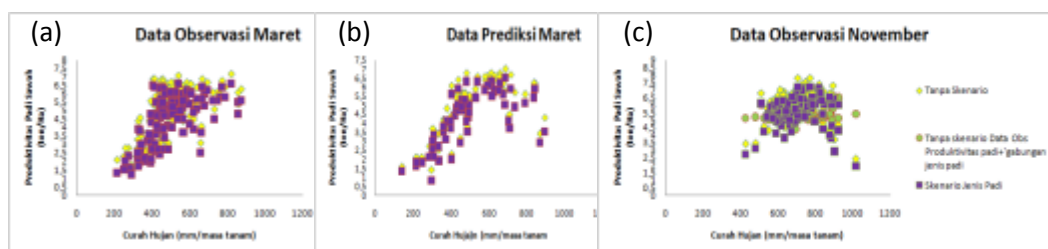
Berdasarkan simulasi model Aquacrop diatas, terlihat adanya korelasi yang baik antara curah hujan dan produktivitas padi sawah sebesar ($R^2 = 0,50$ untuk (a) dan $R^2 = 0,69$ untuk (b)) pada MT II bulan Maret, sedangkan pada MT I bulan November curah hujan tetap berpengaruh terhadap produktivitas padi, meskipun tidak menunjukkan korelasi yang baik. Dari simulasi diatas curah hujan akan mencapai titik optimum yang akan diikuti peningkatan produktivitas padi, setelah mencapai titik optimum maka akan terjadi penurunan produktivitas padi. Pada MT I bulan November curah hujan optimum mencapai 808 mm/masa tanam dapat menghasilkan produktivitas padi sawah sebesar 7,2 ton/Ha, sedangkan pada MT II bulan Maret curah hujan optimum mencapai 716 mm/masa tanam dapat menghasilkan 6,7 ton/Ha selanjutnya jika terjadi peningkatan curah hujan lebih dari optimal maka akan menurunkan produktivitasnya. Dari hasil simulasi apabila curah hujan yang diterima berbeda namun produktivitasnya sama seperti pada MT I curah hujan 762 mm/masa tanam dan 649 mm/masa tanam hasil produksinya 6,4 ton/Ha. Makarim dkk. (2000) menyatakan bahwa curah hujan optimal yang dibutuhkan untuk produktivitas padi sawah adalah 540 – 900 mm/masa tanam, yang mampu menghasilkan produktivitas padi sawah optimal 6 – 7,5 ton/Ha. Hal ini berarti pada kondisi curah hujan yang berbeda namun masih dalam curah hujan optimal dapat menghasilkan produktivitas yang sama.

Berikut ini hasil uji sensitivitas model Aquacrop dengan skenario 1 (uji sensitivitas tekstur tanah), skenario 2 (uji sensitivitas jenis padi), dan skenario 3 (uji sensitivitas curah hujan dinaikan 10%). Setiap skenario dibandingkan dengan tanpa skenario (data yang tidak diubah).



Gambar 7. Skenario 1 : Uji Sensitivitas Tekstur Tanah

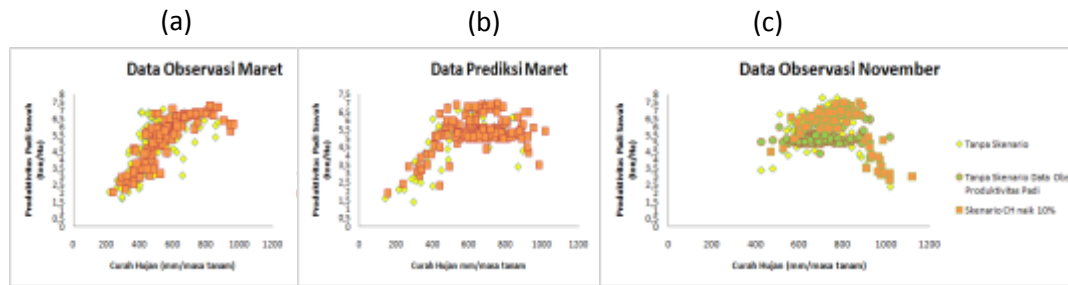
Gambar 7 menunjukkan uji sensitivitas model Aquacrop untuk tekstur tanah, (a) $R^2 = 0,49$, (b) $R^2 = 0,65$ dan (c) $R^2 = 0,36$. R^2 skenario 1 (uji sensitivitas tekstur tanah) lebih kecil dibanding R^2 hasil simulasi yang tidak diubah (tanpa skenario), hal ini disebabkan pada simulasi tanpa skenario menggunakan tekstur tanah lempung liat berpasir yang sangat cocok untuk tanaman padi, sedangkan untuk skenario 1 menggunakan tekstur tanah pasir berlempung dengan tekstur kasar. Tanah dengan tekstur kasar dinyatakan tidak sesuai untuk lahan sawah karena memiliki laju perlokasi sehingga penggunaan air tidak efisien. Prihar, (1985) menyatakan bahwa kehilangan unsur hara pada tekstur kasar ini menjadi lebih tinggi sehingga mengakibatkan penurunan produktivitas padi. Bila dibandingkan, model tanpa skenario produktivitas padinya agak lebih tinggi sedikit dibandingkan dengan model skenario 1.



Gambar 8. Skenario 2: Uji Sensitivitas Jenis Padi

Gambar 8 menunjukkan skenario 2 uji sensitivitas jenis padi varietas ciherang 1 dan tanpa skenario varietas ciherang 2 tidak menunjukkan perbedaan R^2 nya. Korelasi keduanya hampir sama, produktivitas padi yang dicapai 6-7 ton/Ha, kedua model tersebut dapat digunakan baik tanpa skenario maupun dengan skenario 2. Varietas ciherang 1 dan 2 dapat ditanam di iklim tropis dengan topografi yang beragam. Hal ini seperti yang dinyatakan oleh Hasannudin (2005), varietas ciherang dapat ditanam di daerah dataran tinggi maupun dataran rendah tropis yang dapat menghasilkan produktivitas tinggi. Kabupaten Cianjur memiliki topografi dataran rendah yang diselingi oleh pegunungan, varietas ciherang

lebih dominan di tanam di wilayah ini selain tahan hama penyakit, berumur pendek juga sangat sesuai dengan iklim setempat dan produktivitasnya mencapai 5-6,5 ton/Ha.



Gambar 9. Skenario 3: uji sensitivitas curah hujan naik 10%

Gambar 9 menunjukkan skenario 3 uji sensitivitas curah hujan dinaikan 10 %, hasil skenario 3 memberikan korelasi yang lebih baik ($R^2 = 0,73$ untuk (a), $R^2 = 0,66$ untuk (b), dan $R^2 = 0,69$ untuk (c)) dibandingkan yang tanpa skenario. Korelasi dari skenario 3 rata-rata baik, hal ini memperlihatkan bahwa dengan adanya kenaikan curah hujan 10 % dapat meningkatkan produktivitas padi sawah, walaupun setelah pada fase curah hujan optimum produktivitas padi akan menurun. Hal ini terlihat seperti pada simulasi diatas (a) curah hujan optimum 820 mm/masa tanam produktivitas 7,3 ton/Ha, (b) curah hujan optimum 756 mm/masa tanam produktivitas 7 ton/Ha dan (c) curah hujan optimum 877 mm/masa tanam produktivitas 7,5 ton/Ha. Abduh (2010) menyatakan produksi padi di provinsi Sulawesi Barat, meningkat menjadi 364.670 ton dari produksi 2009 sebesar 310.706 ton, hal ini dipicu semakin meningkatnya curah hujan yang terjadi selama tahun 2010 dimana petani dapat menanam padi sawah tadah hujan sebanyak 3 kali masa tanam. Bila dibandingkan, model skenario 3 lebih baik korelasinya daripada model tanpa skenario.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan beberapa kesimpulan yang didapatkan sebagai berikut :

1. Terjadi pergeseran awal musim hujan di wilayah Kabupaten Cianjur, dimana awal musim hujan secara umum maju 1-2 bulan dari rata – rata 20 tahun terakhir.
2. Pada skenario 3 pengaruh curah hujan terhadap tingkat produktivitas padi sawah di Kabupaten Cianjur mempunyai korelasi yang baik rata-rata sebesar ($R^2 = 0,69$). Hasil prediksi produktivitas padi sawah di Kabupaten Cianjur selama 5 tahun ke depan pada periode (2011-2015) mengalami peningkatan rata-rata sebesar 6-7 ton/Ha.
3. Perubahan awal masatanam padi sawah pada periode 5 tahun kedepan di wilayah Kabupaten Cianjur secara umum awal MasaTanam I diprediksi dimulai pada bulan Oktober, sedangkan MasaTanam II sekitar bulan Februari-Maret.

DAFTAR PUSTAKA

- Allen, R.G., L.S. Pereira, D. Raes, and Smith, M. (1998). Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements. *Irr. & Drain.* Paper 56. UN-FAO, Rome, Italy.
- Aster R.C, Borchers B, Clifford T.H. (2005). *Parameter Estimation and Inverse Problems*, Elsevier Academic Press.
- Boer, R. (2003). *Penelitian Aplikasi Iklim di Sektor Pertanian Saat ini dan Mendatang*. Prosiding Seminar dan Lokakarya Aspek Klimatologi dan Lingkungan serta Pemanfaatannya. LAPAN Bandung.
- Bohling, G.(2005). *Introduction To Geostatistics And Variogram Analysis*. Kansas Geological Survey, USA.
- Boyer, J., McPherson, H.G. (1976). *Physiology of water deficits in cereal gains*, in: Proceeding Symposium on Rice and Climate, IRRI, Los Bafios, The Philippines, pp. 321-343.
- Dinas Pertanian Tanaman Pangan dan Hortikultura Kabupaten Cianjur. (2011). *Laporan Tahunan Kabupaten Cianjur*. Cianjur.
- IPCC.(2007). *Climate Change 2007:The Physical Science Basis*. Summary for Policymakers. Intergovernmental Panel on Climate Change, Geneva.
- Jones, J.W., Hoogenboom, G., Porter, C.H., Boote, K.J., Batchelor, W.D., Hunt, L.A., Wilkens, P.W., Singh, U., Gijsman, A.J., and Ritchie, J.T. (2000). The DSSAT cropping system model. *European Journal of Agronomy*, 18, 235–265.

- Makarim, A.K., U.S. Nugraha, dan U.G. Kartasasmita. (2000). *Teknologi Produksi Padi Sawah*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan. Bogor.
- McLean, M., Van Wyk, J.M., Peters-Futre, E.M., Higgins-Opitz, S.B. (2006). The small group in problem-based learning: more than a cognitive 'learning' experience for first year medical students in a diverse population, *Medical Teacher*; 28; 4: e94–e103.
- Ruminta. (2012) . *Analisis Dampak Perubahan Pola Curah Hujan Terhadap Sistem Pertanian tanaman Pangan Lahan Kering di Jawa Barat*. Penelitian Strategis Nasional UNPAD. Bandung.
- Rusmayadi G. (1996) . *Hubungan Ketersediaan Air dan Status Nitrogen Tanaman 16 Dengan Efisiensi Penggunaan Radiasi Surya Sebagai Dasar Model Simulasi Tanaman Padi*. Bogor: FMIPA-IPB
- Von Grebmer, K., Torero, M., Olofinbiyi, T., Fritschel, H., Wiesmann, D., Yohannes, Y. (2011). *Global Hunger Index: The Challenge of Hunger: Taming Price Spikes and Excessive Food Price Volatility*. Bonn, Washington, DC, and Dublin: *Welthungerhilfe, International Food Policy Research Institute (IFPRI), and Concern Worldwide*.

ANALISIS HUBUNGAN RUANG TERBUKA HIJAU TERHADAP IKLIM MIKRO DI KAWASAN PERKOTAAN KLATEN MENGUNAKAN CITRA ALOS *PAN-SHARPENED*

Eni Susanti*, Iswari Nur Hidayati, Anindita Indraputra

Prodi Kartografi dan Penginderaan Jauh, Fakultas Geografi UGM, Sekip Utara, Sleman, Yogyakarta, 55281

Email: enisusann@gmail.com, iswari@geo.ugm.ac.id, anindita.indraputra@gmail.com

*Corresponding author: enisusann@gmail.com

ABSTRAK

Kecamatan Klaten Utara, Klaten Tengah, dan Klaten Selatan Kabupaten Klaten Jawa Tengah secara fungsional dan morfologis merupakan daerah perkotaan. Hal ini dilihat dari berbagai masalah yang terdapat di daerah tersebut seperti kepadatan penduduk yang tinggi serta minimnya RTH sebagai penyeimbang ekosistem alam. Jumlah luasan RTH di Kecamatan Klaten Selatan adalah sebesar 1,37%; Klaten Tengah sebesar 3,45%, dan Klaten Utara sebesar 2,15% dari total luas wilayah yang ada. Jumlah tersebut bisa dikatakan belum ideal dengan peraturan perundang-undangan yang menyebutkan bahwa dalam suatu perkotaan harus memiliki RTH minimal 30% dari total luas wilayah. Akibat dari minimnya RTH tersebut diduga terjadi penurunan kualitas lingkungan, terutama perubahan iklim mikro, karena RTH sebagai penyeimbang ekosistem alam salah satu fungsinya adalah mengendalikan iklim mikro kota. Penginderaan jauh diaplikasikan untuk menganalisis pengaruh RTH terhadap iklim mikro (suhu udara, kelembaban relatif, dan kecepatan angin). Citra satelit yang digunakan adalah citra ALOS hasil dari proses penajaman (*pansharpening*) yang menghasilkan resolusi spasial tinggi. Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis pengaruh RTH terhadap iklim mikro di kawasan perkotaan Klaten menggunakan citra ALOS *Pan-Sharpended*. Metode analisis yang digunakan adalah berupa analisis statistik dan analisis deskriptif kualitatif terhadap variabel yang diuji, yaitu kerapatan RTH terhadap iklim mikro, dan pola RTH terhadap iklim mikro. Citra ALOS *Pan-Sharpended* digunakan untuk interpretasi RTH yang dibedakan berdasarkan kerapatan dan polanya. Interpretasi dilakukan dengan cara digitasi *on-screen* (visual). Kerja lapangan untuk mengukur suhu udara, kelembaban relatif, dan kecepatan angin sebagai parameter iklim mikro. Hasil akhir penelitian ini adalah berupa peta distribusi suhu udara, kelembaban relatif, dan kecepatan angin di kawasan perkotaan Klaten, tingkat hubungan antara kerapatan RTH terhadap iklim mikro, dan pola RTH terhadap iklim mikro. Hasil penelitian menunjukkan kerapatan RTH berpengaruh terhadap suhu udara sebesar 60,6%, terhadap kelembaban udara sebesar 80%, dan terhadap kecepatan angin sebesar 5,2%. Pola vegetasi RTH kurang memberikan pengaruh yang signifikan terhadap iklim mikro yang ditandai dengan korelasi yang sangat lemah antara berbagai pola vegetasi RTH dengan suhu udara, kelembaban udara, dan kecepatan angin.

KATA KUNCI: Ruang Terbuka Hijau, Iklim Mikro, Penginderaan Jauh, ALOS

1. PENDAHULUAN

Kawasan perkotaan Klaten memiliki luasan lahan terbangun yang terus meningkat setiap tahun. Alih fungsi lahan ruang terbuka hijau ke lahan terbangun menjadi bagian dari dampak negatif perkembangan kota. Perkembangan kota yang terus meningkat berdampak pada penurunan jumlah RTH yang akhirnya menyebabkan penurunan kualitas lingkungan seperti pencemaran air dan udara, perubahan iklim, dan berkurangnya keanekaragaman hayati. Padahal kenyataannya RTH sangat diperlukan dalam menyeimbangkan dan mengendalikan iklim mikro di kawasan perkotaan.

Fenomena perubahan penggunaan lahan di kawasan perkotaan memicu perkembangan lahan terbangun yang terus meningkat. Material permukaan yang didominasi oleh lahan terbangun akan mempunyai pengaruh yang berbeda terhadap iklim mikro dibandingkan dengan wilayah yang mempunyai ruang hijau yang lebih banyak. Berkurangnya RTH dan makin banyaknya bangunan yang muncul mengakibatkan terjadinya kenaikan temperatur lokal dalam kota. Terjadinya kenaikan temperatur ini pada hakekatnya merupakan cerminan dari perubahan iklim mikro (Malik, 2006). Iklim mikro merupakan kondisi iklim pada suatu ruang yang sangat terbatas namun memiliki arti penting bagi kehidupan manusia, tumbuhan, dan hewan. Unsur-unsur iklim tersebut diantaranya suhu udara, kelembaban, radiasi matahari,

dan curah hujan. Kondisi RTH yang menurun seiring dengan meningkatnya kepadatan penduduk dan luas lahan terbangun di kawasan perkotaan Klaten diduga mempunyai pengaruh yang kuat terhadap iklim mikro di wilayah tersebut.

Identifikasi RTH dapat dilakukan dengan menggunakan bantuan citra penginderaan jauh beresolusi tinggi. Citra penginderaan jauh hasil proses *pansharpening* dapat digunakan sebagai alternatif kebutuhan citra detail, sehingga interpretabilitas secara visual dapat meningkat. Data hasil interpretasi citra ALOS *Pan-Sharpned* dapat digunakan sebagai bahan analisis dalam mencari pengaruh RTH terhadap iklim mikro di kawasan perkotaan Klaten. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh RTH terhadap iklim mikro menggunakan citra ALOS *Pan-Sharpned*.

2. METODE PENELITIAN

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini diantaranya:

1. Citra ALOS AVNIR dan ALOS PRISM sebagian Kabupaten Klaten perekaman tanggal 20 Juni 2009;
2. Peta Rupabumi Indonesia lembar 148-331 dan 148-332 wilayah Klaten skala 1:25.000;
3. Laptop HP core i3 RAM 4GB dan Printer Canon ip2770;
4. *Software* ArcGIS 10.1 untuk input data, analisis, dan visualisasi data. *Software* ENVI 4.5 untuk pengolahan citra; dan
5. *Weathermeter* untuk pengukuran suhu udara, kelembaban relatif, dan kecepatan angin, GPS (*Global Positioning System*) untuk cek lapangan, dan kamera digital untuk dokumentasi kegiatan

Citra ALOS *Pan-Sharpned* diperoleh dengan menggabungkan antara ALOS AVNIR (multispektral) dan ALOS PRISM (pankromatik). Sebelum dilakukan proses *pansharpening*, terlebih dahulu citra ALOS dikoreksi secara *image to map* menggunakan Peta RBI dan *image to image* dengan citra yang telah terkoreksi sebelumnya. Teknik dan metode penajaman citra yang dilakukan dalam penelitian ini adalah dengan metode fusi data antara band multispektral dengan band pankromatik (*pan sharpening*) citra ALOS AVNIR-2-2 dan PRISM. Komposit yang digunakan adalah komposit warna asli 321 dengan PRISM. Transformasi yang digunakan dalam proses penajaman adalah transformasi Gram-Schmidt karena dalam penelitian yang dilakukan oleh Laben (2000), penajaman citra ALOS dengan transformasi Gram-Schmidt memberikan hasil yang penajaman yang paling representatif.

Informasi mengenai penggunaan lahan dan RTH di Kawasan Perkotaan Klaten diperoleh dari interpretasi visual citra ALOS *Pan-Sharpned*. Klasifikasi penggunaan lahan perkotaan berdasarkan klasifikasi Malingreau tingkat II, sedangkan RTH dibedakan berdasarkan kerapatan dan polanya. Kerja lapangan bertujuan untuk melakukan pengukuran terhadap suhu udara, kelembaban relatif, dan kecepatan angin sebagai parameter iklim mikro. Pengukuran dilakukan di beberapa titik sesuai sampel yang telah ditentukan. Pengukuran dilakukan menggunakan alat *weathermeter* pada 3 periode waktu pengukuran, yaitu pagi (06.00-07.00), siang (13.00-14.00), dan sore (16.00-17.00). Analisis dilakukan dengan 2 metode, yaitu secara statistik dan secara kualitatif deskriptif. Analisis secara statistik menggunakan teknik korelasi dan regresi sehingga didapatkan besar dan arah hubungan antar 2 variabel, sedangkan analisis secara kualitatif deskriptif dilakukan dengan menganalisis secara spasial hubungan antara RTH dan iklim mikro.

3. DATA YANG DIGUNAKAN

Data yang digunakan dalam penelitian ini berupa data primer. Data primer merupakan data yang diperoleh secara langsung, baik berupa pengamatan atau pengukuran dan diturunkan secara langsung dari sumber data untuk tujuan khusus peneliti. Data primer yang digunakan dalam penelitian ini adalah citra ALOS sebagai data utama yang digunakan untuk mengekstrak informasi RTH dan penggunaan lahan. Data yang langsung didapatkan dari pengukuran adalah suhu udara, kelembaban relatif, dan kecepatan angin. Secara lebih jelas dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Data dan cara perolehannya

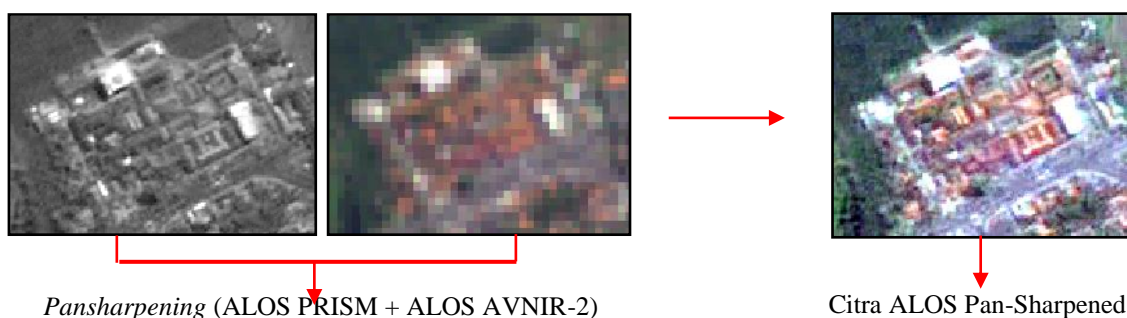
No	Data	Sumber Perolehan Data	
		Citra ALOS	Lapangan
1	Penggunaan Lahan	•	
2	Liputan Vegetasi (RTH)	•	
3	Suhu Udara		•
4	Kelembaban Udara		•
5	Kecepatan Angin		•

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 *Pansharpening citra ALOS*

Koreksi citra ALOS untuk keperluan *pansharpening* dilakukan melalui dua tahap, yaitu melakukan registrasi citra ALOS PRISM mengacu pada Peta RBI (*image to map rectification*) dan yang kedua registrasi citra ALOS AVNIR mengacu pada citra ALOS PRISM yang telah teregistrasi (*image to image registration*). Koreksi citra ALOS PRISM dilakukan terlebih dahulu karena memiliki resolusi spasial yang lebih tinggi.

Proses *pansharpening* citra ALOS dilakukan setelah citra mempunyai geometri dan wilayah liputan yang sama (Gambar 1). Pada proses ini ukuran setiap piksel pada tiap saluran citra ALOS AVNIR akan disesuaikan dengan ukuran piksel dari citra ALOS PRISM, atau dengan kata lain ukuran piksel citra ALOS AVNIR (10 m) diperbesar 4 kali sehingga sama dengan ukuran piksel citra ALOS PRISM (2,5 m). Komposit yang digunakan adalah komposit warna asli 321. Transformasi yang digunakan dalam proses penajaman adalah transformasi *Gram-Schmidt*.



Gambar 1. Ilustrasi Proses *Pansharpening* Citra ALOS. Sumber: Pengolahan Data, 2015

4.2 *Interpretasi Ruang Terbuka Hijau (RTH)*

RTH dapat didefinisikan sebagai liputan vegetasi di wilayah kajian, baik yang berupa vegetasi kerapatan tinggi, rendah maupun sedang. Semakin banyak pohon yang rindang pada suatu area, maka radiasi matahari tidak langsung sampai ke bumi tetapi tertahan oleh tajuk pohon sehingga suhu udara di sekitarnya menjadi menurun atau rendah yang memberikan kenyamanan kepada penduduk di lingkungan sekitarnya. Interpretasi kenampakan RTH pada citra ALOS *Pan-sharpened* dapat diinterpretasi sebagai kumpulan vegetasi yang dapat dikenali dengan beberapa kunci interpretasi dengan menggunakan komposit warna asli 321. Vegetasi dikenali dengan warna hijau hingga hijau muda hingga tua, dengan tekstur yang halus hingga kasar dan menggerombol, serta biasanya beraosisasi dengan bangunan. Selain identifikasi sebaran RTH secara umum dari citra ALOS, kerapatan vegetasi RTH juga harus dipertimbangkan dalam menganalisis pengaruhnya terhadap iklim mikro. Presentase kerapatan RTH diperoleh dari hasil perbandingan antara luas liputan vegetasi dengan luas unit penggunaan lahan dikalikan 100%.

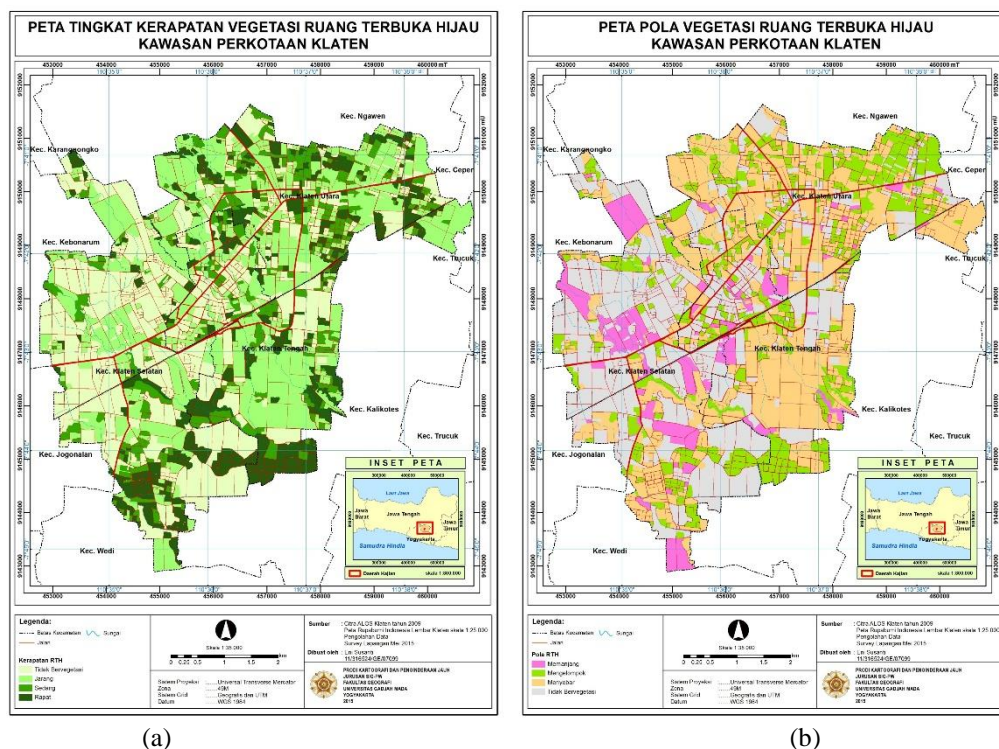
Sesuai dengan Peraturan Menteri Nomor 5 tahun 2008, terdapat dua macam pola RTH yaitu mengikuti pola ekologis dan pola planologis. Namun dalam penelitian ini pola RTH yang digunakan adalah pola ekologis, yaitu pola mengelompok, memanjang, dan menyebar. Pengamatan pola RTH dilakukan secara kualitatif dari interpretasi citra ALOS. Pengamatan pola RTH dilakukan secara kualitatif dari interpretasi citra ALOS. Pola RTH mengelompok merupakan pola yang tersusun atas pohon-pohon yang lebih kompak dengan jarak tertentu dan mengelompok pada suatu area. Pola RTH memanjang hampir sama dengan pola mengelompok namun dengan bentuk yang memanjang. Pola RTH menyebar terdiri dari pohon atau kumpulan yang tersebar secara sporadis dengan jarak yang bervariasi. Satuan analisis yang digunakan dalam

penelitian ini adalah berupa blok penggunaan lahan, sehingga analisis kerapatan dan pola RTH dilakukan pada tiap blok tersebut.

Dari hasil interpretasi kerapatan RTH dan kerja lapangan didapatkan klasifikasi kerapatan RTH dari rapat hingga tidak bervegetasi (Gambar 2). Kawasan Perkotaan Klaten didominasi oleh RTH yang mempunyai kerapatan yang jarang hingga tidak bervegetasi. Area yang tidak bervegetasi umumnya merupakan lahan persawahan yang di atasnya maupun di sampingnya sama sekali tidak ada tumbuhan sebagai ruang terbuka hijau. Sedangkan area RTH berkerapatan jarang biasanya berada di kawasan permukiman kota dan perumahan. Permukiman kota dan perumahan mempunyai pola yang teratur serta jarak antar rumah yang kecil, sehingga lahan yang dapat dijadikan RTH hampir tidak ada. Selain itu sebagian besar kawasan industri hampir tidak memiliki RTH sehingga area tersebut mempunyai kerapatan RTH jarang hingga tidak bervegetasi. Banyak RTH yang di permukiman dengan radius yang cukup jauh dari pusat kota sering overlap dengan keberadaan permukiman, sehingga identifikasi sering salah pada kawasan tersebut.

RTH dengan kerapatan tinggi banyak dijumpai di area yang mempunyai radius yang cukup jauh dari pusat kota, seperti di Desa Kajoran, Desa Glodogan, Desa Ngals, Desa Jomboran, dan Desa Gumulan. Desa-desa tersebut mempunyai radius paling jauh dari pusat Kota Klaten dalam kawasan perkotaan tersebut, atau biasa disebut dengan *phery-phony*. Namun karena belum ada pemicu perkembangan wilayah di pinggir kawasan perkotaan Klaten bagian selatan, maka perkembangan wilayah di desa-desa tersebut belum bisa terlihat. Sebagai akibatnya, pembangunan belum intensif dilakukan dan keberadaan RTH masih banyak.

Pola RTH memanjang sering berasosiasi dengan sungai atau sengaja ditanam dalam keadaan memanjang seperti di sepanjang jalan raya. Fungsi RTH sepanjang jalan raya adalah sebagai jalur hijau di perkotaan yang berfungsi sebagai peneduh dan meminimalisir suhu udara dan polusi yang tinggi di perkotaan. RTH pola memanjang banyak ditemukan di Kecamatan Klaten Selatan, karena banyak sungai yang melewati daerah tersebut. RTH pola mengelompok dan menyebar ditemukan tersebar merata di kawasan perkotaan Klaten. RTH pola mengelompok lebih banyak ditemukan pada area yang masih belum banyak lahan terbangun, seperti pada permukiman yang mempunyai radius yang cukup jauh dari pusat Kota Klaten. RTH pola menyebar banyak ditemukan pada beberapa permukiman maupun perkantoran. RTH pada kawasan permukiman biasanya ditanam secara acak pada beberapa lahan kosong di sekitar permukiman, sehingga penanaman yang acak tersebut menyebabkan pola RTH yang teridentifikasi menjadi menyebar terhadap area permukiman tersebut.



Gambar 2. (a) Peta Tingkat Kerapatan Vegetasi, (b) Peta Pola Vegetasi RTH Kawasan Perkotaan Klaten.
Sumber: Pengolahan Data (2015)

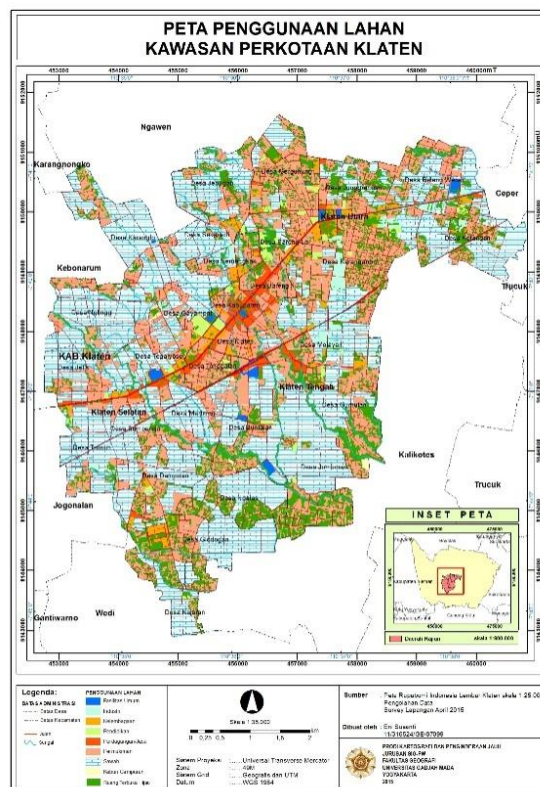
4.3 Interpretasi Penggunaan Lahan

Interpretasi penggunaan lahan dari citra ALOS bertujuan untuk mempermudah dalam mengidentifikasi RTH sebagai objek utama kajian dan penggunaan lahan lainnya sebagai tambahan analisis dalam kaitannya dengan iklim mikro. Interpretasi penggunaan lahan juga bertujuan untuk menyajikan data penggunaan lahan secara spasial guna memperoleh informasi mengenai persebaran heterogenitas penggunaan lahan di area kajian yang merupakan kawasan perkotaan (Gambar 3). Luasan masing-masing penggunaan lahan dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Luas penggunaan lahan

Penggunaan Lahan		Luas (Ha)	Presentase (%)
Daerah Perkotaan dan Terbangun	Fasilitas Umum	27,15	0,74
	Industri	64,31	1,76
	Perkantoran	114,35	3,14
	Pendidikan	56,04	1,5
	Perdagangan dan Jasa	78,98	2,17
	Permukiman	1372,66	37,65
	Lahan Non Terbangun-Sawah	1716,37	47,07
	Lahan Non Terbangun-Kebun	36,77	1,01
	Campuran	181,04	4,96
	Jalan	181,04	4,96
Total		3647,68	100

Sumber: Pengolahan Data



Gambar 3. Peta Penggunaan Lahan Kawasan Perkotaan Klaten

4.4 Kondisi Iklim Mikro Daerah Penelitian

Iklim mikro menggambarkan kondisi iklim dalam wilayah yang terbatas dan berpengaruh langsung terhadap aktivitas manusia di dalamnya, namun memiliki arti penting bagi kehidupan manusia, tumbuhan, dan hewan. Unsur-unsur iklim mikro mempengaruhi kenyamanan udara di perkotaan, karena secara

langsung mempengaruhi aktivitas dan kegiatan manusia di dalamnya. Unsur-unsur iklim tersebut diantaranya suhu udara, kelembaban, radiasi matahari, dan curah hujan. Variabel iklim mikro yang digunakan untuk analisis pada penelitian ini adalah suhu udara, kelembaban relatif, dan kecepatan angin. Ketiga variabel tersebut dipilih karena paling berpengaruh dan mudah dalam pengukurannya serta dapat dilakukan dalam skala mikro. Pengukuran suhu udara, kelembaban relatif, dan kecepatan angin dilakukan dalam waktu sehari untuk mendapatkan data iklim mikro yang beragam.

Pengukuran suhu udara, kelembaban udara, dan kecepatan angin dilakukan pada 91 titik sampel dengan memperhitungkan kerapatan dan pola RTH. Pengukuran iklim mikro dilakukan dengan rentang waktu 1 jam dalam 3 periode waktu, yaitu pukul 06.00 – 07.00, pukul 13.00-14.00, dan pukul 16.00-17.00. Pemilihan ketiga periode waktu tersebut dikarenakan terjadinya fluktuasi suhu dan kelembaban yang signifikan, sehingga perbedaan suhu dan kelembaban udara dapat diketahui dengan pasti. Sebelum pengukuran dilaksanakan, terlebih dahulu dilakukan kalibrasi terhadap alat yang digunakan serta penyamaan persepsi antara para pengukur.

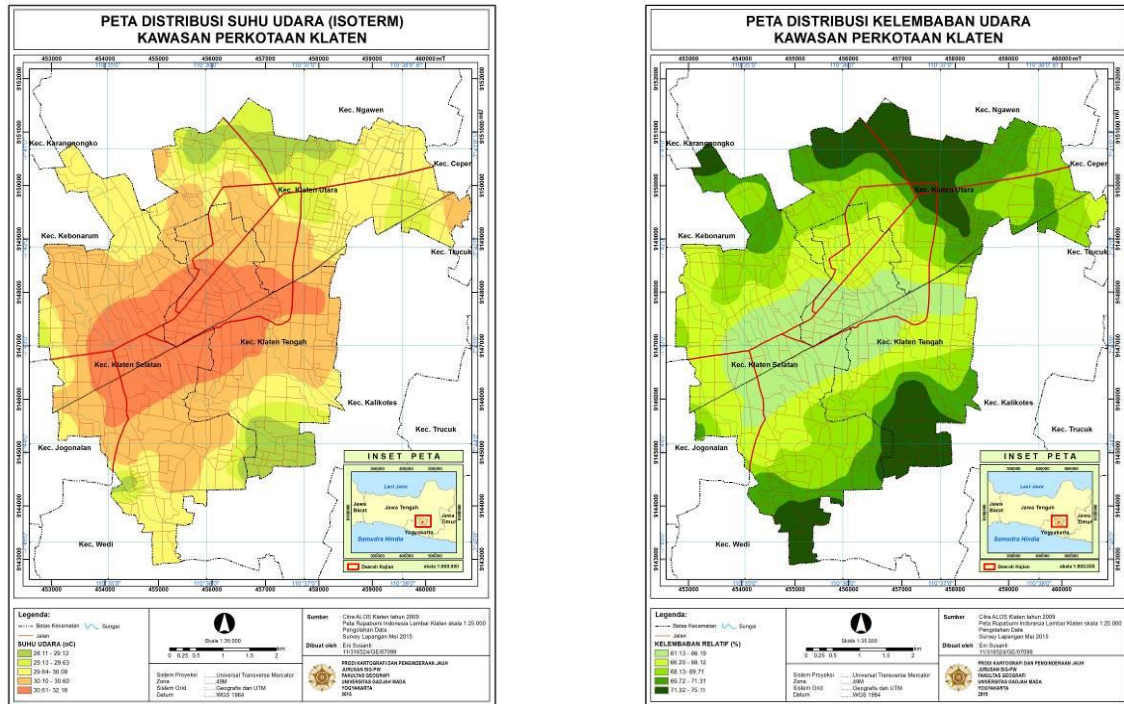
Kondisi suhu udara suatu wilayah ditentukan oleh beberapa faktor baik faktor internal (lokal) maupun faktor eksternal (global). Faktor internal yang dimaksud adalah berupa keberadaan pohon peneduh (RTH), tingkat polusi, kepadatan bangunan, dan kondisi tutupan lahan. Faktor eksternal yang dimaksud adalah jika terjadi perubahan yang cukup signifikan di sebagian belahan bumi dapat mempengaruhi suhu di belahan bumi lainnya (Utami, 2012). Berdasarkan hasil pengukuran didapatkan suhu rerata harian terendah adalah 28,12°C dan tertinggi 31,19°C dengan rata-rata suhu sebesar 30,11°C. Suhu udara yang tinggi terdistribusi memusat di sekitar pusat Kota Klaten dan linier sepanjang jalan utama Kota Klaten dan jalan *bypass* Klaten. Perkembangan Kota Klaten linier atau searah dengan jalan utama di kota tersebut sehingga area di sekitar jalan utama tumbuh dengan cepat. Kepadatan bangunan tinggi seiring dengan menurunnya keberadaan RTH. Selain itu, kenaikan suhu dapat terjadi di pertigaan atau perempatan jalan besar. Seperti yang terjadi di pertigaan jalan yang memisahkan jalan masuk Kota Klaten dengan jalan *bypass* untuk kendaraan berat dan bus. Selain dipengaruhi oleh RTH, suhu udara juga dipengaruhi oleh faktor lainnya seperti emisi gas kendaraan bermotor.

Kelembaban udara menunjukkan kandungan uap air di atmosfer pada suatu saat dan waktu tertentu. Uap air di atmosfer bertindak sebagai pengatur panas (suhu udara) karena sifatnya menyerap energi radiasi matahari. Menurut Issoewandhono (1987), dalam Budiyo, (2007) suatu kota yang sedang berkembang biasanya memakai energi yang lebih banyak, menyebabkan udara bertambah panas sehingga memerlukan kelembaban udara dari pepohonan atau hutan kota. Kelembaban udara dibedakan menjadi kelembaban absolut dan kelembaban relatif. Besaran yang sering dipakai untuk menyatakan kelembaban udara adalah kelembaban relatif. Penelitian ini juga menggunakan kelembaban relatif. Kelembaban relatif merupakan bilangan yang menunjukkan perbandingan antara banyaknya uap air yang terkandung oleh udara dengan jumlah maksimum uap air yang dapat dikandung oleh udara dalam suhu yang sama, dan dinyatakan dalam persen (%) (Prawiwardoyo, 1996 dalam Auliandari, 2013). Kelembaban relatif berubah sesuai dengan tempat dan waktu. Menjelang tengah hari kelembaban relatif berangsur-angsur turun kemudian pada sore hari sampai menjelang pagi bertambah besar. Berdasarkan hasil pengukuran didapatkan kelembaban relatif rerata harian terendah adalah 61,13% dan tertinggi 75,17% dengan rata-rata kelembaban relatif sebesar 68,74%. Kelembaban udara tertinggi berada di area pinggiran Kawasan Perkotaan Klaten. Hampir sebagian wilayah pinggiran kota ini memiliki kelembaban udara yang tinggi, yang berarti uap air yang berada di permukaan bumi mempunyai presentase yang tinggi terhadap area tersebut. Polusi yang minim dikarenakan jauh dari aktivitas perkotaan yang padat ditambah dengan kerapatan RTH yang tinggi menjadikan kelembaban udara di wilayah tersebut masih dapat bertahan.

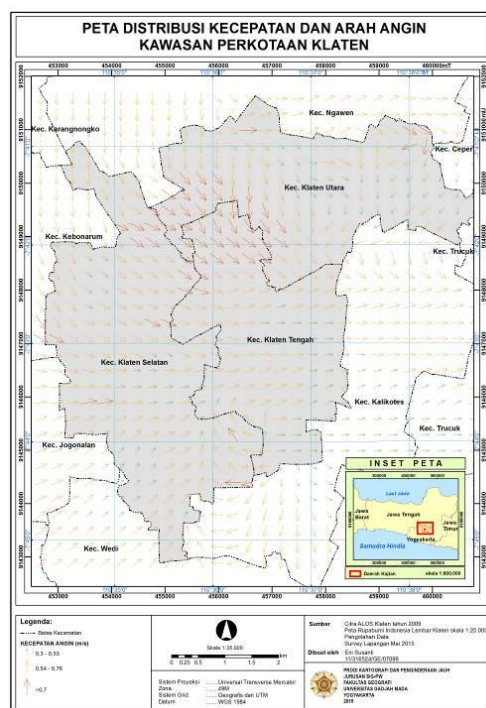
Angin merupakan gerakan atau perpindahan massa udara dari satu tempat ke tempat yang lain secara horizontal. Angin dapat bergerak secara horizontal maupun vertikal dengan kecepatan yang bervariasi dan berfluktuasi secara dinamis. Faktor pendorong bergeraknya massa udara adalah perbedaan tekanan udara satu tempat dengan tempat lainnya. Angin selalu bertiup dari tempat dengan tekanan udara tinggi ke tempat dengan tekanan udara yang lebih rendah. Berdasarkan hasil pengukuran didapatkan kecepatan angin rerata harian terendah adalah 0,22 m/s dan tertinggi 1,19 m/s dengan rata-rata kecepatan angin sebesar 0,62 m/s. Kecepatan angin tinggi mendominasi kawasan pusat transportasi dan lahan terbuka non terbangun. Angin lokal yang disebabkan oleh kendaraan dan aktivitas manusia sangat mempengaruhi kecepatan angin yang ada. Selain itu, geometri perkotaan juga mengendalikan kecepatan angin dan meningkatkan daya pecah angin sehingga kecepatan angin rata-rata dan turbulensi udara di perkotaan menurun. Udara yang mengalir menjadi angin akan intens bergerak jika tidak ada suatu penghalang di lokasi tersebut. Asumsi tersebut menyimpulkan bahwa pada suatu lahan terbuka tanpa bangunan atau pepohonan akan mempunyai kecepatan angin yang lebih tinggi dibandingkan dengan lokasi yang mempunyai bangunan dan pepohonan. Keberadaan

bangunan atau pepohonan tersebut justru menyebabkan aliran angin terhalangi sehingga kecepatan angin akan berkurang.

Angin bertiup dari area yang mempunyai tekanan tinggi ke area yang bertekanan rendah, atau dari suhu rendah ke suhu tinggi. Angin di Kawasan Perkotaan Klaten berarah memusat ke pusat kota dan banyak terjadi turbulensi di area tersebut. Hal ini dikarenakan area yang mempunyai suhu lebih rendah seperti di area pinggiran Kota Klaten mengalirkan udara menuju area yang bersuhu tinggi. Peta suhu, kelembaban, dan angin Kawasan Perkotaan Klaten dapat dilihat pada Gambar 4 dan Gambar 5.



Gambar 4. Peta Distribusi Suhu dan Kelembapan Udara Kawasan Perkotaan Klaten



Gambar 5. Peta Angin Kawasan Perkotaan Klaten

4.5 Analisis Pengaruh Kerapatan RTH Terhadap Iklim Mikro

Hasil pengukuran suhu udara, kelembaban relatif, dan kecepatan angin pada RTH bertujuan untuk melihat ada atau tidaknya pengaruh kerapatan RTH terhadap iklim mikro, jika ada berapa besarnya dan bagaimana arah hubungannya. Berdasarkan hasil analisis statistik korelasi diperoleh faktor iklim mikro yang mempunyai hubungan dengan kerapatan RTH adalah suhu udara, kelembaban udara, dan kecepatan angin dengan nilai signifikansi pada ketiga periode pengukuran (pagi, siang, dan sore) serta rerata suhu mempunyai nilai signifikansi $<0,05$. Hal ini membuktikan bahwa perbedaan karakteristik kerapatan RTH dapat berpengaruh terhadap tinggi rendahnya nilai suhu udara, kelembaban relatif, dan kecepatan angin. Koefisien korelasi antara suhu udara adalah bernilai negatif (-) yang berarti adanya hubungan berkebalikan antara keduanya, dimana semakin tinggi kerapatan RTH maka semakin rendah suhu udara. Sedangkan koefisien korelasi kelembaban udara dengan kerapatan RTH bernilai positif (+) yang berarti keduanya mempunyai hubungan searah, dimana semakin tinggi kerapatan RTH di suatu area maka semakin tinggi pula kelembaban udara di area tersebut. Koefisien korelasi antara kerapatan RTH dengan kecepatan angin juga mempunyai nilai negatif (-) yang berarti adanya hubungan berkebalikan antara keduanya, dimana semakin tinggi kerapatan RTH maka semakin rendah kecepatan angin, sehingga berdasarkan data tersebut dapat dinyatakan bahwa RTH memiliki karakteristik vegetasi yang mampu dengan efektif mereduksi suhu udara, kecepatan angin dan meningkatkan kelembaban udara. Anomali terjadi pada nilai signifikansi kecepatan angin sore hari yang mempunyai nilai 0,727 atau $>0,05$ yang menunjukkan tidak adanya hubungan.

Analisis regresi linier sederhana antara kerapatan RTH dengan suhu udara rerata harian didapatkan persamaan regresi $y=31,612 - 0,399x$ dan $R^2=0,606$. Hal ini berarti setiap kenaikan 1 tingkat kerapatan RTH mempengaruhi suhu udara sebesar $31,213^{\circ}\text{C}$, kerapatan RTH tingkat 2 mempengaruhi suhu udara sebesar $30,814^{\circ}\text{C}$, dan seterusnya. Koefisien regresi yang dinyatakan dengan nilai R^2 sebesar 0,606 menunjukkan hubungan antar kedua variabel adalah kuat yang berarti kerapatan RTH mempengaruhi suhu udara sebesar 60,6%, sedangkan 39,4% sisanya adalah faktor lain yang dapat mempengaruhi suhu udara di area penelitian.

Analisis regresi linier sederhana antara kerapatan RTH dengan kelembaban udara rerata harian didapatkan persamaan regresi $y=61,724+2,729x$ dan $R^2=0,8$. Hal ini berarti setiap kenaikan 1 tingkat kerapatan RTH mempengaruhi kelembaban udara sebesar 64,45%, kerapatan RTH tingkat 2 mempengaruhi kelembaban udara sebesar 67,18%, dan seterusnya. Koefisien regresi yang dinyatakan dengan nilai R^2 sebesar 0,8 menunjukkan tingkat hubungan yang sangat kuat antara kerapatan RTH dengan kelembaban udara yang berarti kerapatan RTH mempengaruhi kelembaban udara sebesar 80%, sedangkan 20% sisanya adalah faktor lain yang dapat mempengaruhi kelembaban udara di area penelitian.

Hasil dari regresi linier antara kerapatan RTH dan kecepatan angin menunjukkan nilai $R^2=0,052$ dengan persamaan regresi $y=0,732-0,43x$. Nilai R^2 menunjukkan bahwa kecepatan angin dipengaruhi oleh kerapatan RTH sebesar 5,2%. Nilai yang termasuk kecil dan bahkan sifat hubungannya adalah lemah. Pertambahan tingkat kerapatan RTH diiringi perubahan kecepatan angin namun dengan nilai yang fluktuatif.

4.6 Analisis Pengaruh Pola RTH terhadap Iklim Mikro

Hasil pengukuran suhu udara, kelembaban relatif, dan kecepatan angin pada RTH bertujuan untuk melihat ada atau tidaknya pengaruh pola RTH terhadap iklim mikro, jika ada berapa besarnya dan bagaimana arah hubungannya. Analisis dilakukan dengan menggunakan dua metode yaitu secara statistik dan yang kedua secara kualitatif deskriptif. Analisis statistik yang pertama menggunakan analisis korelasi koefisien kontingensi. Berdasarkan hasil yang diperoleh, faktor iklim mikro yang mempunyai hubungan yang lemah bahkan tidak berhubungan dengan pola RTH. Hal ini dibuktikan dengan nilai signifikan pada ke tiga pola RTH yang bernilai $>0,05$ yang berarti H_0 diterima. Pola RTH dengan suhu udara memiliki nilai signifikansi 0,06; dengan kelembaban udara sebesar 0,76; serta dengan kecepatan angin sebesar 0,263. Berdasarkan data tersebut dapat dinyatakan bahwa pola RTH tidak mempengaruhi iklim mikro secara signifikan. Terdapat faktor lain yang lebih mendominasi terhadap iklim mikro yaitu kerapatan RTH.

Rerata suhu harian pola RTH mengelompok adalah $29,31^{\circ}\text{C}$; RTH pola menyebar mempunyai rerata suhu udara harian sebesar $28,20^{\circ}\text{C}$; RTH pola memanjang mempunyai rerata suhu udara harian sebesar $28,36^{\circ}\text{C}$; dan lokasi yang tidak bervegetasi mempunyai rerata suhu udara harian sebesar $31,02^{\circ}\text{C}$. Rerata kelembaban udara harian pola RTH mengelompok adalah 71,53%; RTH pola menyebar mempunyai rerata kelembaban udara harian sebesar 69,31%; RTH pola memanjang mempunyai rerata kelembaban udara harian sebesar 67,05%; dan lokasi yang tidak bervegetasi mempunyai rerata kelembaban udara harian sebesar 65,85%. Kecepatan angin pada pola RTH mengelompok paling rendah dibandingkan dengan pola yang lain yaitu rata-rata kecepatan angin harian berkisar 0,57 m/s.

5. KESIMPULAN

Kerapatan vegetasi Ruang Terbuka Hijau memberikan pengaruh yang signifikan terhadap iklim mikro, untuk pengaruhnya terhadap suhu udara adalah 60,6%, pengaruhnya terhadap kelembaban udara adalah 80%, dan pengaruhnya terhadap kecepatan angin adalah 5,2%. Pola vegetasi RTH kurang memberikan pengaruh yang signifikan terhadap iklim mikro yang ditandai dengan korelasi yang sangat lemah antara berbagai pola vegetasi RTH dengan suhu udara, kelembaban udara, dan kecepatan angin.

DAFTAR PUSTAKA

- Arsyad, S. 1989. *Konservasi Tanah dan Air*. Bogor: IPB Press.
- Auliandari, L. 2013. *Struktur dan Komposisi Vegetasi sebagai Penentu Jasa Ekosistem Ruang Terbuka Hijau Kota Martapura Sumatera Selatan*. Tesis. Yogyakarta: Fakultas Geografi UGM.
- Budiyanto, E. 2007. *Aplikasi Penginderaan Jauh untuk Usulan Penataan Ruang Terbuka Hijau daerah Permukiman di sebagian Kota Yogyakarta*. Skripsi. Yogyakarta: Fakultas Geografi UGM.
- Direktorat Jenderal Penataan Ruang. 2008. *PEDOMAN – Penyediaan Dan Pemanfaatan Ruang Terbuka Hijau Di Kawasan Perkotaan*. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
- Instruksi Menteri dalam Negeri No. 14 tahun 1988 tentang *Penataan Ruang terbuka Hijau di Wilayah Perkotaan*.
- Malingreau, J.P., dan Rosalina Cristiani. 1982. *A Land Cover/Land Use Classification for Indonesia First Revision*. Yogyakarta : Puspici Universitas Gadjah Mada
- Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 5 tahun 2008 tentang *Pedoman Penyediaan dan Pemanfaatan Ruang Terbuka Hijau di Kawasan Perkotaan*.
- Sitanggang, G. 2008. Teknik dan Metode Fusi (Pansharpening) Data ALOS (AVNIR-2 dan PRISM) untuk Identifikasi Penutup Lahan/Tanaman Pertanian Sawah. *Majalah Sains dan Teknologi Dirgantara Vol. 3 No. 1 Maret 2008*: 33-49.
- Suharyadi. 2001. *Penginderaan Jauh untuk Studi Kota*. Yogyakarta: Fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada.
- Sutanto, 1986. *Penginderaan Jauh untuk Penggunaan Lahan*. PUSPIC UGM - BAKOSURTANAL. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.
- Sutanto, 1999. *Penginderaan Jauh Jilid 1*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Tjasyono, B. 2004. *Klimatologi*. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Utami, S.A. 2012. *Penentuan Lokasi Ruang Terbuka Hijau Daerah Permukiman di Sebagian Kota Bekasi Menggunakan Aplikasi Penginderaan Jauh dan Sistem Informasi Geografis*. Skripsi. Yogyakarta: Fakultas Geografi UGM.
- Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 26 tahun 2007 tentang *Penataan Ruang*.

PEMANFAATAN SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS UNTUK ANALISIS PENGUNAAN LAHAN TERHADAP SEBARAN SPASIAL SUHU UDARA DI KECAMATAN SEMARANG UTARA.

¹Alke Caroline Helena Maru, ²Iswari Nur Hidayati

¹PUSPICS Fakultas Geografi UGM, Sekip Utara, Sleman, Yogyakarta 55281

²Prodi Kartografi dan Penginderaan Jauh, Fakultas Geografi UGM, Sekip Utara, Sleman, Yogyakarta 55281

Email: alkecaroline@gmail.com, iswari@ugm.ac.id

ABSTRAK

Perkembangan kota yang semakin pesat menyebabkan kebutuhan akan lahan terbangun juga semakin meningkat. Luas lahan terbangun di Kecamatan Semarang Utara lebih luas dibandingkan luas lahan tidak terbangun. Lahan terbangun yang berkembang dapat menggeser keberadaan lahan terbuka bervegetasi dan secara tidak langsung kondisi suhu udara juga terpengaruh. Daerah perkotaan yang didominasi oleh bangunan dan liputan vegetasi sangat jarang maka akan tercipta kondisi suhu udara yang tinggi karena terbatasnya serapan energi panas dari vegetasi. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui hubungan dari penggunaan lahan terhadap sebaran spasial suhu udara di Kecamatan Semarang Utara. Data yang digunakan adalah Citra Quickbird untuk analisis penggunaan lahan, data suhu udara yang diperoleh dari kegiatan survei lapangan. Data suhu udara diambil pada tanggal 21 Januari 2015, diambil pada 3 periode waktu. Sebaran suhu udara diperoleh melalui metode interpolasi dengan teknik *inverse distance weighted* dari pemanfaatan aplikasi sistem informasi geografis. Sebaran suhu udara di Kecamatan Semarang Utara yang diperoleh berkisar 29,00°C sampai 34,40°C dan penggunaan lahan paling mendominasi di kecamatan ini adalah permukiman. Hasil menunjukkan bahwa nilai suhu udara terendah di Kecamatan Semarang Utara yaitu 29°C-30°C meliputi daerah sempadan sungai dan lahan terbuka bervegetasi. Sebaran nilai suhu 30°C-33°C meluas pada penggunaan lahan permukiman, lahan terbuka tak bervegetasi, dan industri. Sebaran nilai suhu tertinggi yaitu 33°C-34,40°C ditemukan di area pelabuhan, dimana seluruh area pelabuhan permukaannya tertutup oleh material aspal sehingga mampu mempengaruhi nilai suhu udara menjadi lebih tinggi.

KATA KUNCI: Penggunaan lahan, suhu udara, SIG, Quickbird, Semarang

1. PENDAHULUAN

Penggunaan lahan di suatu daerah merupakan suatu area di atas permukaan bumi yang mendapat pengaruh dan campur tangan dari adanya aktivitas manusia. Penggunaan lahan daerah perkotaan menggambarkan kondisi lahan daerah yang memiliki karakteristik kekotaan akibat kegiatan manusia, seperti lahan yang didominasi lahan terbangun. Perkembangan kota yang sangat cepat terjadi pula di Kota Semarang. Kota Semarang merupakan pusat kegiatan perekonomian dan perindustrian di Jawa Tengah, oleh karena itu masalah konversi lahan muncul sehingga luas lahan terbangun semakin bertambah. Menurut (Soetomo, 2011) pada tahun 2010 Kota Semarang memiliki luas lahan terbangun 18.643,82 ha, 52% lebih luas dibanding dengan luas lahan non terbangun 16.958,59 ha (48%). Konversi lahan dapat menggeser dan mengganggu keberadaan lahan terbuka baik yang bervegetasi dan tidak bervegetasi, sehingga juga dapat mempengaruhi ameliorasi iklim. Ameliorasi iklim berhubungan dengan suhu udara, presentase luasan lahan terbangun yang besar akibat konversi lahan menjadikan meningkatnya suhu udara.

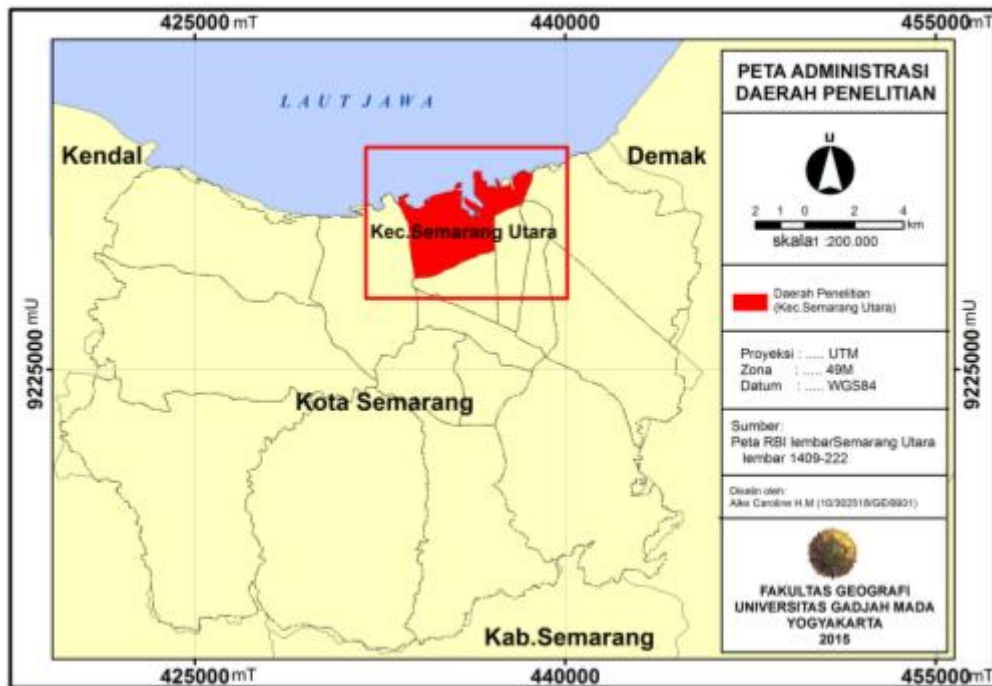
Kecamatan Semarang Utara merupakan salah satu daerah di Kota Semarang yang memiliki luasan lahan terbangun yang lebih luas dibanding luas lahan non terbangun. Luas lahan terbangun yang tinggi juga mendapat pengaruh adanya peningkatan kepadatan penduduk yang ada di Kecamatan Semarang Utara. Data statistik menunjukkan bahwa dari tahun 2008 sampai 2012 Kecamatan Semarang Utara mengalami peningkatan kepadatan penduduk yaitu sebesar 11.611 jiwa/km². Oleh karena itu kebutuhan akan lahan di Kecamatan Semarang Utara juga semakin meningkat. Meningkatnya kebutuhan lahan akan berpengaruh terhadap penggunaan lahan di Kecamatan Semarang Utara, apabila penggunaan lahan bervegetasi berkurang akan mempengaruhi suhu lingkungan, karena peran vegetasi yang mampu memberikan kesejukan, mengatur iklim mikro, sebagai peneduh dan produsen oksigen.

Menurut (Lakitan, 2002) suhu akan mengalami fluktuasi dengan nyata setiap 24 jam. Fluktuasi suhu udara berkaitan erat dengan proses pertukaran energi yang berlangsung di atmosfer. Serapan energi radiasi matahari ini kan menyebabkan suhu udara meningkat. Suhu udara maksimum tercapai beberapa saat setelah intensitas cahaya maksimum tercapai, dimana intensitas cahaya maksimum tercapai pada saat berkas

cahaya jatuh tegak lurus, yakni pada waktu tengah hari. Aplikasi Sistem Informasi geografi dapat digunakan untuk menganalisis persebaran penggunaan lahan di Kecamatan Semarang Utara dengan menggunakan data Citra Quickbird *pan-sharpened* yang dapat memberikan informasi spasial untuk penggunaan lahan secara lebih detil, sedangkan data suhu udara didapat dengan melalui pengambilan sampel di nilai suhu pada survei lapangan. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui hubungan dari penggunaan lahan terhadap sebaran spasial suhu udara di Kecamatan Semarang Utara.

2. DAERAH PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di Kecamatan Semarang Utara, Kota Semarang, dan dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Daerah Penelitian

3. METODE PENELITIAN

3.1 Data

Data yang digunakan pada penelitian ini adalah Citra Quickbird *pan-sharpened* Kota Semarang tahun 2011, Peta RBI skala 1:25.000 lembar Semarang Utara (1409-222).

3.2 Alat

Software Arc.GIS 9.3, *thermohygrometer*, Carrymap Observer version 3.12

3.3 Metode

3.3.1 Interpretasi penggunaan lahan

Interpretasi penggunaan lahan dilakukan dengan memperhatikan objek dengan unsur-unsur interpretasi antara lain: rona, warna, bentuk, ukuran, asosiasi, situs, tekstur, pola, dan bayangan. Klasifikasi penggunaan lahan didasarkan menurut Sutanto (1986). Adapun secara *general* penggunaan lahan di Kecamatan Semarang Utara yang menjadi objek interpretasi adalah: permukiman, industri, perkantoran, perdagangan, tambak, lahan terbuka bervegetasi, lahan terbuka tak bervegetasi, sempadan sungai, dan pelabuhan.

3.3.2 Pengambilan data nilai suhu udara

Pengambilan sampel suhu udara dilakukan cek langsung di lapangan menggunakan alat *thermohygrometer*. Sampel suhu udara diambil merata pada jarak setiap 800 meter dengan jumlah sampel 31 sampel di seluruh area Kecamatan Semarang Utara dengan asumsi data yang diambil pada jarak tersebut

dapat dihasilkan dapat mewakili seluruh area daerah penelitian. Pengambilan sampel suhu udara memperhatikan waktu dan jam untuk mendapatkan hasil yang bervariasi, yaitu pada 3 periode waktu, yaitu: pagi (07.00-08.00), siang (12.00-13.00), sore (15.00-16.00). Rumus suhu rerata harian (Bayong Tjasjono, 1995 dalam Budiyanto, 2007):

$$T \text{ rerata Harian} = \frac{2T_1 + T_2 + T_3}{4} \quad (1)$$

Keterangan:

- T rerata Harian : Suhu udara rerata harian
- T₁ : Suhu udara pengukuran 1
- T₂ : Suhu udara pengukuran 2
- T₃ : Suhu udara pengukuran 3

3.3.3 Uji akurasi

Uji akurasi pada penelitian ini menguji akurasi hasil interpretasi penggunaan lahan melalui Citra Quickbird *pan-sharpened* tahun 2011. Uji akurasi interpretasi penggunaan lahan menggunakan *confusion matrix calculation* (Tabel 1).

$$\text{Ketelitian interpretasi} = \frac{\text{jumlah sampel kelas yang benar}}{\text{jumlah seluruh sampel kelas}} \times 100\% \quad (2)$$

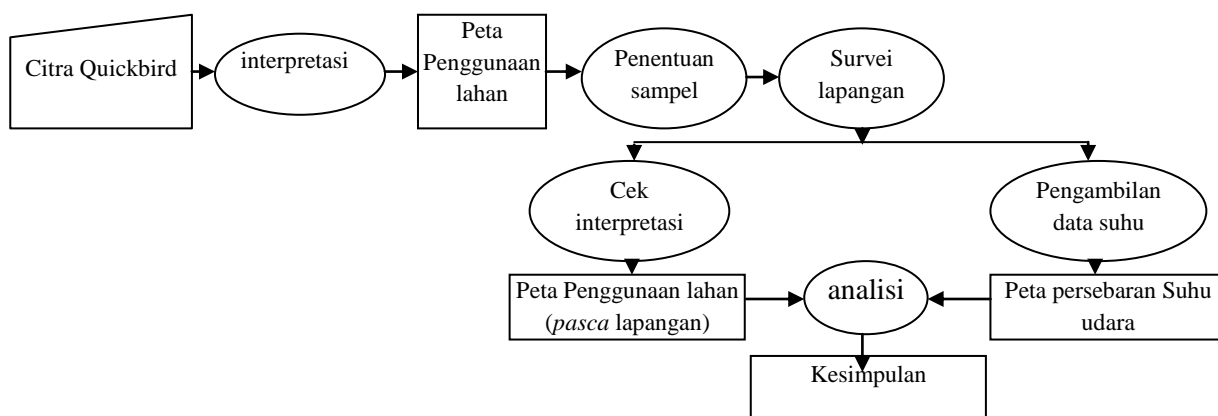
Tabel 1. matriks untuk uji ketelitian hasil interpretasi dengan data di lapangan

Interpretasi Lapangan	A	B	C	Jumlah
A	3	-	3	6
B	6	9	-	15
C	2	8	5	15
Jumlah	11	17	8	36

Sumber: Sutanto (1992)

3.3.4 Analisis penggunaan lahan terhadap persebaran nilai suhu udara

Persebaran nilai suhu udara didapatkan dengan teknik interpolasi *inverse distance weighted* sehingga dapat diketahui persebaran suhu udara di seluruh area Kecamatan Semarang Utara. Keseluruhan area penggunaan lahan memiliki nilai suhu udara setelah nilai suhu udara setiap titi sampel pengambilan dilakukan interpolasi. Adapun langkah kerja penelitian diilustrasikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Penggunaan lahan Kecamatan Semarang Utara

Perkembangan pembangunan kota yang pesat dan bertambahnya jumlah penduduk di Kota Semarang mengakibatkan terjadinya peningkatan kebutuhan alih fungsi lahan, perubahan lahan dari lahan terbuka baik bervegetasi maupun yang tidak bervegetasi menjadi lahan terbangun. Penelitian ini menggunakan Citra Quickbird sebagai sumber data dengan tahun perekaman pada tahun 2011. Citra Quickbird yang telah mengalami proses *pan-sharpened* tersebut memiliki resolusi spasial yang tinggi yang berasal dari citra saluran pankromatik dan dikombinasikan dengan citra saluran multispektral dari Citra itu sendiri. Oleh karena itu dapat menghasilkan citra multispektral yang tetap berwarna-warni dan dipertajam secara spasial oleh saluran pankromatik. Citra Quickbird yang digunakan merupakan Citra Quickbird *pan-sharpened* memiliki resolusi spasial 0,61 meter yang termasuk resolusi tinggi dan dapat menampilkan informasi secara detil, dianggap mampu mempermudah dalam melakukan identifikasi penggunaan lahan di Kecamatan Semarang Utara.

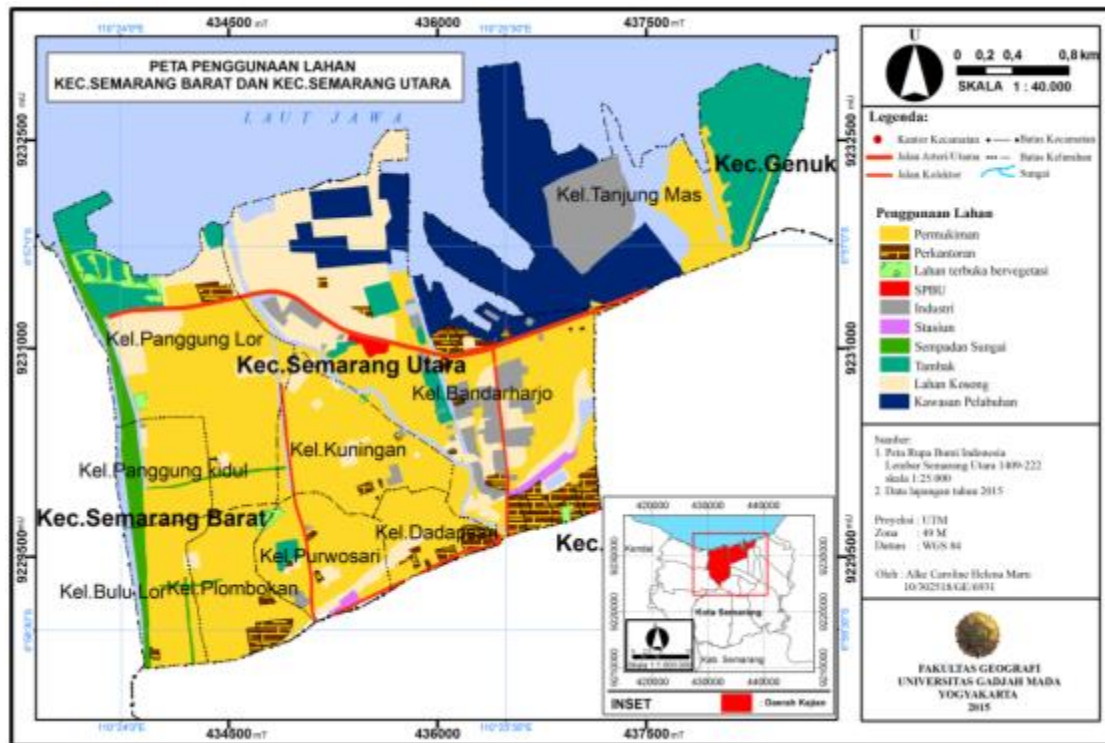
Kegiatan interpretasi secara visual memperhatikan unsur-unsur interpretasi untuk mempermudah dalam mengenali obyek yang dikaji, namun keberhasilan pengenalan obyek juga ditentukan dari pengetahuan lokal (*local knowledge*) dan penyadapan informasi penggunaan lahan dari Citra Quickbird dilakukan secara *on screen digitizing*. Kegiatan interpretasi terkadang hasilnya belum tentu sesuai dengan keadaan di lapangan. Hal ini dikarenakan adanya perbedaan tahun perekaman dengan kegiatan survei lapangan yang dilakukan, sehingga obyek-obyek yang dikaji belum tentu sesuai dengan keadaan sebenarnya di lapangan. Oleh karena itu perlu dilakukan uji ketelitian guna mengetahui seberapa besar kebenaran dari hasil interpretasi yang dilakukan dan menyesuaikan hasil interpretasi dengan kondisi di lapangan. Obyek yang diinterpretasi secara visual diklasifikasikan berdasarkan sistem klasifikasi penggunaan lahan menurut Sutanto (1986).

Citra Quickbird dengan resolusi spasial yang tinggi memberikan kemudahan dalam membedakan jenis objek penggunaan lahan. Kegiatan interpretasi penggunaan lahan berguna dalam mengetahui objek penggunaan lahan yang mendominasi di daerah penelitian. Hasil interpretasi pada Kecamatan Semarang Utara memiliki beberapa penggunaan lahan antara lain: sempadan sungai, lahan terbuka bervegetasi (tegalan), permukiman, lahan terbuka tak bervegetasi (lahan kosong), tambak, perkantoran, perdagangan, industri, SPBU, pelabuhan, stasiun. Pada penggunaan lahan permukiman di lapangan terdapat lahan yang difungsikan sebagai pasar, pendidikan, ruko perdagangan, dan tempat ibadah, sedangkan pada penggunaan lahan perkantoran diantaranya ada yang difungsikan sebagai bank.

Penggunaan lahan permukiman dapat diidentifikasi dan dikenali karena memiliki karakteristik pola yang sama pada Citra Quickbird yaitu pola mengelompok. Objek permukiman memiliki rona gelap dan sebagian besar ditandai dengan warna coklat bata, objek permukiman dalam satu blok permukiman keseluruhan dibatasi atau dipisahkan oleh jalan kecil atau gang, dan adapula yang dibatasi oleh sungai sebagai pemisah. Objek permukiman di kecamatan ini ada beberapa yang lahanya difungsikan untuk tempat ibadah, pasar, fasilitas pendidikan, dan ruko perdagangan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada Kecamatan Semarang Utara didominasi penggunaan lahan permukiman. Luas objek permukiman di Kecamatan Semarang Utara sebesar 524,93 ha dengan presentase 48,11% sebanyak 578 blok permukiman, hasil tersebut menunjukkan hampir setengah dari keseluruhan wilayah Kecamatan Semarang adalah penggunaan lahan permukiman. berikut gambar objek permukiman yang terdapat di Kecamatan Semarang Utara dari Citra Quickbird dan keadaan asli di lapangan.

Peggunaan lahan lahan terbuka bervegetasi di daerah penelitian ini seperti objek tegalan, pada citra tampak berwarna kehijauan, memiliki pola sebagian teratur sejajar dan ada pula yang tidak teratur. Hasil interpretasi melalui Citra Quickbird objek lahan terbuka bervegetasi pada Kecamatan Semarang Utara memiliki luas 10,10 ha dengan besar presentase 0,93%. Pada penggunaan lahan perkantoran pada citra terlihat ukuran bangunannya lebih besar dibanding permukiman, dan berbentuk persegi panjang, dan beratap genteng sehingga saat diinterpretasi objek tampak berwarna kecoklatan. Kawasan penggunaan lahan perkantoran ada beberapa diantaranya yang difungsikan sebagai bank, kantor brimob, kantor pengadilan, dll. Penggunaan lahan industri di Kecamatan Semarang Utara berupa gedung yang luas memiliki atap berbahan seng atau asebs sehingga pada Citra Quickbird memiliki rona cerah dan berwarna abu-abu keputihan. Di Kecamatan Semarang Utara penggunaan lahan industri memiliki luas sebesar 71,59 ha dengan presentase 6,56%. Penggunaan lahan SPBU pada citra terlihat memiliki rona yang cerah dan memiliki lahan terbuka, objek ini mudah dikenali karena berasosiasi di pinggir jalan. Penggunaan lahan SPBU di Kecamatan Semarang Utara memiliki luas 2,39 ha atau 0,22%.

Penggunaan lahan fasilitas transportasi di Kecamatan Semarang Utara antara lain terdapat pelabuhan dan stasiun kereta api. Objek stasiun kereta api mudah dikenali berasosiasi dengan jalur rel, objek ini memiliki luas 5,23 ha atau 0,48%. Objek pelabuhan pada Citra Quickbird sangat terlihat karena berasosiasi dengan laut dan banyak terlihat kapal dan perahu bersandar di dermaga-dermaga, objek pelabuhan memiliki luas 160,61 ha atau 14,72% dari keseluruhan wilayah kecamatan. Penggunaan lahan tambak dapat ditemukan di Kecamatan Semarang Utara yang berasosiasi di perbatasan antara daratan dan laut, memiliki rona gelap terlihat berwarna hijau kehitaman, hasil penelitian menunjukkan bahwa tambak disana digunakan untuk tambak ikan. Objek tambak hampir mirip dengan sawah karena berpetak-petak, hanya saja ukurannya tidak seragam seperti sawah, luas objek tambak di Kecamatan Semarang Utara seluas 97,06 ha atau 8,90% dari keseluruhan wilayah kecamatan. Kondisi penggunaan lahan di Kecamatan Semarang Utara dapat dilihat pada Gambar 3 berikut.



Gambar 3. Peta Penggunaan Lahan Kecamatan Semarang Utara

Hasil interpretasi beberapa penggunaan lahan yang menggunakan data Citra Quickbird *pan-sharpened* tahun perekaman 2011 dengan bantuan sistem informasi geografis memiliki akurasi ketelitian interpretasi sebesar 89%, terjadi kesalahan interpretasi sebesar 11%. Kesalahan yang terjadi karena *local knowledge* yang kurang dan adanya perbedaan tahun pada citra yang digunakan dengan kegiatan survei lapangan. Adapun perbandingan luasan masing-masing penggunaan lahan dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Tabel Perbandingan luas penggunaan lahan

No	Penggunaan lahan	Luas (ha)	Presentase (%)
1	Permukiman	524,93	48,11
2	Tegalan	10,10	0,93
3	Perkantoran	45,10	4,13
4	Sempadan Sungai	28,18	2,58
5	SPBU	2,39	0,22
6	Tambak	97,06	8,90
7	Lahan kosong	145,89	13,37
8	industri	71,59	6,56
9	Pelabuhan	160,61	14,72
10	Stasiun	5,23	0,48
Jumlah		1091,06	100,00

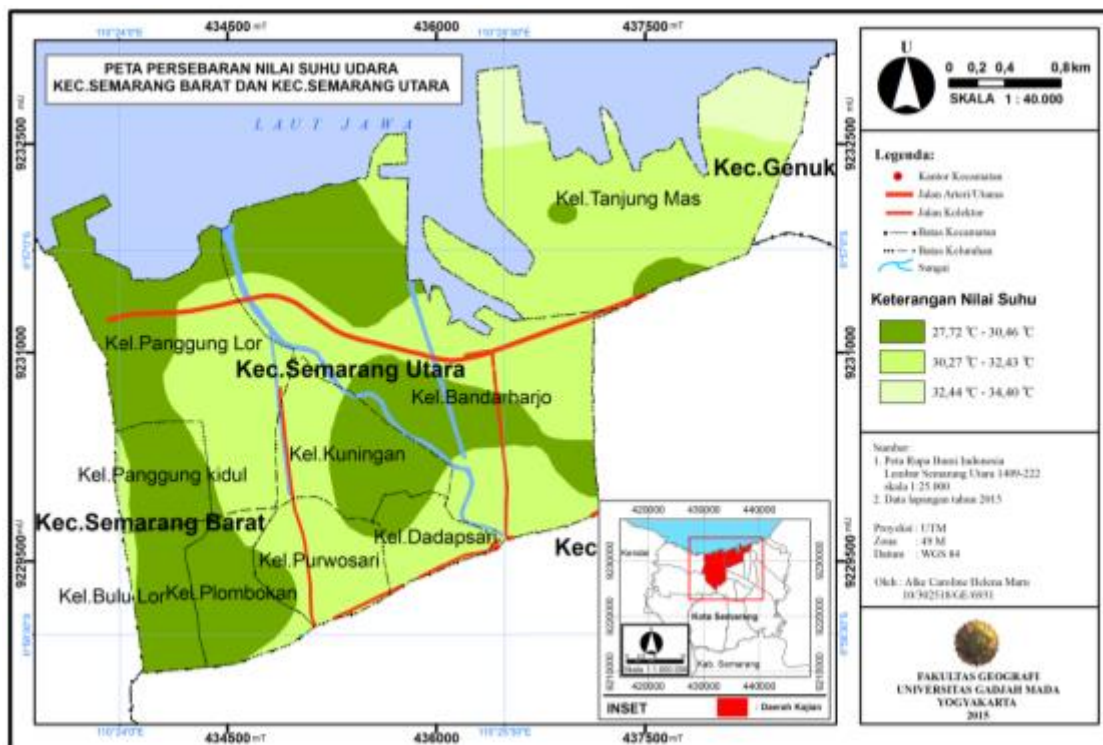
Sumber: Pengolahan data (2015)

4.2 Kondisi suhu udara di Kecamatan Semarang Utara

Suhu udara merupakan salah satu unsur mikro, yang akan mudah terpengaruh oleh perubahan pemanasan dan pendinginan permukaan tanah, benda atau tumbuhan setempat. Perubahan penggunaan lahan yang ada di suatu daerah juga akan mempengaruhi suhu udara di sekitarnya seperti perbandingan lahan terbangun dan lahan terbuka bervegetasi akan mempengaruhi suhu udara. Daerah perkotaan seperti yang terjadi di Kecamatan Semarang Utara yang didominasi oleh bangunan baik permukiman dan gedung-gedung dengan kondisi liputan vegetasinya sangat jarang akan tercipta kondisi suhu udara yang tinggi karena serapan energi panas dari vegetasi juga terbatas. Suhu udara yang tinggi dapat diakibatkan dari sinar matahari yang menghasilkan energi panas dan sampai ke permukaan bumi. Fungsi vegetasi sangat berperan dalam gejala perubahan suhu udara di suatu daerah atau lingkungan karena sebagai pengatur iklim mikro, pemberi kesejukan, pemasok oksigen, sehingga akan dapat membentuk iklim mikro yang baik, mengasorbsi panas sehingga terjadi gejala penurunan suhu karena adanya proses evapotranspirasi dari vegetasi.

Pada penelitian ini pengambilan sampel suhu udara diambil dengan metode *grid* pada setiap jarak 800 meter dengan asumsi bahwasampel yang diambil pada jarak tersebut yang dihasilkan dapat mewakili seluruh area daerah penelitian. Sampel suhu udara diambil pada tanggal 21 januari, perolehan nilai suhu udara dengan cara mengukur dengan alat *thermohyrometer*, pengambilan data diambil 3 periode waktu dalam sehari yaitu pada pukul 07.00-08.00, pukul 12.00-13.00 dan pukul 15.00-16.00. Jumlah sampel suhu udara yang diambil sebanyak 31 sampel merata diseluruh Kecamatan Semarang Utara.

Hasil pengukuran suhu udara di Kecamatan Semarang Utara diperoleh hasil bahwa suhu udara harian rata-rata berkisar 29,00°C sampai 34,40°C. Kondisi suhu dengan rentang nilai tersebut menggambarkan bahwa kondisi daerah penelitian memiliki suhu udara relatif tinggi, hal ini disebabkan karena daerah yang berada di daerah pesisir utara pulau jawa, dengan penggunaan lahan sebagian besar didominasi oleh penggunaan lahan permukiman dengan kondisi liputan vegetasi yang jarang. Nilai terendah dari suhu udara (29,00°C) di Kecamatan Semarang Utara dapat ditemukan di daerah permukiman yang lokasinya dekat dengan sempadan sungai, keberadaan vegetasi dapat ditemukan di sekitarnya, sedangkan nilai suhu tertinggi (34,40°C) pada sampel yang di ambil di area pelabuhan, yang sebagian besar areanya permukaannya tertutup aspal sehingga secara langsung dapat sinar matahari tidak dapat diredam oleh aspal tetapi justru aspal dapat menyimpan panas matahari sehingga area sekitarnya ikut terdampak atau terpapar oleh suhu udara yang tinggi pula. Persebaran nilai suhu udara diinterpolasi dengan menggunakan metode *inverse distance weighted* (IDW) sehingga menghasilkan persebaran nilai suhu udara di Kecamatan Semarang Utara yang dapat dilihat pada Gambar 4 berikut.



Gambar 4. Peta Persebaran Suhu Udara Kecamatan Semarang Utara

Penggunaan lahan dan persebaran suhu udara memiliki hubungan, panas yang berasal matahari yang mengenai permukaan bumi secara langsung akan mempengaruhi suhu udara di permukaan bumi. Pada Tabel 2 menunjukkan bahwa penggunaan lahan yang bervegetasi menunjukkan bahwa memiliki rentang nilai suhu lebih rendah dibanding lahan yang terbangun. Penggunaan lahan sempadan sungai yang dilapangan terdapat beberapa vegetasi seperti tegakan pohon walupun tidak rapat dan ditumbuhi ilalang dan lahan terbuka yang bervegetasi lain seperti tegalan memiliki nilai suhu relatif rendah yaitu sekitar 29°C-30°C. Bila dibandingkan dengan penggunaan lahan terbangun seperti permukiman, perkantoran, stasiun memiliki suhu relatif lebih tinggi dibanding lahan bervegetasi yaitu 30°C hingga 33°C. Berbeda dengan penggunaan lahan tambak, yang lahanya terdapat air tetapi memiliki nilai kisaran nilai suhu 30°C-31°C, sedangkan lahan industri memiliki nilai suhu 32°C-33°C. Pada penggunaan lahan pelabuhan memiliki nilai suhu yang paling tinggi yaitu 33 °C hingga 34,40 °C, nilai sangat tinggi pada hasil penelitian menunjukkan area pelabuhan yang sangat minim vegetasi, yang sebagian besar areanya tertutup aspal semen menunjukkan bahwa bahan material tersebut tidak mampu meredam panas dari matahari dan hanya bisa memantulkan panas sehingga suhu udara disekitar pelabuhan memiliki nilai suhu yang relatif tinggi, hubungan suhu udara dengan penggunaan lahan dapat dilihat pada Tabel 3 berikut.

Tabel 3. Kisaran Nilai Suhu Udara pada Penggunaan Lahan di Kec.Semarang Utara

Kisaran nilai suhu udara (°C)	Penggunaan lahan
29 – 30	Sempadan Sungai, lahan terbuka bervegetasi
30 – 31	Permukiman, lahan terbuka tak bervegetasi, area tambak, SPBU
31 – 32	Permukiman, perkantoran, Stasiun
32 – 33	Permukiman, perkantoran, lahan terbuka tak bervegetasi, industri
33 – 34	Pelabuhan
34 – 35	Pelabuhan

Sumber: pengolahan data (2015)

5. KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa persebaran nilai suhu udara di Kecamatan Semarang Utara berhubungan dengan persebaran penggunaan lahannya. Nilai suhu udara terendah di Kecamatan Semarang Utara yaitu 29°C-30°C meliputi daerah sempadan sungai dan lahan terbuka bervegetasi. Sebaran nilai suhu 30°C-33°C meluas pada penggunaan lahan permukiman, lahan terbuka tak bervegetasi, dan industri. Sebaran nilai suhu tertinggi yaitu 33°C-34,40°C ditemukan di area pelabuhan, dimana seluruh area pelabuhan permukaanya tertutup oleh material aspal sehingga mampu mempengaruhi nilai suhu udara menjadi lebih tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

- Budiyanto, Eko. 2007. *Aplikasi Penginderaan Jauh untuk Usulan Penataan Ruang Terbuka Hijau Daerah Permukiman di Sebagian Kota Yogyakarta*. Skripsi. Fakultas Geografi, UGM, Yogyakarta.
- Danoedoro, Projo. 2012. *Pengantar Penginderaan Jauh Digital*. Yogyakarta: AndiPublisher.
- Fandeli, Chafid. Laharuddin. Mukhlison. 2004. *Perhutanan Kota*. Yogyakarta: Fakultas Kehutanan, Universitas Gadjah Mada.
- Peraturan Daerah Nomor 14 Tahun 2011 Kota Semarang. *Tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Kota Semarang Tahun 2011-2031*.
- Soetomo, Sugiono. 2011. *Semarang: Menuju Kota Hijau yang Cerdas*. <http://sugionosoetomo.blogspot.com/2011/02/semarang-menuju-kota-hijau-yang-cerdas.html>. akses : 3 januari 2014 pukul 10:49 WIB.
- Sidiq, Wahid Akhid Budi Nur. 2013. *Pemanfaatan Penginderaan Jauh & Sistem Infomrasi Geografis untuk Evaluasi dan Arahan Pengembangan Ruang Terbuka Hijau di Kota Semarang*. Thesis. Yogyakarta: Fakultas Geografi.

MODEL SISTEM INFORMASI KEKERINGAN

Sudaryatno¹

¹ Staf pengajar pada prodi Kartografi dan Penginderaan Jauh
Fakultas Geografi UGM

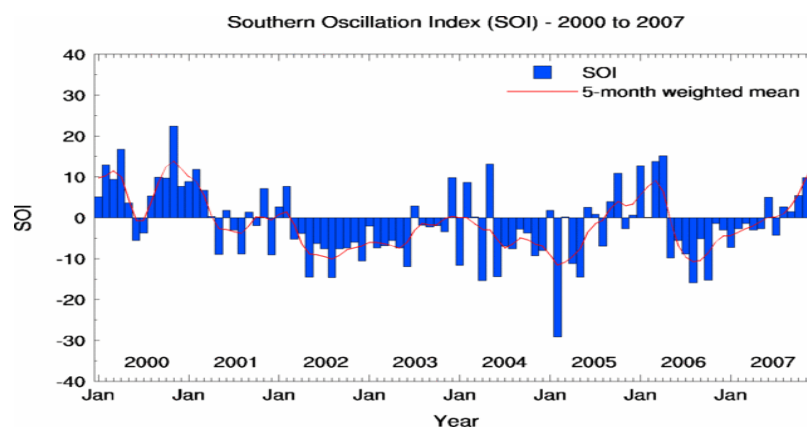
ABSTRAK

Dampak El Nino pada saat ini sangat dirasakan akibatnya oleh masyarakat yaitu adanya kekeringan yang berkepanjangan di sebagian besar wilayah Indonesia, bahkan di beberapa tempat seperti di sebagian pulau Jawa, Sumatera, Kalimantan, dan Papua telah terjadi kebakaran lahan. Secara umum kekeringan dapat dibedakan menjadi kekeringan meteorologis, kekeringan lahan, kekeringan pertanian. Sistem informasi geografis dapat digunakan untuk menyusun *model kekeringan* yang berbasis spasial data hujan, data lahan, tutupan vegetasi dan data wilayah. Untuk menyusun model kekeringan meteorologis dapat menggunakan input data spasial SPI (*Standardized Precipitation Index*). Model kekeringan lahan dapat disusun berdasarkan variabel-variabel fisik lahan seperti topografi dan batuan yang tidak menyerap air dengan mempertimbangkan faktor kemiringan lereng, bentuklahan, geologi (batuan), jenis tanah, hidrologi, dan vegetasi penutup. Model kekeringan pertanian dapat disusun berdasarkan kombinasi antara input data NDVI (*Normal Difference Vegetation Index*) atau TVDI (*Temperature Vegetation Dryness Index*) dengan data hujan. Sedang model kekeringan wilayah dapat disusun berdasarkan kombinasi antara kekeringan meteorologis, kekeringan hidrologis dan kekeringan pertanian. Hasil yang diharapkan dari pemodelan kekeringan dengan menggunakan sistem informasi geografis adalah berupa model kekeringan meteorologis, model kekeringan kekeringan lahan, dan model kekeringan pertanian yang dapat dipergunakan sebagai masukan bagi pemerintah dan masyarakat untuk memecahkan permasalahan kekeringan di Indonesia.

KATA KUNCI: kekeringan meteorologi, kekeringan lahan, kekeringan pertanian, dan model sistem

1. LATAR BELAKANG MASALAH

Dalam masalah perubahan iklim dikenal adanya anomali cuaca yang diakibatkan oleh pemanasan suhu muka air laut. *El Nino* merupakan istilah bagi gejala memanasnya suhu muka laut di bagian barat ekuator Lautan Pasifik yang berakibat berkurangnya jumlah hujan di wilayah Indonesia. Fenomena kejadian *El Nino* ini dikenal dengan *El Nino Southern Oscillation* (ENSO). Pengaruh dari adanya nilai anomali ENSO ini bagi daratan di Indonesia adalah masalah kekeringan. Pada gambar berikut di bawah ini dapat dilihat nilai SOI untuk wilayah Indonesia antara tahun 2000 sampai dengan tahun 2007, dimana antara tahun 2001 – 2005 dan tahun 2007 nilai SOI cenderung negatif. Kecenderungan dari adanya nilai SOI yang negatif tersebut yang mengakibatkan sebagian besar wilayah Indonesia mengalami defisit hujan yang berakibat terjadinya kekeringan.



Gambar 1. Southern Oscillation Index (SOI) Indonesia Tahun 2000 – 2007

Pada dasarnya kerentanan kekeringan di suatu daerah meliputi tiga hal yaitu: (1)

kerentanan kekeringan meteorologis (*meteorological drought*); (2) kerentanan kekeringan hidrologis (*hydrological drought*) dalam kaitannya dengan ketersediaan air tanah permukaan (*surface water*) dan airtanah dalam (*ground water*); dan (3) kerentanan kekeringan pertanian (*agriculture drought*). Di sebagian besar wilayah Indonesia kekeringan meteorologis (*meteorological drought*) ditandai dengan menurunnya jumlah curah hujan pada bulan Maret hingga Oktober. Selanjutnya kekeringan ini berkembang menjadi kekeringan hidrologis (*hydrological drought*) yang ditandai dengan menurunnya debit sungai, menurunnya permukaan air danau, waduk, telaga dan bahkan mengeringnya sejumlah mataair. Bila musim kemarau berlangsung lebih lama maka akan mengganggu kegiatan pertanian yang ditunjukkan oleh adanya penurunan lengas tanah (*soil moisture*) dan rekahan-rekahan tanah yang menyebabkan kekeringan pertanian (*agriculture drought*).

Pada umumnya kekeringan dapat terjadi akibat faktor meteorologi maupun faktor lahan. Kekeringan meteorologi lebih sering terjadi dibanding dengan kekeringan lahan. Penelitian mengenai kekeringan lahan terhitung masih sedikit di Indonesia. Berangkat dari hal tersebut, penelitian ini dilakukan dengan mengkaji kekeringan berdasarkan aspek lahan. Kekeringan lahan terjadi akibat pengaruh faktor - faktor fisik seperti topografi dan batuan yang tidak menyerap air (Suyono, 2007). Pendekatan lahan yang digunakan dalam penelitian ini dengan mencermati faktor kemiringan lereng, bentuklahan, geologi, jenis tanah, hidrologi, dan vegetasi penutup.

Salah satu upaya yang dilakukan oleh beberapa peneliti untuk mengungkap masalah kekeringan dengan deteksi dini dan pemantauan kekeringan dengan teknologi penginderaan jauh telah banyak dilakukan. Untuk keperluan kajian pada skala regional telah dikenal suatu citra satelit yang mempunyai kemampuan yang dapat diandalkan, yaitu citra MODIS yang merupakan citra satelit hiperspektral generasi baru yang digunakan untuk pengamatan daratan dan perairan. Informasi yang dapat dihasilkan dari pemanfaatan citra MODIS antara lain berupa identifikasi dan estimasi luas areal yang terkena dampak kekeringan yang sangat dibutuhkan untuk mengetahui secara pasti posisi/sebaran suatu daerah yang dapat diklasifikasikan dalam unit area, mengetahui sejauh mana potensi kekeringan suatu daerah secara spasial, mengetahui nilai proyeksi kekeringan daerah dan untuk perencanaan daerah khususnya dari sektor pertanian. Untuk memudahkan dalam pengolahan data, manipulasi dan analisis data, dan penayangan data diperlukan suatu sistem yang handal, yaitu sistem informasi geografis (SIG). Sistem Informasi Geografis memberikan kemudahan untuk pemrosesan dan analisis data spasial dalam upaya estimasi daerah rawan kekeringan

2. TUJUAN

Secara umum tujuan penelitian ini adalah untuk menyusun model sistem informasi kekeringan.

3. LANDASAN TEORI

Secara konvensional pada dasarnya kerentanan kekeringan di suatu daerah dapat meliputi tiga hal yaitu: (1) kerentanan kekeringan secara meteorologi (*meteorological drought*), 2. kerentanan kekeringan pertanian (*agriculture drought*), dan (3) kerentanan kekeringan hidrologis (*hydrological drought*) dalam kaitannya dengan ketersediaan airtanah permukaan (*surface water*) dan airtanah (*groundwater*). Kekeringan meteorologi merupakan kekeringan yang semata-mata akibat watak iklim wilayah. Daerah-daerah yang secara klimatologis mempunyai musim hujan dan musim kemarau, dalam musim kemarau selalu terjadi kekeringan. Kekeringan meteorologis berkaitan dengan besarnya curah hujan yang terjadi pada keadaan normal dalam satu musim. Kekeringan meteorologi merupakan tanda awal terjadinya kekeringan sehingga perlu dilakukan analisis sebelum tingkat kekeringan yang semakin parah. Kekeringan meteorologi ialah suatu keadaan dimana curah hujan di suatu wilayah di bawah kondisi normal. Selain curah hujan, faktor lain yang juga cukup berpengaruh adalah suhu. Wilayah yang mengalami kekeringan meteorologis ini biasanya terletak di daerah bayangan hujan, daerah gurun, dan daerah dataran rendah.

Terkadang, kekeringan meteorologi juga dipengaruhi oleh fenomena-fenomena seperti la nina, el nino, dan ENSO. Salah satu metode untuk melakukan analisis kekeringan meteorologis adalah dengan menggunakan pendekatan metode SPI (*Standardized Precipitation Index*). Metode SPI digunakan untuk menghitung defisit curah hujan pada suatu wilayah berdasarkan kondisi normal yang seharusnya.

Kekeringan lahan ini terjadi akibat pengaruh faktor - faktor fisik seperti topografi dan batuan yang tidak menyerap air dengan mempertimbangkan faktor kemiringan lereng, bentuklahan, geologi (batuan), jenis tanah, hidrologi, dan vegetasi penutup. Batuan lempung memiliki porositas tinggi, tetapi hasil air (*specific yield*) rendah sehingga tanah batuan lempung memiliki kelembaban tinggi, namun sumur pada jenis batuan tersebut memiliki potensi yang rendah. Contoh jenis batuan yang kurang mampu menyimpan dan melepas air adalah batu pasir (*sandstone*), serta batu granit. Kenampakan di lapangan menunjukkan wilayah dengan jenis batuan tersebut mengalami kelangkaan air. Walaupun dengan curah hujan tahunan yang tinggi, karena batuan tidak dapat menyimpan air maka wilayah tersebut rentan kekeringan. Distribusi keruangan kekeringan lahan dapat dipetakan dengan menggunakan pendekatan fisik lahan yang mempertimbangkan variabel-variabel topografi atau kemiringan lereng, bentuklahan, geologi, jenis tanah, hidrologi, dan vegetasi penutup.

Kekeringan pertanian terjadi akibat dari dampak tidak cukupnya hujan atau tidak sesuainya sebaran hujan dengan stadium pertumbuhan tanaman yang berakibat terjadinya gagal panen. Kondisi daerah yang rentan terjadi kekeringan pertanian karakteristik tanahnya pada umumnya bertekstur halus, drainase baik dan mempunyai kelembaban tanah lapisan atas yang rendah. Kelembaban tanah akan mempengaruhi kadar kelengasan tanah yang dibutuhkan tanaman untuk bertahan hidup. Kelengasan tanah lapisan atas akan meningkat atau menurun seiring dengan jumlah pasokan air. Terdapat hubungan kausal antara kelengasan tanah dengan jumlah pasokan air yang dapat dijadikan sebagai indikator penelusuran jejak kekeringan, yaitu jika kadar kelengasan tanahnya pada musim kemarau rendah maka kerentanan kekeringannya lebih tinggi. Salah satu metode untuk mengetahui tingkat kekeringan pertanian adalah dengan mengetahui nilai atau indeks kekeringan yaitu dengan menggunakan pendekatan metode TVDI (*Temperature Vegetation Dryness Index*) yang mendasarkan pada hubungan antara suhu permukaan tanah atau *Land Surface Temperature* (LST) dengan indeks vegetasi NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*). Nilai TVDI memiliki rentang dari 0 sampai 1, dimana semakin mendekati 0 menunjukkan kondisi semakin basah dan semakin mendekati 1 menunjukkan kondisi semakin kering. Secara umum apabila permukaan tanah basah maka nilai suhu permukaan akan rendah, sebaliknya jika permukaan tanah kering maka nilai suhu permukaan akan tinggi. Sedangkan semakin rapat vegetasi maka suhu permukaan akan bernilai semakin rendah, sebaliknya apabila semakin renggang vegetasi, nilai suhu permukaan akan semakin tinggi.

4. METODE PENELITIAN

4.1 Model Kekeringan Meteorologi

Kekeringan meteorologi ditentukan dengan melihat curah hujan bulanan yang direpresentasikan dalam nilai SPI. Secara sederhana dapat dijelaskan bahwa apabila nilai SPI tinggi berarti suatu daerah cenderung basah, sebaliknya apabila nilai SPI rendah maka suatu daerah cenderung kering. Berangkat dari pemikiran tersebut, selanjutnya dilakukan pengkelasan tingkat kekeringan suatu daerah secara meteorologi dengan mempertimbangkan nilai SPI. Tabel pembacaan tingkat kekeringan meteorologi adalah sebagai berikut.

Tabel 1. Modifikasi Klasifikasi SPI untuk Tingkat Kekeringan Meteorologi

Klasifikasi SPI	Keterangan
$-2 < SPI \leq -0,7$	Tinggi
$-0,7 < SPI \leq 0,6$	Sedang
$0,6 < SPI \leq 2$	Rendah

Sumber : Sudaryatno, 2015

4.2 Model Kekeringan Lahan

Kekeringan lahan merupakan kekeringan yang disebabkan oleh faktor kemiringan lereng, *Available Water Capacity* (AWC), drainase tanah, permeabilitas batuan, bentuklahan, dan penggunaan lahan. Banyaknya air hujan yang masuk melalui pori-pori permukaan tanah dan kemudian tertampung dalam tanah, dipengaruhi oleh tekstur tanah, serta vegetasi. Kemiringan lereng adalah faktor yang mempengaruhi jumlah dan kecepatan limpasan permukaan. Klasifikasi tingkat kekeringan lahan dapat dilihat pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Klasifikasi Tingkat Kekeringan Lahan

Klasifikasi kekeringan lahan	Keterangan
$80,3 < \text{kekeringan lahan} \leq 127$	Tinggi
$53,6 < \text{kekeringan lahan} \leq 80,3$	Sedang
$27 < \text{kekeringan lahan} \leq 53,6$	Rendah

Sumber : Sudaryatno, 2015

4.3 Model Kekeringan Pertanian

Peta kekeringan pertanian disusun dari hasil indeks TVDI perbulan untuk 6 bulan pada musim kemarau (April – September). Data ini kemudian diklasifikasikan sesuai dengan tingkat kekeringannya. Apabila nilai TVDI tinggi, berarti suatu daerah cenderung basah, sedangkan apabila nilai TVDI rendah, berarti suatu daerah cenderung kering. Kekeringan pertanian pada penelitian ini dibagi menjadi 3 kelas yaitu rendah, sedang, dan tinggi. Penentuan kelas kekeringan tersebut disesuaikan dengan nilai indeks TVDInya.

Tabel 3. Klasifikasi Tingkat Kekeringan Pertanian

Klasifikasi kekeringan pertanian	Keterangan
$0,33 < \text{kekeringan pertanian} \leq 0$	Tinggi
$0,34 < \text{kekeringan pertanian} \leq 0,67$	Sedang
$0,68 < \text{kekeringan pertanian} \leq 1$	Rendah

Sumber : Sudaryatno, 2015

5. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan disajikan hasil dan pembahasan mengenai hal-hal yang berkaitan dengan kekeringan di daerah sampel penelitian yaitu di Provinsi Jawa Tengah dan Daerah Istimewa Yogyakarta yang meliputi model kerentanan meteorologi, model kerentanan kekeringan lahan, dan model kerentanan kekeringan pertanian.

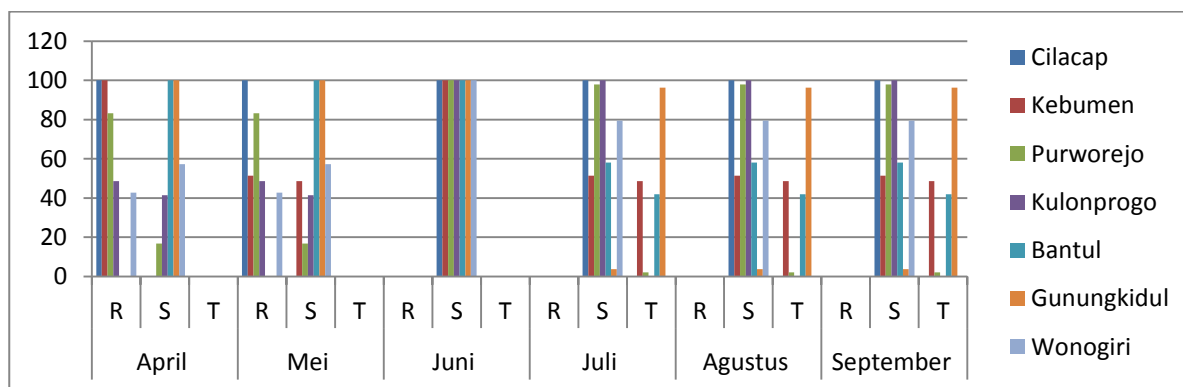
5.1 Model Kerentanan Kekeringan Meteorologi

Parameter yang digunakan dalam menentukan tingkat kerentanan kekeringan meteorologi di Provinsi Jawa Tengah dan Daerah Istimewa Yogyakarta adalah berdasarkan data curah hujan masing – masing wilayah. Data curah hujan ini akan digunakan untuk menentukan nilai indeks hujan (SPI) yang selanjutnya dari kelas nilai SPI ini akan diketahui tingkat kekeringan meteorologis. Hasil penelitian di Provinsi Jawa Tengah dan Daerah Istimewa Yogyakarta pada rerata tahun 2003 - 2007 menunjukkan adanya variasi tingkat kerentanan kekeringan meteorologi yang diklasifikasikan dalam tingkat atau kelas rendah, sedang, dan tinggi. Tingkat kerentanan kekeringan yang diperoleh tersebut mencerminkan kondisi masing – masing wilayah pada waktu tertentu, sesuai dengan waktu yang dilakukan saat penelitian.

Hasil penelitian menunjukkan tingkat kerentanan kekeringan meteorologi yang hampir merata di Provinsi Jawa Tengah dan Daerah Istimewa Yogyakarta yang direpresentasikan dengan adanya kerentanan kekeringan pada setiap kabupaten yang ada. Dari prosentase kekeringan yang terjadi di Zona Selatan Provinsi Jawa Tengah dan Daerah Istimewa Yogyakarta yang meliputi wilayah Kabupaten Cilacap, Kebumen, Purworejo, Kulonprogo, Bantul, Gunung Kidul dan Wonogiri terlihat bahwa kekeringan pada bulan April masih berada pada tingkat *rendah* dan juga

sedang yang artinya memang belum begitu banyak daerah yang mengalami kekeringan atau dapat dikatakan bahwa pada bulan April belum terjadi kekeringan. Hal yang sama juga terjadi pada bulan Mei yang mana pada bulan ini prosentase wilayah yang mengalami kekeringan masih sama dengan yang terjadi pada bulan April.

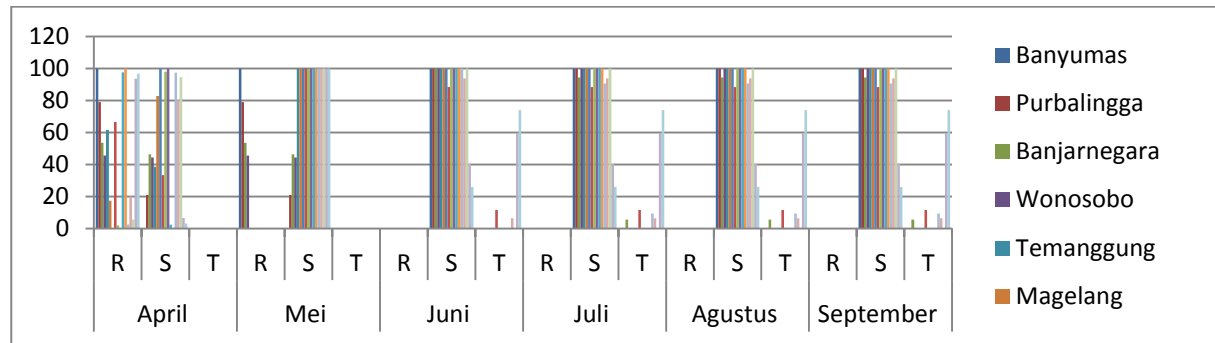
Pada bulan Juni di seluruh wilayah Zona Selatan ini sudah terjadi pergeseran pola tingkat kerentanan kekeringan yaitu menuju ke tingkat kerentanan kekeringan *sedang*. Seiring dengan berkurangnya curah hujan pada bulan Juli terdapat beberapa daerah yang sudah masuk pada tingkat kerentanan kekeringan *tinggi* yaitu di wilayah Kabupaten Kebumen (48,62%), Purworejo (2,13%), Bantul (41,90%) dan Gunung Kidul (96,26%), sedangkan di Kabupaten Cilacap, Kulonprogo dan Wonogiri masih berada pada tingkat kerentanan kekeringan *sedang*. Wilayah-wilayah yang termasuk pada tingkat kerentanan kekeringan *tinggi* pada bulan Agustus dan September, sama dengan yang terjadi di bulan Juli yaitu terjadi di wilayah Kabupaten Kebumen, Purworejo, Bantul dan Gunung Kidul, sedangkan di Kabupaten Cilacap, Kulonprogo dan Wonogiri hanya pada tingkat kerentanan kekeringan tingkat *sedang*. Berdasarkan data tersebut dapat diketahui bahwa di beberapa wilayah di Zona Selatan daerah penelitian tingkat kerentanan kekeringan *tinggi* mulai terjadi pada bulan Juli hingga bulan September.



Gambar 2.Prosentase Kerentanan Kekeringan Meteorologi di Bagian Zone Selatan
(Sumber: Sudaryatno, 2015)

Zona Tengah daerah penelitian meliputi Kabupaten Banyumas, Purbalingga, Banjarnegara, Wonosobo, Temanggung, Magelang, Kota Magelang, Boyolali, Sleman, Kota Yogyakarta, Semarang, Kota Salatiga, Klaten, Sukoharjo, Kota Surakarta, Karanganyar dan Sragen. Pada bulan April dan Mei kekeringan yang terjadi masih masuk dalam tingkat kerentanan kekeringan *rendah* dan *sedang*. Terdapat wilayah yang telah mengalami kerentanan kekeringan *sedang* di seluruh wilayahnya (100%) yaitu pada Kota Magelang, sedangkan ada pula yang mengalami tingkat kerentanan kekeringan *rendah* di seluruh wilayahnya (100%) yaitu di wilayah Kabupaten Banyumas dan Kota Salatiga.

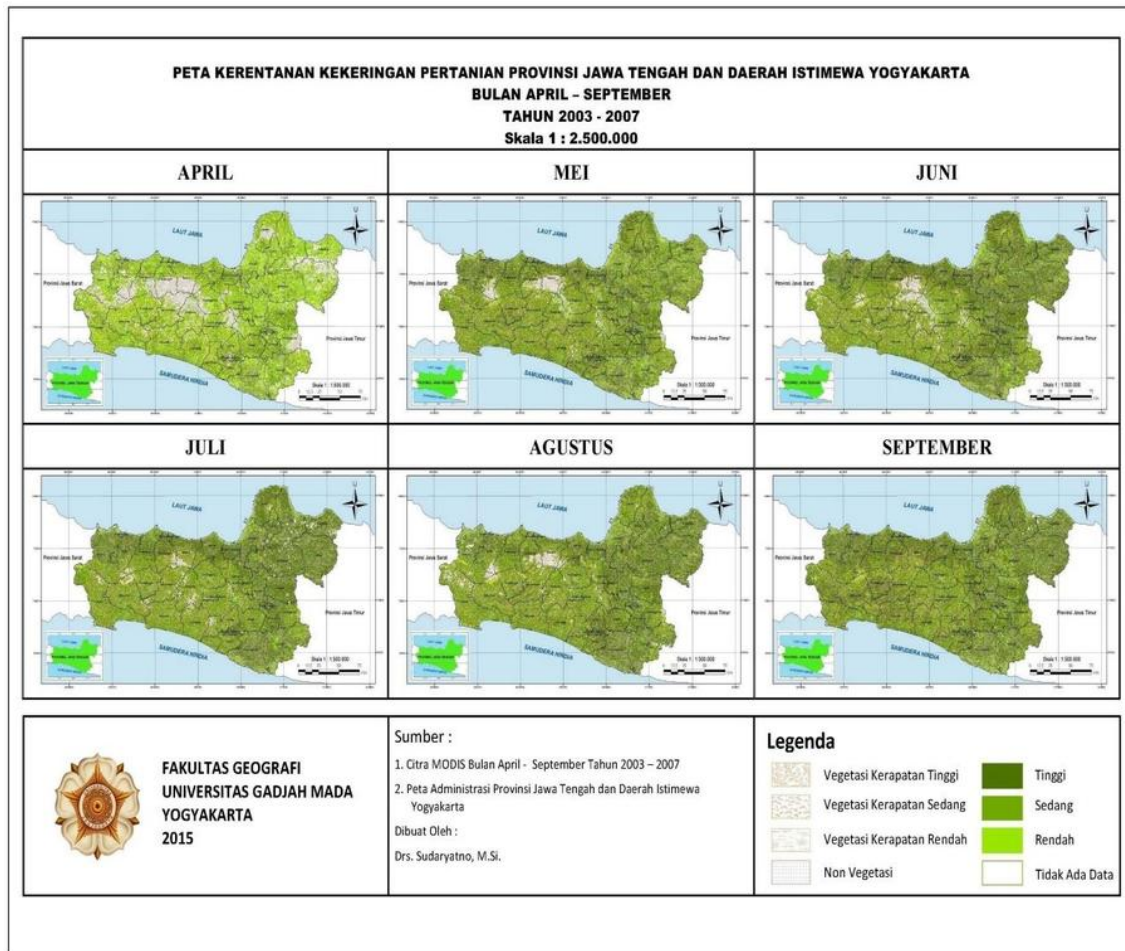
Pada bulan Juni sebenarnya prosentase luas kekeringan yang terjadi di daerah penelitian hampir sama dengan prosentase bulan-bulan berikutnya yaitu pada bulan Juli hingga bulan September, akan tetapi untuk wilayah Kabupaten Banjarnegara dan Klaten ada perbedaan dimana pada dua kabupaten ini seluruh wilayahnya (100%) masih mengalami kekeringan *sedang*. Kondisi tersebut berbeda dengan yang dijumpai di wilayah Kabupaten Boyolali, Sukoharjo dan Karanganyar yang prosentase tingkat kekeringannya sudah tidak 100% kekeringan *sedang* lagi akan tetapi sudah menuju ke tingkat kerentanan kekeringan *tinggi*, yang mana hal ini akan terus berlanjut hingga bulan September.



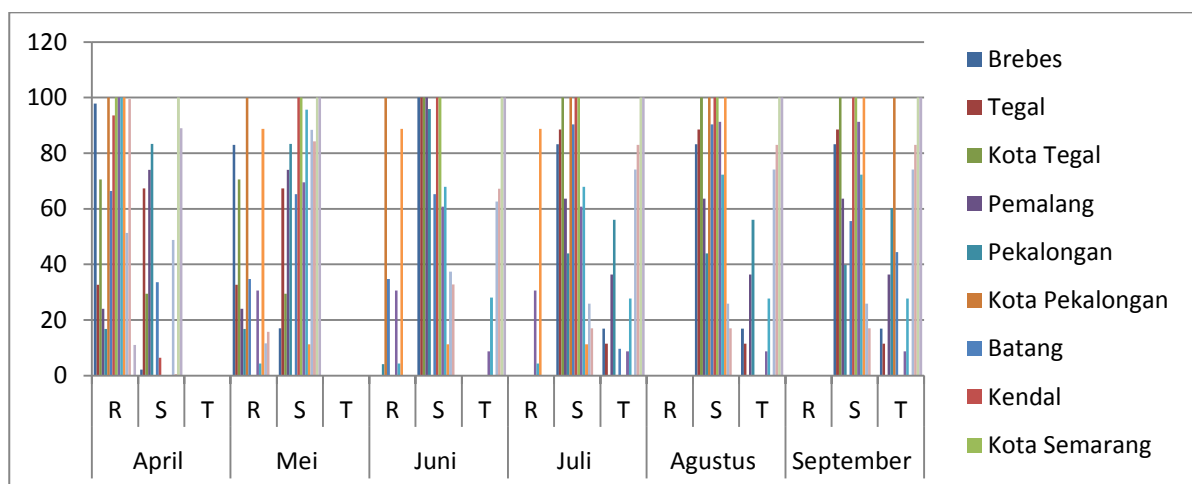
Gambar 3. Prosentase Kerentanan Kekeringan Meteorologi di Bagian Zone Tengah
(Sumber: Sudaryatno, 2015)

Zona Utara daerah penelitian meliputi wilayah Kabupaten Brebes, Tegal, Kota Tegal, Pemalang, Pekalongan, Kota Pekalongan, Batang Kendal, Kota Semarang, Demak, Kudus, Jepara, Pati, Grobogan, Rembang dan Blora. Pada bulan April dan Mei belum ada wilayah kabupaten atau kota yang berada pada tingkat kerentanan kekeringan *tinggi*, hal ini menunjukkan bahwa di zona tersebut rata-rata curah hujan bulanan masih relatif tinggi. Terdapat beberapa daerah yang semula mempunyai prosentase kekeringan *rendah* mencapai 100% yaitu Kabupaten Demak, Kudus, Jepara, Kota Semarang dan Kota Pekalongan, namun hal ini sudah tidak terdapat pada bulan Mei yang mana tingkat kerentanan kekeringannya rata-rata sudah bergeser ke arah tingkat kerentanan kekeringan *sedang*, bahkan di beberapa wilayah prosentase tingkat kerentanan kekeringannya telah mencapai 100% yaitu di wilayah Kabupaten Kendal, Rembang, Blora dan Kota Semarang. Pola pergeseran ini terus berjalan hingga bulan Juni, bahkan di beberapa wilayah kabupaten telah masuk pada tingkat kerentanan kekeringan *tinggi*, yaitu di wilayah Kabupaten Demak, Kudus, Pati dan Grobogan. Pada bulan Juni ini terdapat dua wilayah kabupaten yang prosentasenya mencapai 100% telah masuk pada tingkat kerentanan kekeringan *tinggi* yaitu di wilayah Kabupaten Rembang dan Kabupaten Blora.

Pada bulan Juli sudah banyak kabupaten yang mengalami kekeringan *tinggi* dengan prosentase yang bervariasi, dan hanya terdapat lima Kabupaten yang tidak mengalami kekeringan *tinggi* yaitu di wilayah Kabupaten Kendal, Jepara, Kota Semarang, Kota Pekalongan dan Kota Tegal. Pada bulan Agustus tidak terlalu banyak perubahan prosentase luasan kekeringan yang terjadi, sedangkan pada bulan September di beberapa wilayah terjadi perubahan dari tingkat kekeringan sedang menjadi tingkat kekeringan tinggi yaitu di Kota Pekalongan dan Kabupaten Batang. Pada bulan September ini wilayah kabupaten atau kota yang tidak mengalami kekeringan tinggi hanya tinggal empat kabupaten yaitu Kabupaten Kendal, Kabupaten Jepara, Kota Semarang dan Kota Tegal.



Gambar 4. Peta Kerentanan Kekeringan Meteorologi Provinsi Jawa Tengah dan DIY
(April - September) (Sumber: Sudaryatno, 2015)

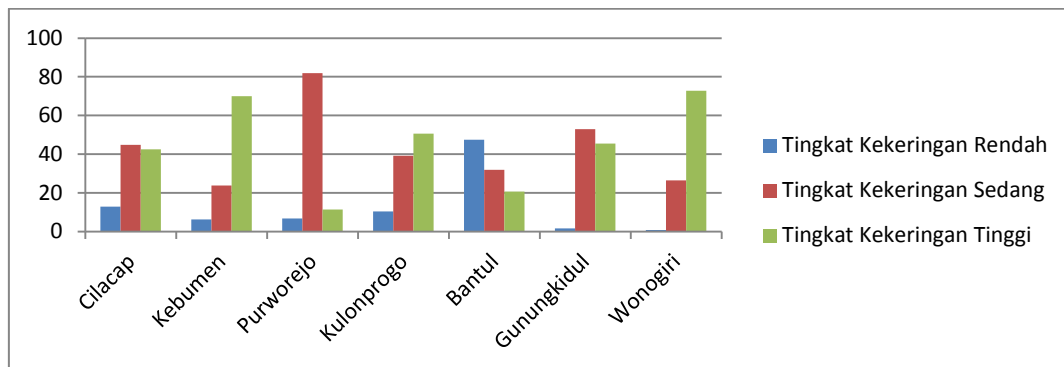


Gambar 5. Prosentase Kerentanan Kekeringan Meteorologi di Bagian Zone Utara (Sumber: Sudaryatno, 2015)

5.2 Model Kerentanan Kekeringan Lahan

Tingkat kerentanan kekeringan lahan merupakan hasil interaksi dari faktor-faktor bentuklahan, kemiringan lereng, permeabilitas, drainase, *Available Water Capacity* (AWC) serta penggunaan lahan yang

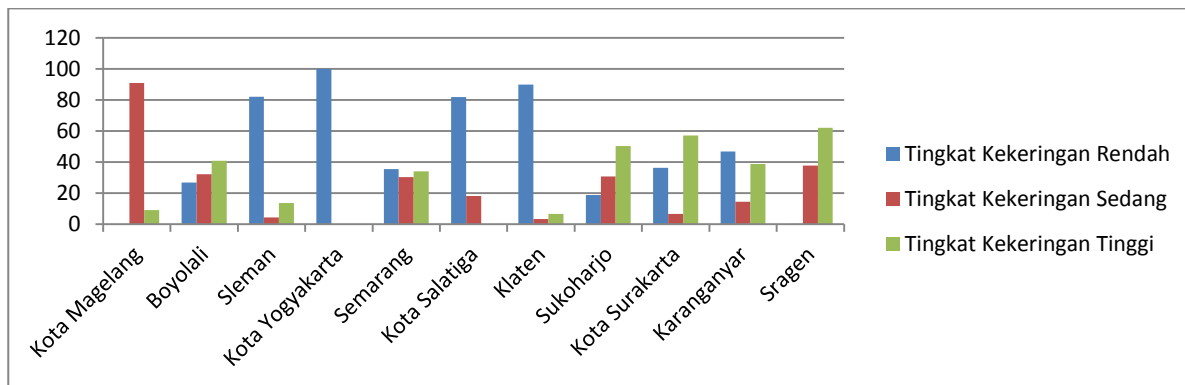
terdapat pada suatu wilayah. Parameter yang paling dominan dalam penentuan tingkat kerentanan kekeringan lahan adalah bentuklahan dan tanah. Bentuklahan akan mempengaruhi keberadaan dari kemiringan lereng, dan tanah akan mempengaruhi tinggi rendahnya nilai AWC. Hasil penelitian menunjukkan sebaran tingkat kerentanan kekeringan lahan yang termasuk dalam kelas kekeringan tinggi hampir merata pada setiap kabupaten di Provinsi Jawa Tengah maupun Daerah Istimewa Yogyakarta.



Gambar 6. Prosentase Kerentanan Kekeringan Lahan di Bagian Zone Selatan
(Sumber: Sudaryatno, 2015)

Zone Selatan termasuk dalam tingkat kerentanan kekeringan lahan yang tinggi (di atas 30% dari masing-masing luas wilayahnya), yang disebabkan oleh selain faktor bentuklahan juga adanya topografi karst yang cenderung mudah mengalami kekeringan, kecuali di sebagian wilayah Kabupaten Purworejo seluas 11,35% dan Kabupaten Bantul seluas 20,68%.

Untuk wilayah di bagian Zone Tengah daerah penelitian sebagian besar wilayah kabupaten-kabupaten yang berada pada zone tersebut mempunyai tingkat kerentanan kekeringan lahan yang tinggi (di atas 30% dari masing-masing luas wilayahnya), yang diakibatkan oleh adanya lereng yang terjal, kecuali Kota Magelang seluas 9,20%.

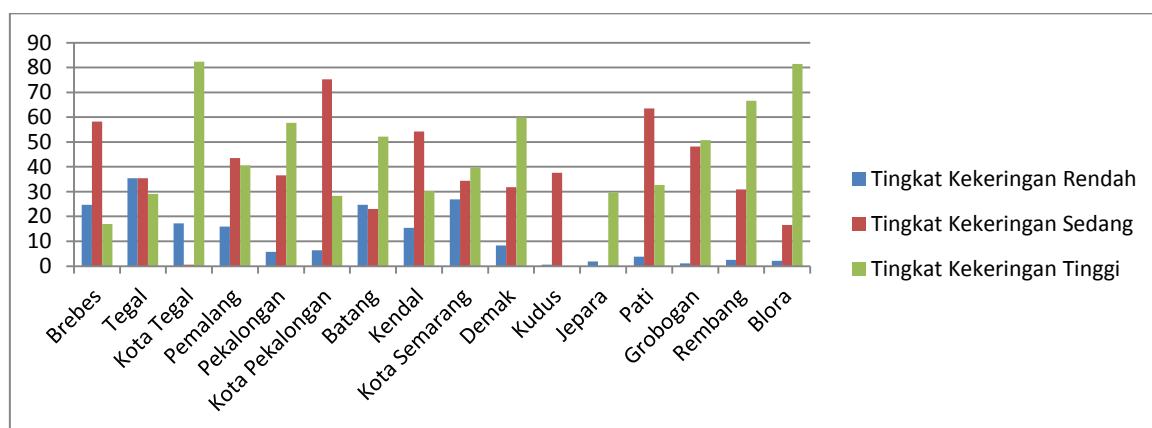


Gambar 7. Prosentase Kerentanan Kekeringan Lahan di Bagian Zone Utara



Gambar 8. Peta Kerentanan Kekeringan Lahan Provinsi Jawa Tengah dan DIY (Sumber: Sudaryatno, 2015)

Di bagian Zone Utara daerah penelitian sebagian besar wilayah kabupaten-kabupaten yang berada pada zone tersebut mempunyai tingkat kekeringan lahan yang tinggi (di atas 30% dari masing-masing luas wilayahnya), kecuali di Kabupaten Tegal seluas 29,14%, Kota Pekalongan seluas 28,35%, dan Kabupaten Jepara seluas 29,54%.



Gambar 9. Prosentase Kerentanan Kekeringan Lahan di Bagian Zone Utara (Sumber: Sudaryatno, 2015)

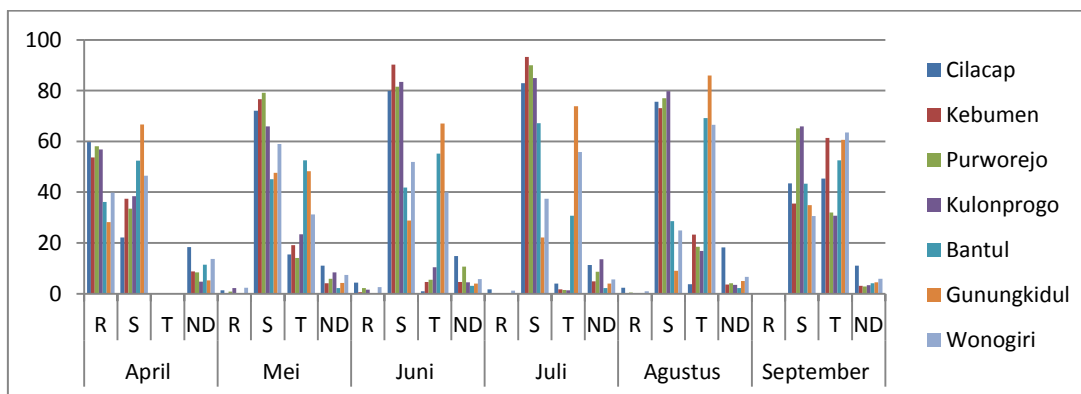
Sebaran daerah dengan kekeringan rendah lebih sempit dibandingkan daerah kekeringan sedang dan tinggi. Kondisi ini di akibatkan oleh kondisi permeabilitas yang berbeda. Permeabilitas pada daerah kekeringan rendah biasanya terdiri dari pasir halus, pasir kasar, dan pasir gumuk. Daerah kerentanan kekeringan lahan yang masuk dalam kelas tinggi cenderung digunakan sebagai kebun campuran dan perkebunan hal ini terkait dengan tingkat kemampuan lahan yang relatif kekurangan air dan kemampuan tanahnya menyerap air dalam waktu cukup lama (infiltrasinya lambat).

5.3 Model Kerentanan Kekeringan Pertanian

Parameter yang digunakan dalam menentukan tingkat kerentanan kekeringan pertanian di Provinsi Jawa Tengah dan Daerah Istimewa Yogyakarta adalah berdasarkan data LST, NDVI, dan TDVI pada masing-masing wilayah. Semua parameter dalam penelitian ini cenderung mengalami perubahan setiap bulannya. Nilai LST cenderung berubah dengan bertahap atau dengan pertambahan yang tidak begitu ekstrim. Nilai LST berhubungan dengan nilai NDVI, saat meningkatnya nilai LST maka nilai NDVI akan menurun. Nilai NDVI juga berubah – ubah, tergantung pada kondisi atmosfer saat pengambilan sampel secara digital. Apabila banyak awan maka nilai NDVI akan banyak yang negatif. Selain itu, NDVI juga tergantung pada perubahan penggunaan lahan yang terjadi di permukaan bumi. Nilai LST dan NDVI kemudian bersama-sama mempengaruhi nilai TDVI. Hasil pembacaan nilai TDVI ini selanjutnya digunakan untuk menentukan kelas kekeringan pertanian.

Di Zona Selatan daerah penelitian pada bulan April tidak ada satupun kabupaten yang memiliki tingkat kerentanan kekeringan tinggi, baru pada bulan Mei hingga September terdapat tingkat kerentanan kekeringan tinggi. Kabupaten Gunung Kidul memiliki persentase tingkat kerentanan kekeringan pertanian tinggi paling tinggi diantara kabupaten lainnya pada bulan Juni, Juli, dan Agustus. Kabupaten Bantul menduduki peringkat teratas persentase kekeringan pertanian di bulan Mei (52,58%), sementara pada bulan September posisi tersebut diduduki oleh Kabupaten Wonogiri (63,51%). Dengan demikian dapat dikatakan bahwa dalam rentang bulan tersebut ketiga kabupaten itulah yang memiliki tingkat kerentanan kekeringan tertinggi. Hal ini dapat terlihat jelas pada grafik yang disajikan pada Gambar 9. Di sisi lain Kabupaten Cilacap, Kebumen, Purworejo, dan Kulonprogo memiliki tingkat kerentanan kekeringan sedang dan rendah.

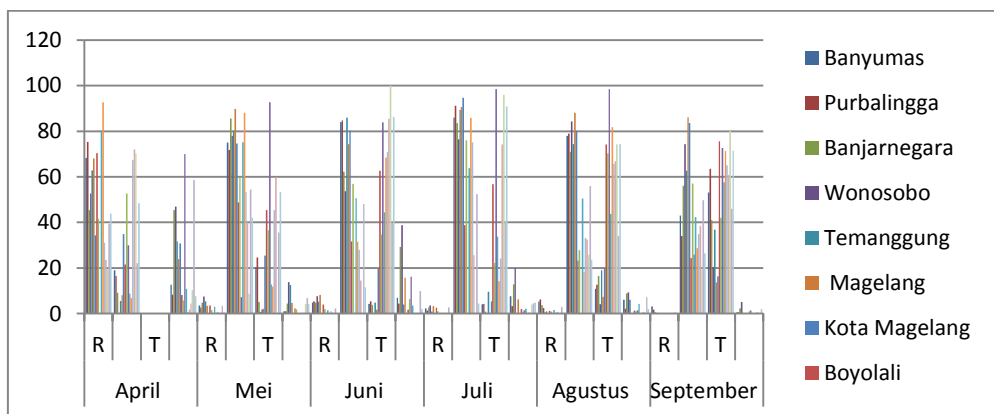
Melihat pergerakan persentase pada masing-masing bulan dapat terlihat bahwa pada bulan April belum terdapat tingkat kerentanan kekeringan tinggi, hal ini dapat dikarenakan pada bulan tersebut masih dipengaruhi adanya sejumlah curah hujan yang cukup pada akhir musim penghujan. Pada bulan Mei hingga bulan Juli didominasi oleh tingkat kerentanan kekeringan *sedang*, yang menandakan peralihan musim dari penghujan ke musim kemarau. Persentase tingkat kerentanan kekeringan *sedang* tertinggi terjadi pada bulan Juli di Kabupaten Kebumen (93,29%). Pada bulan Agustus dan September tingkat kekeringan *tinggi* menunjukkan kenaikan yang signifikan untuk seluruh kabupaten. Misalnya Kabupaten Cilacap yang pada bulan Agustus hanya 3,76% kemudian naik menjadi 45,39%. Puncak kekeringan pertanian di zona/bagian selatan terjadi pada bulan September dengan rerata persentase tingkat kerentanan kekeringan *tinggi* sebesar 49,44%.



Gambar 10. Grafik Tingkat Kerentanan Kekeringan Pertanian di Zona Selatan (Sumber: Sudaryatno, 2015)

Beralih ke daerah penelitian di bagian Zona Tengah, pada bulan April tidak terdapat satupun Kabupaten yang memiliki tingkat kerentanan kekeringan pertanian *tinggi*, dengan proporsi lebih besar persentase pada tingkat kerentanan kekeringan *rendah*. Diantara 17 kabupaten/kota yang berada pada Zona Tengah ini, Kabupaten Purbalingga memiliki tingkat kerentanan kekeringan *rendah* dengan persentase tertinggi (75,28%). Beralih pada tingkat kerentanan kekeringan *sedang*, Kabupaten Sukoharjo memiliki persentase paling tinggi (72,05%). Perubahan pola tingkat kerentanan kekeringan baru terjadi pada bulan Mei yakni terdapat proporsi daerah yang mengalami kekeringan pertanian *tinggi*. Rentang persentase kekeringan tinggi di bulan Mei cukup lebar, yaitu antara 0,80% (Kabupaten Wonosobo) hingga 92,73% (Kota Yogyakarta), hal ini berbeda dengan Zona Selatan yang pada bulan yang sama namun memiliki julat yang relatif lebih sempit 14,07% - 52,58%.

Kota Surakarta memiliki prosentase kekeringan tertinggi pada bulan Mei diantara kabupaten/kota lainnya di Zona Tengah, dengan nilai mencapai 87,05%. Hal tersebut berlanjut pada bulan Juni (99,96%) dan September (80,27%), walaupun pada bulan Juli dan Agustus bukan merupakan yang tertinggi, namun prosentase pada kelas kerentanan kekeringan pertanian *tinggi* di Kota Surakarta lebih dari 70%. Hal ini disebabkan karena sebagian besar wilayah di Kota Surakarta bukan merupakan lahan pertanian melainkan lahan terbangun. Kota Yogyakarta memiliki persentasi kekeringan pertanian *tinggi*, paling tinggi pada bulan Juli dan Agustus, masing-masing sebesar 98,52%. Karakteristik kota memang didominasi oleh lahan terbangun dengan hanya sebagian wilayah saja yang digunakan untuk kegiatan pertanian.

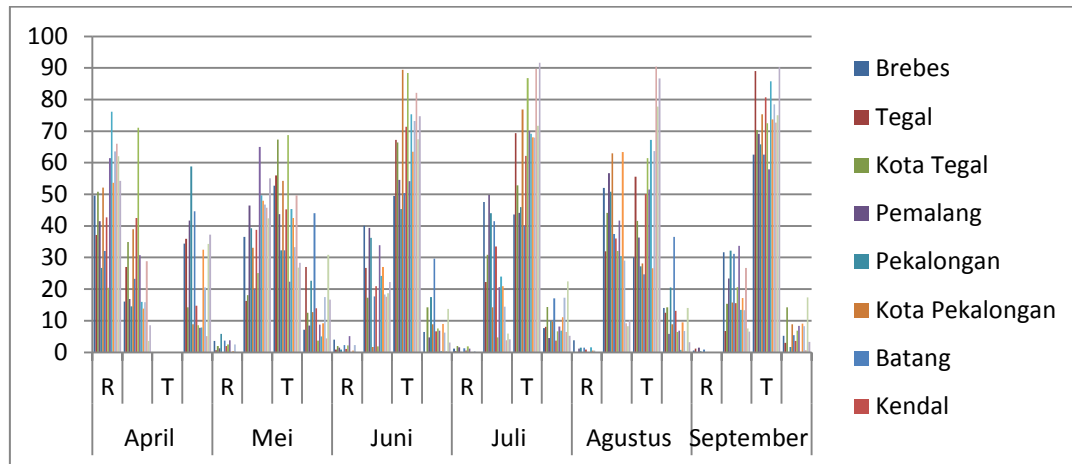


Gambar 11. Grafik Tingkat Kerentanan Kekeringan Pertanian di Zona Tengah
(Sumber: Sudaryatno, 2015)

Kabupaten Magelang memiliki prosentase tingkat kerentanan kekeringan *tinggi* paling sempit, yaitu dengan rentang antara 0 – 13,62%, hal ini menunjukkan berlimpahnya pasokan air untuk kegiatan pertanian di Kabupaten Magelang. Tidak jauh berbeda dengan kondisi tersebut, Kabupaten Wonosobo memiliki rentang prosentase tingkat kekeringan *tinggi* 0 – 20,39%. Oleh karena itu jika penentuan kekeringan hanya dilakukan berdasarkan pada prosentase kekeringan *tinggi*, maka kedua kabupaten tersebut merupakan daerah yang paling tidak rentan terhadap kekeringan pertanian di Zona Tengah.

Zona Utara masih menunjukkan tidak adanya kabupaten/kota yang memiliki tingkat kerentanan kekeringan *tinggi* pada bulan Mei. Pada bulan tersebut didominasi tingkat kerentanan kekeringan *rendah*, dengan rata persentase antara 49,39%. Nilai rerata tersebut jauh lebih besar daripada nilai rerata untuk tingkat kerentanan kekeringan *sedang*, yaitu sebesar 25,15%. Jika dilihat sekilas pada Gambar 11, maka secara keseluruhan tingkat kerentanan kekeringan di Zona Utara ini lebih merata daripada Zona Selatan dan Zona Tengah.

Pada bulan Mei prosentase kerentanan kekeringan *tinggi* berkisar antara 22,39% - 68,74%, dengan luasan tersempit terletak di Kabupaten Demak dan luasan tertinggi terletak di Kota Semarang. Bergeser ke bulan Juni, tingkat kerentanan kekeringan *tinggi* dimiliki oleh Kota Pekalongan, dengan luasan sebesar 89,41%. Sama seperti dua zona sebelumnya, karakteristik kota sangat berpengaruh terhadap tingginya nilai kekeringan pertanian tersebut. Kabupaten Grobogan memiliki prosentase tertinggi pada bulan Juli dan Agustus, masing-masing sebesar 89,75% dan 90,42%. Sementara itu pada bulan September, Kabupaten Blora memiliki prosentase tertinggi yaitu sebesar 90,19%.



Gambar 12. Grafik Tingkat Kerentanan Kekeringan Pertanian di Zona Utara
(Sumber: Sudaryatno, 2015)

Pada gambar di atas dapat terlihat dengan jelas, bahwa persentase kerentanan kekeringan *tinggi* dari Zona Selatan, Tengah dan Utara semakin bertambah yang berlaku di semua bulan. Zona Selatan Jawa Tengah dan Daerah Istimewa Yogyakarta berbatasan langsung dengan Samudera Hindia, yang pada musim penghujan menyediakan suplai air hujan yang melimpah. Dalam perjalanannya menuju utara kandungan air hujan tersebut sedikit demi sedikit akan berkurang, sehingga kekeringan pun semakin meningkat di zona bagian Utara.

6. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Model kekeringan meteorologi dapat ditentukan berdasarkan parameter SPI yang diperoleh dari data curah hujan. Dari hasil penelitian contoh, secara spasio temporal kekeringan meteorologi akan berbeda pada setiap zona wilayah yang diakibatkan oleh besar kecilnya intensitas dan volume curah hujan.
2. Dari data-data fisik lahan dapat disusun peta kekeringan lahan yang berguna untuk menilai kemampuan lahan terhadap dampak kekurangan air. Parameter yang paling dominan dalam penentuan tingkat kerentanan kekeringan lahan adalah bentuklahan dan tanah. Bentuklahan akan mempengaruhi keberadaan dari kekemiringan lereng, dan tanah akan mempengaruhi tinggi rendahnya nilai AWC.
3. Model kekeringan pertanian ditentukan dari nilai TVDI yang merupakan fungsi dari nilai NDVI dan LST, dimana akan berlaku hubungan bahwa semakin tinggi nilai NDVI maka nilai LST akan semakin rendah. Dari hasil penelitian contoh secara spasio temporal kekeringan pertanian akan berbeda pada setiap zona wilayah.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2007. Atlas Daerah Rawan Kekeringan Propinsi Jawa Tengah. BMKG. Semarang. Jawa Tengah.
- Arum, W.R. 2013. Dampak Perubahan Zona Agroklimat Terhadap Pola Tanam Di Propinsi Jawa Tengah dan Daerah Istimewa Yogyakarta. Skripsi. Fakultas Geografi. UGM. Yogyakarta.
- Crist, E.P. and R.C. Ciccone. 1984. Application of the Tasseled Cap Concept to Simulated Thematic Mapper Data. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*. Vol. 50. No. 3, March 1984, pp. 343-352.
- Campbell, J.B., 1987. *Introduction To Remote Sensing : Third Edition*. London, New York : The Guilford Press.
- Curran, P.J., 1985. *Principles Of Remote Sensing*. New York : Long Group Limited.
- Danoedoro, P 1996. *Pengolahan Citra Digital ; Teori dan Aplikasinya dalam Bidang Penginderaan Jauh*.

- DeMers, M.N. 1997. *Fundamentals of Geographic Information Systems*. New York : John Wiley & Sons, Inc.
- Domiri, D.D., 2005. *Deteksi Dini Kekeringan Lahan Menggunakan Data WaterVapor NIR MODIS*. Publikasi Pertemuan Ilmiah Tahunan MAPIN XIV. Institut Teknologi Sepuluh November. Surabaya.
- E. Tenenbaum, David. 2010. EOS 383-Giscience For Water Resources Research. *Exercise 10: Calculating Sigma From LST-NDVI Data*. University of Massachusetts Boston, Department of Environmental, Earth, and Ocean Sciences.
- Engman, E.T. dan Gurney, B.J., 1991, *Remote Sensing in Hydrology*, New York : Chapman and Hall.
- Gonzales, J and Valdes, J.B. 2004, The Mean Frequency of Recurrence of In-Time-Multidimensional Events for Drought Analyses. *Jurnal. Natural Hazard and Earth Systems Sciences* : p.p. 17 -28. Sref-ID:1684-9981/nhess/2004-4-17. European Geosciences Union.
- Ghulam, A. et.al., 2007, Modified Perpendicular Drought Index (MPDI): A real-time Drought Monitoring Method. *Jurnal. ISPR. Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*. Vol. 62 : p.p. 150-164. Science Direct. ELSEVIER.
- Ghulam, A. et.al., 2007, Exploration of the Spectral Space based on Vegetation Index and Albedo for Surface Drought Estimation. *Jurnal. Journal of Applied Remote Sensing*. Vol. 1, 013529 : p.p. 1-12. Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers.
- ILACO B.V, 1981. *Agriculture Compendium for Rural Development in The Tropics and Subtropics*. Amsterdam. Elsevier Science Publishing Company Inc.
- Jensen, J.R. 1996. *Introductory to Digital Image Processing ; a Remote Sensing Perspective*. New Jersey : Prentice Hall .
- Jensen, L.L.F (ed.). 2000. *Principles of Remote Sensing (An introductory textbook)*. The Netherlands : ITC.
- Kulapramote, P. et.al. 2001. Drought Risk Evaluation using Remote Sensing and GIS: A Case Study in Lop Buri Province. Thailand. *Proceeding Seminar*. (<http://www.crisp.nus.edu.sg/~acrs> 2001).
- Landsat Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+)* dalam www.auslig.gov.au/meta/meta45.htm
- Lillesand, T.M., W. Kiefer., Chipman, J.W. 2004. *Remote Sensing And Image Interpretation (Fifth Edition)*. John Wiley & Sons, Inc., New York. 154
- Lillesand, T.M., dan Kiefer., 1994. *Pengindraan Jauh dan Interpretasi Citra*. Terjemahan oleh Sutanto. 1990. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Malingreau, J.P. 1981. *A Land Cover/Land Use Classification For Indonesia*. The Indonesia Journal Geography. Vol.II. N0.41. Faculty of Geography, Gadjah Mada University. Yogyakarta.
- Marsono, D., Paskalis, L., Haryanto, E., 2003. *Kekeringan Dampak dan Penanggulangannya. Biograf Publishing Bekerja Sama Dengan Sekolah Tinggi Teknik Lingkungan (STTLI) Yogyakarta*. Yogyakarta : Sekolah Tinggi Teknik Lingkungan (STTLI).
- Parwati dan Suwarsono. 2008. *Model Indeks TVDI (Temperature Vegetation Dryness Index) Untuk Mendeteksi Kekeringan Lahan Berdasarkan Data MODIS-TERRA*. Jurnal Penginderaan Jauh Vol. 5, 35-44.
- Qin, Q., 2008. *Evaluation Of Modis Derived Perpendicular Drought Index For Estimation of Surface Dryness Over Northwestern China*. International Journal Of Remote Sensing. Vol 29, No.7, 10 April 2008, 1983-1995.
- Campbell, J.B., 1987. *Introduction to Remote Sensing : Third Edition*. London, New York : The Guilford Press.
- Sabins, Jr.F., 1987, 1996. *Remote Sensing : Principle and Interpretation*. San Fransisco : W.H. Freeman and Co.
- Sandholt, I., Rasmussen, K., and Andersen, J., 2002. *A Simple Interpretation of The Surface Temperature/Vegetation Index Space for Assessment of Surface Moisture Status*. Remote Sensing of Environment, Vol. 79, 213 – 224.
- Song, X., 2004. *Early Detection System Of Drought In East Asia Using NDVI From NOAA/AVHRR Data*. International Journal Of Remote Sensing. Vol 25, No.16, 10 Agustus 2004, 3105-3111.
- Sofan, P. 2007. *Agricultural Drought Based on Temperature Vegetation Dryness Index in Jambi Province using TERRA-MODIS Data.. Procceding. Geo-Marine Research Forum. Bridging Interdisciplinary Toward Sustainability*. Lapan. Indonesia.

- Sudaryatno. 2015. Integrasi Citra Penginderaan Jauh dan Sistem Informasi Geografis untuk Penyusunan Model Kekeringan (Kasus di Provinsi Jawa Tengah dan Daerah Istimewa Yogyakarta). *Disertasi*. UGM. Yogyakarta.
- Wan,Z., 2004. *Using Modis Land Surface Temperature And Normalized Difference Vegetation Index Products For Monitoring Drought in The Southern Great Plains*. USA. International Journal Of Remote Sensing. Vol 25, No.1, 10 Januari 2004.
- Wikantika., 2006. *Analisis Perubahan Luas Pertanian Lahan Kering menggunakan Transformasi Tasseled Cap Studi Kasus : Kawasan Puncak – Jawa Barat*. Jurnal Infrastruktur dan Lingkungan Binaan.
- Wikantika., 2008. *Analisis Kelembaban Tanah Dengan Landsat ETM Menggunakan Metode TVDI (Temperature Vegetation Dryness Indeks)*. Pertemuan Ilmiah MAPIN Tahunan XVII, Bandung 10-12-2008.
- Wisnubroto,S.2002. Dampak Kekeringan Pada Produksi Padai dan Cara Penangannya. *Pidato Pengukuhan Jabatan Guru Besar pada Fakultas Pertanian Universitas Gadjah Mada*. UGM.

NOTULENSI DISKUSI SESI KAJIAN METEOROLOGI DAN KARTOGRAFI

Judul Makalah:

ANALISIS PERUBAHAN AWAL MUSIM HUJAN BERDASARKAN PREDIKSI CURAH HUJAN UNTUK PENENTUAN MASA TANAM DAN PRODUKTIVITAS PADI SAWAH TADAH HUJAN DI KABUPATEN CIANJUR

Yosafat Donni Haryanto, Armi Susandi, Edvin Aldrian

Pertanyaan Oleh: Sudaryatno, Geografi UGM

- Apakah bisa untuk prediksi awal musim hujan selanjutnya ?
- Apakah sudah mempertimbangkan dari peta agrotopoklimat ?

Jawaban:

- Prediksi dapat digunakan untuk bulan – bulan selanjutnya
- Sudah mempertimbangkan peta agrotopoklimat dari instansi terkait

Judul Makalah:

ANALISIS HUBUNGAN RUANG TERBUKA HIJAU TERHADAP IKLIM MIKRO DI KAWASAN PERKOTAAN KLATEN MENGGUNAKAN CITRA ALOS PAN-SHARPENED

Eni Susanti, Iswari Nur Hidayati, Anindita Indraputra

Pertanyaan Oleh: Faiz, UNNES

Penentuan sampel menggunakan metode apa?

Jawaban:

Stratified Random Sampling

Pertanyaan Oleh: BIG, Cibinong

- Apabila jadi walikota, kebijakan apa yang akan diambil ?
- Kecepatan angin tidak berkorelasi ? kesalahan presisi lata atau apa ?
- Angin, kelembapan, RTH berapa % korelasinya ? dan berapa RTH yang diperlukan ?

Jawaban:

- Menambahkan RTH di kota, taman kota
- Penelitian : mikro (2 m diatas tanah)
- Faktor dominan adalah suhu dan kelembapan sehingga RTH 30 % tidak cukup, tergantung tempat.

Judul Makalah:

PEMANFAATAN SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS UNTUK ANALISIS PENGGUNAAN LAHAN TERHADAP SEBARAN SPASIAL SUHU UDARA DI KECAMATAN SEMARANG UTARA.

Alke Caroline Helena Maru, Iswari Nur Hidayati

Pertanyaan Oleh: Yosafat, BIG

Data suhu didapat dari mana?

Jawaban:

Survei lapangan dengan menggunakan metode grid. Pengukuran pagi – siang – sore.

Pertanyaan Oleh: BIG

- Skala yang digunakan ?
- Metode untuk model interpolasi suhu ?

Jawaban:

- 1 : 10000
- IDW (Inverse Distance Weighted)

Judul Makalah:

MODEL SISTEM INFORMASI KEKERINGAN

Sudaryatno

Pertanyaan Oleh: Yosafat, BMKG

- Data dari citra satelit apa ?
- Model dibuat dalam data rentang berapa ?

Jawaban :

- Citra hujan dari BMKG
- 10 tahun agar kecenderungan fenomena dapat terlihat

Pertanyaan Oleh : Muji

Pemilihan lokasi ? bila diterapkan ditempat lain ?

Jawaban:

Didesain untuk diterapkan ditempat lain

TATA RUANG DAN PERENCANAAN WILAYAH

R3A - RUANG SIDANG 1 PUSPICS,
25 NOVEMBER 2015 (15.00 – 16.15)

093 PEMANFAATAN APLIKASI SIG BERBASIS *WEB* UNTUK
PENATAAN SEKTOR PERTAMBANGAN INDONESIA

Surya Herjuna, Dimar Wahyu Anggara, Bayu Raharja

037 IDENTIFIKASI AGIHAN BARKHAN PADA ZONA INTI
GUMUK PASIR PARANGTRITIS DENGAN MENGGUNAKAN
DATA UAV

Edwin Maulana, Theresia Retno Wulan

044 PEMETAAN PARTISIPATIF PELACAKAN BATAS DESA DI
KOTA BLITAR DAN KABUPATEN BLITAR

*Farid Yuniar, Yogyrema Setyanto Putra, Fahrul Hidayat, Guridno
Bintar S*

115 KAJIAN KRITERIA PENENTUAN ZONA INTI TAMAN
NASIONAL BERBASIS GEOFISIK MENGGUNAKAN
TEKNIK PENGINDERAAN JAUH DAN SISTEM INFORMASI
GEOGRAFIS (STUDI KASUS DI TAMAN NASIONAL
BOGANI NANI WARTABONE)

Nawir N. Sune

PEMANFAATAN APLIKASI SIG BERBASIS WEBUNTUK PENATAAN SEKTOR PERTAMBANGANINDONESIA

Surya Herjuna¹, Dimar Wahyu Anggara¹ dan Bayu Raharja¹

¹Sub Direktorat Perencanaan Wilayah dan Informasi Mineral dan Batubara, Direktorat Pembinaan Program Mineral dan Batubara, Ditjen Mineral dan Batubara, Kementerian ESDM,
Jl. Prof. Dr. Supomo No. 10 Jakarta12870
Email: suryaherjuna@gmail.com, w.dimar@gmail.com, raharjabayu@gmail.com

*Corresponding author: suryaherjuna@gmail.com

ABSTRAK

Salah satu konsekuensi dari otonomi daerah disektor pertambangan adalah banyaknya Kuasa Pertambangan (KP) yang diterbitkan oleh Pemerintah Daerah. Pemerintah Daerah tidak banyak menyampaikan laporan pengelolaan pertambangan sebelum terbitnya UU No. 4 Tahun 2009 sehingga Pemerintah Pusat mengalami kesulitan dalam mengelola dan membangun sektor ini. Hal ini dibuktikan dengan izin pertambangan yang dikeluarkan Pemerintah Daerah banyak mengalami permasalahan kewilayahan antara lain; perizinan masuk kawasan konservasi, tumpang tindih perizinan baik sama komoditas, beda komoditas maupun lintas batas wilayah administrasi. Ditjen Mineral dan Batubara sesuai perannya melakukan fungsi pembinaan dan pengawasan pengelolaan pertambangan dengan mengembangkan aplikasi SIG berbasis website yang dikenal dengan Minerba One Map Indonesia (MOMI) sebagai basis data wilayah pertambangan seluruh Indonesia sejak tahun 2011. Aplikasi ini diharapkan dapat menjadi acuan Pemerintah Pusat dan Pemerinrtah Daerah serta pemangku kepentingan terkait dalam melakukan perencanaan dan pengelolaan sektor pertambangan dan akan meminimalisir permasalahan kewilayahan. MOMI juga memudahkan Pemerintah Daerah dalam mengelola pertambangan dengan mendasarkan pada basis data produksi, penerimaan negara, reklamasi dan pasca tambang dari IUP yang tergambar secara spasial. MOMI merupakan salah satu upaya pengembangan Sistem Informasi Wilayah Pertambangan (SIWP) sebagaimana tercantum dalam PP No. 22 Tahun 2010 tentang Wilayah Pertambangan pasal 38 dan Permen ESDM No. 12 Tahun 2011 tentang Tata Cara Penetapan Wilayah Usaha Pertambangan dan Sistem Informasi Wilayah Pertambangan Mineral dan Batubara. Dalam perkembangannya, MOMI sedang melakukan integrasi aplikasi dengan data spasial beberapa K/L seperti Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, Ditjen Anggaran (SIMPONI), Ditjen Perdagangan Luar Negeri (INATRADE), dan BIG.

KATA KUNCI: Aplikasi SIG, MOMI, Ditjen Mineral dan Batubara, Wilayah Pertambangan

1. PENDAHULUAN

Sampai saat ini, Ditjen Mineral dan Batubaratelah mencatat tercatat lebih dari 10.336 (Status 3November 2015) izin pertambangan yang telah diterbitkan di seluruh Indonesia dan hampir 30% nya adalah permasalahan tumpang tindih baik sama komoditas, beda komoditas maupun lintas batas wilayah administrasi. Hal ini disebabkan carut-marutnya basis data izin pertambangan di daerah. Saat ini pemerintah Pusat sebagai pengemban kebijakan dalam menjalankan fungsinya merasa kesulitan dalam mengumpulkan data pengelolaan pertambangan di daerah khususnya perizinan. Sejak era otonomi tahun 2001 dimana sektor energi dan sumberdaya mineral telah mengubah paradigma pengelolaan pertambangan dari terpusat menjadi desentralisasi pada saat dikeluarkannya PP No. 75 Tahun 2001.

Sejak era otonomi, daerah memiliki kewenangan untuk menerbitkan izin pertambangan dalam bentuk Kuasa Pertambangan (KP). Namun dari tahun 2001 sampai 2009 sebelum UU No. 4 Tahun 2009 terbit, pengelolaan pertambangan di daerah tidak banyak yang dilaporkan kepada Pemerintah Pusat yang mempunyai kepentingan dalam pengambil kebijakan nasional. Sejak adanya UU No. 4 Tahun 2009, Pemerintah Daerah diwajibkan harus melakukan pelaporan rutin pengelolaan pertambangan secara berjenjang kepada Pemerintah Pusat. Dalam era digitalisasi dan komputerisasi seperti ini maka diperlukan suatu aplikasi yang lebih efisiensi dan efektif untuk mengumpulkan data dan informasi pengelolaan pertambangan dalam suatu platform yang sama.

Penelitian ini bertujuan untuk memudahkan pengawasan, penyelesaian persengketaan, dan pengambilan kebijakan Kementerian ESDM, dalam hal ini Direktorat Jenderal Mineral dan Batubara. Pengawasan dalam hal ini terutama dalam hal kewilayahan, karena kewilayahan merupakan salah satu faktor utama dalam pengawasan pertambangan. Kewilayahan berhubungan erat dengan penerimaan negara, pemberian hak atas wilayah ijin usaha pertambangan (WIUP), dan analisis kewilayahan dalam hal persengketaan, baik sengketa antar perusahaan, maupun dengan pemerintah daerah.

2. DAERAH KAJIAN

Pengawasan yang dilakukan oleh Direktorat Jenderal Minerba mencakup seluruh wilayah Republik Indonesia, sehingga dalam hal ini daerah kajian penelitian ini mencakup seluruh wilayah Republik Indonesia. Sedangkan segala proses pengembangan sistem dilakukan di kantor Direktorat Jenderal Minerba di Jakarta.



Gambar 115. Cakupan wilayah system aplikasi Minerba One Map Indonesia

3. DATA DAN METODE

3.1 Data

Data yang digunakan dalam penyusunan Minerba One Map Indonesia adalah data spasial yang diperoleh dari Kementerian dan Lembaga yang menerbitkan peta tematik dan peta dasar dari BIG serta data nemurik dari laporan Pemerintah Daerah dan perusahaan. Data spasial antara lain:

- Kawasan hutan dan areal pinjam pakai kawasan hutan.Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan
- Data NPWP dari Ditjen Pajak, Kementerian Keuangan
- Data pelabuhan khusus dan terminal khusus dari Ditjen Perhubungan Laut
- Data ET dan jumlah produksi dari Ditjen Perdagangan Luar Negeri
- Peta Citra Penginderaan Jauh dari LAPAN
- Peta dasar dari BIG
- Peta blok Migas, data blok Panas Bumi, data Transmisi Listrik, Pembangkit Listrik, Smelter dari Kementerian ESDM

3.2 Metode

3.2.1 Pembentukan database Kewilayahan.

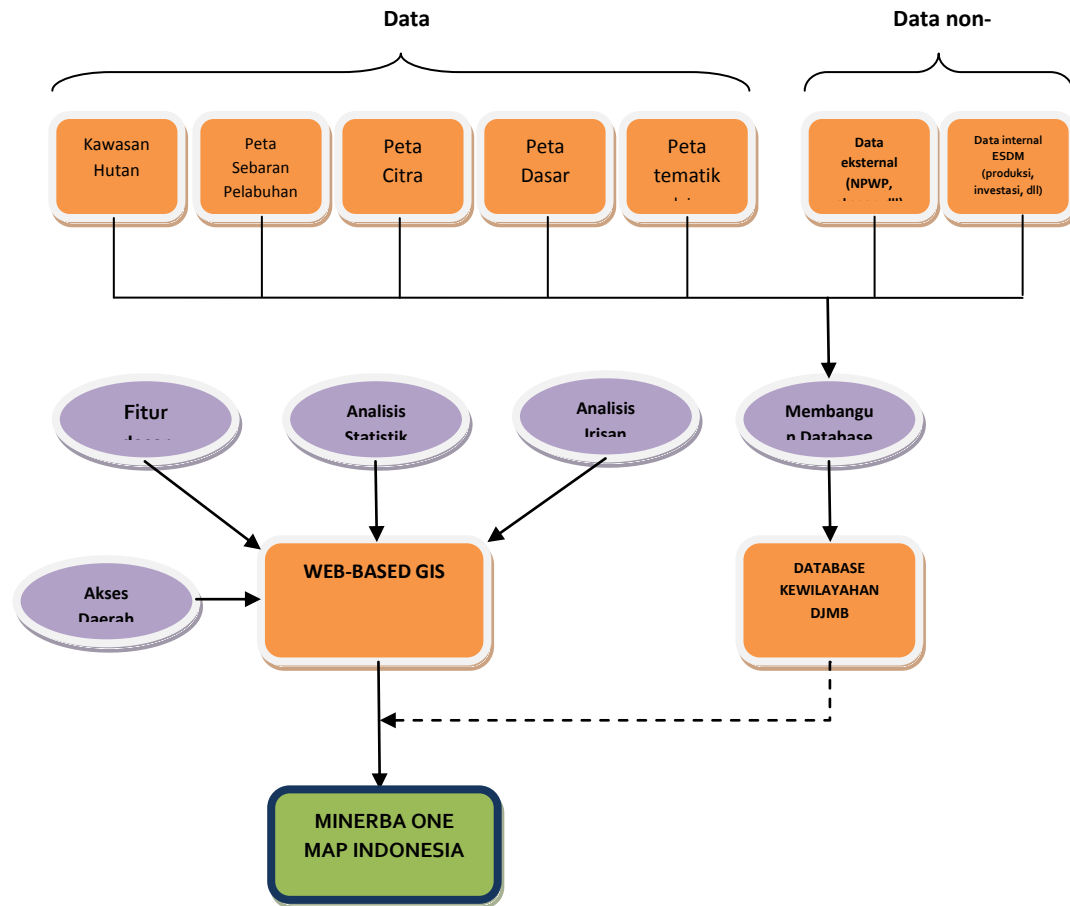
Jumlah data yang cukup banyak, dan daerah penelitian yang cukup luas, diperlukan sebuah database yang mampu mengelola dan menyimpan seluruh data tersebut. Dalam hal ini dipergunakan sistem PostgreSQL. Penggunaan sistem database tersebut dilakukan dengan pertimbangan, sistem tersebut dapat mengelola data secara spasial dengan cukup baik.

3.2.2 Pembuatan aplikasi Minerba One Map Indonesia

Untuk dapat menampilkan seluruh data kewilayahan pertambangan dengan baik diperlukan aplikasi yang dapat mendukung proses tersebut. Web-based GIS dipilih mengingat data ini akan diakses secara luas

namun terbatas, di seluruh Wilayah Negara Republik Indonesia. Pemilihan web-based GIS dikarenakan karena kemudahannya dalam proses akses dan *on-screen analysis*.

Secara umum langkah kerja dalam penelitian ini dapat diilustrasikan pada gambar berikut :



Gambar 2. Ilustrasi Langkah kerja Pengembangan Minerba One Map Indonesia

3.2.3 Sosialisasi Aplikasi Mineba One Map Indonesia

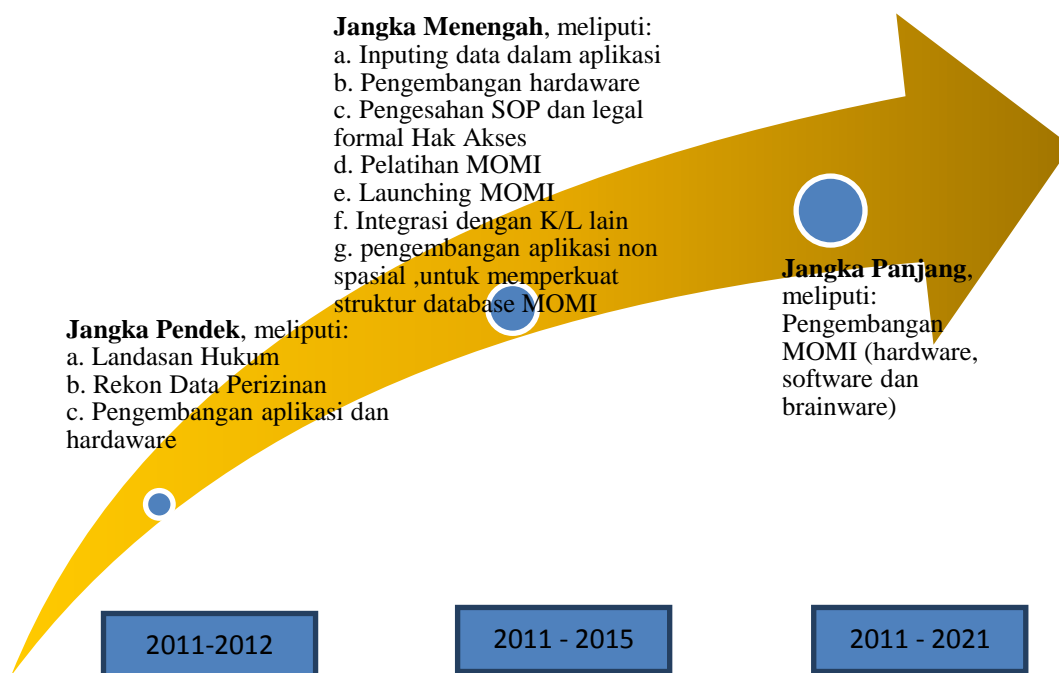
Tujuan utama aplikasi ini adalah mempermudah pengawasan, birokrasi, dan pengambilan kebijakan kewilayahan pada sektor pertambangan. Tujuan tersebut tidak hanya berlaku bagi pemerintah pusat, dalam hal ini Direktorat Jenderal Mineral dan Batubara, namun juga untuk pemerintah daerah, dalam hal ini SKPD terkait dengan sektor pertambangan. Oleh karena hal tersebut, sosialisasi perlu dilakukan untuk lebih memaksimalkan aplikasi ini. Status sampai saat ini tercatat hak akses MOMI telah digunakan oleh 3 Kementerian/Lembaga dan 136 Pemerintah Daerah. Secara lengkap peta sebaran hak akses MOMI dapat dilihat pada Gambar berikut.



Gambar 3. Sebaran Hak Akses MOMI di Indonesia

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Ditjen Mineral dan Batubara sejak tahun 2011 mengembangkan suatu platform yang terintegrasi berbasis *Geographic Information System (GIS)* untuk memfasilitasi pengumpulan data dan informasi dari Pemerintah Daerah secara berjenjang ke Pusat. Pusat telah menyiapkan perangkat-perangkat dalam rangka proses pengintegrasian database baik data pusat maupun data dari daerah. Pada perkembangannya sistem aplikasi ini lebih dikenal dengan *Minerba One Map Indonesia (MOMI)*.



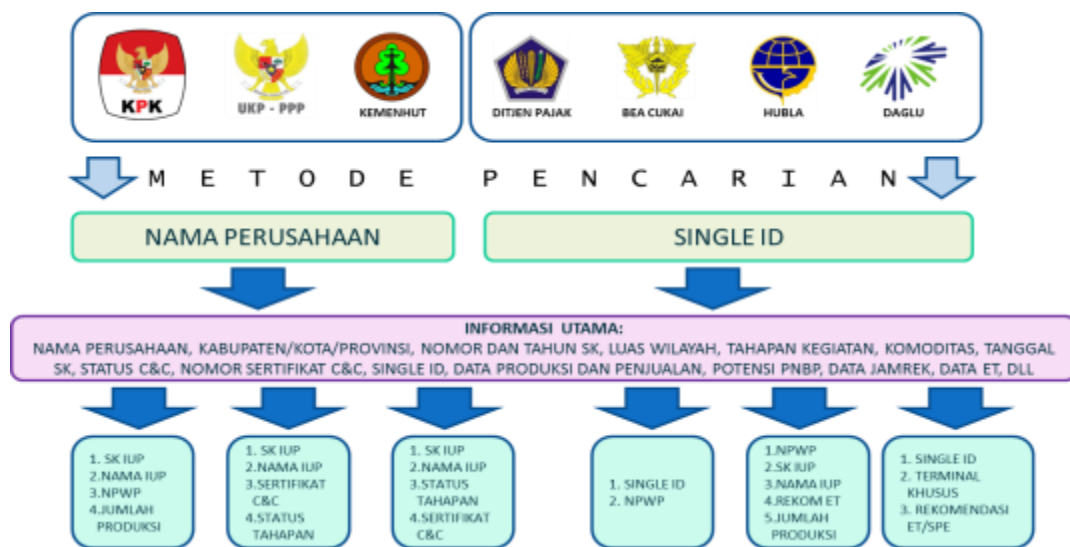
Gambar 4. Strategi dan rencana pengembangan Minerba One Map Indonesia

Dalam menyelesaikan kegiatan pengembangan Minerba One Map Indonesia terbagi dalam jangka pendek, jangka menengah dan jangka panjang. Dalam pengembangan tiap jangka ada beberapa rencana strategis untuk masing-masing antara lain untuk: pengembangan hardware, pengembangan software,

pengembangan database dan pengembangan brainware. Secara umum strategi dan rencana pengembangan MOMI sebagai berikut:

- Pengembangan hardware antara lain: penyediaan server, komputer PC, sistem firewall, jaringan internet dan lain sebagainya.
- Pengembangan software meliputi: pengembangan aplikasi peta, aplikasi inputing data atribut dan pengembangan tools dalam rangka analisis data.
- Pengembangan database meliputi: kerjasama tukar menukar data dengan kementerian/lembaga lain untuk memperkuat database nasional, rekonsiliasi data perizinan daerah, inputing atribut masing-masing perusahaan.
- Pengembangan brainware termasuk didalamnya pelatihan bagi administrator pusat dan pelatihan bagi Pemerintah Daerah.

Minerba One Map Indonesia memfasilitasi Pemerintah Daerah dalam menyampaikan laporan numerik baik data produksi, penerimaan negara, reklamasi dan pasca tambang dari IUP yang diterbitkan Pemerintah Daerah. Disamping itu, MOMI juga digunakan sebagai saran mendaftarkan wilayah izin pertambangan di daerahnya ke dalam geodatabase. Bagi Ditjen Mineral dan Batubara, MOMI dapat digunakan untuk melakukan analisa tumpang tindih dari data wilayah izin pertambangan yang ada, memonitor data-data yang terkait wilayah pertambangan, melakukan kolaborasi data dengan berbagai instansi yang menyediakan data spasial dan melakukan analisa terhadap data spasial tersebut. Dapat dimungkinkan sebagai basis data pelaporan pengelolaan pertambangan daerah meliputi; data produksi, penerimaan negara, jaminan reklamasi, dan data lainnya. Setiap pemerintah daerah nantinya akan mendapatkan titik hak akses yang sedang disiapkan Dirjen Mineral dan Batubara. Daerah harus menyiapkan petugas administrator pengentry data IUP. Oleh karena itu, KPK juga sudah memberikan dukungan untuk pengembangan MOMI sebagai salah satu instrumen pembinaan dan pengawasan pengelolaan pertambangan mineral dan batubara.



Gambar 5. Skema Integrasi data dan aksesibilitas data antar Kementerian dan Lembaga

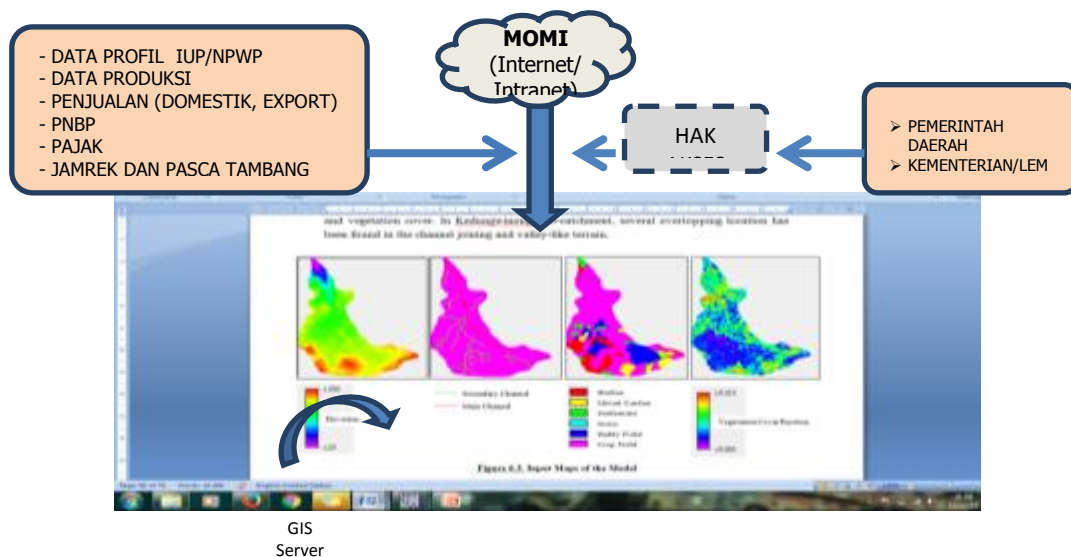
Minerba One Map Indonesia (MOMI) merupakan Sistem Informasi Geografis Wilayah Pertambangan berbasis website yang dibangun oleh Ditjen Minerba sebagai salah upaya pengembangan Sistem Informasi Wilayah Pertambangan (SIWP) sebagaimana tercantum dalam PP No. 22 Tahun 2010 tentang Wilayah Pertambangan pasal 38 dan Permen ESDM No. 12 Tahun 2011 tentang Tata Cara Penetapan Wilayah Usaha Pertambangan dan Sistem Informasi Wilayah Pertambangan Mineral dan Batubara. Sistem ini merupakan basis data seluruh wilayah pertambangan yang ada di Indonesia, dimana saat ini tercatat lebih kurang 10.648 IUP (Izin Usaha Pertambangan) yang telah diterbitkan oleh Pemerintah Daerah (provinsi & kabupaten).

MOMI dapat mengintegrasikan data pertambangan seluruh provinsi, kabupaten dan kota di Indonesia dan dapat diakses dari manapun di seluruh dunia. Hak akses MOMI untuk publik masih menunggu peraturan direktur jenderal yang sedang disusun. MOMI juga diharapkan dapat sebagai sarana bagi Pemerintah Daerah untuk mendaftarkan usulan WIUP yang akan dilelang (mineral & batubara) atau dicadangkan (mineral bukan logam & batuan).

MOMI mempunyai fungsi sebagai media pembinaan dan pengawasan pengelolaan pertambangan, meliputi:

- Sebagai media pelaporan pengelolaan pertambangan yang dilakukan oleh Gubernur, Bupati/Walikota meliputi: data produksi, data PNBP, data jamrek, dll.
- Sebagai sarana pengawasan terhadap masterplan pengelolaan pertambangan Indonesia dimana lokasi pelabuhan, dimana lokasi kantor bea cukai, lokasi syahbandar, lokasi stockpile, lokasi tambang, lokasi smelter, lokasi Pembangkit listrik, dll.
- Sebagai sarana penyamaan data dan informasi antara pusat dan daerah
- Sebagai sarana pengawasan kemajuan tambang, reklamasi dan pengelolaan lingkungan

Saat ini, Ditjen Mineral dan Batubara bersama dengan Deputi Pencegahan KPK sedang melaksanakan kegiatan pembinaan dan pengawasan pengelolaan pertambangan di seluruh provinsi. Salah satu kegiatan yang dilakukan adalah pengumpulan data dan keterbukaan informasi. Proyek pengembangan perubahan pada aplikasi MOMI menjadi hal yang sangat penting dan sesuai dalam rangka mendukung kegiatan tersebut dimana nantinya daerah dapat melakukan akses data dan upload data sesuai dengan format yang kita sediakan.



Gambar 6. Skema akses pemerintah daerah, dalam keikutsertaan pemerintah daerah pada proses pengawasan sektor pertambangan

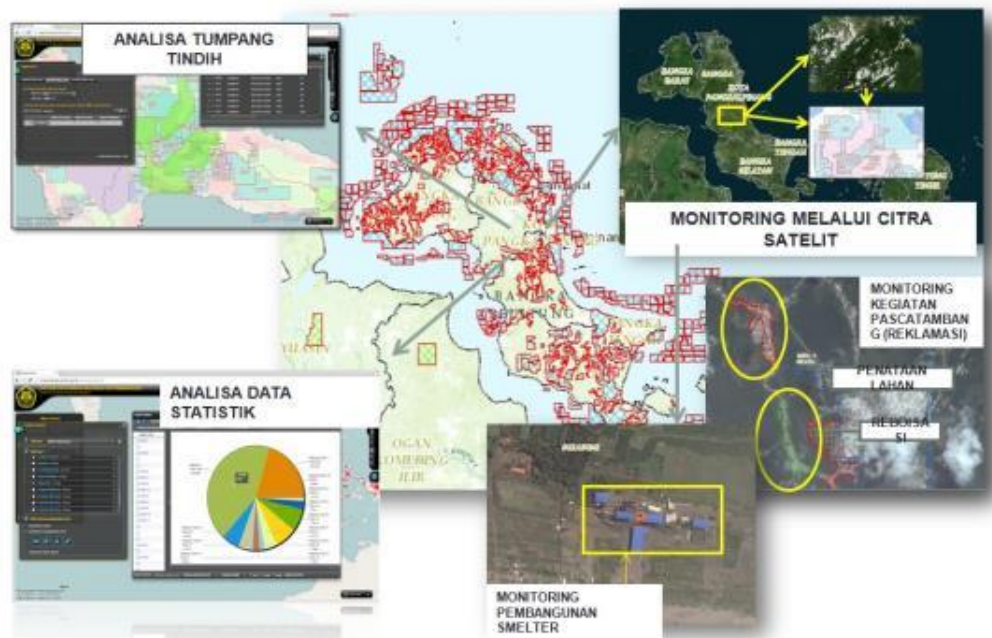
Dampak yang dihasilkan secara nyata dari inisiatif pembangunan sistem aplikasi Minerba One Maps Indonesia antara lain adalah:

- Penerapan Minerba One Map Indonesia mempercepat proses evaluasi perizinan pertambangan Mineral dan Batubara. Disamping itu proses pendataan wilayah pertambangan menjadi lebih cepat dan efisien karena tersedianya informasi yang terintegrasi.
- Terciptanya sistem informasi pertambangan secara online dan realtime yang dapat diakses kapan pun dan dimanapun yang menampilkan data pertambangan secara akurat dan benar untuk mendukung peningkatan proses pelayanan izin pertambangan bagi Pemda, Badan Usaha dan masyarakat.
- Minerba One Map Indonesia memberikan kemudahan kepada pemerintah dan penegak hukum untuk mengawasi kegiatan pertambangan Mineral dan Batubara. Salah satunya yaitu Komisi Pemberantasan Korupsi (KPK) memiliki akses penuh terhadap sistem MOMI. Disamping itu juga kegiatan pengawasan melibatkan berbagai instansi seperti Pemerintah Daerah, Dirjen Pajak, Dirjen Anggaran, Dirjen Bea Cukai, Dirjen Perhubungan, dan Dirjen Perdagangan Luar Negeri serta pemegang kontrak karya dan perjanjian perusahaan pertambangan batubara.

Manfaat MOMI untuk masing-masing instansi;

- Manfaat bagi Ditjen Minerba

- Semakin tertatanya database pengelolaan pertambangan mineral dan batubara
 - Memberikan kemudahan dalam hal pembinaan dan pengawasan pengelolaan mineral dan batubara serta kebijakan pemerintah yang akurat.
- b. Stakeholder Eksternal (K/L dan Pemda)
- KPK : Sebagai sarana pemantauan bersama pengelolaan pertambangan
 - Kementerian Kehutanan: sebagai pengambilan kebijakan pinjam pakai kawasan hutan dan pemantauan penggunaan lahan kawasan hutan untuk pertambangan
 - Ditjen Pajak dan Ditjen Anggaran: sebagai pengawasan dalam pembayaran PNBP dan pajak.
 - Ditjen Perdagangan Luar Negeri, Kemendag: sebagai kontrol atas ekspor pertambangan
 - BIG: sebagai bahan penyusunan *one map policy*.
- c. Publik
- Membantu Pemerintah menyusun kebijakan pengelolaan pertambangan yang benar, terarah dan meningkatkan kesejahteraan rakyat melalui data yang benar dan terkini.
 - Pengelolaan Pertambangan yang baik dan ramah lingkungan (*good mining practise*)
 - Transparansi pengelolaan pertambangan



Gambar 7. Fitur-fitur MOMI untuk pengawasan izin usaha pertambangan

Proses sosialisasi yang telah dilakukan dalam rangka memperkenalkan dan memaksimalkan potensi Minerba One Map Indonesia. Proses sosialisasi dapat berupa pameran dan bimbingan teknis yang dilakukan bagi SKPD terkait di pemerintah daerah.



Gambar 8. Salah satu proses Sosialisasi Minerba One Map Indonesia

Untuk lebih memaksimalkan proses pengawasan, serta sinergi data lintas Kementerian dan Lembaga, web-based GIS ini terus dikembangkan. Proses sinergi data dilakukan dengan merangkul

kementerian dan lembaga lain untuk dapat memperoleh satu pandangan mengenai sistem serta proses yang akan dipergunakan dalam sistem MOMI. Dalam beberapa kesempatan pembahasan lintas Kementerian dan Lembaga memang selalu muncul kendala dalam integrasi data, antara lain:

1. Platform pemrograman antar instansi yang berbeda sehingga menyulitkan dalam integrasi data antar K/L.
2. Inputing database ke dalam aplikasi yang kadang tidak mudah karena perbedaan form dan kesibukan masing-masing instansi.
3. Ketimpangan perkembangan teknologi antara pusat dan daerah.
4. Koordinasi antar instansi tidak berjalan optimal karena masalah rutinas pekerjaan manual.

Oleh karena itu, langkah-langkah yang diperlukan agar pengembangan MOMI dan pengembangan aplikasi lain dapat lebih terintegrasi dan maju antara lain:

1. Perlu disusun aturan yang mengikat K/L agar menyusun platform bersama dalam pengembangan teknologi sehingga memudahkan integrasi database.
2. Perlu disusun road map, form dan SOP masing-masing unit untuk memudahkan dan menentukan apa saja yang diinput dan siapa yang saja yang menginput.
3. Perkembangan aplikasi berbasis web sangat membutuhkan jaringan internet yang sama kuat sehingga keterlibatan lembaga-lembaga penyedia jaringan sangat dibutuhkan.
4. Sudah mulai mengubah pola pikir bekerja manual dengan pola pikir bekerja otomatis dan terintegrasi serta paperless untuk memudahkan dan mempercepat pekerjaan.

5. KESIMPULAN

Berbagai analisis kewilayahan dapat dilakukan dengan menggunakan MOMI antara lain untuk mengetahui tumpang tindih antara satu IUP dengan IUP lainnya, tumpang tindih antara IUP dengan data lain seperti Kehutanan. Sistem ini akan mempermudah dalam pengambilan keputusan ataupun dalam penyelesaian masalah wilayah pertambangan.

Saat ini hak akses MOMI telah diberikan kepada 138 daerah baik itu Kabupaten maupun Provinsi dan 3 Kementerian. Dengan harapan daerah dapat melakukan *monitoring* terhadap Izin yang tercatat dengan izin yang ada di daerah, hal ini untuk menjawab permasalahan perbedaan data antara pemerintah pusat dengan pemerintah daerah. Selain itu daerah akan semakin efektif dalam proses kelengkapan data karena daerah dapat melakukan pengecekan wilayah konsesi.

Bagi kementerian lain MOMI dapat digunakan sebagai referensi pengambilan keputusan antar sektor. Dan bagi perusahaan dapat digunakan untuk melengkapi data serta profil perusahaan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih penulis ucapkan kepada K/L dan KPK yang telah mendukung pengembangan program aplikasi ini agar lebih baik dan bermanfaat serta para pengguna dari pemerintah daerah yang terus memberikan masukan dan menggunakan program sehingga lebih berdaya guna.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonimous (2009), Undang-undang Nomor 4 Tahun 2009 tentang Pertambangan Mineral dan Batubara, Ditjen Mineral dan Batubara, Jakarta
- Anonimous (2010), Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2010 tentang Wilayah Pertambangan, Ditjen Mineral dan Batubara, Jakarta
- Anonimous (2011), Peraturan Menteri ESDM Nomor 12 Tahun 2011 tentang Tata Cara Penetapan Wilayah Usaha Pertambangan dan Sistem Informasi Wilayah Pertambangan Mineral dan Batubara, Ditjen Mineral dan Batubara, Jakarta

IDENTIFIKASI AGIHAN BARKHAN PADA ZONA INTI GUMUK PASIR PARANGTRITIS DENGAN MENGGUNAKAN DATA UAV

Edwin Maulana^{1,2}, Theresia Retno Wulan^{1,3}

¹ Parangtritis Geomaritime Science Park, Badan Informasi Geospasial, Kretek, Bantul DIY
Email: edwinmaulana35@yahoo.com, noibako@gmail.com

² Magister Manajemen Bencana, Universitas Gadjah Mada, Sleman 55281

³ Program Doktorat Fakultas Geografi, Universitas Gadjah Mada, Sleman 55281

Corresponding author: edwinmaulana35@yahoo.com

ABSTRAK

Gumuk pasir Barkhan Parangtritis merupakan salah satu fenomena alam yang unik dan langka. Gumuk pasir berbentuk barkhan hanya dapat ditemui di Parangtritis dan Meksiko, Amerika Latin, sehingga keberadaannya perlu mendapatkan perhatian serius. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui agihan barkhan pada zona inti gumuk pasir Parangtritis. Interpretasi foto udara hasil pemotretan dengan menggunakan UAV digunakan untuk mendeteksi agihan gumuk pasir barkhan pada zona inti gumuk pasir Parangtritis. *Ground-checking* dilakukan untuk mengetahui kondisi aktual gumuk pasir barkhan. Deskripsi eksploratif digunakan untuk menjelaskan hasil temuan di lapangan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada zona inti gumuk pasir Parangtritis masih ditemukan beberapa jenis gumuk pasir. Gumuk pasir yang ditemukan adalah gumuk pasir barkhan, barkhan berasosiasi dengan transversal dan embrio gumuk pasir barkhan. Gumuk pasir bertipe barkhan di zona inti berjumlah 15. Kebanyakan gumuk pasir berbentuk barkhan sudah rusak dan memiliki bentuk yang tidak beraturan. Penyebab rusaknya gumuk pasir barkhan adalah pembelokan arah angin oleh vegetasi dan aktivitas manusia. *Slip face* gumuk pasir barkhan pada zona inti berkisar antara 0,6 hingga 32 meter. Lebar *horn* gumuk pasir barkhan yang tersisa pada zona inti gumuk pasir berkisar antara 7 hingga 53 meter. Penataan detail kawasan harus segera dilakukan sehingga keberadaan gumuk pasir barkhan dapat diselamatkan.

KATA KUNCI: Agihan Barkhan, Gumuk Pasir Parangtritis

1. PENDAHULUAN

Parangtritis merupakan sebuah desa di sebelah selatan Kabupaten Bantul yang memiliki potensi pariwisata yang luar biasa. Kawasan Parangtritis setidaknya memiliki sembilan daerah tujuan wisata yang terdiri dari Pantai Parangtritis, Depok, Parangkusumo, Parangendog, Parangwedang, Makam Syekh Belabelu, Makan Syekh Maulana Magribi, Parangtritis Geomaritime Science Park dan gumuk pasir. Gumuk pasir merupakan sebuah bentangalam yang membatasi antara laut dan daratan serta dianggap penting untuk perlindungan pantai (So *et al.*, 2009). Keberadaan gumuk pasir di Parangtritis menjadi salah satu daya tarik tersendiri karena keberadaan gumuk pasir Barkhan sangat sulit untuk dijumpai. Gumuk pasir barkhan merupakan bukit berbentuk bulan sabit yang terbentuk oleh pasir yang jumlahnya terbatas, pembelokan arah angin dan tumbuh di daerah yang tidak memiliki vegetasi (Wilson, 1973). Berdasarkan kajian dari berbagai literatur, hanya terdapat dua gumuk pasir berbentuk barkhan, yaitu di Pantai Parangtritis dan Meksiko.

Keberadaan gumuk pasir barkhan di Pantai Parangtritis perlu mendapatkan perhatian serius karena luasannya semakin berkurang. Penyebab utama dari berkurangnya luas gumuk pasir barkhan adalah konversi lahan. Puluhan hektar tanaman yang terdiri dari tanaman cemara udang dan akasia saat ini tumbuh di dalam kawasan gumuk pasir Parangtritis. Faktor penghambat pembentukan gumuk pasir barkhan yang lain adalah adanya aktivitas manusia seperti pembangunan shelter atau rumah, kegiatan pertanian maupun usaha tambak udang. Beberapa jenis aktivitas yang dapat mengganggu keberadaan gumuk pasir barkhan dapat dilihat pada Gambar. 1.

Kerusakan bentukalam gumuk pasir barkhan yang terjadi di Parangtritis membuat para stakeholder dan pemerintah melakukan langkah sigap untuk menyelamatkan keberadaan gumuk pasir barkhan. Kajian strategis yang dilakukan Fakultas Geografi UGM, Badan Informasi Geospasial dan Pemerintah Daerah Bantul menghasilkan sebuah rekomendasi untuk menyelamatkan gumuk pasir barkhan. Konsep yang dihasilkan dari kajian strategis tersebut adalah zonasi gumuk pasir barkhan Parangtritis. Kawasan gumuk pasir barkhan ke depan akan dikelompokkan menjadi tiga zona, yaitu zona inti, zona terbatas dan zona penunjang. Zona inti gumuk pasir merupakan zona yang akan dimanfaatkan untuk melindungi, menjaga dan

melestarikan keberadaan gumuk pasir barkhan Parangtritis sehingga keberadaannya masih dapat dinikmati untuk generasi mendatang.



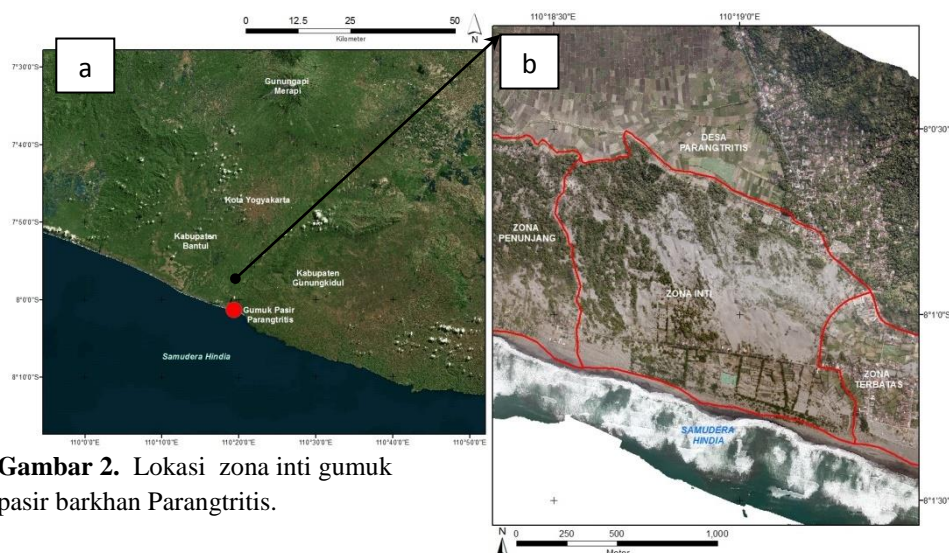
Gambar 1. Beberapa jenis aktivitas yang dapat mengganggu keberadaan gumuk pasir barkhan
Sumber: Maulana, 2015

Keberadaan gumuk pasir barkhan di zona inti gumuk pasir saat ini sudah tidak dapat dilihat dengan pengamatan langsung karena sudah tertutupi oleh pemukiman dan vegetasi. Kajian mengenai jumlah, bentuk dan agihan gumuk pasir, khususnya barkhan di zona inti gumuk pasir perlu dilakukan untuk mengetahui detail jumlah gumuk pasir barkhan. Foto udara resolusi tinggi digunakan untuk mendapatkan agihan dan jumlah gumuk pasir barkhan secara presisi.

2. STUDI AREA

Penelitian ini dilakukan di zona inti gumuk pasir barkhan yang terletak di Desa Parangtritis, Kecamatan Kretek, Kabupaten Bantul, DIY. Wilayah kajian terletak kurang lebih 33 km di sebelah selatan Kota Yogyakarta. Secara geografis zona inti gumuk pasir terletak antara $8^{\circ} 00' 43,6''$ - $8^{\circ} 01' 20''$ LS dan $110^{\circ} 19' 18,4''$ - $110^{\circ} 18' 41,6''$ BT. Zona inti gumuk pasir barkhan memiliki luas sebesar 141,15 ha.

Penggunaan lahan di zona inti gumuk pasir barkhan didominasi oleh hutan lahan kering (42,2 %), gumuk pasir (21,8 %), dan lahan terbuka (16,6 %). Pertumbuhan vegetasi yang tidak terkontrol akan mengganggu pertumbuhan gumuk pasir barkhan, karena keberadaan vegetasi akan merubah arah angin yang membawa butiran-butiran pasir. Pemukiman di zona inti gumuk pasir jumlahnya tidak terlalu banyak, namun keberadaan pemukiman dapat mengancam keberadaan gumuk pasir barkhan. Lokasi zona inti gumuk pasir barkhan dapat dilihat pada Gambar 2.

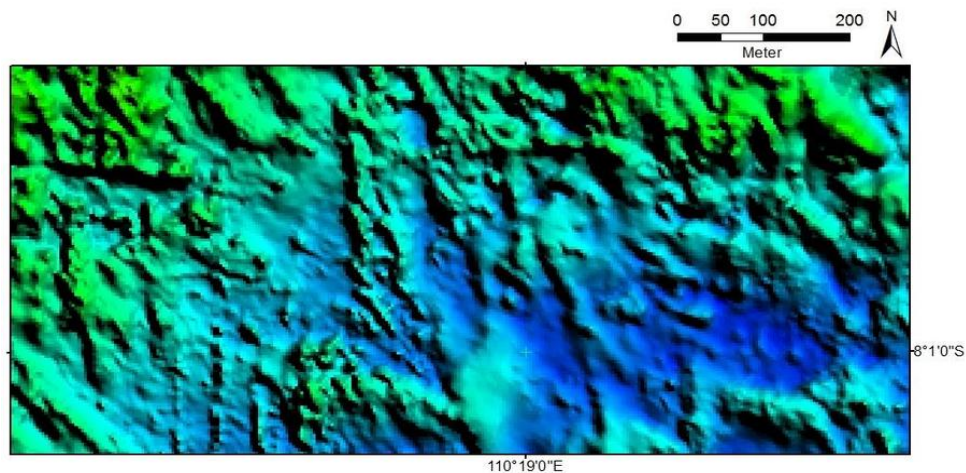


Gambar 2. Lokasi zona inti gumuk pasir barkhan Parangtritis.

Sumber: (a) Citra BingMaps 2012
(b) Foto Udara Desa Parangtritis, 2014

3. DATA DAN METODE

Marfai *et al.* (2008) mengemukakan bahwa foto udara dan peta topografi dapat menunjukkan informasi suatu wilayah dalam waktu yang lebih singkat dibandingkan dengan survei lapangan. Elbelrhiti *et al.*, (2008) mengemukakan bahwa data penginderaan jauh memberikan perspektif yang lebih luas dan menyediakan konteks untuk mengamati proses Aeolian pada suatu wilayah. Berdasarkan teori tersebut, pemetaan agihan gumuk pasir barkhan menggunakan data foto udara. Data foto udara diperoleh dengan perekaman menggunakan *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV). Data foto udara yang digunakan pada penelitian ini adalah foto udara *small format* dengan resolusi spasial 8,4 cm. Periode perekaman foto udara Desa Parangtritis adalah periode Mei 2015 dan Oktober 2015. Peningkatan akurasi data dilakukan dengan melakukan interpretasi gumuk pasir barkhan dengan menggunakan data topografi. Data topografi yang digunakan berupa data *Digital Terrain Model* (DTM) sebagian zona inti gumuk pasir Parangtritis. Data DTM yang digunakan untuk analisis memiliki resolusi spasial 3,5 meter. Data DTM yang digunakan untuk membantu proses interpretasi gumuk pasir barkhan dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Data DTM zona inti gumuk pasir barkhan (resolusi 3,5 meter) Sumber: Maulana, 2015

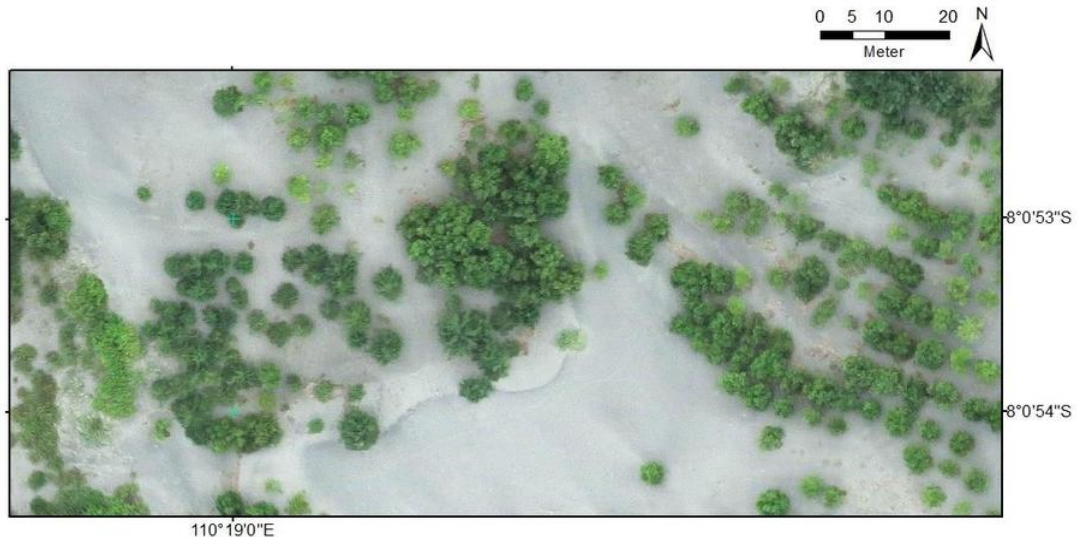
Metode umum yang digunakan untuk melakukan pemetaan adalah pengukuran lapangan dan pengamatan secara langsung. Pemetaan dengan pengukuran lapangan dan pengamatan secara langsung memerlukan waktu dan energi yang cukup banyak (He *et al.*, 2003), sehingga pemetaan agihan gumuk pasir dilakukan dengan pendekatan Sistem Informasi Geografis (SIG). Teknologi SIG memungkinkan pengguna untuk melakukan proses digitasi, perhitungan, manipulasi, analisis penyimpanan, dan menampilkan data spasial (Wals *et al.*, 1998). Analisis berbasis SIG dalam penelitian ini menggunakan software ArcMap 10.2. Deteksi manual dan interpretasi visual digunakan untuk mengetahui agihan barkhan pada zona inti gumuk pasir Parangtritis. Interpretasi foto udara dilakukan dengan menggunakan 9 kunci intepretasi foto udara yang meliputi rona atau warna, ukuran, bentuk, tekstur, pola, tinggi, bayangan, situs dan asosiasi.

Data hasil deteksi manual dan interpretasi visual ditinjau kembali di lapangan untuk memperoleh akurasi data yang lebih baik. Survei lapangan dilakukan untuk memperoleh koordinat gumuk pasir barkhan dan informasi morfologi gumuk pasir barkhan. Analisis sebaran dan morfologi gumuk pasir barkhan zona inti akan diuraikan dengan analisis deskriptif eksploratif.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil interpretasi foto udara (*aerial photo interpretation* (API)) yang dilakukan pada zona inti gumuk pasir barkhan diketahui bahwa masih terdapat 15 gumuk pasir barkhan. Semua gumuk pasir barkhan terletak di sebelah utara jalan raya yang ada di zona inti gumuk pasir. Sebaran gumuk pasir barkhan yang ada di zona inti gumuk pasir tidak merata. Hal tersebut disebabkan oleh pengaruh mikro relief lokal yang merubah arah angin sehingga bentuk gumuk pasir tidak terdistribusi secara normal. Sebagian besar bentuk gumuk pasir barkhan dapat diamati dengan jelas dengan menggunakan foto udara *small format*. Sebagian besar gumuk pasir barkhan sudah berasosiasi dengan vegetasi yang berupa cemara udang dan semak belukar. Berdasarkan interpretasi visual dapat diketahui bahwa bentuk gumuk pasir barkhan yang ditumbuhi semak belukar dan cemara udang tidak berbentuk barkhan sempurna, namun melalui foto udara *small format* masih dapat diamati.

Kenampakan *slip face* dan *horn* gumuk pasir barkhan yang ada di zona inti masih dapat teramati dengan menggunakan foto udara *small format*. Besar *slip face* dan *horn* dari masing-masing gumuk pasir barkhan berdasarkan interpretasi visual memiliki panjang yang berbeda-beda. *Slip face* paling panjang berkisar 15 meter dan lebar *horn* paling panjang mencapai 52 meter. *Upstream slope* gumuk pasir barkhan tidak dapat dideteksi dengan jelas. Hal tersebut dikarenakan pada zona inti gumuk pasir barkhan, daerah yang memiliki relief yang relatif datar sudah ditumbuhi vegetasi sehingga mengganggu dalam proses interpretasi. Kenampakan gumuk pasir barkhan pada zona inti gumuk pasir dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Kenampakan gumuk pasir barkhan di foto udara *small format*. Sumber: Maulana, 2015

Pengecekan lapangan (*ground checking*) dilakukan untuk meminimalkan hasil interpretasi yang bias. Hasil interpretasi perlu dicek ulang karena sebagian besar zona inti gumuk pasir barkhan sudah ditumbuhi oleh tanaman, sehingga mengganggu dalam proses deteksi manual dan interpretasi visual pada foto udara *small format*. Pengecekan lapangan dilakukan pada semua populasi gumuk pasir barkhan untuk mendapatkan hasil agihan gumuk pasir barkhan pada zona inti dengan tingkat akurasi tinggi.

Pengecekan lapangan juga dilakukan untuk mengetahui kondisi riil gumuk pasir barkhan zona inti. Pengecekan dilakukan untuk mendapatkan data koordinat gumuk pasir barkhan, kondisi gumuk pasir barkhan dan morfologi gumuk pasir barkhan. Pengukuran morfologi dilakukan untuk mengetahui *slip face*, jarak antar *horn*, bentuk dan kondisi gumuk pasir barkhan. Beberapa foto pengecekan lapangan dapat dilihat pada Gambar 5, sedangkan data hasil pengukuran lapangan dapat dilihat pada Tabel 1.



Gambar 5. Pengukuran morfologi gumuk pasir barkhan zona inti. Sumber: Maulana, 2015

Berdasarkan hasil pengukuran lapangan dapat diketahui bahwa terdapat lima belas gumuk pasir berbentuk barkhan pada zona inti gumuk pasir. Gumuk pasir pada zona inti memiliki ukuran yang bervariasi. Ukuran *slip face* berkisar antara 0,6 - 32 meter, sedangkan lebar *horn* berkisar antara 7 - 53 meter. Panjang *upstream slope* tidak diukur pada saat survei lapangan dikarenakan batasnya tidak jelas dan dikhawatirkan akan diperoleh hasil bias apabila tetap dipaksakan untuk diukur.

Tabel 1. Sebaran barkhan di zona inti gumuk pasir

No.	X	Y	Z	Slip face (m)	Jarak horns point (m)	Kondisi
1	08 ⁰ 01' 03,34"	110 ⁰ 19' 07,37"	17	5	7	Rusak
2	08 ⁰ 01' 04,60"	110 ⁰ 19' 06,81"	19	3,4	12,5	Baik
3	08 ⁰ 01' 03,57"	110 ⁰ 19' 02,78"	19	1,5	14,5	Baik
4	08 ⁰ 01' 01,3"	110 ⁰ 18' 55,13"	14	15	20	Rusak
5	08 ⁰ 00' 56,27"	110 ⁰ 18' 54,31"	22	9	14	Rusak
6	08 ⁰ 00' 56,19"	110 ⁰ 18' 54,56"	23	8	17	Rusak
7	08 ⁰ 00' 52,24"	110 ⁰ 18' 54,94"	19	1,5	12	Baik
8	08 ⁰ 00' 51,98"	110 ⁰ 18' 55,41"	19	0,7	8	Baik
9	08 ⁰ 00' 52,09"	110 ⁰ 18' 56,07"	17	15	40	Rusak
10	08 ⁰ 00' 50,02"	110 ⁰ 18' 53,40"	20	7	14	Rusak
11	08 ⁰ 00' 51,85"	110 ⁰ 18' 52,55"	14	0,6	9	Rusak
12	08 ⁰ 00' 51,28"	110 ⁰ 18' 51,76"	16	5	13	Rusak
13	08 ⁰ 00' 50,90"	110 ⁰ 18' 51,48"	20	5	24	Rusak
14	08 ⁰ 00' 46,62"	110 ⁰ 18' 48,32"	29	32	53	Rusak
15	08 ⁰ 00' 41,94"	110 ⁰ 18' 37,03"	26	12	26	Rusak

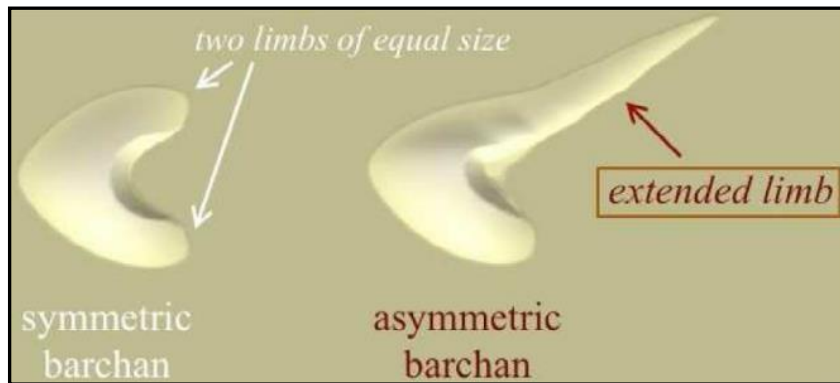
Sumber: Survei lapangan, 2015

Agihan gumuk pasir barkhan lebih banyak dijumpai di tengah zona inti gumuk pasir karena suplai material dan pergerakan angin dapat mendukung untuk terbentuknya gumuk pasir barkhan. Gumuk pasir barkhan juga dapat ditemui di lokasi pemotretan *pre-wedding* dan manasik haji. Keberadaan gumuk pasir barkhan pada lokasi ini terancam oleh aktivitas manusia. Pada lokasi ini banyak wisatawan yang memanfaatkan gumuk pasir untuk sekedar berfoto-foto dan terkadang mereka tidak sengaja merusak gumuk pasir barkhan karena factor ketidaktahuan mengenai pentingnya konservasi gumuk pasir berbentuk barkhan. Agihan gumuk pasir barkhan pada zona inti gumuk pasir dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Agihan barkhan zona inti gumuk pasir. Sumber: Maulana, 2015

Gumuk pasir yang ditemukan di zona inti gumuk pasir Parangtritis adalah gumuk pasir barkhan, barkhan berasosiasi dengan gumuk pasir transversal dan embrio gumuk pasir barkhan. Perbedaan bentuk gumuk pasir tersebut disebabkan oleh beberapa faktor yaitu topografi, angin, intensitas sinar matahari, salinitas, material pasir, erosi pasir, sedimentasi pasir dan kecepatan pengeringan pasir (Hong dan Lee, 2014). Bentuk gumuk pasir barkhan pada zona inti didominasi oleh barkhan yang berbentuk asimetrik. Barkhan berbentuk simetrik hanya berjumlah empat buah. Mininya jumlah barkhan berbentuk simetrik karena pembelokan arah angin yang membawa material pasir oleh vegetasi. Diagram skematik bentuk barkhan dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Diagram skematik gumuk pasir barkhan. Sumber: Parteli *et.al.*, 2014

Jumlah gumuk pasir barkhan pada zona inti adalah sebelas, sedangkan gumuk pasir barkhan yang berasiasi dengan transversal adalah dua. Embrio gumuk pasir barkhan ditemukan pada daerah yang relatif datar dan sedikit *barrier* di sebelah selatan gumuk pasir tersebut. Keberadaan beberapa jenis gumuk pasir ini dapat menjadi modal berharga untuk pengembangan pariwisata minat khusus. Pengelolaan dan edukasi tentang gumuk pasir mutlak diperlukan sehingga keragaman gumuk pasir dapat tetap terjaga. Kenampakan embrio gumuk pasir barkhan dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Embrio barkhan zona inti gumuk pasir. Sumber: Maulana, 2015

Kondisi gumuk pasir barkhan pada zona inti gumuk pasir sungguh mengkhawatirkan. Data survei lapangan menunjukkan bahwa pada zona inti gumuk pasir hanya tersisa empat gumuk pasir barkhan yang kondisinya masih baik, sedangkan sebelas barkhan lain kondisinya sudah rusak. Pengertian rusak di sini adalah gumuk pasir barkhan yang bentuknya sedikit mulai berubah dan juga ditumbuhi oleh vegetasi yang berupa semak maupun Cemara Udang. Perubahan bentuk barkhan yang terjadi sedikit demi sedikit akan mengancam keberadaan gumuk pasir barkhan itu sendiri. Proses aeolian yang terganggu oleh vegetasi sedikit demi sedikit akan mengubah bentukan gumuk pasir barkhan.

Tindakan konservasi perlu dilakukan untuk menyelamatkan gumuk pasir barkhan agar tetap lestari. Gumuk pasir perlu dilestarikan karena gumuk pasir merupakan habitat dari beberapa jenis hewan dan tumbuhan serta memiliki nilai ekonomi tinggi (Martinez *et al.*, 1997). Tindakan konservasi dapat dilakukan dengan melakukan pembersihan terhadap *barrier* (penghalang) yang mengganggu maupun merubah arah datangnya angin. *Barrier* yang dapat mengganggu maupun merubah arah datangnya angin adalah vegetasi dan pemukiman. *Barrier* yang perlu dibersihkan adalah vegetasi dan pemukiman yang ada pada lorong angin pembentuk gumuk pasir barkhan. Beberapa bentukan gumuk pasir barkhan yang rusak akibat adanya vegetasi dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Kondisi gumuk pasir barkhan zona inti yang rusak karena vegetasi. Sumber: Maulana, 2015

5. KESIMPULAN

Data hasil interpretasi menunjukkan bahwa pada zona inti gumuk pasir masih ditemukan lima belas gumuk pasir berbentuk barkhan. Gumuk pasir barkhan pada zona inti gumuk pasir berbentuk gumuk pasir barkhan, barkhan berasosiasi dengan gumuk pasir transversal dan embrio gumuk pasir barkhan. Bentuk gumuk pasir barkhan didominasi oleh bentuk asimetrik karena pembelokan arah angin oleh vegetasi sehingga bentuk *horn* sudah tidak sama antara satu dengan yang lain. Kondisi gumuk pasir barkhan pada zona inti sebagian besar sudah mengalami kerusakan karena vegetasi dan aktivitas manusia. Upaya konservasi perlu dilakukan untuk menyelamatkan gumuk pasir barkhan di Parangtritis.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih sebesar-besarnya penulis sampaikan kepada Prof. Junun Sartohadi, M.Sc dan Syamsul Bachri, P.hd yang selalu membimbing penulis hingga sekarang. Selanjutnya ucapan terima kasih disampaikan kepada Fakultas Geografi UGM, terutama Prof. Dr. Sunarto MS dan kolega yang menginisiasi kegiatan edu-restorasi gumuk pasir Parangtritis. Terima kasih juga disampaikan kepada Mas Hufan (PPIT-BIG), Pak Barandi (Fak. Geografi UGM) dan tim Mitra Geotama atas kerjasamanya dalam pemotretan udara Desa Parangtritis. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Pemda DIY, Pemkab. Bantul dan rekan-rekan PGSP yang selalu mendukung kelancaran kegiatan penulisan paper ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Elbelrhiti, H., Andreotti, B., Claudin, P., (2008), Barchan dune corridors: field characterization and investigation of control parameters. *J. Geophys. Res. Planets* 113 (F2).
- He, Y.P., Xie, H., Cui, P., Wei, F.Q., Zhong, D.L., Gardner, J.S., (2003), GIS-based hazard mapping and zonation of debris flows in Xiaojiang Basin, southwestern China, *Environmental Geology* 45:286-293
- Hong, S.H., Lee, E.Y., (2014), Vegetation restoration and prevention of coastal sand dunes erosion using ion exchange resins and the plant growth-promoting rhizobacteria *Bacillus* sp. SH1RP8 isolated from indigenous plants, *International Biodeterioration & Biodegradation* 95 (2014) 262e269.
- Marfai, M.A., Almohammad, H., Dey, S., Susanto, B., King, L., (2008), Coastal dynamic and shoreline mapping: multi-sources spatial data analysis in Semarang Indonesia, *Environ Monit Assess* 142:297–308
- Martinez, M.L., Moreno-Casasola, P., Vazquez, G., (1997), Effects of disturbance by sand movement and inundation by water on tropical dune vegetation dynamics. *Can. J. Bot.* 75, 2005e2014.
- Parteli, E.J.R., Durán, O., Bourke, M.C., Tsoar, H., Pöschel, T., Herrmann, H., (2014), Origins of barchan dune asymmetry: Insights from numerical simulations, *Aeolian Research* 12 (2014) 121–133
- So, J., Kim, D., Shin, S.J., Yu, C., Lee, I., (2009), Isolation and characterization of *Bacillus cereus* A-139 producing auxin from east coast sand dunes. *Korean J. Environ. Agric.* 28, 447e452.
- Walsh, S.J., Butler, D.R., Malanson, G.P., (1998), An overview of scale, pattern, process relationships in geomorphology: a remote sensing and GIS perspective, *Geomorphology* 21:183–205
- Wilson, I.G., 1973. Ergs. Sediment. *Geol.* 10, 77–106.

PEMETAAN PARTISIPATIF PELACAKAN BATAS DESA DI KOTA BLITAR DAN KABUPATEN BLITAR

Farid Yuniar¹, Yogyrema Setyanto Putra¹, Fahrul Hidayat¹, Guridno Bintang S¹

¹ Pusat Pemetaan Batas Wilayah, Badan Informasi Geospasial

Email: farid.yuniar@big.go.id; yogy.stg@gmail.com; pahrulhdyt@gmail.com, bintang_s@yahoo.com

*Corresponding author: farid.yuniar@ugm.ac.id

ABSTRAK

Hadirnya UU No.6/2014 tentang Desa menjadikan ketersediaan informasi geospasial skala besar, termasuk didalamnya informasi batas desa semakin dibutuhkan. Di sisi lain, teknologi pemetaan semakin berkembang, baik metode maupun data yang digunakan. Pelacakan batas desa, dalam rangka menyediakan data batas desa yang terkini, dapat dilakukan dengan model pemetaan partisipatif dengan memanfaatkan citra tegak satelit resolusi tinggi dengan metode kartometrik. Pekerjaan ini mengkombinasikan kemajuan teknologi survei pemetaan dengan tidak meninggalkan informasi dari masyarakat yang diakomodasikan dalam proses pemetaan partisipatif. Pelacakan batas desa dilaksanakan pada 21 kelurahan di Kota Blitar dan 31 desa/kelurahan di Kabupaten Blitar. Data yang digunakan adalah citra satelit *worldview* tahun 2011 dan data batas desa. Peta kerja dibuat *area wise* (multi skala) dan dicetak pada kertas ukuran A0 sebagai bahan pemetaan partisipatif yang melibatkan kades dan lurah serta instansi daerah terkait. Pekerjaan yang dilakukan meliputi penggambaran garis batas di atas peta oleh kades dan lurah, proses editing digital di perangkat lunak GIS, penentuan titik kartometrik dan pembuatan berita acara pelacakan batas desa. Aspek teknis dan legal dikuatkan dengan pemberian tandatangan kades dan lurah pada peta kerja dan berita acara. Hasil dari kegiatan ini berupa garis batas desa yang ditarik oleh kades dan lurah serta titik kartometrik sepanjang garis batas. Kajian ini membahas proses pekerjaan pelacakan batas desa termasuk analisis teknis pemetaan partisipatif yang dilakukan. Pemetaan partisipatif secara umum dapat menjadi solusi pelacakan batas desa yang cepat dengan hasil yang memenuhi standar teknis pemetaan.

KATA KUNCI: pemetaan partisipatif, citra satelit, metode kartometrik, batas desa

1. PENDAHULUAN

Undang-undang (UU) No.6/2014 tentang Desa hadir di awal tahun 2014 dan menjadi tonggak sejarah penataan desa di Indonesia. UU Desa terdiri dari 122 pasal dalam 16 bab, mengatur isu-isu terkait desa diantaranya penataan desa, kewenangan desa, penyelenggara pemerintahan desa, dan beberapa isu lain. Pasal 8 UU Desa mengatur tentang pembentukan desa, dimana pada ayat (3) huruf f diatur tentang batas wilayah desa yang digambarkan dalam bentuk peta desa yang ditetapkan dalam peraturan bupati/walikota.

Beberapa aturan turunan dari UU Desa baik Peraturan Pemerintah (PP) maupun peraturan menteri dalam negeri (Permendagri) sebagai aturan turunan sudah dibuat dalam rangka mendukung pelaksanaan UU Desa. Isu desa penting karena saat ini ada perhitungan Alokasi Dana Desa (ADD), dimana dibutuhkan komponen-komponen perhitungan dana tersebut:

- a. jumlah penduduk desa,
- b. angka kemiskinan desa,
- c. luas wilayah desa, dan
- d. tingkat kesulitan geografis desa.

Untuk dapat mengetahui luas wilayah desa, harus diketahui batas desa sehingga dapat dilakukan perhitungan luas wilayah desa tersebut. Batas desa diperoleh dari proses penetapan dan penegasan batas desa.

Penetapan dan penegasan batas desa secara teknis diatur dalam Permendagri No.27/2006 tentang penetapan dan penegasan batas desa. Dengan hadirnya UU Desa, proses penetapan dan penegasan batas desa menjadi semakin penting karena hasil dari kegiatan tersebut menjadi dasar perhitungan ADD untuk komponen luas wilayah desa. Pada permendagri No.27/2006 diatur pelaksanaan penetapan dan penegasan batas desa dengan disertai dengan urutan-urutan pekerjaan dan penjelasan teknis pada lampiran.

Berdasarkan Pasal 3 permendagri tersebut, penetapan meliputi tahapan:

- a. penelitian dokumen,
- b. penentuan peta dasar yang dipakai,
- c. deliniasi garis batas secara kartometrik di atas peta dasar.

Penegasan batas desa pada pasal 4 permedagri No.27/2006 dilaksanakan dalam tahapan:

- a. penentuan dokumen penetapan batas,
- b. pelacakan garis batas,
- c. pemasangan pilar di sepanjang garis batas,
- d. pengukuran dan
- e. penentuan posisi pilar batas,
- f. pembuatan peta garis batas dengan koridor tertentu.

Tahapan penegasan batas desa khususnya pada pelacakan garis batas dan pemasangan pilar batas pada praktiknya membutuhkan dukungan sumberdaya manusia dan dana yang tidak sedikit. Kondisi tersebut menjadi hambatan teknis dan berpengaruh negatif pada proses penetapan dan penegasan batas desa selama ini. Hambatan lainnya antara lain dikarenakan proses penetapan dan penegasan batas desa sepenuhnya menjadi tanggung jawab pemerintah daerah kabupaten/kota, sehingga beban sumberdaya manusia dan dana menjadi tantangan tersendiri bagi masing-masing daerah.

Di sisi lain, teknologi geospasial saat ini maju pesat. Misalnya dengan ketersediaan citra satelit resolusi tinggi, beresolusi beberapa puluh centimeter. Citra satelit resolusi tinggi dapat digunakan untuk berbagai kegiatan analisis spasial yang membutuhkan informasi detail. Adanya citra satelit resolusi tinggi juga berdampak pada proses pemetaan batas wilayah. Pada proses pemetaan batas daerah misalnya, citra satelit resolusi tinggi sudah digunakan dalam proses penegasan batas daerah sejak tahun 2012. Penggunaan citra satelit pada metode kartometrik sudah dilaksanakan dengan diatur pada Permendagri No.76/2012 tentang penegasan batas daerah. Dengan metode tersebut, terdapat akselerasi pelaksanaan penegasan batas daerah.

Bertolak pada hasil pekerjaan menggunakan metode kartometrik pada penegasan batas daerah, Pusat Pemetaan Batas Wilayah (PPBW) Badan Informasi Geospasial (BIG) saat ini melaksanakan proses pelacakan batas secara kartometrik pada wilayah desa. Metode kartometrik diharapkan menjadi metode alternatif pada proses pelacakan batas pekerjaan penetapan dan penegasan batas desa, yaitu sebagai substitusi kegiatan lapangan khususnya survei lapangan untuk pelacakan batas dan pemasangan pilar di sepanjang batas.

2. PELAKSANAAN

2.1. Pemetaan Partisipatif pelacakan batas desa

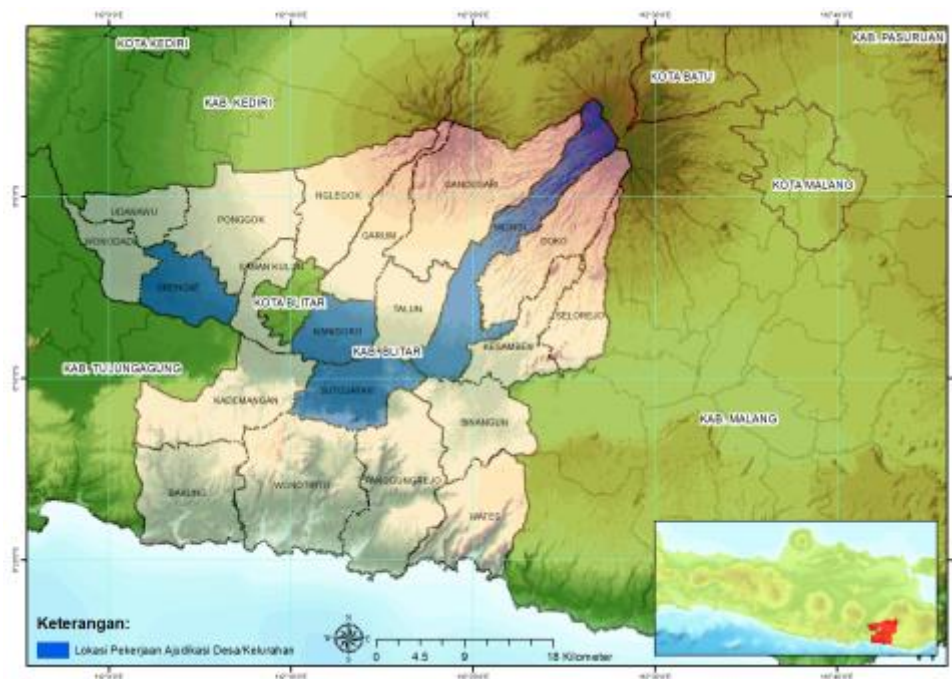
Pemetaan partisipatif dalam konteks pelacakan batas desa dapat diartikan pemetaan yang melibatkan banyak pihak, terutama aparat pemerintah daerah melalui SKPD, para camat dan kades/lurah dalam prosesnya. Pemetaan ini sekaligus menempatkan masyarakat sebagai pelaku pemetaan untuk wilayahnya, dan menjadi penentu perencanaan pengembangan wilayah mereka sendiri.

Pada kegiatan pemetaan partisipatif pelacakan batas desa di Kabupaten Blitar dan Kota Blitar pemetaan partisipatif tercermin dari awal sampai dengan akhir kegiatan. Data awal berupa citra satelit *worldview* bersumber dari pemerintah Kabupaten Blitar dan Kota Blitar. Citra satelit resolusi tinggi dapat digunakan untuk beragam kepentingan, dimana pada awalnya pengadaan citra satelit untuk kepentingan tata ruang. Selanjutnya data tersebut dapat digunakan untuk proses pelacakan batas desa.

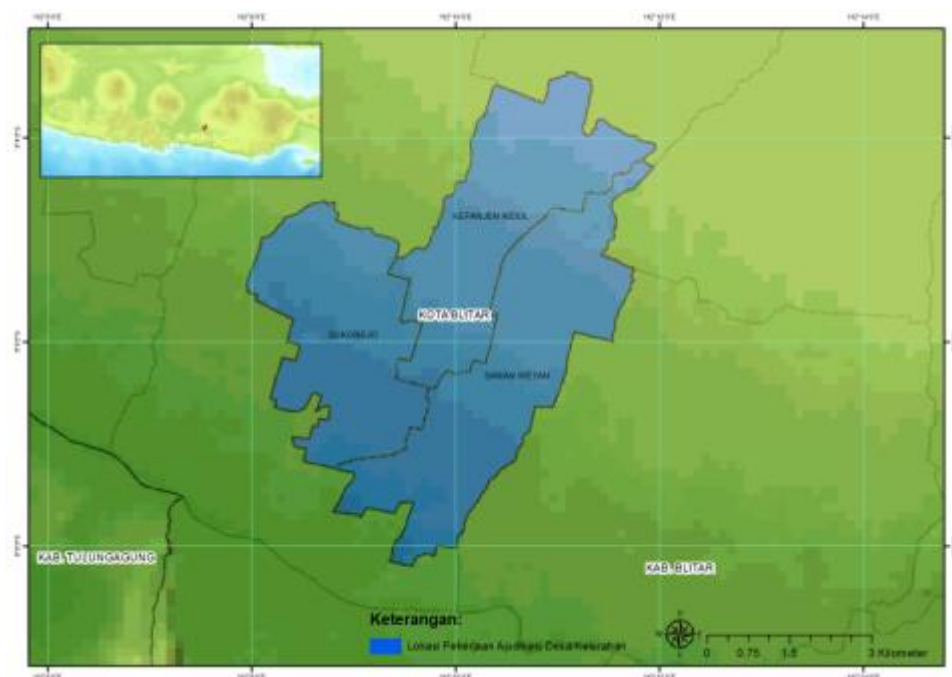
Kades dan lurah memegang peran penting dalam proses pemetaan pelacakan batas desa, karena sebagai narasumber yang memberikan informasi batas desa. Aparat pemerintah kabupaten/kota juga berperan terutama pada koordinasi kegiatan. PPBW BIG berperan sebagai penyandang dana dari kegiatan yang dilakukan melalui pihak ketiga pemenang lelang umum untuk kegiatan tersebut. Pada tahapan pelacakan batas desa secara kartometrik, PPBW dan pihak kontraktor berperan sebagai moderator dan pemandu yang menjembatani aparat desa yang berbatasan untuk dapat melaksanakan proses pelacakan batas di atas peta citra.

2.2. Pelacakan batas desa di Kabupaten Blitar dan Kota Blitar

Kegiatan pelacakan batas desa dilaksanakan pada 52 desa/kelurahan pada 7 kecamatan di Kabupaten Blitar dan Kota Blitar. Kegiatan pelacakan batas desa di dua daerah merupakan bagian dari pekerjaan kontraktual yang dilaksanakan oleh PPBW BIG sebagai pemberi kerja, dan pekerjaan dilakukan oleh kontraktor pemenang lelang umum. PPBW BIG melakukan kegiatan supervisi pada tahapan-tahapan pekerjaan yang dilaksanakan oleh kontraktor. Gambar 1 menunjukkan diagram lokasi di Kabupaten Blitar dan gambar 2 menyajikan diagram lokasi untuk Kota Blitar.



Gambar 1. Peta indeks lokasi pekerjaan di Kabupaten Blitar



Gambar 2. Peta indeks lokasi pekerjaan di Kota Blitar

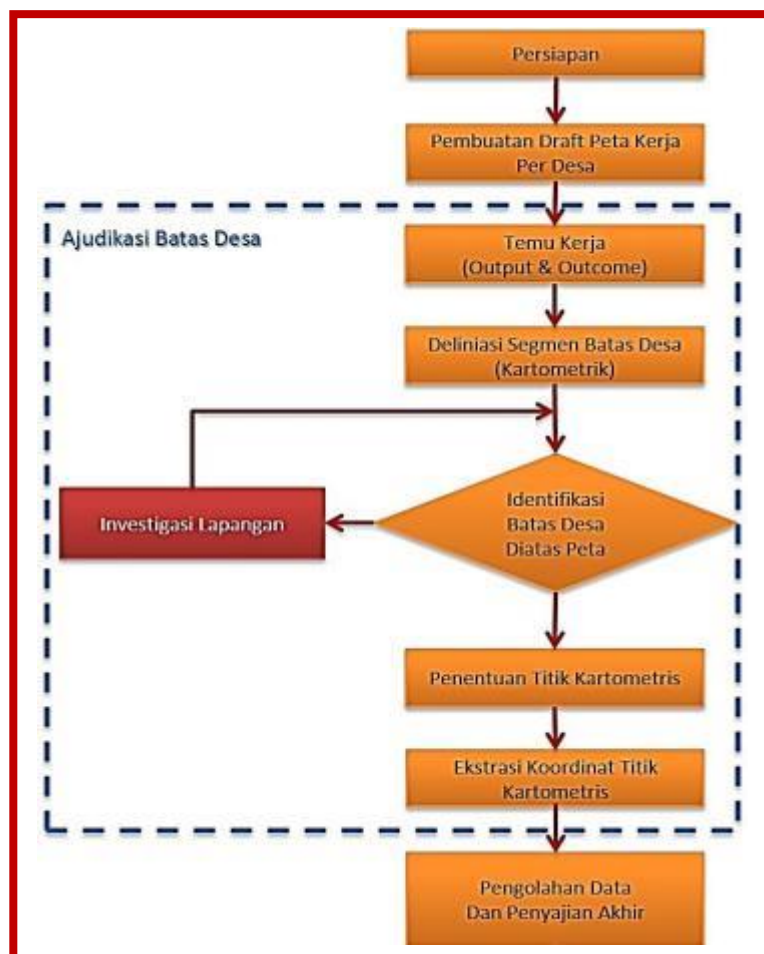
Sumber Data:

Data geospasial yang digunakan dalam pekerjaan pelacakan batas desa secara kartometrik antara lain sebagai berikut :

- Peta Rupabumi Indonesia (RBI) skala 1:25.000.
- Citra satelit *worldview* tahun 2011
- Data spasial dari Pemerintah Daerah Lokasi kegiatan.
- Data geospasial Batas Indikatif Nasional (BINA).
- Daftar Koordinat titik ikat Jaring Kontrol Horizontal Nasional di lingkungan lokasi kerja
- Deskripsi titik ikat/referensi yang digunakan saat pengukuran posisi pilar batas dengan GPS *receiver* terdekat dengan lokasi pemasangan pilar batas kelurahan/desa.

2.3. Metodologi

Gambaran secara detail alur kerja dalam pelaksanaan pekerjaan ini disajikan dalam gambar 3, dengan penjelasan tiap tahapan sebagai berikut:



Gambar 3. Diagram alir pekerjaan

2.3.1 Persiapan

Kegiatan Ajudikasi, Pemasangan Pilar Dan Pembuatan Peta Wilayah Kelurahan/Desa pada tahap ini diawali tahap persiapan, yaitu:

- Penerima pekerjaan membuat dan menyampaikan laporan pendahuluan.
- Mempresentasikan rencana kerja, waktu pelaksanaan dan metode kerja Ajudikasi batas kelurahan / desa.

- c. Koordinasi kepada pemberi pekerjaan (PPBW - BIG), dalam rangka menyamakan persepsi kegiatan, untuk menyepakati hak dan kewajiban penerima pekerjaan dan pemberi pekerjaan.
- d. Melakukan koordinasi awal antara penerima pekerjaan dan pemberi pekerjaan kepada pemerintah daerah sesuai lokasi kegiatan bersama pemerintah provinsi, untuk memperoleh data dan informasi terkait segmen batas desa.
- e. Menyiapkan surat permohonan data berupa citra resolusi tinggi dan batas administrasi indikatif desa dari penerima pekerjaan kepada pemberi pekerjaan, meliputi lokasi kegiatan.
- f. Menyiapkan mobilisasi perangkat keras, perangkat lunak dan Sumber daya manusia / personil yang terlibat dalam kegiatan ini.
- g. Verifikasi pemberi kerja terhadap kesiapan penerima kegiatan terkait peralatan baik perangkat keras, Perangkat lunak dan personil

2.3.2 *Pembuatan Draft Peta Kerja*

Draft peta kerja disiapkan dengan menggunakan citra satelit orthorektifikasi, batas administrasi indikatif dari peta RBI dan segmen batas Kelurahan / desa yang bersumber dari daerah sebagai referensi awal. Draft peta kerja untuk setiap kelurahan / desa dibuat dengan skala optimal (1:1.000 - 1:10.000) pada satu lembar kertas ukuran A0. *Background* dari muka peta per setiap wilayah kelurahan / desa menggunakan data citra yang dipotong menyesuaikan muka peta / *Frame* peta (sesuai gambar 4).

Pada tahap ini dilakukan proses tumpang susun antara data raster (citra tegak resolusi tinggi), data vektor (batas desa indikatif RBI skala 1 : 25.000) dan toponim yang mengacu pada sistem proyeksi yaitu Sistem Referensi Geospasial Indonesia (SRGI) 2013. Pemberi kerja melakukan kontrol kualitas draft peta kerja sebelum dicetak dan dibagikan pada temu kerja untuk selanjutnya digunakan dalam proses identifikasi batas desa diatas peta.

Pihak penerima kerja menyampaikan laporan hasil proses pembuatan draft peta kerja yang akan digunakan sebagai bahan dasar dalam proses pelacakan batas desa secara kartometrik, sebagai bukti yang termuat dalam laporan antara. Draft peta kerja dicetak pada kertas ukuran A0.



Gambar 4. *Layout Peta Kerja Batas Wilayah Administrasi Kelurahan/Desa*

2.3.3 *Pelacakan Batas Desa/Kelurahan Secara Kartometrik*

Sebelum dilakukan proses delineasi garis batas desa, terlebih dahulu dilakukan kegiatan Temu Kerja dan koordinasi untuk menyampaikan maksud dan tujuan kegiatan, agar diperoleh persamaan persepsi

dengan merujuk pada dasar hukum, peraturan perundangan dan arti pentingnya penataan batas Kelurahan / desa serta fungsi draft peta kerja dalam rangka mendukung delineasi batas desa. Temu Kerja tersebut dihadiri oleh beberapa pihak yaitu sebagai berikut :

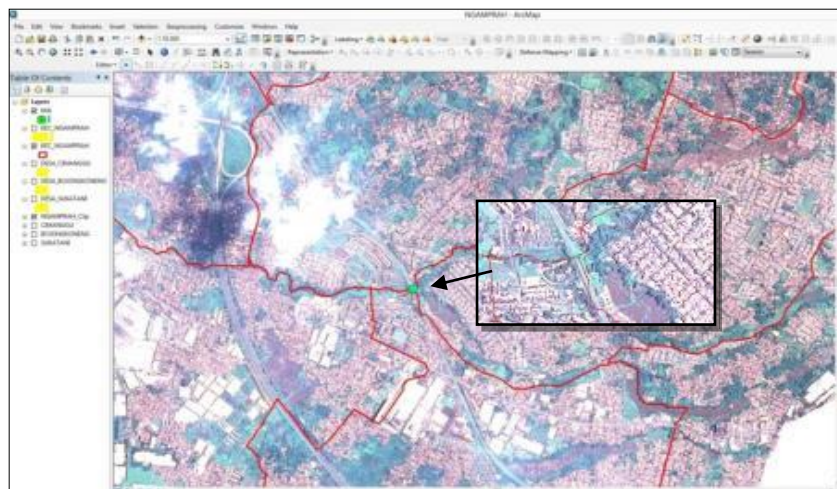
- a. Badan Informasi Geospasial (BIG) sebagai narasumber dan instruktur
- b. Pihak pelaksana kegiatan
- c. Unsur pemerintah daerah terdiri dari :
 - Pemerintahan Kelurahan / desa (Lurah/Kepala Desa/ Aparat)
 - Kecamatan (Camat / Aparat) ,
 - Pemerintah Daerah:
 - ❖ Pemerintahan Kabupaten / Kota
 - Sekretariat Daerah
 - SKPD Tata Pemerintahan
 - SKPD BPMPD
 - ❖ Pemerintahan Provinsi
 - Sekretariat Daerah / SKPD Tata Pemerintahan / SKPD BPMPD

Proses penarikan garis batas secara kartometrik pada Draft Peta Kerja (*hardcopy*) dilakukan dengan cara koreksi garis batas sesuai dengan kesepakatan antara kelurahan / desa yang bersebelahan. Bersamaan dengan proses ini dilakukan *updating* secara digital yang ditampilkan dalam layar lebar menggunakan LCD *projector* agar peserta dapat melihat lebih jelas kenampakan berbagai jenis unsur yang teridentifikasi diatas citra pada muka peta.

Draft peta kerja hasil delineasi dan koreksi wajib dibubuhi tanda tangan oleh Lurah/Kepala Desa bersebelahan disertai cap basah untuk dijadikan bagian dari dokumen hukum dalam proses adjudikasi. Kesepakatan terhadap garis batas (segmen batas) hasil delineasi di atas draft peta kerja dituangkan dalam berita acara kesepakatan. Berita acara kesepakatan ini berisikan informasi hasil dari proses delineasi dalam bentuk keterangan segmen batas dan daftar koordinat titik-titik batas desa yang dilakukan dengan metode kartometrik. Untuk berita acara kesepakatan antar desa dalam satu kecamatan dan berita acara kesepakatan antar desa berbeda kecamatan mengikuti format berita acara yang disiapkan oleh PPBW BIG. Batas antar desa berbeda kecamatan yang dimaksud adalah batas antar desa yang sekaligus merupakan batas antara dua kecamatan atau lebih yang bersebelahan/berbatasan dan menjadi lokasi pekerjaan ini.

Setelah dilakukan delineasi di atas peta, dilakukan ekstraksi titik-titik batas desa secara kartometrik dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak GIS melalui tahapan sebagai berikut :

- b. Pemilihan titik-titik batas pada obyek-obyek yang mudah dikenali, dengan kerapatan sesuai kebutuhan. Untuk obyek (misal sungai atau jalan) yang lurus hanya dibuat pada ujung-ujung segmen (persimpangan atau belokan jalan atau sungai)
- c. Membangun basis data titik batas desa yang berisikan *field* nama, koordinat geografis (lintang, bujur), dan koordinat UTM (X,Y)
- d. *Export* daftar titik-titik batas desa ke dalam format tabel yang akan digunakan sebagai daftar koordinat titik kartometrik (TK)



Gambar 5. Ekstraksi Titik Kartometrik, dituangkan dalam berita acara

Batas secara definisi dapat diartikan sebagai garis pemisah antara objek, batas kelurahan / desa adalah tanda pemisah antara dua wilayah yang bersebelahan, dan dikenal sebagai batas administrasi. Batas administrasi adalah pemisah wilayah penyelenggaraan urusan pemerintahan yang menjadi kewenangan satu kelurahan / desa dengan kelurahan / desa lainnya. Delineasi garis batas kelurahan / desa dapat diartikan sebagai menggambarkan batas berdasarkan data dan informasi dari petunjuk batas dari kelurahan / desa setempat. Kegiatan ini pada dasarnya adalah kegiatan yang dilakukan bersama-sama aparat kelurahan / desa untuk memastikan dan memverifikasi kembali batas indikatif yang terdapat pada peta RBI, dengan melakukan interpretasi diatas data citra tegak resolusi tinggi bersama aparat kelurahan / desa maupun orang yang dituakan dan mengetahui silsilah kelurahan / desa tersebut.

Dalam melaksanakan tahapan adjudikasi batas kelurahan / desa ini dibutuhkan peralatan untuk proses delineasi batas secara kartometrik sebagai berikut: notebook / laptop (untuk delineasi batas secara kartometrik dan dilakukan oleh operator), LCD *projector* (untuk menyajikan peta kerja secara digital dan proses delineasi batas secara langsung di layar / monitor), dan perangkat lunak (SIG dan pengolah citra). Apabila garis batas tidak dapat diidentifikasi menggunakan citra satelit selama proses delineasi secara kartometrik diperlukan adanya investigasi lapangan dengan menggunakan alat *global positioning system* navigasi.

2.3.4 Pengolahan Data dan Penyajian (Peta Kerja Batas Wilayah Administrasi Desa)

Pada tahap pengolahan data dan penyajian ini, untuk menggambarkan titik batas dan garis batas kartometrik hasil pelacakan sebagai bagian dari data geospasial dasar, maka dibuat atau disajikan pada peta kerja batas wilayah administrasi kelurahan / desa dengan layout mengikuti kaidah kartografis dan *buffer* selebar 5 cm keluar dari garis batas. Karena keterbatasan peta skala besar yang dapat digunakan sebagai data dasar, maka peta yang dibuat sebagai hasil akhir proses kartografi ini adalah berupa peta kerja berbasis citra dengan cakupan wilayah satu kelurahan, atau satu desa. Peta kerja tersebut mengacu pada draft peta kerja dan daftar koordinat serta segmen batas hasil delineasi yang telah disepakati. Peta citra batas wilayah administrasi kelurahan / desa digabungkan dalam kecamatan per kecamatan hingga wilayah kabupaten / kota dalam format mpk.

3. PEMBAHASAN

Berdasarkan kegiatan pelacakan batas desa di Kabupaten Blitar dan Kota Blitar secara kartometrik didapatkan tahapan yang menentukan keberhasilan pekerjaan adalah pada proses pelacakan batas desa. Pada proses ini, keterlibatan kades dan lurah serta perangkat desa lain dalam delineasi di atas peta menjadi bagian penting. Kades dan lurah menggambarkan batas di atas peta dengan dipandu oleh tim teknis pelaksana dan PPBW BIG. Fakta yang terjadi masing-masing kades memiliki informasi yang kadang berbeda dengan kades dan lurah desa yang bersebelahan. Hal ini menjadikan tarikan garis batas berbeda dari para kades dan lurah.

Kades dan lurah juga memiliki persiapan yang berbeda-beda pada saat pelaksanaan pelacakan batas. Beberapa kades dan lurah membawa dokumen, peta, sketsa yang menggambarkan batas desa masing-masing. Kondisi ini tentu mempermudah proses pelacakan karena sumber informasi menjadi banyak dan dapat dilakukan cek silang terhadap informasi yang berasal dari desa yang berbatasan. Gambar 6 menunjukkan proses delineasi di atas peta yang dilakukan oleh kades dan lurah.



Gambar 6. Proses pelacakan batas desa

Selain faktor informasi yang bersumber dari kades dan lurah, penggunaan citra satelit dalam proses pelacakan merupakan hal baru bagi para kades dan lurah yang menjadi narasumber utama. Gambar 7 menunjukkan contoh peta kerja yang diserahkan ke kades dan lurah untuk dibawa pulang dan dipelajari terlebih dahulu. Di peta kerja disajikan batas indikatif yang dimiliki PPBW BIG sebagai petunjuk awal delineasi. Beberapa kades dan lurah kesulitan untuk mengidentifikasi batas di atas peta karena tidak terbiasa membaca data geospasial. Pada proses pelacakan, panduan yang diberikan oleh pihak konsultan dan PPBW BIG disertai dengan penjelasan membaca citra satelit, misalnya dengan membantu menunjukkan fasilitas umum yang mudah terlihat di citra satelit, misalnya lapangan bola, kompleks sekolah, jalan raya, pemakaman, fitur alam berupa sungai dan fitur lainnya.

Batas indikatif yang ditampilkan di peta kerja merupakan batas yang berasal dari peta skala menengah, sehingga dapat ditemui batas yang tidak tepat menunjukkan batas desa yang sebenarnya seperti yang digambarkan oleh kades dan lurah. Peta kerja yang berkonsep *area wise* dimana satu desa ditampilkan dalam satu muka peta (A0) menjadikan peta kerja disajikan multi skala. Desa yang luasnya besar tentu disajikan dengan skala yang lebih kecil dari desa yang memiliki luas yang lebih kecil. Secara umum desa disajikan pada skala 1: 3.000- 1:8.000.



Gambar 7. Peta Desa Satrejan, Kecamatan Kanigoro, Kabupaten Blitar

Batas indikatif yang tidak selalu sama dengan batas sebenarnya dan membuat delineasi garis batas melebihi cakupan wilayah desa juga terjadi di beberapa tempat. Hal ini karena citra satelit yang tersedia memang tidak mencakup wilayah yang masuk dalam delineasi menurut kades dan lurah seperti gambar 8. Hal ini tentunya menjadikan metode kartometrik harus dilengkapi dengan survei lapangan untuk mendapatkan garis batas desa. Citra satelit juga seringkali tertutup awan pada beberapa bagian sehingga menyulitkan proses identifikasi fitur yang ada di peta. Pada peta kerja yang delineasi garis batasnya pada wilayah yang tertutup awan juga harus dilakukan survei lapangan untuk mendapatkan data garis batas desa.

Pada proses pelacakan batas selain dilakukan delineasi di atas peta, juga dilakukan penandatanganan berita acara pelacakan yang ditandatangani para kades yang berbatasan dan diketahui oleh camat yang berbatasan dan perwakilan pejabat dari PPBW BIG. Di berita acara pelacakan ditampilkan titik-titik kartometrik yang diekstraksi dari garis batas desa yang disepakati oleh kades dan lurah. Gambar 9 menunjukkan kades dan lurah yang berjabat tangan sebagai tanda kesepakatan batas desa yang berbatasan.

Proses pelaksanaan delineasi juga dihadapkan pada tantangan dimana kades dan lurah tidak bersepakat dengan garis batas yang digambarkan masing-masing kades dan lurah yang berbatasan. Hal ini dapat saja terjadi karena pemahaman yang berbeda. Karena tujuan dari pelacakan batas desa secara umum

tidak untuk selalu mendapatkan kesepakatan, dimungkinkan untuk terjadi ketidaksepakatan. Hal ini tentunya menjadi catatan dan dilaporkan kepada instansi pemerintah daerah terkait untuk ditindaklanjuti oleh pemerintah daerah.



Gambar 8. Contoh peta kerja yang tidak penuh



Gambar 9. Kades dan lurah bersepakat setelah menyelesaikan delineasi di atas peta

4. KESIMPULAN

Secara umum proses pelacakan batas desa secara kartometrik berkonsep pemetaan partisipatif dengan data dasar berupa citra satelit dari daerah dan proses pelacakan dilakukan oleh kades dan lurah. PPBW BIG beserta pihak konsultan membantu proses pelaksanaan secara teknis. Model pemetaan yang dilakukan dapat menjadi alternatif metode pelacakan batas pada tahapan penegasan batas desa dimana pelacakan ke lapangan dan pemasangan tanda batas dapat digantikan dengan delineasi di atas peta dan ekstraksi titik kartometrik.

DAFTAR PUSTAKA

Undang-undang No.6/2014 tentang Desa
Peraturan Menteri Dalam Negeri No.27/2006 tentang penetapan dan penegasan batas desa

KAJIAN KRITERIA PENENTUAN ZONA INTI TAMAN NASIONAL BERBASIS GEOFISIK MENGGUNAKAN TEKNIK PENGINDERAAN JAUH DAN SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS

(STUDI KASUS DI TAMAN NASIONAL BOGANI NANI WARTABONE)

Nawir N. Sune

Jurusan Ilmu dan Teknologi Kebumihan Universitas Negeri Gorontalo

Corresponding author: nawirsune@gmail.com

ABSTRAK

Zona inti merupakan salah satu zonasi taman nasional yang mutlak dilindungi dan tidak diperbolehkan perubahan apapun dikarenakan adanya aktivitas manusia. Zona inti dialokasikan untuk memenuhi fungsi perlindungan keterwakilan keanekaragaman hayati yang asli, khas, langka dan atau endemik serta pelestarian plasma nutfah. Olehnya itu penetapannya harus memperhatikan kepentingan ekologis dalam rangka pengelolaan dan pelestarian sumberdaya alam yang berkelanjutan. Penelitian ini bertujuan untuk menyusun kriteria dan indikator penentu zona inti kawasan taman nasional berbasis geofisik dengan menggunakan teknik penginderaan jauh dan Sistem Informasi Geografis (SIG). Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode survei dalam hal pengumpulan dan analisis data yang dilakukan dengan cara integrasi data penginderaan jauh dengan sistem informasi geografis dalam penentuan zona inti taman nasional. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kriteria dan indikator zona Inti taman nasional dapat dihasilkan dari formulasi parameter geofisik yang meliputi ketinggian tempat (E), kemiringan lereng (S), penutupan/ penggunaan lahan (PL), bentuklahan (BL), dan jenis tanah (Jt) di samping parameter biotik (B), dengan persamaan zona inti taman nasional $Z(I) = f(E, S, PL, BL, Jt, B)$. Dengan menggunakan parameter geofisik luas zona inti hasil simulasi memiliki kesamaan atau bertampalan dengan zona inti hasil penetapan sesuai perundang-undangan seluas 168.370,80 ha atau 93,10 %.

KATA KUNCI: Kriteria zona inti, penginderaan jauh, SIG

1. PENDAHULUAN

Zona inti merupakan salah satu zonasi Taman Nasional (TN) yang mutlak dilindungi dan tidak diperbolehkan adanya perubahan apapun dikarenakan adanya aktivitas manusia. Zona inti suatu TN adalah bagian TN yang mempunyai kondisi alam, baik biota maupun fisiknya masih asli dan tidak atau belum diganggu oleh manusia yang mutlak dilindungi, berfungsi untuk melindungi keterwakilan keanekaragaman hayati yang asli dan khas. Kenyataan menunjukkan bahwa di beberapa bagian zona inti TN sudah mulai terganggu oleh aktivitas manusia yang berdampak pada terganggunya fungsi zona inti yang tidak optimal, karena akan mengganggu stabilitas dan kelestarian keanekaragaman hayati dan ekosistem yang terdapat didalam zona inti di kawasan tersebut.

Ada beberapa permasalahan yang mendasar yang perlu diangkat dalam penetapan zonasi kawasan TN khususnya zona inti Taman Nasional Bogani Nani Wartabone (TNBNW) sehingga tidak berfungsi secara optimal yaitu 1) batas antara zonainti dengan zonasi lainnya secara fisik tidak secara tegas di peta maupun di lapangan, karena parameter atau kriteria yang digunakan dalam penentuan batas dalam mendelineasi zonasi kawasan secara fisik sulit dibedakan di lapangan; 2) ketidak jelasan tata batas di beberapa bagian TN antara zona inti dengan zona lainnya yang sangat imajiner di lapangan berakibat pada pemanfaatan lainnya oleh masyarakat sudah sampai pada kawasan zona inti ; 3) pada beberapa bagian zona inti, tidak dibatasi dengan zona penyangga (*buffer zone*) berupa zona rimba, sehingga sangat resisten terhadap ancaman langsung pada kerusakan zona inti ; 4) kriteria penetapan zona inti sesuai Permenhut No. P.56 tahun 2006, belum mengakomodir karakteristik geofisik lahan, antara lain ketinggian tempat, kemiringan lereng dan yang lainnya, yang secara operasional dapat digunakan sebagai acuan dalam mendelineasi zona inti secara spasial di peta dan mengenalinya di lapangan; 5) kriteria penetapan zona inti kawasan yang sudah ada terkesan harus dilakukan survei lapangan secara terestrial, yang pada gilirannya sangat membutuhkan waktu, tenaga dan biaya yang relatif cukup banyak. Untuk itu perlu dicarikan solusi penetapan parameter dan metode yang lebih operasional, efektif, efisien dan aplikatif untuk memodifikasi kriteria yang telah digunakan dalam penetapan zonasi kawasan.

Adapun yang menjadi tujuan penelitian ini adalah menyusun kriteria dan indikator sebagai penentuan zona inti kawasan TNBNW berbasis geofisik dengan menggunakan teknik penginderaan jauh dan sistem informasi geografis.

2. LOKASI PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan pada TNBNW yang terletak di dua provinsi yaitu Provinsi Gorontalo dan Provinsi Sulawesi Utara, seluas 287.115 ha, terdiri dari 177.115 ha di wilayah Kabupaten Bolaang Mongondow Provinsi Sulawesi Utara dan 110 ha terletak di Kabupaten Bone Bolango Provinsi Gorontalo.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

3. METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode survei dalam hal pengumpulan dan analisis data yang dilakukan dengan cara integrasi data penginderaan jauh dengan sistem informasi geografis, dalam penentuan zona inti taman nasional.

3.1 Variabel Penelitian

Variabel dalam penelitian ini adalah zona inti TN didasarkan pada dua hal, yaitu 1) Parameter geofisik yaitu ketinggian tempat, penutupan/penggunaan lahan, bentuklahan, jenis tanah, kemiringan lereng, dan kerapatan vegetasi dan 2) parameter biotik terdiri atas derajat keanekaragaman yang tinggi, dan terdapat terdapat tumbuhan dan atau satwa langka/endemik.

3.2 Teknik Pengumpulan Data

Data primer, dikumpul berdasarkan pengamatan langsung di lapangan meliputi keberadaan flora dan atau fauna langka/endemik, ketinggian tempat, kemiringan lereng, kerapatan vegetasi, penutupan/penggunaan lahan, dan bentuklahan. Sedangkan data sekunder berupa penelusuran kepustakaan, hasil-hasil penelitian, hasil pertemuan ilmiah atau seminar maupun melalui internet, juga penyiapan pengadaan peta-peta baik peta dasar maupun peta tematik, citra satelit digital, dan laporan-laporan.

3.3 Analisis Data Penelitian

Analisis spasial zona inti TN dilakukan terhadap parameter geofisik yaitu dengan cara menganalisis data nilai numerik yang tersebar diseluruh kawasan TNBNW dibagi atas dua bagian, yaitu data nilai yang tersebar pada zona inti penetapan (*eksisting*) dan data nilai yang tersebar pada non zona inti penetapan (*eksisting*). Data hasil dari reclass dianalisis statistik dengan menggunakan Microsoft Excel. Hasil analisis dari masing-masing parameter diberi harkat yang sama untuk nilai karakteristik data yang sama yaitu skor (1) untuk nilai yang tertinggi pada setiap parameter dan skor (0) untuk nilai parameter yang terendah.

Skenario atau Simulasi model dengan menggunakan berbagai parameter-parameter geofisik yaitu ketinggian tempat (E), kemiringan lereng (S), bentuklahan (BL), penutupan/penggunaan lahan (PL), jenis

tanah (Jt) dan dikontrol oleh parameter biotik (B). Dalam proses analisis data spasial, menggunakan 4 skenario yaitu:

1. Jika **Model A** = $f(E, S, BL, PL, Jt, B)$, dengan menggunakan formulasi: (“SKOR_DEM” = 1 OR “SKOR_LRNG” = 1) AND (“SKOR_BL” = 1 OR “SKOR_TANAH” = 1 OR “SKOR_PL” = 1) AND “SKOR_TOTAL” >= 4.
2. Jika **Model B** = $f(E, Kv, BL, Jt, B)$, dengan menggunakan formulasi: (“SKOR_KRPTN” = 1 OR “SKOR_LRNG” = 1) AND (“SKOR_BL” = 1 OR “SKOR_TANAH” = 1) AND “SKOR_TOTAL” >= 3.
3. Jika **Model C** = $f(S, Kv, BL, Jt, B)$, dengan menggunakan formulasi: (“SKOR_KRPTN” = 1 OR “SKOR_LRNG” = 1) AND (“SKOR_BL” = 1 OR “SKOR_TANAH” = 1) AND “SKOR_TOTAL” >= 3.
4. Jika **Model D** = $f(E, S, Kv, BL, Jt, B)$, dengan menggunakan formulasi: (“SKOR_DEM” = 1 OR “SKOR_LRNG” = 1 OR “SKOR_KRPTN” = 1) AND (“SKOR_BL” = 1 OR “SKOR_TANAH” = 1) AND “SKOR_TOTAL” >= 4.

Dalam menentukan model mana yang dipilih dari keempat model yang dihasilkan, maka dilakukan verifikasi, optimasi dengan jarak dari permukiman dengan batas terluar zona inti model (± 2 km) sebagai *buffer* dan validasi model yang dimaksudkan untuk mengetahui tingkat pemenuhan indikator model yang dihasilkan dari segi: 1) luasan zona inti model yang dihasilkan dibandingkan dengan luasan zona inti sesuai perundang-undangan; 2) luasan yang saling bertampalan antara zona inti model dengan zona inti sesuai perundang-undangan; 3) visualisasi kenampakan sebaran piksel hasil pemodelan; dan 4) indikator-indikator yang diperoleh dengan merujuk pada kriteria penentuan zona inti TN sesuai perundang-undangan, serta mempertimbangkan aspek biotik yang diperoleh dari sebaran flora dan atau fauna langka/endemik.

4. HASIL PENELITIAN

Hasil analisis **Model A** merupakan salah satu alternatif hasil pemodelan spasial zona inti TN dengan parameter geofisik sebagai data masukannya dan dikontrol oleh parameter biotik, sebagaimana disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Perbandingan Luasan Model A Dengan Zona Inti Eksisting TN

Kelas Zonasi	Model A		Zona Inti Eksisting		Zona Inti Bertampalan	
	Luas (ha)	Luas (%)	Luas (ha)	Luas (%)		
Zona Inti	204.903,29	69,45	180.737,86	61,26	168.370,80	93,10
Non Zona Inti	90.153,19	30,55	114.318,62	38,74		
Jumlah	295.056,48	100	295.056,48	100		

Sumber: Hasil Analisis

Hasil analisis model A menunjukkan bahwa luas zona inti sebesar 204.903,29 ha atau 69,45 % dari total luas TN, sedangkan seluas 90.153,19 ha atau 30,55 % dari total luas TN merupakan kelas non zona inti. Total Luasan zona inti model yang dihasilkan dari skenario zona inti model A tersebut, bila dibandingkan dengan total luas zona inti TN sesuai perundang-undangan yang sebesar 180.737,86 ha atau 61 %, maka perbedaan keduanya hanya terdapat selisih lebih kurang 24.165,75 ha atau 8,19 %. Artinya luas zona inti hasil model A yang terindikasi lebih luas 8,19 % dibandingkan dengan luas zona inti TN sesuai perundang-undangan. Luasan skenario hasil model A dibandingkan dengan zona inti *eksisting* TN, terdapat pertampalan antara keduanya sebesar 168.370,80 ha atau 93,10 %. Secara spasial sebaran piksel di dalam kawasan TN sebagaimana pada Gambar 2.

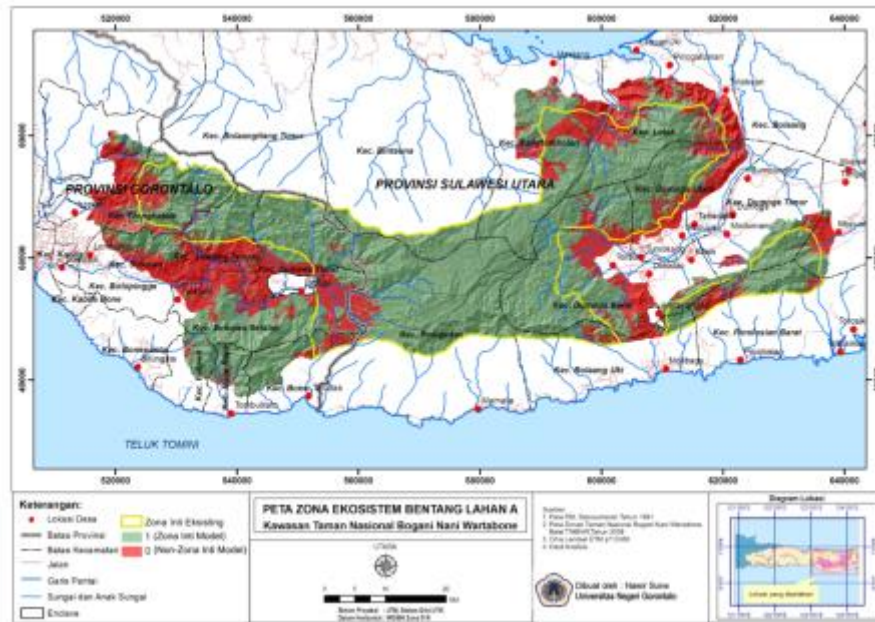
Hasil analisis **Model B** merupakan salah satu alternatif hasil pemodelan spasial zona inti TN dengan parameter geofisik sebagai data masukannya seperti pada Tabel 2.

Tabel 2. Perbandingan Luasan Skenario Model B Dengan Zona Inti Eksisting TN

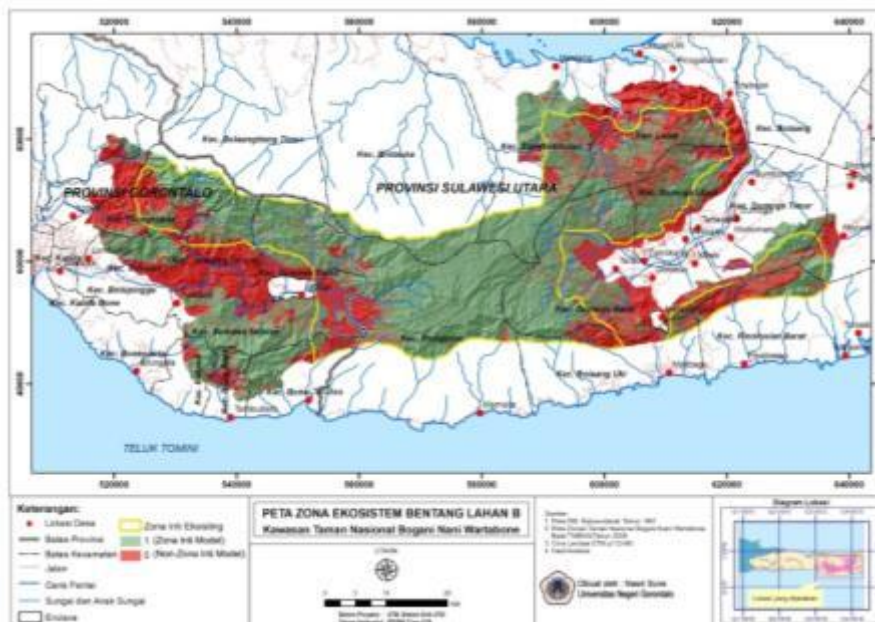
Kelas Zonasi	Model B		Zona Inti Eksisting		Zona Inti Bertampalan	
	Luas (ha)	Luas (%)	Luas (ha)	Luas (%)		
Zona Inti	199.503,05	67,62	180.737,86	61	156.059,79	86,35
Non Zona Inti	95.553,43	32,38	114.318,62	39		
Jumlah	295.056,48	100	295.056,48	100		

Sumber: Hasil Analisis

Pada Tabel 2 di atas menunjukkan bahwa luasan hasil skenario model B yang dapat diindikasikan sebagai zona inti model sebesar 199. 503,05 atau 67,62 % dari total luas taman nasional, sedangkan seluas 95.553,43 ha atau 32,38 % dari total luas TN sebagai kelas non zona inti model. Besarnya luasan yang saling bertampalan antara model B dengan zona inti *eksisting* adalah sebesar 156.059,79 ha atau 86,35 % dari total luas total zona inti *eksisting*. Secara spasial sebaran piksel di dalam kawasan TN yang terdapat pada zona inti dan non zona inti model B ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 2. Peta hasil analisis bentang lahan model A



Gambar 3. Peta Hasil Model B Taman Nasional

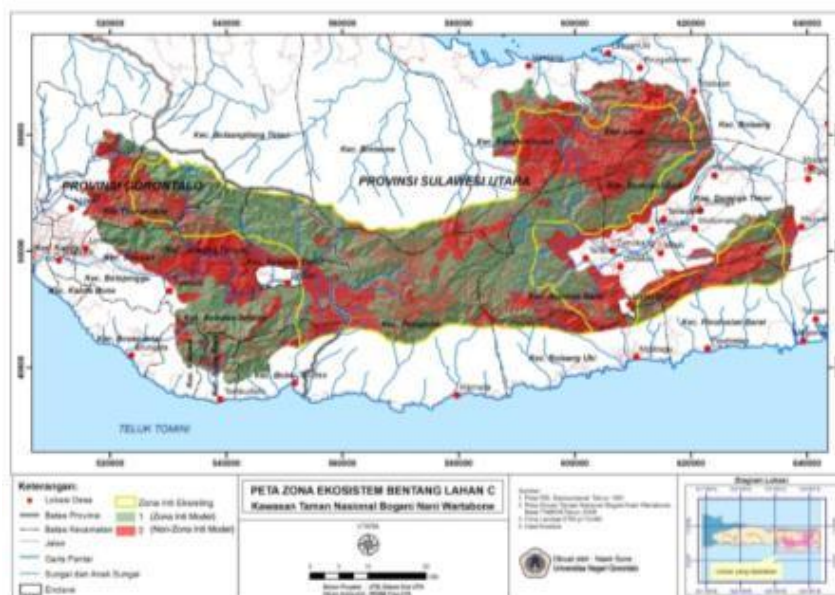
Hasil analisis **Model C**, merupakan salah satu alternatif hasil pemodelan spasial zona inti TN dengan parameter geofisik sebagai data masukannya seperti pada Tabel 3.

Tabel 3. Perbandingan Luasan Skenario Model C Dengan Zona Inti Eksisting TN

Kelas Zonasi	EBL Model C		Zona Inti Eksisting		Zona Inti Bertampalan	
	Luas (ha)	Luas (%)	Luas (ha)	Luas (%)		
Zona Inti	202.478,26	68,62	180.737,86	61	150.0687,08	83,03
Non Zona Inti	92.578,22	31,38	114.318,62	39		
Jumlah	295.056,48	100	295.056,48	100		

Sumber: Hasil Analisis

Tabel 3 menunjukkan bahwa luasan hasil skenario model C yang termasuk pada zona inti model sebesar 202. 478,26 atau 68,62 % dari total luas TN, dan seluas 92.578,22 ha atau 31,38 % dari total luas TN merupakan kelas non zona inti model. Secara spasial ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Peta Hasil Model C Taman Nasional

Total Luasan zona inti model yang dihasilkan dari skenario model C ini, bila dibandingkan dengan total luas zona inti penetapan TN *eksisting* sebesar 180.737,86 ha atau 61 %, maka perbedaan keduanya hanya terdapat selisih lebih kurang 21.740,70 ha atau 7,37 %.. Luasan yang saling bertampalan antara kelas zonasi model C yang dihasilkan dengan zona inti *eksisting* taman nasional hanya sebesar 150.068,08 atau 83,03 %.

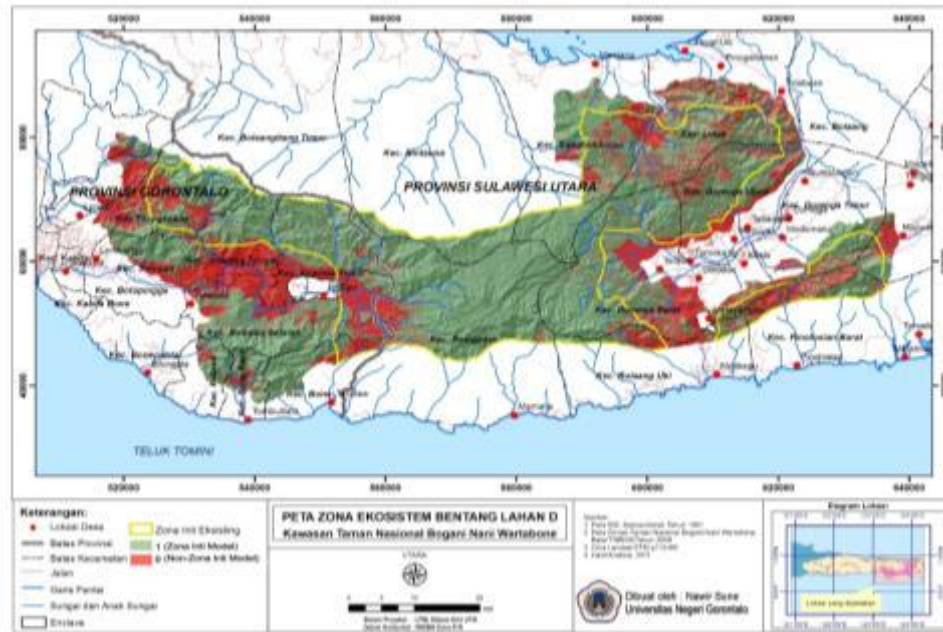
Hasil Analisis **Model D** merupakan salah satu alternatif hasil pemodelan spasial zona inti TN dengan parameter geofisik sebagai data masukannya sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Perbandingan Luasan Skenario Model D dengan Zona Inti Eksisting TN

Kelas Zonasi	Model D		Zona Inti Eksisting		Zona Inti Bertampalan	
	Luas (ha)	Luas (%)	Luas (ha)	Luas (%)		
Zona Inti	191.114,02	64,77	180.737,86	61	136.349,81	75,44
Non Zona Inti	103.942,46	35,23	114.318,62	39		
Jumlah	295.056,48	100	295.056,48	100		

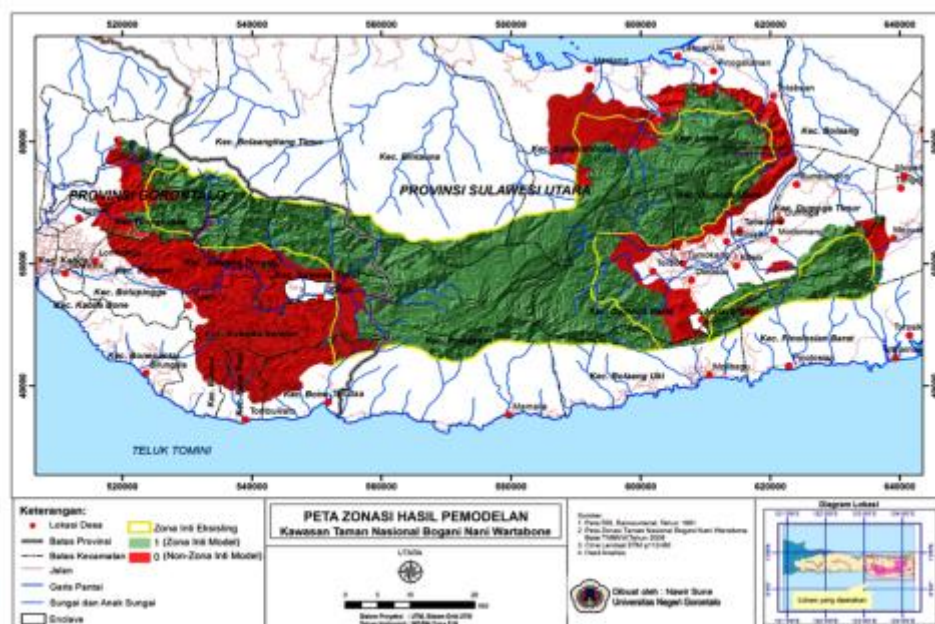
Sumber: Hasil Analisis

Pada Tabel 4 di atas menunjukkan bahwa luasan hasil skenario model D yang dapat diindikasikan sebagai zona inti model sebesar 191.114,02 atau 64,77 % dari total luas TN dan seluas 103.942,46 ha atau 35,23 % dari total luas TN adalah kelas non zona inti model. Luasan yang saling bertampalan antara zona ekosistem bentang lahan model D dengan zona inti *eksisting* taman nasional sebesar 136.349,81 ha atau 75,44 % dari total zona inti eksisting taman nasional. Secara spasial peta hasil model D ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Peta Hasil Model D Taman Nasional

Memperhatikan hasil dari ke empat zona ekosistem bentang lahan pemodelan di atas, maka model A yang perlu dipertimbangkan untuk diverifikasi/ evaluasi lebih lanjut karena: 1) luasan zona inti model A yang dihasilkan lebih luas dibandingkan dengan luasan zona inti *eksisting* TN maupun dengan luasan luasan zona inti hasil model B, C dan model D; 2) luas zona inti hasil dari model A memiliki kesamaan luasan sebesar 168.370,80 Ha atau 93,84 % dengan zona inti *eksisting* TN, sedangkan ketiga model lainnya hanya memiliki kesamaan luas masing-masing yaitu model B sebesar 156.059,79 ha atau 86,35 %, model C sebesar 150.068,08 atau 83,03 % dan model D sebesar 136.349,81 ha atau 75,44 % dengan zona inti *eksisting* TN hasil penetapan sesuai perundang-undangan ; 3) visualisasi kenampakan pada peta sebaran piksel di keempat model yang dihasilkan, maka sebaran piksel pada model A, memperlihatkan pola persebaran piksel yang mengelompok, kompak dan sangat kontras dibandingkan dengan sebaran piksel yang terdapat pada zona ekosistem bentang lahan model , B, C dan model D. Peta model spasial ekologis zona inti taman nasional dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Peta Zonasi Hasil Pemodelan Kawasan Taman Nasional

Visualisasi kenampakan sebaran piksel ini akan memudahkan dalam merezoning kembali kedua batas yang dikategorikan sebagai zona inti dan non zona inti model dan secara teknis memudahkan dalam mengoptimasi untuk dijadikan model spasial zona inti TN. Berdasarkan tiga alasan di atas maka model A yang dipilih sebagai zona ekosistem bentang lahan hasil pemodelan.

Model yang terpilih, selanjutnya divalidasi dengan kriteria penetapan zona inti TN yang terdapat pada Permenhut No. P.56 tahun 2006, maka tersusunlah kriteria dan indikator sebagai penentu model spasial zona inti TN sebagaimana pada Tabel 5 berikut ini.

Tabel 5. Kriteria dan Indikator Penentu Hasil Pemodelan Zona Inti TN

No.	Kriteria	Indikator
1	Mempunyai keanekaragaman jenis tumbuhan dan satwa beserta ekosistemnya	1) derajat keanekaragaman tinggi 2) Terdapat tumbuhan dan satwa Langka
2	Mewakili formasi biota tertentu dan atau unit-unit penyusunnya yang merupakan ciri khas ekosistem dalam kawasan taman nasional yang kondisi fisiknya masih asli dan belum diganggu oleh manusia	1) penutupan lahan hutan lahan kering primer; 2) ketinggian tempat; 3) bentuklahan
3	Mempunyai kondisi alam, baik biota maupun fisiknya yang masih asli dan tidak atau belum diganggu manusia	1) penutupan lahan hutan lahan kering primer; 2) Jaraknya dari permukiman 2 km
4	Mempunyai luas yang cukup dan bentuk tertentu yang cukup untuk menjamin kelangsungan hidup jenis-jenis tertentu untuk menunjang pengelolaan yang efektif dan menjamin berlangsungnya proses ekologis secara alami,	1) bentuklahan; 2) kemiringan lereng lebih besar $\geq 20\%$; 3) penutupan lahan hutan lahan kering primer; 4) jenis tanah
5	Mempunyai ciri khas potensinya dan dapat merupakan contoh yang keberadaannya memerlukan upaya konservasi	1) penutupan lahan hutan lahan kering primer; 2) terdapat tumbuhan atau satwa yang langka/ endemik
6	Mempunyai komunitas tumbuhan dan atau satwa liar beserta ekosistemnya yang langka yang keberadaannya terancam punah	1) habitat flora dan atau fauna yang dilindungi, langka/ endemik
7	Merupakan habitat satwa dan atau tumbuhan tertentu yang prioritas dan khas/ endemik	1) terdapat tumbuhan atau satwa yang langka/ endemik; 2) bentuklahan; 3) jenis tanah
8	Merupakan tempat aktivitas bagi satwa migran	1) penutupan lahan hutan lahan kering primer; 2) bentuklahan

Tabel 5 di atas memperlihatkan indikator-indikator yang dapat digunakan dalam pemodelan spasial ekologis zona inti TN. Bila ditelaah lebih jauh, maka terdapat enam parameter utama biogeofisik yang menjadi indikator penentu model zona inti TN yaitu ketinggian tempat, kemiringan lereng, penutupan lahan/ penggunaan lahan, bentuklahan, jenis tanah dan parameter biotik (derjat keanekaragaman hayati dan keberadaan flora dan atau fauna unik, langka/endemik), sedangkan indikator lainnya yang bukan merupakan indikator utama tetapi secara komprehensif dapat bersama-sama memberi kontribusi dalam mengoptimasi model adalah jaraknya dari permukiman ± 2 km. Secara operasional dapat menjadi penentu zona inti taman nasional di lapangan, dengan formula matematis:

$$Z(I) = f(E, S, PL, BL, Jt, B),$$

dimana: $Z(I)$ = zona inti model yang dihasilkan; E = ketinggian; S = kemiringan lereng;

PL = Penutupan/penggunaan lahan; BL = Bentuklahan; Jt = Jenis tanah; B = Biotik .

Hasil analisis peta model spasial ekosistem bentang lahan model A yang terpilih kemudian dilakukan aglomerasi terhadap peta tersebut diperoleh bahwa luasan zona inti yang dihasilkan dari pemodelan spasial ekologis sebesar 204.903,29 ha atau 69,45 % dari total luas Taman Nasional Bogani Nani Wartabone, sedangkan luasan non zona inti 94.154, 47 ha atau 31 % dari total luas TNBNW yang dihasilkan dari pemodelan ini bila dibandingkan dengan luasan zona inti eksisting taman nasional yang hanya sebesar 180.737,93 Ha atau 61 % dari total luas Taman Nasional Bogani Nani Wartabone, maka terjadi peningkatan luas zona inti taman nasional sebesar 24.165, ha atau 8,19 %.

5. KESIMPULAN

Adapun kesimpulan dari penelitian ini sebagai berikut:

1. Model zona Inti Z(I) yang dihasilkan dari formulasi parameter biogeofisik yang meliputi ketinggian tempat (E), kemiringan lereng (S), penutupan/ penggunaan lahan (PL), bentuklahan (BL), dan jenis tanah (Jt) yang dilengkapi dengan parameter biotik berupa keanekaragaman hayati dan keberadaan flora dan atau fauna langka /endemik, paling cocok digunakan dalam pemodelan zona inti TN dengan hubungan fungsional $Z(I) = f(E, S, PL, BL, Jt, B)$. Komponen geofisik tersebut merupakan komponen ekosistem bentang lahan yang sesuai dengan syarat dan tempat hidup habitat flora dan atau fauna langka/ endemik, sehingga hal ini dapat menunjang pengelolaan kawasan dan pelestarian sumberdaya alam yang berkelanjutan.
2. Dengan memperhatikan parameter geofisik (ketinggian, lereng, penutupan lahan, bentuklahan dan jenis tanah) yang dikontrol oleh parameter biotik, maka luas zona inti hasil pemodelan memiliki kesamaan luasan sebesar 168.370,80 ha atau 93,84 % dengan zona inti hasil penetapan sesuai perundang-undangan. Terdapat perbedaan luas zona inti hasil pemodelan dengan zona inti *eksisting* sesuai perundang-undangan, yaitu luas zona inti hasil pemodelan sebesar 204.903,29 ha atau 69,45 %, lebih luas bila dibandingkan dengan luas zona inti penetapan sesuai perundang- undangan yang hanya sebesar 180.737,86 ha atau 61 % dari total luas TNBNW. Beda keduanya dapat dimasukkan menjadi bagian integral zona inti.

DAFTAR PUSTAKA

- Bridgewater, P.B. *Landscape Ecology, Geographic Information Systems and Nature Conservation-Landscape Ecology and GIS*. Taylor and Francis Ltd., London (1993)
- Hartono, *Penginderaan Jauh dan Aplikasinya Untuk Sumberdaya dan Lingkungan*. Pidato Pengukuhan Jabatan Guru Besar dalam Ilmu Penginderaan Jauh pada Fakultas Geografi UGM. Yogyakarta (2012)
- Keputusan Menteri Kehutanan No. 731/Kpts/II Tahun 1991. *Tentang Perubahan Fungsi Suaka Marga satwa Dumoga, Suaka Marga satwa Bone dan Cagar Alam Bulawa menjadi Kawasan Taman Nasional Bogani Nani Wartabone*.
- Keputusan Menteri Kehutanan Nomor:P.56/Menhut-II tahun 2006. *Tentang Pedoman Zonasi Taman Nasional*.
- Riyanto, H.D., Paimin, Haryadi B., Purwanto, Supangat A.B., Wuryanto A., Sudimin, Sudirman, Bambang R., Yuliantoro D.. Laporan, *Kajian Kriteria dan Indikator Penetapan Zonasi TamanMeru Betiri*. Departemen Kehutanan Badan Penelitian dan Pengembangan, BP2TP DAS –Kawasan Barat Indonesia (2004)
- Sugardjito, J., Southwick, C. H., Supriatna, J., Kohlhaas, A., Baker, S., Erwin, J., Froelich, J. and Lerche, N.. Population survey of macaques in northern Sulawesi. *American Journal of Primatology*18: 285-301 (1989).
- Undang-Undang Nomor 41 Tahun 1999, *tentang Kehutanan*
- Warnata, I.Wayan., Lugrayasa I N., Suja I.M.,. *Eksplorasi dan Penelitian Flora Pegunungan Gunung Gambuta- Taman Nasional Bogani Nani Wartabone di Pinogu-Suwawa-Gorontalo*, UPT Balai Konservasi Tumbuhan Kebun Raya “Eka Karya”Bali-LIPI (2008).

NOTULENSI DISKUSI SESI TATA RUANG DAN PERENCANAAN WILAYAH

Judul Makalah:

PEMANFAATAN APLIKASI SIG BERBASIS *WEB* UNTUK PENATAAN SEKTOR
PERTAMBANGAN INDONESIA

Surya Herjuna, Dimar Wahyu Anggara, Bayu Raharja

Pertanyaan Oleh: Farid

Apakah ada usaha dari ESDM agar sistem WOI terbangun dengan baik?

Jawaban:

Regulasi dari ESDM sudah ada, tetapi masih lemah sehingga membutuhkan bantuan pemerintah daerah untuk IUP. Dalam membangun IUP diusahakan jelas agar ijin dapat diterbitkan.

Pertanyaan Oleh: Adriana

Terkait batas wilayah di zona pertambangan, bagaimana cara pembatasannya? Dalam jangka berapa tahun luas tambang diperbaharui (*monitoring*)?

Jawaban:

Untuk *monitoring* bergantung pada IUP, apabila sudah tersimpan akan diperbaharui. Sebenarnya, batasnya tidak boleh diperluas. Oleh karena itu, ada kerjasama dengan LAPAN, tambang mana yang melewati luas wilayah.

Judul Makalah:

IDENTIFIKASI AGIHAN BARKHAN PADA ZONA INTI GUMUK PASIR
PARANGTRITIS DENGAN MENGGUNAKAN DATA UAV

Edwin Maulana, Theresia Retno Wulan

Pertanyaan Oleh: Arjuna, ESDM

Apakah manfaat gumuk pasir terkait ekonomi, ekologis, ataupun fungsi lainnya?

Jawaban:

Manfaat gumuk pasir terkait ekonomi seperti *sand boarding*, lahan parkir, lokasi foto *pre-wedding*, lokasi pengambilan film. Fungsi ekologisnya mencegah intrusi air laut, dan lebih lanjut mampu mencegah ancaman tsunami tetapi terkait dengan tinggi gumuk pasir.

Pertanyaan Oleh: Dimar, ESDM

Terkait pengolahan UAV untuk penelitian, bagaimana agar aspek area (geometri) dapat terjamin kevalidannya?

Jawaban:

Terkait koreksi geometrik, pengambilan titik ikat (GPS) menggunakan 3 data berbeda.

Pertanyaan Oleh: Nawir, S3 PJ UGM

Apakah kawasan permukiman di sekitar zona inti akan direlokasi?

Jawaban:

Zona inti ditentukan karena tidak ada budidaya permukiman, tapi hanya ada rumah semi permanen sehingga bisa digusur (hanya KTP Bantul yang diperbolehkan tinggal). Keberadaan vegetasi dijadikan sebagai *buffer* (batas) sehingga pasir dari gumuk pasir tidak menyebar ke area persawahan dan lain-lain. Rumah permanen di sekitarnya tidak akan direlokasi, tetapi tidak boleh ada bangunan baru.

Pertanyaan Oleh: Suprpto, LKH

Parameter-parameter apa saja yang dapat ditentukan sebagai zona inti gumuk pasir?

Apakah ada standar inti dalam menentukannya?

Jawaban:

Parameternya adalah lokasi-lokasi yang belum banyak aktivitas penduduk.

Judul Makalah:

PEMETAAN PARTISIPATIF PELACAKAN BATAS DESA DI KOTA BLITAR DAN KABUPATEN BLITAR

Farid Yuniar, Yogyrema Setyanto Putra, Fahrul Hidayat, Guridno Bintar S

Pertanyaan Oleh: Dimar, ESDM

Terkait pemetaan partisipatif, pemetaannya dimulai dari mana? Apakah dari administratif tertinggi ke terendah atau sebaliknya? Misal dari desa ke kabupaten atau dari kabupaten ke desa?

Jawaban:

Penegasan batas daerah dilakukan oleh tim pusat ke tim daerah.

Pertanyaan Oleh: Adi K, BNPB

Berapa lama estimasi waktu untuk melakukan proyek tersebut?

Jawaban:

Membutuhkan waktu sekitar 5 bulan, tetapi ada kendala seperti segmen batas desa yang dideliniasi dan kelengkapan toponimi.

Pertanyaan Oleh: Suprpto, LKH

Bagaimana jika metode ini digunakan di luar Jawa, di mana ada pertentangan kepentingan, batas desa masuk kawasan hutan, bagaimana cara mengatasinya?

Jawaban:

Domain penentuan ada di Kemendagri, di mana penetapannya masih bersifat indikatif. Jadi sudah ada aturannya.

GEOGRAFI KESEHATAN DAN LINGKUNGAN

R3B - RUANG SIDANG 2 PUSPICS,
25 NOVEMBER 2015 (15.00 – 16.15)

091 KELAYAKAN HUTAN MANGROVE DI PANTAI TIRIS
DESA PABEAN ILIR KEC. PASEKAN KABUPATEN
INDRAMAYU SEBAGAI KAWASAN EKOWISATA
MANGROVE YANG BERKELANJUTAN

Sodikin

038 POLA SPASIAL PERSEBARAN PENYAKIT TB PARU DI
KOTA MALANG

Endang Surjati

108 PEMANFAATAN CITRA GEOEYE – 1 DAN SISTEM
INFORMASI GEOGRAFIS UNTUK PEMODELAN SPASIAL
RISIKO PENYAKIT DIARE AKUT PADA BALITA DI
KECAMATAN MOYUDAN, KABUPATEN SLEMAN

Erika Yuliantari, Prima Widayani

069 DISTRIBUSI SPATIAL NYAMUK TULAR PENYAKIT
BERDASARKAN BENTANGLAHAN DI KABUPATEN
DONGGALA DAN SIGI PROVINSI SULAWESI TENGAH

Mujiyanto, Rosmini, Jastal, Triwibowo A.G

062 APLIKASI PENGINDERAAN JAUH DAN SISTEM
INFORMASI GEOGRAFIS UNTUK PENENTUAN KUALITAS
AIR DI PERAIRAN SEKOTONG, LOMBOK BARAT

*Ade Intan P, Anggun Detrina N, Hafidh Alfian A, Kusuma Wardani L,
Widyanissa Rahmayani, Yan Nur Hidayat*

KELAYAKAN HUTAN MANGROVE DI PANTAI TIRIS DESA PABEAN ILIR KEC. PASEKAN KABUPATEN INDRAMAYU SEBAGAI KAWASAN EKOWISATA MANGROVE YANG BERKELANJUTAN

Sodikin

Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan UIN Syarif Hidayatullah Jakarta
Email: sodikin.ips@uinjkt.ac.id

*Corresponding author: sodikin.ips@uinjkt.ac.id

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kelayakan hutan mangrove di Pantai Tiris Desa Pabean Ilir Kecamatan Pasekan Kab. Indramayu sebagai kawasan ekowisata Mangrove. Metode dalam penelitian ini menggunakan metode purposive sampling. Untuk analisis vegetasi dan biota mangrove menggunakan metode *transek line*, adapun untuk analisis sosial, yaitu untuk mengetahui tingkat pengetahuan masyarakat terhadap fungsi mangrove dan manfaat adanya ekowisata mangrove menggunakan angket dan pengukuran skala likert. Hasil penelitian menunjukkan bahwa secara keseluruhan berdasarkan kondisi biofisik maupun sosial yang ada, hutan mangrove di Pantai Tiris termasuk kategori sangat baik untuk di kembangkan menjadi kawasan ekowisata mangrove dan masyarakat sekitar sudah memahami akan fungsi mangrove dan manfaat adanya ekowisata mangrove. Jenis vegetasi yang ditemukan antara lain jenis *Rizophora Apiculata*, *Rizophora Mucronata*, *Avicennia marina*, *Sonneratia*, *Nypah*, *Bruguera*, dan rata-rata memiliki kerapatan 15,1 individu/100m². Untuk biota yang ditemui antara lain terdiri dari 13 jenis ikan, 4 jenis kerustacea, 5 jenis molusca, 10 jenis burung dan jenis mamalia. Sehingga dapat dikategorikan kawasan hutan mangrove di Pantai Tiris sangat layak dijadikan sebagai kawasan ekowisata.

KATA KUNCI: Kelayakan, Ekowisata, Mangrove, dan Pantai Tiris

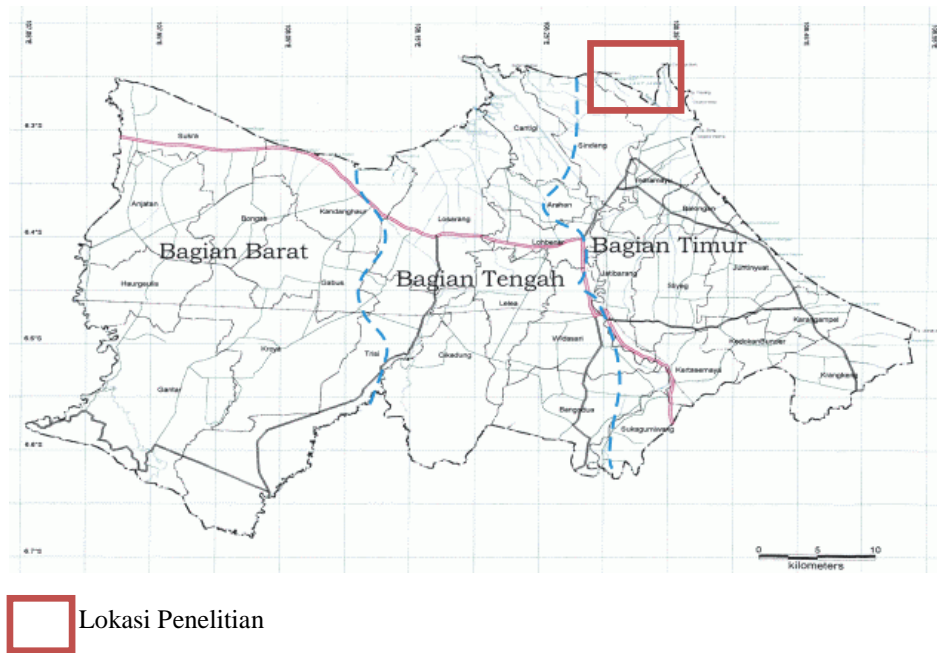
1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara yang memiliki sumber daya pesisir yang cukup besar dan menjadi salah satu negara megabiodiversity. Dengan sumber daya pesisir dan keanekaragaman yang cukup besar tersebut Indonesia memiliki potensi untuk mengembangkan beberapa sumberdaya yang ada. Salah satunya adalah pengembangan potensi pariwisata bahari. Pada tahun 2002 pemerintah telah mencanangkan program ekowisata dan tahun 2003 ditetapkan sebagai tahun wisata bahari. Direktorat Diversifikasi Produk Pariwisata Bahari-Sub Direktorat Pengembangan Pariwisata menyatakan bahwa, realisasi tahun wisata bahari adalah berupa pengembangan objek-objek wisata bahari baru dalam bentuk pengembangan wisata dengan ketertarikan khusus. Hal tersebut bertepatan dengan munculnya perkembangan pariwisata yang bertema “*back to nature*” yang cenderung semakin meningkat. Fenomena itu tentunya merupakan kesempatan emas bagi kepariwisataan untuk mengembangkan program pariwisata guna menarik kunjungan wisatawan.

Hutan mangrove di Pantai Tiris adalah salah satu kawasan mangrove yang terdapat di Desa Pabean Ilir Kecamatan Pasekan Kabupaten Indramayu memiliki luas kurang lebih 500 ha, kawasan mangrove di daerah ini kondisinya tergolong cukup baik, sehingga menjadi salah satu kawasan objek wisata bagi masyarakat sekitar untuk mengisi waktu luangnya di hari libur. Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian untuk mengetahui kelayakannya untuk dijadikan kawasan ekowisata mangrove. Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi potensi biofisik ekosistem mangrove di Pantai Tiris dan Menentukan kesesuaian kawasan mangrove di Bintan Buyu. Manfaat dari penelitian ini adalah dapat mengetahui kesesuaian kawasan ekosistem mangrove yang terdapat di Pantai Tiris sehingga dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan instansi terkait untuk pengembangan ekowisata mangrove.

2. DAERAH KAJIAN

Penelitian ini dilaksanakan di Pantai Tiris Desa Pabean Ilir Kecamatan Pasekan Kabupaten Indramayu Provinsi Jawa Barat, seperti terlihat pada gambar 1



Gambar 1. Daerah Kajian Penelitian

3. DATA DAN METODE

3.1 Data

Data dalam penelitian ini terdiri dari data primer dan data sekunder yang terkait dengan tema dalam penelitian ini.

- ❖ Data Primer
 - ✓ Data Jenis vegetasi Mangrove
 - ✓ Jumlah Individu
 - ✓ Diameter Pohon
 - ✓ Data Jenis Flora dan Fauna Mangrove
 - ✓ Persepsi Masyarakat
- ❖ Data Sekunder
 - ✓ Data pasang surut
 - ✓ Data Monografi desa

3.2 Metode

Metode dalam penelitian ini menggunakan metode purposive sampling. Untuk analisis vegetasi dan biota mangrove menggunakan metode transek line, adapun untuk analisis sosial, yaitu untuk mengetahui tingkat pengetahuan masyarakat terhadap fungsi mangrove dan manfaat adanya ekowisata mangrove menggunakan angket dan pengukuran skala likert.

3.3 Analisis Data

3.3.1 Analisis Kesesuaian Wisata

Analisis kesesuaian wisata menggunakan matriks kesesuaian yang disusun berdasarkan kepentingan setiap parameter untuk mendukung kegiatan pada daerah tersebut. Rumus yang digunakan untuk kesesuaian wisata pantai dan wisata bahari adalah (Yulianda *dkk*, 2009):

$$IKW = \frac{\sum (N_i)}{N_{max}} \times 100 \%$$

IKW : Indeks kesesuaian ekosistem untuk ekowisata mangrove (nilai maksimum =88)

S1 : Sangat sesuai, dengan nilai 80 % - 100 %

S2 : Sesuai, dengan nilai 60 % - < 80 %

S3 : Sesuai bersyarat, dengan nilai 35 % - <60 %

N : Tidak sesuai, dengan nilai <35 %

Ni : Nilai parameter ke-i (bobot x skor)

Nmax : Nilai maksimum dari kategori ekowisata mangrove.

Kelas kesesuaian diperoleh dari perkalian antara bobot dan skor dari masing-masing parameter. Kesesuaian ekowisata mangrove mempertimbangkan 7 parameter penilaian, seperti terlihat pada tabel 1 di bawah ini.

Tabel 1. Matriks Kesesuaian lahan untuk pengembangan ekowisata mangrove

No	Parameter	B	Kategori S1	S	Kategori S2	S	Kategori S3	S	N	S
1	Ketebalan mangrove (m)	5	> 500	4	> 200-500	3	50-200	2	<50	1
2	Kerapatan Mangrove (100m ²)	4	>15-25	4	>10-15	3	5-10	2	<5	1
3	Jenis Mangrove	3	>5	4	3-5	3	1-2	2	0	1
4	Objek Biota	3	Ikan, Udang, Kepiting, moluka, reptile, burung	4	Ikan, Udang, Kepiting, moluka,	3	Ikan, Moluska	2	Salah satu biota air	1
5	Pasang Surut (m)	3	0-1	4	>1-2	3	>2-5	2	>5	1
6	Karakteristik Kawasan	2	4 ketentuan	4	3 ketentuan	3	2 ketentuan	2	1 ketentuan	1
7	Aksesibilitas	1	4 Ketentuan	4	3 ketentuan	3	2 ketentuan	2	1 ketentuan	1

Sumber : Yulianda, Murni, Modifiikasi (2015)

Untuk parameter no 6 dan 7 (Sumber Murni, 2000)

a) Karakteristik kawasan ; Penilaian karakteristik kawasan di dasarkan pada pertimbangan :

- (1) Adanya objek yang menarik, baik flora, fauna maupun aspek fisik
- (2) Terdapat panorama atau keindahan, yang memiliki daya tarik tertentu
- (3) Bentang alam yang bagus
- (4) Satwa dan tumbuhan langka / dilindungi

Keterangan :

S1 : apabila terdapat 4 dari ketentuan karakteristik

S2 : apabila terdapat 3 dari ketentuan karakteristik

S3 : apabila terdapat 2 dari

N : apabila terdapat 1 dari ketentuan karakteristik

b) Aksesibilitas ; Penilaian Aksesibilitas di dasarkan pada pertimbangan :

- (1) Jalan yang bagus untuk mencapai lokasi
- (2) Banyak jalan alternatif untuk mencapai lokasi
- (3) Banyak alat angkut / jenis transportasi ke lokasi
- (4) Terdapat sarana pendukung dermaga dan terminal

Keterangan :

S1 : apabila terdapat 4 dari ketentuan aksesibilitas

S2 : apabila terdapat 3 dari ketentuan aksesibilitas

S3 : apabila terdapat 2 dari ketentuan aksesibilitas

3.3.2 Analisis Daya Dukung

Daya dukung kawasan adalah jumlah maksimum pengunjung yang secara fisik dapat di tampung oleh kawasan yang di sediakan pada waktu tertentu tanpa menimbulkan gangguan pada alam dan manusia. Perhitungan daya dukung dalam bentuk rumus adalah sebagai berikut (Yulianda, 2007).

$$DDK = k \times \frac{L_p}{L_t} \times \frac{W_t}{W_p}$$

Keterangan:

DDK = Daya Dukung Kawasan (orang).

K = Potensi ekologis pengunjung per satuan unit area (orang).

Lp = Panjang area yang dapat dimanfaatkan (m).

Lt = Unit area untuk kategori tertentu (m).

Wt = Waktu yang disediakan oleh kawasan untuk kegiatan wisata dalam satu hari (jam/hari).

Wp = Waktu yang dihabiskan oleh pengunjung untuk setiap kegiatan tertentu (jam/hari).

Tabel 2. Potensi Ekologis Pengunjung (K) dan Luas area kegiatan (Lt)

<i>Jenis Kegiatan</i>	<i>K (Pengunjung)</i>	<i>Unit area (Lt)</i>	<i>Keterangan</i>
Wisata Mangrove	1	50 m	Di hitung panjang track, setiap orang 50 m

Sumber : Yulianda, 2007

Waktu kegiatan pengunjung (Wp) dihitung berdasarkan lamanya waktu yang dihabiskan oleh pengunjung untuk melakukan kegiatan wisata. Waktu pengunjung diperhitungkan dengan waktu yang disediakan untuk kawasan (Wt). Waktu kawasan adalah lama waktu areal dibuka dalam satu hari, dan rata-rata waktu kerja sekitar 8 jam.

Tabel 3. Prediksi waktu yang di butuhkan untuk kegiatan wisata mangrove

<i>Kegiatan</i>	<i>Waktu yang dibutuhkan (Wp) (jam/hari)</i>	<i>Total waktu 1 hari (Wt) (Jam/Hari)</i>
Wisata Mangrove	2	8

Sumber : Yulianda, 2007

3.3.3 Persepsi Masyarakat

Untuk data mengenai persepsi masyarakat, data langsung di ambil dengan pengisian kuisioner, dengan jumlah responden yang diambil adalah 25 orang yang berada di sekitar kawasan mangrove di Pantai Tiris Desa Pabean Ilir Indramayu. Adapun analisis data yang digunakan adalah dengan menggunakan skala likert.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Deskripsi Daerah Penelitian

Desa Pabean Ilir merupakan salah satu desa yang termasuk ke dalam wilayah Kecamatan Pasekan Kabupaten Indramayu. Secara administrasi Desa Pabean Ilir berbatasan dengan :

- Sebelah Utara dengan Laut Jawa
- Sebelah Timur dengan Desa Karanganyar
- Sebelah Selatan dengan Desa Berondong
- Sebelah Barat dengan Desa Totoran

Secara astronomis Desa Pabean Ilir ini terletak pada $108^{\circ}28'00''$ - $108^{\circ}17'9,6''$ BT dan $6^{\circ}22'.00''$ - $6^{\circ}14'14,12''$ LS. luas wilayah Desa Pabean Ilir pada tahun 2009 adalah 1.820.310 Ha, yang terdiri dari 20 RT dan 5 RW. Berdasarkan data monografi lahan yang ada di Desa Pabean Ilir digunakan untuk berbagai peruntukan. Seperti terlihat pada tabel 4

Tabel 4 Penggunaan lahan di Desa Pabean Ilir

No	Jenis Penggunaan Lahan	Luas (Ha)	%
1	Tadah hujan	308.250	16, 94
2	Empang/ Tambak	562,106	30,89
3	Permukiman	264.172	14,52
4	Kebun	317.832	17,47
5	Hutan/ rawa	357.750	16,68
6	Jalan/ lainnya	10.200	0,58
	Jumlah	1.820.310	100

Sumber : Data Monografi Desa Pabean Ilir, 2014

4.2 Kondisi Fisik Hutan Mangrove di Desa Pabean Ilir

Hutan Mangrove di Desa Pabean Ilir Terletak di sepanjang pantai. Berdasarkan data dari Dinas Kehutanan Indramayu luas Hutan Mangrove di Desa Pabean Ilir adalah 367 Ha yang tersebar di sepanjang pantai. Berdasarkan hasil observasi di lapangan tercatat ada 10 jenis vegetasi mangrove dengan tiga jenis yang paling dominan di daerah penelitian yaitu *rhizophora apiculata*, *rhizophora mucronata*, dan *Avicenia* yang membentuk tegakan murni Adapun jenis-jenis mangrove yang di temukan pada saat observasi dapat dilihat di tabel 5

Tabel 5 Jenis-jenis dan Distribusi Vegetasi Mangrove di Desa Pabean Ilir

No	Spesies	Nama Daerah
1	<i>Avicenia Marina</i>	Api-api
2	<i>Avicennia alba</i>	Api-api
3	<i>Nypa fruticans</i>	Nipa
4	<i>Bruguiera parviflora</i>	Tanjan
5	<i>Rhizophora apiculata</i>	Bakau Kacangan
6	<i>Rhizophora mucronata</i>	Bakau Gandul
7	<i>Rhizophora stylosa</i>	Lalora puith
8	<i>Soneratia</i>	Pedada
9	<i>Corypha uto</i>	Gebang
10	<i>Hibiscus tiliaceus</i>	Waru

Tingkat kerapatan mangrove di Desa Pabean Ilir tergolong cukup rapat, kerapatan pohon 900 sampai dengan 2500 perha; Kemudian terlihat jarak tanam antar pohon yaitu 30-40 cm sedangkan tinggi pohon rata-rata 200cm dengan kanopi yang lebar. Fauna yang terdapat di hutan mangrove Desa Pabean Ilir berdasarkan hasil observasi terdapat berbagai macam fauna baik fauna darat maupun fauna air ini dapat di bisa dilihat di Tabel 6.

Tabel 6 Jenis Fauna Hutan Mangrove di Desa Pabean Ilir

No	Binatang Darat	Binatang Air	Binatang Unggas
1	Biawak	Ikan	Crockok
2	Kupu-kupu	Udang	Alap-alap
3	Capung	Kepiting	Cici
4	Belalang		Dadali
5	Tikus		
6	Molusca		

4.3 Pasang Surut Air Laut

Pasang surut laut merupakan suatu fenomena pergerakan naik turunnya permukaan air laut secara berkala yang diakibatkan oleh kombinasi gaya gravitasi dan gaya tarik menarik dari benda-benda astronomi terutama oleh matahari, bumi dan bulan. Pengaruh benda angkasa lainnya dapat diabaikan karena jaraknya lebih jauh atau ukurannya lebih kecil. Dan pasang surut air laut adalah suatu gejala fisik yang selalu berulang dengan periode tertentu dan pengaruhnya dapat dirasakan sampai jauh masuk kearah hulu dari muara sungai. Dalam pelestarian hutan mangrove data pasang surut dapat digunakan sebagai dasar dalam penentuan luas genangan, lama genangan, dan jenis mangrove yang dapat ditanam. Berdasarkan pendapat Dahuri (1996:189) bahwa karakteristik pasang surut (pasut) Cirebon dan daerah sekitarnya memiliki tipe Pasang Surut campuran condong ke harian tunggal (*mixed tide, prevailing diurnal*).Oleh karena daerah Indramayu berada disekitar Cirebon maka tipe pasang surut di Indramayu adalah campuran condong ke harian tunggal (*mixed tide, prevailing diurnal*) yang mana pada tipe ini, dalam satu hari terjadi satu kali air pasang dan satu kali air surut, tetapi kadang-kadang untuk sementara waktu terjadi dua kali pasang dan dua kali surut dengan tinggi dan periode yang sangat berbeda.

4.4 Aksesibilitas

Aksesibilitas untuk menuju pantai tiris tergolong sangat mudah, karena kawasan ini dilalui jalan desa, sehingga kita dengan mudah mengunjungi daerah tersebut baik dengan menggunakan kendaraan roda maupun kendaraan roda empat, selain jalan desa untuk menuju kawasan ini dapat dilalui melalui beberapa jalur alternative yaitu melewati jalan setapak yang hanya dilalui oleh kendaraan roda dua saja. Namun yang

menjadi kendala adalah jalan aspal yang ada cepat sekali mengalami kerusakan karena terkait dengan tanah di daerah tersebut tidak stabil, sehingga ketika musim hujan banyak jalan yang berlubang.

4.5 Analisis Kesesuaian Untuk Daerah Ekowisata

Berdasarkan deskripsi karakteristik wilayah fisik dan kondisi hutan mangrove di Desa Pabean Ilir dapat dilakukan analisis apakah daerah Pantai Tiris layak dijadikan sebuah kawasan ekowisata.

Tabel 7. Indeks Kesesuaian Untuk Ekowisata Mangrove

No	Parameter	Stasiun					Rata-rata	Skor	Ni
		1	2	3	4	5			
1	Ketebalan Mangrove (m)	113	115	700	95	170	238,6 m	3	15
2	Kerapatan Mangrove (100m2)	7 ind	8 ind	7 ind	6 ind	8 ind	7	3	12
3	Jenis Mangrove	Avicenia M, Bruguiera parviflora, Soneratia,	Avicenia A, Rhizophora apiculata,	Rhizophora stylosa, Soneratia, Hibiscus tiliaceus	Nypa fruticans, Rhizophora apiculata, Soneratia,	Bruguiera parviflora Corypha uton Rhizophora mucronata	10 Jenis	4	12
4	Objek Biota	Biawak, Molusca, Burung, Ikan, Udang	Tikus, Kepiting, udang, ikan, Burung	Udang, Ikan, Burung	Ikan, Burung, Molusca, kepiting, biawak	Moluca Udang, Ikan, Burung	7	4	12
5	Pasang Surut	1,29 m					1,29 m	3	9
6	Karakteristik Kawasan	2 ketentuan : 1. Adanya objek yang menarik, baik flora, fauna maupun aspek fisik 2. Terdapat panorama atau keindahan yang memiliki daya tarik tertentu					2	2	4
7	Aksesibilitas	2 Ketentuan : 1. Banyak jalan alternative 2. Tersedia alat angkut					2	2	2
Total									66
Indeks Kesesuaian Ekosistem (%)									75%
Tingkat Kesesuaian									(Sesuai) S2

4.6 Analisis Daya Dukung

Analisis ini dilakukan untuk mengetahui daya dukung suatu kawasan ekowisata tanpa menimbulkan gangguan pada alam dan manusia, analisis daya dukung untuk kawasan mangrove di Pantai Tiris dapat dilihat seperti berikut:

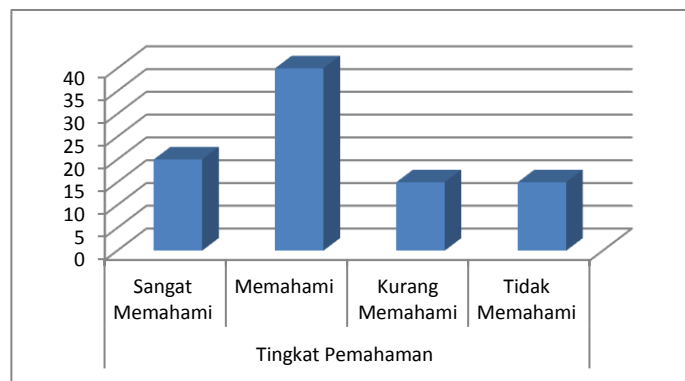
$$DDK = k \times \frac{L_p}{L_t} \times \frac{W_t}{W_p}$$

$$DDK = 1 \times \frac{450}{50m} \times \frac{8}{3} = 24$$

Berdasarkan analisis perhitungan daya dukung berdasarkan rumus di atas, terlihat bahwa Kawasan Mangrove di Pantai Tiris Desa Pabean Ilir dapat menampung pengunjung 24 orang.

4.7 Pemahaman Masyarakat terhadap Ekowisata Mangrove

Berdasarkan analisis dengan menggunakan skala likert dapat disimpulkan bahwa masyarakat sekitar kawasan mangrove Pantai Tiris masuk kategori memahami akan manfaat dan pentingnya keberadaan kawasan ekosistem mangrove di daerah sekitarnya.



Gambar 2. Pemahaman masyarakat terhadap mangrove

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis di atas terlihat bahwa kawasan mangrove di Pantai Tiris Desa Pabean Ilir Kecamatan Pasekan Kabupaten Indramayu sesuai untuk dikembangkan menjadi kawasan ekowisata mangrove yang berkelanjutan. Hal ini terlihat dari Indeks kesesuaian ekosistem 75% serta adanya pemahaman masyarakat tentang ekowisata mangrove.

DAFTAR PUSTAKA

- Arief, Arifin. 2001. *Hutan dan Kehutanan*. Yogyakarta: Kasinus
- Arief, A. 1994. *Hutan, Hakekat, dan Pengaruhnya Terhadap Lingkungan*. Jakarta: Yayasan Obor Indonesia.
- Bengen, D. G. 2002. "Pedoman Teknis" *Pengenalan dan Pengelolaan Ekosistem Mangrove*. Bogor: Pusat Kajian Sumberdaya Pesisir dan Lautan IPB.
- Dahuri, Rokhmin dkk. 1996. *Pengelolaan Sumber daya Wilayah Pesisir dan Lautan Secara Terpadu*. Jakarta: PT Pradnya Paramita.
- Maulyda, Sarifah, Dony, Andi. (2008) *Kesesuaian Pengembangan Ekowisata Mangrove Berbasis Masyarakat di Desa Malang Rapat*. Jurnal Ilmu Kelautan Marine Science Departement Marine Science and fisheries faculty, University of Maritim Raja Ali Haji.
- Muhammad, Fuad. (2012). *Model Ekowisata Kawasan Hutan Mangrove Berbasis Daya Dukung Fisik Kawasan dan Resiliensi Ekologi (Kasus Ekowisata Mangrove Blanakan, Subang, Jawa Barat)*. Disertasi Sekolah Pascasarjana Insitut Pertanian Bogor
- Pitana, Gde, dan Diarta, I Ketut Surya. 2009. *Pengantar Ilmu Pariwisata*. CV Andi Offset: Yogyakarta.
- Samingan, M.T. 1980. Notes on The Vegetation of The Tidal Areas of South Sumatra, Indonesia, with Special Reference to Karang Agung. Dalam International Social. Tropical Ecologi, Kuala Lumpur. Hal. 1107-1112.
- Santa Rosa, Guatemala. 2008. *Mangrove Forest E kosystem In Monterrico Natural Reserve*. America: Asociacion Flaar.
- Santoso, Nyoto. (2012). *Arahan Kebijakan dan Strategi Pengelolaan Kawasan Mangrove Berkelanjutan di Muara Angke Daerah Khusus Ibukota Jakarta*. Disertasi Sekolah Pascasarjana Insitut Pertanian Bogor.
- Waryono, Tarsoen. 2008. *Keanekaragaman dan Konservasi Ekosistem Mangrove*. Depok: Program Studi Biologi Konservasi FMIPA UI.
- Tuwo, Ambo. 2011. *Pengelolaan Ekowisata Pesisir dan Laut*. Brilian Internasional : Surabaya.
- Unga, Kartini. (2011). *Strategi Pengembangan Kawasan Wisata Kepulauan Banda*. Tesis Program Studi Perencanaan dan Pengembangan Wilayah. Universitas Hasanudin Makassar.

POLA SPASIAL PERSEBARAN PENYAKIT TB PARU DI KOTA MALANG

Endang Surjati¹

¹Program Pasca Sarjana Penginderaan Jauh, Fak. Geografi UGM, Sekip Utara, Sleman, Yogyakarta 55281
Email: endang_unikama@yahoo.com

*Corresponding author: endang_unikama@yahoo.com

ABSTRAK

TB Paru merupakan salah satu penyakit penyebab kematian nomor tiga terbesar di Indonesia yang banyak diderita oleh kelompok usia produktif dan golongan ekonomi lemah. Penyakit TB Paru disebabkan oleh basil *Mycobacterium tuberculosis*. Faktor lingkungan yang berpengaruh terhadap kejadian TB Paru diantaranya kelembaban udara, suhu udara dan kondisi pemukiman. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pola persebaran penyakit TB Paru dan tingkat kerawannya di Kota Malang. Penelitian ini menggunakan pendekatan geostatistik untuk mengetahui struktur spasial prevalensi penyakit TB paru dengan menggunakan metode analisis Nearest Neighbor. Sedangkan untuk mengetahui tingkat kerawanan penyakit TB Paru menggunakan metode analisis spasial (overlay). Faktor-faktor lingkungan yang berpengaruh terhadap prevalensi TB Paru adalah kelembaban, suhu, penggunaan lahan dan kondisi pemukiman. Berdasarkan hasil penelitian diperoleh bahwa pola spasial penyakit TB Paru di Kota Malang membentuk pola kluster dengan nilai untuk masing-masing kecamatan adalah: Kecamatan Kedungkandang 9.51, Kecamatan Blimbing 7.41, Kecamatan Klojen 5.64, Kecamatan Lowokwaru 4.23, dan Kecamatan Sukun 5.59. Sedangkan wilayah dengan tingkat kerawanan penyakit TB Paru tinggi banyak dijumpai di wilayah Kecamatan Klojen, Lowokwaru, dan Sukun. Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa struktur spasial prevalensi penyakit TB Paru berpengaruh terhadap tingkat kerawanan penyakit TB Paru.

KATA KUNCI: pola spasial, statistik spasial, Nearest Neighbor Analysis, TB Paru

1. PENDAHULUAN

Penyakit TB Paru merupakan penyebab kematian nomor tiga terbesar di Indonesia yang banyak diderita oleh kelompok usia produktif kerja dan golongan ekonomi lemah (Ruswanto, 2010). Penyakit TB Paru itu sendiri termasuk dalam golongan penyakit menular yang disebabkan kuman/ basil *Mycobacterium tuberculosis*. Lingkungan yang lembab, gelap dan tidak memiliki ventilasi memberikan andil besar bagi seseorang terjangkit TBC.

Peran penginderaan jauh dalam kesehatan masyarakat yaitu: ekstraksi data penginderaan jauh dan penyajian informasi penggunaan lahan atau tutupan lahan. Metode analisis data penginderaan jauh dengan menggunakan pendekatan berbasis objek (Object-Based Image Analysis) dan berbasis piksel. Klasifikasi citra untuk memetakan habitatvektor penyakit dengan menggunakan OBIA dapat meningkatkan akurasi hasil klasifikasi (Kelly, 2011).

Citra Quickbird merupakan data satelit VHR yang mengkombinasikan keunggulan citra skala besar dengan geometri citra yang sederhana seperti pada foto udara. Analisis data QuickBird dapat dilakukan dengan pendekatan berbasis objek, sehingga bermanfaat untuk pemetaan dengan lebih cepat, akurasi tinggi, dan membuat klasifikasi segmen yang lebih detail.

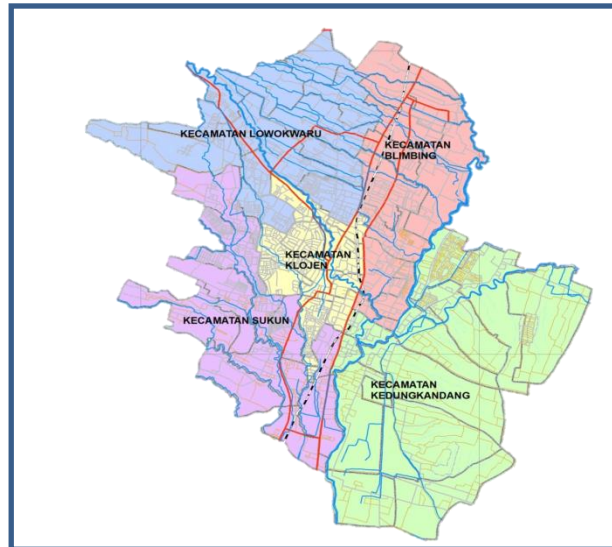
Pola distribusi kejadian suatu penyakit dijelaskan sebagai distribusi titik (simbol titik). Dengan mengetahui pola distribusi keruangan suatu titik maka peneliti dapat menjelaskan apakah distribusi titik tersebut membentuk suatu kluster (mengelompok dalam suatu area tertentu), terpencar atau random. Pola distribusi titik tersebut dapat dianalisis dengan menggunakan SIG. Teknologi SIG juga dapat melakukan integrasi sekumpulan data spasial dari berbagai sumber dan mengevaluasi faktor-faktor resiko penyakit secara simultan, menjelaskan hubungan antara sosioekonomi-lingkungan-kejadian penyakit kronis.

Data mengenai kejadian penyakit TB Paru yang ada di Kota Malang masih dalam bentuk data statistik, sehingga untuk mengetahui pola persebaran spasial kejadian penyakit TB Paru masih mengalami kesulitan. Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah untuk mengetahui pola spasial persebaran prevalensi penyakit TB Paru di Kota Malang, mengetahui pengaruh lingkungan apa saja yang berpengaruh terhadap

prevalensi penyakit TB Paru di Kota Malang, dan mengetahui tingkat kerawanan penyakit TB Paru di Kota Malang.

2. DAERAH KAJIAN

Lokasi penelitian terletak di Kota Malang yang meliputi 5 kecamatan yaitu: Kecamatan Klojen, Kecamatan Kedungkandang, Kecamatan Sukun, Kecamatan Lowokwaru, dan Kecamatan Blimbing (gambar 2.1)



Gambar 1. Daerah Kajian Kota Malang

3. DATA DAN METODE

Data yang dipergunakan dalam penelitian ini adalah Peta Rupa Bumi Indonesia skala 1:25.000 Kota Malang dan citra Quickbird Kota Malang perekaman tahun 2012, digunakan untuk mendapatkan data spasial mengenai faktor lingkungan penyebab TB Paru yaitu lokasi kejadian TB Paru, kepadatan bangunan dan kondisi permukiman.

Jumlah penderita TB Paru berdasarkan data yang diperoleh dari Dinas Kesehatan Kota Malang berjumlah 1670 penderita TB Paru pada tahun 2011. Pengambilan sampel dilakukan dengan menggunakan metode proposional random sampling. Analisis spasial yang dilakukan yaitu dengan menggunakan analisa spasial statistik dengan *nearest neighbor analysis*. Analisis data dalam penelitian ini menggunakan analisis deskriptif statistik spasial yaitu analisis yang dilakukan dengan menganalisis pola distribusi titik dan membuat perbandingan antara distribusi titik yang ada dengan nilai statistik yang ada. Pengujian *Nearest Neighbor Analysis* dilakukan dengan mendasarkan pada perbandingan rata-rata jarak yang akan diukur dengan pola titik yang telah diketahui (Lee&Wang, 2001). Jika rata-rata jarak yang diukur lebih besar dari pola random, maka dikatakan titik tersebut mempunyai pola yang terpencah. Sebaliknya apabila rata-rata jarak yang diukur lebih kecil daripada pola random, maka dikatakan titik tersebut mempunyai pola kluster. Metode analisis yang dilakukan adalah sebagai berikut.

1. Menentukan jarak rata-rata titik terdekat dengan persamaan, sebagai berikut:

$$r_{exp} = \frac{1}{2\sqrt{n/A}}$$

Keterangan:

n = jumlah titik

A = luas area (wilayah)

2. Menghitung nilai *R statistic* dengan persamaan sebagai berikut:

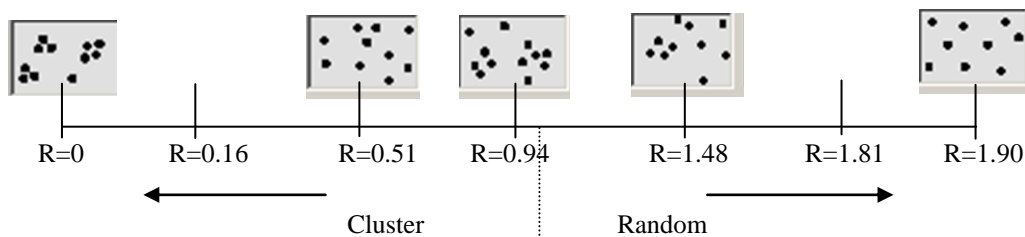
$$R = \frac{r_{obs}}{r_{exp}}$$

Keterangan:

r_{obs} = observed distance

r_{exp} = expected distance

3. Membandingkan nilai *R* hitung dengan skala *R statistic* pada gambar 2.



Gambar 2. Skala *R statistic*

4. Menentukan tingkat signifikan dari aglomerasi distribusi titik (kejadian)

Nearest Neighbor Analysis dipergunakan untuk mengukur tingkat perbedaan rata-rata jarak yang diteliti terhadap rata-rata jarak yang diharapkan. Sedangkan untuk mengetahui besarnya perbedaan tersebut dengan menghitung *standard error* (SEr). *Standard error* menggambarkan kemungkinan-kemungkinan perbedaan yang terjadi semata-mata disebabkan oleh adanya perubahan yang ada. Jika jarak yang dihitung relatif kecil ketika diperbandingkan dengan *standard error*, dikatakan bahwa perbedaan tersebut tidak signifikan. Sebaliknya, jika jarak yang dihitung relatif besar apabila diperbandingkan dengan *standard error*, maka dikatakan bahwa perbedaan tersebut signifikan.

Persamaan yang dipergunakan untuk mengetahui *standard error* jarak yang terukur adalah sebagai berikut:

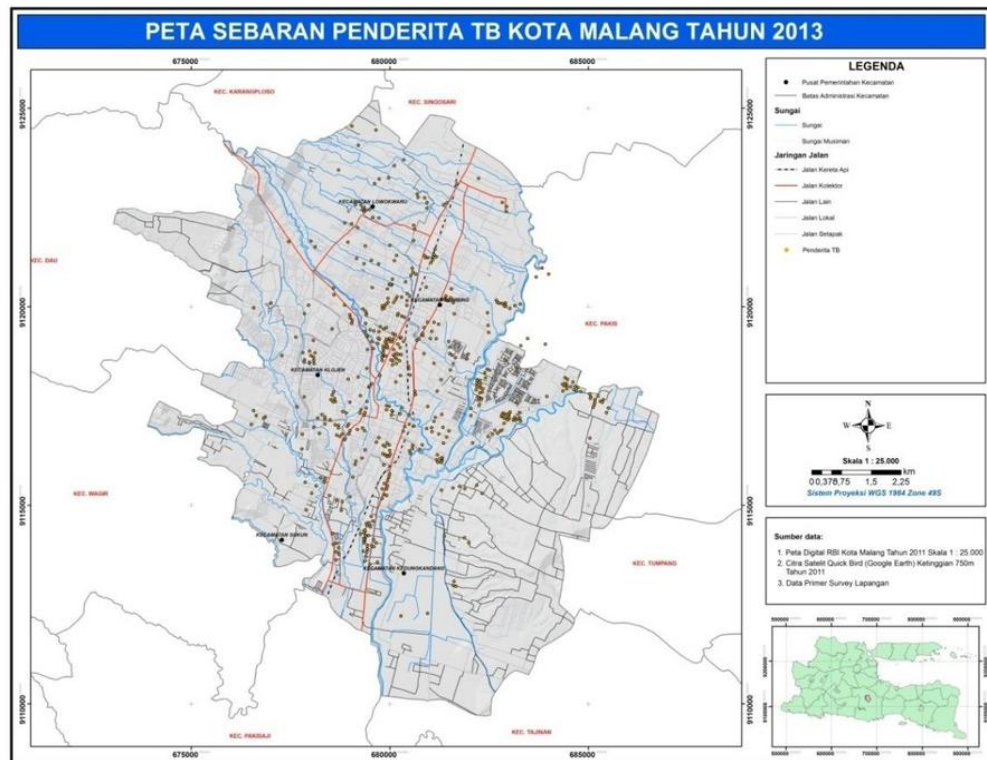
$$SEr = \frac{0.26136}{\sqrt{n^2/A}}$$

Selanjutnya untuk mengetahui tingkat signifikan tingkat aglomerasi dari pola distribusi titik dapat mempergunakan persamaan berikut:

$$ZR = \frac{r_{obs} - r_{exp}}{SEr}$$

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Pola spasial persebaran prevalensi penyakit TB Paru di Kota Malang



Gambar 3. Peta Persebaran Kejadian Penyakit TB Paru Di Kota Malang

4.2. Faktor-faktor lingkungan prevalensi penyakit TB Paru di Kota Malang

Risiko penularan penderita TB paru dapat melalui *droplet infection*. *Droplet infection* berasal dari *droplet nuclei* yang berisi kuman TB (*Mycobacterium Tuberculosis* atau M.TB) dapat dihirup oleh orang yang sehat. *Droplet nuclei* bisa hilang atau rusak jika ventilasi udara baik karena sinar matahari bisa masuk ruangan dan pemberian sinar ultraviolet. Kuman TB tidak dapat bertahan lama apabila terkena pancaran sinar matahari.

Berdasarkan uraian di atas menunjukkan bahwa terdapat dua faktor penting yang dapat menyebabkan terjadinya penularan penyakit TB yaitu penderita yang menimbulkan *droplet nuclei* dan lingkungan di sekitar penderita. *Droplet nuclei* di udara disebabkan karena perilaku penderita yang meludah di sembarang tempat dan ketidakteraturan berobat. Faktor lingkungan penderita antara lain lingkungan perumahan, dan tempat kerja. Pada lingkungan perumahan yang buruk dapat menularkan TB pada anggota keluarganya, sedangkan lingkungan tempat kerja yang buruk dapat menularkan TB pada pekerja lainnya.

Lingkungan yang mendukung perkembang biakan dari kuman TB adalah faktor kelembaban udara, kepadatan bangunan, wilayah dengan tingkat polusi yang tinggi, dan juga kondisi sosial ekonomi yang masih rendah. Udara yang lembab sangat mendukung pertumbuhan dari kuman TB, karena udara yang lembab berkaitan dengan intensitas penyinaran matahari yang kurang sehingga menyebabkan kuman TB berkembang sangat subur. Kepadatan bangunan erat kaitannya dengan kepadatan penduduk yang terdapat dalam suatu wilayah tertentu. Semakin padat penduduk dalam suatu wilayah maka semakin tinggi resiko penularan penyakit TB Paru.

Kepadatan Hunian, kepadatan penghuni yang ditetapkan oleh Departemen Kesehatan RI, yaitu rasio luas lantai seluruh ruangan dibagi jumlah penghuni minimal 10 m²/orang. Luas kamar tidur minimal 8 m² dan tidak dianjurkan digunakan lebih 2 orang tidur dalam satu ruang tidur, kecuali anak dibawah umur 5 tahun. Kepadatan hunian dapat juga ditentukan dengan jumlah kamar tidur dibagi dengan jumlah penghuni

(*sleeping density*), dinyatakan dengan nilai: baik, bila kepadatan lebih atau sama dengan 0,7 cukup, bila kepadatan antara 0,5 - 0,7 dan kurang bila kepadatan kurang dari 0,5.

Daerah perkotaan (*urban*) yang lebih padat penduduknya dibandingkan di pedesaan (*rural*), peluang terjadinya kontak dengan penderita Tb paru lebih besar. Sebaliknya di daerah rural akan lebih kecil kemungkinannya. Dapat disimpulkan bahwa orang yang rentan (*susceptible*) akan terpapar dengan penderita Tb paru menular lebih tinggi pada wilayah yang padat penduduknya walaupun insiden sama antara yang penduduk padat dan penduduk tidak padat (Karyadi *et al*, 2006 dalam Martini 2007).

4.3. Tingkat kerawanan penyakit TB Paru di Kota Malang.

Hasil analisa pola spasial sebaran penyakit TB Paru di Kota Malang dapat dilihat pada tabel 5.8. berikut

Tabel 1. Tabel Hasil Analisa Statistik Pola Spasial Sebaran TB Paru Di Kota Malang

No.	Kecamatan	Pola Spasial	Signifikan	Zscore
1	Blimbing	Cluster	0.01	7.41
2	Kedungkandang	Cluster	0.01	9.51
3	Klojen	Cluster	0.01	5.64
4	Lowokwaru	Cluster	0.01	4.23
5	Sukun	Cluster	0.01	5.59

Sumber: Hasil Analisa Data (Tahun 2013)

Nilai signifikan harus diperbandingkan dengan nilai Z untuk mengetahui tingkat signifikannya. *Nearest Neighbor Index* membandingkan antara rata-rata jarak yang didapatkan dari setiap titik dan tetangga terdekatnya, dengan rata-rata jarak yang diharapkan akan muncul jika data mengikuti distribusi normal. Karena data jarak antara setiap kecamatan tidak diketahui, maka dilakukan pendekatan dengan menggunakan jarak *Euclidean* yang dihasilkan dari pengukuran titik tengah antar fenomena. Dari kumpulan tersebut, diambil jarak terkecil antar dua fenomena.

Dari peta penyebaran kasus TB menggunakan pendekatan analisa tetangga terdekat (*Nearest Neighbor Analysis*) didapatkan nilai R untuk mengetahui bentuk sebaran kasus tersebut mengelompok (*clustered*), acak (*random*) atau seragam (*uniform*). Parameter tetangga terdekat *R* tersebut dapat ditunjukkan pula dengan rangkaian kesatuan (*continuum*) untuk mempermudah perbandingan antar pola titik yaitu: $R = 1,00$ jika membentuk pola random, $R > 1,00$ jika membentuk pola seragam (*uniform*), $R < 1,00$ jika membentuk pola mengelompok (*clustered*). Hasil analisa *Nearest Neighbor* menunjukkan rata-rata koefisien pasien TB di masing-masing Kecamatan di Kota Malang < 1 . Nilai tersebut berarti bahwa tidak terdapat pola yang acak dalam sebaran penyakit TB di Kota Malang dengan kata lain pola sebaran penyakit TB di Kota Malang mengelompok pada satu pola tertentu. Dengan struktur spasial yang mengelompok (*cluster*) menunjukkan bahwa daerah tersebut mempunyai tingkat kerawanan yang tinggi, tetapi masih dapat ditangani dengan mudah karena penderita menggerombol di suatu lokasi. Sehingga perlu ditangani intensif pada daerah tersebut.

5. KESIMPULAN

1. Pola persebaran kejadian penyakit Tb paru di Kota Malang membentuk pola kluster dengan ditunjukkan oleh nilai Zscore sebesar -17.16. Hal ini mengindikasikan bahwa perbedaan antara jarak tetangga terdekat (*Nearest Neighbor*) dari nilai hitung dan nilai yang diobservasi adalah signifikan meskipun mempunyai nilai yang lebih kecil dari yang diharapkan.
2. Berdasarkan hasil survei lapangan diketahui bahwa pengaruh lingkungan merupakan faktor yang menentukan besarnya jumlah penyakit TB Paru di Kota Malang. Diantaranya adalah tidak ada atau kurangnya kepadatan bangunan, ventilasi udara, tingkat kepadatan hunian dalam satu rumah, kurangnya cahaya matahari yang masuk rumah, dan kondisi suhu udara.

3. Tingkat kerawanan penyakit TB Paru termasuk dalam tingkat sedang, hal ini karena pola spasial distribusinya termasuk kategori mengkluster. Dengan pola spasial yang mengkluster masih dapat segera dicegah dan dilakukan intervensi supaya tidak menyebar luas ke wilayah lain.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih penulis ucapkan kepada Kemenristekdikti yang telah memberikan bantuan dana untuk pelaksanaan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Cristiana J. Silva, 2013, *Optimal control for a tuberculosis model with reinfection and post-exposure interventions*, Mathematical Biosciences 244 (2013) 154–164, Elsevier Inc. All rights reserved.
- Francis Drobniewski, 2013, *Rapid diagnostics of tuberculosis and drug resistance in the industrialized world: clinical and public health benefits and barriers to implementation*, Drobniewski et al.; licensee BioMed Central Medicine, 2013 11:190 (open access article), London
- Fortin and Dale, 2005, *Spatial Analysis (A guide for Ecologists)*, New York: Cambridge University Press
- James Waako, 2013, *Burden of tuberculosis disease among adolescents in a rural cohort in Eastern Uganda*, Waako et al. BMC Infectious Diseases 2013, 13:349 (open access article), Uganda
- Lee and Wong, 2001, *Statistical Analysis With Arcview GIS*, John Wiley & Sons, Inc.
- Ling Bian, 2013, *Spatial Approaches to Modelling Dispersion Communicable Diseases-A Review*, departemen of Geography of Buffalo University, Jurnal Transactions in GIS 17(1): 1-17
- Maheswaran and Craglia, 2004, *GIS in Public Health Practise*, Florida: CRC Press. LLC
- Melnick, 2002, *Introduction to Geographic Information Systems In Public Health*, Maryland: Aspen Publishers. Inc.
- Ruswanto Bambang, 2010, Analisis Spasial Sebaran Kasus Tuberkulosis Paru Ditinjau Dari Faktor Lingkungan Dalam dan Luar Rumah Di kabupaten Pekalongan
- Sanders, 2007, *Models in Spatial Analysis*, United State: ISLTE Ltd.
- Spatial Analysis, GIS, and Remote Sensing Applications in the Health Sciences*, Sleeping Bear Press

PEMANFAATAN CITRA GEOEYE – 1 DAN SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS UNTUK PEMODELAN SPASIAL RISIKO PENYAKIT DIARE AKUT PADA BALITA DI KECAMATAN MOYUDAN, KABUPATEN SLEMAN

Erika Yuliantari¹ dan Prima Widayani¹

¹Prodi Kartografi dan Penginderaan Jauh, Fakultas Geografi UGM, Sekip Utara, Sleman, Yogyakarta 55281
Email: erika.yuliantari@ugm.ac.id, primawidayani@ugm.ac.id

*Corresponding author: erikayuliantari@gmail.ac.id

ABSTRAK

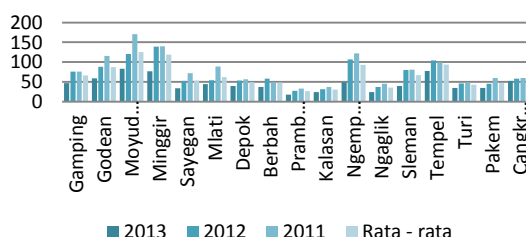
Diare merupakan salah satu penyebab kematian pada balita karena dapat menyebabkan dehidrasi dan malnutrisi. Nilai kesakitan diare pada balita paling tinggi di Kabupaten Sleman adalah Kecamatan Moyudan. Penelitian ini bertujuan untuk : 1) mengetahui tingkat akurasi citra GeoEye – 1 untuk ekstraksi data yang berhubungan dengan kondisi lingkungan, 2) mengidentifikasi distribusi pola spasial penyakit diare akut pada balita, 3) mengetahui sebaran risiko penyakit diare akut pada balita, dan 4) hubungan model spasial dengan kejadian penyakit diare akut pada balita di Kecamatan Moyudan. Model dibuat dengan menggunakan SIG dengan metode model indeks. Moran's I dan High/Low Clustering digunakan untuk mengetahui pola distribusi spasial yang terbentuk dan crosstab digunakan untuk mengetahui hubungan model spasial dan kejadian penyakit diare akut pada balita. Hasil penelitian menunjukkan bahwa akurasi citra adalah 87,33%. Kejadian diare akut pada balita membentuk pola acak. Pemodelan spasial tingkat risiko diare akut pada balita menghasilkan lima kelas yaitu, sangat rendah, rendah, sedang, tinggi dengan sangat tinggi dengan urutan luas sebagai berikut : 95,08; 241,19; 143,59; 125,89 dan 65,70 Ha. Model spasial memiliki hubungan terhadap kejadian penyakit dengan nilai Asymp. 0,031.

KATA KUNCI: pemodelan spasial, GeoEye-1, risiko, diare akut, balita

1. PENDAHULUAN

Penyakit diare akut hingga kini masih merupakan merupkan buang air besar (defekasi) dengan tinja berbentuk cair atau setengah cair (setengah padat), dimana kandungan air tinja lebih banyak dari biasanya yaitu 200ml/24 jam. Diare merupakan penyakit yang sangat akut dan berbahaya karena sering mengakibatkan kematian bila terlambat penanganannya. Diare sering terjadi pada bayi dan anak (Pudiasuti, 2011). Kejadian diare pada anak ini sangat berisiko pada balita karena menyebabkan dehidrasi, malnutrisi hingga kematian. Menurut Rudolph (2002) alasan kenapa diare lebih banyak menyerang balita adalah karena sistem imun yang relatif belum dewasa, persebaran bakteri melalui rute *fecal-oral*, dan kelompok anak yang terbentuk pada pusat – pusat *children-care*.

Grafik 1. menunjukkan tingkat insiden diare akut pada balita di Kabupaten Sleman selama 2011 hingga 2013. Data ini didapatkan dari hasil pengolahan data kejadian dengan data jumlah balita setiap kecamatan. Kecamatan Moyudan merupakan salah satu kecamatan yang berada di Kabupaten Sleman, D. I. Yogyakarta. Pada grafik 1, Kecamatan Moyudan merupakan kecamatan yang memiliki tingkat insiden paling tinggi daripada kecamatan – kecamatan yang lain. Nilai tingkat insiden pada tahun 2013 dari kecamatan ini adalah 83,45 dari 1000 penduduk. Sedangkan menyusul dua kecamatan yang memiliki IR 76,53 dan 77, 39 dari 1000 penduduk yaitu Kecamatan Minggir dan Kecamatan Tempel pada tahun 2014.



Gambar 1. Tingkat Insiden Kasus Diare di Kabupaten Sleman . Sumber : Data Kejadian Penyakit Diare pada Balita Dinas Kesehatan Kabupaten Sleman

Penginderaan jauh merupakan sebuah terobosan untuk memperoleh informasi obyek yang dikaji dengan menggunakan citra yang telah direkam oleh sensor dari interaksi elektromagnetik dengan obyek di permukaan bumi. Produk dari penginderaan jauh adalah berupa citra, yang mana, mampu merepresentasikan kondisi lingkungan yang ada di sebuah wilayah. Kondisi lingkungan sendiri merupakan kondisi yang sangat mempengaruhi derajat kesehatan masyarakat, sehingga dengan menggunakan citra penginderaan jauh dapat diperoleh data yang mendukung kejadian sebuah penyakit.

Sistem informasi geografis adalah sistem komputer untuk menangkap, menyimpan, membuat query, menganalisis dan menampilkan data geografis (Chang, 2002). Sistem informasi geografis menawarkan alat yang ampuh untuk menyajikan informasi spasial sampai pada tingkat individu, dan melakukan pemodelan prediktif, yang dalam hal ini menentukan distribusi dan variasi geografis penyakit, dan prevalensi kejadiannya. Penelitian ini dilakukan dengan tujuan : 1) mengetahui akurasi citra GeoEye – 1 untuk ekstraksi data spasial kajian kesehatan, 2) mengetahui pola spasial yang terbentuk dari kejadian penyakit diare akut pada balita, 3) mengetahui sebaran risiko penyakit diare akut pada balita, dan 4) mengetahui hubungan model yang dibuat dengan kejadian penyakit.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan melalui beberapa tahap, yang secara garis besar dibagi menjadi : tahap persiapan, pelaksanaan dan penyelesaian. Adapun alat dan bahan yang digunakan pada penelitian adalah sebagai berikut :

2.1 Bahan

(1) Peta RupaBumi Indonesia skala 1 : 25.000, (2) data kejadian penyakit diare akut pada balita tahun 2011 – 2013, (3) data kepadatan penduduk (4) data blok pemukiman dan garis sempadan samping bangunan dan jarak pemukiman terhadap sungai dari citra GeoEye – 1, (5) data sumber air bersih, kepemilikan jamban, pendidikan ibu, pengelolaan limbah, pengelolaan sampah dari hasil kegiatan lapangan.

2.2 Alat

Seperangkat komputer, GPS, kuesioner dan seperangkat software office dan Arcgis.

Penelitian ini dilakukan melalui tiga tahap utama yaitu persiapan, pelaksanaan dan penyelesaian. Tahap persiapan yang dilakukan merupakan tahapan pengolahan data sekunder dan data primer yang diperoleh dari data penginderaan jauh. Data yang diambil dari data sekunder merupakan data kepadatan penduduk dan kejadian diare akut pada balita tahun 2011 – 2013. Data kejadian ini digunakan untuk mendapatkan lokasi kejadian penyakit diare akut. Sedangkan data kepadatan penduduk merupakan data yang didapatkan dari BPS yang diklasifikasikan menggunakan metode interval aritmatik dengan harkat pada Tabel 1.

Tabel 1. Klasifikasi Parameter Data Sekunder

Parameter	Klasifikasi	Kelas	Harkat
Kepadatan Penduduk	1007 – 1223	Rendah	3
	1224 – 1440	Sedang	2
	1441 - 1657	Tinggi	1
	Sumber : Hasil Perhitungan		

Berikutnya adalah data citra GeoEye – 1. Data yang dapat diekstrak dari penginderaan jauh ini berupa garis sempadan samping bangunan dan jarak pemukiman terhadap sungai. Klasifikasi yang digunakan untuk kedua parameter tersebut adalah sebagai berikut :

Tabel 2. Klasifikasi Parameter dari Penginderaan Jauh

Parameter	Klasifikasi	Kelas	Harkat
Garis Sempadan Bangunan	Kurang dari 25 %	Rendah	1
	25 – 50	Sedang	2
	Lebih dari 50%	Tinggi	3
	Sumber : Kemen PU No. 441 Tahun 1998 dengan modifikasi		
Jarak Pemukiman terhadap sungai	<100 m	Rendah	1
	100 – 200 m	Sedang	2
	> 200 m	Tinggi	3
	Sumber : PP No. 38 Tahun 2011		

Tahap pengolahan data meliputi kegiatan lapangan, analisa pola, pembuatan model spasial kejadian diare akut pada balita dan pengujian model spasial kejadian diare akut pada balita. Kegiatan lapangan merupakan kegiatan yang dilakukan untuk pengambilan data primer dan uji akurasi. Kegiatan ini dilakukan dengan menggunakan metode sampel *stratified purposive sampling*. Kuesioner merupakan alat bantu yang digunakan dalam pengambilan data primer. Data lapangan tersebut meliputi sumber air bersih, pengelolaan limbah, pengelolaan sampah, kepemilikan jamban dan pendidikan ibu. Klasifikasi data tersebut adalah sebagai berikut :

Tabel 3. Klasifikasi Parameter dari Data Lapangan

Parameter	Klasifikasi	Kelas	Harkat
Pengelolaan Limbah	Kurang dari 25%	Rendah	1
	25 – 50%	Sedang	2
	Lebih dari 50	Tinggi	3
	Sumber : Ditjen Cipta Karya, DPU 1979 dengan modifikasi		
Pengelolaan Sampah	Kurang dari 25%	Rendah	1
	25% - 50%	Sedang	2
	Lebih dari 50%	Tinggi	3
	Sumber : Ditjen Cipta Karya, DPU 1979 dengan modifikasi		
Sumber Air Bersih	Kurang dari 25%	Rendah	1
	25% - 50%	Sedang	2
	Lebih dari 50%	Tinggi	3
	Sumber : <i>American Public Health Assosiation</i> (APHA) dalam Departemen Kesehatan RI 1989		
Kepemilikan dan Tipe Jamban	Kurang dari 25%	Rendah	1
	25% - 50%	Sedang	2
	Lebih dari 50%	Tinggi	3
	Ditjen Cipta Karya, DPU 1979 dengan modifikasi		
Pendidikan Ibu	Pendidikan Ibu	Harkat	
	Belum/Tidak pernah sekolah – tamat SD	Rendah	1
	SMP	Sedang	2
	>SMA	Tinggi	3
	Sumber : BPS, pada SDKI (2012)		

Selanjutnya, bobot diperoleh dari hasil perhitungan *Analytical Hierarchi Process*. Kegiatan berikutnya adalah analisa pola. Analisa pola dilakukan dengan menggunakan metode *High/LowClustering* dengan menggunakan bantuan software Arcgis yang menghasilkan tiga kemungkinan pola, yaitu : mengelompok, acak dan menyebar.

Selanjutnya adalah penyusunan model spasial kejadian diare akut pada balita. Model spasial dibuat dengan menggunakan metode model indeks, yaitu metode yang menggunakan pengharkatan berjenjang tertimbang. Untuk mengetahui apakah model dapat digunakan atau dapat diterima, maka dilakukan uji model. Lebih jelasnya, uji ini dilakukan untuk mengetahui apakah model yang dibuat dapat merepresentasikan risiko kejadian diare akut pada balita dengan baik atau tidak. Uji ini dilakukan dengan menggunakan metode statistik crosstab; chisquare.

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^k (O_i - E_i)^2 / E_i$$

dimana,

- χ^2 = nilai chi square kuadrat
- O = frekuensi yang diperoleh
- E = frekuensi yang diharapkan

Frekuensi yang diharapkan didapatkan dari :

$$E_i = N(F(Y_u) - F(Y_l))$$

dimana,

F = distribusi fungsi kumulatif

Y_u = batas atas klas

Y_l = batas bawah klas

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian yang dilakukan mendapatkan empat hasil, yaitu uji akurasi citra GeoEye – 1, pola kejadian penyakit diare akut, model spasial risiko diare akut terhadap balita, dan hubungan model spasial kejadian penyakit diare akut pada balita terhadap kejadian sesungguhnya.

3.1 Uji Akurasi Citra GeoEye – 1

Perhitungan dilakukan dengan menggunakan matriks kesalahan dimana didapatkan tiga hasil yaitu, akurasi pengguna, akurasi citra dan akurasi keseluruhan atau total. Hasil dari uji akurasi yang dihasilkan total keseluruhannya adalah 87,33% sehingga tidak perlu dilakukan reinterpretasi dan hasil intepretasi dapat digunakan pada tahap selanjutnya. Hasil akurasi total tersebut merupakan hasil perhitungan dari uji akurasi citra yang dilakukan per obyek. Uji akurasi ini menghasilkan dua macam akurasi yang berbeda, yaitu akurasi (produk) citra dan akurasi pengguna (dalam hal ini akurasi interpretasi). Setiap obyek yang diinterpretasi diberi kode dengan huruf. Obyek (A) merupakan obyek non pemukiman obyek (B) merupakan obyek sungai, obyek (C) merupakan pemukiman dengan garis sempadan samping lebih dari 2 meter, dan obyek (D) merupakan pemukiman dengan obyek dengan garis sempadan samping kurang dari 2 meter. Hasil uji akurasi dari citra dapat dilihat pada Tabel 4. Nilai – nilai tersebut merupakan nilai presentase obyek yang ada pada citra dan/atau terinterpretasi yang sesuai dengan kondisi pada lapangan.

Tabel 4. Hasil Perhitungan Akurasi Citra

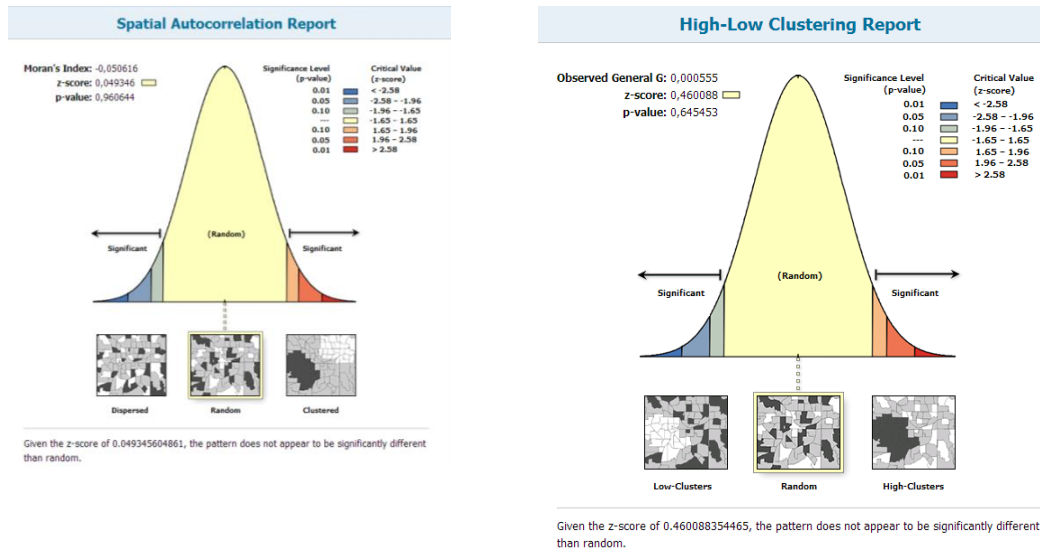
Akurasi Citra		Akurasi Pengguna	
Obyek A	85,71	Obyek (A)	94,73
Obyek B	100	Obyek (B)	100
Obyek C	96,62	Obyek (C)	94,50
Obyek D	87,5	Obyek (D)	87,5
Akurasi Total		87,33	

Sumber : Hasil Perhitungan

Hasil dari uji akurasi menunjukkan kesalahan interpretasi pengguna paling banyak terjadi pada Obyek (D) atau pemukiman dengan garis sempadan kurang dari dua meter. Hal ini dikarenakan obyek yang diinterpretasi sebagai Obyek (D) ternyata memiliki fungsi lain. Fungsi lain tersebut seperti toko, dan pasar. Sedangkan pada akurasi citra atau akurasi produk, kesalahan banyak terjadi pada Obyek (A), yaitu obyek non pemukiman. Hal ini disebabkan karena citra yang digunakan merupakan citra hasil perekaman tahun 2010 sedangkan kegiatan penelitian berlangsung pada tahun 2014.

3.2 Analisa Pola Kejadian Penyakit Diare Akut pada Balita

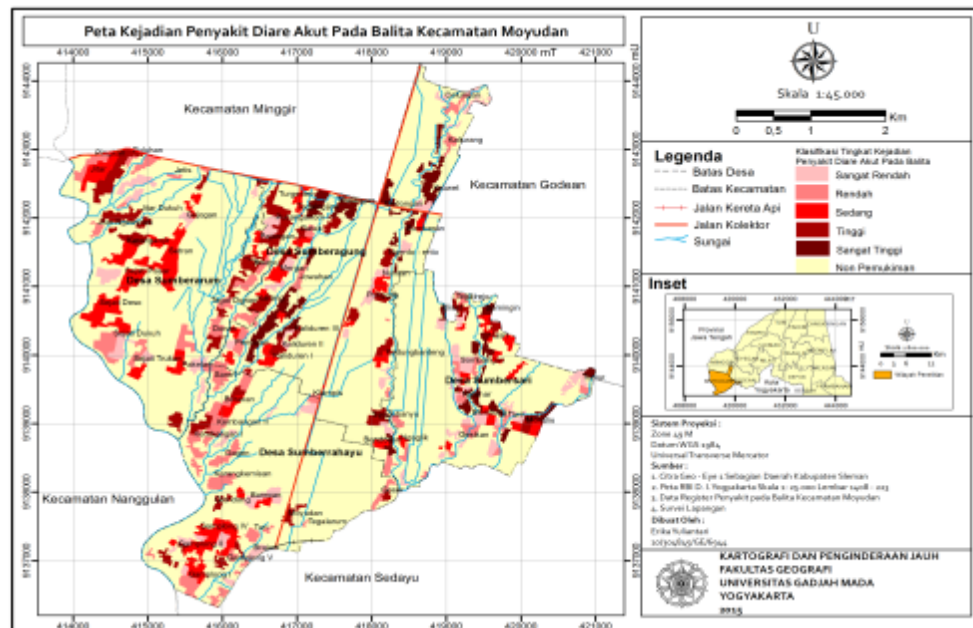
Analisa pola kejadian penyakit diare dengan menggunakan metode Moran's I menghasilkan nilai nilai z score 0,201181 dan nilai p adalah 0,840557. Nilai p yang secara statistik signifikan dengan nilai z mengindikasikan dan nilai z yang positif mengindikasikan bahwa hipotesis nol ditolak dan terjadi pola yang acak (*random*). Analisa pola *High/Low Clustering* yang dilakukan menghasilkan nilai nilai z -0,190357 dan nilai p adalah 0,849029. Nilai z yang berada diantara -1,65 – 1,65 memiliki makna bahwa pola yang terjadi adalah acak (*random*) dan hipotesis nol yang menyatakan bahwa pola terjadi mengelompok ditolak. Untuk lebih jelasnya hasil analisa pola dapat dilihat pada Gambar 2. Pola acak yang ada pada daerah kajian menunjukkan bahwa aspek lingkungan tidak berpengaruh dominan terhadap kejadian penyakit diare.



Gambar 2. Hasil Analisa Pola (Sumber : Hasil Perhitungan)

3.3 Analisis Model Spasial Risiko Diare Akut pada Balta

Penelitian ini menghasilkan beberapa peta tematik yang merupakan parameter penyusun model spasial kejadian diare akut pada balita, baik yang diperoleh melalui data primer maupun sekunder. Sebelum pembuatan model dilakukan, analisis atribut pada peta tematik dilakukan dengan perhitungan untuk mendapatkan hubungan terhadap kejadian penyakit diare dan harkat total setiap satuan pemetaan. Kejadian penyakit diare akut pada balita di Kecamatan Moyudan dipetakan berdasarkan lokasi rumah penderita kemudian diklasifikasi jumlah kejadiannya berdasarkan satuan pemetaan yang digunakan.



Gambar 3. Peta Kejadian Penyakit Diare Akut Pada Balita Di Kecamatan Moyudan Kabupaten Sleman

Peta pada Gambar 2. merupakan peta yang merepresentasikan kejadian penyakit diare akut pada balita selama 3 tahun, yaitu 2011 hingga 2013 yang dikelaskan menjadi lima yaitu sangat rendah, rendah, sedang, tinggi, sangat tinggi. Dari Gambar 3. dapat dilihat bahwa, wilayah yang masuk dalam klasifikasi sangat tinggi adalah : Padukuhan Kruwet, Gedongan, Tegal Ngijon, Malangan dan Kaliduren III pada Desa Sumberagung; Dukuh Semingin dan Nglaharpada Desa Sumbersari. Klasifikasi sedang terdapat pada

padukuhan : Pucanganom, Pajangan, Karang, dan Sangubanyu pada Desa Sumberrahayu, Dukuh Menulis pada Desa Sumbersari, dan Dukuh Jitar Ngemplak, Karanganjir dan Sermo pada Desa Sumberarum.

Sedangkan pada kelas rendah dan sangat rendah banyak tersebar di Desa Sumberrahayu, seperti pada Dukuh Kembangan II, Kembangan I, Dagen, Gamplong V dan sebagian Gamplong I.

Hasil dari pengolahan data primer dan sekunder menghasilkan beberapa peta tematik yang merupakan penyusun model spasial risiko penyakit diare akut pada balita. Peta – peta tersebut membantu menjabarkan kondisi setiap parameter secara spasial.

Kepadatan penduduk yang berpengaruh terhadap penularan diare akut pada balita dibagi menjadi tiga kelas, yaitu rendah sedang dan tinggi. Kelas rendah terdapat pada Desa Sumberrahayu dan Desa Sumberarum, sedangkan pada kelas tinggi terdapat Desa Sumberagung dan Desa Sumbersari.

Garis sempadan samping bangunan lebih dari dua meter bahwa pemukiman yang berjarak lebih dari 2 meter dengan presentase kurang 25% terdapat Di Desa Sumbersari, yaitu pada Dukuh Nglahar, Nasri, Semingin, Klisat dan beberapa Di Desa Sumberrahayu, yaitu pada Dukuh Kruwet, Gedongan, Malangan, Tegalngijon, Pucanganom dan Ngento – ento. Sedangkan pemukiman dengan garis sempadan samping bangunan lebih dari 2 meter dengan klasifikasi lebih dari 50% banyak terdapat Di Desa Sumberrahayu, yaitu Dukuh Klampis, Tegalarum, Brajan, Gamplong V dan sebagian Gamplong I.

Jarak pemukiman terhadap sungai yang dimaksud adalah jarak melintang yang diukur dari sungai hingga blok pemukiman. Pedukuhan yang memasuki klasifikasi kurang dari 100 meter hanya ada enam padukuhan yaitu Dukuh Brajan, Turi, Klampis, Dagen, Puluhan dan Pakelan.

Pemukiman yang menggunakan PAM sebagai sumber air bersih dengan presentase lebih dari 50% adalah sebagian Dukuh Sermo, Sejati Dukuh dan Gamplong IV. Dukuh – dukuh yang masuk kedalam klasifikasi kurang dari 25% adalah antara lain Sangubanyu, Kedungbanteng, Ponggok, Pucanganom, Pajangan, Ngento – ento, Klampis, Betakan, Kembangan I dan Kembangan II, Dagen, Karangkemisan, Gamplong IV, Turi dan Brajan. Sedangkan pada Desa Sumbersari hanya pada Dukuh Gesikan dan Tegalrejo dan Desa Sumberarum hanya pada Dukuh Setran dan Pingitan.

Pengelolaan sampah dengan pengangkutan rutin tidak banyak dilakukan oleh masyarakat di Kecamatan Moyudan. Desa Sumberrahayu dan Desa Sumbersari merupakan desa yang memiliki pedukuhan, yang masuk kedalam klasifikasi 25 – 50% melakukan pengangkutan sampah. Sedangkan Desa Sumberagung memiliki satu padukuhan yang melakukan pengangkutan rutin sampah, yaitu Dukuh Pajangan.

Pengelolaan limbah dengan kepemilikan kolam oksidasi juga tidak begitu banyak dilakukan. Pedukuhan yang menggunakan kolam oksidasi adalah Tegal Donan dan Donan pada Desa Sumberarum, dan Dukuh Saren, Betakan, Turi dan sebagian Dukuh Kembangan I dan Kembangan II serta Karangkemisan pada Desa Sumberrahayu. Pengolahan limbah dengan menggunakan kolam oksidasi paling banyak berada pada kelas 25 – 50%.

Kepemilikan jamban dengan tipe leher angsa sudah terdapat di tiga desa lainnya, kecuali Desa Sumberagung. Desa ini masih menggunakan jamban empang untuk kebutuhan sehari – hari. Sedangkan untuk parameter pendidikan ibu, Desa Sumberarum dan Desa Sumberagung merupakan desa dengan pedukuhan yang tingkat pendidikan ibu paling rendah yaitu, rentang tidak tamat SD – tamat SD. Padukuhan tersebut adalah Dukuh Setran, Sejati Dukuh, Sejati Rrukan dan Pakelan pada Desa Sumberarum dan Dukuh Pucanganom, Pajangan, Mergan, Karang, Sangubanyu, dan Sebagian Ngento – ento di Desa Sumberagung.

Terakhir, penghasilan keluarga dikelaskan berdasarkan penghasilan yang didapatkan oleh masyarakat wilayah kajian. Pendapatan dengan klasifikasi rendah terdapat di Dukuh Pajangan, Pucanganom, Mergan, Karang, Kaliduren II dan Sebagian Ponggok pada Desa Sumberagung; Dukuh Setran, Sejati Dukuh, Pakelan pada Desa Sumberarum; Dukuh Barepan, Gamplong IV dan Brajan pada Desa Sumberrahayu dan Dukuh Klisat, dan Sombangan pada Desa Sumbersari. Sedangkan Dukuh yang memiliki rata – rata penghasilan tinggi berada pada Dukuh Sombangan, Tiwir, dan Sebagian Sejati Dukuh, Tumut, Ngento – ento, Ponggok dan Pucanganom.

Bobot merupakan nilai yang merepresentasikan seberapa besar pengaruh parameter terhadap suatu fenomena atau kejadian. Perolehan bobot ini dihasilkan dari perhitungan dengan menggunakan metode *Analytical Hierarchi Process* yang didasarkan oleh hasil wawancara terhadap *stakeholder* yang berhubungan dengan kajian yang dilakukan. Pada Tabel 5. dapat dilihat bahwa setiap parameter memiliki besar pengaruh yang berbeda – beda.

Tabel 5. Hasil Perhitungan AHP

Parameter	Nilai Kepentingan
Garis Sempadan Sampung Bangunan	14,6 %
Kepadatan Penduduk	13,1%
Jarak terhadap Sungai	11,3%
Pengolahan Limbah	8,3%
Pengolahan Sampah	12,4%
Kepemilikan jamban	6,1%
Sumber Air Bersih	21,5%
Pendidikan Terakhir Ibu	6,9%
Penghasilan Total Keluarga	5,8%

Sumber : Hasil Perhitungan

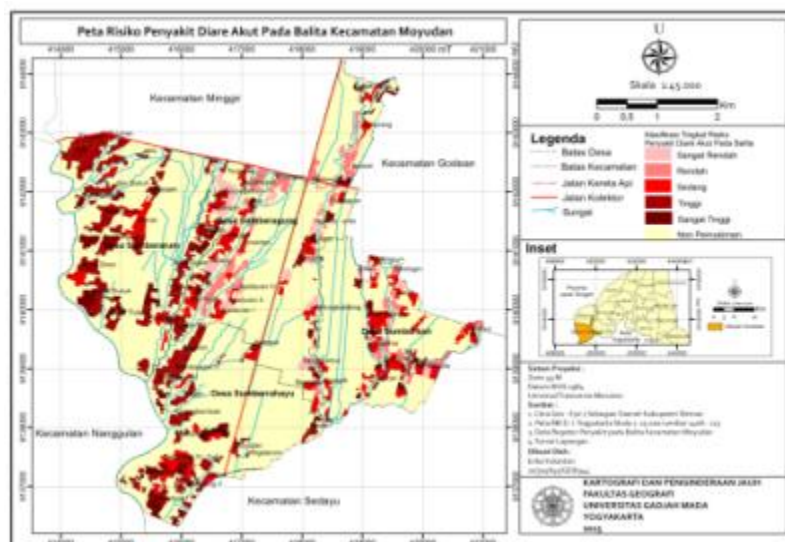
Hasil penjumlahan nilai atribut yang sudah dikalikan dengan masing – masing bobot menghasilkan model spasial kejadian penyakit diare akut pada balita yang dapat dilihat pada Gambar 3. Pemodelan yang dilakukan menghasilkan lima kelas yaitu, sangat rendah dengan luas sebesar 95,08 Ha, rendah dengan luas sebesar 241,19 Ha, sedang dengan luas sebesar 143,59, tinggi dengan luas sebesar 125,89 Ha dan sangat tinggi 65,70 Ha.

Desa Sumberarum terbagai atas empat tingkatan risiko yaitu sangat rendah dengan luas wilayah 37,20 Ha, rendah dengan luas wilayah 142,60 Ha, sedang dengan luas wilayah 29,02 Ha, dan sangat tinggi dengan luas wilayah 0,23 Ha dan sangat tinggi dengan luas wilayah 17,26 Ha.

Desa Sumberrahayu memiliki empat jenis tingkatan risiko terhadap diare akut pada balita, yaitu sangat tinggi dengan luas wilayah 0,01 Ha, sedang dengan luas wilayah 28,48 Ha dan rendah dengan luas wilayah 82,73 Ha dan sangat rendah dengan luas wilayah 30,83 Ha

Desa Sumbersari masuk kedalam empat klasifikasi tingkat sebaran risiko yang berbeda – beda, yaitu sangat rendah dengan luas wilayah 7,8 Ha, sedang dengan luas wilayah 26,32 Ha, tinggi dengan luas wilayah 64,97 dan sangat tinggi dengan luas wilayah 17,26 Ha.

Sedangkan Desa Sumberagung merupakan desa dengan variasi tingkatan risiko yang paling banyak, yaitu sangat tinggi hingga sangat rendah. Klasifikasi sangat tinggi, dengan luas wilayah 48,19 Ha, terdapat pada Desa Celungan, Gedongan, sebagian Dukuh Ngento – ento dan Gatak. Klasifikasi tinggi terdapat di Dukuh Pajangan, Mergan, Jowahan, Kaliduren I, Pendulun dan Kaliurang. Klasifikasi risikorendah, dengan luas wilayah 15,86 Ha, terdapat pada padukuhan Kruwet, Sumberan, Kaliduren III, Malangan dan Tegal Ngijon. Klasifikasi sangat rendah terdapat pada Dukuh Pucanganom dan Ngento – ento dan Sungubanyu, dengan luas wilayah 19,26 Ha. Lebih jelasnya sebaran risiko dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Peta Risiko Penyakit Diare Akut pada Balita

3.4 Analisa Hubungan Model Spasial dengan Kejadian Sesungguhnya

Model dibuat dengan membatasi beberapa kondisi, sehingga tidak ada model yang dapat dibuat sempurna sesuai dengan kejadian. Uji statistik model yang dibuat adalah uji statistik crosstab; chisquare. Uji

ini dilakukan untuk melihat apakah model spasial risiko penyakit diare akut pada balita yang dibuat sesuai dengan kejadian yang ada atau tidak. Hasil dari analisis statistik berupa nilai Asymp. Sig yang kurang dari 0,05, yaitu 0,031, membuktikan bahwa hipotesis null ditolak. Hipotesis null yang ditolak memiliki makna ada hubungan antara model yang dibuat dengan kejadian penyakit yang ada di wilayah kajian. Semakin mendekati nilai nol, maka semakin baik. Adanya hubungan antara model spasial risiko diare akut pada balita terhadap kejadian penyakit diare akut pada balita menunjukkan bahwa model spasial tersebut dapat diterima dan dapat digunakan untuk analisis lebih lanjut.

4. KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat ditarik dari penelitian yang dilakukan dengan mempertimbangkan delapan parameter berupa kepadatan penduduk, garis sempadan samping bangunan, jarak pemukiman terhadap sungai, sumber air bersih, pengelolaan limbah, pengelolaan sampah, kepemilikan jamban dan tingkat pendidikan ibu adalah : 1) Citra GeoEye-1 mampu mengekstaraksi data terkait dengan kajian kesehatan. Hasil uji akurasi keseluruhan yang didapatkan dari penelitian ini adalah 87,33% dimana dihasilkan dari perhitungan pada matriks kesalahan. 2) Kejadian penyakit diare akut pada balita di Kecamatan Moyudan yang terjadi sepanjang tahun 2011 – 2013 berjumlah 585 balita. Kejadian penyakit ini membentuk pola acak jika diuji dengan metode Moran's I dan juga High/Low Clustering; 3) diare akut pada balita yang dilakukan menghasilkan lima kelas yaitu, sangat rendah dengan luas sebesar 95,08 Ha, rendah dengan luas sebesar 241,19 Ha, sedang dengan luas sebesar 143,59, tinggi dengan luas sebesar 125,89 Ha dan sangat tinggi 65,70 Ha; 4) Model spasial yang dibuat untuk merepresentasikan tingkat risiko setiap wilayah di Kecamatan Moyudan dapat diterima. Hal ini dibuktikan dengan uji Chisquare menggunakan crosstab yang menghasilkan nilai Asym. Sig 0,031.

DAFTAR PUSTAKA

- Behrman, Richard E., et al. (2000). Ilmu Kesehatan Anak. Jakarta : Penerbit Buku Kedokteran EGC.
- Chang, Kang-Tsung. (2008). Introduction to Geographic Information System : Fourth Edition. New York : Mc Graw Hill.
- Longley, Paul A, et al. (2011). Geographic Information System and Science. America : John Wiley & Sons, Inc.
- Nelson, Waldo M., et all. (2000). Ilmu Kesehatan Anak Nelson. Jakarta : Penerbit Buku Kedokteran EGC.
- Pudiastuti, Ratna Dewi. (2011). Waspada Penyakit pada Anak. Jakarta Barat : Indeks.
- Rudolph, Abraham M., et all. (2002). Rudolph's Fundamental of Pediatrics : Third Edition. USA : Mc Graw Hill.

DISTRIBUSI SPATIAL NYAMUK TULAR PENYAKIT BERDASARKAN BENTANGLAHAN DI KABUPATEN DONGGALA DAN SIGI PROVINSI SULAWESI TENGAH

Mujiyanto^{1*}, Rosmini¹, Jastal¹, dan Triwibowo A.G²

¹ Balai Penelitian dan Pengembangan Pengendalian Penyakit Bersumber Donggala, Badan Penelitian dan Pengembangan Kesehatan, Kementerian Kesehatan, Sulawesi Tengah 94352

Email: minip2b2@gmail.com, jastal80@gmail.com

² Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Vektor dan Reservoir Penyakit Salatiga, Badan Penelitian dan Pengembangan Kesehatan, Kementerian Kesehatan, Jawa Tengah 50721

Email: triwibowoa@gmail.com

*Corresponding author: mujiyanto@gmail.com

ABSTRAK

Malaria, filariasis, dan penyakit arbovirolosis yang ditularkan oleh infeksi nyamuk masih menjadi masalah kesehatan masyarakat di negara-negara tropis dan sub-tropis. Distribusi penyakit tular vektor khususnya malaria dan filariasis di Indonesia masih banyak ditemukan, khususnya di wilayah Indonesia bagian timur. Wilayah Kabupaten Donggala dan Sigi Provinsi Sulawesi Tengah sampai saat ini belum mendapatkan predikat eliminasi malaria sehingga penanganan berupa pengendalian vektor terus dilakukan. Pemanfaatan data penginderaan jauh dan integrasi dengan Sistem Informasi Geografis sangat potensial dalam mengidentifikasi epidemiologi bentanglahan dan tempat perkembangbiakan nyamuk tular penyakit tersebut. Penelitian ini merupakan penelitian observasional dengan memanfaatkan *Global Positioning System* untuk kegiatan pemetaan survei entomologi berupa tempat perkembangbiakan dan penangkapan nyamuk di lokasi penelitian. Survei entomologi dilakukan untuk pengambilan sampel larva nyamuk dan juga penangkapan nyamuk dewasa. Tujuan penelitian ini untuk menganalisis distribusi spasial baik ketinggian lokasi dan juga bentanglahan nyamuk tular penyakit yang ditemukan berdasarkan spesies nyamuknya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa distribusi nyamuk yang didapatkan adalah nyamuk *Anopheles spp* dengan variasi habitat dan bentanglahan. Pemanfaatan data penginderaan jauh dan Sistem Informasi Geografis sangat bermanfaat dalam monitoring lingkungan khususnya lokasi dan zonasi bentanglahan perkembangbiakan nyamuk tular penyakit di suatu wilayah.

KATA KUNCI: spasial, bentanglahan, nyamuk, Sulawesi Tengah

1. PENDAHULUAN

Penyakit tular vektor seperti malaria, filariasis, dan penyakit arbovirolosis seperti Dengue/Demam Berdarah Dengue (DBD), Cikungunya, Japanese Encephalitis (JE) masih menjadi masalah kesehatan masyarakat di negara-negara tropis dan sub-tropis. Penyakit tular vektor adalah penyakit yang menular melalui perantara hewan perantara (vektor). Nyamuk merupakan hewan perantara yang sering ditemukan sebagai vektor berbagai penyakit tersebut. Nyamuk *Anopheles* merupakan vektor penular malaria dan juga salah satu vektor filariasis. Sampai saat ini di Indonesia telah dilaporkan terdapat 20 spesies *Anopheles* sebagai vektor malaria, 11 sebagai vektor filariasis dan dua spesies teridentifikasi sebagai vektor JE.[1]

Distribusi penyakit tular vektor khususnya malaria dan filariasis di Indonesia masih banyak ditemukan, khususnya di wilayah Indonesia bagian timur. Penyakit tersebut sampai saat ini masih menjadi penyumbang angka kesakitan dan kematian yang tinggi dan masih ditemukan kejadian luar biasa (KLB).[2] Beberapa tahun ini seringkali terjadi KLB Malaria di Indonesia. KLB malaria dapat disebabkan oleh perubahan yang cepat dan luas terhadap lingkungan tempat perkembangbiakan nyamuk, seperti perubahan penggunaan lahan, pembangunan proyek, pembukaan lahan baru, dan bencana alam.[3]

Kabupaten Donggala dan Sigi merupakan dua diantara tiga belas kabupaten/kota yang ada di Provinsi Sulawesi Tengah. Sebelumnya Sigi merupakan bagian dari Kabupaten Donggala yang kemudian mengalami pemekaran pada tahun 2008. Sampai saat ini baik Kabupaten Donggala dan Sigi belum terbebas dari malaria bahkan dari tiga belas kabupaten/kota yang ada di Sulawesi Tengah baru satu kota yang sudah

mendapat predikat daerah eliminasi malaria, yaitu kota Palu. Menurut Dinas Provinsi Sulawesi Tengah, kasus malaria berdasarkan indikator *Annual Parasite Incidence* (API) dari tahun 2011-2013 mengalami penurunan yaitu 3,69%, 2,92%, dan 1,60%. Untuk jumlah kasus positif pemeriksaan sediaan darah malaria di Kabupaten Sigi sebanyak 22 orang dari 2953 orang yang diperiksa dan untuk Kabupaten Donggala sebanyak 266 orang dari 6145 warga yang diperiksa darahnya.[4] Penurunan API merupakan bagian dari sasaran *Millenium Development Goals* (MDGs) dalam rangka meningkatkan derajat kesehatan masyarakat Indonesia sampai tahun 2015 dengan salah satunya memerangi malaria dan penyakit lainnya.[5]

Penularan penyakit malaria di Indonesia dan khususnya di Sulawesi Tengah sangat dipengaruhi oleh lingkungan. Malaria merupakan contoh penyakit yang dipengaruhi oleh lingkungan fisik, biologi, dan budaya. Pengendaliannya pun terkendala oleh kondisi geografis, demografis, belum terpetakannya semua spesies vektor, keterbatasan sumberdaya manusia, dan belum padunya kegiatan pengendalian vektor lintas program dan sektor.[2][6] Penularan penyakit malaria tidak dipengaruhi oleh batas administrasi wilayah sehingga pendekatan epidemiologi bentanglahan (*landscape epidemiology*) dalam hal pengendalian harus diperhatikan. Pendekatan epidemiologi bentanglahan merupakan bagian yang tidak terpisahkan dengan epidemiologi spasial (*spatial epidemiology*).[7] Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis distribusi spasial baik ketinggian lokasi dan juga bentanglahan nyamuk tular penyakit yang ditemukan berdasarkan spesies nyamuknya.

2. DAERAH KAJIAN

Penelitian dilakukan di sebagian wilayah Kabupaten Sigi dengan lokasi di wilayah Kecamatan Kulawi, Kulawi Selatan, dan Palolo. Sedangkan lokasi penelitian di wilayah Kabupaten Donggala berada di Kecamatan Banawa Selatan, Banawa Tengah, Labuan, Balaesang, Sindue Tobata, dan Damsol



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

3. DATA DAN METODE

3.1 Data

Data spasial yang digunakan adalah peta administrasi wilayah Kabupaten Donggala dan Kabupaten Sigi, Sulawesi Tengah dan juga citra satelit *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM) 1 Arc-Second Global dengan resolusi spasial 30 meter.[8]

Data primer berupa survei entomologi merupakan kegiatan survei yang dilakukan oleh Balai Litbang P2B2 Donggala dari tahun 2000 – 2006. Sampai sekarang pembuatan data distribusi spasial nyamuk tular vektor terkait dengan bentanglahan, bentuklahan, dan penggunaan lahan belum pernah dilakukan.

3.2 Metode

Penelitian yang dilakukan ini merupakan penelitian observasional. Survei entomologi yang dilakukan terdiri dari *Spot Survey* atau survei sewaktu dan *Longitudinal Survey*. Survei sewaktu dilakukan untuk mengetahui suatu daerah berpotensi KLB malaria, sedangkan survei longitudinal dilakukan ketika pengendalian vektor dan untuk mengetahui masalah operasional dan teknis yang terjadi. Survei ini menentukan apakah penularan telah terputus atau masih berlangsung.[9] Survei longitudinal biasanya dilakukan berulang pada daerah yang sama sedangkan untuk survei sewaktu hanya dilakukan sekali waktu pada daerah tersebut. Penangkapan nyamuk dewasa dilakukan pada malam hari dari jam 18.00 – 06.00 sedangkan penangkapan nyamuk pradewasa atau jentik dilakukan pada pagi hari dengan melakukan survei pada wilayah atau tempat-tempat yang berpotensi sebagai tempat perkembangbiakan nyamuk. Identifikasi spesies nyamuk dilakukan oleh ahli entomologi dengan menggunakan panduan kunci identifikasi nyamuk *Anopheles* betina Indonesia.

Pemetaan dengan menggunakan *Global Positioning System* (GPS) dilakukan untuk mengetahui lokasi keberadaan nyamuk di wilayah Kabupaten Sigi dan Donggala. Lokasi penangkapan nyamuk dapat diketahui ketinggian dan tipe bentanglahan yang ada dengan digabungkan dengan Citra Radar SRTM. Kondisi lokasi nyamuk disajikan dengan cara membuat profil melintang dari lokasi tersebut dengan cara membuat garis penghubung di citra SRTM.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Survei Entomologi

Kegiatan survei entomologi yang dilakukan di sebagian wilayah Kabupaten Sigi didapatkan beberapa spesies nyamuk *Anopheles* (Tabel 1). *Anopheles* yang ditemukan dan diidentifikasi tidak semuanya merupakan vektor malaria di Sulawesi Tengah tetapi ada juga yang berpotensi sebagai vektor malaria.

Tabel 1. Spesies *Anopheles* spp dan Tempat Perkembangbiakannya Berdasarkan Lokasi di Wilayah Kabupaten Sigi, Sulawesi Tengah

No	Lokasi	Spesies Nyamuk	Tempat Perkebangbiakan
1	Desa Watukilo, Kec. Kulawi Selatan	<i>An. barbirostris</i>	genangan air, kolam
2	Desa Lempelero, Kec. Kulawi Selatan	<i>An. barbirostris</i> , <i>An. barbumbrosus</i> , <i>An. tessellatus</i> , <i>An. indefinitus</i>	kolam, rawa-rawa
3	Desa Toro, Kec. Kulawi	<i>An. barbirostris</i> , <i>An. tessellatus</i> , <i>An. vagus</i> , <i>An. kochi</i>	persawahan dan kolam
4	Desa Bolapapu, Kec. Kulawi	<i>An. barbirostris</i> , <i>An. tessellatus</i> , <i>An. vagus</i> , <i>An. kochi</i>	kolam tidak diurus
5	Desa Berdikari, Kec. Palolo	<i>An. barbirostris</i> , <i>An. nigerrimus</i> , <i>An. vagus</i> , <i>An. tessellatus</i> , <i>An. kochi</i> dan <i>An. barbumbrosus</i> .	persawahan
6	Desa Tongoa, Kec. Palolo	<i>An. barbirostris</i> , <i>An. nigerrimus</i> , <i>An. tessellatus</i> , <i>An. vagus</i> , <i>An. parangensis</i> , <i>An. kochi</i> , <i>An. barbumbrosus</i>	persawahan, saluran irigasi, pinggir sungai

Survei entomologi yang dilakukan pada enam daerah berbeda pada tiga kecamatan di Kabupaten Sigi didapatkan keanekaragaman spesies yang bervariasi. Jenis spesies *Anopheles* yang ditemukan pada

semua wilayah adalah *An. barbirostris*. *An. barbirostris* ini merupakan vektor malaria yang dikonfirmasi sudah sejak lama, yaitu sejak zaman penjajahan Belanda.[1] Sedangkan survei entomologi yang dilakukan di wilayah Kabupaten Donggala disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Spesies *Anopheles* spp dan Tempat Perkembangbiakannya
Berdasarkan Lokasi di Wilayah Kabupaten Donggala Sulawesi Tengah

No	Lokasi	Spesies Nyamuk	Tempat Perkembangbiakan
1	Desa Karya Mukti, Kec. Damsol	<i>An. barbirostris</i> , <i>An. vagus</i> , <i>An. barbumbrosus</i> , <i>An.</i> <i>tesselatus</i>	kolam tidak diurus
2	Desa Lumbu Dolo, Kec. Banawa Tengah	<i>An. subpictus</i> , <i>An. ludlowae</i> , <i>An. indefinitus</i> , <i>An. maculatus</i>	sungai dengan aliran pelan
3	Desa Labean, Kec. Balaesang	<i>An. subpictus</i> , <i>An. vagus</i> , <i>An.</i> <i>indefinitus</i> , <i>An. tesselatus</i>	aliran sungai
4	Desa Malino, Kec. Banawa Selatan	<i>An. barbirostris</i> , <i>An. vagus</i> , <i>An. subpictus</i> , <i>An.</i> <i>barbumbrosus</i> , <i>An.</i> <i>indefinitus</i> , <i>An. flavirostris</i> , <i>An. tesselatus</i> , <i>An. kochi</i> , <i>An. ludlowae</i> , <i>An.</i> <i>parangensis</i> , <i>An.</i> <i>peditaeniatus</i> , <i>An. maculatus</i> .	rawa-rawa, sungai dan selokan, genangan air di jalan tanah bekas ban
5	Desa Labuan Toposo,	<i>An. barbirostris</i> , <i>An.</i> <i>indefinitus</i> , <i>An. ludlowae</i> , <i>An.</i> <i>nigerrimus</i> , <i>An. parangensis</i> , <i>An. sulawesi</i> , <i>An. tesselatus</i> , <i>An. vagus</i>	persawahan, saluran irigasi, pinggir sungai, rawa-rawa, genangan air di jalan tanah bekas ban
6	Desa Labuan, Kec. Labuan	<i>An. barbirostris</i> , <i>An.</i> <i>flavirostris</i> , <i>An. indefinitus</i> , <i>An. maculatus</i> , <i>An.</i> <i>parangensis</i> , <i>An. tesselatus</i> , <i>An. vagus</i>	persawahan, pinggir sungai, rawa-rawa
7	Desa Tamarenja, Kec. Sindue Tobata	<i>An. barbirostris</i> , <i>An.</i> <i>flavirostris</i> , <i>An. indefinitus</i> , <i>An. kochi</i> , <i>An. ludlowae</i> , <i>An.</i> <i>maculatus</i> , <i>An. nigerimus</i> , <i>An. parangensis</i> , <i>An.</i> <i>tesselatus</i> , <i>An. vagus</i>	persawahan, saluran irigasi, pinggir sungai, rawa-rawa, genangan air di jalan tanah bekas ban, kolam
8	Desa Sikara, Kec. Sindue Tobata	<i>An. aconitus</i> , <i>An.</i> <i>barbirostris</i> , <i>An. flavirostris</i> , <i>An. ludlowae</i> , <i>An. maculatus</i> , <i>An. niggerimus</i> , <i>An.</i> <i>parangensis</i> , <i>An. tesselatus</i> , <i>An. vagus</i>	pinggir sungai, rawa-rawa

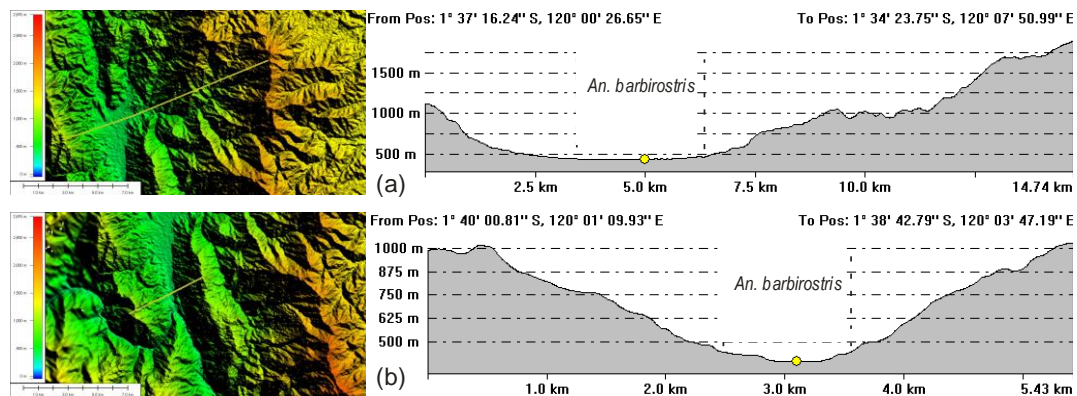
Survei entomologi yang dilakukan pada delapan desa pada enam kecamatan di Kabupaten Donggala diperoleh keanekaragaman yang lebih banyak dibanding wilayah Kabupaten Sigi. Wilayah Kabupaten Donggala sebagian besar merupakan daerah kepesisiran/pantai dengan banyak air payau atau terpengaruh oleh zona pesisir sehingga sangat cocok untuk jenis *Anopheles* tertentu. Spesies *An. subpictus* merupakan spesies *Anopheles* dan juga merupakan vektor malaria yang tempat perkembangbiakannya sebagian besar di air payau.[10] Beberapa spesies ini juga ditemukan di perairan tawar dan tidak jauh dari daerah pesisir.

Keanekaragaman bionomik nyamuk Anopheles di wilayah Kabupaten Donggala harus menjadi perhatian khusus baik di wilayah Donggala dan juga Sulawesi Tengah dalam penanganan vektor tular penyakit khususnya malaria. Hasil ujicoba riset khusus vektor dan reservoir yang dilakukan pada tahun 2014 dan mengambil wilayah yang sama di Desa Malino, Kecamatan Banawa Selatan mendapatkan dua spesies baru yang terkonfirmasi berpotensi sebagai vektor malaria. Spesies tersebut adalah *An. ludlowae* dan *An. maculatus*, yang sebelumnya belum pernah terkonfirmasi sebagai vektor malaria di wilayah ini.[1] Spesies Anopheles yang sudah terkonfirmasi sebagai vektor dan juga berpotensi sebagai vektor malaria di wilayah Sulawesi Tengah sampai saat ini ada enam spesies, yaitu *An. barbirostris*, *An. flavirostris*, *An. subpictus*, *An. vagus*, *An. ludlowae*, dan *An. maculatus*.

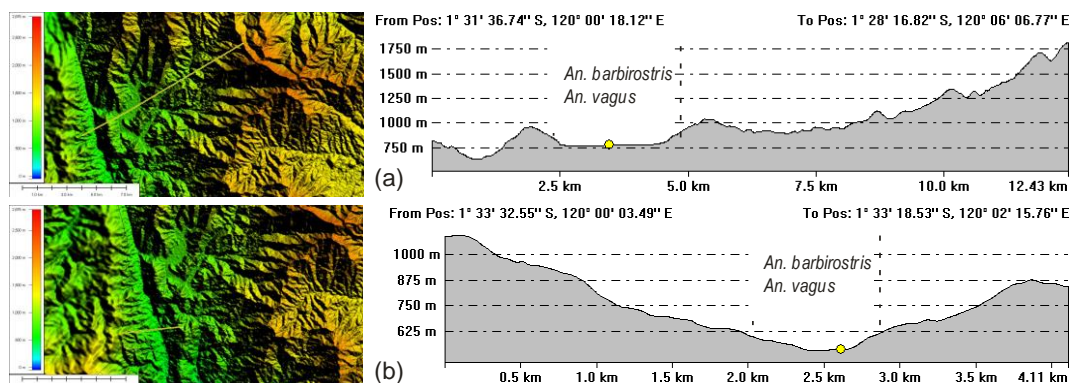
Survei larva sebagai bagian survei entomologi untuk mengidentifikasi nyamuk pradewasa dilakukan pada semua genangan air yang berpotensi sebagai tempat perkembangbiakan nyamuk Anopheles. Tempat perkembangbiakan nyamuk yang ditemukan baik di Kabupaten Sigi dan Donggala sebagian besar ditemukan di daerah persawahan, kolam, dan aliran/pinggir sungai. Penelitian yang dilakukan di India tentang tempat perkembangbiakan nyamuk di aliran sungai menemukan banyak tipe habitat yang ada di jaringan sungai itu sendiri, seperti tangkapan air di batu yang tidak mengalir.[11] Habitat-habitat yang bisa dikontrol setiap saat seperti persawahan, kolam, irigasi, genangan bekas ban seharusnya bisa diminimalisir keberadaan larva Anopheles, dibandingkan habitat-habitat alami seperti jaringan anak sungai dan rawa-rawa alami yang luas.

4.2 Distribusi Konfirmasi Vektor Malaria Berdasarkan Bentanglahan

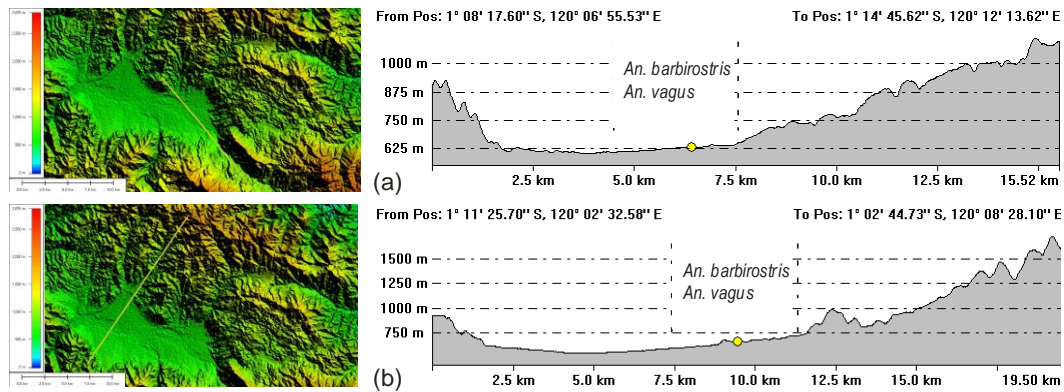
Distribusi nyamuk vektor malaria berdasarkan bentanglahan disajikan menggunakan sumber data Citra SRTM. Wilayah yang diteliti dibuat profil melintang yang dapat menunjukkan ketinggian, topografi, dan juga koordinat awal dan akhir profil melintangnya. Untuk wilayah Kabupaten Sigi disajikan pada Gambar 2. sampai dengan Gambar 4., sedangkan wilayah Kabupaten Donggala disajikan pada Gambar 5 sampai dengan Gambar 10.



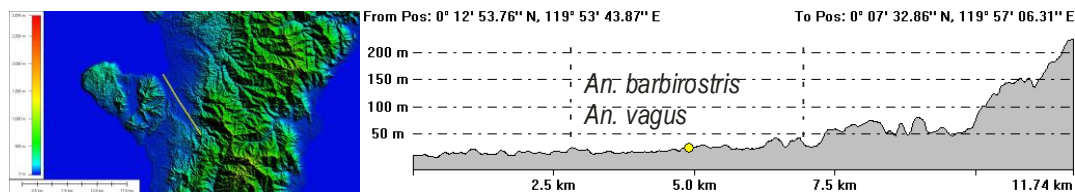
Gambar 2. Profil Penampang Melintang Distribusi Vektor Malaria di Desa Watukilo (a) dan Desa Lempeloro (b) Kec. Kulawi Selatan Kabupaten Sigi



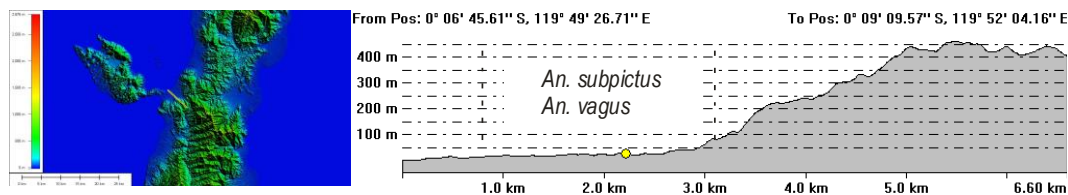
Gambar 3. Profil Penampang Melintang Distribusi Vektor Malaria di Desa Toro (a) dan Desa Bolapapu (b) Kec. Kulawi Kabupaten Sigi



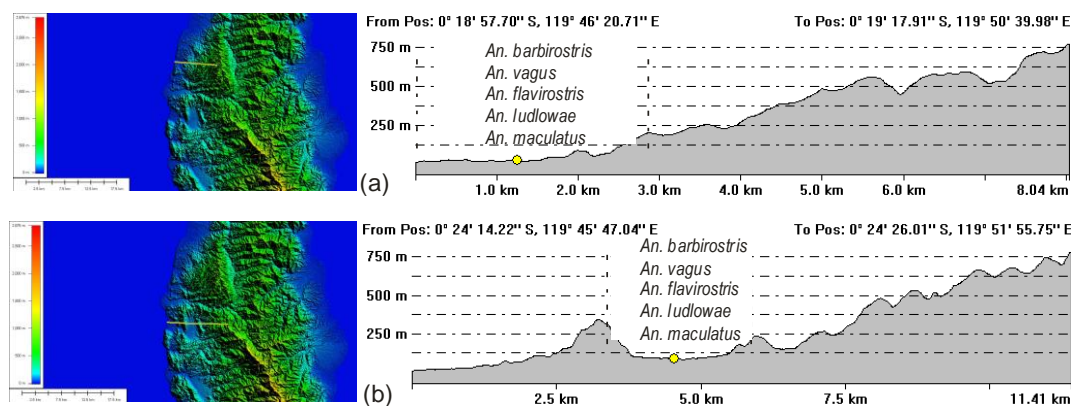
Gambar 4. Profil Penampang Melintang Distribusi Vektor Malaria di Tongoa (a) dan Desa Berdikasi (b) Kec. Palolo Kabupaten Sigi



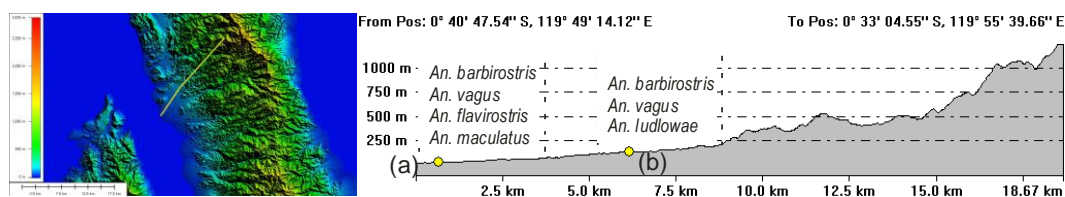
Gambar 5. Profil Penampang Melintang Distribusi Vektor Malaria di Desa Karya Mukti, Kec. Damsol Kabupaten Donggala



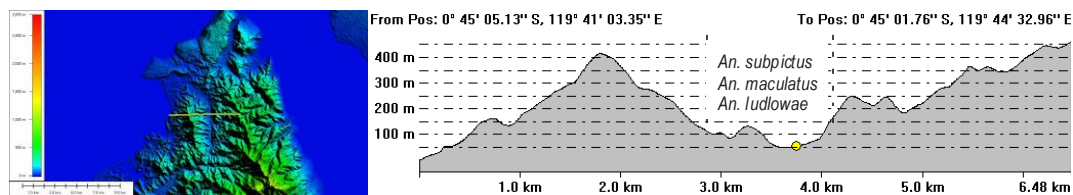
Gambar 6. Profil Penampang Melintang Distribusi Vektor Malaria di Desa Labean, Kec. Balaesang Kabupaten Donggala



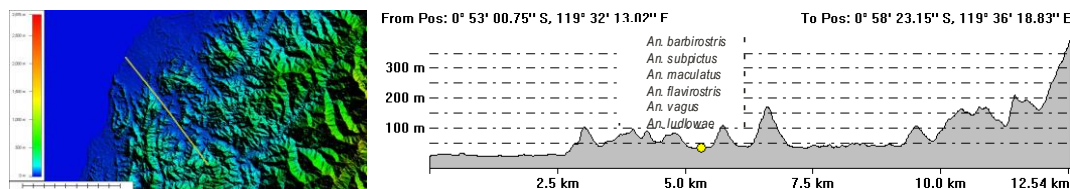
Gambar 7.. Profil Penampang Melintang Distribusi Vektor Malaria di Desa Sikara (a) dan Desa Tamarenja (b) Kec. Sindue Tobata Kabupaten Donggala



Gambar 8.. Profil Penampang Melintang Distribusi Vektor Malaria di Desa Labuan (a) dan Desa Toposo (b) Kec Labuan Kabupaten Donggala



Gambar 9.. Profil Penampang Melintang Distribusi Vektor Malaria di Desa Lumbu Dolo, Kec. Banawa Tengah Kabupaten Donggala



Gambar 10.. Profil Penampang Melintang Distribusi Vektor Malaria di Desa Malino, Kec. Banawa Selatan Kabupaten Donggala

Bentanglahan merupakan bagian dari permukaan bumi yang terdiri dari bentanglahan alam dan bentanglahan buatan. Proses-proses alam seperti tektonik dan erosi kemudian membentuk bentuklahan. Bentanglahan alami terbentuk dari gabungan beragam bentuklahan.[12] Distribusi nyamuk Anopheles di daerah penelitian di Kabupaten Sigi dan Donggala dipengaruhi oleh bentanglahan yang ada dan juga variasi ketinggian. Pada Gambar 2 sampai dengan Gambar 5 yang merupakan wilayah Kabupaten Sigi, hampir semua nyamuk ditemukan pada ketinggian lebih dari 400 m dengan bentanglahan pegunungan (mountain landscape). Bentuklahan yang ditemukan sebagian besar di lembah dan perbukitan denudasional, dengan persawahan sebagai penggunaan lahan yang banyak ditemukan larva nyamuk Anopheles.

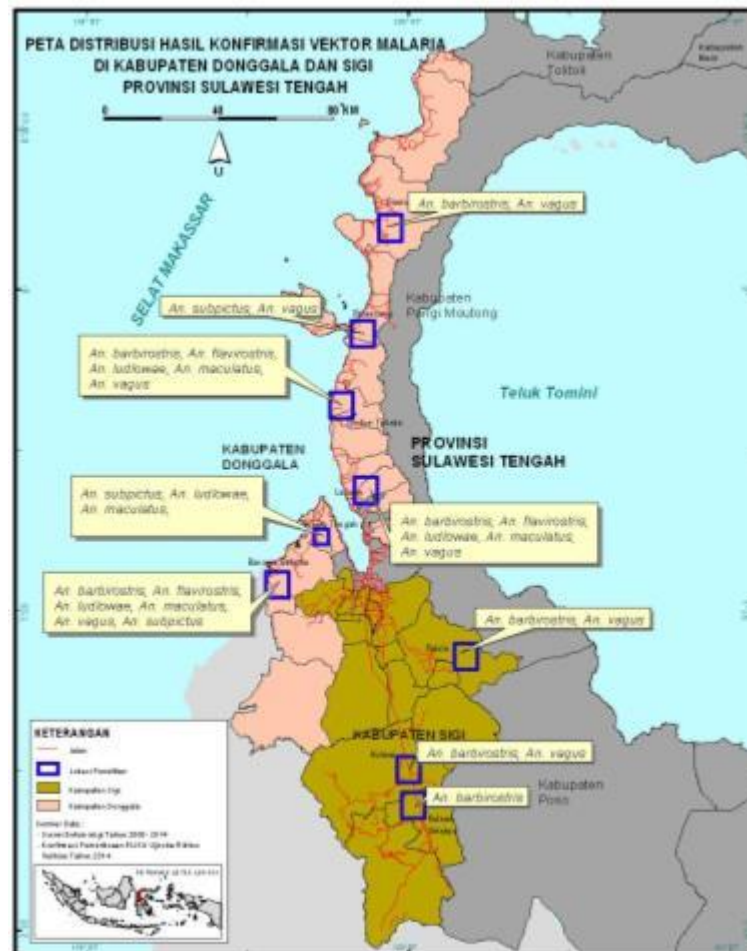
Distribusi nyamuk Anopheles di wilayah Kabupaten Donggala sebagian besar berada di bentanglahan kepebisiran (coastal landscape) dan juga bentanglahan tepi sungai (riverine landscape) dan beberapa ditemukan juga di daerah pegunungan. Sebagian besar vektor nyamuk malaria yang ditemukan berada pada ketinggian kurang dari 250 m.

Dari semua profil melintang di atas baik di Kabupaten Sigi maupun Kabupaten Donggala *An. barbirostris* memiliki kemampuan untuk beradaptasi di berbagai ketinggian dan bentanglahan yang ada. *An. barbirostris* ditemukan pada semua lokasi yang berbeda bentanglahannya. Nyamuk memiliki jarak terbang yang beragam untuk pindah tempat satu ke tempat lainnya. Studi literatur yang dilakukan oleh Verdonshot menyatakan bahwa jarak terbang maksimum nyamuk antara 50 m sampai dengan 50 km.[13] Jarak terbang tersebut dipengaruhi oleh kondisi penghalang, angin yang ada serta spesies nyamuknya. Pada penelitian ini bentanglahan yang secara jarak masih dapat dipengaruhi oleh bentanglahan kepebisiran memiliki variasi spesies nyamuk Anopheles sebagai vektor malaria yang lebih beragam.

Pendekatan bentanglahan dalam studi distribusi suatu penyakit sangat diperlukan. Epidemiologi bentanglahan (landscape epidemiology) mampu memberikan gambaran pada studi ini tentang kecenderungan variasi spesies nyamuk Anopheles dipengaruhi oleh faktor geografis. Dalam banyak kasus juga kecenderungan penyakitnya juga dipengaruhi oleh faktor geografis.[6]

4.3 Peta Distribusi Konfirmasi Vektor Malaria

Pemetaan vektor malaria harus senantiasa dilakukan pemutakhiran data. Basis data spasial vektor semua penyakit harus senantiasa dikembangkan untuk dimanfaatkan pengelola program dan sektor pengendalian penyakit tular vektor. Studi yang sudah dilakukan sejak tahun 2008 tentang vektor malaria di Sulawesi Tengah telah berhasil mendapatkan enam spesies konfirmasi vektor malaria yaitu *An. barbirostris*, *An. vagus*, *An. subpictus*, *An. flavirostris*, *An. ludlowae*, dan *An. maculatus*. Hasil penelitian pada Gambar 11 menunjukkan wilayah Kabupaten Donggala memiliki variasi vektor malaria yang lebih beragam dibandingkan Kabupaten Sigi.



Gambar 11. Peta Distribusi Hasil Konfirmasi Vektor Malaria di Kabupaten Donggala dan Sigi Provinsi Sulawesi Tengah

5. KESIMPULAN

5.1. Kesimpulan

Pemanfaatan data penginderaan jauh dan SIG sangat bermanfaat dalam monitoring lingkungan khususnya lokasi dan zonasi bentanglahan nyamuk sebagai vektor malaria di wilayah Kabupaten Sigi dan Donggala Provinsi Sulawesi Tengah. Epidemiologi bentanglahan membantu dalam analisis distribusi dan penularan suatu penyakit terjadi di suatu wilayah.

5.2. Saran

Pengembangan basis data spasial yang terkait dengan epidemiologi bentanglahan nyamuk sebagai vektor suatu penyakit harus dilakukan di daerah lain, sehingga distribusi variasi spesies vektor khususnya malaria di seluruh wilayah Indonesia dapat diketahui.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kami sampaikan kepada Dinas Kesehatan Provinsi Sulawesi Tengah, Dinas Kabupaten Donggala dan Sigi yang membantu baik data maupun survei lapangan, serta kepada teman-teman peneliti dan litkayasa Balai Litbang P2B2 Donggala yang tidak bisa disebutkan satu persatu.

DAFTAR PUSTAKA

- B2P2VRP Kemenkes RI Sekapur Sirih Riset Khusus Vektor dan Reservoir Penyakit (*RIKHUS VEKTORA*): *Pokok-pokok Hasil Uji Coba*; Salatiga, 2014.
- Kemenkes RI *Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 374/MENKES/PER/III/2010 Tentang Pengendalian Vektor*; Jakarta, 2010.
- Laihad, F. J.; Arbani, P. Situasi Malaria di Indonesia dan Penanggulangannya. In *Malaria dari Molekuler ke Klinis*; Harijanto, P.; Nugroho, A.; Gunawan., Eds.; Penerbit Buku Kedokteran EGC: Jakarta, 2010.
- Dinkes Sulteng *Profil Kesehatan Provinsi Sulawesi Tahun 2013*; UPT Surveilans Data dan Informasi: Palu, 2014.
- Stalker, P. *Kita Suarakan MDGs Demi Pencapaiannya di Indonesia*; Jakarta, 2008.
- Emmanuel, N. N.; Loha, N.; Okolo, M. O.; Ikenna, O. K. Landscape Epidemiology: An Emerging Perspective in The Mapping and Modelling of Disease and Disease Risk Factors. *Asian Pacific J. Trop. Dis.* 2011, 1, 247–250.
- Durr, P.A. Spatial Epidemiology and Animal Disease : Introduction and Overview. In *GIS and Spatial Analysis in Veterinary Science*; Durr, P. A.; Gatrell, A., Eds.; CABI Publishing: Oxfordshire, 2004.
- Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) 1 Arc-Second Global | The Long Term Archive <https://lta.cr.usgs.gov/SRTM1Arc> (accessed Nov 12, 2015)
- Kemenkes RI *Modul Entomology Malaria*; Jakarta, 2013.
- Shinta; Sukowati, S.; Mardiana Komposisi Spesies dan Dominasi Nyamuk Anopheles di Daerah Pantai Banyuwangi, Jawa Timur. *Media Litbang Kesehat.* **2003**, 13, 1–8.
- Anbalagan, S.; Arunprasanna, V.; Kannan, M.; Dinakaran, S.; Krishnan, M. Spatio-temporal Dynamics of Mosquitoes in Stream Pools of a Biosphere Reserve of Southern Western Ghats, India. *Acta Trop.* **2015**, 152, 228–236.
- Hugget, R. J. *Fundamentals of Geomorphology*; 2nd ed.; Routledge: New York, 2007; Vol. 11.
- Verdonschot, P. F. M.; Besse-Lototskaya, A. a. Flight Distance of Mosquitoes (Culicidae): A Metadata Analysis to Support the Management of Barrier Zones around Rewetted and Newly Constructed Wetlands. *Limnologica* **2014**, 45, 69–79.

APLIKASI PENGINDERAAN JAUH DAN SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS UNTUK PENENTUAN KUALITAS AIR DI PERAIRAN SEKOTONG, LOMBOK BARAT

**Ade Intan P¹, Anggun Detrina N¹, Hafiidh Alfian A¹, Kusuma Wardani L¹, Widyanissa Rahmayani¹,
Yan Nur Hidayat¹**

Email: laksitaningrum@gmail.com

¹ Prodi Kartografi dan Penginderaan Jauh, Fakultas Geografi UGM, Sekip Utara, Sleman, Yogyakarta 55281

*Corresponding author: laksitaningrum@gmail.com

ABSTRAK

Perairan Laut Lombok bagian selatan tepatnya di daerah Sekotong banyak dijadikan sebagai lokasi budidaya perikanan seperti ikan, rumput laut, udang dan kerang mutiara. Budidaya tersebut mampu menyebabkan perubahan kualitas air laut karena pengaruh pakan dan limbahnya. Pakan dan limbah budidaya perikanan mengandung bahan anorganik dan organik sehingga dapat mengganggu ekosistem perairan yang ada di sekitarnya dan dapat merusak biodiversitas biota laut khususnya untuk budidaya ikan dan keramba jaring apung (KJA) sebagai produktivitas unggul di Lombok. Kajian tentang kualitas air di daerah tersebut diperlukan untuk memantau kondisi lingkungan laut di Sekotong, sehingga budidaya ikan laut dalam KJA dapat dikelola dengan baik. Citra penginderaan jauh Landsat 8 OLI mampu merekam perubahan pantulan berbagai objek termasuk tubuh air dan pancaran dari permukaan air, sehingga mampu dimanfaatkan untuk mengkaji parameter fisik kualitas air yang memiliki karakteristik visual seperti suhu permukaan laut. Hasil ekstraksi parameter suhu dari citra divalidasi dengan pengukuran *in situ*, dan menghasilkan persamaan baru dari model regresi yang dibangun. Selain itu, digunakan juga parameter kimia dalam mengkaji kualitas air seperti salinitas, pH, *Dissolved Oxygen* yang diperoleh dari data lapangan, serta data fisik berupa arus laut. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan integrasi teknologi penginderaan jauh dan sistem informasi geografis dengan pengukuran lapangan untuk mengetahui kualitas air bagi habitatikan laut dan memetakannya. Metode yang digunakan untuk menghasilkan kelas kualitas air berdasarkan parameter-parameter yang disebutkan adalah metode *matching*. Berdasarkan hasil pada pengolahan citra Landsat 8 OLI yang dikombinasikan dengan data lapangan, didapatkan hasil yaitu peta kualitas air dengan klasifikasi sangat sesuai, sesuai, cukup sesuai, sesuai bersyarat dan tidak sesuai.

KATA KUNCI: Ikan laut, Landsat 8 OLI, kualitas air, regresi, *matching*.

1. PENDAHULUAN

Perairan Indonesia merupakan lautan tropis yang dapat mendukung tumbuhnya beragam biota laut sehingga memiliki potensi bahari yang beragam. Kondisi perairan yang cenderung tidak mengalami perubahan yang ekstrim menjadikan perairan Indonesia sebagai habitat laut untuk beragam jenis biota laut yang jarang dijumpai di negara lain. Salah satu perairan yang memiliki keragaman biota laut dan menyimpan keindahan habitat bawah air adalah Pulau Lombok.

Pulau Lombok terkenal dengan keragaman biota lautnya menyimpan kekayaan laut sebagai potensi bahari yang dapat meningkatkan perkembangan wilayah di Provinsi Nusa Tenggara Barat dengan budidaya perairannya. Kegiatan budidaya perikanan pada umumnya membutuhkan lebih banyak air per unit area atau per unit produksi dibandingkan kegiatan peternakan dan budidaya pertanian. Ketersediaan sumber air yang berkualitas sering kali menentukan keberhasilan atau kegagalan usaha budidaya perikanan (Pillay, 1990).

Menurut Diersing (2009), Kualitas air adalah suatu ukuran kondisi air dilihat dari karakteristik fisik, kimiawi, dan biologisnya. Kualitas air menunjukkan ukuran kondisi air relatif terhadap kebutuhan biota air dan manusia. Kualitas air berperan dalam budidaya ikan, diantaranya seperti berikut: (1) penentu keberadaan berbagai jenis organisme yang ada dalam ekosistem perairan baik terhadap ikan yang dibudidayakan maupun biota lainnya; (2) memberi pengaruh yang cukup besar terhadap pertumbuhan dan kelangsungan hidup ikan; dan (3) penentu keberhasilan dalam budidaya ikan, selain jumlahnya harus mencukupi, kualitas yang baik akan menghasilkan *output* yang baik pula. Pengaruh dari pakan dan limbah metabolisme ikan dapat menurunkan kualitas air dan menyebabkan perubahan ekosistem ikan, sehingga mampu mengurangi produktivitas perikanan.

Kotoran ikan dapat menimbulkan deposisi di dasar perairan, yang kemudian mengakibatkan penurunan kadar oksigen di bagian dasar. Menurut Lukman (2002), pasokan oksigen terlarut dalam air di KJA adalah untuk respirasi biota, pembusukan feses ikan, dan pembusukan sisa pakan ikan. Menurutnya untuk setiap gram organik (limbah budidaya ikan) diperlukan 1,42 gram oksigen. Konsentrasi oksigen yang tersedia berpengaruh secara langsung pada kehidupan akuatik khususnya respirasi aerobik, pertumbuhan dan reproduksi. Sehingga perlu pengelolaan yang lebih baik dalam budidaya ikan untuk menjaga kualitas ikan dan produktivitasnya.

Pemanfaatan teknologi dan informasi spasial mampu membantu dalam menentukan parameter secara visual dan perhitungan secara matematis untuk menentukan kualitas air yang sesuai dengan habitat ikan laut. Selain itu, teknologi penginderaan jauh dapat memudahkan dan mempersingkat waktu untuk melakukan pengkajian karena datanya yang mudah diperoleh dan tersedia secara *up to date*.

Penelitian ini bertujuan untuk melakukan integrasi teknologi penginderaan jauh dan sistem informasi geografis dengan pengukuran lapangan untuk mengetahui kualitas air bagi habitat ikan laut dalam KJA. Serta melakukan pemetaan lokasi kualitas air metode *matching* di perairan Sekotong, Lombok Barat, Nusa Tenggara Barat.

2. DAERAH KAJIAN

Lokasi penelitian terletak di Perairan Sekotong, Kabupaten Lombok Barat yang secara administratif merupakan salah satu desa di Kecamatan Sekotong Tengah, Kabupaten Lombok Barat, Nusa Tenggara Barat. Secara fisik perairan tersebut terletak di teluk dan terdapat di sekitar beberapa gili yaitu Gili Gede, Gili Rengit, Gili Lontar, dan Gili Poh. Lokasi Penelitian terletak antara 381869 sampai dengan 386794 mT dan 9030919 sampai dengan 9036793 mU. Daerah penelitian tersebut berjarak kurang lebih 6 Km dari daratan atau 3,73 mil dari daratan.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

Perairan Sekotong dijadikan sebagai lokasi penelitian karena dianggap sebagai salah satu perairan yang tenang dengan karakteristik fisik berupa teluk dan beberapa pulau di sekelilingnya sehingga dianggap sebagai perairan yang cocok untuk lokasi budidaya ikan laut dalam KJA sehingga diperlukan informasi tentang kualitas air untuk mendukung berkembangnya ikan laut.

3. METODE PENELITIAN

3.1. Alat

- Seperangkat Komputer dengan software :
 - ArcGIS 10.2 untuk mengolah data spasial
 - ENVI 5.0 untuk mengolah citra
- Microsoft Word 2010 untuk penyajian hasil.
- Microsoft Excel 2010 untuk menghitung statistik data dan citra.
- pH meter yang memiliki tools suhu
- Refraktometer
- GPS
- Water Sampler
- Alat tulis
- Checklist lapangan

3.2. Data

3.2.1. Citra Penginderaan Jauh:

1. LANDSAT 8 OLI Daerah Lombok Perekaman April dan Mei 2014 Band Komposit 432 dan band 10
2. LANDSAT 8 OLI Daerah Lombok Perekaman 17 Mei 2015 Band 1-5 dan band 10

3.2.2. Data Spasial

1. Peta administrasi Provinsi Nusa Tenggara Barat
2. Peta Rupabumi Indonesia (RBI) Provinsi Nusa Tenggara Barat
3. Data Arus Harian Perairan Sekotong Tahun 2014 dari Data BMKG Maritim Surabaya.

3.2.3 Lapangan

Parameter Kualitas air untuk ikan laut dalam KJA:

Tabel 1. Kesesuaian Lahan untuk Ikan Laut di Keramba Jaring Apung

Parameter	Sangat Sesuai (S1)	Cukup Sesuai (S2)	Sesuai Bersyarat (S3)	Tidak Sesuai (N)
1. Kedalaman (m)	10-20	20-25	25-30	<10 dan >30
2. Kecerahan (m)	>3	2-3	1-2	<1
3. Kecepatan Arus (cm/detik)	5-15	15-25	25-35	<5 dan >35
4. Suhu perairan ($^{\circ}$ C)	28-32	25-28	20-25	<20 dan >32
5. Salinitas (ppt)	31-35	28-31	25-28	<25 dan >35
6. Derajat Keasaman (pH)	>7	6-7	4-6	< 4
7. Oksigen Terlarut / DO (mg/l)	>7	5-7	3-5	< 3

Sumber: Radianta dkk, Beveridge, Ismail dan Wiyono, dan Mayunar dkk (pada penelitian sebelumnya)

Berdasarkan parameter pada tabel, tidak semua parameter digunakan dalam pemodelan kualitas air. Parameter yang digunakan dalam penelitian ini adalah kecepatan arus, suhu, salinitas, pH, dan DO.

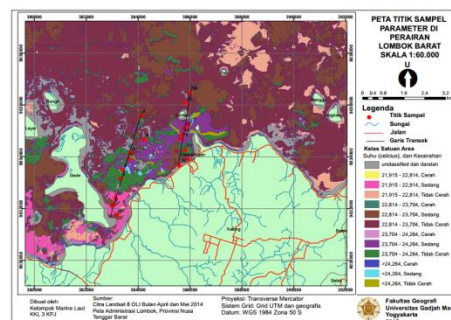
3.3. Metode Pelaksanaan

3.3.1. Pralapangan

a. Pemilihan Parameter Sampling dan Pembuatan Peta Sampel

Parameter yang diekstraksi dari citra Landsat 8 OLI yakni nilai suhu permukaan laut dan nilai kecerahan. Kedua parameter tersebut bersifat dinamis dimana bisa berubah, tetapi penggunaan beberapa citra yang dirata-rata untuk suhu dan kecerahan dapat memberikan informasi yang sesuai untuk dijadikan sebagai parameter untuk sampel di lapangan. Nilai suhu diperoleh dari ekstraksi band 10, sedangkan kecerahan dilihat secara visual pada komposit band 432. Untuk mampu menghasilkan satuan lahan baru dalam menentukan titik sampel dilakukan *overlay* dari 2 parameter tersebut. Masing masing parameter berupa rerata dari *trend* data bulan April dan Mei 2014. Bulan April dan Mei dipilih karena ketiga bulan tersebut yang mewakili rerata musim saat dilakukan lapangan yakni bulan Mei tanggal 16-21.

b. Peta Sampel dan Distribusi Sampel



Gambar 2. Peta Sampel Lapangan

Penentuan titik sampel diambil dari pembuatan peta satuan lahan baru berdasarkan 2 parameter ekstraksi citra yang telah ditentukan sebelumnya. Penentuan titik sampel dilakukan mewakili masing-masing satuan lahan baru. Metode yang digunakan adalah metode *random at line* dengan koridor pelebaran sampel 100 m dari titik koordinat sampel dengan jumlah sampel sebesar 18 yang terdiri dari 9 sampel lapangan dan 9 sampel untuk uji akurasi.

c. Pembuatan checklist lapangan

Checklist lapangan dibuat untuk persiapan pengukuran lapangan agar data yang dikumpulkan lengkap dan tercatat dengan rapi. Checklist mencakup ukuran sampel dari parameter-parameter yang diambil serta checklist kondisi lapangan

3.3.2. *Survei Lapangan*

a. Proses Pengambilan Sampel

Survei lapangan dilakukan untuk memperoleh data yang tidak bisa disadap dari citra dan data sekunder. Survei lapangan didasari atas lokasi sampel yang telah ditentukan pada tahap pra lapangan. Tiap lokasi sampel yang didasari atas satuan lahan akan memiliki karakteristiknya masing-masing. Berikut parameter yang diambil datanya di lapangan:

- Suhu Air
Pengukuran suhu air pada daerah sampel menggunakan alat ukur berupa termometer air pada alat pH meter untuk memperoleh informasi mengenai suhu air aktual.
- Salinitas Air
Refraktometer digunakan untuk mengetahui informasi berupa salinitas air secara aktual pada daerah sampel.
- pH
Penentuan pH air di lapangan menggunakan pH meter untuk mendapatkan informasi pH aktual.
- *Dissolve Oxygen* (DO)

b. Pengukuran Sampel

- Data Lapangan
 - Suhu Permukaan Laut
 - Salinitas
 - pH
 - DO
- Data Lainnya
 - Data Arus

3.3.3. *Pascalapangan*

a. Proses Pembuatan Peta

Peta yang dibuat dibagi berdasarkan jenis parameter yang digunakan. Data arus tidak dipetakan karena berupa satu nilai untuk perairan Sekotong, yaitu sejumlah 17,16419 cm/dt dari total arus tahunan. Sedangkan untuk parameter lainnya digunakan proses regresi antar data lapangan dan regresi antara data lapangan dengan data pengolahan citra yaitu data suhu permukaan untuk menghasilkan nilai baru yang menjadi parameter dalam pemrosesan akhir data. Jika tidak terjadi hubungan kuat maka peta dibuat berdasarkan interpolasi data. Semua data tersebut dikonversi menjadi dalam bentuk vektor karena analisis yang dilakukan menggunakan pemrosesan data vektor.

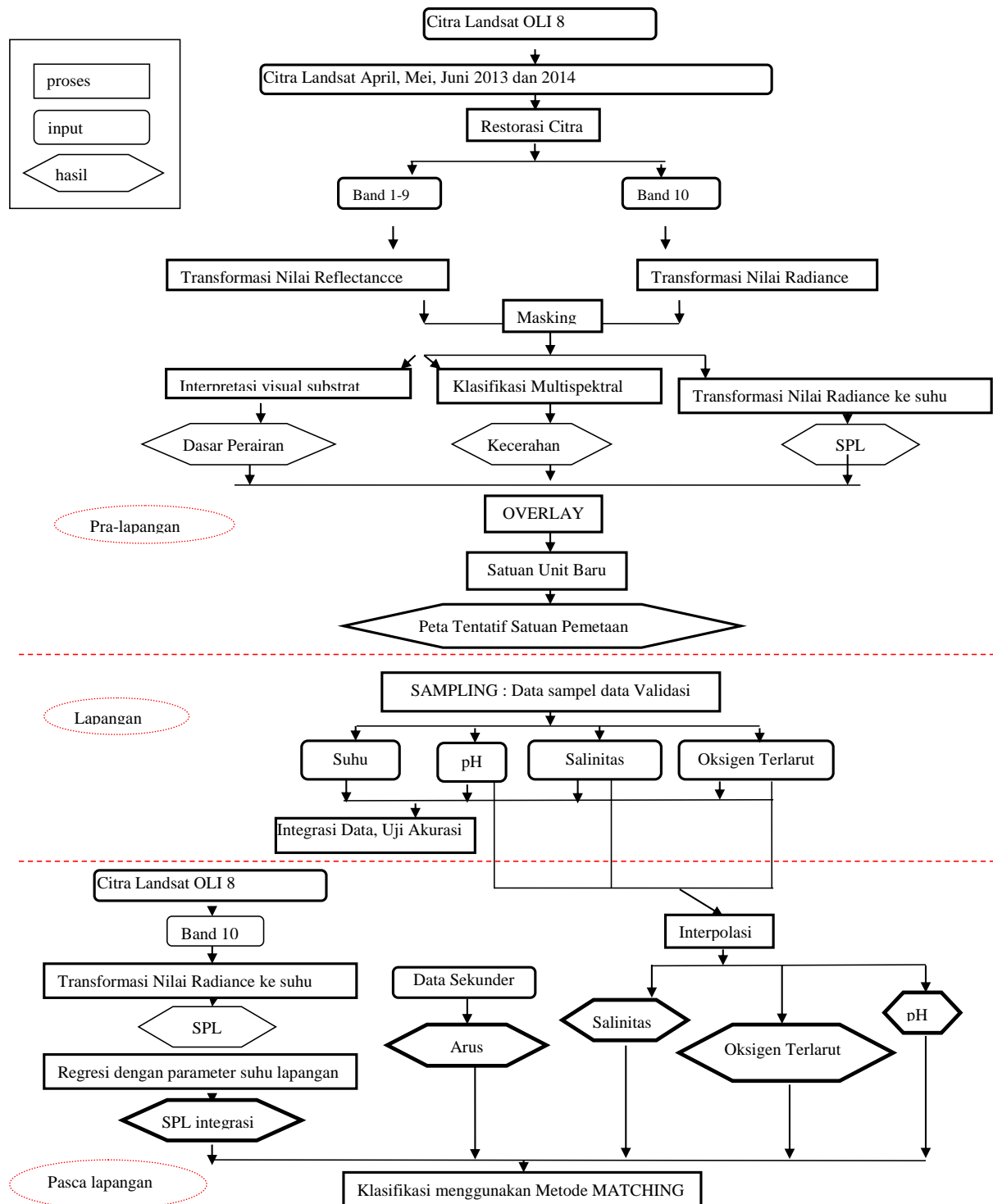
b. Uji Akurasi

Uji akurasi dilakukan berdasar jenis format peta yang diolah, yaitu format raster dan vektor. Format peta raster menggunakan uji akurasi berdasarkan nilai *confidence level* yakni pada parameter suhu, sedangkan format vektor seperti data yang diinterpolasikan menggunakan uji akurasi *confussion matrix* yakni pada data/parameter salinitas.

c. *Matching*

Metode *matching* dilakukan dengan cara membandingkan antara data sampel dengan data pada panduan untuk kualitas air khususnya untuk kesesuaian ikan laut. Metode ini bersifat subyektif. Parameter yang digunakan meliputi kecepatan arus, suhu, salinitas, pH dan DO pada baku mutu berdasarkan Tabel 1 dengan pembagian kelas sangat sesuai, cukup sesuai, sesuai bersyarat, dan tidak sesuai. Hasil dari teknik ini adalah peta kualitas air untuk kesesuaian ikan laut.

3.4 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3. Diagram alir penelitian

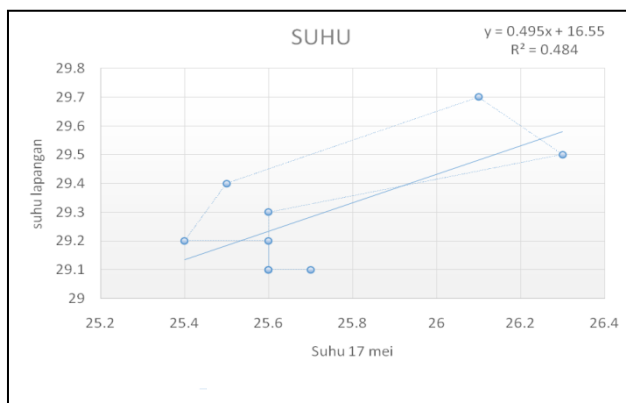
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil akhir dari penelitian ini adalah Peta Kesesuaian Kualitas Air Laut untuk Ikan Laut yang terbagi menjadi 3 kelas utama yakni Kelas Sangat Sesuai, Cukup Sesuai, dan Sesuai Bersyarat.

4.1. Parameter Kualitas Air Laut

Suhu

Nilai suhu yang dijadikan parameter dalam penentuan kesesuaian lingkungan laut merupakan hasil reklasifikasi dari piksel baru hasil dari hubungan antara suhu lapangan dengan suhu yang diekstrak dari citra tanggal perekaman yang dekat dengan hari lapangan. Pengukuran lapangan menghasilkan nilai suhu dengan rentang 29 hingga 29,7°C. Nilai suhu yang diambil ketika lapangan memiliki variasi yang tidak beragam bahkan cenderung konstan berbeda dengan suhu di citra yang memiliki nilai suhu dengan rentang 25 hingga 33 °C. Perbedaan variasi nilai suhu disebabkan karena titik sampel yang berada pada kondisi lingkungan yang masih sama dan tidak pada waktu perekaman yang sama. Titik sampel yang diambil memiliki pola sampling *random at a line*. Pola ini digunakan karena kajian kelautan perlu mempertimbangkan faktor pengaruh arus dan gelombang laut dalam pengambilan sampelnya terutama ketika pengambilan data dilakukan menggunakan kapal. Pengaruh musim dan waktu pengambilan sampel juga menjadi salah satu kemungkinan variasi suhu yang dihasilkan kurang akurat sehingga perlu dilakukan regresi untuk menghasilkan persamaan baru. Hasil dari regresi antar suhu lapangan dan suhu citra menunjukkan hubungan yang kuat, sehingga rumus regresi bisa digunakan untuk menghasilkan nilai suhu baru yang dapat mewakili suhu sebenarnya di lapangan.



Gambar 4. Regresi Suhu Lapangan dengan Suhu Citra

Klasifikasi suhu dibagi menjadi 4 kelas, yaitu kelas sangat sesuai, cukup sesuai, sesuai bersyarat, dan tidak sesuai untuk data yang berada di luar angka tersebut. Berdasarkan hasil diperoleh representasi peta yang hanya menunjukkan satu kelas yaitu cukup sesuai. Suhu menyebabkan peningkatan kecepatan metabolisme dan respirasi organisme air. Suhu yang optimal dapat menyebabkan pertumbuhan ikan secara optimal sedangkan suhu yang rendah dan tinggi dapat menyebabkan kematian ikan.

Uji akurasi suhu dilakukan dengan membandingkan nilai hasil parameter input pemrosesan dengan sampel uji akurasi yang diambil. Sampel yang diambil pada saat lapangan mencakup sampel untuk penentuan nilai parameter serta sampel untuk uji akurasi. Uji akurasi suhu ini menggunakan metode *confidence level value*.

Tabel 2. Confidence Level Value

No	X	Y	suhu Lapangan(T)	Suhu Citra (T')	(T-T')²
1	383697	9033962	29.1	25.6	12.25
2	383705	9034140	29.2	25.6	12.96
3	384346	9034697	29.2	25.4	14.44
4	384070	9035539	29.4	25.5	15.21

Mean	29.28889
Stdev	0.208833
CL95%	0.136435

5	385578	9033684	29.7	26.1	12.96
6	385941	9033900	29.5	26.3	10.24
7	385717	9034839	29.3	25.6	13.69
8	385727	9035147	29.1	25.6	12.25
9	385899	9036067	29.1	25.7	11.56
				Jumlah	115.56
			SE (Standar Error)		4.063074

upper range	29.49772
bottom range	29.08006
max error	13.97203
min error	13.7742
max acc	86.2258
min acc	86.02797

Nilai maksimum akurasi yang besar menyatakan bahwa kesesuaian data input dengan data lapangan cukup baik, parameter suhu sangat cukup mewakili penentuan kelas kesesuaian, karena nilai *confidence level* yang tinggi.

Salinitas

Pengukuran dilakukan di lapangan dengan nilai 30 sampai dengan 35 ppt. Klasifikasi salinitas dibagi menjadi empat yaitu sangat sesuai, cukup sesuai, sesuai bersyarat, dan tidak sesuai yaitu di luar angka tersebut. Berdasarkan rentang nilai pada Tabel 1 terdapat dua kelas kualitas air yaitu sangat sesuai dan cukup sesuai. Nilai salinitas tersebut merupakan salinitas dalam kondisi normal sehingga pertumbuhan ikan laut dapat optimal dengan kualitas air yang sesuai. Nilai salinitas yang sangat rendah dan sangat tinggi dapat menyebabkan mortalitas yang tinggi. Selain itu, mortalitas juga dapat disebabkan oleh kenaikan dan penurunan salinitas secara drastis. Salinitas tersebut dipengaruhi oleh faktor pola sirkulasi air, penguapan, curah hujan, dan aliran sungai. Uji akurasi salinitas menggunakan metode *confusion matrix*. Akurasi hasil interpretasi ditentukan dan dinyatakan dengan *Kappa Coefficient* dengan akurasi minimal 80% (Jensen, 1996).

Dissolved Oxygen (DO)

Kandungan DO di sebagian perairan Lombok Barat diperoleh dari hasil analisis laboratorium. Rentang nilai DO berkisar dari 5,27-6,64 mg/liter. Kadar DO yang berada pada rentang tersebut termasuk kadar yang tinggi. Tinggi rendahnya kadar DO pada perairan dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti kedalaman, semakin dalam perairan maka kadar oksigen terlarut akan semakin berkurang disebabkan oleh berkurangnya proses fotosintesis pada biota laut. Namun selain karena faktor kedalaman, tinggi rendahnya kadar DO pada air laut juga dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti suhu, salinitas, arus dan substrat dasar perairan sehingga ketika kadar DO pada kedalaman perairan yang cukup dalam justru tinggi hal tersebut bisa saja terjadi.

Oksigen memegang peranan penting sebagai indikator kualitas perairan, karena oksigen terlarut berperan dalam proses oksidasi dan reduksi bahan organik dan anorganik. Tinggi rendahnya kandungan DO ini akan berpengaruh terhadap tinggi rendahnya kandungan klorofil-A air laut. Kandungan DO dapat menentukan ketersediaan nutrisi untuk bahan makanan ikan laut dan dapat memberikan kesuburan perairan yang akan mendukung kelangsungan hidup ikan laut. Uji Akurasi DO dilakukan metode *confusion matrix* seperti parameter salinitas dan memenuhi akurasi minimal, sehingga nilainya bisa dipercaya.

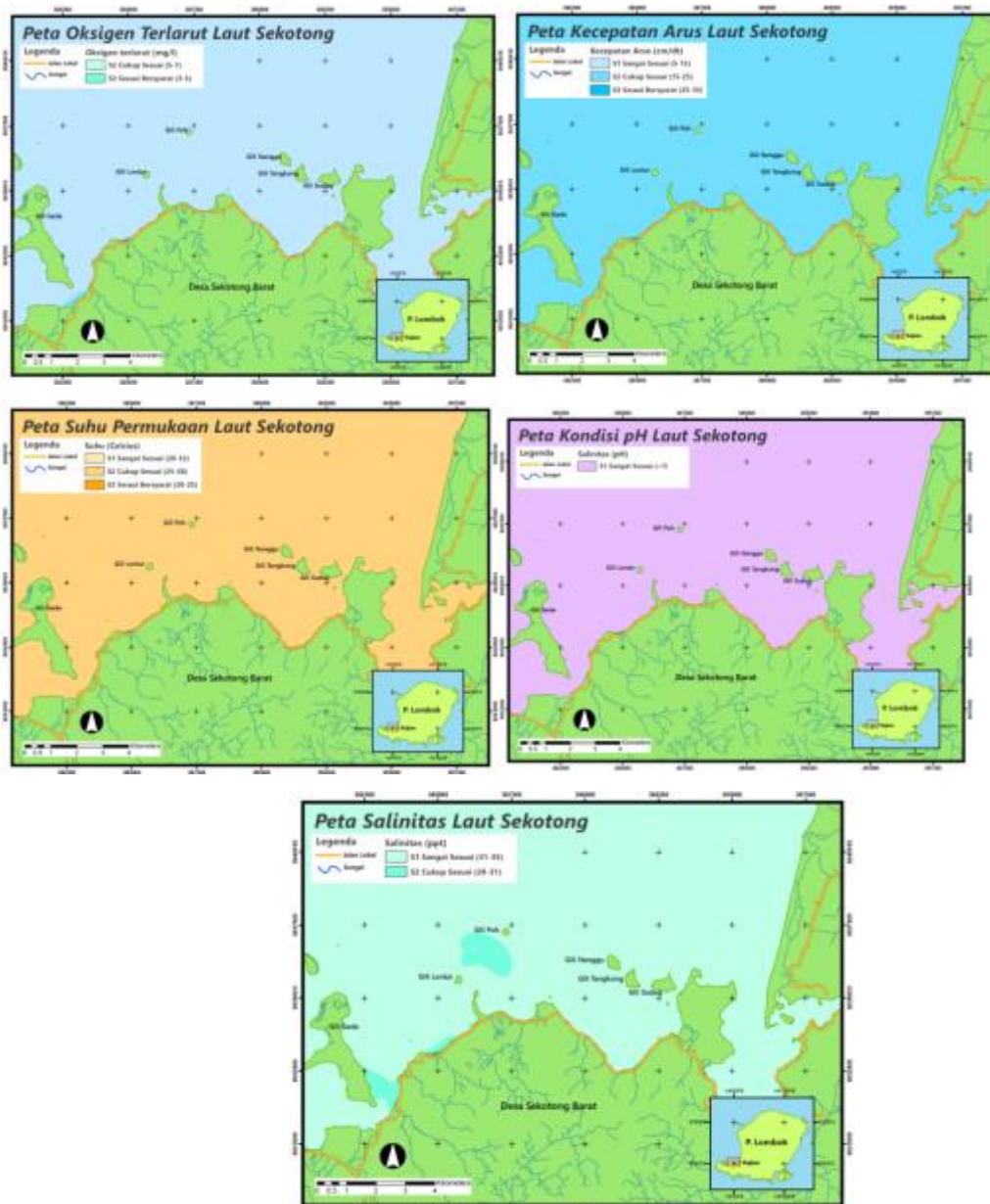
pH

Nilai pH didapatkan dengan pengukuran langsung di lapangan menggunakan alat pH meter. Hasil pengukuran pH dari 18 sampel yang diambil pada daerah kajian sesuai dengan kondisi normal pH pada air laut yang cenderung berada pada nilai 7-8 yang berada pada tingkat normal hingga sedikit basa. Parameter derajat keasaman (pH) sangat berpengaruh terhadap pertumbuhan dan kelangsungan hidup ikan, pada pH rendah (asam < 5) dan pH yang terlalu tinggi (basa, pH > 11) mampu menyebabkan kematian ikan serta tidak terjadinya reproduksi. Nilai pH air laut yang berkisar antara 7-8 menunjukkan kesesuaian yang sangat baik untuk kualitas air ikan laut dimana rentang yang menunjukkan bahwa kualitas pH sangat sesuai adalah rentang > 7. Daerah kajian penelitian daerah Sekotong menunjukkan kondisi pH yang cocok untuk kehidupan ikan laut. pH tersebut mempengaruhi tingkat kesuburan perairan karena mempengaruhi kehidupan jasad renik, jika pH rendah maka DO berkurang dan sebaliknya.

Arus

Data Arus laut dihasilkan dari pengamatan per hari data arus yang dilakukan oleh BMKG, pada kasus ini kantor perekaman berada di Kota Surabaya. Data yang disediakan oleh BMKG berupa data tabel harian, tidak dalam bentuk data spasial. Sehingga pada parameter arus laut didapatkan satu hasil yang diasumsikan

mewakili seluruh daerah kajian, yakni hasil rata-rata perekaman kecepatan arus laut pada tahun 2014. Perhitungan rata-rata dari rekaman harian di tahun 2014 menghasilkan nilai kecepatan arus sebesar 17,16149 cm/dt. Nilai sebesar 17,16149 cm/dt pada rentang arus untuk budidaya ikan laut merupakan nilai yang bisa diterima. Nilai tersebut mampu memenuhi rentang nilai sangat sesuai pada ketentuan yang diacu. Kondisi arus sendiri haruslah seimbang artinya tidak terlalu kuat dan juga tidak terlalu statis. Arus yang sangat kecil akan menyulitkan ikan laut untuk mendapatkan nutrisi, karena bahan organik dari daratan di laut dibawa oleh arus.

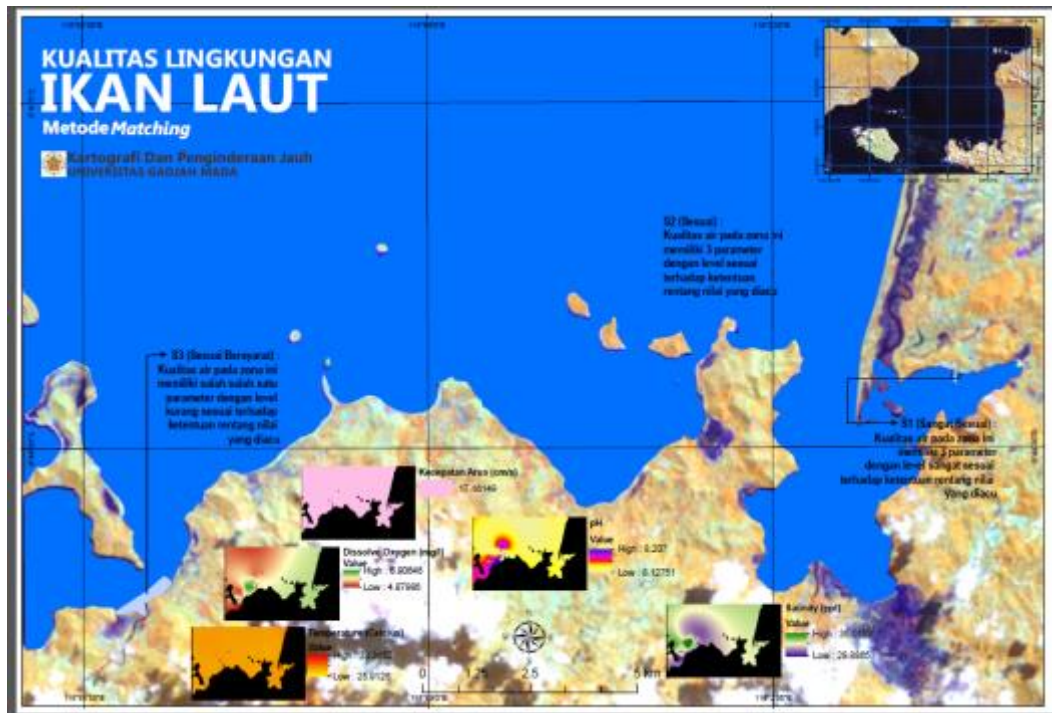


Gambar 5. Peta-peta parameter kesesuaian kualitas air laut untuk ikan laut

4.2 Peta Kualitas Air untuk Kesesuaian Ikan Laut

Peta kualitas air merepresentasikan tiga kelas kesesuaian yaitu S1 (sangat sesuai), S2 (cukup sesuai), dan S3 (sesuai bersyarat). Kelas S1 terdiri dari parameter dominan yang memiliki kelas S1 pada rentang nilainya, yaitu dengan dominan S1 untuk 3, 4, dan 5 parameter. Kelas S2 terdiri dari parameter dominan yang memiliki kelas S2 pada rentang nilainya, yaitu dengan dominan S2 untuk 3, 4, dan 5 parameter. Kelas S3 terdiri dari satu atau lebih kelas S3 pada parameter-parameter yang digunakan. Berdasarkan ketiga kelas tersebut, kelas S2 sangat dominan. Kelas tersebut diperoleh berdasarkan metode *matching* yang bersifat subjektif. Metode tersebut berdasar pada kesesuaian untuk ikan laut, dimana semakin baik kualitas air suatu zona laut maka semakin sesuai lokasi untuk budidaya ikan laut di KJA. Parameter yang paling berpengaruh pada kualitas air adalah parameter kimia karena posisi kajian yang masih berada pada lingkup iklim yang

sama dengan jarak kajian yang tidak terlalu jauh, menambah kuat asumsi bahwa keadaan kimia di suatu lingkungan laut terutama yang saling berhubungan atau bertemu tidak akan jauh berbeda sehingga kelas per parameternya cenderung hampir dominan pada satu kelas.



Gambar 6. Peta Hasil Kelas Kualitas Air untuk Lingkungan Hidup Ikan Laut di Perairan Sekotong

5. KESIMPULAN

1. Integrasi penginderaan jauh dan sistem informasi geografi dengan pengukuran lapangan dapat digunakan dalam menentukan kualitas air untuk kesesuaian lingkungan hidup ikan laut di Keramba Jaring Apung menggunakan metode *matching*.
2. Hasil akhir dari pemnggabungan parameter suhu, arus, salinitas, pH, dan Do menghasilkan peta kualitas air untuk kesesuaian lingkungan hidup ikan laut di KJA dengan tiga kelas yaitu S1 (sangat sesuai), S2 (cukup sesuai), dan S3 (sesuai bersyarat).

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih penulis kepada Bapak dan Ibu Dosen Kartografi dan Penginderaan Jauh yang sudah membimbing kami dan PUSPICS yang telah memberi kesempatan untuk mengikuti rangkaian acara Simposium 2015.

DAFTAR PUSTAKA

- Affan, Junaidi M. 2011. "Seleksi Lokasi Pengembangan Budidaya dalam Keramba Jaring Apung (KJA) Berdasarkan Faktor Lingkungan dan Kualitas Air di Perairan Pantai Timur Kabupaten Bangka Tengah. *Jurnal Sains MIPA Desember 2011 Vol. 17, No.3, Hal.:99-106 ISSN 1978-1873*
- Diersing, Nancy (2009). *"Water Quality: Frequently Asked Questions"*. Florida Brooks National Marine Sanctuary, Key West, FL.
- Jensen, John. 1996. *Introductory Digital Image Processing A Remote Sensing Prespective, second edition*. Prantice Hall Upper Sadle River, New Jersey.
- Lukman dan Hidayat. 2002. "Pembebanan dan Distribusi Organik di Waduk Cirata". *Jurnal Teknologi Lingkungan. P3TL-BPPT. Vol. 3 (2): 129 – 135*.

Pillay T.V.R., 1990. *Aquaculture, Principles, and Practise*. Fishing News Boks. 575 p. Oxford, London, Edinburgh, Cambridge, Victoria.

NOTULENSI DISKUSI SESI GEOGRAFI KESEHATAN DAN LINGKUNGAN

Judul Makalah:

KELAYAKAN HUTAN MANGROVE DI PANTAI TIRIS DESA PABEAN ILIR KEC. PASEKAN KABUPATEN INDRAMAYU SEBAGAI KAWASAN EKOWISATA MANGROVE YANG BERKELANJUTAN

Sodikin

Pertanyaan Oleh: Kamal, Fakultas Geografi UGM

Penelitian di Prancak Bali, meneliti apakah ada satu area mangrove yg rusak ditanami dengan spesies tertentu, apakah benar-benar merestorasi ekosistem, ternyata ketika ditanam dengan tanaman yang sama memang bagus tapi dari fungsi ekosistem tidak balik, karena ketika ada zonasi dari darat ke laut terbentuk secara langsung oleh pasang surut, ketika diganti oleh tanaman tertentu bagus untuk mata tapi untuk ekosistem belum tentu. Sudah adakah penelitian tentang hal tersebut ?

Jawaban:

Terkait dg kesesuaian lahan, tanam mangrove harus memperhatikan kondisi dan zonasi yg layak lainnya, dlm restorasinya perhatikan aspek fisik lainnya. Menyesuaikan dg atmosfer Indonesia, mencoba menyesuaikan dg kondisi lahan, persenografi pasang surut. Banyak penanaman yg penting tanam tidak memperhatikan yg lain, tidak ada pemeliharaan selanjutnya hanya tanam saja. Adopsi ttg PJ untuk penelitian selanjutnya. Ketika wisatawan dtg lokasi tsb daerah tsb layak utk apa. Penelitian yg skrg belum sampai tahap situ, tp akan dilanjutkan.

Judul Makalah:

POLA SPASIAL PERSEBARAN PENYAKIT TB PARU DI KOTA MALANG

Endang Surjati

Pertanyaan Oleh: Muji, Geoinfo UGM

Bagaimana posisi rumah penderita sakit TB , apakah didatangi satu persatu untuk penelitian ini ?

Jawaban:

Pengambilan data penyakit tidak didatangi semuanya melainkan dilakukan sampling yaitu dengan mengambil sampel data yang diperoleh dari Puskesmas daerah kajian, dengan alasan Puskesmas daerah kajian tersebut merupakan instansi yang lebih dekat ke penderitanya

Pertanyaan Oleh: Jefri Ferliande, Teknik Lingkungan ITB

Analisis pola spasial menggunakan geostatistik, dalam geostatistik terdapat banyak metode, mengapa hanya menggunakan NNA saja ? Apa datanya merupakan data normal sehingga yang digunakan metodenya NNA? Walaupun analisis dilakukan secara statistik

spasial tp distribusi normal, biasanya hasil akan jauh lebih baik jika menggunakan data berdistribusi normal.

Jawaban:

Penggunaan metode NNA dinilai lebih tepat dalam studi kasus ini dikarenakan simbol dari data penyakit ini ditampilkan dalam simbol titik. Simbol titik dinilai lebih tepat dalam menggambarkan penyakit. Untuk mengetahui datanya, ada rumusnya sendiri yaitu rumus spatial statistik untuk melihat standar errornya.

Judul Makalah:

PEMANFAATAN CITRA GEOEYE – 1 DAN SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS
UNTUK PEMODELAN SPASIAL RISIKO PENYAKIT DIARE AKUT PADA BALITA
DI KECAMATAN MOYUDAN, KABUPATEN SLEMAN

Erika Yuliantari, Prima Widayani

Pertanyaan Oleh: Hanif, UIN Surabaya

Apa urgensi dari penelitian anda dan apa yang bisa dijadikan rekomendasi oleh pemerintah?

Jawaban:

di Kec Moyudan, masih banyak warga warga yg menggunakan jamban cembung. Warga belum sadar bahaya penyakit diare, khususnya balita. Perlu ada sosialisasi dari Puskesmas maupun dinas terkait sebagai tindak lanjut untuk mengatasi masalah ini.

Saran Oleh: Mujiyanto, Litbang

Data RISKESDAS th 2013: salah satunya ada blog pertanyaan yang memuat sanitasi : penggunaan jamban WC cemplung, leher angsa dsb, rekomendasi / saran untuk puskesmas daerah penelitian bagaimana ? Balita ada banyak faktor selain jamban, bs dari personal hygiene dari si ibunya juga, bisa dijadikan pertimbangan tambahan untuk kasus penyakit ini

Saran Oleh: Yosef, BIG

Berani untuk bicara lebih luas lagi, kalau ini ditulis kembali dg bahasa yg lebih rapi dan baik bisa di publish ke jurnal internasional bisa untuk penelitian lanjutan. Tidak hanya sampai pada kesimpulan tapi bisa ditambahkan saran terkait bagaimana seharusnya sanitasi di tempat tersebut, tidak hanya diare tapi bisa ke penyakit lain seperti hepatitis A. Aspek sosial belum dimasukkan, dari penelitian anda masyarakat terkesan tidak peduli dengan kesehatan dilihat dari jamban ada yang masih menggunakan jamban cemplung. Nilai positif bagaimana kita memanfaatkan penelitian tersebut lebih dalam lagi sehingga penelitiannya bisa dimanfaatkan oleh banyak orang.

Judul Makalah:

DISTRIBUSI SPATIAL NYAMUK TULAR PENYAKIT BERDASARKAN
BENTANGLAHAN DI KABUPATEN DONGGALA DAN SIGI PROVINSI
SULAWESI TENGAH

Mujiyanto, Rosmini, Jastal, Triwibowo A.G

Pertanyaan Oleh: Hamim, KPJ 2010

Untuk kajian lebih lanjut, bisa digunakan analisis zonal dimana bisa digunakan statistik zona untuk mengkaji karakteristik zonanya, ketinggian dll bisa dikaji lebih ke arah kuantitatif, punya peluang mengkaji per bentuklahan biar bisa dianalisis per BL, untuk melihat keberagaman, melihat kemiringan lerengnya juga bagaimana.

Jawaban:

Data yang disajikan masih sangat terbatas, untuk sampai ke landform belum spesifik dilakukan, hanya beberapa yg sudah jelas. Nantinya akan dianalisis lebih lanjut untuk penelitian selanjutnya.

Judul Makalah:

APLIKASI PENGINDERAAN JAUH DAN SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS
UNTUK PENENTUAN KUALITAS AIR DI PERAIRAN SEKOTONG, LOMBOK
BARAT

*Ade Intan P, Anggun Detrina N, Hafidh Alfian A, Kusuma Wardani L, Widyanissa
Rahmayani, Yan Nur Hidayat*

Pertanyaan Oleh: Dirga Daniel, WWF

Ikan laut yg diteliti ikan laut apa ? karena akan mempengaruhi parameter yg digunakan. Sesuai Bersyarat itu kriterianya yang bagaimana ? parameter apa saja yang masuk S3 (sesuai bersyarat) ?

Jawaban:

Habitat yg dimaksud : tidak membatasi jenisnya, hanya melakukan penelitian ikan laut scr umum saja. (Masukan : lain kali dibatasi, rangenya cukup besar). Sesuai bersyarat : S3 diluar dari S1 dan S2, rentang berbeda, S3 diluar dari S1 dan S2.

Pertanyaan Oleh: Yosef Prihanto, BIG

(1) Judul dan Isi dari Penelitian kurang nyambung antara awal dan akhirnya. Di Abstract disebutkan bahwa kronologi penelitian adalah banyak keramba yang ada di lokasi kajian, sehingga ditakutkan akan merubah kualitas air, tetapi di belakang justru malah lebih mengkaji terkait kesesuaian air untuk kerambanya. Kesannya yg tidak punya keramba tidak boleh membuat keramba disitu. (2) Mengingatkan penelitian yang dilakukan bukan kualitatif tetapi kuantitatif. Sesuatu yang tidak muncul angkanya maka bisa dikuantitaskan datanya. Tidak bisa menilai kualitatif maupun kuantitatifnya bagaimana, pendekatan yang digunakan harus memilih salah satu. Pendekatan penelitian anda adalah kuantitatif. (3) Menggunakan band berapa untuk citra Landsat ? dari penjelasan digunakan 432 dan band

10 apa alasannya ? Karena pada dasarnya kualitas perairan akan lebih sesuai jika mengamati dengan menggunakan band 2. Dengan menggunakan band ini warna biru bisa menembus ke laut kalau kondisi perairan sangat baik. Matahari mampu masuk ke kedalaman air tidak ? Kekeruhan air, band 2 tidak tembus kalau air keruh.

Jawaban:

Band yang digunakan adalah 432, alasannya adalah untuk membedakan darat dan lautnya saja karena dalam membedakan darat dan laut lebih mudah menggunakan komposit *true colour*.

Saran:

Bisa menggunakan komposit apa saja, lebih baik menggunakan band 2 yang lebih dimanfaatkan, dengan alasan band 2 lebih peka untuk melihat objek air. Band 2 juga sangat jarang digunakan, mubazir kalau dengan data yang kualitasnya sudah bagus tetapi yang digunakan hanya *true colour* saja untuk melihat perbedaan objeknya.

EVALUASI LAHAN DAN AKUISISI DATA

R3C - RUANG KULIAH 1 PUSPICS,
25 NOVEMBER 2015 (15.00 – 16.15)

053 EVALUASI KESESUAIAN LAHAN UNTUK TANAMAN
KEDELAI MENGGUNAKAN *MULTI-CRITERIA ANALYSIS* DI
KECAMATAN PUJUT, LOMBOK TENGAH, NUSA
TENGGARA BARAT

*Arnellya Fitri, Aziz Wahyu Kuncoro, Desi Ariska Putri, Dian Resti
Mawarni, Faisal Ashaari, Ima Rahmawati, M Radito Pratomo*

102 INTEGRASI SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS DENGAN
SUMBERDAYA LAHAN UNTUK PENENTUAN TINGKAT
KEKRITISAN DAERAH ALIRAN SUNGAI NGALANG,
KABUPATEN GUNUNG KIDUL

*Yoesep Budianto, Rusma Prima R, Umma Iltizam, Nia Kurniawati,
Dwi Nofiana G.P, Lailatus Syukriyah*

035 PEMOTRETAN UDARA DENGAN UAV UNTUK
MENDUKUNG KEGIATAN KONSERVASI KAWASAN
GUMUK PASIR PARANGTRITIS

Edwin Maulana, Theresia Retno Wulan

018 STUDI PERUBAHAN PENUTUP LAHAN TERHADAP
PERUBAHAN DEBIT PUNCAK DI DAS WOSEA

Bayu Raharja, Muhammad Fauzi, Nur Fathurrahman A

EVALUASI KESESUAIAN LAHAN UNTUK TANAMAN KEDELAI MENGUNAKAN MULTI-CRITERIA ANALYSIS DI KECAMATAN PUJUT, LOMBOK TENGAH, NUSA TENGGARA BARAT

Ima Rahmawati¹, Arnellya Fitri¹, Aziz Wahyu Kuncoro¹, Desi Ariska Putri¹, Dian Resti Mawarni¹,
Faisal Ashaari¹, M Radito Pratomo¹

¹Mahasiswa S-1 Program Studi Kartografi dan Penginderaan Jauh Fakultas Geografi UGM

*Corresponding author: ima.rahmawati@mail.ugm.ac.id

ABSTRAK

Salah satu komoditas tanaman pangan yang banyak dikonsumsi oleh masyarakat Indonesia adalah kedelai. Tanaman kedelai merupakan komoditi unggulan yang dikembangkan di Provinsi Nusa Tenggara Barat. Tahun 2014, Provinsi NTB menjadi penghasil kacang kedelai terbesar ketiga se-Indonesia. Hal ini menjadikan Provinsi NTB melakukan swasembada tanaman kacang kedelai, khususnya Kabupaten Lombok Tengah. Kecamatan Pujut merupakan salah satu sentra penghasil kedelai dengan luas lahan tanam yang terbesar di Lombok Tengah. Namun hasil produksi kedelai tidak jauh berbeda dengan kecamatan lainnya yang memiliki luas lahan tanam sedikit. Tujuan penelitian ini untuk melakukan evaluasi kesesuaian lahan, pemetaan kesesuaian lahan dan mengetahui hasil probabilitas model dari *Multi-Criteria Analysis (MCA)* untuk kesesuaian lahan tanaman kedelai. Analisis ini perlu dilakukan untuk meningkatkan produktivitas tanaman kedelai. Jika budidaya tanaman kedelai tidak memperhatikan kesesuaian lahan dapat menyebabkan penurunan tingkat produktivitas, kualitas lahan dan degradasi lahan dalam jangka waktu yang lama. Evaluasi kesesuaian lahan yang dilakukan dengan metode *MCA* menggunakan beberapa parameter dari karakteristik lahan. Karakteristik lahan yang digunakan sebagai parameter kesesuaian lahan untuk tanaman kedelai meliputi lereng, tekstur tanah, kedalaman efektif tanah, drainase tanah, dan derajat keasaman (pH). Karakteristik lahan diperoleh dari ekstraksi citra Landsat 7 ETM+, peta geologi dan hasil kerja lapangan. Metode *MCA* menghasilkan tingkat probabilitas kesesuaian lahan melalui analisis korelasi antara karakteristik lahan dan data produktivitas kedelai. Hasil analisis menunjukkan lahan di Kecamatan Pujut yang sangat sesuai untuk tanaman kedelai (S1) sebesar 48,491%, cukup sesuai (S2) sebesar 5,596%, sesuai marginal (S3) sebesar 20,541%, tidak sesuai (N1) sebesar 24,974%, dan sangat tidak sesuai (N2) sebesar 0,397%.

KATA KUNCI: Kedelai, *Multi-Criteria Analysis*, Karakteristik lahan, Produktivitas, Kesesuaian Lahan

1. PENDAHULUAN

Salah satu tanaman pangan yang berpotensi untuk dibudidayakan adalah kacang kedelai. Kacang kedelai menjadi permintaan makanan olahan yang tinggi untuk dikonsumsi sehari-hari, selain tanaman padi dan jagung. Provinsi Nusa Tenggara Barat merupakan penghasil kacang kedelai terbesar ketiga se-Indonesia pada tahun 2014. Pada tahun 2014, Provinsi Nusa Tenggara Barat melakukan swasembada tanaman kedelai khususnya di Kabupaten Lombok Tengah yang menjadi sentra tanaman kedelai. Namun, target swasembada belum tercapai pada tahun 2014 walaupun lahan untuk media tanam kedelai di Kabupaten Lombok Tengah cukup luas (skalanews.com, 2014).

Media tanam kedelai di Lombok Tengah menggunakan lahan kering pada musim kemarau dan sawah tadah hujan atau sawah irigasi pada saat musim penghujan. Kecamatan Pujut merupakan salah satu kecamatan yang memiliki hasil produksi kedelai tertinggi di Lombok Tengah dengan ketersediaan lahan tanam kedelai yang cukup luas. Menurut data Badan Pusat Statistik (BPS) tahun 2014 mengatakan bahwa jumlah produksi tanaman kedelai yaitu 49.153,4 Kw dengan luas lahan tanam 17.426 Ha. Permasalahan yang ada disana antara lain pemanfaatan lahan yang belum optimal, gagalnya target swasembada tanaman kedelai, cara pengolahan dan tingkat kesesuaian lahan yang kurang sesuai dengan peruntukannya. Kajian mengenai kesesuaian lahan tanaman kedelai berdasarkan kualitas lahannya perlu dikaji agar menghasilkan tingkat kesesuaian lahan sesuai dengan peruntukannya.

Penelitian kesesuaian lahan untuk pertanian selama ini sering menggunakan metode *matching* (mencocokkan parameter dengan kelas kesesuaian) maupun metode *skoring* (pemberian bobot untuk tiap parameter). Kedua metode tersebut kurang memperhatikan kondisi eksisting dari lahan dan cenderung bersifat subjektif dalam pemberian skor. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui probabilitas kesesuaian

lahan tanam kedelai menggunakan metode *Multi-Criteria Analysis* (MCA) untuk memberikan hasil nilai kesesuaian lahan yang mempertimbangkan kondisi sesungguhnya di lapangan.

2. DAERAH KAJIAN

Daerah penelitian berada di Kecamatan Pujut, Kabupaten Lombok Tengah, Provinsi Nusa Tenggara Barat. Berdasarkan letak absolut berada di 414289 s/d 434561 mT dan 9032254 s/d 9009946 mU. Secara umum, Pujut memiliki topografi yang bervariasi dari datar hingga berbukit dengan kondisi lahan dominan kering. Adanya hal tersebut, membuat matapencarian petani berupa pertanian lahan kering salah satunya kedelai yang menjadi komoditi andalan di Kecamatan Pujut.



Gambar 1. Peta Administrasi Kecamatan Pujut

3. DATA DAN METODE

3.1 Data

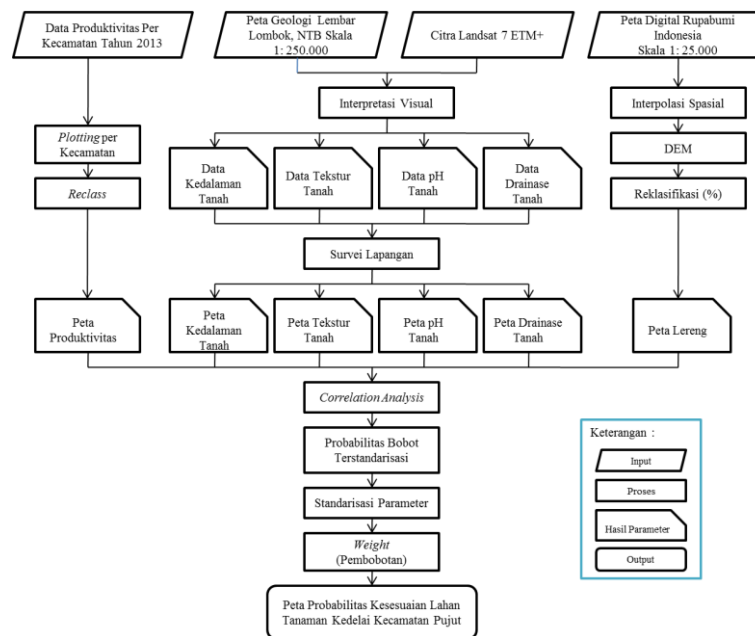
Berikut alat yang digunakan dalam penelitian ini, antara lain:

1. Seperangkat komputer/PC
2. *Software* ArcGis 10.2
3. Ms.Office 2010
4. *Software* SPSS
5. Perlengkapan lapangan; *Global Positioning System* (GPS), *Soil test kit* dan bor tanah, *Abney level*, Kamera digital dan Alat tulis.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain:

1. Citra Landsat 7 ETM+ wilayah kajian Kecamatan Pujut
2. Peta Digital Rupabumi Indonesia Lembar 1807-212, 1807-214, 1807-221, dan 1807-223
3. Data Produktivitas Tanaman Kedelai Kecamatan Pujut Tahun 2013
4. Peta Geologi Lembar Lombok, NTB
5. Checklist Lapangan

3.2 Metode



Alur penelitian yang dilakukan terdiri dari beberapa tahapan, antara lain tahap persiapan, tahap kerja lapangan, dan tahap analisis data.

Tahap Persiapan

- Melakukan kajian pustaka atau studi literatur terkait tanaman kedelai dan metode *Multi-Criteria Analysis* yang akan digunakan.
- Melakukan interpretasi dan ekstraksi parameter dari data penginderaan jauh dengan bantuan peta geologi.
- Menentukan berbagai parameter yang akan digunakan sesuai dengan studi literatur yang telah dilakukan sebelumnya.
- Menyiapkan berbagai alat dan bahan serta data yang dibutuhkan selama kegiatan penelitian berlangsung.
- Menentukan titik sampel dengan metode *purposive sampling* di lokasi penelitian sehingga dapat mewakili populasi di lapangan.
- Pembuatan peta tentatif tiap parameter kesesuaian lahan kedelai.

3.2.1 Tahap Kerja Lapangan

Tahapan kerja lapangan dilakukan untuk memperoleh data yang tidak bisa diekstraksi dari citra penginderaan jauh dan data sekunder, serta melakukan pengecekan parameter yang digunakan untuk menentukan kesesuaian lahan yang diperoleh dari hasil pengolahan citra dan data parameter fisik. Kegiatan kerja lapangan dilakukan dengan mengunjungi lokasi titik sampel yang telah ditentukan sebelumnya menggunakan metode *purposive sampling*. Parameter yang dilakukan pengukuran di tiap titik sampel antara lain drainase tanah, tekstur tanah, kemiringan lereng, kedalaman efektif dan derajat keasaman (pH).

3.2.2 Tahap Pasca Lapangan

- Membuat peta untuk masing-masing parameter kesesuaian lahan dengan menggunakan data hasil cek uji lapangan dan hasil pengukuran parameter fisik di lapangan.
- Membuat peta kesesuaian lahan tanaman kedelai berdasarkan hasil uji lapangan dan hasil pengukuran lapangan dengan metode *Multi Criteria Analysis* (MCA) yang meliputi korelasi, standarisasi hasil korelasi, standarisasi parameter, dan *weight* (pembobotan).
- Analisis dan evaluasi terkait kesesuaian lahan tanaman kedelai.

3.3 Penelitian Sebelumnya

Nama Penulis	Tahun Penulisan	Judul
Setiawan	2003	Aplikasi SIG untuk Kesesuaian Lahan Budidaya Tembakau Virginia Kabupaten Ngawi, Jawa Timur
Nuryanti	2004	Aplikasi PJ dan SIG untuk Estimasi Kesesuaian Lahan Tanaman Salak Pondoh di Kecamatan Turi Sleman
Mardawilis	2011	Evaluasi Kesesuaian Lahan untuk Pengembangan Tanaman Kedelai (<i>Glycine max. L</i>) pada Beberapa Type Klasifikasi Tanah
Wirasakti	2012	Multi Criteria Analysis untuk Pemetaan Kesesuaian Lahan Perkebunan Tembakau di Kabupaten Temanggung Jawa Tengah

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil yang didapatkan dari penelitian ini ialah mengenai evaluasi kesesuaian lahan untuk tanaman kedelai dan perbandingan hasil kesesuaian dengan kondisi aktual produktivitas lokasi kajian.

4.1 Karakteristik Fisik

Karakteristik fisik lahan yang digunakan, antara lain, adalah lereng, tekstur, drainase, kedalaman efektif tanah, dan pH.

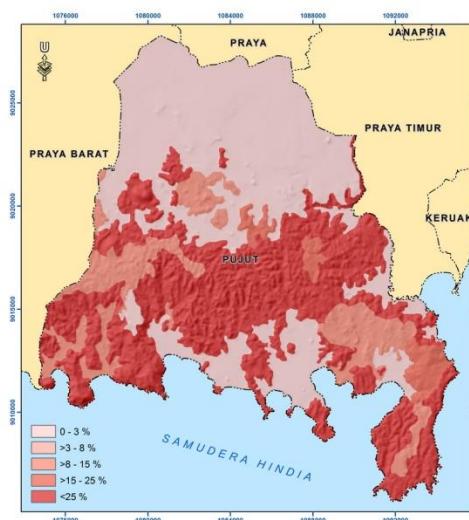
4.1.1 Lereng

Kondisi lereng yang sesuai untuk tanaman kedelai berupa lereng yang datar. Lereng berhubungan dengan tingkat pengolahan. Semakin datar maka semakin sesuai, sebaliknya kondisi semakin lereng terjal maka semakin tidak sesuai. Kondisi lereng pada wilayah Kecamatan Pujut sangat heterogen. Berdasarkan peta parameter persebaran lereng datar ($< 3\%$) berada di bagian utara sedangkan persebaran lereng berbukit berada di bagian selatan ($>25\%$).

Tabel 1. Klasifikasi lereng

Presentase Lereng	Kode Lereng	Luasan Wilayah
0– 3 %	5	9.958,232 Ha
>3 – 8 %	4	963,522 Ha
>8 – 15 %	3	2.076,913 Ha
>15 – 25 %	2	801,248 Ha
<25 %	1	9.916,420 Ha

Sumber: Hardjowigeno 2007 dan analisis data 2015



Gambar 2. Peta Lereng Kecamatan Pujut

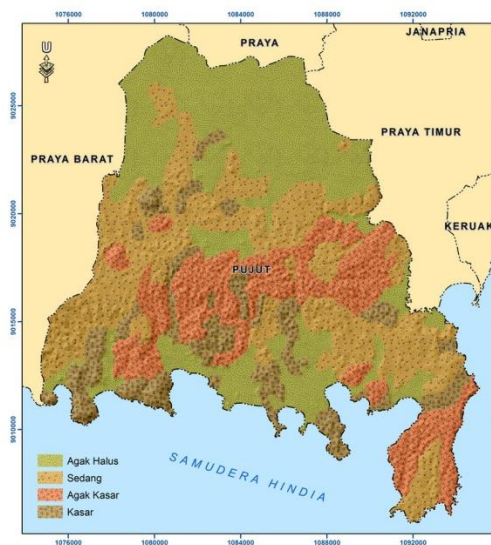
4.1.2 Tekstur tanah

Tekstur tanah yang berbeda mampu memberikan pengaruh kemampuan tanah dalam mengikat unsur hara sehingga secara implisit berkaitan dengan kesuburan tanah. Tekstur tanah yang sesuai untuk tanaman kedelai berupa tekstur yang sedang. Kondisi tersebut bersifat spesifik untuk tanaman lahan kering. Tanaman kedelai yang berada pada tekstur semakin halus dan semakin kasar tidak mampu tumbuh secara optimal (sumber) karena tingkat kesesuaian rendah.

Tabel 2. Klasifikasi tekstur tanah

Tekstur Tanah	Kode Tekstur	Luas Wilayah
Lempung, Lempung Liat Berpasir, Lempung Berdebu, Debu, Lempung Liat, Lempung Liat Berdebu	5	8.564,214 Ha
Liat Berpasir, Lempung Berpasir, Liat	4	11.037,596 Ha
Pasir Berlempung, Liat Berdebu, Liat Berstruktur	3	3.515,237 Ha
Tidak berlaku	2	-
Kerikil dan Pasir	1	599,660 Ha

Sumber: Hardjowigeno 2007 dan analisis data 2015



Gambar 3. Peta Tekstur Tanah Kecamatan Pujut

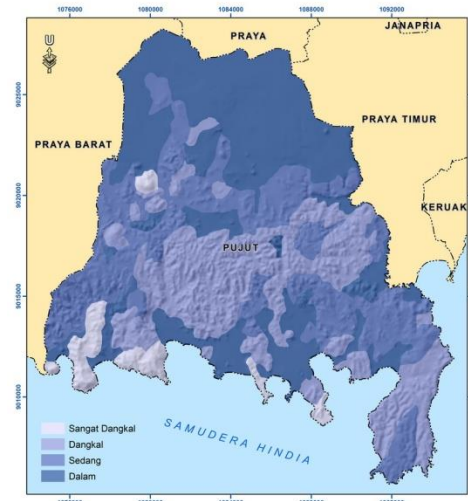
4.1.3 Kedalaman efektif tanah

Parameter kedalaman efektif tanah digunakan sebagai parameter pelengkap dari kesesuaian topografi. Kedalaman efektif dapat menjelaskan perbandingan terbalik dengan parameter kesesuaian topografi. Semakin terjal dan berbukit topografi suatu lahan maka kedalaman efektif akan semakin dangkal. Sebaliknya semakin datar maka semakin dalam kedalaman efektifnya. Semakin dalam kedalaman efektif maka kesesuaian lahan kedelai semakin tinggi begitu juga sebaliknya. Namun, hal ini mempertimbangkan pengaruh erosi dan transportasi secara subjektif.

Tabel 3. Klasifikasi kedalaman tanah

Kedalaman Efektif Tanah (cm)	Kode	Luas Wilayah
< 50	5	1.872,578 Ha
>30 – 50	4	4.273,092 Ha
>20 – 30	3	3.749,610 Ha
>15-20	2	4.802,804 Ha
< 15	1	9.018,624 Ha

Sumber: Hardjowigeno 2007 dan analisis data 2015



Gambar 4. Peta Kedalaman Tanah Kecamatan Pujut

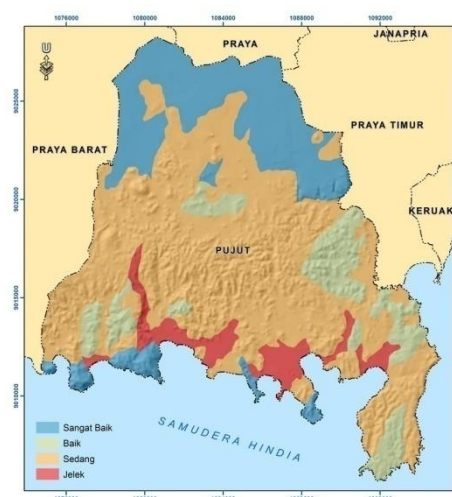
4.1.4 Drainase tanah

Kondisi drainase tanah yang paling sesuai untuk tanaman kedelai terdapat pada kelas drainase dari baik dan sedang. Drainase tanah yang baik untuk kesesuaian kedelai ialah drainase sedang. Ciri-ciri drainase memiliki peredaran udara yang baik dalam tanah, air mudah meresap ke dalam tanah tetapi massa tanah hanya dalam keadaan lembab dan tidak pernah jenuh air.

Tabel 4. Klasifikasi drainase tanah

Drainase Tanah	Kode	Luas Wilayah
Baik, Sedang	5	599,6600 Ha
Agak cepat	4	11.716,12 Ha
Terhambat, Agak Terhambat	3	6.390,408 Ha
Tidak Berlaku	2	4.798,589 Ha
Sangat Terhambat, Cepat	1	211,9320 Ha

Sumber: Hardjowigeno 2007 dan analisis data 2015



Gambar 5. Peta Drainase tanah Kecamatan Pujut

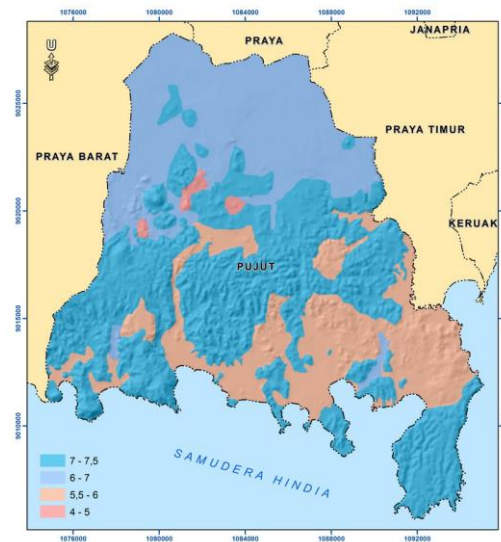
4.1.5 Derajat Keasaman (pH)

Kondisi pH yang baik untuk kesesuaian lahan kedelai adalah pH yang normal, sedikit asam dan sedikit basa. Kondisi pH berhubungan dengan drainase tanah. Drainase yang buruk menghasilkan wilayah yang sangat basa. Kondisi yang mudah tergenang tersebut meningkatkan aktivitas pencucian tanah sehingga unsur hara tanah banyak menghilang. Akibatnya kurang baik untuk kesesuaian hidup kedelai.

Tabel 5. Klasifikasi derajat keasaman (pH)

Drainase Tanah	Kode	Luas Wilayah
6,0 – 7,0	5	6.390,408 Ha
>7,0 – 7,5 atau >5,5 – 6,0	4	11.716,120 Ha atau 5.398,248 Ha
>7,5 – 8,0 atau >5,0 – 5,5	3	-
>8,0 – 8,5 atau >4,0 – 5,0	2	211,932 Ha
>8,5 atau >4,0	1	-

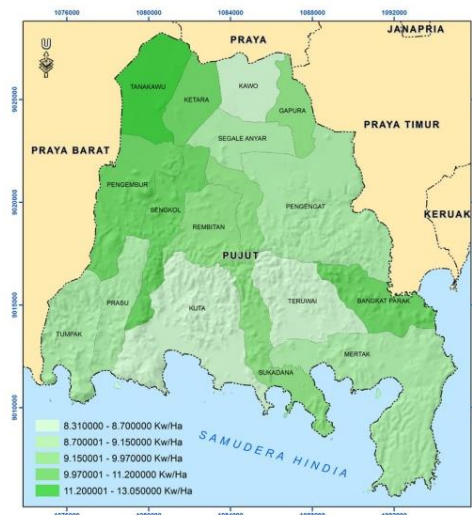
Sumber: Hardjowigeno 2007 dan analisis data 2015



Gambar 6. Peta Derajat Keasaman Kecamatan Pujut

4.2 Produktivitas Tanaman Kedelai

Produktivitas adalah besarnya produksi dalam satuan berat di lahan dengan luas tertentu dalam suatu kurun waktu. Produktivitas sebagai data sekunder yang digunakan sebagai acuan tingkat kesesuaian lahan. Asumsi yang dibangun, semakin tinggi produktivitas menunjukkan lahan tersebut sesuai untuk ditanami kedelai dalam kondisi semua lahan diperlakukan sama. Produktivitas tanaman kedelai pada tahun 2013 di Kecamatan kedelai menunjukkan rentang 8,31 – 13,05 Kw/Ha. Data produktivitas kedelai dilakukan klasifikasi menjadi 5 kelas dengan metode *natural break*. Klasifikasi dilakukan untuk mengetahui korelasi terhadap parameter fisik untuk mendapatkan nilai probabilitas kesesuaian lahan. Nilai probabilitas kesesuaian lahan memberikan gambaran terkait lokasi berdasarkan tingkatan kesesuaiannya.



Gambar 7. Peta Klasifikasi Produktivitas Tanaman Kedelai Kecamatan Pujut Tahun 2013

4.3 Hubungan karakteristik fisik lahan dengan produktivitas

Hubungan karakteristik fisik dengan produktivitas diketahui dengan analisis korelasi untuk mendapatkan hasil akhir berupa nilai probabilitas pengaruh setiap parameter terhadap kesesuaian lahan untuk tanaman kedelai. Hasil korelasi berupa nilai koefisien kontingensi yang digunakan sebagai bobot tiap parameter. Setiap parameter dianggap memiliki pengaruh yang berbeda-beda sejak awal. Hasil nilai koefisien kontingensinya tergolong rendah yaitu dibawah 0,5. Korelasi yang lemah disebabkan batasan kelas produktivitas menggunakan batas administrasi. Batas administrasi tidak mempertimbangkan persebaran nilai produktivitas pada lokasi sebenarnya.

Nilai koefisien ini digunakan untuk bobot yang kemudian dilakukan proses standarisasi dengan rentang 0-1. Standarisasi dilakukan untuk menyesuaikan terhadap probabilitas tiap parameter. Hasil analisis statistik menunjukkan urutan karakteristik yang paling berpengaruh sampai lemah yaitu kedalaman efektif, drainase tanah, lereng, tekstur tanah, dan pH. Faktor kedalaman efektif memiliki pengaruh yang lebih rendah terhadap nilai kesesuaian lahan tanam kedelai dibandingkan dengan faktor derajat keasaman.

Tabel 6. Bobot Karakteristik Lahan

Parameter	Bobot	Standarisasi
pH	0.388	0.206
Tekstur	0.314	0.166
Lereng	0.376	0.199
Drainase	0.373	0.198
Kedalaman efektif tanah	0.436	0.231
Total	1.887	1

Sumber: Analisis korelasi Chi-Square 2015

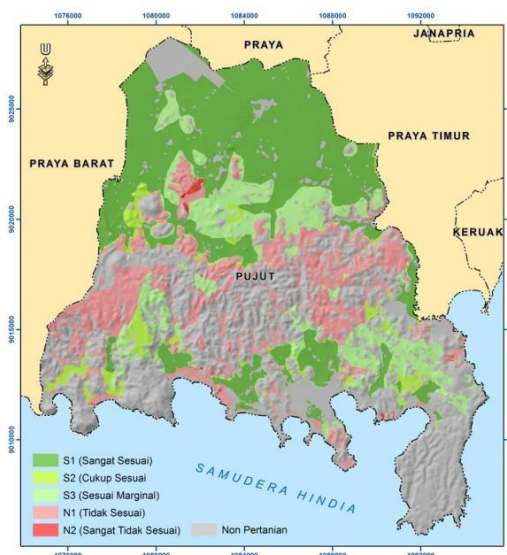
Setelah analisis statistik, dilakukan proses *Multi Criteria Analysis* dengan *overlay* tiap karakteristik fisik beserta bobot. Bobot tinggi apabila bertemu dengan nilai kode yang tinggi tiap karakteristik fisik akan menghasilkan nilai mendekati 1 yaitu sangat sesuai dan sebaliknya untuk nilai yang mendekati 0. Hasil menunjukkan rentang probabilitas tanaman kedelai yaitu 0.3698 – 1. Semakin mendekati 1 maka probabilitas lahan untuk ditanami kedelai sangat sesuai. Pada rentang probabilitas dilakukan klasifikasi menjadi 5 kelas (S1, S2, S3, N1, dan N2).

Tabel 7. Klasifikasi kesesuaian lahan

Range Probabilitas	Kelas Kesesuaian	Luas Wilayah
0.369800 - 0.466200	N2 (Sangat tidak sesuai)	121,8660 Ha
0.466201 - 0.641000	N1 (Tidak sesuai untuk saat ini)	8.755,638 Ha
0.641001 - 0.760400	S3 (Sesuai dengan batasan)	5.955,164 Ha
0.760401 - 0.861400	S2 (Sesuai dengan batasan yang agak serius)	986,2570 Ha
0.861401 - 1.000000	S1 (Sangat sesuai)	7.898,128 Ha

Sumber: Analisis data 2015

Berdasarkan klasifikasi tingkat kesesuaian dengan mempertimbangkan kondisi aktual penggunaan lahan. Kecamatan Pujut memiliki lahan sangat sesuai (S1) 48,491%, cukup sesuai (S2) 5,596%, sesuai marginal (S3) 20,541%, tidak sesuai (N1) 24,974% dan sangat tidak sesuai (N2) 0,397%. Pada lahan yang sangat sesuai (S1) dominan berada di bagian utara Kecamatan Pujut. Kondisi ini didukung oleh produktivitas yang tinggi dan karakteristik fisik lahan yang sesuai untuk kedelai, seperti kedalaman efektif tanah yang dalam, drainase tanah yang sangat baik, kemiringan lereng 0-3%, tekstur tanah agak halus, dan pH diantara 6,0 – 7,0. Sedangkan bagian tengah didominasi dengan lahan yang tidak sesuai (N1). Kondisi ini disebabkan oleh karakteristik fisik lahan yang tidak sesuai untuk kedelai, seperti kedalaman efektif tanah yang dangkal, drainase tanah sedang, kemiringan lereng >25%, tekstur tanah yang agak kasar hingga kasar dan pH diatas 7.



Gambar 8. Peta Probabilitas Kesesuaian Lahan Tanaman Kedelai Kecamatan Pujut

5. KESIMPULAN

1. Tingkat kesesuaian lahan untuk tanaman kedelai di Kecamatan Pujut terdiri dari lahan sangat sesuai (S1) 48,491%, cukup sesuai (S2) 5,596%, sesuai marginal (S3) 20,541%, tidak sesuai (N1) 24,974% dan sangat tidak sesuai (N2) 0,397%.
2. Lokasi yang sesuai ditanami kedelai ialah pada wilayah S1 dan S2 karena keduanya dapat langsung digunakan untuk konservasi yang dominan berada di bagian utara Kecamatan Pujut sedangkan wilayah N1 dan N2 tidak sesuai untuk ditanami kedelai yang dominan berada di bagian tengah Kecamatan Pujut.
3. Probabilitas kesesuaian lahan tanaman kedelai hasil pembobotan parameter meliputi kelas N2 memiliki range probabilitas 0.369800-0.466200, kelas N1 0.466201-0.641000, kelas S3 0.641001-0.760400, kelas S2 0.760401-0.861400, kelas S1 0.861401-1.000000.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pusat Statistik (BPS). 2014. *Nusa Tenggara Barat dalam Angka 2014*.
- FAO 1976. *A Framework for Land Evaluation*, ILRI Publ 22. Wageningen. VII+87 h.
- Fikri, M. Syihabul. 2012. *Upaya Peningkatan Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Kedelai (Glycine Max) melalui Aplikasi Mulsa*. Makalah Seminar Umum. FP UGM. Yogyakarta.
- Hardjowigeno, S. Dan Widiatamaka. 2007. *Evaluasi Kesesuaian Lahan dan Perencanaan Tata guna Lahan*. Gadjah Mada University Press: Yogyakarta.
- Keshkamat, Sukhad. 2007. *Formulation & Evaluation of Transport Planning Alternatives Using Spatial Multi Criteria Assessment and Network Analysis: A Case Study of the Via Baltica Expressway in North-Eastern Poland*.
- Malczewski, Jacek. 1999. *GIS and multicriteria decision analysis*. New York: John Wiley & Sons, INC
- Mardawilis, dkk. 2011. *Evaluasi Kesesuaian Lahan untuk Pengembangan Tanaman Kedelai (Glycine max. L) pada Beberapa Type Klasifikasi Tanah*. Jurnal Agronomika Vol. 11, No. 1, Januari 2011
- Sitorus, S. R.P. 1995. *Evaluasi Sumber Daya Lahan*. Bandung: Tarsito.
- Syani, Abdul. 1995. *Pengantar Metode Statistik Nonparametrik*. Jakarta: Pustaka Jaya.
- Skalanews.com. 2014. <http://skalanews.com/berita/detail/206363/Lombok-Tengah-Targetkan-Jadi-Sentra-Kedelai-Nasional>, diakses tanggal 30 April 2015.
- Wiraksati, Soraya. 2013. *Multi Criteria Analysis Untuk Pemetaan Kesesuaian Lahan Tanaman Tembakau di Kabupaten Temanggung*. Skripsi. Yogyakarta: Program Studi S-1 KPJ Universitas Gadjah Mada.
- Sharifi, M.A and Retsios, V. 2004. *Site Seleccion for Waste Disposal Through Spasial Multiple Criteria Decision Analysis*. Journal of Telecommunications and Information Technology.

INTEGRASI SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS DENGAN SUMBERDAYA LAHAN UNTUK PENENTUAN TINGKAT KEKRITISAN DAERAH ALIRAN SUNGAI NGALANG, KABUPATEN GUNUNG KIDUL

Yoesep Budianto¹, Rusma Prima R¹, Umma Iltizam¹, Nia Kurniawati¹, Dwi Nofiana G.P¹, Lailatus Syukriyah¹

¹ Fakultas Geografi UGM, Sekip Utara, Sleman, Yogyakarta 55281
Email: yoesep.budianto@gmail.com, rusma9@gmail.com

*Corresponding author: yoesep.budianto@gmail.com

ABSTRAK

Sumberdaya lahan merupakan kesatuan potensi alam yang sangat dibutuhkan oleh manusia untuk menjalani kehidupan secara sejahtera. Penurunan kualitas lahan telah terjadi di berbagai tempat. Dampak yang ditimbulkan oleh penurunan kualitas lahan sangat beragam. Upaya konservasi telah banyak dilakukan, namun sering menimbulkan permasalahan baru. Sistem lahan dan air memiliki hubungan keterkaitan yang kuat dalam satuan wilayah daerah aliran sungai (DAS). Penurunan kualitas lahan dan air memperlihatkan kondisi DAS sebagai kesatuan ekosistem makro, seperti yang telah terjadi di DAS Ngalang, Kabupaten Gunung Kidul. Tingkat kekritisan DAS haruslah ditentukan, hal ini sangat dipengaruhi oleh kondisi lahan. Tingginya kerusakan lahan yang terlihat dari besarnya erosi dan penurunan produktivitas membuat DAS semakin kritis, hal ini serupa dengan kondisi air yang tercemar dan mengalami fluktuasi yang sangat besar. Kekeringan terjadi saat musim kemarau dan kejadian banjir saat musim penghujan. Penentuan tingkat kekritisan DAS dilakukan dengan aplikasi sistem informasi geografis yang memanfaatkan data digital, data lapangan, dan pemetaan. Penilaian kekritisan DAS yang ditentukan kondisi lahan dan air dapat diinterpretasi dari data digital berupa *digital elevation model*, penggunaan lahan, dinamika sosial ekonomi masyarakat. Pemanfaatan metode penentuan tingkat kekritisan DAS diharapkan mampu mereduksi dampak negatif dan pembuatan teknik konservasi yang sesuai. Perencanaan dan rekomendasi penggunaan lahan selanjutnya dapat menjadi upaya dalam penurunan tingkat kekritisan DAS.

KATA KUNCI: kekritisan DAS, rekomendasi penggunaan lahan, sumberdaya lahan, sistem informasi geografis

1. PENDAHULUAN

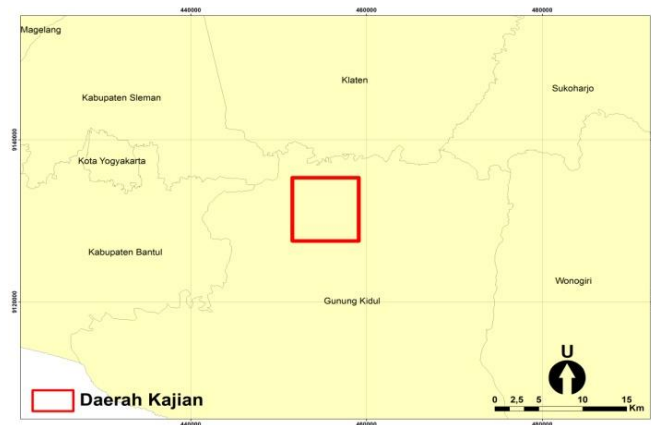
Komponen sumberdaya alam yang terdapat dalam DAS antara lain hutan, lahan, air, serta jasa-jasalingkungan (Seyhan, 1997). Pengelolaan lahan dan air merupakan hal yang vital dalam sistem pengelolaan DAS. Oleh karena itu, lahan dan air merupakan komponen pokok yang menunjang kehidupan yang berada di dalam sistem DAS tersebut. Kehidupan dalam sistem DAS yang terdiri dari flora, fauna, dan manusia sangat tergantung pada jasa tanah dan air dalam sistem penunjang kehidupan. Agar sistem DAS dapat berfungsi secara lestari, maka pengelolaan DAS harus ditunjang sepenuhnya oleh pengelolaan lahan dan air yang senantiasa mempertimbangkan daya dukungnya (Murty, 1998).

DAS merupakan ekosistem bagi berbagai makhluk hidup berupa wilayah daratan yang dibatasi oleh igir dan berfungsi menampung dan menyimpan air hujan untuk kemudian di salurkan ke laut melalui satu outlet (sungai utama) memiliki sumberdaya alam (tanah, air, dan vegetasi) dan sumberdaya manusia sebagai pemanfaat sumberdaya (Asdak, 2001). DAS merupakan pusat terjadinya interaksi antarkomponen makhluk hidup dalam suatu ekosistem yang sangat rentan terhadap gangguan sehingga menyebabkan berkurangnya daya tampung dan daya dukung. DAS Ngalang merupakan salah satu DAS di Kabupaten Gunung Kidul yang perlu perhatian khusus dalam pengelolaan lingkungan. DAS Ngalang ini berada di zona utara DAS Oyo (Pegunungan Baturaagung) (Sudarmadji, *et al.*, 2011). DAS Ngalang diindikasikan sebagai daerah yang memerlukan konservasi. Daerah hulu merupakan bagian yang penting karena memiliki fungsi konservasi bagi seluruh bagian DAS sehingga menjadi fokus perencanaan pengelolaan DAS (Asdak, 2001).

Dinamika alam dan sosial yang memicu peningkatan kekritisan DAS Ngalang, maka diperlukan upaya penelitian ilmiah evaluasi sumberdaya lahan yang dapat memberikan informasi tentang kemampuan dan kesesuaian lahan untuk menentukan arahan fungsi pemanfaatan lahan di wilayah tersebut. Hasil penelitian tersebut juga dapat menjadi salah satu dasar pertimbangan bagi pihak terkait dalam perencanaan tataguna lahan di wilayah DAS Ngalang.

2. DAERAH KAJIAN

Daerah kajian penelitian ini adalah Daerah Aliran Sungai (DAS) Ngalang. Secara administratif sebagian besar DAS Ngalang berada di Kecamatan Gedangsari yaitu Desa Hargomulyo, Mertelu dan Ngalang. Seluruh Kecamatan Gedangsari terletak di Kabupaten Gunungkidul, Daerah Istimewa Yogyakarta.



Gambar 1. Daerah Kajian Penelitian.

3. METODE PENELITIAN

3.1 Data

Data yang digunakan adalah citra satelit sebagian wilayah Kabupaten Gunungkidul, data digital (*.shp) yang berisikan batas administratif, garis kontur, dan penggunaan lahan, data curah hujan, data kebutuhan air total wilayah kajian, dan data ketersediaan air permukaan selama satu tahun. Alat yang digunakan dalam pengolahan data-data tersebut adalah software arcGIS 10.1 dan microsoft office 2007. Selain itu, data yang menjadi acuan sekaligus validasi dari data sekunder adalah data pengamatan lapangan. Data pengamatan lapangan memuat kondisi lahan dan sosial penduduk untuk menilai sumberdaya lahan.

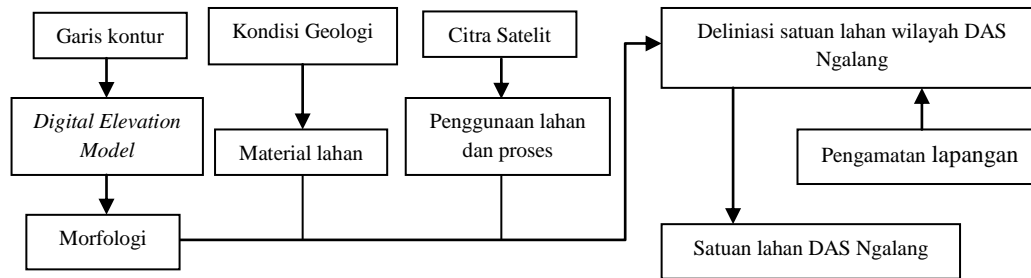


Gambar 2. Citra Satelit Daerah Aliran Sungai Ngalang.

3.2 Metode

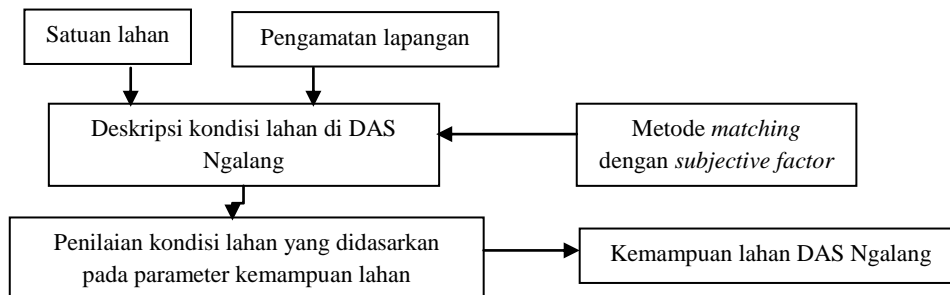
3.2.1 Pemetaan Satuan Lahan

Pemetaan satuan lahan menggunakan data garis kontur, data material penyusun lahan, dan citra satelit wilayah kajian. Dasar deliniasi untuk satuan lahan adalah kondisi morfologi, material, dan proses geomorfik yang mendominasi, namun parameter lereng dan penggunaan lahan menjadi bahan pertimbangan pula. Metode pemetaan satuan lahan disajikan pada diagram 1.



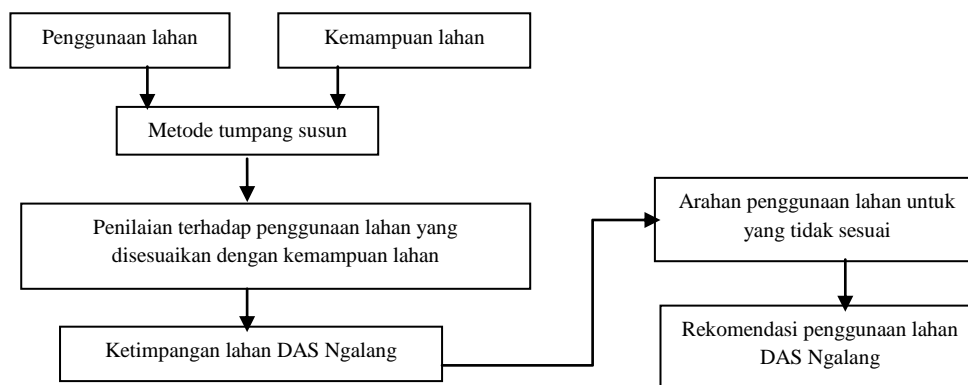
3.2.2 Analisa Kemampuan Lahan

Kemampuan lahan dianalisis menggunakan metode *matching* yang dipadukan dengan pengamatan lapangan. Jenis metode *matching* yang digunakan adalah *subjective factor*. Adapun faktor parameter-parameter lahan yang menjadi acuan adalah lereng permukaan, kepekaan erosi, tekstur tanah, kedalaman tanah, drainase, dan ancaman banjir (Arsyad, 2012).



3.2.3. Analisa Ketimpangan Lahan

Ketimpangan lahan merupakan hasil analisis antara data penggunaan lahan terbaru dengan kondisi kemampuan lahan. Metode yang digunakan adalah metode *overlay* dengan menggunakan *software arcGIS 10.1*. Lahan yang memiliki ketidaksesuaian akan diubah menjadi jenis penggunaan lahan yang sesuai dengan karakteristik lahan, sehingga dapat diketahui rekomendasi penggunaan lahan yang sesuai.



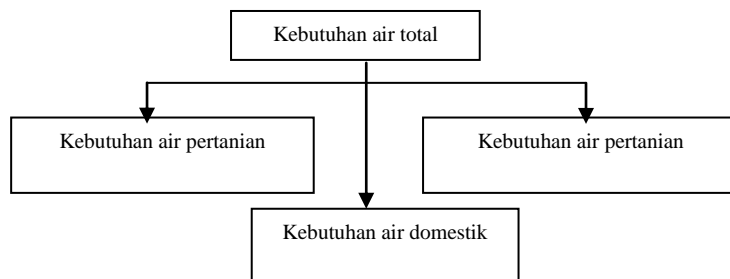
3.2.4. Analisa Kekritisan DAS

Kekritisan DAS merupakan deskripsi kondisi pencemaran dan keberlanjutan sistem lingkungan untuk mendukung kehidupan makhluk hidup yang ada di DAS tersebut. Penilaian kekritisan DAS dilakukan dengan melihat rasio antara kebutuhan air total dengan ketersediaan air permukaan, selain itu penilaian terhadap kondisi DAS yang meliputi kemiringan lereng, intensitas curah hujan, dan penggunaan lahan menjadi bagian yang penting pula. Kajian kekritisan DAS merujuk kepada kondisi kerentanan DAS.

$$\text{Kekritisan DAS} = \frac{\text{Kebutuhan Air Total}}{\text{DRO Total 1 Tahun}} \times 100\%$$

Kebutuhan air total merupakan hasil penjumlahan dari kebutuhan air domestik, peternakan, dan pertanian. Kebutuhan air domestik meliputi jumlah penduduk kota dan desa. Kebutuhan air pertanian meliputi penggunaan air untuk irigasi, intensitas tanaman, dan standar penggunaan air (1 liter/det/ha). Kebutuhan air peternakan meliputi ternak sapi/kerbau, domba/kambing, babi, dan unggas.

Direct run-off merupakan hasil dari perhitungan neraca ketersediaan air permukaan. Nilai DRO menunjukkan banyaknya air yang menjadi aliran permukaan, sehingga menjadi acuan surplus dari keberadaan sumberdaya air. DRO dihitung selama satu tahun agar mendapatkan hasil total dari seluruh limpasan air permukaan yang tidak menjadi air tanah.



Tabel 1. Klasifikasi kekritisian DAS

Nilai (%)	Klasifikasi
<50	Tidak kritis
50 - 75	Mendekati kritis
75 - 100	Keadaan kritis
>100	Rusak/telah kritis

Tabel 2. Parameter kerentanan DAS

Parameter	Skor
Kemiringan lereng	1
Intensitas curah hujan	2
Penggunaan lahan	3

Tabel 3. Parameter kemiringan lereng

Kemiringan lereng (%)	Skor	Keterangan
56-100	2	Bergunung
21-55	4	Berbukit
14-20	6	Bergelombang
8-13	8	Berombak
3-7	9	Landai
0-2	10	Datar

Tabel 4. Parameter intensitas curah hujan

Curah hujan (mm)	Skor
625-650	3
650-675	2
675-700	1

Tabel 5. Parameter penggunaan lahan

Penggunaan lahan	Skor
Tubuh air	1
Lahan kosong	2
Hutan	3
Semak belukar	4
Kebun	5
Hutan rawa	6
Tegalan/sawah	7
Permukiman	8

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Evaluasi Sumberdaya Lahan

Daerah aliran sungai merupakan kesatuan komponen fisik dan sosial yang terhubung dengan erat (Murty, 1998). Salah satu komponen fisik yang mempengaruhi fungsi lingkungan dari daerah aliran sungai adalah lahan. Lahan berperan penting sebagai sarana pemenuhan kebutuhan manusia dan pendukung utama fungsi lingkungan dari daerah aliran sungai. Lahan tersusun atas beberapa hal, yaitu tanah, batuan, air, dan

penggunaan lahan. Daerah aliran sungai Ngalang tersusun atas lahan yang heterogen, hal ini terlihat dari kondisi morfologi dan penggunaan lahan yang ada. Secara geologis, daerah aliran sungai Ngalang tersusun atas empat formasi batuan. Empat formasi batuan tersebut adalah formasi Sambipitu, Nglanggeran, Semilir, dan Kebobutak. Batuan dasar penyusun memiliki beberapa keseragaman, salah satunya adalah keterdapatan batuan gamping di seluruh wilayah meskipun berada jauh dibawah, hal ini didasarkan pada genesa sebagian besar wilayah Kabupaten Gunung Kidul yang merupakan hasil proses pengangkatan dasar laut.

Salah satu formasi batuan penciri adanya batuan gamping dengan struktur terpelintir adalah formasi Sambipitu. Formasi Nglanggeran memiliki dominasi batuan vulkanik pada kala miosen, sehingga banyak sekali ditemukan hasil produk gunungapi, yaitu bomb. Bongkah-bongkah bomb yang bermaterial breksi vulkanik didapati di seluruh wilayah hingga di tengah badan sungai. Formasi Semilir memiliki material yang berasal dari proses vulkanik pula. Adanya tuff dan batupasir tuff menunjukkan bahwa hasil produk vulkanik juga mempengaruhi luasa wilayah formasi Semilir. Selain itu karena adanya proses pelapukan dan sedimentasi maka terbentuk pula batu serpih (*shale*) yang material asalnya juga berasal dari proses vulkanik. Berbeda pula dengan formasi Kebobutak yang didominasi oleh batupasir, batu lempung, dan aglomerat (gambar 3).



Gambar 3. Kenampakan Struktur Geologi dan Perselingan Batuan

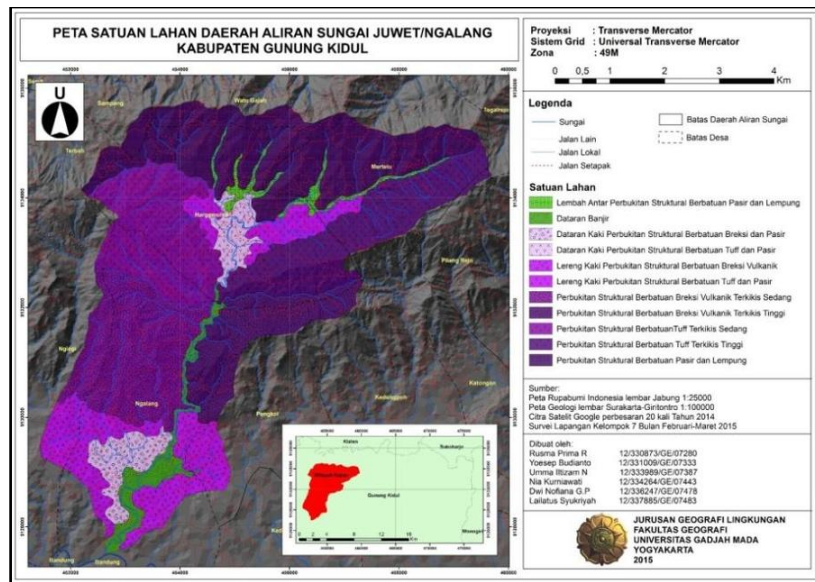
Perbedaan batuan menunjukkan perbedaan pula pada lereng dan tanah, hal ini juga akan berpengaruh pada jenis vegetasi yang tumbuh. Dinamika kondisi fisik membuat adanya variasi penggunaan lahan di seluruh wilayah kajian. Penggunaan lahan di daerah aliran sungai Ngalang cukup beragam. Jenis penggunaan lahan yang ada di seluruh wilayah adalah sawah tadah hujan, kebun campuran, tegalan, dan permukiman. Jenis vegetasi yang banyak didapati di daerah aliran sungai Ngalang adalah pohon jati, pohon rambutan, rumput kalamanja, padi gogo, dan jenis ubi-ubian. Bagian lereng-lereng terjal dan puncak perbukitan masih ditemukan pepohonan yang membentuk ekosistem hutan. Integrasi penggunaan lahan untuk padi gogo, hutan pohon jati, dan vegetasi lainnya dengan sistem irigasi dari mata air ditunjukkan gambar 4.



Gambar 4. Penggunaan Lahan di DAS Ngalang

Satuan lahan menunjukkan interaksi antara kondisi morfologi, material, dan proses geomorfik. Satuan lahan di daerah aliran sungai Ngalang terbagi menjadi sembilan satuan lahan atau bentuklahan. Salah satu unsur yang harus diidentifikasi di setiap satuan morfologi adalah batuan permukaan. Batuan permukaan bisa merepresentasikan proses geomorfik dan berpengaruh pada perkembangan tanah. Satuan lahan yang teridentifikasi adalah lembah antar perbukitan struktural berbatuan pasir dan lempung, dataran kaki, dataran kaki perbukitan struktural berbatuan breksi dan pasir, dataran kaki perbukitan struktural berbatuan tuff dan pasir, lereng kaki perbukitan struktural berbatuan breksi vulkanik, lereng kaki perbukitan struktural berbatuan tuff dan pasir, perbukitan struktural berbatuan breksi vulkanik terkikis sedang, perbukitan struktural berbatuan breksi vulkanik terkikis tinggi, perbukitan struktural berbatuan tuff terkikis sedang,

perbukitan struktural berbatuan tuff terkikis tinggi, dan perbukitan struktural berbatuan pasir dan lempung (gambar 5).



Gambar 5. Peta Satuan Lahan DAS Ngalang

Pengolahan lahan yang baik dan benar harus dilakukan pada area-area berlereng curam. Potensi banjir bandang dan tanah longsor cukup besar. Salah satu jenis konservasi yang ada adalah teras bangku dengan penguat batuan pada batas-batas teras. Tindakan struktural ini dilakukan untuk mereduksi potensi dan dampak erosi serta bisa memanajemen kondisi hidrologi dari curah hujan yang tertampung di tiap luasan teras bangku (Heathcote, 2009).

Jenis penggunaan lahan yang dominan adalah tegalan berupa tanaman ubi-ubian, cabai, dan lain sebagainya. Keterdapatan permukiman cukup sedikit dan hanya terkonsentrasi pada bagian-bagian perbukitan yang morfologinya bergelombang. Hal yang mengkhawatirkan adalah terjadinya longsor besar dan banjir bandang, kondisi ini bisa saja terjadi saat curah hujan sangat tinggi dan terjadi konversi lahan ke non-vegetatif. Kondisi pendukung lainnya adalah kereng yang cukup curam. Kerapatan vegetasi harus tetap terjaga pada intensitas tertentu. Tanah pada satuan lahan ini cukup tipis dan berkembang tekstur pasir geluhan (gambar 6). Pengolahan yang dilakukan harus benar sebab tanah yang tipis sangat rentan terhadap pengikisan oleh tenaga geomorfik.



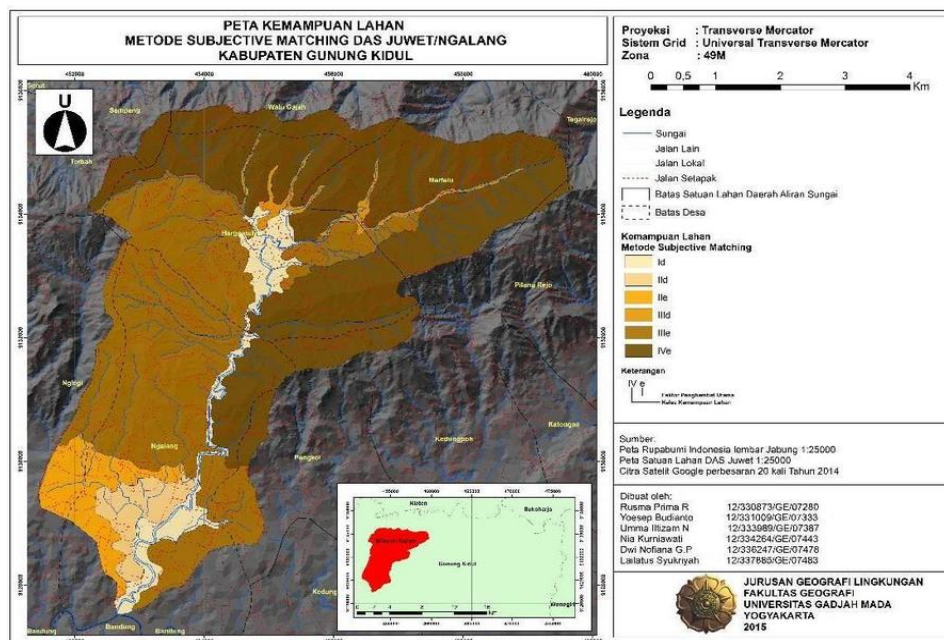
Gambar 6. Struktur patahan dan kenampakan tanah yang tipis

Evaluasi kemampuan lahan yang dikembangkan dengan menggunakan sistem matching atau mencocokkan antara kualitas dan sifat-sifat lahan (Land Qualities/Land Characteristics) dengan kriteria kelas kesesuaian lahan yang disusun berdasarkan persyaratan tumbuh komoditas pertanian yang berbasis lahan. Beberapa aspek yang perlu dipertimbangkan dalam proses *matching* meliputi kualitas lahan pada setiap satuan pemetaan lahan kualitas lahan yang dipertimbangkan untuk setiap penggunaan lahan *rating* kualitas lahan (persyaratan tipe penggunaan lahan) yang mengacu pada tabel klasifikasi kemampuan lahan Arsyad, (2010) di bawah ini.

Tabel 6.Klasifikasi Kemampuan Lahan

No	Faktor	Kelas Kemampuan							
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
1	Lereng permukaan	A	B	C	D	A	E	F	G
2	Kepekaan erosi	KE ₁ , KE ₂	KE ₃	KE ₄ , KE ₅	KE ₆	(*)	(*)	(*)	(*)
3	Tingkat erosi	e ₀	e ₁	e ₁	e ₂	(*)	e ₃	e ₄	(*)
4	Kedalaman tanah	k ₀	k ₀	k ₁	k ₂	(*)	k ₃	(*)	(*)
5	Tekstur lapisan atas	t ₂ /t ₃	t ₁ /t ₄	t ₁ /t ₄	(*)	(*)	(*)	(*)	t ₅
6	Tekstur lapisan bawah	t ₂ /t ₄	t ₁ /t ₄	t ₁ /t ₄	(*)	(*)	(*)	(*)	t ₅
7	Permeabilitas	P ₂ , P ₃	P ₂ , P ₃	P ₂ , P ₃ , P ₄	P ₂ , P ₃ , P ₄	P ₁	(*)	(*)	P ₅
8	Drainase	d ₀ /d ₁	d ₂	d ₃	d ₄	(**)	(*)	(*)	(*)
9	Kerikil/batuan	b ₀	b ₀	b ₀	b ₁	b ₂	(*)	(*)	b ₃
10	Ancaman banjir	O ₀	O ₁	O ₂	O ₃	O ₄	(**)	(**)	(*)
11	Garam/Salinitas (***)	g ₀	g ₁	g ₂	g ₃	(**)	g ₃	(*)	(*)

Dari kesebelas parameter kemampuan lahan tersebut, yang sesuai dengan kondisi DAS Ngalang hanyalah terdapat 6 parameter yang dirasa sesuai untuk kriteria kemampuan lahan di DAS Ngalang, yaitu lereng permukaan, kepekaan erosi, kedalaman tanah, tekstur lapisan atas, drainase dan ancaman banjir. Berdasarkan hasil evaluasi kemampuan lahan menggunakan metode subyektif dengan faktor pembatas berupa lereng permukaan, serta proses-proses geomorfologi yang terjadi. Daerah penelitian terbagi menjadi 11 bentuklahan dengan 4 kelas lahan yaitu kelas kemampuan lahan kelas I, II, III dan IV (gambar 7).



Gambar 7. Peta Kemampuan Lahan DAS Ngalang Metode *Subjective Matching*

Kelas kemampuan lahan I merupakan lahan yang hampir tidak memiliki pembatas untuk pengolahan lebih lanjut. Kelas I memiliki lereng yang landai dan memiliki daya dukung lingkungan yang baik. Semakin besar kelas kemampuan lahan maka semakin terbatas pula pemanfaatan lahan yang dikarenakan semakin banyaknya pembatas lingkungan. Keberlanjutan sumberdaya lahan juga tergantung dari jenis penggunaan lahan dan pengelolaan lahan yang dilakukan oleh penduduk (Suratman, et al., 1993).

Setiap kelas kemampuan lahan memiliki kemampuan untuk mendukung kehidupan atau kegiatan pada suatu lahan. Lahan yang kelas kemampuannya tidak sesuai dengan penggunaan lahan aktual akan diarahkan ke penggunaan lahan yang sesuai. Lahan yang tidak sesuai tersebut mengalami ketimpangan antara penggunaan lahan dengan kemampuan lahannya.

Berdasarkan hasil evaluasi kemampuan lahan, daerah penelitian terbagi menjadi empat kelas lahan yaitu kemampuan lahan kelas I sampai dengan kelas IV. Keempat kelas kemampuan lahan tersebut menurut Arsyad (2012) sesuai dengan berbagai penggunaan lahan untuk pertanian baik untuk tanaman semusim dan tahunan. Selain itu juga sesuai dengan tanaman rumput untuk makanan ternak, padang rumput, dan hutan.

Penggunaan lahan yang terdapat di DAS Ngalang umumnya adalah untuk lahan permukiman, sawah tadah hujan, kebun, tegalan, semak/belukar, dan rumput. Oleh karena itu ketimpangan lahan hanya terjadi pada penggunaan lahan yang membutuhkan garapan atau pengelolaan yang cukup intensif yaitu pada penggunaan lahan sawah tadah hujan. Secara kuantitatif seperti data yang terdapat pada tabel 3.1, terdapat 1,8% atau sekitar 0,6 km² lahan yang mengalami ketimpangan dari DAS Ngalang yang memiliki luas 32,3 km².

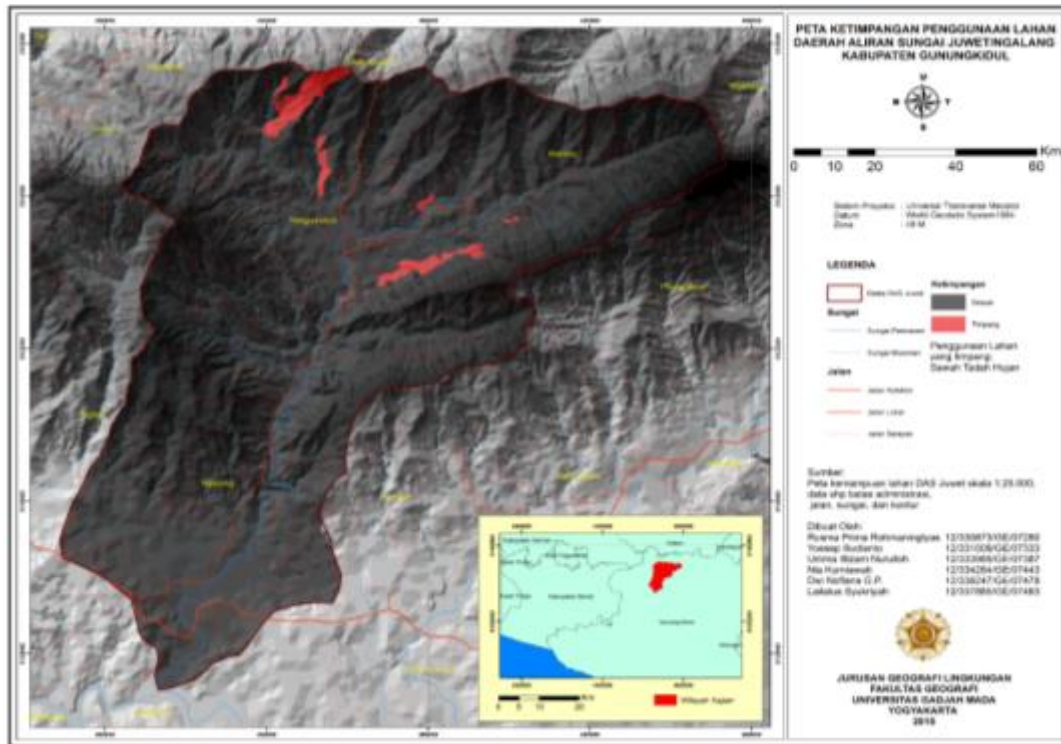
Tabel 7. Luas Kelas Ketimpangan Lahan di DAS Ngalang

Kondisi lahan	Luas lahan (km ²)	%
Sesuai (tidak timpang)	31,7	98,2
Timpang	0,6	1,8
Total	32,3	100

Arahan penggunaan lahan dilakukan pada lahan yang mengalami ketimpangan dengan kemampuan lahannya. Berdasarkan hasil analisis ketimpangan lahan hanya lahan yang berupa sawah tadah hujan pada kelas kemampuan lahan IV yang perlu dilakukan pengarahannya dalam penggunaan lahan (gambar 8). Arahan penggunaan lahan ini juga disusun dari berbagai alternatif komoditas yang sesuai, perlu dipertimbangkan prioritas daerah dan penggunaan lahan aktual. Cara penentuan arahan penggunaan lahan berdasarkan penggunaan lahan dan kemampuan lahan disajikan pada Tabel 8. Lahan-lahan yang telah digunakan dan bersifat permanen, misalnya perkebunan dan sawah akan dipertahankan selama kelas kemampuannya termasuk sesuai dan tidak membahayakan keadaan lingkungan. Lahan-lahan demikian diarahkan untuk intensifikasi dalam rangka peningkatan produktivitas. Lahan yang belum digunakan secara intensif sebagai areal pertanian, seperti semak/belukar dan hutan yang dapat dikonversi atau lahan pertanian terlantar diarahkan sebagai areal ekstensifikasi tanaman atau penggunaan lahan yang sesuai dengan kemampuan lahannya (Hardjowigeno dan Widyatmaka, 2011).

Tabel 8. Arahan Penggunaan Lahan di DAS Ngalang

Tingkat Ketimpangan	Penggunaan Lahan	Arahan Komoditas/ Penggunaan Lahan	Ketersediaan Lahan (Ekstensifikasi)
Sesuai	Permukiman	Permukiman	Tidak Tersedia
	Sawah Tadah Hujan	Sawah Tadah Hujan	Tidak Tersedia
	Kebun	Kebun	Tidak Tersedia
	Tegalan	Tegalan	Tidak Tersedia
	Semak Belukar	Kebun	Tersedia
	Rumput	Kebun	Tersedia
Timpang	Sawah Tadah Hujan	Tegalan	Tersedia



Gambar 8. Peta Ketimpangan Lahan di DAS Nglang

4.2 Kekritisn dan Kerentanan DAS

Air yang ada tidak selamanya tersedia secara melimpah untuk pemenuhan kebutuhan. Semakin banyak kebutuhan akan air menyebabkan semakin menurunnya tingkat ketersediaan air (Suripin, 2002). Ketersediaan air yang tak lagi bisa mencukupi kebutuhan akan menyebabkan kekritisn DAS. Kekritisn DAS dipengaruhi oleh faktor kebutuhan air dan total ketersediaan air yang ada di DAS tersebut.

Ketersediaan air ini dilakukan dengan menghitung *Direct Run Off* (DRO) (Triatmodjo, 2010). Angka probabilitas yang digunakan adalah 60% yang mana merupakan probabilitas untuk kebutuhan air pertanian (irigasi) yang cocok digunakan untuk perencanaan irigasi. Nilai DRO dipengaruhi oleh curah hujan, jenis tanah dan penggunaan lahan. Kebutuhan Air total merupakan penjumlahan dari kebutuhan air domestik, pertanian dan peternakan yang dilakukan di DAS Nglang. Kebutuhan air total menunjukkan besarnya air yang dibutuhkan untuk memenuhi penggunaan air untuk domestik, pertanian dan perikanan di DAS Nglang. Fluktuasi pemenuhan kebutuhan air cukup tinggi, hal ini berkaitan dengan kemampuan lahan menyimpan air dan intensitas penggunaan sumberdaya air (Heathcote, 2009). Penduduk menjadi penyebab peningkatan jumlah kebutuhan air, dimana jumlah penduduk di DAS Nglang terus mengalami kenaikan setiap tahunnya (Malingreau, 1978).

Perhitungan air total menunjukkan angka yang naik turun tiap tahunnya, namun cenderung naik dari tahun 2000 hingga 2009 kemudian turun pada tahun 2010 dan kembali naik lagi hingga tahun 2015. Naiknya angka kebutuhan air total sangat dipengaruhi oleh naiknya kebutuhan air domestik, kebutuhan pertanian dan peternakan. Kebutuhan air untuk domestik selalu lebih besar daripada kebutuhan air untuk pertanian dan peternakan.

Probabilitas 60% menghasilkan angka 0.96%, berdasarkan klasifikasi yang digunakan, angka tersebut masih dibawah angka 50%. Hal tersebut menunjukkan bahwa DAS tersebut tidak kritis.

Keberadaan air di DAS dapat memunculkan adanya kerentanan terhadap pencemaran. Kondisi fisik maupun dinamika yang ada di dalam DAS tersebut akan mempengaruhi bagaimana kualitas air yang ada. Metode skoring dan *overly* dapat digunakan untuk mengetahui potensi kerentanan DAS. Parameter yang dapat digunakan untuk mengetahui kerentanan DAS ada tiga yaitu lereng, curah hujan, dan penggunaan lahan. Setiap parameter memiliki bobot masing-masing yang menunjukkan tingkat pengaruhnya terhadap pencemaran air. Penggunaan lahan yang bervariasi dan dinamikanya cukup tinggi diberikan bobot paling

tinggi. Curah hujan sebagai inputan air maka diberi bobot sedang dan lereng sebagai faktor statis diberi bobot paling rendah. Setiap parameter memiliki klasifikasi masing-masing sesuai kondisi sebenarnya.

Tabel 9. Hasil Perhitungan Kebutuhan air Total DAS Ngalang

Tahun	Jumlah Penduduk	Kebutuhan Air (l/tahun)			Kebutuhan Air total (l/tahun)
		Domestik	Pertanian	Peternakan	
2000	19268	421969.2	21233664	55633.811	689939.651
2001	19655	430444.5	21344601.6	72111.9915	716002.5075
2002	19709	431627.1	21599654.4	69953.126	717576.77
2003	19792	433444.8	21451806.72	69990.8305	717953.6977
2004	19837	434430.3	21860928	77792.8515	730832.4315
2005	19981	437583.9	23121676.8	80915.4995	749716.1675
2006	19931	436488.9	21813235.2	59790.9785	714412.2305
2007	19931	436488.9	21813235.2	59787.3285	714408.5805
2008	19787	433335.3	21813235.2	59787.3285	711254.9805
2009	20677	452826.3	21813235.2	59787.3285	730745.9805
2010	19223	420983.7	21813235.2	59787.3285	698903.3805
2011	20985	459571.5	21813235.2	59787.3285	737491.1805
2012	21190	464061	21813235.2	59787.3285	741980.6805
2013	21398	468616.2	21813235.2	59787.3285	746535.8805
2014	21608	473215.2	21813235.2	59787.3285	751134.8805
2015	21821	477879.9	21813235.2	59787.3285	755799.5805

Tabel 10. Penentuan Kekritisitas DAS

Probabilitas	Nilai
Total Kebutuhan Air	755799.58
Jumlah Dro	7886882.56
Kekritisitas Das	0.96

Faktor kemiringan lereng berpengaruh terhadap proses infiltrasi air hujan yang turun dan potensi aliran permukaan. Semakin besar sudut lerengnya maka pencemaran akan semakin rendah. Semakin besar sudut lereng maka kemungkinan air lolos sebagai limpasan permukaan semakin besar. Faktor curah hujan akan mempengaruhi proses pencucian air, sehingga semakin besar hujan yang jatuh maka pencemaran semakin berkurang.

Kegiatan manusia merupakan kegiatan yang cukup kompleks dan dinamis. Penggunaan lahan yang banyak didominasi kegiatan manusia akan meningkatkan bahan pencemar yang ada. Berbagai jenis kegiatan manusia banyak yang menggunakan produk kimia meningkatkan pencemaran. Setiap penggunaan lahan memiliki skor tersendiri sesuai dengan penutup lahannya pula.

Berdasarkan hasil perhitungan dapat diketahui sebagian besar daerah yang memiliki tingkat kerentanan tinggi berada di hilir DAS dan ada pula di daerah dataran yang ada di hulu. Sebagian daerah hulu yang dimanfaatkan untuk permukiman meningkatkan kerentanannya. Beberapa daerah transport yang banyak dihuni warga pun juga menjadi rentan terhadap pencemaran. Daerah igir dan perbukitan menjadi daerah yang aman akan adanya pencemaran.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang dilakukan untuk evaluasi lahan di Daerah Aliran Sungai Ngalang, dapat disimpulkan bahwa analisis sumberdaya lahan dan air merupakan usaha penilaian kuantitatif dan kualitas unsur-unsur lingkungan yang mendukung kehidupan manusia. Satuan lahan di DAS Ngalang berjumlah 14 satuan lahan dengan penciri batuan permukaan, proses geomorfik, dan morfologi. Evaluasi sumberdaya lahan di daerah aliran sungai Ngalang dilakukan dengan memperhatikan kemampuan lahan,

penggunaan lahan, serta karakteristik lahan. Tindakan-tindakan konservatif perlu dilakukan dengan memperhatikan kondisi lahan. Metode konservatif lahan sudah dilakukan di beberapa tempat, seperti teras bangku dengan penguat batuan, sistem irigasi permanen dari mata air, dan penanaman vegetasi buffer. Nilai ketersediaan air di DAS Ngalang masih cukup baik, hal ini ditunjukkan masih tersedianya sejumlah air pada bulan desember-mei. Tingkat kekritisian daerah aliran sungai masih rendah, sedangkan kerentanan daerah aliran sungai terkonsentrasi pada wilayah-wilayah datar yang menjadi pusat permukiman. Pengendalian pemanfaatan sumberdaya harus dilakukan dengan berkelanjutan serta harus melihat dari banyak sudut pandang. Pengembalian fungsi lingkungan yang telah rusak sangat sulit untuk dilakukan. Oleh sebab itu, analisis sumberdaya lahan dan air menjadi acuan awal dalam penentuan kebijakan pemanfaatan lahan.

DAFTAR PUSTAKA

- Arsyad, S. (2012), *Konservasi Tanah dan Air*, IPB Press, Bogor.
- Asdak, C. (2001), *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. UGM Press, Yogyakarta.
- Hardjowigeno, S., dan Widiatmaka. (2011), *Evaluasi Kesesuaian Lahan dan Perencanaan Tataguna Lahan*, UGM Press, Yogyakarta.
- Heathcote, I.W. (2009), *Integrated Watershed Management*, John Wiley & Sons, USA.
- Malingreau. (1978), *Penggunaan Lahan Pedesaan Penafsiran Citra Untuk Interpretasi dan Analisisnya*, Pusat Pendidikan Interpretasi Citra PJ dan Survey Terpadu, Yogyakarta.
- Murty, J.V.S. (1998), *Watershed Management*, New Age International, New Delhi.
- Seyhan, E. (1997), *Dasar-dasar Hidrologi*, UGM Press, Yogyakarta.
- Sudarmadji, Suprayogi, W., Widyastuti, M., dan Harini, R. (2011), *Konservasi Mata Air Berbasis Masyarakat di Unit Fisiografi Pegunungan Baturagung, Ledok Wonosari dan Perbukitan Karst Gunung Sewu, Kabupaten Gunungkidul*. Jurnal Teknosains. Vol.1: 42-53.
- Suratman, Suharyadi, Suharyanto. (1993), *Evaluasi Kemampuan Lahan untuk Perencanaan Penggunaan Lahan dengan Metode GIS di D.I. Yogyakarta*, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Suripin, Ir. (2002), *Pelestarian Sumberdaya Tanah dan Air*, Andi, Yogyakarta.
- Triatmodjo, B. (2010), *Hidrologi Terapan*, Beta Offset, Yogyakarta.

PEMOTRETAN UDARA DENGAN UAV UNTUK MENDUKUNG KEGIATAN KONSERVASI KAWASAN GUMUK PASIR PARANGTRITIS

Edwin Maulana^{1,2}, Theresia Retno Wulan^{1,3}

¹ Parangtritis Geomaritime Science Park, Badan Informasi Geospasial, Kretek, Bantul DIY
Email: edwinmaulana35@yahoo.com, noibako@gmail.com

² Magister Manajemen Bencana, Universitas Gadjah Mada, Sleman 55281

³ Program Doktorat Fakultas Geografi, Universitas Gadjah Mada, Sleman 55281

Corresponding author: edwinmaulana35@yahoo.com

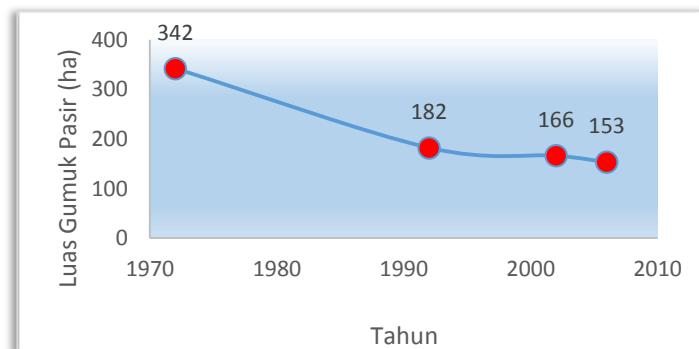
ABSTRAK

Gumuk pasir memiliki banyak fungsi bagi kehidupan. Perubahan penggunaan lahan yang terjadi secara cepat di kawasan pesisir Parangtritis mengancam keberadaan gumuk pasir barkhan Parangtritis. Perencanaan dan penataan wilayah perlu dilakukan untuk menyelamatkan keberadaan geoheritage gumuk pasir barkhan Parangtritis. Pemotretan udara dengan menggunakan *Unmanned Aerial Vehicle (UAV) fixed wing* tipe Aves mk 14 mini dilakukan untuk memperoleh data foto udara dengan resolusi tinggi. Proses pemotretan udara diawali dengan menentukan *area of interest (AoI)*, dilanjutkan dengan memasang *pre-mark* dan merencanakan jalur terbang. Pengukuran *pre-mark* dilakukan dengan menggunakan GPS Geodetik sehingga tingkat akurasi 3D yang diperoleh sangat tinggi. Proses pemotretan udara di kawasan Parangtritis dilakukan pada pukul 07.00-10.00 WIB dengan pertimbangan angin, kabut dan faktor non-teknis lain. Pemotretan udara dilakukan dalam beberapa kali penerbangan UAV mengingat luasnya AoI dan kemampuan operasional UAV. Data mentah hasil pemotretan udara diolah dengan menggunakan program Agisoft Photoscan. Hasil kajian menunjukkan bahwa hasil pemotretan udara di Kawasan Parangtritis menghasilkan data foto udara dengan tingkat kedetailan yang tinggi. Resolusi spasial yang dihasilkan dari proses pemotretan udara kawasan Parangtritis adalah 8 cm. Data tersebut dapat dimanfaatkan untuk pemetaan skala detail. Deteksi manual dan interpretasi visual penggunaan lahan mengacu pada Permen PU No 20 Tahun 2011 tentang pedoman Penyusunan RDTR dan Peraturan Zonasi Kabupaten/Kota. Hasil kajian menunjukkan bahwa zona inti gumuk pasir digolongkan sebagai Suaka Alam dan Cagar Budaya (SC) bagian dari kawasan yang memiliki khas tertentu berupa bentukan gumuk pasir barkhan.

KATA KUNCI: Pemotretan Udara, Zonasi Gumuk Pasir

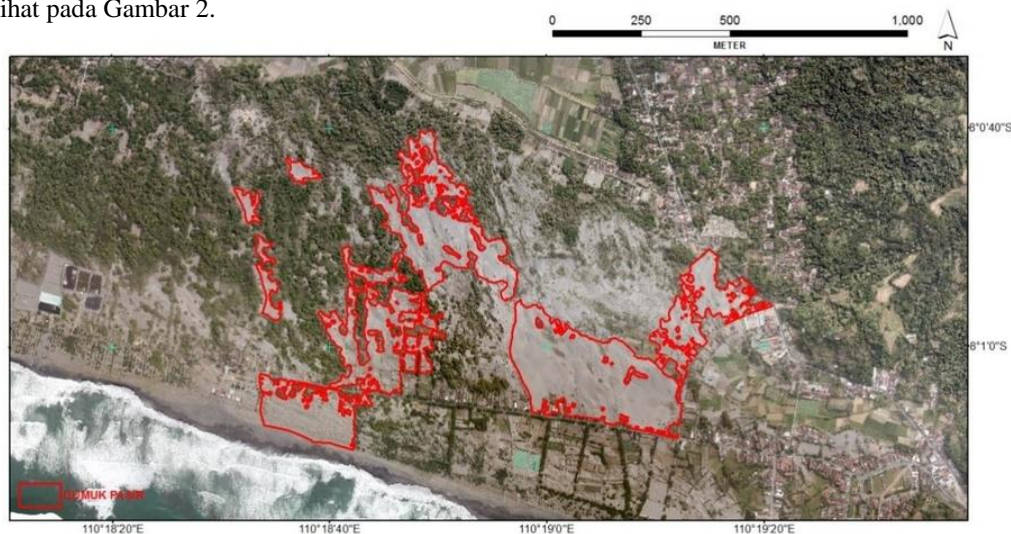
1. PENDAHULUAN

Gumuk pasir barkhan Parangtritis merupakan bentuk alam pantai yang unik. Keberadaan gumuk pasir barkhan Parangtritis saat ini kondisinya sangat memprihatinkan. Perubahan penggunaan lahan yang tidak terkontrol menyebabkan luas gumuk pasir barkhan Parangtritis menurun drastis. Pembangunan pemukiman, sarana wisata, penghijauan, pembukaan lahan pertanian, dan pembukaan tambak adalah serangkaian kegiatan yang mengancam keberadaan gumuk pasir barkhan Parangtritis. Puspitasari (2011) mengemukakan bahwa hampir setiap dekade, luas gumuk pasir barkhan Parangtritis terus menurun. Hasil penelitian Puspitasari (2011) menunjukkan bahwa terjadi penurunan luas areal bergumuk pasir dari tahun 1972 sampai 2006. Penurunan luas gumuk pasir Parangtritis yang terjadi dari tahun 1972 hingga 2006 dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Grafik penurunan luas gumuk pasir Parangtritis. Sumber: Puspitasari, 2011

Sidik cepat yang dilakukan oleh tim dari Parangtritis Geomaritime Science Park pada pertengahan tahun 2015 menyebutkan bahwa luas gumuk pasir barkhan Parangtritis kurang dari 50 ha. Respon cepat yang dilakukan pemerintah dan akademisi untuk menyelamatkan keberadaan gumuk pasir barkhan Parangtritis adalah dengan diterbitkannya Surat Keputusan untuk menjaga kawasan geoheritage. Penetapan itu dituangkan dalam Surat Keputusan Kepala Badan Geologi Nomor 1157.K/73/BGL/2014 tanggal 2 Oktober 2014 tentang Penentuan Kawasan Cagar Alam Geologi DIY. Salah satu tindakan riil yang dapat dilakukan untuk mendukung SK Badan Geologi dalam penyelamatan gumuk pasir adalah melalui upaya konservasi kawasan gumuk pasir Parangtritis. Agihan gumuk pasir yang tersisa di kawasan Parangtritis dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Gumuk pasir Parangtritis yang masih ada. Sumber: Maulana, 2015

Langkah awal untuk perencanaan konservasi gumuk pasir Parangtritis adalah dengan melakukan pemetaan detail. Data yang digunakan untuk melakukan pemetaan detail kawasan Parangtritis adalah data foto udara *small format*. Data foto udara *small format* diperoleh dengan menggunakan UAV (*Unmanned Aerial Vehicle*). Pemanfaatan UAV untuk menyadap foto udara akhir-akhir ini semakin meningkat (Ruzgiene *et al.*, 2015). UAV memiliki keunggulan dalam hal pembiayaan, pengecekan, pengamatan, pengintaian dan pemetaan (Remondino, 2011). Lebih lanjut, UAV merupakan alternatif yang sangat baik dalam proses pemetaan detail suatu wilayah karena dapat menghasilkan data spasial dan temporal resolusi tinggi dengan biaya relatif murah (Uysal *et al.*, 2015).

Secara umum, teknologi UAV dimanfaatkan untuk kepentingan pertanian, kehutanan, arkeologi, warisan kebudayaan, monitoring lalu lintas, rekonstruksi 3D, survei lingkungan dan kebumih (Remondino, 2011). Aplikasi teknologi UAV juga dimanfaatkan untuk kepentingan saintifik (Eisenbeiss, 2009). Teknologi UAV dalam kajian ini dimanfaatkan untuk menyadap foto udara *small format*. Data foto udara *small format* dimanfaatkan untuk melakukan pemetaan detail kawasan konservasi gumuk pasir barkhan Parangtritis.

2. STUDI AREA

Penelitian ini dilakukan di Desa Parangtritis, Kecamatan Kretek, Kabupaten Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta. Desa Parangtritis merupakan wilayah paling selatan dari Kabupaten Bantul dan terletak kurang lebih 30 km di sebelah selatan Kota Yogyakarta. Gumuk pasir Parangtritis memiliki arti penting bagi Yogyakarta karena merupakan salah satu kawasan yang mendukung keistimewaan Yogyakarta bersama Gunung Sewu dan Gunungapi Merapi. Desa Parangtritis terdiri dari 11 dusun, sedangkan gumuk pasir terletak di Dusun Depok, Grogol IX, Grogol X dan Grogol XI.

Lokasi penelitian terletak antara $8^{\circ}00'41,6''$ - $8^{\circ}01'42,3''$ LS dan $110^{\circ}20'25,5''$ - $110^{\circ}18'8,3''$ BT. Luas obyek kajian dalam penelitian ini adalah 413 ha. Lokasi penelitian memiliki relief yang datar hingga bergelombang. Kemiringan lereng didominasi oleh kelas lereng 0-3 %. Elevasi lokasi penelitian berkisar antara 0-41 mdpal. Lokasi gumuk pasir berbatasan langsung dengan laut. Proses geomorfologis pada lokasi penelitian adalah marine dan aeolian. Kecepatan angin rata-rata pada lokasi penelitian di atas 6

m/s. Kegiatan manusia pada lokasi penelitian didominasi oleh kegiatan pariwisata, perdagangan dan pertanian. Lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.



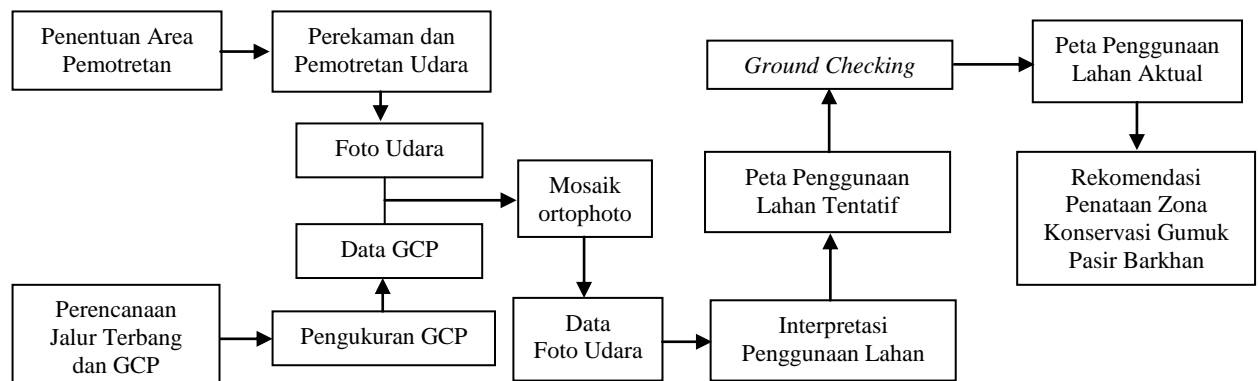
Gambar 3. Lokasi Penelitian
Sumber: BingMap, 2012

3. DATA DAN METODE

Secara umum, metode yang dilakukan dalam pemotretan udara dikelompokkan menjadi tiga tahap yaitu (1) pra-lapangan, (2) lapangan dan (3) pasca-lapangan. Tahap pra-lapangan meliputi tahap persiapan peralatan, penentuan *area of interest* (AoI), instalasi *Ground Control Point* (GCP) dan perencanaan jalur terbang. Jumlah GCP yang direkam adalah 9 poin sehingga akurasi 3D yang dihasilkan dapat maksimal. Peralatan yang dipersiapkan berupa dua unit UAV tipe *fixed wing*, *Global Positioning System* (GPS) Geodetik dan peta Rupa Bumi Indonesia lembar Desa Parangtritis. Citra dan foto udara terdahulu digunakan untuk menentukan AoI.

Proses pemotretan udara dilakukan oleh pilot dan co-pilot. Pilot bertugas untuk menerbangkan pesawat hingga ketinggian tertentu sebelum dialihkan ke mode auto. Setelah semua daerah yang difoto selesai, pilot bertugas untuk mendaratkan pesawat. Co-pilot bertugas untuk memantau kecepatan pesawat, tinggi terbang pesawat, lokasi terbanya pesawat, dan mendownload data hasil pemotretan. Tahap pasca-lapangan meliputi pengolahan data hasil pemotretan udara sehingga menghasilkan ortophoto. Data hasil pemotretan udara diolah lebih lanjut dengan Agisoft Photoscan sehingga hasil pemotretan udara dapat diolah lebih lanjut.

Foto udara merupakan sumber yang digunakan dalam pemetaan detail zona konservasi gumuk pasir barkhan Parangtritis. Deteksi manual serta interpretasi visual digunakan untuk memetakan detail penggunaan lahan di zona konservasi gumuk pasir barkhan Parangtritis. Pengecekan lapangan dilakukan secara sampling untuk mengecek hasil interpretasi. Analisis deskriptif eksploratif digunakan untuk menentukan rekomendasi pemanfaatan lahan di zona konservasi gumuk pasir barkhan Parangtritis. Secara umum langkah-langkah penelitian ini disajikan pada Gambar 4.



Gambar 4. Diagram Alir Penelitian. Sumber: Analisis, 2015

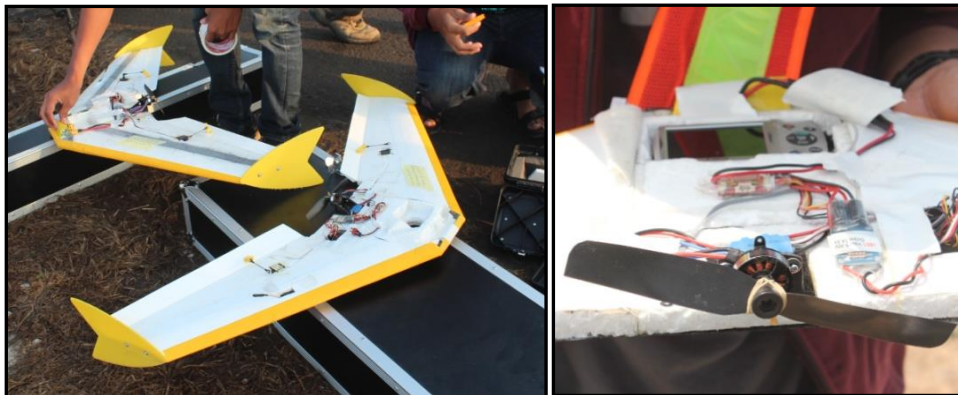
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Pemotretan Udara Gumuk Pasir Parangtritis dengan UAV

4.1.1. Tahap pra-lapangan

Tahap pra-lapangan dalam pemotretan udara gumuk pasir Parangtritis diawali dengan menentukan area pemotretan. Area pemotretan dalam penelitian ini merupakan kawasan yang termasuk dalam SK. ESDM tentang geohéritage. Luasan area pemotretan berkisar 500 ha yang membentang dari Pantai Parangtritis hingga Pantai Depok, Kecamatan Kretek, Kabupaten Bantul. Kondisi fisik area pemotretan yang berbatasan langsung dengan samudera Hindia sedikit kurang menguntungkan. Hal tersebut dikarenakan wilayah pesisir memiliki kecepatan angin yang cukup tinggi. Hambatan tersebut diperparah dengan adanya bukit di sebelah timur dari lokasi penelitian yang berpotensi mengubah arah angin pada waktu-waktu tertentu. Solusi dari permasalahan tersebut adalah dengan melakukan pemilihan wahana dan instrument yang tepat untuk pengambilan data.

Wahana yang dipilih untuk pengambilan data foto udara pada lokasi penelitian adalah UAV dengan tipe *fixed wing* Aves mk 14 mini. UAV ini memiliki bentang sayap 950 mm dengan daya jelajah lebih dari 30 km. Kecepatan jelajah maksimal yang dimiliki Aves mk 14 mini adalah 50 km/jam. Berat terbang UAV adalah 1000 gram, sedangkan beban angkut adalah 150 gram. Instrumen perekaman foto udara yang diinstal pada Aves mk 14 mini adalah kamera *pocket* berjenis Canon PS 2500. Kamera ini memiliki resolusi 16 MPix. Dimensi pixel Canon PS 2500 adalah 4608 x 3456 pixel, sedangkan dimensi sensor Canon PS 2500 adalah 6,17 x 4,55 mm. Sebelum diinstal pada wahana, kamera yang digunakan untuk perekaman dikalibrasi untuk menentukan nilai distorsi pada kamera. Wahana dan instrument yang digunakan untuk perekaman foto udara dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Wahana dan instrument yang digunakan dalam perekaman foto udara. Sumber: Maulana, 2015

Pemasangan titik ikat di lapangan dilakukan sebelum proses pemotretan udara dilakukan (*pre-mark*). Pemasangan titik ikat di lapangan dilakukan untuk mengetahui nilai lintang, bujur dan elevasi. Pemetaan foto udara small format memerlukan akurasi 3D yang cukup tinggi, sehingga dalam penelitian ini pengukuran titik ikat dilakukan dengan menggunakan GPS Geodetik. Titik ikat yang digunakan dalam penelitian ini adalah sembilan buah. Titik ikat diletakkan pada daerah yang mudah diamati dan diinterpretasi. Kegiatan pengambilan data titik control dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. GPS Geodetik yang digunakan untuk mengukur nilai lintang, bujur dan elevasi. Sumber: Maulana, 2015

Perencanaan jalur terbang (*flight plan*) merupakan unsur penting dalam proses pemotretan udara. Uysal *et al.*, (2015) mengemukakan bahwa dalam perencanaan jalur terbang harus memperhatikan kondisi cuaca daerah penelitian, insolasi, perangkat dan kemungkinan eror yang dapat mengganggu hasil pemotretan. Lebih lanjut, Satya *et al.*, (2015) mengemukakan bahwa beberapa parameter yang ditentukan dalam pembuatan flight plan detil antara lain ketinggian terbang, persentase overlap (*endlap-sidelap*), kecepatan wahana, kecepatan rana, interval pemotretan (*setting intervalometer*), *focal length*, jarak terbang maksimal, arah jalur terbang, arah dan kecepatan angin, waktu pemotretan, dan parameter lain yang bersifat teknis.

Pembuatan jalur terbang pada *area of interest* (AoI) dilakukan dengan menggunakan software *Mission Planner*. Melalui program *Mission Planner* dilakukan pengaturan untuk tinggi terbang dengan memperhatikan resolusi foto udara yang ingin diperoleh, jarak dan arah jalur terbang, serta presentase overlap. Setting ketinggian pesawat diatur pada ketinggian 280 m di atas permukaan tanah untuk menghasilkan foto udara dengan resolusi di bawah 10 cm. Endlap diatur sebesar 80% dan sidelap diatur sebesar 60 %. Arah jalur terbang diatur untuk memotong arah angin (*cross wind*). Cara pengecekan arah angin dilakukan secara tradisional, yaitu dengan melempar rumput ke udara sehingga kita bisa tahu kemana arah rumput itu terbang jatuh. Luas sekali jalur terbang adalah 1 x 1 km, sehingga untuk pemotretan kawasan gumuk pasir dilakukan beberapa kali proses pemotretan udara.

4.1.2. Tahap lapangan

Pemotretan udara di kawasan Parangtritis memiliki beberapa tantangan dan hambatan. Wilayah Parangtritis yang berbatasan langsung dengan Samudera Hindia menyebabkan kecepatan angin rata-rata cenderung tinggi. Faktor penghambat selanjutnya adalah kabut. Keberadaan kabut cukup mengganggu hasil pemotretan, sehingga harus diatur waktu yang tepat agar hasil foto yang dihasilkan sesuai harapan. Faktor non-teknis selanjutnya adalah karena wilayah Parangtritis sering digunakan untuk latihan pesawat dari TNI AU dan juga digunakan untuk olahraga di udara seperti paralayang maupun gantole. Hal ini menjadi penghambat karena proses penerbangan menggunakan UAV dapat mengganggu keselamatan orang lain. Berdasarkan beberapa pertimbangan di atas, maka proses pemotretan UAV di kawasan Parangtritis hanya dapat dilakukan dari jam 07.00 – 10.00 WIB.

Proses perekaman foto udara di lapangan dilakukan dalam beberapa tahap. Tahap pertama adalah pilot yang menerbangkan pesawat hingga ketinggian tertentu dan kemudian dilakukan setting auto-pilot. Wahana yang berupa Aves mk 14 mini mengikuti jalur terbang yang sudah dibuat. Tugas pilot dan co-pilot selanjutnya adalah memantau kecepatan, tinggi dan arah terbang pesawat melalui *Mission Planner*. Setelah wahana mencapai titik akhir pemotretan, setting wahana kembali diganti dengan mode manual untuk proses pendaratan pesawat. Proses pendaratan dilakukan dengan metode *horizontal landing*. Dokumentasi di lapangan saat pemotretan udara dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Proses pemotretan udara. Sumber: Maulana, 2015

Proses yang dilakukan setelah pesawat landing adalah mendownload data yang ada pada instrument perekaman yang berupa kamera saku berjenis Canon PS 2500. Proses pengunduhan data foto udara yang ada pada kamera dilakukan secara manual, yaitu dengan mengambil memori pada kamera dan disalin pada komputer. Foto yang sudah disalin, selanjutnya dicek apakah sesuai dengan hasil yang diinginkan.

Proses pemotretan foto udara dilanjutkan seperti proses awal pada wilayah yang berbeda. Sebelum kembali melakukan proses penerbangan kembali, dilakukan pergantian daya wahana (batrei) dan pengecekan terhadap komponen wahana seperti motor, ESC (*electronic speed control*), servo, radio control Receiver,

data radio, GPS dan autopilot. Beberapa contoh hasil pemotretan udara yang ada di wilayah Parangtritis dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Beberapa data hasil proses pemotretan udara yang belum diolah. Sumber: Maulana, 2015

4.1.3. Tahap pasca-lapangan

Pemrosesan foto udara dilakukan untuk menghasilkan orthofoto. Orthophoto merupakan foto udara yang telah terortorektifikasi sehingga yang semula memiliki proyeksi central menjadi proyeksi orthogonal dan memiliki akurasi geometri objek yang benar. Ortorektifikasi adalah proses koreksi geometri dari citra sehingga tiap piksel akan tampak dipotret dari atas, atau berproyeksi orthogonal (Rosaji *et al.*, 2015). Orthophoto dapat dimanfaatkan untuk pemetaan secara spesifik, seperti pemetaan pemukiman maupun infrastruktur yang membutuhkan tingkat ketelitian tinggi (Guan *et al.*, 2013; Poznanska *et al.*, 2013), sehingga data orthophoto sangat layak untuk digunakan untuk mendukung penataan zona gumuk pasir Parangtritis. Pemetaan skala detail ini mutlak diperlukan untuk meminimalkan konflik maupun permasalahan dalam penataan zona gumuk pasir.

Pemrosesan hasil pemotretan udara dilakukan dengan menggunakan *software* Agisoft Photoscan. Langkah awal yang dilakukan adalah koreksi foto udara. Koreksi diperlukan untuk meningkatkan kualitas hasil foto udara dan meminimalkan distorsi geometrik. Koreksi juga dilakukan untuk meningkatkan kualitas foto udara dengan cara penajaman kontras foto (*enhancement*), menyesuaikan kecerahan (*brightness*) dan kontras (*contrast*). *Block bundle adjustment* dilakukan untuk mentransformasikan foto dari koordinat foto (orientasi relatif) ke koordinat tanah (orientasi absolut) dengan memanfaatkan area overlap dan sidalap dimana terdapat titik-titik yang bersesuaian (*tie points*) pada area tersebut (Rosaji *et al.*, 2015). Proses selanjutnya adalah melakukan proses ortorektifikasi, georeferensi dan mozaik foto udara secara bersamaan. Proses tersebut akan menghasilkan mosaic orthophoto yang telah memiliki referensi koordinat permukaan bumi. Data hasil akhir pemotretan udara menghasilkan *ground square distance* (GSD) sebesar 8 cm. Data tersebut sudah sangat cukup digunakan untuk pemetaan detail wilayah. Contoh kenampakan orthophoto hasil pemotretan udara dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Contoh kenampakan orthophoto. Sumber: Maulana, 2015

4.2. Pemetaan Detail Kawasan Konservasi Gumuk Pasir Barkhan Parangtritis

Informasi detail wilayah diperlukan untuk pengambilan keputusan (Delden *et al.*, 2011). Data hasil pemotretan udara digunakan untuk melakukan pemetaan detail wilayah zona konservasi gumuk pasir barkhan Parangtritis. Dalam melakukan pemetaan detail yang perlu diperhatikan adalah sumber data untuk analisis, yaitu resolusi spasial data citra ataupun foto udara. Tobler (1998) telah melakukan penelitian mengenai hubungan antara skala pemetaan dengan resolusi raster dengan memperhatikan obyek yang dapat diamati. Hasil penelitian Tobler (1998) menyebutkan bahwa skala pemetaan dapat dihitung dengan rumus:

$$\text{Skala Pemetaan} = \text{Resolusi Raster (m)} \times 2 \times 1000 \quad (1)$$

Data hasil pemotretan udara memiliki resolusi 8 cm. Berdasarkan perhitungan dengan menggunakan rumus Tobler (1998), maka skala peta yang dapat dihasilkan dari data foto udara *small format* adalah 1:5.000. Pemetaan detail wilayah zona konservasi gumuk pasir barkhan Parangtritis dilakukan pada skala pemetaan 1:5.000, sehingga data foto udara *small format* yang telah dihasilkan lebih dari cukup untuk dijadikan sebagai dasar pemetaan.

Deteksi manual dan interpretasi visual penggunaan lahan zona konservasi gumuk pasir barkhan Parangtritis dilakukan pada setiap zona konservasi untuk memudahkan pengelolaan lahan ke depan. Zona konservasi gumuk pasir barkhan Parangtritis memiliki 3 zona, yaitu zona inti gumuk pasir, zona penunjang gumuk pasir dan zona terbatas gumuk pasir (Gambar 10). Interpretasi dilakukan dengan menggunakan 9 kunci interpretasi foto udara yang meliputi rona atau warna, ukuran, bentuk, tekstur, pola, tinggi, bayangan, situs dan asosiasi. Klasifikasi penggunaan lahan mengacu pada Permen PU No 20 Tahun 2011 tentang pedoman Penyusunan RDTR dan Peraturan Zonasi Kabupaten/Kota. Data hasil deteksi manual dan interpretasi visual foto udara *small format* dapat dilihat pada Tabel 1, Tabel 2 dan Tabel 3.



Gambar 10. Zona konservasi gumuk pasir barkhan Parangtritis. Sumber: Maulana, 2015

Tabel 1. Hasil Interpretasi Detil Penggunaan Lahan Zone Inti

No	Penggunaan Lahan	Luas (ha)	%
1	Belukar	0.73	0,5
2	Beting Pantai	0.32	0,2
3	Gumuk Pasir	30.78	21,8
4	Hutan Lahan Kering	68.09	48,2
5	Jalan	1.83	1,3
6	Ladang	6.12	4,3
7	Lahan Terbangun	0.13	0,1
8	Lahan Terbuka	23.41	16,6
9	Pemukiman	2.02	1,4
10	Semak	6.61	4,7
11	Tambak	1.11	0,8
Total		141.15	100

Sumber: Interpretasi Foto Udara, 2015

Tabel 2. Hasil Interpretasi Detil Penggunaan Lahan Zone Terbatas

No	Penggunaan Lahan	Luas (ha)	%
1	Bangunan	0.13	0,1
2	Belukar	5.72	6,0
3	Beting Pantai	0.89	0,9
4	Hutan Lahan Kering	5.66	5,9
5	Jalan	1.19	1,3

6	Ladang	9.28	9,7
7	Lahan Terbangun	0.43	0,4
8	Lahan Terbuka	35.06	36,8
9	Pemukiman	21.92	23,0
10	Sawah Irigasi	5.25	5,5
11	Semak	9.51	10,0
12	Sungai	0.04	0,0
13	Tambak	0.21	0,2
Total		95.3	100

Sumber: Interpretasi Foto Udara, 2015

Tabel 3. Hasil Interpretasi detil Penggunaan Lahan Zona Penunjang

No	Penggunaan Lahan	Luas (ha)	%
1	Belukar	17.92	10,1
2	Beting Pantai	6.52	3,7
3	Gumuk Pasir	2.66	2,4
4	Hutan Lahan Kering	71.95	40,7
5	Jalan	3.06	1,7
6	Ladang	3.91	2,2
7	Lahan Terbangun	1.61	0,9
8	Lahan Terbuka	36.19	20,5
9	Pemukiman	6.07	3,4
10	Saluran Irigasi	1.65	0,1
11	Sawah Irigasi	0.26	0,2
12	Semak	0.30	9,7
13	Tambak	17.19	3,7
14	Tubuh Air	6.46	0,5
Total		176.6	100

Sumber: Citra Foto Udara Tahun 2015

Hasil penelitian menunjukkan bahwa bentukan gumuk pasir aktif yang tersisa di zona inti gumuk pasir adalah 30,78 ha atau 21,8 %. Jumlah tersebut tergolong sangat sempit mengingat luas keseluruhan zona inti gumuk pasir adalah 141,15 ha. Zona inti gumuk pasir sebagian wilayahnya telah ditumbuhi oleh pohon Cemara Udang dan pohon Akasia yang mengganggu pertumbuhan gumuk pasir barkhan. Luas vegetasi yang berupa hutan lahan kering tersebut adalah 68,09 ha atau 48,2 %.

Zona inti gumuk pasir idealnya merupakan zona yang benar-benar steril dari penggunaan lahan selain gumuk pasir. Penggunaan lahan selain gumuk pasir seluas 110,37 ha atau 78,2 % seharusnya dikelola lebih arif sehingga keberadaan gumuk pasir barkhan tetap terjaga. Pengelolaan zona inti gumuk pasir mutlak perlu dilakukan karena keberadaan gumuk pasir barkhan merupakan salah satu fenomena yang mendukung keistimewaan Daerah Istimewa Yogyakarta di samping Gunungapi Merapi dan Gunung Sewu. Berdasarkan hasil kajian yang mengacu pada Permen PU No 20 Tahun 2011 tentang pedoman Penyusunan RDTR dan Peraturan Zonasi Kabupaten/Kota, zona inti gumuk pasir digolongkan sebagai Suaka Alam dan Cagar Budaya (SC) bagian dari kawasan yang memiliki khas tertentu berupa bentukan gumuk pasir barkhan. Fungsi penetapan zona inti gumuk pasir barkhan menjadi suaka alam dan cagar budaya adalah terjaganya ekosistem keunikan alam yang berupa gumuk pasir barkhan.

Hasil interpretasi yang dilakukan pada zona terbatas gumuk pasir menunjukkan bahwa zona terbatas gumuk pasir didominasi oleh lahan terbuka dan pemukiman. Zona terbatas gumuk pasir berfungsi sebagai lorong angin untuk pergerakan angin dalam pembentukan Gumuk Pasir. Penataan zona terbatas gumuk pasir perlu dilakukan secara perlahan sehingga tenaga aeolian tidak terganggu. Zona ini direkomendasikan untuk pemanfaatan bangunan penginapan, beting pantai, semak, belukar, hutan lahan kering, ladang, bangunan dan permukiman terbatas. Zona penunjang gumuk pasir didominasi oleh hutan lahan kering, lahan terbuka, tambak dan pemukiman. Zona ini merupakan destinasi wisata kuliner di Parangtritis. Zona penunjang gumuk pasir direkomendasikan untuk pemanfaatan beting pantai, RTH gumuk pasir, semak, belukar, hutan lahan kering, dan lahan terbangun, permukiman dan tambak.

5. KESIMPULAN

Pemotretan udara dengan menggunakan UAV telah dilakukan di kawasan Parangtritis, Yogyakarta. Beberapa penyesuaian dalam pemotretan dilakukan untuk meminimalkan hambatan dalam proses pemotretan di kawasan Parangtritis, yaitu angina, kabut dan factor non-teknis lainnya. Data orthophoto hasil

pemotretan udara memiliki resolusi spasial 8 cm. Data tersebut sangat layak untuk digunakan sebagai dasar pemetaan detail zona konservasi gumuk pasir Parangtritis. Luas gumuk pasir di zona inti saat ini hanya tersisa 30,78 ha dari luas zona inti sebenarnya 141,15 ha. Penetapan zona inti gumuk pasir sebagai Suaka Alam dan Cagar Budaya (SC) diharapkan dapat menyelamatkan keberadaan gumuk pasir barkhan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih sebesar-besarnya penulis sampaikan kepada Prof. Junun Sartohadi, M.Sc dan Syamsul Bachri, P.hd yang selalu membimbing penulis hingga sekarang. Selanjutnya ucapan terima kasih disampaikan kepada Fakultas Geografi UGM, terutama Prof. Dr. Sunarto MS dan kolega yang menginisiasi kegiatan edu-restorasi gumuk pasir Parangtritis. Terima kasih juga disampaikan kepada Mas Hufan (PPIT-BIG), Pak Barandi (Fak. Geografi UGM) dan tim Mitra Geotama yang diwakili oleh Mas Fredi atas kerjasamanya dalam pemotretan udara Desa Parangtritis. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Pemda DIY, Pemkab. Bantul dan rekan-rekan PGSP yang selalu mendukung kelancaran kegiatan penulisan paper ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Delden, H. Van, Vliet, J. Van, Rutledge, D.T., Kirkby, M.J., (2011), Comparison of scale and scaling issues in integrated land-use models for policy support. *Agric. Ecosyst. Environ.* 142, 18–28
- Elbelrhiti, H., Andreotti, B., Claudin, P., (2008), Barchan dune corridors: field characterization and investigation of control parameters. *J. Geophys. Res. Planets* 113 (F2).
- Eisenbeiss, H., (2009), UAV Photogrammetry, Institute of Geodesy and Photogrammetry, Diss. ETH No. 18515, ETH Zurich, pp. 235
- Guan, H.Y., Li, J., Chapman, M., Deng, F., Ji, Z., Yang, X., (2013), Integration of orthoimagery and lidar data for object-based urban thematic mapping using random forests. *Int. J. Remote Sens.* 34, 5166–5186
- Poznanska, A.M., Bayer, S., Bucher, T., 2013. Derivation of urban objects and their attributes for large-scale urban areas based on very high resolution UltraCam true orthophotos and nDSM – a case study Berlin, Germany. *Earth Resour. Environ. Remote Sens./Gis Appl.* Iv 8893.
- Puspitasari, I.Y., (2011), Perkembangan Gumuk Pasir dan Perubahan Penggunaan Tanah di Gumuk Pasir Pantai Parangtritis Daerah Istimewa Yogyakarta, Skripsi, Departemen Geografi FMIPA Universitas Indoensia
- Remondino, F., Barazzetti, L., Nex, F., Scaioni, M., Sarazzi, D., (2011), UAV Photogrammetry for mapping and 3D modeling current status and future perspectives, *ISPRS ICWG I/V UAV-g Conference*, Zurich, Switzerland
- Rosaji, F., Nurvensia, Y.T., Haidir, A., Handayani, W., (2015), Perencanaan, Akuisisi dan Pengolahan Foto Udara Menggunakan Teknologi UAV Sebagai Alternatif Pemenuhan Data Spasial, Materi Pelatihan UAV, CV. Mitra Geotama, Yogyakarta
- Ruzgiene, B., Berteška, T., Gecyte, S., Jakubauskiene, E., Aksamitauskas, V.C., (2015), The surface modelling based on UAV Photogrammetry and qualitative estimation, *Measurement* 73 (2015) 619–627
- Tobler, W., (1988), Resolution, Resampling, and All That. - In: Mounsey, H. & Tomlinson, R. (Eds.); *Building Data Bases for Global Science*. London, Taylor and Francis, pp. 129-137.
- Uysal, M., Toprak, A.S., Polat, N., (2015), DEM generation with UAV Photogrammetry and accuracy analysis in Sahitler hill, *Measurement* 73 (2015) 539–543

STUDI PERUBAHAN PENUTUP LAHAN TERHADAP PERUBAHAN DEBIT PUNCAK DI DAS WOSEA

Bayu Raharja^{1*}, Muhammad Fauzi² dan Nur Fathurrahman A³

¹ Direktorat Jenderal Mineral dan Batubara, Kementerian ESDM, Jl. Dr. Supomo 10, Jakarta Selatan 12870
Email: bayu.raharja@minerba.esdm.go.id

² Pusat Litbang Sumber Daya Air, Kementerian PU-PERA, Jl. Ir. H Juanda 193, Bandung 40135
Email: fauzie.em@gmail.com

³ Weda Bay Nickel, Wisma Pondok Indah 2, Jl. Sultan Iskandar Muda Kav. V-TA, Jakarta 12310
Email: Nur-Fathurrahman.Arromdlony@eramet-wb.com

*Corresponding author: bayu.raharja@minerba.esdm.go.id

ABSTRAK

Seiring dengan pertambahan jumlah penduduk di Kabupaten Halmahera Tengah mengakibatkan tuntutan akan tersedia lahan untuk tempat tinggal dan bercocok tanam. Masyarakat mulai melakukan pembukaan lahan dan mengkonversi area hutan menjadi lahan untuk tempat tinggal dan bercocok tanam. Perubahan penutup vegetasi berpengaruh pada berubahnya koefisien limpasan yang menyebabkan bertambahnya debit puncak pada saat banjir. Begitu juga pada saat kemarau akan terjadi penurunan debit aliran rendah. Selain itu kegiatan pengambilan pasir dan batuan di sepanjang Sungai Wosea telah merubah bentuk dan morfologi sungai. Terbukti dampak negatif dari kegiatan diatas selama kurun waktu 2007 – 2010 Sungai Wosea bertambah lebar pada beberapa bagian dengan luas sungai utama dari 11.77 ha menjadi 12.87 ha. Hasil analisa tutupan lahan juga menunjukkan luas lahan terbuka bertambah dari 19.88 ha menjadi 67.98 ha dalam kurun waktu 5 tahun (2007-2013) dan luas area hutan berkurang selama kurun waktu tersebut dari 1.574 ha menjadi 1.547 ha. Dari segi hidrologi, perubahan tutupan lahan menyebabkan koefisien limpasan naik dari 0.26 menjadi 0.27 selama kurun waktu 2007-2013. Secara umum debit rata-rata akan semakin kecil karena air hujan yang tersimpan dalam tanah berkurang. Sementara debit puncak (*high flow*) akan semakin besar pada saat intensitas hujan tinggi dan debit rendah (*low flow*) semakin kecil pada bulan kemarau. Hasil analisis statistik debit banjir menunjukkan adanya peningkatan debit, dimana untuk intensitas hujan kala ulang 5 tahun dan durasi 45 menit debit banjir bertambah dari 59.67 m³/s menjadi 61.96 m³/s selama kurun waktu 2007-2013 sebagai akibat perubahan tutupan lahan.

KATA KUNCI: Debit puncak, DAS Wosea, koefisien limpasan, penutup lahan

1. PENDAHULUAN

Peningkatan jumlah penduduk yang semakin pesat mengakibatkan tingginya pemanfaatan terhadap sumberdaya lahan. Aktivitas dan kepentingan manusia yang berbeda-beda merupakan hal mendasar terjadinya perubahan suatu penggunaan lahan. Perubahan penggunaan lahan yang terjadi tanpa dilakukannya perencanaan dan pengendalian maka akan menimbulkan kerusakan lingkungan. Sebagai contoh adalah penggunaan lahan berhutan menjadi areal pertanian dan perkebunan yang masih belum mempertimbangkan konsep konservasi lahan. Hal ini mengakibatkan penggunaan lahan menjadi kurang optimal ditinjau dari sisi lingkungan yang akan memberikan kontribusi dalam memperparah bencana kerusakan lahan.

Penggunaan lahan suatu kawasan mempengaruhi hidrologi kawasan tersebut, dan merubah penggunaan lahan berarti merubah tipe dan proporsi tutupan lahan yang selanjutnya mempengaruhi hidrologinya. Peningkatan volume limpasan permukaan secara cepat pada periode waktu yang pendek menyebabkan peningkatan debit puncak dan banjir yang parah di daerah hilir. Hal tersebut terjadi karena pada musim penghujan air hujan yang jatuh pada daerah tangkapan air (*catchments area*) tidak banyak yang dapat meresap ke dalam tanah melainkan lebih banyak melimpas sebagai debit air sungai. Jika debit sungai ini terlalu besar (meningkatnya debit maksimum) dan melebihi kapasitas tampung sungai, maka akan menyebabkan banjir. Sebaliknya, penurunan volum pada saat musim kemarau terjadi karena saat hujan terjadi hanya sedikit air hujan yang masuk dan tersimpan dalam tanah, sehingga menyebabkan debit minimum semakin kecil.

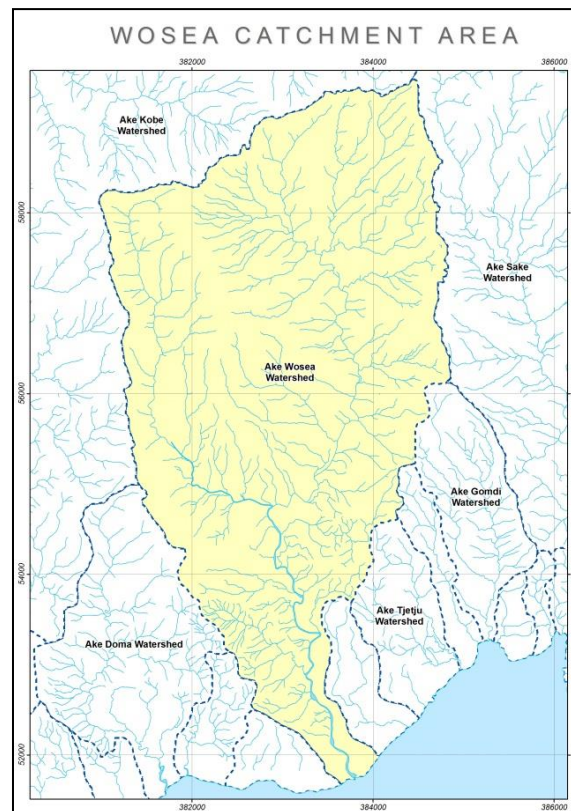
Semakin bertambahnya jumlah penduduk di Kecamatan Weda Tengah, Kabupaten Halmahera Tengah menyebabkan kebutuhan akan lahan yang semakin meningkat. Konversi lahan dari hutan menjadi ladang dan area permukiman tidak dapat dihindari. Salah satu area yang banyak terjadi pembukaan dan pembakaran lahan adalah Daerah Aliran Sungai Wosea. Selain pembukaan lahan, masalah lain adalah

pengambilan pasir dan batu oleh masyarakat untuk berbagai keperluan konstruksi. Hal ini sangat berdampak pada perubahan morfologi Sungai Wosea. Adapun tujuan dari tulisan ini adalah untuk:

1. Mengetahui perubahan penutupan lahan dan bentuk sungai utama di DAS Wosea tahun 2007 – 2013.
2. Mengevaluasi pengaruh perubahan penutup lahan dan nilai koefisien aliran terhadap debit limpasan di DAS Wosea tahun 2007 – 2013.

2. DAERAH KAJIAN

Lokasi penelitian adalah DAS Wosea yang memiliki luas kurang lebih 1820 ha dengan panjang sungai utama kurang lebih 10 km. Sungai ini terletak di Kecamatan Weda Tengah, Kabupaten Halmahera Tengah, Provinsi Maluku Utara. Sungai ini bermuara langsung ke Teluk Weda. Terdapat dua desa disebelah barat DAS Wosea yaitu Desa Lelilef Woebulen dan Lelilef Sawai. Masyarakat di kedua desa memanfaatkan air dari Sungai Wosea untuk keperluan sehari-hari seperti mencuci, mandi, dan air minum.



Gambar 1. DAS Wosea

3. DATA DAN METODE

3.1 Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah Citra satelit *Quickbird* tahun perekaman 2007 dan 2010, data hujan maksimum harian, dan data debit.

3.2 Metode

3.2.1 Penutup Lahan

Penggunaan lahan berhubungan dengan kegiatan manusia pada sebidang lahan, sedangkan penutup lahan adalah perwujudan fisik obyek-obyek yang menutupi lahan tanpa mempersoalkan kegiatan manusia terhadap obyek-obyek tersebut. Satuan-satuan penutup lahan kadang-kadang juga memiliki sifat penutup lahan alami (Lillesand/Kiefer, 1994). Klasifikasi tutupan lahan dan klasifikasi penggunaan lahan adalah upaya pengelompokkan berbagai jenis tutupan lahan atau penggunaan lahan kedalam suatu kesamaan sesuai dengan sistem tertentu. Untuk wilayah Indonesia, klasifikasi tutupan yang umumnya digunakan adalah sebagai berikut:

Tabel 2. Klasifikasi Penutup Lahan

No	Tutupan Lahan
1	Semak/belukar
2	Waduk/Sungai/Danau
3	Hutan
4	Kebun
5	Rawa
6	Permukiman
7	Sawah
8	Tegalan/Ladang

3.2.2 Analisis Frekuensi Curah Hujan Rencana

Perhitungan analisis frekuensi ini dilakukan untuk menghitung curah hujan rencana, yaitu hujan harian daerah maksimum yang mungkin terjadi yang selanjutnya digunakan untuk perhitungan debit banjir (puncak). Pada pekerjaan ini analisis frekuensi dihitung dengan menggunakan metode normal, Pearson III, Log Normal, Log Pearson Type III dan metode Gumbell. Untuk menghitung curah hujan rencana menggunakan parameter pemilihan distribusi curah hujan.

a. Pengukuran Dispersi

Suatu kenyataan bahwa tidak semua nilai dari suatu variabel hidrologi terletak atau sama dengan nilai rata-ratanya, tetapi kemungkinan ada nilai yang lebih besar atau lebih kecil dari nilai rata-ratanya (Sosrodarsono, 1993). Besarnya dispersi dapat dilakukan pengukuran disperse baik untuk data asli maupun log data.

1. Dispersi data normal

Cara pertama dilakukan untuk data asli, yakni melalui perhitungan parametrik statistik untuk $(X_i - \bar{X})$, $(X_i - \bar{X})^2$, $(X_i - \bar{X})^3$, $(X_i - \bar{X})^4$ terlebih dahulu, di mana :

X_i = Besarnya curah hujan daerah (mm)

\bar{X} = Rata-rata curah hujan maksimum daerah (mm)

Selanjutnya dilakukan pengukuran dispersi meliputi Standar Deviasi, Koefisien Skewness, Koefisien Kurtosis, dan Koefisien Variansi. Berikut adalah persamaan perhitungannya.

- Standart Deviasi (S)

Perhitungan deviasi standar menggunakan persamaan sebagai berikut:
$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}}$$

Dimana: S : Deviasi standart
 \bar{X} : Nilai rata-rata variat
 X_i : Nilai variat ke i
 n : jumlah data

- Koefisien Skewness (C_s)

Perhitungan koefisien skewness menggunakan persamaan sebagai berikut:
$$C_s = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^3}{(n-1)(n-2)S^3}$$

Dimana: C_s : koefisien Skewness
 X_i : Nilai variat ke i
 \bar{X} : Nilai rata-rata variat
 n : Jumlah data
 S : Deviasi standar

- Koefisien Kurtosis (C_k)

Perhitungan koefisien skewness menggunakan persamaan sebagai berikut:
$$C_k = \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^4}{S^4}$$

Dimana: C_k : Koefisien Kurtosis
 X_i : Nilai variat ke i
 \bar{X} : Nilai rata-rata variat
 n : Jumlah data

S : Deviasi standar

- Koefisien Variansi (C_v)

Perhitungan koefisien variansi menggunakan persamaan sebagai berikut: $CV = \frac{S}{\bar{X}}$

Dimana: CV : Koefisien variasi
X : Nilai rata-rata varian
S : Standart deviasi

2. Dispersi data logaritma

Pengukuran dispersi juga dilakukan untuk distribusi logaritmik dengan persamaan sebagai berikut.

$$Y = \bar{Y} + k \cdot S \text{ sehingga persamaan menjadi } \log X = \overline{\log(X)} + k(\bar{S} \log(X))$$

Dimana : Y = nilai logaritma dari x, sehingga: \bar{Y} = rata – rata hitung nilai Y atau $\overline{\log(X)} = \frac{\sum \log(x)}{n}$

$$\text{Standar Deviasi (S) menjadi } \bar{S} \log(X) = \sqrt{\frac{\sum (\log(x) - \overline{\log(X)})^2}{n-1}}$$

$$\text{Koefisien skewness (Cs) menjadi } CS = \frac{n \sum (\log(x) - \overline{\log(X)})^3}{(n-1)(n-2) - \bar{S} \log(X)^3} \text{ (didapat nilai k dari tabel)}$$

$$\text{Koefisien kurtosis (Ck) menjadi } CS = \frac{\frac{1}{n} \sum (\log(x) - \overline{\log(X)})^4}{(\bar{S} \log(X))^4}$$

$$\text{Koefisien Variansi (Cv) menjadi } CV = \frac{S}{\bar{X}}$$

Dimana: CV : Koefisien variasi
X : Nilai rata-rata varian
S : Standart deviasi

b. Pemilihan jenis distribusi

Dalam statistik dikenal beberapa jenis distribusi antara lain Normal, *Gumbel*, Log Normal, *Log Pearson Type III*. Untuk itu ditinjau jenis distribusi yang sesuai dengan distribusi data debit yang ada di daerah studi. Hal ini dapat dipakai dapat dicari dengan cara analisis dan cara grafis (plotting data). Untuk menentukan jenis distribusi mana yang sesuai dengan data hujan maksimum, maka dilakukan analisa kedekatan hasil perhitungan nilai koefisien skewness, koefisien kurtosis, dan koefisien variansi dengan syarat dari masing-masing distribusi. Berikut ini adalah tabel syarat dari masing-masing distribusi.

Tabel 3. Syarat Pemilihan Jenis Distribusi

No	Jenis Distribusi	Syarat
1	Normal	Cs = 0; Ck = 3
2	Log Normal	Cs = 3Cv; Cv = 0.6
3	Gumbel	Cs ≤ 1.1396; Ck ≤ 5.4002
4	Pearson 3	Cs ≠ 0; Cv = 0.3
5	Log Pearson 3	Cs = 0; Cv = 0.3

c. Uji Kecocokan Distribusi

Uji kecocokan dilakukan dengan dua metode, yaitu *chi square method* dan uji *smirnov-kolmogorov*. Perhitungan kedua uji distribusi secara lengkap dijelaskan lebih rinci dibawah ini.

1. Uji Sebaran Chi Kuadrat (Chi Square Test)

Untuk menguji kecocokan suatu distribusi data curah hujan, digunakan metode Uji Chi Kuadrat (*Chi Square Test*) dengan persamaan sebagai berikut: $K = 1 + 3.322 \log n = 1 + 3.322 \log 10$

$$DK = K - (P+1) = 4 - (1+1)$$

$$Xh^2 = \sum \frac{(Ei - Oi)^2}{Ei}$$

$$Ei = \frac{n}{K}$$

$$\Delta X = \frac{(Xmaks - Xmin)}{G-1}$$

$$Xawal = Xmin - \frac{1}{2} \Delta X$$

Dimana : K : jumlah kelas
DK : derajat kebebasan = $K - (P + 1)$
P : nilai untuk distribusi normal dan binominal $P = 2$ dan untuk distribusi poisson $P = 1$
N : jumlah data
 Xh^2 : harga chi square
Oi : jumlah nilai pengamatan pada sub kelompok ke-1
Ei : jumlah nilai teoritis pada sub kelompok ke-1

Nilai Xh^2 dicari pada tabel nilai kritis untuk distribusi *chi-square* dengan menggunakan nilai $DK = 2$ dan derajat kepercayaan 5% lalu dibandingkan dengan nilai Xh^2 hasil perhitungan. Syarat yang harus dipenuhi yaitu Xh^2 hitungan $< Xh^2$ Tabel (Soewarno, 1995).

2. Uji Sebaran Smirnov – Kolmogorov

Uji kecocokan *Smirnov – Kolmogorov*, sering juga uji kecocokan non parametrik (*non parametric test*), karena pengujian tidak menggunakan fungsi distribusi tertentu. Dengan membandingkan kemungkinan (*probability*) untuk setiap variat, dari distribusi empiris dan teoritisnya, akan terdapat perbedaan (Δ) tertentu (Soewarno, 1995). Apabila harga Δ max yang terbaca pada kertas probabilitas kurang dari Δ kritis untuk suatu derajat nyata dan banyaknya variat tertentu, maka dapat disimpulkan bahwa penyimpangan yang terjadi disebabkan oleh kesalahan-kesalahan yang terjadi secara kebetulan (Soewarno, 1995).

d. Intensitas Hujan

Intensitas curah hujan adalah ketinggian curah hujan yang terjadi pada suatu kurun waktu di mana air tersebut terkonsentrasi (Joesron Loebis 1992). Intensitas curah hujan dinotasikan dengan huruf I dengan satuan mm/jam. Intensitas hujan yang tinggi pada umumnya berlangsung dengan durasi pendek dan meliputi daerah yang tidak sangat luas (Sudjarwadi 1987). Hujan yang meliputi daerah luas, jarang sekali dengan intensitas tinggi, tetapi dapat berlangsung dengan durasi cukup panjang. Sri Harto (1993) menyebutkan bahwa analisis IDF memerlukan analisis frekuensi dengan menggunakan seri data yang diperoleh dari rekaman data hujan. Seandainya data curah hujan yang ada adalah data curah hujan harian, maka untuk menghitung intensitas hujan dapat digunakan metode Mononobe seperti berikut ini (Joesron Loebis 1992).

$$I = \frac{R_{24}}{24} \times \left[\frac{24}{T} \right]^{2/3}$$

Dimana: I : intensitas curah hujan (mm/jam);
R₂₄ : curah hujan maks. dalam 24 jam (mm);
T : lamanya curah hujan (jam); dimana:
 $T = 0,0915 \times H^{0,77} \times S^{-0,385} \times 10^2$
 $W = 72 \left(\frac{H}{L} \right)^{0,6}$ (km/jam)
dengan: T : waktu konsentrasi (jam)
W : waktu kecepatan perambatan (m/det atau Km/jam)
L : jarak dari ujung daerah hulu sampai titik yang ditinjau (Km)
A : luas DAS (Km²)
H : beda tinggi ujung hulu dengan titik tinggi yang ditinjau (Km)

Sri Harto (1993) menyebutkan bahwa analisis IDF memerlukan analisis frekuensi dengan menggunakan seri data yang diperoleh dari rekaman data hujan. Dalam statistik dikenal empat macam distribusi frekuensi yang banyak digunakan dalam hidrologi, yaitu distribusi Normal, Log-Normal, Gumbel dan Log Pearson III. Masing-masing distribusi mempunyai sifat yang khas, sehingga data curah hujan harus diuji kecocokannya dengan sifat statistik masing-masing distribusi tersebut. Pemilihan jenis distribusi yang tidak benar dapat menimbulkan kesalahan perkiraan yang cukup besar, baik *overestimated* maupun *under estimated*.

e. Analisis Laju Puncak Aliran (Q)

Dalam kajian kali ini perhitungan debit puncak menggunakan Metode Rasional yang dihitung dengan menggunakan rumus:

$$Q_r = \frac{C.I.A}{3.6} = 0.278.C.I.A$$

Dimana: Q_r : debit puncak/banjir (m³/det)
I : intensitas curah hujan selama konsentrasi (mm/jam)

A : luas daerah aliran (km²)
C : koefisien run off

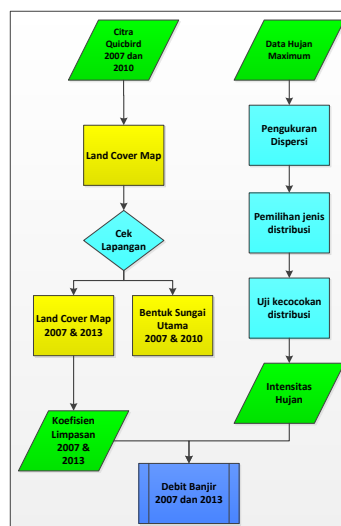
Untuk nilai C (koefisien limpasan) pada kajian ini menggunakan nilai koefisien air larian, C yang ditetapkan oleh SNI 03-2415-1991:

Tabel 4.Koefisien Limpasan

Deskripsi lahan/ Karakter Permukaan	Koefisien Limpasan (C)	Deskripsi lahan/ Karakter Permukaan	Koefisien Limpasan (C)	Deskripsi lahan/ Karakter Permukaan	Koefisien Limpasan (C)
Business		Tanah Lapang		Padang rumput	
Perkotaan	0,70 – 0,95	Berpasir, Datar 2%	0,05 – 0,10	Tanah berat	0,15 – 0,45
Pinggiran	0,50 – 0,70	Berpasir, agak rata 2% - 7%	0,10 – 0,15	Berpasir	0,05 – 0,25
Perumahan		Berpasir, miring 7%	0,15 – 0,20	Tanah tidak produktif > 30%	
Rumah tunggal	0,30 - 0,50	Tanah Berat, datar 2%	0,13 – 0,17	Rata, kedap air	0,70 – 0,90
Rumah susun, terpisah	0,40 – 0,60	Tanah berat, agak rata 2% - 7%	0,18 – 0,22	Kasar	0,50 – 0,70
Rumah susun, bersambung	0,60 - 0,75	Tanah berat, miring 7%	0,25 – 0,35	Ladang garapan	
Pinggiran kota	0,25 – 0,40	Halaman kereta api	0,20 – 0,40	Tanah berat tanpa vegetasi	0,30 - 0,60
Industri		Taman tempat bermain	0,20 – 0,35	Tanah berat dengan vegetasi	0,20 – 0,50
Kurang Padat Industri	0,50 – 0,80	Taman pekuburan	0,10 – 0,25	Berpasir tanpa vegetasi	0,20 – 0,25
Padat Industri	0,60 – 0,90	Daerah tak berkembang	0,10 – 0,30	Berpasir dengan vegetasi	0,10 – 0,25
Perkerasan		Tanah pertanian 0 – 30%			
Beraspal	0,70 – 0,95	Tanah kosong			
Berbeton	0,80 – 0,95	Rata	0,30 - 0,60		
Batu bata	0,70 - 0,85	Kasar	0,20 – 0,50		
Trotoar	0,75 – 0,85				
Atap	0,75 – 0,95				

Sumber : SNI 03-2415-1991

Secara umum diagram alir penelitian dapat dilihat dibawah ini.

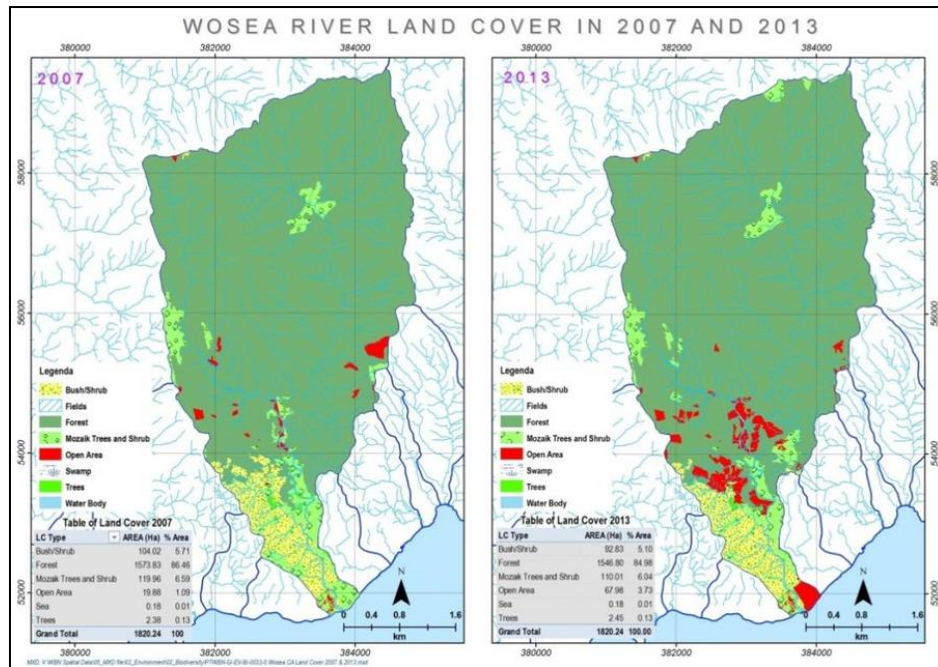


Gambar 2. Diagram alir penelitian

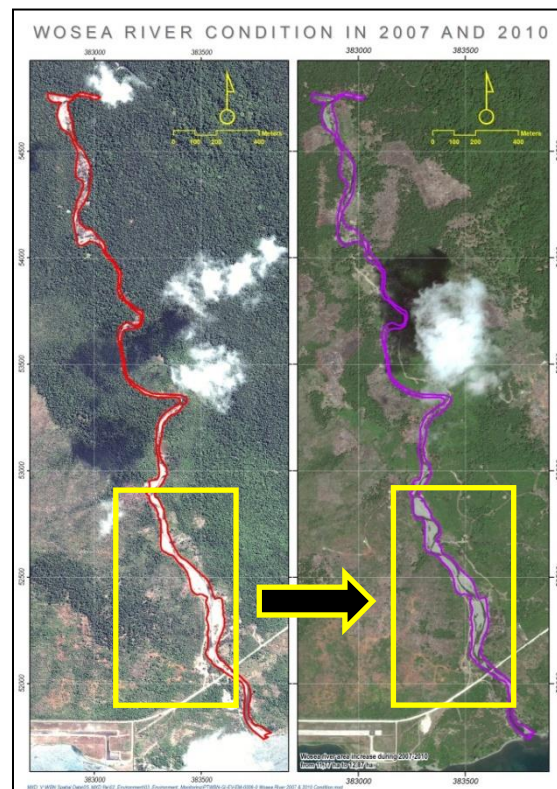
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Penutup lahan 2007-2013

Analisa penutupan lahan dilakukan dengan interpretasi citra *Quickbird* tahun 2007 dan 2010 dengan data cek lapangan tahun 2013. Interpretasi untuk analisa perubahan bentuk sungai utama Wosea dilakukan dari tahun 2007-2010 sesuai dengan data citra satelit. Hasil interpretasi menunjukkan terjadi penambahan luas sungai utama DAS Wosea selama 2007-2010 dari 11,77 ha menjadi 12,87 ha. Hasil peta penutupan lahan DAS Wosea serta perbandingan bentuk sungai Wosea dapat dilihat pada peta-peta berikut.



Gambar 3. Peta penutup Lahan DAS Wosea



Gambar 4. Perubahan Bentuk Sungai Wosea

4.2 Koefisien Limpasan

Berdasarkan peta tutupan lahan diatas, selanjutnya kita hitung nilai koefisien limpasan (C) sebagai salah satu parameter dalam menghitung debit puncak dengan metode Rasional. Hasil perhitungan koefisien limpasan (C) untuk tahun 2007 dan 2013 dapat dilihat pada table berikut.

Tabel 5. Koefisien limpasan DAS Wosea 2007

Land Cover	Area (Ha)	% Area	C
Bush/Shrub	104.02	5.71	0.35
Forest	1574.00	86.46	0.25
Mosaic Trees and Shrub	119.96	6.59	0.33
Open Area	19.88	1.09	0.40
Trees	2.38	0.13	0.30
Total	1820.24	100.00	0.26

Tabel 6. Koefisien limpasan DAS Wosea 2013

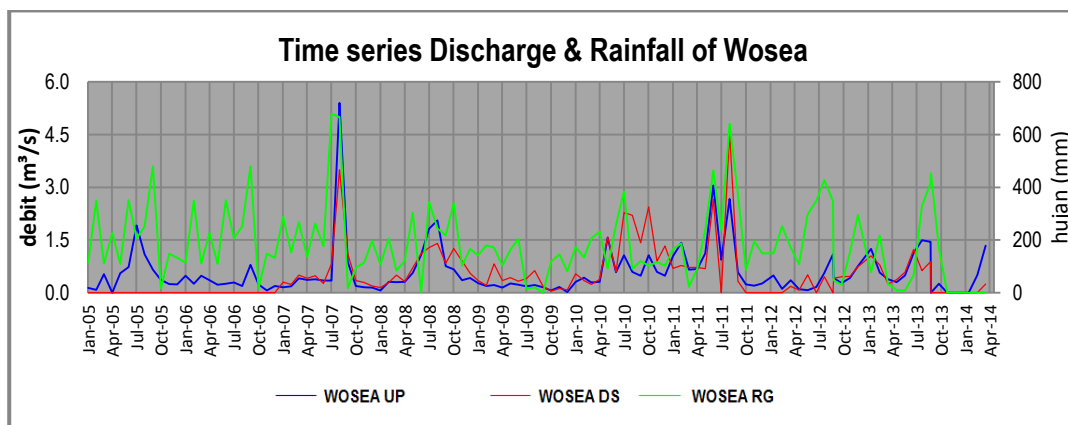
Land Cover	Area (Ha)	% Area	C
Bush/Shrub	92.83	5.10	0.35
Forest	1546.98	84.99	0.25
Mosaic Trees and Shrub	110.01	6.04	0.33
Open Area	67.98	3.73	0.40
Trees	2.45	0.13	0.30
Total	1820.24	100.00	0.27

Pada table penutupan lahan diatas dapat dilihat bahwa lahan terbuka bertambah dari 19.88 ha menjadi 67.98 ha dalam kurun waktu 5 tahun. Sebaliknya luasan hutan berkurang selama kurun waktu tersebut dari 1574 ha menjadi 1547 ha.

4.3 Analisa Hidrologi

4.3.1 Time series hujan dan debit

Dalam DAS Wosea terdapat 1 pos hujan Wosea RG dengan ketersediaan data dari tahun 2001 hingga 2014. Untuk data debit, terdapat pengukuran debit yang kontinu di 2 lokasi di Sungai Wosea, yaitu Wosea Upstream (UP) dan Wosea Downstream (DS) mulai dari tahun 2005 hingga 2014. Berikut ini adalah grafik time series data hujan rata-rata bulanan dan debit rata-rata bulanan dari lokasi terdekat untuk DAS Wosea mulai dari Januari 2005 – April 2014.



Gambar 5. Time series debit dan hujan DAS Wosea

Berdasarkan grafik pada **Gambar** diatas dapat kita lihat curah hujan rerata bulanan relatif memiliki pola sama tiap tahun. Untuk debit bulanan memiliki pola yang hampir sama dengan data hujan pada periode Juli 2007- Oktober 2013, tetapi pada awal 2005 – pertengahan 2007 memiliki pola yang tidak sama.

4.3.2 Pemilihan Jenis Distribusi

Dalam menentukan jenis distribusi yang cocok dengan hujan maksimum harian dilakukan beberapa analisis statistik, yaitu pengukuran *disperse* dan perhitungan *least-square*. Pengukuran dispersi ini dimaksudkan untuk memperoleh jenis distribusi yang sesuai dengan data. Besarnya dispersi dapat dilakukan pengukuran *disperse* baik untuk data asli maupun log data.

Tabel 7. Perhitungan Dispersi

No	Jenis Distribusi	Syarat	Hasil Perhitungan	Keterangan
1	Normal	Cs = 0; Ck = 3	Cs = 1.3; Ck = 2.6	Tidak Terpenuhi
2	Log Normal	Cs = 3Cv; Cv = 0.6	Cs = 0.045; Cv = 0.08	Tidak Terpenuhi
3	Gumbel	Cs ≤ 1.1396; Ck ≤ 5.4002	Cs = 1.3; Ck = 2.6	Tidak Terpenuhi
4	Pearson 3	Cs ≠ 0;	Cs = 1.3;	Mendekati

No	Jenis Distribusi	Syarat	Hasil Perhitungan	Keterangan
		Cv = 0.3	Cv = 0.42	
5	Log Pearson 3	Cs = 0; Cv = 0.3	Cs = 0.045; Cv = 0.08	Tidak Terpenuhi

Dari hasil pada table diatas jenis distribusi yang sesuai dengan data hanyalah Pearson 3. Analisis kedua adalah *Least Square* dimana hasil yang terkecil dari perhitungan ini adalah distribusi yang diambil. Hasil perhitungan dengan metode *least square* dapat dilihat pada **Tabel 8** berikut.

Tabel 8. Perhitungan *least square* masing-masing distribusi

No	Weibull	Data	Prediksi Distribusi				Least Square (X - X') ²			
			Normal	Pearson Tipe 3	Log Pearson Tipe 3	Gumbel Tipe 1	Normal	Pearson Tipe 3	Log Pearson Tipe 3	Gumbel Tipe 1
1	0.07	78	77.9	95.8	73.6	57.5	0.0	324.4	17.7	410.9
2	0.14	101	91.5	100.2	88.2	77.1	83.5	0.2	153.0	553.7
3	0.21	101	102.2	105.2	101.3	92.1	0.6	14.2	0.0	87.0
4	0.29	105	111.9	110.8	112.1	105.3	42.4	28.9	44.2	0.0
5	0.36	122	121.3	117.1	122.2	117.9	0.5	24.5	0.0	16.7
6	0.43	132	130.7	124.1	132.3	130.4	0.8	56.3	0.5	1.4
7	0.50	134	140.5	132.1	142.6	143.3	37.1	5.2	66.9	79.2
8	0.57	144	151.0	141.5	153.5	157.0	43.7	8.7	82.8	159.5
9	0.64	155	162.7	152.6	165.5	172.2	53.7	8.1	101.6	281.9
10	0.71	164	176.4	166.3	189.2	189.7	162.6	7.3	654.8	679.1
11	0.79	183	193.1	184.2	197.8	211.0	106.3	2.0	224.1	796.9
12	0.86	273	215.8	209.8	217.8	239.7	3274.1	3993.0	3052.6	1106.2
13	0.93	288	253.2	254.6	253.1	286.7	1182.0	1091.0	1193.7	0.8
Diambil nilai <i>least square</i> paling kecil							26.134	22.490	22.547	19.478

Pada hasil perhitungan *least square* diatas distribusi gumbel memiliki nilai terkecil (19.478), akan tetapi karena pada uji dispersi distribusi gumbel tidak terpenuhi kriterianya, maka diambil nilai *least square* terkecil kedua yaitu Pearson Tipe III (22.49).

Uji Kecocokan Distribusi

Uji kecocokan dilakukan dengan dua metode, yaitu *chi square* method dan uji *smirnov – kolmogov*.

1. Uji Sebaran Chi Kuadrat (Chi Square Test)

Chi-kuadrat yang dimaksudkan untuk menentukan apakah persamaan distribusi peluang yang telah dipilih dapat mewakili dari distribusi statistik sampel data yang dianalisis. Persamaan pembagian kelas dan lain-lain untuk perhitungan adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 K &= 1 + 3.322 \log n & 4.7 \\
 DK &= K - (P+1) & 2.7 \\
 Ei &= n/K & 2.8 \\
 \Delta X &= (X_{maks} - X_{min}) / G - 1 & 57 \\
 X_{awal} &= X_{min} - \frac{1}{2}\Delta X & 49
 \end{aligned}$$

Syarat yang harus dipenuhi yaitu Xh^2 hitungan < Xh^2 Tabel (Soewarno, 1995). Perhitungan nilai Xh^2 disajikan pada **Tabel 9** berikut:

Tabel 9. Chi Square Distribution Sebaran Data Curah Hujan Distribusi Person III

No	Probabilitas (%)		Jumlah Data		Oi-Ei	(Oi-Ei) ² /Ei
			Oi	Ei		
1	49	106	2	2.8	-0.8	0.212
2	106	163	6	2.8	3.2	3.782
3	163	220	4	2.8	1.2	0.550
4	220	276	1	2.8	-1.8	1.128
5	276	333	1	2.8	-1.8	1.127
Total			14	13.8	0.172	6.799

Sehingga dapat dihitung besarnya faktor *chi-square* dengan hasil dibawah ini.

$$n =$$

$$13$$

K =	5
Derajat Kebebasan (DK) =	2.7
DK = Derajat Signifikasi Alpha (%) =	5
(Xh ²)	6.799
Chi-Square Kritis (Xh ² cr) =	7.815
(Xh ²) < (Xh ² cr) →	Diterima

Dari pengujian yang dilakukan dengan menggunakan metode *chi square* didapat bahwa (Xh²) = 6.79 sedangkan (Xh²kritis) = 7,815 (dengan tingkat kepercayaan α = 5%). Karena (Xh²) < (Xh²kritis) maka data dapat diterima.

2. Uji Sebaran Smirnov – Kolmogorov

Uji kecocokan *Smirnov – Kolmogorov (non parametric test)*, karena pengujian tidak menggunakan fungsi distribusi tertentu dengan membandingkan kemungkinan (*probability*) untuk setiap variat, dari distribusi empiris dan teoritisnya, akan terdapat perbedaan (Δ) tertentu (Soewarno, 1995). Hasil pengujian diperoleh nilai Kolmogorov-Smirnov Z sebesar 0.709 yang lebih besar dari 0,5 dan nilai Asymp Sig yang nilainya 0.697 yang artinya data normal.

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test			VAR00001
N			13
Normal Parameters ^{a,b}	Mean		152.3077
	Std. Deviation		63.78660
Most Extreme Differences	Absolute		.197
	Positive		.197
	Negative		-.134
Kolmogorov-Smirnov Z			.709
Asymp. Sig. (2-tailed)			.697

a. Test distribution is Normal.
b. Calculated from data.

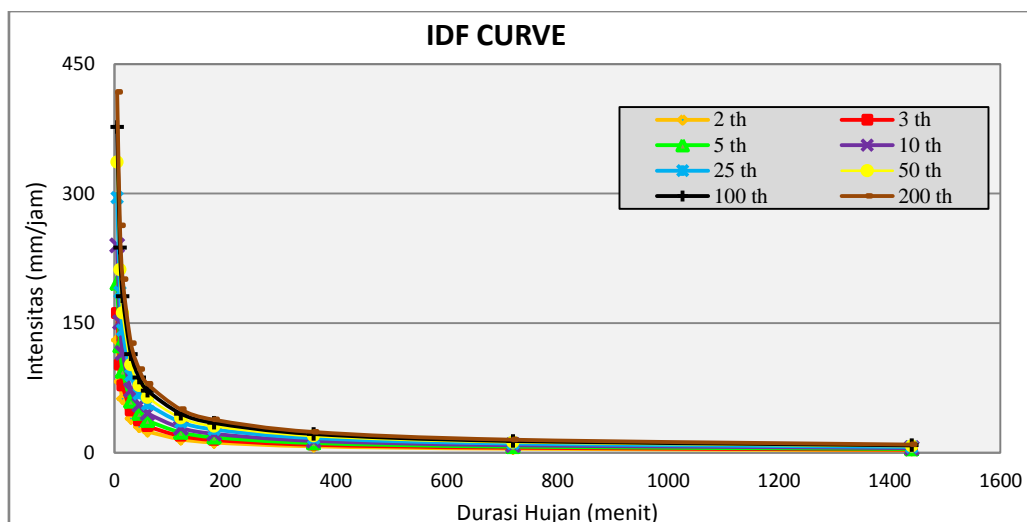
Gambar 6. Pengujian normalitas *smirnov-kolmogorov*

4.3.3 Intensitas Hujan

Berdasarkan data dari distribusi Pearson Tipe III selanjutnya dihitung intensitas hujan untuk sepuluh jenis durasi hujan yaitu 5. 10. 15. 30. 45. 60. 120. 180. 360. 720 dan 1440 menit dengan persamaan *Mononobe*. Hasil perhitungan intensitas hujan dan kurva IDF dapat dilihat pada **Error! Reference source not found.** dan **Gambar 7.** Kurva IDF (*Intensity-Duration Frequency*) sebagai berikut.

Tabel 10. Intensitas Curah Hujan dengan Pearson 3

t Menit	Kala Ulang (tahun)							
	2	3	5	10	25	50	100	200
5	130.2	161.5	196.3	240.0	295.3	336.3	377.0	417.5
10	82.0	101.8	123.6	151.2	186.0	211.8	237.5	263.0
15	62.6	77.7	94.4	115.4	142.0	161.7	181.2	200.7
30	39.4	48.9	59.4	72.7	89.4	101.8	114.2	126.4
45	30.1	37.3	45.4	55.5	68.2	77.7	87.1	96.5
60	24.8	30.8	37.4	45.8	56.3	64.2	71.9	79.7
120	15.6	19.4	23.6	28.8	35.5	40.4	45.3	50.2
180	11.9	14.8	18.0	22.0	27.1	30.8	34.6	38.3
360	7.5	9.3	11.3	13.9	17.1	19.4	21.8	24.1
720	4.7	5.9	7.1	8.7	10.7	12.2	13.7	15.2
1440	3.0	3.7	4.5	5.5	6.8	7.7	8.6	9.6



Gambar 7. Kurva IDF (*Intensity-Duration Frequency*)

4.3.4 Debit Puncak (Banjir)

Tahapan terakhir dari analisis hidrologi adalah menghitung besar debit puncak berdasarkan intensitas hujan (I), koefisien limpasan (C), dan luas DAS (A) berdasarkan hasil perhitungan sebelumnya. Hasil perhitungan debit limpasan dengan Metode Rasional untuk intensitas hujan kala ulang 5 tahun dan durasi 45 menit dapat dilihat pada **Tabel 11** berikut.

Tabel 11. Debit puncak DAS Wosea Tahun 2007&2013

Tahun	Intensitas Hujan (I) mm/jam	Koef Aliran Permukaan (C)	Luas DAS (km ²)	Q (m ³ /s)
2007	45.4	0.26	18.2	59.67
2013	45.4	0.27	18.2	61.96

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa perubahan penutup lahan dari hutan menjadi area terbuka selama kurun waktu 5 tahun telah meningkatkan besar debit puncak dari 59.67 m³/s menjadi 61.96 m³/s.

5. KESIMPULAN

Selama kurun waktu 2007 – 2010 Sungai Wosea bertambah lebar pada beberapa bagian dengan luas Sungai Utama dari 11.77 ha menjadi 12.87 ha. Pada analisa tutupan lahan, dapat disimpulkan lahan terbuka bertambah dari 19.88 ha menjadi 67.98 ha dalam kurun waktu 5 tahun dan hutan berkurang selama kurun waktu tersebut dari 1574 ha menjadi 1547 ha. Koefisien limpasan naik dari 0.26 menjadi 0.27 selama kurun waktu 2007-2013 sebagai akibat perubahan tutupan lahan. Selama kurun waktu 5 tahun (2007-2013) debit banjir meningkat untuk intensitas hujan kala ulang 5 tahun dan durasi 45 menit dari 59.67 m³/s menjadi 61.96 m³/s.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim (2004) SNI 03-2415-1991 Rev. 2004: Tata Cara Perhitungan Debit Banjir, Badan Standarisasi Nasional.
- Arsyad, Sintanala, 2000, Konservasi Tanah dan Air, UPT Produksi Media Informasi Lembaga Sumberdaya Informasi IPB.
- Asdak, C. (1995). Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- BPLHD Provinsi Jawa Barat, 2004, Laporan West Java Environment Management Program (WJEMP)
- Chow, V. T, dkk. 1988. Applied Hydrology. Mc Graw - Hill International

- Dejawati, Ratna, 2003, Pengaruh Perubahan Penggunaan Lahan DAS Kaligarang Terhadap Banjir di Kota Semarang, Tesis Program Magister Teknik Pembangunan Kota, Universitas Diponegoro Semarang
- Joesron Loebis. (1992). Banjir Rencana Untuk Bangunan Air. Departemen Pekerjaan Umum.
- Maryono, A & Santoso, Adi N., 2006, Metode Memanen dan Memanfaatkan Air Hujan untuk Penyediaan Air Bersih, Mencegah Banjir dan Kekeringan. Kantor Kementerian Lingkungan Hidup, Jakarta
- Soemarto, CD. 1987. Hidrologi Teknik, Usaha Nasional, Surabaya.
- Soewarno, 1995, Hidrologi: Aplikasi Metode Statistik untuk Analisa Data Jilid 1, Nova, Bandung
- Sofyan, Hendi Susilo, 2011, Studi Penanganan Genangan/Limpasan Saluran Drainase Jl. Ir. H.Juanda (Studi Kasus Ruas Terminal Dago-Simpang), Tesis: Program Magister Profesional Sumberdaya Air ITB, Bandung
- Sri Harto Br. (1993). Analisis Hidrologi. PT Gramedia, Jakarta.
- Suripin, Dr. Ir. M.Eng., 2004. Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan, Andi, Yogyakarta.
- Sudjarwadi. (1987). Teknik Sumber Daya Air. PAU Ilmu Teknik UGM, Yogyakarta.
- T. M. Lillesand, & R. W. Kiefer, 1994. Remote Sensing and Image Interpretation, 3rd ed. xvi + 750 pp. New York, Chichester, Brisbane, Toronto, Singapore: John Wiley & Sons.
- Untari, Adelia, 2002. Studi Pengaruh Perubahan Tata Guna Lahan Terhadap Debit di Das Citepus, Program Studi Teknik dan Lingkungan, Institut Teknologi Bandung
- Zulfikar, Chaerul Mochammad, Evaluasi Sistem Pengelolaan Sampah Di Kecamatan Sukasari, Program Studi Teknik Lingkungan, Institut Teknologi Bandung

NOTULENSI DISKUSI SESI EVALUASI LAHAN DAN AKUISISI DATA

Judul Makalah:

EVALUASI KESESUAIAN LAHAN UNTUK TANAMAN KEDELAI
MENGUNAKAN *MULTI-CRITERIA ANALYSIS* DI KECAMATAN PUJUT,
LOMBOK TENGAH, NUSA TENGGARA BARAT

Arnellya Fitri, Aziz Wahyu Kuncoro, Desi Ariska Putri, Dian Resti Mawarni, Faisal Ashaari, Ima Rahmawati, M Radito Pratomo

Pertanyaan Oleh: Firma, Mahasiswa UGM

- Dari manakah sumber parameter kesesuaian yang digunakan?
- Bagaimana menentukan seleksi parameter kesesuaian untuk kedelai?

Jawaban:

- Parameter diambil dari buku Hardjowigeno (2007) kemudian dilakukan seleksi parameter.
- Seleksi parameter diambil berdasarkan parameter yang paling berperan dari citra penginderaan jauh.

Pertanyaan Oleh: Anggara, Mahasiswa UGM

Bagaimana cara menghitung korelasi? Apakah dilakukan secara statistik spasial?

Jawaban:

Nilai korelasi dari nilai produktifitas kedelai, dan setiap parameter dilakukan pembobotan. Tidak melakukan secara spasial, hanya dilakukan statistik data.

Saran : Ditambah indeks korelasi yang bersifat spasial.

Pertanyaan Oleh: Edwin, PGSP

Mengapa tidak menggunakan parameter iklim?

Jawaban:

Parameter iklim tidak digunakan karena iklim dianggap seragam.

Saran : Seharusnya tetap disebutkan

Pertanyaan Oleh: Candra, Universitas Negeri Malang

Saran : Harus dijelaskan faktor apa yang membuat tidak sesuai.

Jawaban:

Penjelasan sudah ada di dalam *Full Paper*, di mana kesesuaian berdasarkan hasil pembobotan.

Judul Makalah:

INTEGRASI SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS DENGAN SUMBERDAYA LAHAN
UNTUK PENENTUAN TINGKAT KEKRITISAN DAERAH ALIRAN SUNGAI
NGALANG, KABUPATEN GUNUNG KIDUL

Yoesep Budianto, Rusma Prima R, Umma Iltizam, Nia Kurniawati, Dwi Nofiana G.P, Lailatus Syukriyah

Pertanyaan Oleh: Ima, Mahasiswa UGM

Updating penggunaan lahan menggunakan data apa?

Jawaban:

Updating penggunaan lahan menggunakan citra resolusi spasial tinggi dan survei lapangan (wawancara).

Pertanyaan Oleh: Edwin, PGSP

Berapa skala yang digunakan dan apa dasar penentuannya?

Jawaban:

Berdasarkan luas DAS maka skala yang digunakan adalah menyesuaikan dengan peta bentuk lahan yaitu skala 1:50.000, dengan skala pemetaan 1:25.000.

Saran : Skala pemetaan berbeda dengan skala tampilan peta. Harusnya saat interpretasi morfologi 1:50.000 maka interpretasi parameter lain dilakukan pada skala 1:25.000.

Pertanyaan Oleh: Bayu Raharja, ESDM

Data kebutuhan air menggunakan batas administrasi, lalu bagaimana sinkronisasi dengan batas DAS?

Jawaban:

Sulit untuk memotong batas kebutuhan air. Jadi, asumsinya adalah perbandingan (persentase) luasan DAS yang masuk ke dalam batas administrasi.

Judul Makalah:

PEMOTRETAN UDARA DENGAN UAV UNTUK MENDUKUNG KEGIATAN KONSERVASI KAWASAN GUMUK PASIR PARANGTRITIS

Edwin Maulana, Theresia Retno Wulan

Pertanyaan Oleh: Tria, Mahasiswa Geografi

- Apakah gumuk pasir selain tipe *barchan* juga dikonservasi?
- Apakah ini kebijakan *top down* atau *bottom up* terhadap kawasan gumuk pasir?
- Bagaimana cara meyakinkan masyarakat bahwa gumuk pasir harus dikonservasi?

Jawaban:

- Tipe *barchan* adalah tipe yang unik di dunia, tetapi untuk tipe lain juga perlu dilakukan konservasi.
- Kebijakan langsung ke Sultan, dan Sultan telah menyetujui untuk dikonservasi tetapi masih dalam proses diskusi.
- Banyak dilakukan sosialisasi melalui berbagai media.

Pertanyaan Oleh: Candra, Universitas Negeri Malang

Bagaimana cara pembagian zonasi di masyarakat terkait *barchan*?

Jawaban:

Pembagian zona dilakukan berdasar pada identifikasi adanya lorong angin dan dominasi daerah ditemukannya *barchan*. Sosialisasi batas zona dilakukan dengan pemberian batas patok berdasar batas bentang alam.

Judul Makalah:

STUDI PERUBAHAN PENUTUP LAHAN TERHADAP PERUBAHAN DEBIT
PUNCAK DI DAS WOSEA

Bayu Raharja, Muhammad Fauzi, Nur Fathurrahman A

Pertanyaan Oleh: Anggara, Mahasiswa Geografi

Seperti apakah kelanjutan penelitian untuk tahun ke depan?

Jawaban:

Jika pemetaan lahan diperbaharui maka dapat dilakukan pemodelan kembali. Karena modelnya sudah ada, sehingga hanya perlu mengganti peta penutup lahan.

Pertanyaan Oleh: Tria, Mahasiswa Geografi

Bagaimana ESDM menindaklanjuti pengelolaan DAS pada kasus-kasus pembukaan lahan oleh masyarakat dan perusahaan tambang?

Jawaban:

Sebenarnya yang lebih berkepentingan adalah dinas kehutanan dan lingkungan. Jadi, untuk ESDM hanya sebatas mengingatkan dan menegur saja terhadap masyarakat yang merusak lingkungan.

POSTER SESSION – 1

048 PEMANFAATAN SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS UNTUK
PENYAJIAN HASIL PEMILIHAN UMUM TAHUN 2014 DI
DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA

Gilang Adinugroho, Nugroho Hartanto

071 ANALISIS PENGINDERAAN JAUH DAN PEMETAAN
SEBAGAI UPAYA MITIGASI BENCANA LONGSOR DI
DAERAH KECAMATAN GUNUNGPATI, SEMARANG

*Daniel Kristianto Setyawan, David Widyanto, Galang Virgiawan,
Nicholas Bastian, Zuhdi Azmi Fauzi*

114 ANALISIS SPASIAL ARAH PERKEMBANGAN KOTA
GORONTALO MENGGUNAKAN CITRA LANDSAT MULTI
TEMPORAL

Sri Maryati, Nawir Sune, Sutarno

PEMANFAATAN SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS UNTUK PENYAJIAN HASIL PEMILIHAN UMUM TAHUN 2014 DI DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA

Gilang Adinugroho¹, Nugroho Hartanto²

¹Magister S2 Geografi, Fakultas Geografi UGM Sekip Utara, Sleman, Yogyakarta 55281

Email : gilangadi1878@gmail.com

²Direktorat Perkotaan dan Perdesaan Badan Perencanaan Pembangunan Nasional

Email: nugrohohartantogeo@gmail.com

Corresponding author: gilangadi1878@gmail.com

ABSTRAK

Konflik dan biaya kampanye merupakan permasalahan yang dihadapi oleh stakeholder yang terkait dengan pemilu. Pemetaan politik suatu daerah dapat meminimalkan konflik dan biaya kampanye. Kajian geografi pemilu yaitu mengidentifikasi pola dan sebaran hasil pemilu, pengaruh faktor geografi dalam hasil pemilu dan keterwakilan sebuah wilayah dalam sistem politik (Glassner dalam Wicaksono, 2013). Sistem Informasi Geografis merupakan salah satu tools untuk menyajikan informasi dalam bentuk spasial. Tujuan dalam penelitian ini adalah 1) Mengidentifikasi distribusi spasial basis suara partai politik dan 2) Mengidentifikasi distribusi spasial basis suara caleg DPR dan DPD pemilu 2014 di DIY. Metode penelitian yang digunakan adalah analisis deskriptif kualitatif dari data sekunder dengan unit analisis kecamatan. Perolehan suara tertinggi pileg 2014 di DIY adalah PDIP, PAN dan Partai Gerindra. PDIP meraih suara sebanyak 570.531 atau 27,7 %, sedangkan PAN meraih 17,28 % dan Gerindra meraih 11,86 %. Secara spasial, PDIP menang di 73 kecamatan, PAN unggul di 10 kecamatan, Gerindra (2 kecamatan), Golkar (2 kecamatan) dan Demokrat (1 kecamatan). Daerah asal caleg dan kantong suara partai menjadi lokasi potensi suara bagi caleg. Idham Samawi meraih suara signifikan di hampir seluruh kecamatan di Bantul karena pernah menjadi Bupati Bantul selama 10 tahun. Titik Soeharto meraih suara tertinggi di Sedayu yang menjadi tempat lahir Presiden Soeharto. GKR Hemas meraih suara tertinggi di seluruh kecamatan, Hafidh Asrom meraih suara signifikan pada kecamatan-kecamatan di Sleman sedangkan Afnan Hadikusumo meraih suara signifikan pada kecamatan di Kota Yogyakarta.

KATA KUNCI: *SIG, spasial, pemilu 2014*

1. PENDAHULUAN

Konflik antar partai merupakan masalah yang dihadapi oleh *stakeholder* terkait pemilihan umum (pemilu). Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY) merupakan salah satu daerah yang menjadi sorotan dalam Pemilu 2014. Bentrokan antar simpatisan partai dan pendukung capres terjadi di beberapa tempat, salah satunya di Perempatan Ngabean. Bentrokan terjadi antara massa pendukung PDI-Perjuangan dengan PPP saat kampanye pemilu legislatif dan presiden. Benny Susanto, Koordinator Masyarakat Anti Kekerasan, menyatakan setiap penyelenggaraan pemilihan umum di DIY maka pasti terjadi bentrokan (Zakaria, 2014).

Pemetaan politik suatu daerah penting untuk menghindari konflik dalam penyelenggaraan pemilihan umum. Pendekatan spasial dalam ilmu geografi dapat membantu dalam pemetaan politik. *Electoral geography* merupakan cabang ilmu geografi yang membahas tentang hasil pemilihan umum (Hayati, 2007). Tiga pokok utama dalam *electoral geography* adalah *geography of voting*, *The Geography influences on voting* dan *The Geography of Representation* (Glassner, 1992). Sistem Informasi Geografis (SIG) merupakan sarana penting untuk mendukung analisis spasial. Kraak dan Ormeling mendefinisikan SIG sebagai sistem informasi berbasis komputer yang mampu mengumpulkan, menyimpan, memanipulasi dan menampilkan data spasial dengan tujuan untuk pengambilan keputusan. Data pemilu tiap daerah dapat dikelola dan diolah menggunakan SIG sehingga dapat menjadi dasar pengambilan keputusan (Arief, et. al 2009)

Pemilu legislatif 2014 diikuti oleh 12 partai nasional dan 3 partai local (khusus NAD) yang diselenggarakan pada 9 Mei 2014. Pemilihan legislatif memilih wakil masyarakat di Dewan Perwakilan Rakyat (DPR), DPRD Provinsi, DPRD Kabupaten/Kota dan Dewan Perwakilan Daerah (DPD). Daerah pemilihan Daerah Istimewa Yogyakarta menyediakan 8 kursi DPR yang diperebutkan oleh calon legislatif.

10 calon legislatif DPD memperebutkan 4 kursi sebagai wakil DIY di Jakarta. Penelitian ini bertujuan 1) Mengidentifikasi distribusi spasial basis suara partai politik dan 2) Mengidentifikasi distribusi spasial basis suara caleg DPR dan DPD pemilu 2014 di DIY. Gambar 1 menunjukkan daftar partai peserta pemilu 2014 sesuai nomor urut.



Gambar 1. Partai Peserta Pemilu 2014. *Sumber : kpu.go.id*

2. METODE PENELITIAN DAN DATA

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode penelitian kualitatif dengan teknik analisis deskriptif. Teknik analisis yang digunakan untuk mengidentifikasi basis suara partai dan calon legislatif adalah *Location Quotient* (LQ). Konsep dasar LQ adalah menentukan sektor ekonomi yang merupakan sektor basis dan non basis. Teknik LQ dapat digunakan untuk berbagai bidang termasuk untuk analisis hasil pemilu (Muta'ali, 2014). Rumus LQ adalah sebagai berikut :

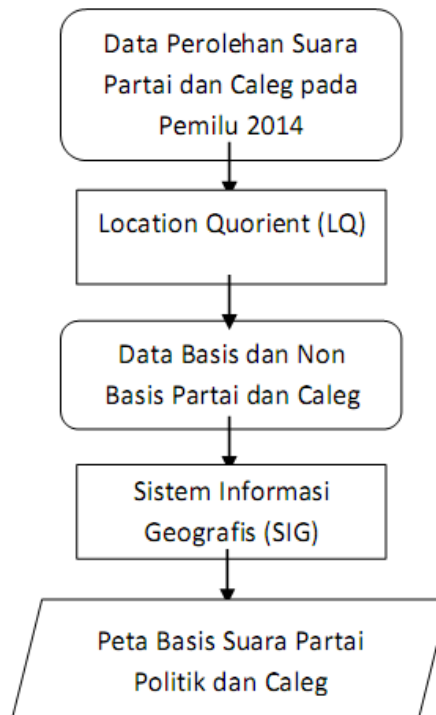
$$LQ = \frac{X_{ij}/X_i}{RV_j/RV}$$

Keterangan :

- LQ : Indeks LQ partai/caleg i di kecamatan j
- X_{ij} : Jumlah suara partai/caleg i di kecamatan j
- X_i : Jumlah suara partai/caleg di Provinsi (acuan)
- RV_j : Jumlah total suara di kecamatan j
- RV : Jumlah total suara di Provinsi

Indeks Location Quotient berkisar antara 0 sampai 1. Indeks > 1 menunjukkan bahwa daerah tersebut merupakan basis suara partai/caleg. Indeks < 1 menunjukkan bahwa daerah tersebut bukan basis suara partai/caleg. Lokasi penelitian berada di Daerah Istimewa Yogyakarta dengan unit analisis kecamatan. Jumlah kecamatan di DIY mencapai 78 daerah yang terbagi dalam 5 kabupaten/kota.

Data yang digunakan dalam penelitian adalah jumlah suara partai politik, calon legislatif DPR dan DPD tiap kecamatan di Daerah Istimewa Yogyakarta. Hanya sebagian partai politik dan caleg yang dibahas dalam penelitian. Partai dan caleg yang dibahas dalam penelitian adalah 5 besar partai dan caleg peraih suara tertinggi di DIY. Calon legislatif DPD yang dibahas dalam penelitian adalah caleg yang terpilih. Gambar 2 menunjukkan diagram alir penelitian

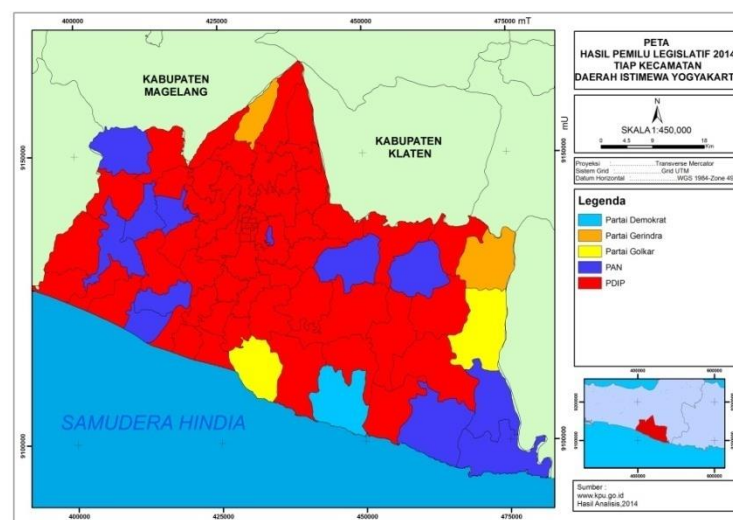


Gambar 2. Diagram Alir Penelitian. *Sumber : Hasil Pengolahan*

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Sebaran Spasial Perolehan suara Partai Politik di DIY

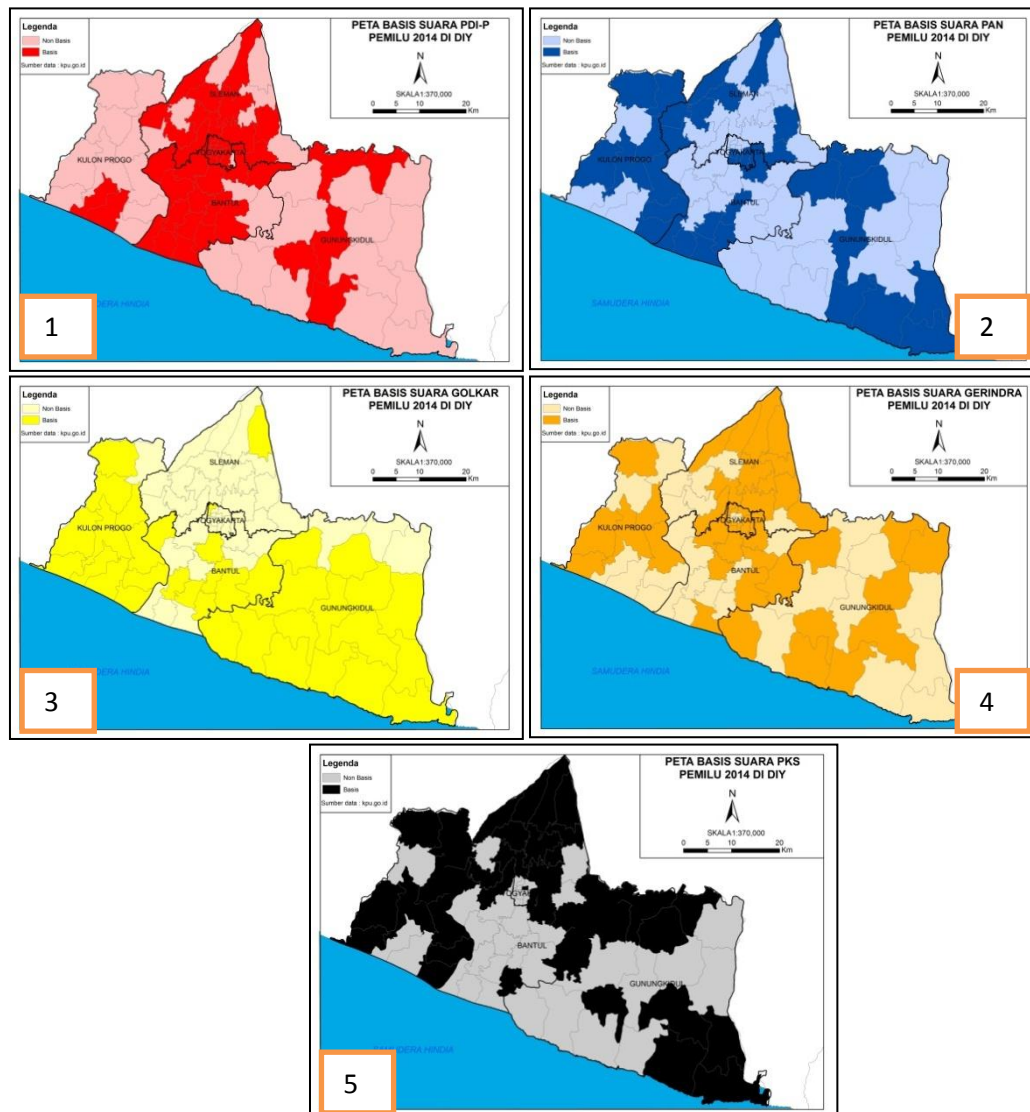
Perolehan suara partai politik dapat dipetakan untuk melihat sebaran perolehan suara secara spasial. Dalam penelitian ini dilakukan pemetaan sebaran perolehan suara partai politik untuk DIY, sebaran perolehan suara partai di DIY didominasi oleh PDIP. Hal tersebut dapat dilihat dalam gambar 3. Dalam gambar tersebut peta didominasi oleh warna merah yang mengartikan bahwa PDIP menang hampir disemua kabupaten di DIY.



Gambar 3. Peta sebaran perolehan suara partai politik di DIY tahun 2014. *Sumber : kpu.go.id*

Berdasarkan pada peta tersebut, secara keseluruhan dapat dilihat bahwa PDIP menang disemua kabupaten di DIY. Partai yang meduduki posisi kedua adalah PAN, di Kulonprogo perolehan suara partai bersaing antara PDIP dan PAN, dalam peta tersebut ditunjukkan dengan warna merah dan biru. Kabupaten Gunung kidul perolehan suara partai politik cukup berimbang, hal tersebut dapat dilihat dalam gambar 4.1. terdapat dominasi partai politik.

Analisis sebaran perolehan suara partai dapat dianalisis lebih lanjut dengan menggunakan metode *Location Question (LQ)*. Dengan metode ini dapat dilihat persaingan partai dalam suatu wilayah. Dalam analisis ini didapat data basis suara untuk masing – masing perolehan suara partai politik di DIY. Sebaran daerah basis perolehan suara untuk 5 besar partai di DIY dapat dilihat dalam gambar 4. dalam gambar tersebut ditunjukkan basis suara untuk masing – masing partai pada level kecamatan.



Keterangan : 1) PDIP, 2) PAN, 3) Golkar, 4) Gerindra dan 5) PKS

Gambar 4. Peta Basis Suara 5 Besar Partai di DIY. *Sumber : Hasil Analisis, 2015*

Dalam gambar 4 tersebut dapat dilihat bahwa persaingan masing-masing partai di tiap Kabupaten cukup ketat, hal ini ditunjukkan dengan peta sebaran basis suara partai yang tersebar merata untuk tiap kabupaten. Dalam gambar tersebut dapat dilihat ada beberapa kecamatan yang merupakan basis pemilihan untuk 3 partai, yakni di kabupaten Gunungkidul bagian selatan. Seperti yang terlihat dalam gambar tersebut di Kecamatan Girisubo terdapat 3 partai yakni PAN, PKS dan Golkar, hal ini menunjukkan bahwa persaingan perolehan suara partai di kecamatan ini sangat ketat. Kuatnya persaingan perolehan suara partai tersebut dapat dilihat dalam analisis LQ yang ditunjukkan dengan nilai > 1 . Semakin besar nilai LQ mengindikasikan bahwa semakin besar perolehan suara yang didapat partai tersebut. Nilai perhitungannya dapat dilihat dalam tabel 4.1. berikut.

Perolehan basis suara masing-masing partai juga tidak lepas dari beberapa hal yang mendasarinya. Basis perolehan suara PDIP di Kabupaten Bantul sangat dipengaruhi oleh masih kuatnya pengaruh oleh bupati Bantul saat ini yang berasal dari PDIP. Sementara itu untuk kabupaten Sleman basis perolehan suara dipengaruhi oleh beberapa tokoh besar yang ada di kabupaten ini berasal dari PDIP salah satunya adalah

MY Esti Wijayanti yang merupakan tokoh politik lokal DIY dan anggota DPR terpilih. Basis suara partai Golkar di DIY juga tidak lepas dari pengaruh tokoh politik partai tersebut yang berada di daerah pemilihan. Kecamatan Sedayu merupakan salah satu contoh basis suara untuk Golkar, hal ini dikarenakan Sedayu merupakan tempat kelahiran presiden Soeharto yang merupakan salah satu tokoh kuat partai Golkar pada masa orde baru. Selain itu Golkar merupakan salah satu partai lama sehingga jaringan di wilayah perdesaan masih cukup kuat.

PAN merupakan salah satu partai yang berbasiskan agama dan sangat erat kaitannya dengan Muhammadiyah. Basis suara PAN lebih condong di daerah kota, terutama kota Jogja hal ini dikarenakan basis massa muhammadiyah cenderung berada di perkotaan, begitu juga untuk kabupaten lain, basis suara PAN sangat dipengaruhi oleh ormas muhammadiyah.

Gerindra merupakan partai baru pada pemilu 2014. Basis suara partai ini lebih banyak berada di daerah perkotaan Yogyakarta hal ini dikarenakan karakteristik masyarakatnya lebih heterogen dan cukup menguntungkan untuk masuknya partai baru. Untuk Kabupaten Gunungkidul dan Kulon Progo basis suara partai ini sangat dimungkinkan karena pengaruh calon legislative DPR merupakan mantan guru besar kehutanan sehingga mempunyai cukup banyak jaringan di daerah perdesaan.

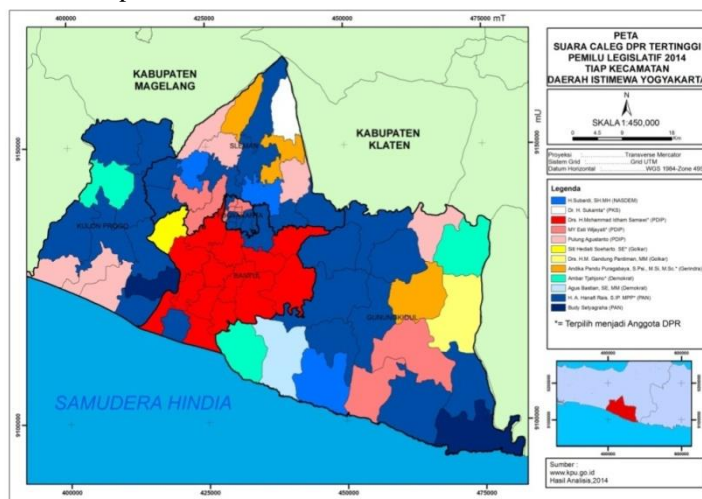
PKS seperti halnya PAN, merupakan salah satu partai yang berdasarkan pada agama. Perolehan suara partai ini relatif menyebar, hal ini sangat dimungkinkan karena partai ini lebih mencari daerah yang mempunyai massa “mengambang” (mudah berubah-ubah) relatif tinggi. Hal ini memudahkan partai ini untuk masuk ditengah-tengah masyarakat.

3.2 Basis Suara Calon Legislatif DPR dan DPD

3.2.1 Calon Legislatif DPR

Daerah Istimewa Yogyakarta menjadi satu daerah pemilihan untuk anggota DPR yang akan mewakili rakyat di Senayan. Kursi yang diperebutkan sebanyak 8 buah. Jumlah caleg yang mengikuti pemilihan anggota DPR Pusat di Dapil DIY sebanyak 96 orang. Bilangan Pembagi Pemilih di Dapil DIY sebesar 257.432 suara. Dapil DIY disebut sebagai “neraka” karena banyaknya tokoh nasional dan local yang berpartisipasi.

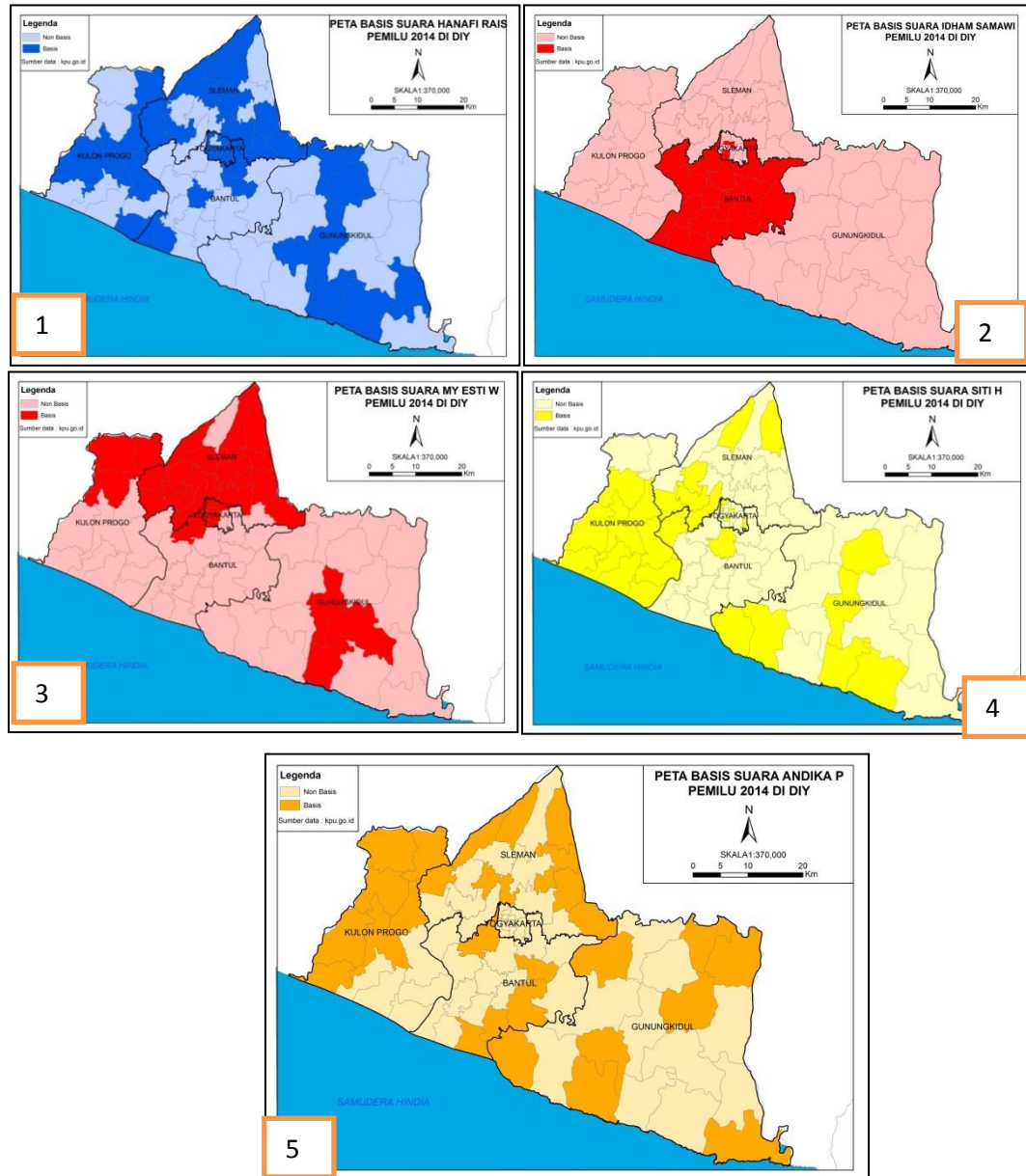
Tokoh nasional yang berpartisipasi di dapil ini antara lain Titik Soeharto (anak dari Presiden RI ke 2, Soeharto) dan Roy Suryo (Menpora era Presiden SBY). Tokoh lokal yang berpartisipasi antara lain Idham Samawi (Bupati Bantul 1999-2010), Hanafi Rais (Anak mantan Ketua MPR, Amien Rais), Syukri Fadholi (Mantan Wakil Walikota Yogyakarta), dan Subardi (mantan manajer PSS Sleman). Calon incumbent mencoba mempertahankan kursi mereka di Senayan antara lain Gandung Pardiman (Golkar), Agus Bastian (Demokrat), Djuwarta (PDIP) dan Ambar Tjahyono (Demokrat). KPU menetapkan 8 calon legislatif terpilih yaitu Idham Samawi dan MY Esti (PDIP), Hanafi Rais (PAN), Titik Soeharto (Golkar), Andika P (Gerindra), Agus Sulistyono (PKB), Ambar Tjahyono (Demokrat), dan Sukamta (PKS). 5 nama pertama memperoleh suara terbanyak diantara caleg lainnya. Gambar 5 menunjukkan peta caleg DPR peraih suara terbanyak tiap kecamatan di Dapil DIY.



Gambar 5. Peta Suara Caleg DPR tertinggi tiap kecamatan di DIY. *Sumber : kpu.go.id*

Gambar 2 menunjukkan bahwa beberapa caleg terpilih mampu memenangkan pemilihan di banyak kecamatan. Idham Samawi mampu unggul di sebagian besar kecamatan di Bantul kecuali Sedayu dan

Sanden. Hanafi Rais menguasai perolehan suara di Kulon Progo dan Kota Yogyakarta. MY Esti mendapatkan suara tertinggi di 9 kecamatan di Kota Yogyakarta, Kabupaten Sleman dan Gunungkidul. Andika P meraih suara tertinggi di 3 kecamatan di Kabupaten Sleman dan Bantul. Sukamta, Titik Soeharto dan Ambar Tjahyono hanya mampu memenangkan di 1 kecamatan. beberapa caleg yang tidak terpilih juga mampu memenangkan pemilihan di beberapa kecamatan seperti Gandung Pardiman, Agus Bastian, Budi Setyagraha dan Pulung Agustanto. Analisis basis suara dapat menjadi evaluasi bagi partai atau caleg untuk menyusun strategi dalam pemilihan umum berikutnya. Gambar 6 menunjukkan basis suara 5 besar caleh peraih suara tertinggi di Dapil DIY.



Keterangan : 1) Hanafi Rais, 2) Idham Samawi, 3) MY Esti, 4) Titik S dan 5) Andika P

Gambar 6. Basis suara 5 caleg suara tertinggi di Dapil DIY. *Sumber : kpu.go.id*

Basis suara Hanafi Rais relatif merata di setiap kabupaten /kota di DIY. 64 % suara Hanafi Rais diperoleh dari kecamatan yang menjadi basis suara. Putra Amien Rais ini dominan di Kota Yogyakarta, 11 dari 14 kecamatan merupakan basis suara untuk dirinya. Dominannya Hanafi Rais di Kota Yogyakarta disebabkan oleh jaringan politik yang kuat. Jaringan sudah mulai dibangun saat beliau maju pilwakot Yogyakarta pada tahun 2012, walaupun hasilnya kalah. Faktor lainnya adalah latar belakang Hanafi Rais sebagai salah satu pengurus muhammadiyah. Kota Yogyakarta merupakan lokasi kelahiran dan basis utama organisasi Muhammadiyah. Hal ini membantu pengenalan sosok Hanafi Rais kepada masyarakat.

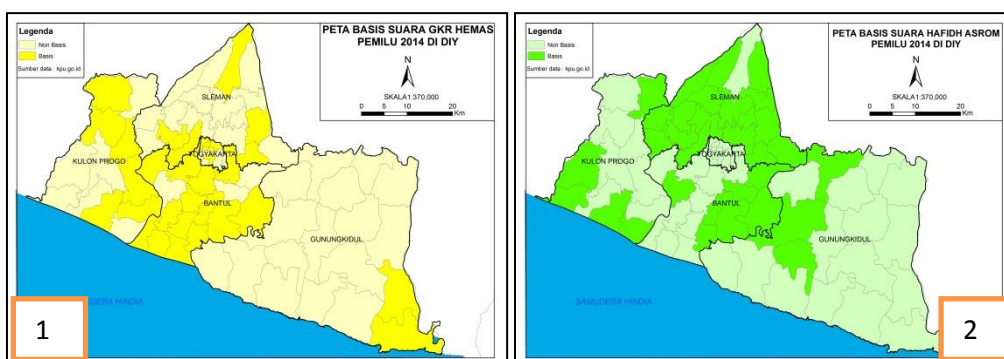
Basis suara Idham Samawi justru mengelompok dibandingkan basis suara Hanafi Rais. Basis suara ketua DPD PDIP DIY ini hanya di Kabupaten Bantul dan sebagian kecil kecamatan di Kota Yogyakarta. Jaringan politik beliau di Kabupaten Bantul sangat kuat karena pernah menjadi Bupati Bantul selama 2 periode (2000-2005 dan 2005-2010). Kabupaten Bantul merupakan basis suara PDI-P di Daerah Istimewa Yogyakarta.. 63 % suara Idham Samawi dihasilkan hanya dari 22 dari 78 kecamatan di DIY. Hal ini menunjukkan efektivitas kampanye dari tim sukses Idham Samawi. Rata-rata suara Idham Samawi di kecamatan non basis hanya 500-1000 suara akan tetapi di kecamatan basis mencapai > 3000 suara. Kecamatan Kraton dan Gedongtengen merupakan kecamatan basis Idham Samawi di Kota Yogyakarta.

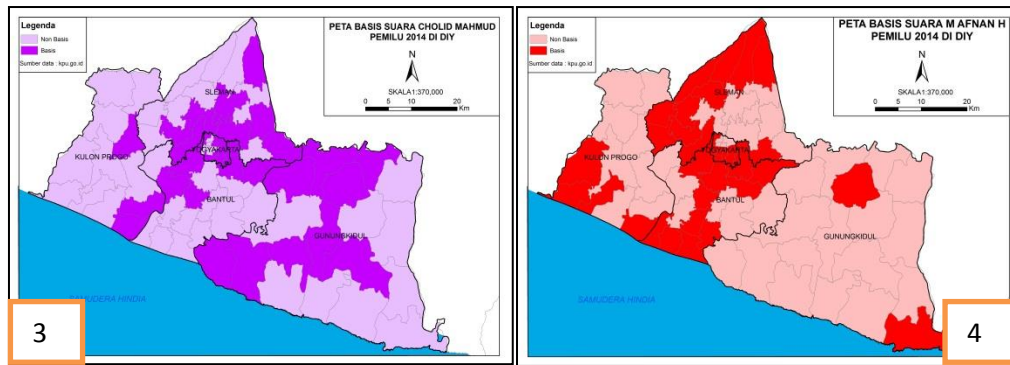
MY Esti Wijayanti merupakan tokoh lokal yang sudah malang-melintang di percaturan politik DIY. Beliau merupakan mantan anggota DPRD Kabupaten Sleman 1999-2004 dan DPRD DIY dua periode (2004-2009 dan 2009-2014). Beliau meraih suara signifikan di 16 dari 17 kecamatan di Kabupaten Sleman. Jaringan politik beliau di Sleman sangat kuat karena merupakan tempat lahir, domisili dan pernah menjadi DPRD Sleman. Modal tersebut dimungkinkan menjadi faktor tinggi suara MY Esti.

Titik Soeharto merupakan anak dari Presiden Soeharto yang maju melalui Partai Golongan Karya (Golkar). Basis suara Titik Soeharto berada di bagian barat DIY yang meliputi Kabupaten Kulon Progo, sebagian Sleman dan Bantul. Beliau memenangkan pemilihan di Kecamatan Sedayu dengan perolehan suara sebanyak 4.318 atau 15 % dari total. Sedayu merupakan tempat kelahiran Presiden Soeharto sehingga jaringan politik keluarga cendana relatif masih kuat. Andika Puragabaya merupakan calon legislatif terpilih dari Dapil DIY melalui Partai Gerindra. Hal ini mengejutkan karena beberapa caleg dari Gerindra lebih diunggulkan seperti Suhardi (Ketua DPP Gerindra) dan KPH Wironegoro (Menantu Sri Sultan HB X). Basis suara Andika menyebar merata di hampir semua kabupaten/kota kecuali Kota Yogyakarta. Pembahasan diatas menunjukkan bahwa sebagian besar basis suara merupakan daerah yang memiliki keterkaitan dengan caleg. Keterkaitan dapat berupa lokasi tempat tinggal, basis organisasi caleg atau wilayah pemerintahan. Hal ini mendukung teori “the neighbourhood effect” dari Peter Taylor dan Ronald Johnson. Teori tersebut menyatakan bahwa calon akan cenderung mendapatkan suara signifikan di tempat tinggalnya (Gunardo, 2008)

3.2.2 Calon Legislatif DPD

Anggota Dewan Perwakilan Daerah (DPD) berjumlah 4 orang setiap provinsi. Calon legislatif DPD Dapil DIY Pemilu 2014 berjumlah 13 orang. Calon *incumbent* kembali berkompetisi untuk mempertahankan kursi mereka, yaitu GKR Hemas, Hafidh Asrom, Cholid Mahmud dan M Afnan. Tokoh lain yang berkompetisi di DPD adalah Sidarto Danusubroto (Mantan Ketua MPR) dan Ismarindayani (Istri Roy Suryo). Hasil pemilihan tanggal 9 mei menunjukkan bahwa calon *incumbent* masih terlalu kuat bagi calon lain. GKR Hemas meraih lebih dari 1 juta suara atau 50 % dari total suara, Hafidh Asrom meraih 158.794 suara, Cholid Mahmud meraih 149.824 suara dan M Afnan Hadikusumo meraih 144.820 suara. Gambar 7 merupakan peta basis suara caleg DPD terpilih.





Keterangan : 1) GKR Hemas, 2) Hafidh Asrom, 3) Cholid Mahmud, dan 4) M Afnan

Gambar 7. Basis suara caleg DPD terpilih di Dapil DIY. Sumber : kpu.go.id

GKR Hemas menjadi senat mewakili DIY selama 3 periode dan selalu mendominasi perolehan suara. Beliau memenangkan perolehan suara di semua kecamatan di DIY. Sebagian besar warga DIY masih menganggap bahwa keluarga Kraton merupakan pemimpin mereka. Hal ini dimungkinkan menjadi faktor tingginya suara GKR Hemas saat pemilu. Basis suara GKR Hemas berada di Bantul, Kota Yogyakarta dan Kulon Progo. 48 % suara beliau didapatkan dari kecamatan yang menjadi basis suara.

Hafidh Asrom mempunyai basis suara tertinggi di Kabupaten Sleman. 37 % suara beliau didapatkan dari Kabupaten Sleman, 16 dari 17 kecamatan menjadi basis suara untuknya. Beliau memiliki jaringan bisnis dan politik relatif kuat di kabupaten ini. Hafidh Asrom tinggal dan memiliki beberapa usaha di Sleman. Beliau pernah maju dalam pilkada Sleman tahun 2010 walaupun kalah dari pasangan Sri-Yuni. Basis suara selain di Sleman adalah Bantul bagian timur dan Gunungkidul bagian barat serta Kulonprogo bagian selatan. Posisi beliau sebagai salah satu pengurus Nahdlatul Ulama (NU) DIY menyebabkan wilayah pedesaan menjadi basis suara. NU merupakan organisasi islam tradisional yang berkembang di wilayah pedesaan.

Cholid Mahmud merupakan dosen salah satu universitas swasta dan konsultan. Basis suara beliau relatif mengelompok di perkotaan Yogyakarta dan sebagian Kabupaten Gunungkidul. 58 % dari total suara beliau didapatkan dari 32 kecamatan yang menjadi basis suara. Beliau merupakan anggota DPRD DIY 2004-2009 dari Partai Keadilan Sejahtera (PKS). Basis suara PKS berada di wilayah perkotaan.

M Afnan Hadikusumo merupakan cucu dari Ki Bagus Hadikusumo, pahlawan nasional dan Ketua Umum Muhammadiyah 1942-1953. Beliau juga merupakan mantan anggota DPRD DIY dari Partai Amanat Nasional (PAN). Jaringan dari Muhammadiyah dan PAN merupakan modal besar bagi beliau. Beliau mempunyai basis suara di wilayah perkotaan, bantul bagian selatan dan Sleman bagian barat. Perkotaan dan bagian selatan bantul merupakan basis organisasi Muhammadiyah. 63 % suara beliau didapatkan dari 37 kecamatan yang menjadi basis suara. Pembahasan diatas menunjukkan bahwa beragamnya latar belakang calon legislatif. Faktor- faktor yang berpengaruh terhadap perolehan suara antara lain kondisi sosial, ekonomi, jenis kelamin, kepercayaan dan ras (Haryati, 2007)

4. KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Basis suara partai politik berada di daerah tempat tinggal pengurus, basis organisasi dan historis.
2. Basis suara caleg DPR dan DPD berada di daerah lokasi tempat tinggal, basis organisasi caleg atau wilayah pemerintahan saat menjabat.

DAFTAR PUSTAKA

- Arief., Suprayogi, Andri dan Sudarsono, Bambang. 2009. Pemanfaatan SIG untuk Memetakan Hasil Pemilu Legislatif 2009 di Daerah Pemilihan Kota Semarang. *Jurnal Tugas Akhir*. Universitas Diponegoro.
- Gunardo, 2008. *Geografi Politik*. Yogyakarta : Penerbit Ombak
- Glassner, Martin Ira. 1992. *Political Geography*. New York : John Wiley & Sons Inc.
- Haryati, Sri dan Yani, Ahmad. 2007. *Geografi Politik*. Bandung : Refika Aditama

- Komisi Pemilihan Umum. Data C1 Pemilihan Umum 2014. Diakses pada tanggal 10 November 2015 dari www.pemilu2014.kpu.go.id
- Kraak, Menno-Jan dan Ormeling, Ferjan. *Kartografi Visualisasi Data Geospasial*. Yogyakarta : Gadjah Mada University Press.
- Muta'ali, Lutfi. 2014. *Teknik Analisis Regional*. Yogyakarta : Badan Penerbit Fakultas Geografi.
- Zakaria, Anang. 2014. Bentrok Pendukung Partai Langanan Pemilu di Yogya. Diakses pada tanggal 24 September 2015 dari www.tempo.com.

ANALISIS PENGINDERAAN JAUH DAN PEMETAAN SEBAGAI UPAYA MITIGASI BENCANA LONGSOR DI DAERAH KECAMATAN GUNUNGPATI, SEMARANG

Daniel Kristianto Setyawan¹, David Widyanto¹, Galang Virgiawan¹, Nicholas Bastian¹ dan Zuhdi Azmi Fauzi¹

¹ Prodi S1 Teknik Geologi Universitas Diponegoro, Fak. Teknik Universitas Diponegoro, Tembalang, Semarang 50275

Email: fauzi.azmi22@gmail.com, davidwidy.dw@gmail.com

*Corresponding author: fauzi.azmi22@gmail.com

ABSTRAK

Kecamatan Gunungpati merupakan salah satu kecamatan yang terletak di Kota Semarang. Wilayah ini merupakan wilayah yang terhitung sangat padat dengan penduduk, dengan total penduduk pada tahun 2015 berjumlah 75.885 jiwa (BPS Semarang, 2014). Hampir seluruh daerah dari Kecamatan Gunungpati ini berpotensi mengalami longsor. Untuk mengurangi kerawanan dan resiko dari bencana tersebut, maka dibutuhkan pemetaan yang cepat dan akurat terhadap lokasi bencana secara keseluruhan. Aplikasi GIS (*Geographic Information System*) merupakan pilihan tepat untuk melakukan berbagai macam proses-proses seperti: mendefinisikan penyebab utama longsor, mengklasifikasikan daerah rawan, proses digitalisasi peta, melakukan proses overlay (tumpang tindih). Proses overlay (tumpang tindih) sendiri merupakan metode utama dari proses analisa data pada pembuatan peta. Dengan menggabungkan data dari 5 parameter seperti litologi, curah hujan, kemiringan lereng, tata guna lahan dan jumlah penduduk, akan menghasilkan peta rawan longsor dan rekomendasi daerah evakuasi yang dijadikan sebagai early warning system (peringatan sedini mungkin) terhadap bencana tanah longsor di daerah tersebut. Dari pengolahan data didapat bahwa daerah paling rawan bencana terletak pada Kelurahan Sukorejo yang memiliki luas wilayah 288.063 ha dengan jumlah penduduk sebanyak 9.850 jiwa.

KATA KUNCI: Gunungpati, penginderaan jauh, rawan longsor

1. PENDAHULUAN

Tanah longsor atau gerakan tanah didefinisikan sebagai gerakan menurun lereng oleh massa tanah dan atau batuan penyusun lereng akibat terganggunya kestabilan tanah atau batuan penyusun lereng tersebut (Skempton dan Hutchinson, 1969). Peristiwa tanah longsor meningkat seiring dengan datangnya musim hujan dimana aliran air permukaan akan menginfiltrasi kedalam tanah yang membuat tekanan air pori menjadi lebih besar dibandingkan tekanan efektif sehingga menyebabkan terjadinya gerakan massa tanah pada suatu lereng.

Gunungpati merupakan salah satu wilayah di Semarang yang memiliki bentukan morfologi berupa perbukitan dengan titik tertinggi 350 meter diatas permukaan laut. Bentuk morfologi perbukitan memungkinkan wilayah ini terkena bencana tanah longsor. Peristiwa ini terjadi hampir setiap tahun di Gunungpati, yang dipengaruhi oleh kelerengan serta datangnya musim penghujan. Berbagai macam gerakan tanah terjadi sehingga membuat pemukiman warga rusak dan harus dievakuasi.

Kegiatan penelitian ini bertujuan untuk mengkaji serta membahas tentang potensi terjadinya tanah longsor beserta faktor yang mempengaruhinya. Disamping itu penelitian ini bertujuan untuk membuat peta rawan longsor yang bermanfaat dalam perencanaan mitigasi bencana yang baik dan terpadu sehingga mitigasi bencana dapat dilakukan secara efisien dan maksimal. Pembuatan peta mitigasi tanah longsor ini didasarkan dari analisa skor nilai kuantitatif 5 aspek penting yang menjadi dasar dalam proses pembobotan dan zonasi peta, diantaranya aspek litologi (jenis batuan), kepadatan penduduk, kemiringan lereng, tata guna lahan dan curah hujan (klimatologi). Proses pembuatan peta menggunakan bantuan perangkat lunak GIS (*Geographic Information System*) dengan didasarkan pada 5 parameter tersebut. Kelima parameter penting ini dikombinasikan dan dilakukan tahap tumpang tindih (*overlay*) untuk mendapatkan zona yang paling berpotensi terjadinya longsor.

2. DAERAH PENELITIAN

2.1 Lokasi

Daerah penelitian dilakukan pada Kecamatan Gunungpati, Kota Semarang, Provinsi Jawa Tengah.



Gambar 1. Peta Administrasi Kecamatan Gunungpati

2.2 Kondisi Geologi

Geologi wilayah sekitar Gunungpati masuk kedalam Peta Geologi Lembar Semarang – Magelang, tersusun atas Formasi Damar yang memiliki litologi berupa batupasir sisipan tuff, breksi vulkanik dan batulempung. Disebagian wilayah tersusun atas Formasi Kaligetas dengan susunan litologi breksi vulkanik, tuff, batupasir tuffan dan batulempung. Sebagian besar batuan telah dimanfaatkan warga untuk ditambang galian C.

3. DATA DAN METODE

3.1 Data

Dalam analisis pembuatan peta rawan longsor pada Kecamatan Gnungpati, digunakan 5 parameter utama sebagai pembobotan dalam proses tumpang tindih. Berikut data yang digunakan untuk proses pembobotan :

a. Curah Hujan

Tabel 1. Data curah hujan Kota Semarang per tahun

Tinggi Tempat	173 m
2010	3.824 mm
2011	3.227 mm
2012	3.427 mm
2013	2.953 mm
2014	2.580

Sumber : BPS Kota Semarang 2015

b. Litologi

Tabel 2. Data Litologi dan nilai parameter

Litologi	Nilai
Andesit	1
Breksi	2
Pasir	3
Lempung	4

Sumber : BP-DAS Jeneberang-Walanae, 2010

c. Kepadatan Penduduk

Tabel 3. Data Kepadatan penduduk Kecamatan Gunungpati 2014

Desa/Kelurahan	Luas Wilayah (km ²)	Jumlah Penduduk	Kepadatan Penduduk
Gunungpati	4,72	6.457	1.368
Plalangan	2,69	3.543	1.317
Sumurrejo	3,62	5.776	1.596
Pakintelan	3,18	4.481	1.409
Mangunsa	2,92	4.536	1.553
Patemon	3,4	4.305	1.266
Ngijo	2,74	3.027	1.105
Nongko Sawit	2,37	4.453	1.879
Cepoko	2,95	2.716	921
Jatirejo	3,09	1.871	606
Kandri	3,58	3.810	1.064
Pongangan	3,4	5.257	1.546
Kali Segoro	3,58	3.024	845
Sekaran	4,05	6.554	1.618
Sukorejo	3,86	10.897	2.823
Sadeng	3,96	6.626	1.673

Sumber : BPS Kota Semarang 2015

d. Kelerengan

Tabel 4. Nilai Kelerengan dan skor

Kemiringan Lereng (%)	Kategori nilai	Skor
<14	Datar	1
15-24	Landai	2
25-44	Agak curam	3
45-64	Curam	4
>64	Sangat curam	5

Sumber : BP-DAS Jeneberang-Walanae, 2010

e. Tata Guna Lahan

Tabel 5. Tata Guna Lahan dan skor

Jenis Tata Guna Lahan	Skor
Tegalan	1
Kebun	2
Semak/Belukar	3
Pemukiman	4
Persawahan	5

Sumber : RBI, 2014

3.2 Metode Pembobotan

Dalam pembuatan petarawan longsor Kecamatan Gunungpati ini menggunakan 5 parameter utama yang merupakan bagian dari parameter pengontrol terjadinya gerakan tanah. Berikut lima parameter yang digunakan dalam analisis:

a. Data Curah hujan

Tabel 6. Parameter skor untuk data curah hujan

Parameter	Besaran	Kategori nilai	Skor
Hujan tahunan mm / tahun	<500	Rendah	1
	500 – 999	Agak rendah	2
	1000 – 1999	Sedang	3
	2000 - 2999	Agak tinggi	4
	>3000	Tinggi	5

Sumber : BP-DAS Jeneberang-Walanae, 2010

b. Litologi

Tabel 7. Parameter skor untuk data Litologi

Parameter Litologi	Skor
Breksi	1
Andesit	2
Pasir	3
Lempung	4

Sumber : Hasil analisa

c. Data Kependudukan

Tabel 8. Parameter skor untuk data kepadatan penduduk

Parameter	Besaran	Kategori nilai	Skor	Sumber data
Kepadatan penduduk Jiwa/Km ²	0 – 6	Tidak padat	1	Data kependudukan BPS Kota Semarang untuk Kecamatan Gunungpati
	6 – 10	Kurang padat	2	
	11 – 20	Cukup padat	3	
	>28	Sangat padat	4	

Sumber : Hasil analisa

d. Kelerengan

Tabel 9. Parameter skor untuk data kemiringan lereng

Parameter	Besaran	Kategori nilai	Skor
Kemiringan lereng lahan (%)	<14	Rendah	1
	15-24	Agak Rendah	2
	25-44	Sedang	3
	45-64	Agak Tinggi	4
	>64	Tinggi	5

Sumber : BP-DAS Jeneberang-Walanae, 2010

e. Tata guna lahan

Tabel 10. Nilai Tata guna lahan dan skor

Jenis Tata Guna Lahan	Skor
Tegalan	1
Kebun	2
Semak/Belukar	3
Pemukiman	4
Persawahan	5

Sumber : Hasil analisa

Metode yang digunakan yaitu analisa kuantitatif dan kualitatif dengan memberi nilai skor pada 5 parameter tersebut, kemudian dilakukan tumpang tindih (overlay) dari peta dasar dengan kelima parameter tersebut menggunakan software Arc GIS 10, setelah itu dilakukan pembobotan skor untuk mengkategorikan wilayah di Gunungpati kedalam zona potensi longsor. Dari hasil tumpang tindih dan penilaian skor diperoleh

zonasi atau sebaran lokasi dengan tingkat kemungkinan terjadinya longsor berskala rendah hingga tinggi. Berikut parameter skor yang digunakan dalam zonasi pembuatan peta rawan bencana longsor :

Tabel 11. Penilaian Parameter

Skor bobot	Curah Hujan	Litologi	Kependudukan	Kelerengan	Tata guna lahan
1	<500	Breksi	0 – 6	<14	Tegalan
2	500 – 900	Andesit	6 – 10	15 – 24	Kebun
3	1000 – 1999	Pasir	11 – 20	25 – 44	Semak/Belukar
4	2000 – 2999	Lempung	>28	45 – 64	Persawahan
5	>3000			>64	Pemukiman

Setelah diketahui nilai dari setiap parameter, dalam menentukan peta rawan longsor dilakukan akumulasi nilai dari kelima parameter utama tersebut untuk ditemukan nilai skor kumulatif yang digunakan dalam zonasi daerah rawan longsor. Berikut parameter zonasi berdasarkan akumulasi nilai skor dari 5 parameter utama :

$$\text{Skor Kumulatif} = (30\% \times \text{Curah Hujan}) + (20\% \times \text{Kelerengan}) + (20\% \times \text{Litologi}) + (15\% \times \text{Kependudukan}) + (15\% \times \text{Tata Guna Lahan})$$

Tabel 12. Parameter Skor Zona Peta Rawan Longsor

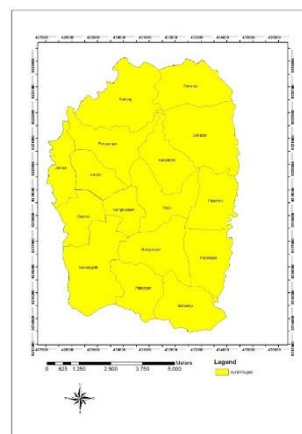
Nilai Skor Kumulatif	Warna	Klasifikasi Bencana
< 1.1	Hijau Tua	Tidak Rawan
1.1 – 2.8	Hijau Muda	Sedikit Rawan
2.9 – 4	Orange	Rawan
> 4	Merah	Sangat Rawan

Sumber : Hasil perhitungan

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Peta Curah Hujan

Curah hujan merupakan salah satu faktor utama pemicu terjadinya tanah longsor. Curah hujan yang tinggi, kemiringan lereng dan litologi (batuan) menjadi faktor utama penyebab tanah longsor terjadi. Curah hujan bersifat regional, jadi tidak dapat dibagi dalam skala lokal. Dalam parameter skor curah hujan, Kecamatan Gunungpati termasuk dalam regional Kota Semarang memiliki skor 5 yang termasuk kategori curah hujan tinggi. Berikut peta curah hujan Kota Semarang dan Kecamatan Gunungpati :

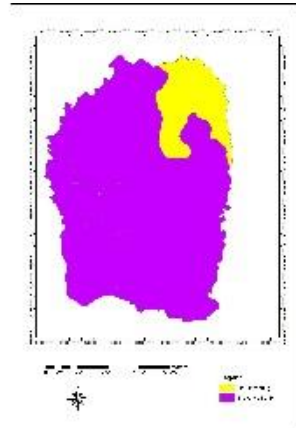


Gambar 2. Peta Curah Hujan Tahun Kecamatan Gunungpati setiap tahun

4.2 Peta Litologi

Kecamatan Gunungpati secara geologi terdapat beberapa jenis litologi, diantaranya paling dominan yaitu batulempung dan breksi vulkanik. Batulempung memiliki kerentanan yang cukup tinggi untuk memicu

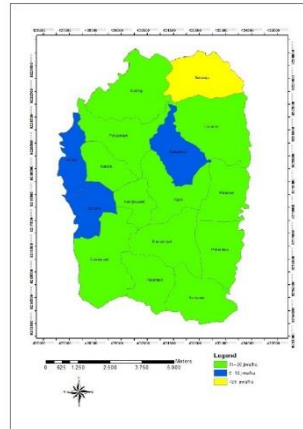
pergerakan tanah akibat sifat kembang susutnya (*swelling*). Persebaran batulempung pada Kecamatan Gunungpati terdapat Desa Sadeng, Sukorejo dan Sekaran. Breksi vulkanik memiliki sifat yang cukup rigid sehingga mampu untuk menahan beban sehingga tidak rentan untuk bergerak, persebaran litologi breksi vulkanik ini terdapat di Desa Gunungpati, Kandri, Jatirejo. Berikut peta persebaran litologi di Kecamatan Gunungpati :



Gambar 3. Peta Persebaran Litologi Kecamatan Gunungpati

4.3 Peta Kepadatan Penduduk

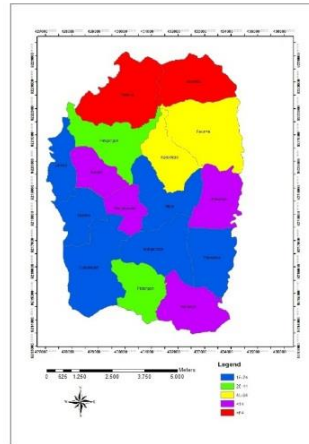
Kecamatan Gunungpati memiliki jumlah penduduk 75.885 jiwa yang tersebar pada 16 kelurahan dengan luas total 5.399.085 Ha. Dari 16 kelurahan di Kecamatan Gunungpati daerah yang memiliki kepadatan penduduk di Kelurahan Sukorejo dengan kepadatan penduduk 2.823 orang/km². Berikut peta persebaran kepadatan penduduk Kecamatan Gunungpati 2015:



Gambar 4. Peta Kepadatan Penduduk Gunungpati 2015

4.4 Peta Kelerengan

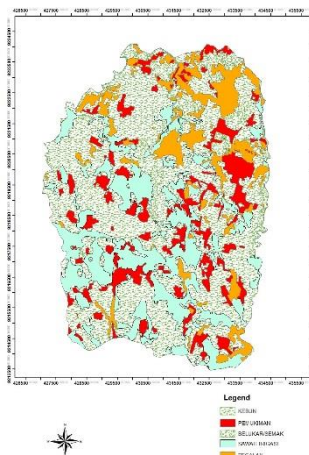
Kecamatan Gunungpati memiliki bentuk morfologi berupa perbukitan dengan titik tertinggi sekitar 350 meter diatas permukaan laut. Bentuk morfologi perbukitan tersebar rata disemua wilayah administrasi Kecamatan Gunungpati dengan rata – rata memiliki kemiringan lereng 15% - 44%. Di beberapa lokasi seperti Desa Sadeng, Pongangan dan Kandri memiliki tingkat kemiringan 45% – 70% dengan skor 5 dan termasuk kategori sangat curam. Berikut peta kelerengan di Kecamatan Gunungpati :



Gambar 5. Peta Kemiringan Lereng Kecamatan Gunungpati

4.5 Peta Tata Guna Lahan

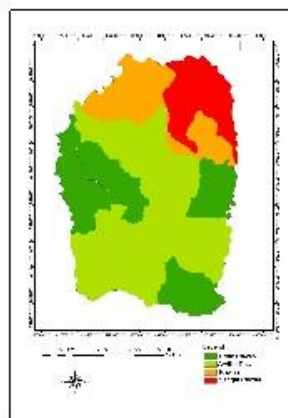
Kecamatan Gunungpati memiliki cakupan wilayah baik yang telah dimanfaatkan dan belum dimanfaatkan oleh penduduk. Sebagian area telah dibangun untuk pemukiman mengikuti perkembangan jumlah penduduk, disisi lain sebagian besar lahan belum dimanfaatkan dan masih berupa hutan dan tegal. Berikut persebaran penggunaan lahan Kecamatan Gunungpati.



Gambar 5. Peta Tata Guna Lahan Kecamatan Gunungpati

4.6. Peta Rawan Longsor

Berdasarkan pengolahan *overlay* atau tumpang tindih dari 5 peta dengan parameter data kependudukan, kelerengan, litologi, tata guna lahan dan curah hujan, kemudian ditambah data perhitungan skor kumulatif didapatkan zonasi Peta Rawan Longsor sebagai berikut :



Gambar 6. Peta Rawan Bencana Longsor Kecamatan Gunungpati

Dari peta diatas Kecamatan Gunungpati terbagi menjadi 4 zona rawan bencana tanah longsor, mulai dari daerah dengan zona kerentanan rendah sampai tinggi. Berikut hasil setiap zona kerentanan longsor :

a. Zona Tidak Rawan Longsor

Pada zona termasuk aman, untuk kemungkinan terjadinya longsor sangat kecil dengan skor kumulatif <1 . Hal ini dipengaruhi dari kelerengn, litologi penyusun dan tata guna lahan penduduk yang tepat. Dalam zona ini termasuk Desa Sumurejo, Desa Jatirejo dan Desa Patemon.

b. Zona Sedikit Rawan Longsor

Zona ini termasuk dalam kategori sedikit rawan dengan nilai skor kumulatif 1,1 – 2,8 yaitu daerah yang memungkinkan terjadi longsor dalam tingkat rendah. Tanah longsor dapat terjadi jika ada hujan pada daerah dengan lereng yang mengalami pelapukan baik karena cuaca ataupun campur tangan aktivitas manusia berupa pembebanan. Apabila terjadi tanah longsor, kawasan hanya akan mengalami gangguan tetapi dimungkinkan tidak terjadi korban jiwa dan kerusakan lingkungan yang berarti. Dalam Peta Rawan Bencana, wilayah yang termasuk zona ini adalah Desa Mangunsari.

c. Zona Rawan Longsor

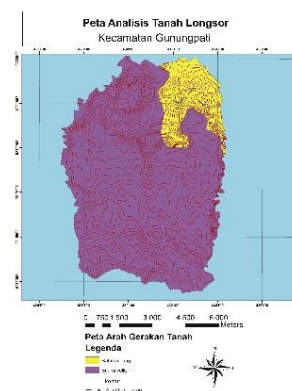
Zona rawan longsor merupakan kawasan yang berpotensi terjadi korban jiwa, harta benda dan atau kerusakan apabila terjadi peristiwa gerakan tanah. Dalam skor kumulatif, zona ini termasuk dalam skor 2,9 – 4. Dalam Peta Rawan Bencana, kawasan ini termasuk dalam administrasi Desa Sadeng dan sebagian Desa Sekaran. Hal yang membedakan dengan Desa Sukorejo yang masuk dalam kategori sangat longsor, Desa Sadeng memiliki persebaran areal pemukiman yang rata dan berada dilokasi dengan kelerengn yang tidak terjal. Dalam arti lain areal pemukiman lebih tertata dilokasi yang pas dibanding dengan Desa Sukorejo yang banyak berada di kelerengn terjal.

d. Zona Sangat Rawan Longsor

Zona risiko gerakan tanah tinggi merupakan kawasan yang paling berpotensi terjadi gerakan tanah dimana faktor pengontrol terjadinya gerakan tanah hampir terdapat semua. Zona ini apabila terjadi gerakan tanah akan berpotensi mengalami kerugian besar, meliputi jumlah korban jiwa, harta benda dan kerusakan lingkungan yang berat. Dalam skor kumulatif, zona ini masuk dalam skor >4 . Berdasarkan Peta Rawan Longsor, lokasi yang termasuk zona sangat rawan berada di Desa Sukorejo dengan wilayah yang paling berpotensi adalah dusun Ndeliksari dan Kompleks Perumahan Trangkil. Hal itu dikontrol dari jumlah penduduk yang padat dimana areal perumahan dibangun dilokasi dengan kelerengn cukup terjal dan ditambah kondisi tanah atau batuan penyusun dibawahnya adalah lempung. Hal ini menjadi nilai tinggi dalam parameter risiko terjadinya gerakan tanah dan longsor karena sifat lempung yang *impermeable* dan cenderung berpotensi menjadi bidang gelincir saat curah hujan tinggi, sedangkan areal perumahan yang padat menjadikannya risiko tinggi apabila ditinjau dari dampak kerusakan dan kerugian apabila terjadi tanah longsor.

4.7 Peta Arah Pergerakan Longsoran

Dalam analisa arah longsoran dilakukan pemetaan lapangan di Kecamatan Gunungpati. *Outcrop* tanah longsor yang diambil berada pada Kelurahan Sukorejo. Berikut peta arah pergerakan longsoran Kelurahan Sukorejo :



Gambar 7. Peta Arah Pergerakan Longsoran Kelurahan Sukorejo

Dari peta diatas Tanah longsor yang terjadi di Kecamatan Gunungpati umumnya memiliki arah pergerakan lateral mengikuti kontur, yaitu massa tanah turun dan bergerak menuju tempat rendah berdasarkan kelerengn yang ada dilokasi tersebut dan disesuaikan dengan keberadaan bidang gelincir seperti litologi batulempung. Dalam hal ini arah kemiringan lereng menjadi faktor dominan kemana aliran

massa tanah akan turun. Jenis gerakan tanah yang terjadi di Gunungpati berupa aliran massa tanah, nendatan (*slump*) dan amblesan.

Dari hasil analisa penginderaan jauh didapatkan bahwa daerah yang rawan longsor berada pada Desa Sukorejo, kemudian hal ini diperkuat dengan adanya data pemetaan Geologi dimana bahwa pada Desa Sukorejo terdapat beberapa titik yang sudah terjadi tanah longsor. Hal ini perlu menjadi kajian lanjutan untuk mengurangi resiko terjadinya korban tanah longsor.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan pengolahan peta yang telah dilakukan dengan melakukan pembobotan dan akumulasi nilai skor dari 5 parameter yaitu Curah hujan, Kelerengan, Litologi, Tata guna lahan dan Kependudukan didapatkan zonasi Peta Rawan Longsor di Kecamatan Gunungpati, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Zona paling rawan terjadi longsor dan gerakan tanah adalah di Desa Sukorejo yang meliputi dusun Trangkil dan Ndeliksari. Hal ini diperkuat dengan data lapangan dengan ditemukannya litologi berupa batulempung baik dipermukaan dan dibawahnya, litologi ini memiliki skor tinggi pemicu terjadinya gerakan tanah ditambah dengan kemiringan lereng yang cukup terjal di wilayah ini.
2. Faktor curah hujan menjadi parameter dengan skor tertinggi untuk memicu terjadinya tanah longsor. Curah hujan tinggi dapat menimbulkan longsor karena melalui rekahan di tanah air akan masuk dan terakumulasi di bagian dasar lereng, sehingga menimbulkan gerakan lateral. Dimana Kota Semarang secara regional memiliki curah hujan tinggi saat memasuki musim penghujan.
3. Kemiringan lereng yang dapat memicu potensi terjadinya longsor dan gerakan tanah berkisar antara 30% sampai >40%. Daerah dengan kemiringan lereng seperti ini di Gunungpati dimanfaatkan sebagai area perkebunan dan pemukiman penduduk di beberapa desa, sehingga menambah parameter bahaya potensi terjadinya tanah longsor. Selain itu sistem irigasi aliran permukaan yang salah juga menjadi pemicu tanah longsor.
4. Dari evaluasi untuk Desa Sukorejo dengan jumlah penduduk padat, kemiringan yang sangat curam dan litologi yang berupa batulempung yang merupakan litologi yang sangat rentan dan memiliki skor tinggi untuk mengalami pergerakan tanah, maka kegiatan pencegahan dan penanggulangan yang tepat yaitu dengan cara mengurangi kemiringan pada lereng. Selain itu bisa dilakukan relokasi penduduk ditempatkan yang memiliki kemungkinan terjadinya longsor dan gerakan tanah yang kecil.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standarisasi Nasional (2005). Penyusunan Peta Zona Kerentanan Gerakan Tanah, SNI 13-7124-2005.
- Direktorat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi (2005). Manajemen Bencana Tanah Longsor
- Karnawati, D. (2001). Bencana Alam Gerakan Tanah Indonesia Tahun 2000 (Evaluasi dan Rekomendasi). Jurusan Teknik Geologi. Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- BPS. 2015. *Kecamatan Gunungpati Dalam Angka Tahun 2014*. Semarang : BPS Kota Semarang
- Kementrian Pekerjaan Umum (2012). Pedoman Pembuatan Peta Rawan Longsor dan Banjir Bandang Akibat Runtuhnya Bendungan Alam. Kementrian Pekerjaan Umum Republik Indonesia
- R.E. Thanden, H. Sumadirdja, P.W. Richards, K. Sutisna dan T.C. Amin (1996). Peta Geologi Bersistem Lembar Magelang – Semarang skala 1:100.000. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- Rahman, Abdur. (2010). Penggunaan Sistem Informasi Geografis untuk Pemetaan Kerawanan Longsor di Kabupaten Purworejo. Jurnal Bumi Lestari Volume 10 Nomor 2. Purworejo.
- Septianingrum, Hesti Dwi. (2003). Pengaruh Pengembangan Kota Terhadap Daya Dukung Lahan Di Kawasan Universitas Negeri Semarang Kecamatan Gunungpati Semarang. Tesis. Magister Ilmu Lingkungan Universitas Diponegoro, Semarang.
- Soemarmo, S.H., 2009. *Penginderaan jauh dan pengenalan sistem informasi geografis untuk bidang ilmu kebumihutan*, Penerbit ITB, Bandung.

ANALISIS SPASIAL ARAH PERKEMBANGAN KOTA GORONTALO MENGUNAKAN CITRA LANDSAT MULTI TEMPORAL

Sri Maryati, Nawir Sune, Sutarno

Jurusan Ilmu dan Teknologi Kebumihan, Fakultas Matematika dan IPA Universitas Negeri
Gorontalo, Gorontalo 96128

Email: sri.maryati@ung.ac.id, nawirsune@gmail.com

*Corresponding author: sri.maryati@ung.ac.id

ABSTRAK

Kota Gorontalo mengalami perkembangan yang sangat cepat, hal ini merupakan konsekuensi sebagai Ibukota Provinsi Gorontalo yang dimekarkan dari Provinsi Sulawesi Utara. Analisis arah perkembangan kota sangat penting dilakukan sebagai dasar perencanaan kota dan masukan dalam penyusunan rencana umum tata ruang kota. Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui arah perkembangan Kota Gorontalo menggunakan citra Landsat Multi Temporal. Sumber data penelitian ini adalah Citra Landsat *Series* Tahun 1991, Tahun 2001 dan Tahun 2013. Citra Landsat dikoreksi secara geometrik, radiometrik, serta *image enhancement*. Interpretasi visual Citra Landsat dilakukan untuk menganalisa tutupan lahan. Tahap reinterpretasi dilakukan setelah *ground check*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa arah perkembangan kota mengarah ke utara dan ke timur. Hal ini terkait ketersediaan lahan yang semakin sedikit di pusat perkotaan. Perkembangan kota dapat diarahkan ke Kecamatan Sipatana, Kecamatan Kota Utara, dan Kecamatan Kota Timur, namun alih fungsi lahan tetap harus dikendalikan mengingat di kecamatan-kecamatan tersebut terdapat lahan pertanian yang cukup luas.

KATA KUNCI: perkembangan kota, spasial, citra multi temporal

1. PENDAHULUAN

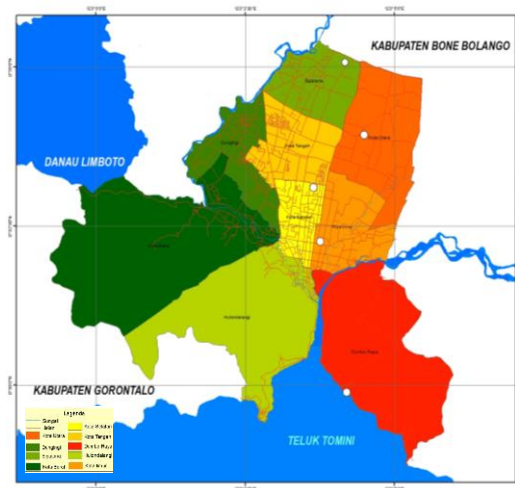
Kota Gorontalo mengalami perkembangan yang sangat cepat, hal ini merupakan konsekuensi sebagai Ibukota Provinsi Gorontalo yang dimekarkan dari Provinsi Sulawesi Utara. Perkembangan Kota Gorontalo terlihat dari tingginya konversi lahan dari lahan pertanian dan pekarangan menjadi permukiman dan daerah perdagangan, meningkatnya kepadatan penduduk, meningkatnya pembangunan area permukiman, perdagangan, dan perkantoran; maraknya pembangunan pertokoan, mall, hotel dan sebagainya; serta peningkatan kepadatan lalu lintas dibandingkan tahun-tahun sebelumnya. Analisis arah perkembangan kota sangat penting dilakukan sebagai dasar perencanaan kota dan masukan dalam penyusunan rencana umum tata ruang kota. Dengan dilakukannya analisis secara spasial, maka diharapkan perkembangan kota dapat terarah sesuai peruntukan fungsi kawasan, deteksi cepat alih fungsi lahan yang tidak sesuai peruntukan, perkembangan kota dapat merata dan tidak hanya berpusat pada satu atau dua titik. Penyediaan jenis dan jumlah fasilitas publik sesuai dengan konsentrasi penduduk. Menurut Kumar dan Tripathi (2014), urbanisasi dan tingginya populasi manusia menyebabkan kurangnya infrastruktur dan kebutuhan dasar sehingga pemetaan dan monitoring perluasan kota dibutuhkan untuk pengelolaan kota yang tepat.

Perkembangan kota dapat dianalisis dengan berbagai metode. Setiap metode memiliki kelebihan dan kekurangan masing-masing. Penelitian ini memanfaatkan citra penginderaan jauh multi temporal. Teknologi penginderaan jauh sangat bermanfaat untuk mengetahui arah dan perkembangan suatu wilayah dalam waktu yang cepat dan tingkat akurasi tinggi. Hal ini dikarenakan penginderaan jauh menggambarkan data yang bersifat *real time* mengenai kondisi permukaan lahan. Menurut Chen, dkk (2000), penginderaan jauh dan sistem informasi geografis (SIG) menjadi fokus kajian dalam memahami perubahan desa kota, struktur kota dan kualitas lingkungan. Data penginderaan jauh temporal suatu wilayah bermanfaat untuk mengetahui pola dan trend perkembangan kota, sedangkan SIG bermanfaat untuk mengintegrasikan data spasial dan data statistik (Sudhira, dkk., 2003).

Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui arah perkembangan Kota Gorontalo menggunakan citra Landsat Multi Temporal Tahun 1991, 2001, dan 2013. Citra Landsat yang memiliki resolusi spasial 30 meter dan resolusi temporal 16 hari mampu mendeteksi perubahan penggunaan lahan di perkotaan, sehingga arah dan pola perkembangan kota juga dapat dideteksi menggunakan citra Landsat multi temporal. Selain hal tersebut, pemilihan citra Landsat sebagai sumber data juga berdasar ketersediaan dan kemudahan pencarian data hingga tiga puluh tahun lalu sehingga trend perkembangan kota dapat diketahui.

LOKASI PENELITIAN

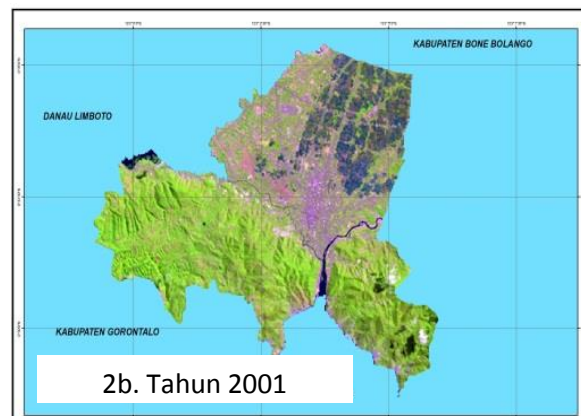
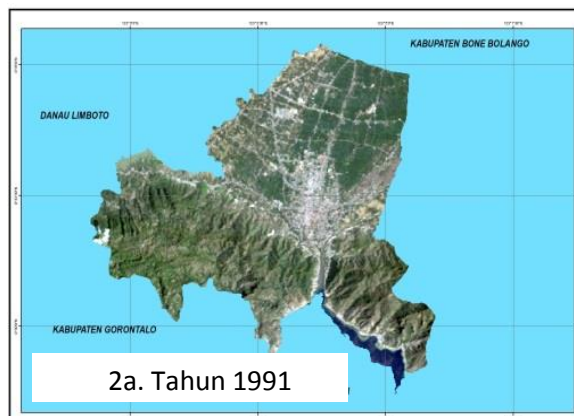
Kota Gorontalo terletak antara $00^{\circ} 28' 17''$ - $00^{\circ} 35' 56''$ Lintang Utara (LU) dan $122^{\circ} 59' 44''$ - $123^{\circ} 05' 59''$ Bujur Timur (BT). Secara administrasi, Kota Gorontalo berbatasan dengan Kecamatan Tapa Kabupaten Bone Bolango di sebelah utara, Kecamatan Kabila Kabupaten Bone Bolango di sebelah timur, di sebelah selatan berbatasan dengan Teluk Tomini, dan di sebelah barat berbatasan dengan Kecamatan Telaga dan Kecamatan Batudaa Kabupaten Gorontalo. Kota Gorontalo terdiri atas 9 Kecamatan yaitu Kecamatan Kota Barat, Kecamatan Dungingi, Kecamatan Kota Selatan, Kecamatan Kota Tengah, Kecamatan Kota Timur, Kecamatan Kota Utara, Kecamatan Dumbo Raya, Kecamatan Sipatana dan Kecamatan Hulonthalangi. Peta lokasi penelitian disajikan pada Gambar 1. Tingkat kepadatan penduduk Kota Gorontalo terakumulasi di kecamatan Kota Selatan sebanyak 8.895 Jiwa/ km², diikuti Kecamatan Kota Tengah sebanyak 6.100 Jiwa/km², dan Kecamatan Dungingi sebanyak 5.539 Jiwa/km², serta Kecamatan Kota Timur sebanyak 5.347 Jiwa/km² (BPS Kota Gorontalo, 2014)

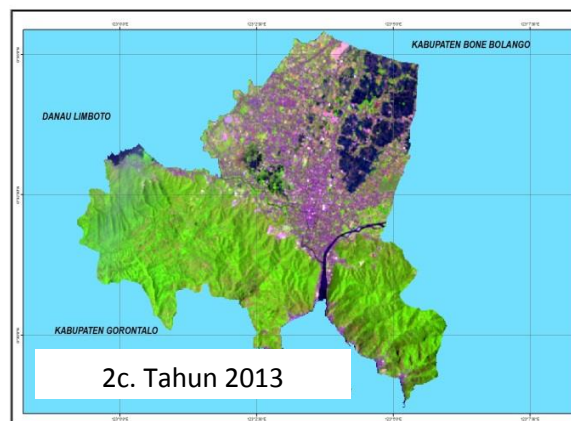


Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dimulai dengan koreksi geometrik citra Landsat untuk mengkoreksi lokasi geografis. Koreksi geometris dilakukan menggunakan Peta Rupabumi Indonesia Skala 1 : 50.000 sebagai acuan. Tahap selanjutnya dilakukan penajaman citra (*image enhancement*) yang bertujuan untuk memperjelas kenampakan citra agar mudah diinterpretasi secara visual. Citra satelit setelah dikoreksi geometri dan dilakukan penajaman citra disajikan pada Gambar 2. Interpretasi citra satelit untuk tutupan lahan Kota Gorontalo khususnya lahan yang telah terbangun. Interpretasi dikerjakan pada software ArcGIS 10 dengan metode interpretasi visual (*digitization on screen*). *Ground check* dilakukan untuk mengecek kebenaran interpretasi. Tahap re-interpretasi dilakukan untuk memperbaiki kesalahan interpretasi berdasarkan hasil *ground check*. Analisis arah perkembangan Kota Gorontalo dilakukan pada peta penutup lahan terkoreksi.

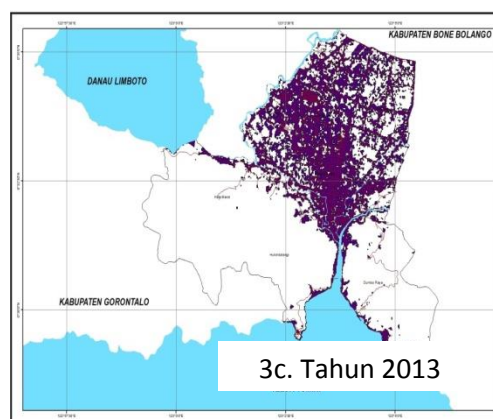
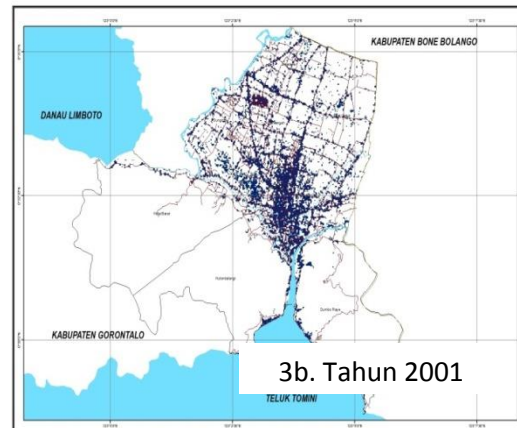
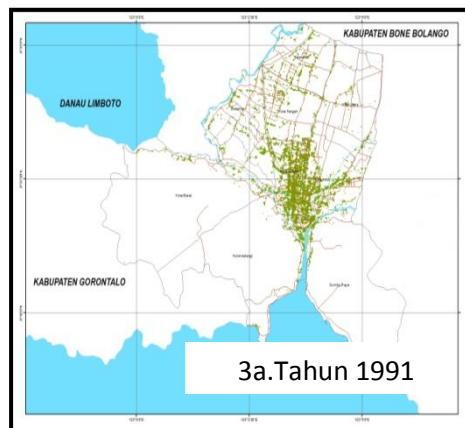




Gambar 2. Citra Landsat Kota Gorontalo

3. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Pemetaan penutup lahan pada penelitian ini difokuskan pada interpretasi lahan terbangun, hal ini bertujuan agar arah perkembangan kota terlihat jelas. Peta Penutup Lahan Kota Gorontalo Tahun 1991, Tahun 2001, dan Tahun 2013 disajikan pada Gambar 3. Berdasarkan analisis data spasial pada ArcGIS 10, diketahui bahwa luas lahan terbangun Tahun 1991 adalah 551 Ha, Tahun 2001 adalah 943 Ha dan Tahun 2013 sebesar 2213 Ha. Kondisi tersebut menunjukkan peningkatan lahan terbangun yang signifikan tiap dekade. Penambahan lahan terbangun tersebut meliputi permukiman, perkantoran, pertokoan, dan fasilitas publik lainnya.



Gambar 3. Peta Penutup Lahan Kota Gorontalo

Peta Penutup Lahan Kota Gorontalo Tahun 1991 (Gambar 3a) menggambarkan lahan terbangun terkonsentrasi di Kecamatan Kota Selatan yang merupakan pusat perdagangan dan pusat perkantoran di Kota Gorontalo. Lahan terbangun di kecamatan lainnya memiliki pola memanjang sepanjang jalan dan memanjang sepanjang sungai. Lahan terbangun di sepanjang jalan tersebut pada umumnya merupakan pertokoan. Peta Penutup Lahan Kota Gorontalo Tahun 2001 (Gambar 3b) menggambarkan pola yang masih hampir sama dengan kondisi penutup lahan Tahun 1991. Lahan terbangun di Kota Gorontalo pada Tahun 2001 terkonsentrasi di Kecamatan Kota Selatan, namun mulai ada konsentrasi permukiman di batas luar Kecamatan Kota Selatan, yaitu di Kecamatan Kota Barat, Kecamatan Kota Tengah, Kecamatan Duingi, dan Kecamatan Kota Timur. Lahan terbangun yang berada di sepanjang jalan dan sungai mengalami peningkatan kepadatan.

Perubahan sebaran lahan terbangun yang sangat drastis terlihat pada Peta Penutup Lahan Kota Gorontalo Tahun 2013 (Gambar 3c). Gambar 3c menggambarkan lahan terbangun mengalami peningkatan yang sangat tinggi di Kecamatan Duingi dan Kecamatan Kota Tengah. Pola sebaran lahan terbangun di Tahun 2013 memiliki pola menyebar, bukan lagi memanjang di sepanjang jalan dan memanjang di sepanjang sungai. Peningkatan sebaran lahan terbangun juga terlihat di Kecamatan Sipatana, Kecamatan Kota Utara dan Kecamatan Kota Timur. Meluasnya sebaran lahan terbangun ini dipengaruhi oleh semakin berkurangnya lahan kosong di pusat kota, meningkatnya jumlah penduduk, dan tingginya harga tanah di pusat perkotaan. Di bagian Selatan Kota Gorontalo, persentase lahan terbangun sangat rendah karena wilayah tersebut merupakan perbukitan.

Gambaran sebaran lahan terbangun di Kota Gorontalo Tahun 1991, Tahun 2001, dan Tahun 2013 menggambarkan arah perkembangan Kota Gorontalo mengarah ke utara dan ke timur. Hal ini terkait ketersediaan lahan yang semakin sedikit di pusat perkotaan sehingga harga tanah semakin mahal. Perkembangan kota dapat diarahkan ke Kecamatan Sipatana, Kecamatan Kota Utara, dan Kecamatan Kota Timur, namun alih fungsi lahan tetap harus dikendalikan mengingat di kecamatan-kecamatan tersebut terdapat lahan pertanian yang cukup luas.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan analisis spasial pada Citra Landsat multitemporal, dapat disimpulkan bahwa arah perkembangan Kota Gorontalo mengarah ke utara dan ke timur. Hal ini terkait ketersediaan lahan yang semakin sedikit di pusat perkotaan sehingga harga tanah semakin mahal. Perkembangan kota dapat diarahkan ke Kecamatan Sipatana, Kecamatan Kota Utara, dan Kecamatan Kota Timur, namun alih fungsi lahan tetap harus dikendalikan mengingat di kecamatan-kecamatan tersebut terdapat lahan pertanian yang cukup luas. Rekaman citra satelit menunjukkan perubahan yang signifikan pada periode 2001 – 2013 khususnya dalam hal perubahan lahan terbangun. Hasil penelitian membuktikan kemampuan data penginderaan jauh untuk digunakan dalam monitoring perkembangan kota. Hasil penelitian sangat bermanfaat sebagai dasar pengambilan keputusan bagi pemerintah daerah Kota Gorontalo dalam perencanaan kota demi tercapainya pembangunan berkelanjutan,

DAFTAR PUSTAKA

- BPS Kota Gorontalo. (2013), *Kota Gorontalo dalam Angka 2013*, BPS Kota Gorontalo, Gorontalo
- Chen, S., Zeng, S., and Xie, C. (2000), Remote Sensing and GIS for Urban Growth Analysis in China, *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, Vol. 66, No. 5, 593-598.
- Kumar, M., and D.K. Tripathi. (2014), Spatial Monitoring of Urban Growth of Nagpur City (India) Using Geospatial Techniques, *Journal of Settlements and Spatial Planning*, Vol. 5, no. 2 (2014) 91-98.
- Sudhira, H. S., T. V. Ramachandra., Karthik S. Raj, and K. S. Jagadish. (2003), Urban Growth Analyses using Spatial and Temporal Data, *Journal of the Indian Society of Remote Sensing* · November 2003

PLENARY SESSION – 2

Dr. rer. Nat. Sumaryono, M.Sc. (Kepala Bidang Pengembangan
Sumberdaya Manusia dan Industri Informasi Geospasial – BIG)

Drs. Projo Danoedoro, M.Sc., Ph.D. (Ketua PUSPICS UGM / MAPIN
Yogya)

Materi Pertama Plenary Session – 2

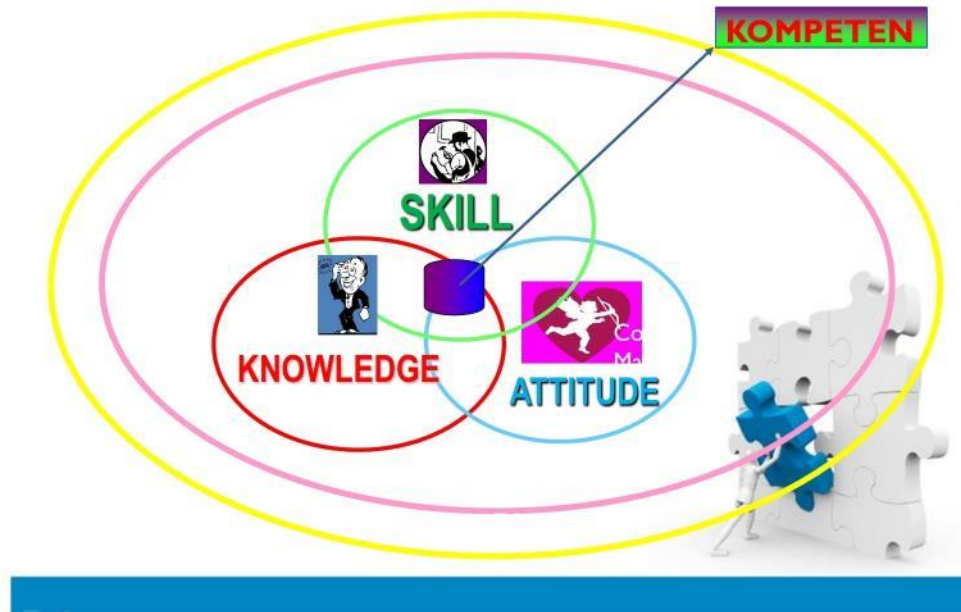


APA ITU SKKNI (STANDAR KOMPETENSI KERJA NASIONAL INDONESIA)

adalah rumusan kemampuan kerja yang mencakup aspek pengetahuan, keterampilan dan/atau keahlian serta sikap kerja yang relevan dengan pelaksanaan tugas dan syarat jabatan yang ditetapkan sesuai dengan ketentuan peraturan perundang-undangan yang berlaku.



SKKNI multi-dimensional skills



MENGAPA STANDAR KOMPETENSI DIBUTUHKAN

Untuk institusi pendidikan dan pelatihan

- Memberikan informasi untuk pengembangan program dan kurikulum
- Sebagai acuan dalam penyelenggaraan pelatihan penilaian, sertifikasi

Untuk dunia usaha/industri dan penggunaan tenaga kerja

- Membantu dalam rekrutmen
- Membantu penilaian unjuk kerja
- Dipakai untuk membuat uraian jabatan
- Untuk mengembangkan program pelatihan yang spesifik berdasar kebutuhan dunia usaha/industri

Untuk institusi penyelenggara pengujian dan sertifikasi

- Sebagai acuan dalam merumuskan paket-paket program sertifikasi sesuai dengan kualifikasi dan levelnya.
- Sebagai acuan dalam penyelenggaraan pelatihan penilaian dan sertifikasi

Untuk Menjamin Kualitas Data Informasi Geospasial

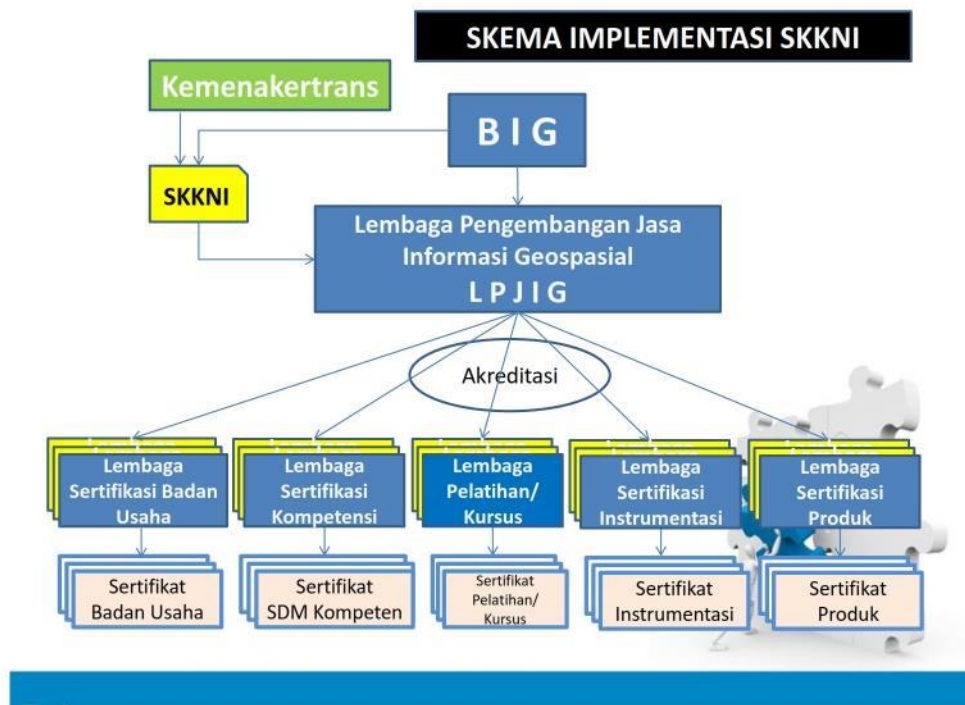




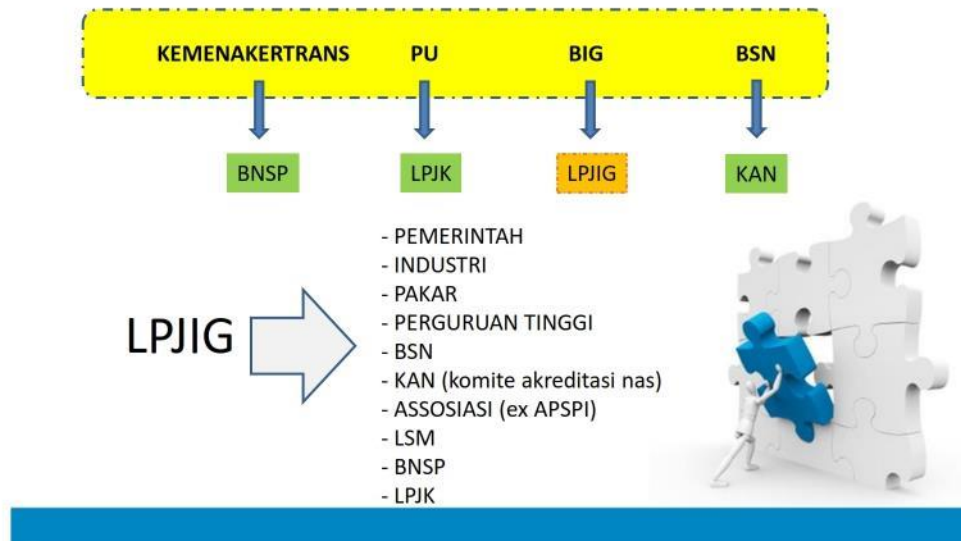
Bagaimana Standar
Kompetensi Bidang
Informasi Geospasial

SKKNI BIDANG IG

- MENJAMIN KUALITAS DATA DAN INFORMASI GEOSPASIAL DI INDONESIA
- PENGEMBANGAN SDM
- PENINGKATAN KUALIFIKASI INDUSTRI IG



KONDISI SAAT INI



DASAR PENYUSUNAN SKKNI





DASAR PENYUSUNAN SKKNI



PERPRES No. 8 Tahun 2012

"Kerangka Kualifikasi Kerja Nasional Indonesia (KKNI)"



Peraturan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi RI
Nomor 5 Tahun 2012 Tanggal 22 Maret 2012

"Sistem Standardisasi Kompetensi Kerja Nasional"



Peraturan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi RI
Nomor 8 Tahun 2012 Tanggal 2 April 2012

"Tata Cara Penetapan Standar Kompetensi Kerja Nasional Indonesia"



Kualifikasi KKNI



KKNI

kerangka penjenjangan kualifikasi kompetensi yang dapat menyandingkan, menyetarakan dan meng-integrasikan antara bidang pendidikan dan bidang pelatihan kerja serta pengalaman kerja dalam rangka pemberian pengakuan kompetensi kerja sesuai dengan struktur pekerjaan di berbagai sektor

Jenjang kualifikasi KKNI terdiri atas:

- jenjang 1 sampai dengan jenjang 3 dikelompokkan dalam jabatan operator;
- jenjang 4 sampai dengan jenjang 6 dikelompokkan dalam jabatan teknisi atau analis;
- jenjang 7 sampai dengan jenjang 9 dikelompokkan dalam jabatan ahli.





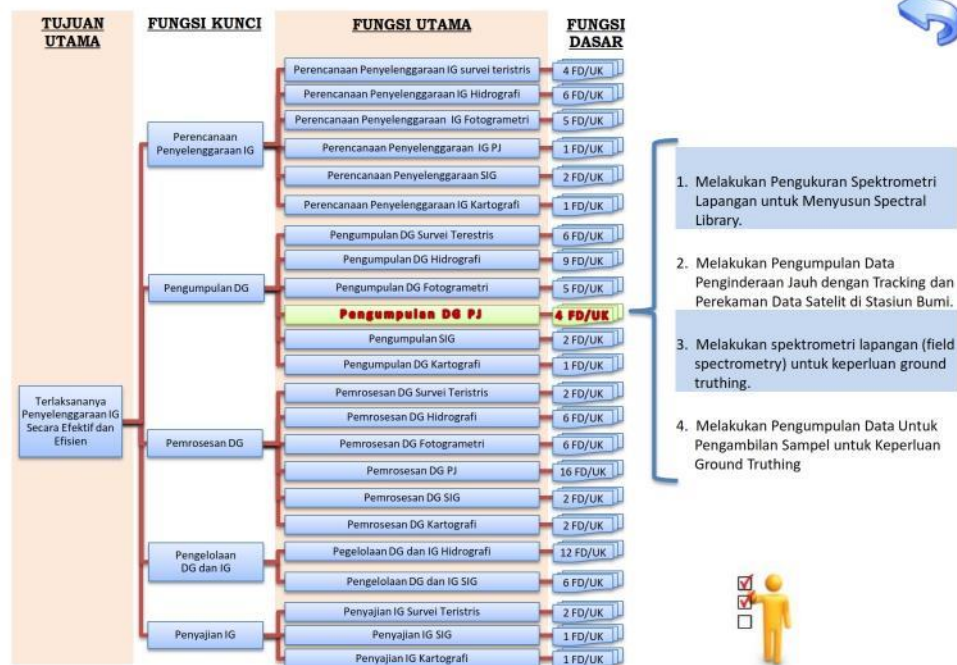
PETA KKNi

Pendidikan		Kualifikasi	Pelatihan / Pengalaman
Akademik	Vokasi/Profesi		
S3	Doktor Terapan/Pendidikan Spesialis 2	IX	Ahli 3
S2	Master Terapan/Pend. Spesialis 1	VIII	1. Ahli 2
	Pend. Profesi	VII	Ahli 1
S1	D4	VI	Teknisi / Analis 3
	D3	V	Teknisi / Analis 2
	D2	IV	Teknisi / Analis 1
	D1	III	Operator 3
SMA	SMK	II	Operator 2
SD-SMP		I	Operator 1

PENDEKATAN KKNi

JENJANG KUALIFIKASI	KANDUNGAN UNSUR KOMPETENSI EDUCATIONAL	KANDUNGAN UNSUR KOMPETENSI OCCUPATIONAL
IX		STRATEGIKAL
VIII		MANAJERIAL
VII		
VI		SUPERVISIONAL
V		
IV		
III		TEKNIK
II		
I		

DOKUMEN SKKNI INFORMASI GEOSPASIAL



DOKUMEN SKKNI IG



Bab I Pendahuluan

Latar belakang, pengertian, penggunaan SKKNI, Komite Standar Kompetensi



Bab II SKKNI bidang IG

1. Pemetaan dan Kemasan Standar Kompetensi
2. Daftar Unit Kompetensi
3. Uraian Unit Kompetensi



Bab III Penutup

Paparan penutup

KEMASAN SKKNI IG



No	JENJANG KUALIFIKASI/LEVEL	PREDIKAT	JML UK
1	I	Operator Muda	0
2	II	Operator Madya	0
3	III	Operator Utama	18
4	IV	Analisis Muda	14
5	V	Analisis Madya	10
6	VI	Analisis Utama	29
7	VII	Ahli Muda	13
8	VIII	Ahli Madya	16
9	IX	Ahli Utama	2

UNIT KOMPETENSI PER SUB BIDANG

LEVEL	SUB-BIDANG	JUMLAH UK
1	Surveying	14
2	Hidrografi	33
3	Fotogrammetri	16
4	Pengindraan Jauh	21
5	SIG	13
6	Kartografi	5
JUMLAH		102



UNIT KOMPETENSI PER SUB BIDANG

SURVEI TERESTRIS

LVL	PREDIKAT	JML UK
3	Operator Utama	4
4	Analisis Muda	4
5	Analisis Madya	1
6	Analisis Utama	5

HIDROGRAFI

LVL	PREDIKAT	JML UK
3	Operator Utama	4
4	Analisis Muda	5
5	Analisis Madya	6
6	Analisis Utama	6
7	Ahli Muda	6
8	Ahli Madya	6

FOTOGRAMMETRI

LVL	PREDIKAT	JML UK
3	Operator Utama	1
4	Analisis Muda	2
6	Analisis Utama	6
7	Ahli Muda	2
8	Ahli Madya	5

PENGINDRAAN JAUH

LVL	PREDIKAT	JML UK
3	Operator Utama	3
4	Analisis Muda	3
5	Analisis Madya	3
6	Analisis Utama	8
7	Ahli Muda	3
8	Ahli Madya	1

SIG

LVL	PREDIKAT	JML UK
3	Operator Utama	4
6	Analisis Utama	2
7	Ahli Muda	1
8	Ahli Madya	4
9	Ahli Utama	2

KARTOGRAFI

LVL	PREDIKAT	JML UK
3	Operator Utama	3
6	Analisis Utama	1
7	Ahli Muda	1

Kemasan Klaster sub bidang

SKKNI IG Subbidang Penginderaan Jauh

contoh

Predikat Kualifikasi : **Operator Utama Pengindraan Jauh**
Jenjang Kualifikasi/Level : **III**

No	Kode Unit	Unit Kompetensi
1	M.711000.064.01	Melakukan Pra-pemrosesan Radiometrik Inisial
2	M.711000.065.01	Melakukan Pemrosesan Geometrik Citra Digital
3	M.711000.066.01	Menyusun Mosaic Citra Digital



KODE UNIT : M.711000.065.01
JUDUL UNIT : **Menyusun Mosaic Citra (Digital)**
DESKRIPSI UNIT : Unit ini berhubungan dengan pengetahuan, keterampilan dan sikap kerja yang dibutuhkan dalam menyusun mosaic foto digital.



ELEMEN KOMPETENSI	KRITERIA UNJUK KERJA
1. Menyiapkan citra yang telah dikoreksi radiometrik dan koreksi geometrik	1.1 Data citra terkoreksi diidentifikasi sesuai kebutuhan/lokasi yang diperlukan. 1.2 Data citra disusun secara runtut, untuk memudahkan kompilasi. 1.3 Laporan dan formulir pengukuran disiapkan.
2. Mengolah penyusunan mosaic	2.1 Perangkat lunak untuk melakukan pemotongan/subset citra diidentifikasi. 2.2 Pemotongan/subset citra dilakukan. 2.3 Daerah/lokasi yang akan diproses dihasilkan. 2.4 Citra yang akan digabung ditampilkan pada layar monitor. 2.5 Obyek-obyek yang akan dijadikan sebagai obyek sekutu dipilih. 2.6 Image balancing dilakukan sehingga diperoleh citra dengan rona/warna yang sesuai. 2.7 Penyesuaian histogram dilakukan. 2.8 Citra digabung.

Lanjutan

ELEMEN KOMPETENSI	KRITERIA UNJUK KERJA
3. Menyimpan data	3.1 Media penyimpan disiapkan sesuai dengan kapasitas yang diperlukan. 3.2 Data disimpan sesuai dengan standard penamaan dan penomoran yang telah ditentukan.

BATASAN VARIABEL

Konteks Variabel

Tujuan dari melakukan penyusunan *mosaic citra digital* adalah untuk mendapatkan gabungan citra-citra digital yang telah terkoreksi geometrik.

Peralatan dan perlengkapan untuk melakukan penyusunan mosaic citra digital.

1. Peralatan: Komputer, *software* pengolah data, *Log book*.
2. Perlengkapan: Peralatan tulis, Media penyimpanan (CD, *flashdisc* dsb), *Plotter*



Peraturan yang diperlukan untuk melakukan penyusunan mosaic citra digital, meliputi:

1. Undang-undang No. 4 Tahun 2011 tentang Informasi Geospasial

Norma dan standar untuk menyusun mosaic citra digital, meliputi:

1. Manual/petunjuk operasi *software* pengolah data
2. Aturan dan etika profesi sesuai dengan yang berlaku di masyarakat profesi, utamanya bidang geospasial (asosiasi profesi, asosiasi profesi dan instansi terkait lainnya)



PANDUAN PENILAIAN

Konteks penilaian

1. Kondisi penilaian merupakan aspek dalam penilaian yang sangat berpengaruh atas tercapainya kompetensi ini terkait dengan melakukan penyusunan mosaik citra digital.
2. Penilaian dapat dilakukan dengan cara: demonstrasi/praktek, dan simulasi di workshop dan atau di tempat kerja dan atau di Tempat Uji Kompetensi (TUK).

Persyaratan Kompetensi

Unit kompetensi yang harus dikuasai sebelumnya adalah:

1. M.711000.065.01: Melakukan Pemrosesan Geometrik Citra Digital

Pengetahuan dan keterampilan yang diperlukan:

1. Pengetahuan mengenai penginderaan jauh secara umum dan karakter spektral: Konsep umum penginderaan jauh, Dasar-dasar perpetaan
2. Keterampilan: Mampu mengoperasikan komputer, Mampu mengoperasikan software pengolah data, Mampu bekerja dengan baik dan sistematis

Sikap kerja yang diperlukan:

Cermat, Jujur, Mampu bekerja secara sistematis, Kritis, Bisa bekerja sama dalam tim

Aspek kritis

Memilih obyek-obyek pada citra yang akan digunakan sebagai obyek sekutu.

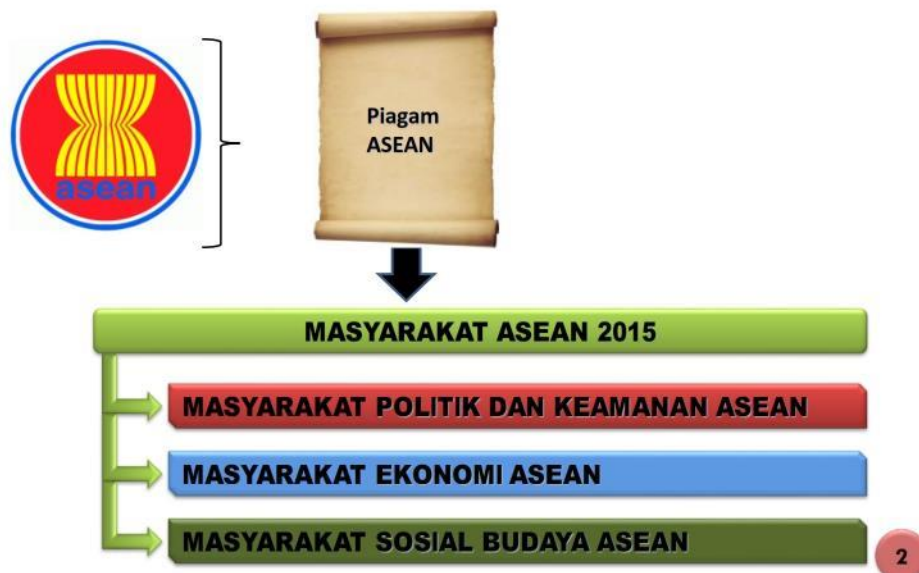


TERIMA KASIH

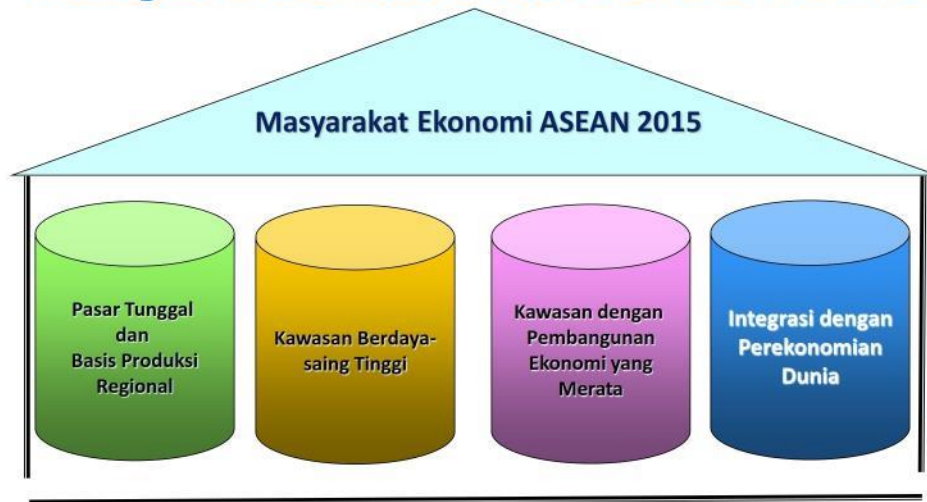
PENGUATAN SDM IG NASIONAL MENGHADAPI DINAMIKA ID DUNIA

Oleh :
Dr.rer.nat. Sumaryono, M.Sc.
Ir. Martunus Haris MBA, MSc

Transformasi ASEAN



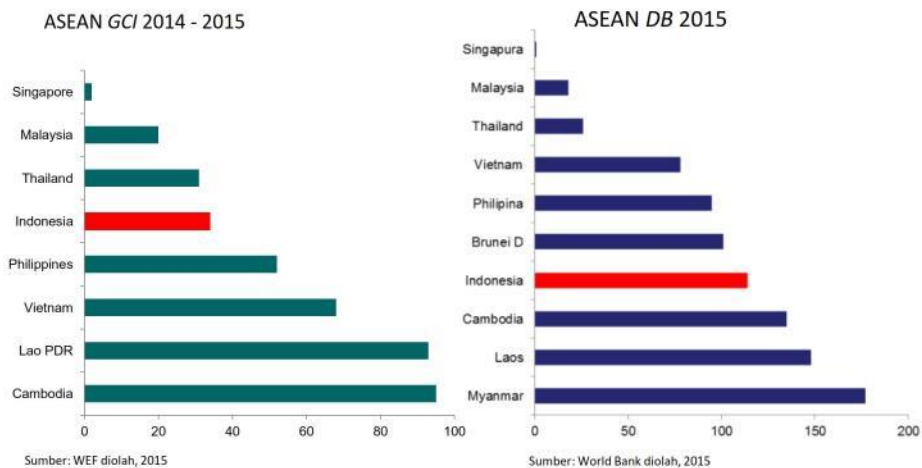
Masyarakat Ekonomi ASEAN 2015



Lanjutan.....

3

Global Competitiveness Index (GCI) & Doing Business (DB) Rank



ASEAN FREE TRADE AREA (AFTA) ≠ ASEAN ECONOMIC COMMUNITY 2015

KERJA SAMA ASEAN EKONOMI ASEAN

AFTA = Perdagangan Bebas	AEC = Integrasi Kawasan
Konferensi Tingkat Tinggi ke-4 ASEAN di Singapura tahun 1992 menetapkan pembentukan suatu kawasan perdagangan bebas di ASEAN (AFTA) dalam jangka waktu 15 tahun.	KTT ke-9 ASEAN di Bali tahun 2003 menetapkan pembentukan ASEAN Community pada tahun 2020 terdiri dari 3 pilar (political-security community, economic community, dan socio-cultural community). Pada KTT ke-12 tahun 2007 di Cebu, Filipina, disepakati pencapaian AEC pada tahun 2015.
Tujuan: 1. Menjadikan kawasan ASEAN sebagai tempat produksi yang kompetitif sehingga produk ASEAN memiliki daya saing kuat di pasar global. 2. Menarik lebih banyak <i>Foreign Direct Investment</i> (FDI). 3. Meningkatkan perdagangan antar negara anggota ASEAN Jangka waktu realisasi Negara ASEAN 6 (Indonesia, Malaysia, Singapura, Thailand, Brunei, dan Filipina) Tahun 2000 : 60% produk dengan bea masuk 0% Tahun 2007 : 80% produk dengan bea masuk 0% Tahun 2010 : 100% produk dengan bea masuk 0% Negara CLMV (Cambodia, Myanmar, Laos, dan Vietnam) mendapat fleksibilitas = baru tahun 2015 100% produk dengan bea masuk 0% pada tahun 2015.	Tujuan: 1. Menuju <i>single market dan production base</i> (arus perdagangan bebas untuk sektor barang, jasa, investasi, pekerja terampil, dan modal); 2. Menuju penciptaan kawasan regional ekonomi yang berdaya saing tinggi (regional competition policy, IPRs action plan, infrastructure development, ICT, energy cooperation, taxation, dan pengembangan UKM); 3. Menuju suatu kawasan dengan pembangunan ekonomi yang merata (region of equitable economic development) melalui pengembangan UKM dan program-program Initiative for ASEAN Integration (IAI); dan 4. Menuju integrasi penuh pada ekonomi global (pendekatan yang koheren dalam hubungan ekonomi eksternal serta mendorong keikutsertaan dalam global supply network) Jangka waktu realisasi : 1 Januari 2016

5

8 (delapan) MRA

No	Mutual Recognition Arrangements	Tempat dan Tanggal Penandatanganan
1	MRA on Engineering Services	Kuala Lumpur, 9 Desember 2005
2	MRA on Nursing Services	Cebu, Filipina, 8 Desember 2006
3	MRA on Architectural Services	Singapura, 19 November 2007
4	Framework Arrangement for Mutual Recognition on Surveying	Singapura, 19 November 2007
5	Qualification MRA on Tourism Professional	Hanoi, Vietnam, 9 Januari 2009
6	MRA on Accountancy Services	Cha-am, Thailand, 26 Februari 2009
7	MRA on Medical Practitioners	Cha-am, Thailand, 26 Februari 2009
8	MRA on Dental Practitioners	Cha-am, Thailand, 26 Februari 2009

TUJUAN MRA DALAM ASEAN MNP AGREEMENT

- a. Kesepakatan saling mengakui/recognized oleh seluruh Negara ASEAN atau menerima beberapa atau semua aspek penilaian, *misalnya hasil tes atau berupa sertifikat.*
- b. Menciptakan prosedur dan mekanisme akreditasi guna mendapatkan kesamaan/ kesetaraan serta mengakui perbedaan antar Negara untuk pendidikan, pelatihan, pengalaman, dan persyaratan, lisensi untuk para profesional untuk berpraktek.
- c. Memudahkan perpindahan tenaga profesional antara Negara-negara Asean khususnya dalam rangka integrasi pasar dengan tetap mempertahankan kekhususan masing-masing Negara Asean.
- d. Kesepakatan untuk pertukaran informasi best practices dalam standard dan kualifikasi.
- e. Kerjasama ASEAN pada konfrensi tingkat tinggi ke- 4 ASEAN di Singapura 1992 yang menetapkan pembentukan suatu kawasan perdagangan bebas di ASEAN dalam jangka waktu 15 tahun.

5 (lima) Komponen Dasar yang tertuang dalam MRA

- **Definisi** dijelaskan pengertian mengenai praktisi profesional pada suatu sub-sektor jasa tertentu.
- **Ketentuan Pengakuan:** terdapat **6 kriteria** yang disediakan dalam kerangka MRA yaitu pendidikan, ujian, registrasi dan pemberian lisensi, pengalaman pendidikan profesional lanjutan dan kode etik (professional conduct).
- **Mekanisme Pengakuan:** otoritas regulator profesional, sebagai mekanisme pengakuan yang mengacu pada badan yang diberikan wewenang.
- **Ketentuan Penyelesaian Sengketa (Dispute Settlement).**
- **Capacity building.**

KONTRIBUSI INVESTASI ASING TERMASUK ASEAN TERHADAP PDB DAN PENYERAPAN TENAGA KERJA

PERTUMBUHAN EKONOMI & KONTRIBUSI INVESTASI TERHADAP PDB 2010 S.D 2015 BERDASARKAN ATAS DASAR HARGA BERLAKU MENURUT PENGELUARAN



- Laju pertumbuhan ekonomi mulai tahun 2011-TW-II/2015 menunjukkan trend yang menurun namun berbeda dengan kontribusi investasi (PMTB) terhadap PDB menunjukkan trend yang fluktuatif.
- Hal diatas menunjukkan bahwa investasi belum memberikan kontribusi yang signifikan terhadap pertumbuhan ekonomi, walaupun secara realisasi terus menunjukkan trend yang meningkat.

Sumber: BPS diolah Kemenko Perekonomian

TABEL KONTRIBUSI INVESTASI TERHADAP PENYERAPAN TENAGA KERJA 2010 S.D 2015

TAHUN	REALISASI	
	NILAI (RP TRILIUN)	TENAGA KERJA
2010	208,5	1.045.354
2011	251,3	1.159.905
2012	313,2	1.289.506
2013	398,3	1.829.950
2014	463,1	1.430.846
2014 (TW IV)	120,2	470.510
2015 (TW I)	124,6	315.229
2015 (TW II)	135,1	370.945

- Rata-rata rasio penyerapan tenaga kerja per Rp 1 triliun investasi periode 2010-2014 sebesar 4133 tenaga kerja.
- Rasio penyerapan tenaga kerja per Rp 1 triliun investasi cenderung menurun dari 5014 tenaga kerja pada tahun 2010 menjadi 3090 tenaga kerja pada tahun 2014.



Sumber: BKPM diolah Kemenko Perekonomian

PERATURAN PERUNDANG-UNDANGAN DAN KEBIJAKAN YANG MENGATUR

- Keppres No.37 Tahun 2014 Tentang Daya Saing Nasional.
- Inpres No.5 tahun 2008 Tentang Fokus Program Ekonomi Tahun 2008-2009.
- Inpres No.11 tahun 2011 Tentang Pelaksanaan Komitmen Cetak Biru Masyarakat Ekonomi ASEAN.
- Keppres No. 23 tahun 2012 Tentang Susunan Keanggotaan Sekretariat Nasional ASEAN-Indonesia.
- Inpres No. 6 Tahun 2014 Tentang Peningkatan Daya Saing Nasional Dalam rangka Menghadapi Masyarakat Ekonomi ASEAN
- Keppres No. 37 Tahun 2014 Tentang Komite Nasional Persiapan dan Pelaksanaan Masyarakat Ekonomi ASEAN.
- *Policy Paper* mengenai Kesiapan daya saing Indonesia menuju Masyarakat Ekonomi ASEAN 2015. *Policy Paper* telah disampaikan kepada Presiden dan Wakil Presiden melalui Surat Menko Perekonomian No. S.374/M.EKON/12/2012, tanggal 28 Desember 2012.

Peluang Indonesia

No.	Negara	Penduduk Berpendidikan Tinggi	Jumlah Populasi	%	Jumlah AA	%
A	B	C	D	C/D	E	E/D
1	Indonesia	11.703.700	252.164.800	5%		
2	Thailand	5.785.800	68.251.000	8%		
3	Vietnam	7.979.400	89.708.900	9%		
4	Malaysia	4.160.400	29.948.000	14%		
5	Singapura	1.200.300	5.399.200	22%		

Sasaran yang akan dicapai Indonesia dari ***recognized sertifikasi***

- ASEAN menjadi tujuan ekspor produk Indonesia, dan sumber impor barang modal industri Indonesia,
- Memperlancar arus barang, jasa, modal, investasi dan tenaga profesional.
- Meningkatkan pengaturan lalu lintas tenaga kerja profesional di ASEAN
- Meningkatkan Indonesia dalam rantai pasok/produksi regional dan global.
- Mendorong efisiensi produksi dan daya saing Indonesia
- Meningkatkan pangsa pasar Indonesia

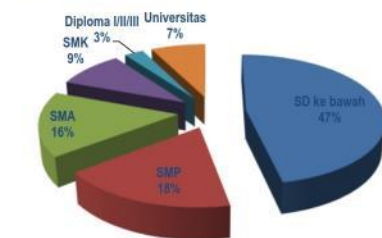


PERKEMBANGAN SDM INDONESIA SECARA UMUM

Fact And Figures:

INDIKATOR	2008 (Feb)	2009 (Feb)	2010 (Feb)	2011 (Feb)	2012 (Feb)	2013 (Feb)	2014 (Feb)	RATA2
ANGKATAN KERJA	111.480.000	113.740.000	116.000.000	121.860.000	122.740.000	123.640.000	125.320.000	1.750.000
PENYERAPAN	102.050.000	104.490.000	107.410.000	113.360.000	115.080.000	116.440.000	118.170.000	2.690.000
PENGANGGURAN	9.430.000	9.260.000	8.590.000	8.200.000	7.660.000	7.200.000	7.150.000	(380.000)
TINGKAT PENGANGGURAN	8,46%	8,14%	7,41%	6,80%	6,24%	5,82%	5,70%	(0,46%)

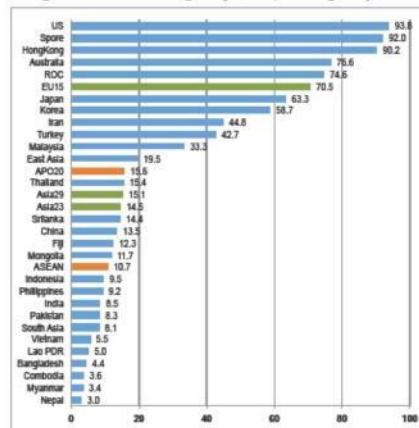
Penduduk yang Bekerja Berdasarkan Tingkat Pendidikan



Sumber: BPS (diolah)

- ❑ Komposisi pekerja masih didominasi oleh penduduk bekerja berpendidikan rendah, yaitu SD kebawah sebanyak 55,3 juta orang (46,80persen) dan SMP 21,1 juta orang (17,82 persen), SMS/SMK 29,82 juta orang (25,23%), berpendidikan tinggi hanya sebanyak 12,0 juta orang mencakup 3,1 juta orang (2,65 persen) berpendidikan diploma dan sebanyak 8,8 juta orang (7,49 persen) berpendidikan universitas.
- ❑ Rata-rata 92,83% tenaga kerja tahun 2008-2013 diserap oleh UMKM

Produktivitas tenaga kerja Indonesia



Sumber : APO Databook 2013, data tahun 2011
dalam ribu US\$ per 2010

- Produktivitas tenaga kerja Indonesia menurut PDB per tenaga kerja sebesar \$9.500, berada di bawah rata-rata kelompok negara Asia Tenggara (\$10.700) dan dibawah rata-rata 20 negara anggota Asian Productivity Organization (\$15.600).
- Peringkat produktivitas tenaga kerja Indonesia lebih unggul dibandingkan dengan Filipina, Vietnam, dan India tetapi masih lebih rendah dari produktivitas tenaga kerja di Malaysia, Thailand dan Sri Lanka.
- Peningkatan produktivitas tenaga kerja 2000-2010 sebesar 2.9% masih dibutuhkan peningkatan sebesar 4,6% selama periode 2010-2030 untuk mencapai pertumbuhan ekonomi di atas 7% (McKensy Global Institute)

Permasalahan POKOK SDM Indonesia

- Output pendidikan formal** yang belum siap kerja
- Kualitas SDM Indonesia** yang tidak merata (kesenjangan pembangunan ekonomi, gap antara Indonesia Bagian Barat dan Bagian Timur)
- Keterbatasan lapangan kerja**
- Kualitas tenaga kerja** yang dicerminkan dari tingkat pendidikan masih rendah
- Belum semua industri merekrut SDMnya** berbasis kompetensi
- Trend penganggur terbuka** bergeser dari angkatan kerja berpendidikan rendah menjadi angkatan kerja berpendidikan tinggi
- Struktur lapangan kerja** masih didominasi oleh sektor pertanian
- Status pekerjaan utama** didominasi pekerja informal

Kompetensi SDM Indonesia saat ini

- **Tingkat pendidikan** untuk lulusan SMA jumlah lulusannya sekitar 900.000 orang tanpa kualifikasi kompetensi
- **Dalam me-recognized tenaga kerja** di dalam 8 MRA ASEAN 2015, *tidak termasuk* jenjang pendidikan Sekolah Dasar (SD dan SMP)
- **Beberapa K/L yang belum optimal memahami** untuk menyiapkan rencana kerja termasuk ketidak-siapan pusat-pusat pelatihan pemerintah.
- **Kapasitas sarana dan prasarana** termasuk SDM K/L terkait, *tidak merata* dan serta memakan waktu lama dan biaya yang mahal.
- **Kebijakan K/L belum optimal** dan belum mengikat (binding) diantara K/L untuk mempercepat penyiapan 8 MRA
- **Kuliah 4 tahun tapi tidak punya sertifikat kerja**
- Puluhan Politeknik, Universitas dan Sekolah Tinggi yang belum diakui Dikti

Perlunya Pelatihan Berbasis Kompetensi (PBK)



Sumber : Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan

Snapshot Insinyur Indonesia

- Hingga saat ini total insinyur dan sarjana teknik di Indonesia diperkirakan mencapai 700 ribu orang, tapi hanya sekitar 45 % yang bekerja di bidangnya.
- Dari 45% itu pun tidak semua bekerja di dalam negeri. Banyak juga yang bekerja di luar negeri atau diluar bidang jasa konstruksi.
- Penyebabnya, karena lapangan kerja bagi profesi insinyur di tanah air dianggap kurang menarik. Sektor infrastruktur merupakan sektor yang termasuk paling banyak menyerap tenaga insinyur hanya tumbuh rata-rata 3-4% per tahun.

Hasil Survey Insinyur

- 65% mahasiswa sudah mengetahui apa itu MEA
- 54,55% sudah menyiapkan indeks prestasi akademik (IPK)
- 63,64% sudah menyiapkan bahasa dengan pelatihan TOEFL, IELTS, dan sebagainya
- 27,27% sudah menyiapkan dirinya dengan mengikuti pelatihan dalam rangka menunjang *skill*
- 36,36% menyiapkan dirinya dengan selalu *update knowledge*
- 27,27% mengasah kemampuan *soft skill* dengan mengikuti organisasi kampus
- 9,1% sudah memiliki pengalaman kerja
- Berdasarkan analisa tersebut 55% mahasiswa sudah siap menghadapi MEA dan 45% belum siap

(M. Nur Soleh – Jurusan Sipil Undip 2015)

Persyaratan ACPE

- Telah tamat dari pendidikan tinggi teknik yang program studinya telah terakreditasi oleh lembaga kewenangan di negaranya
- Telah memiliki Sertifikat Keahlian atau sertifikat kompetensi dan terdaftar di negaranya sebagai Tenaga Ahli yang berhak untuk berpraktek independen;
- Memiliki pengalaman kerja minimal **7 tahun** setelah tamat;
- Selama **dua tahun** diantaranya mengelola pekerjaan keinsinyuran yang berbobot (*significant works*);
- Telah memenuhi persyaratan program pemutakhiran keprofesiannya (*Continuing Professional Development*) sebagai syarat perpanjangan masa berlakunya sertifikat ACPE

Fotocopy
ijazah S-1

Fotocopy
Sertifikat
Keahlian

Curriculum
Vitae

Isian
Form APP-02

Sebaran insinyur bersertifikat MRA - ACPE

- *Mutual Recognition Arrangement (MRA) on Engineering Services dalam bentuk sertifikasi Asean Chartered Professional Engineer (ACPE)*
- Engineer bersertifikat ACPE
 - Indonesia (290)
 - Singapore (218)
 - Malaysia (208)
 - Vietnam (134)
 - Myanmar (85)
 - Philipina (55)
 - Brunei Darussalam (2)
 - Data Per 12 Januari 2015)
- Dibandingkan dengan jumlah insinyur yang ada di Indonesia saat ini, persentasenya masih sangat kecil.

TANTANGAN UNTUK SURVEYOR INDONESIA

- Meningkatkan daya saing para professional Indonesia sehingga mereka memiliki kompetensi dan keahlian yang sesuai dengan standar mutual recognition arrangements (MRA) dan bersertifikai ASEAN *Chartered Professional Engineer* (ACPE)
- Enam kriteria MRA:
 - Pendidikan
 - Ujian
 - Registrasi
 - pemberian lisensi
 - pengalaman pendidikan profesional lanjutan
 - kode etik.

SNAPSHOT SDM IG

- Jumlah SDM IG kurang dari yang dibutuhkan, baik kuantitas, kualitas maupun distribusinya
- Jumlah dan persebaran Universitas/Lembaga Diklat pencetak SDM IG masih rendah
- Lulusan Perguruan Tinggi dan SMK Surta belum siap pakai (belum berkompetensi)
- Liberalisasi SDM Surveyor ASEAN (2015), Asia Pasific (2020) dan dunia

KEBERADAAN SDM IG NASIONAL

No.	Instansi	Tingkat Pendidikan			
		SMK	Diploma	Sarjana	Pasca Sarjana
1	Instansi Pusat (K/L)	1.872	-	1.144	67
2	Pemda Kabupaten/Kota	79	237	948	316
3	BUMN	60	-	319	20
4	Industri Pertambangan	17	11	84	0
5	Industri Perkebunan Kehutanan	26	5	71	0
6	Industri Properti	21	14	106	0
7	Industri IG	1.712	86	999	57
8	Konsultan Daerah Terkait IG	22	15	175	7
9	NGO	9	14	56	14
Total (8.584 orang)		3.817	382	3.903	481

Sumber : Survei SDM IG dan Analisis Data, 2015

PROYEKSI KEBUTUHAN SDM IG NASIONAL

Tahun	Proyeksi Kebutuhan	SDM IG Tersedia	Gap SDM IG	Pemenuhan SDM IG	Rencana Pemenuhan
2015	31.500	8.584	22.917		22.917
2016	32.414	11.084	23.830	2.500	21.330
2017	33.353	13.584	22.270	2.500	19.770
2018	34.321	16.084	20.737	2.500	18.237
2019	35.316	18.584	19.233	2.500	16.733
2020	36.340	21.084	17.757	2.500	15.257
2021	37.394	23.584	16.311	2.500	13.811
2022	38.479	26.084	14.895	2.500	12.395
2023	39.594	28.584	13.511	2.500	11.011
2024	40.743	31.084	12.159	2.500	9.659

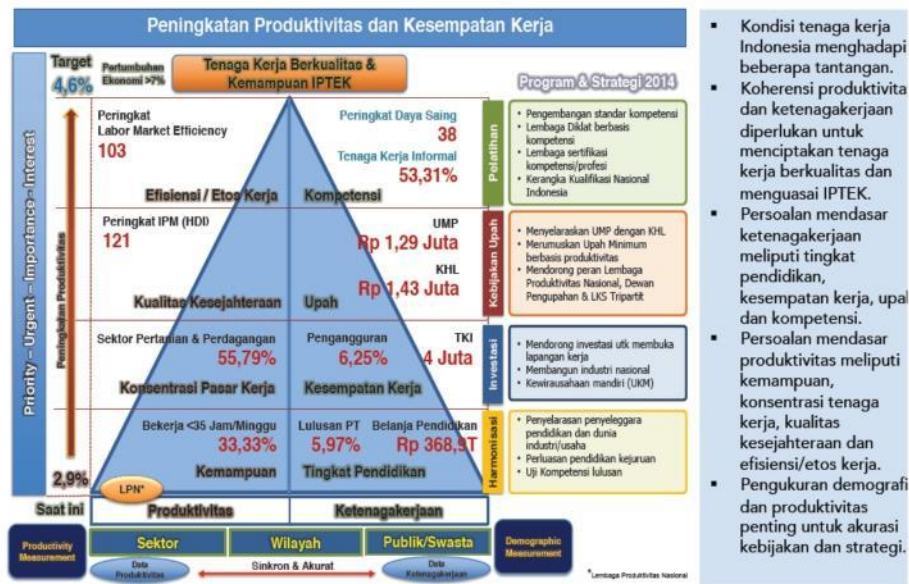
Sumber : Survei SDM IG dan Analisis Data, 2015

PELUANG SDM IG DI ASEAN

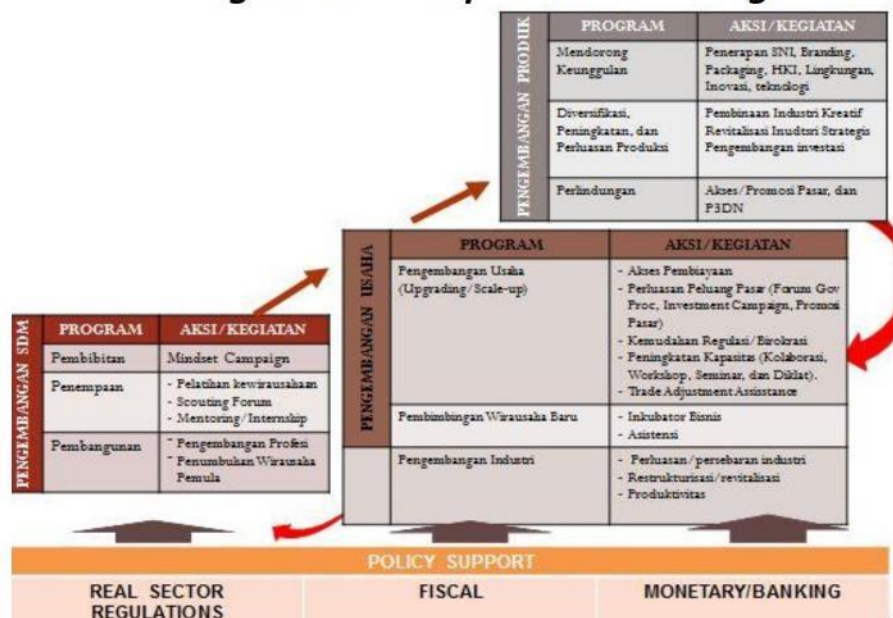
No.	Negara	Tenaga Surveyor (jiwa)		Jumlah Penduduk	Luas Wilayah
		Terdaftar	Berlisensi		
1	Brunei Darussalam	22	17	410.000	5.765
2	Filipina	9,325	4,397	101.000.000	300.000
3	Indonesia	5,500		255.461.700	6.315.222
4	Kamboja	241		15.000.000	181.035
5	Laos	2,000		7.000.000	236.800
6	Malaysia	662	531	30.523.848	329.847
7	Myanmar	Tidak punya	Tidak punya	50.000.000	676.553
8	Singapura	100	66	5.470.000	718
9	Thailand	500		66.800.000	508.050
10	Viet Nam	No data			

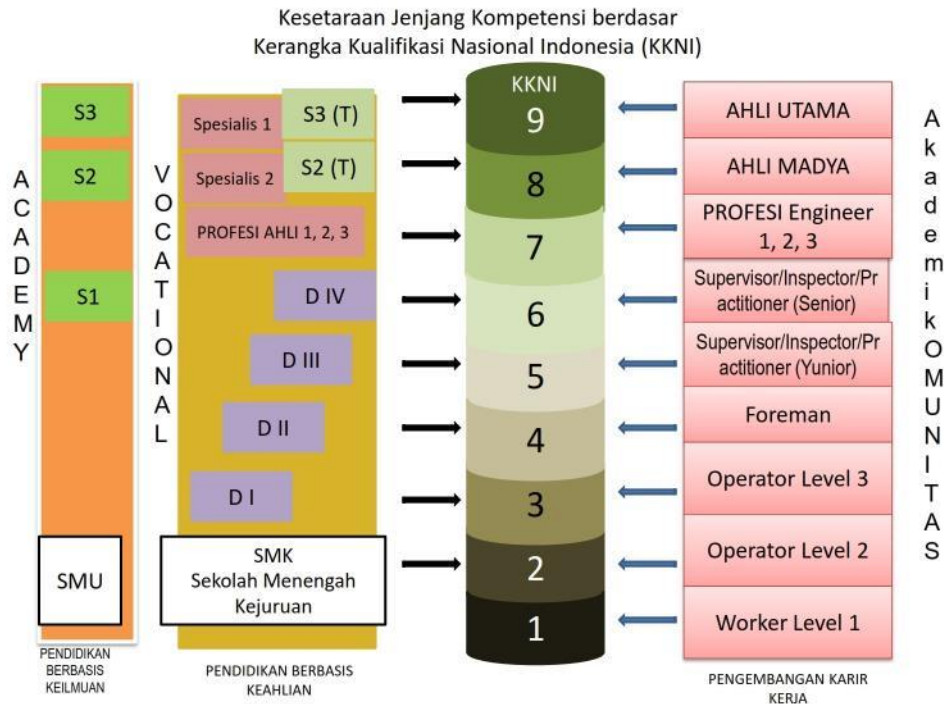
KEBIJAKAN STRATEGIS PENGEMBANGAN SDM

- Penambahan kapasitas lembaga pendidikan dan latihan bidang Engineering & IG
- Penyusunan Standar Kompetensi Kerja Nasional Indonesia (SKKNI) bidang Engineering & IG bertaraf dunia.
- Pemetaan kekuatan SDM Engineering & IG nasional, dibandingkan dengan kekuatan SDM dunia/ASEAN
- **Evaluasi sistem sertifikasi SDM Engineering dan IG**



Enhancing Global Competitiveness Program





Kerangka Kualifikasi Nasional Indonesia (KKNI)

1. KKNI sebagai jenjang pendidikan kompetensi kualifikasi SDM ,
2. implementasikan KKNI meliputi KKNI S1, KKNI Vokasi, dll
3. KKNI yang ada perlu secara profesional mampu menjadi silabus kesetaraan kompetensi struktur pekerjaan dari berbagai sektor kerja berkualitas.
4. KKNI sbg strategi utk menghadapi globalisasi Asean dan MEA perlu dikembangkan lebih luas dgn spesifikasi kemampuan yang setara dengan kompetensi dari Bangsa Indonesia.

KOMPETENSI

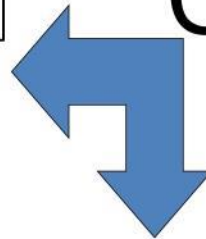
TIGA JENIS KEMAMPUAN:

1. Ilmu Pengetahuan (Knowledge)
2. Keterampilan khusus (Skill)
3. Sikap mental (Attitude)

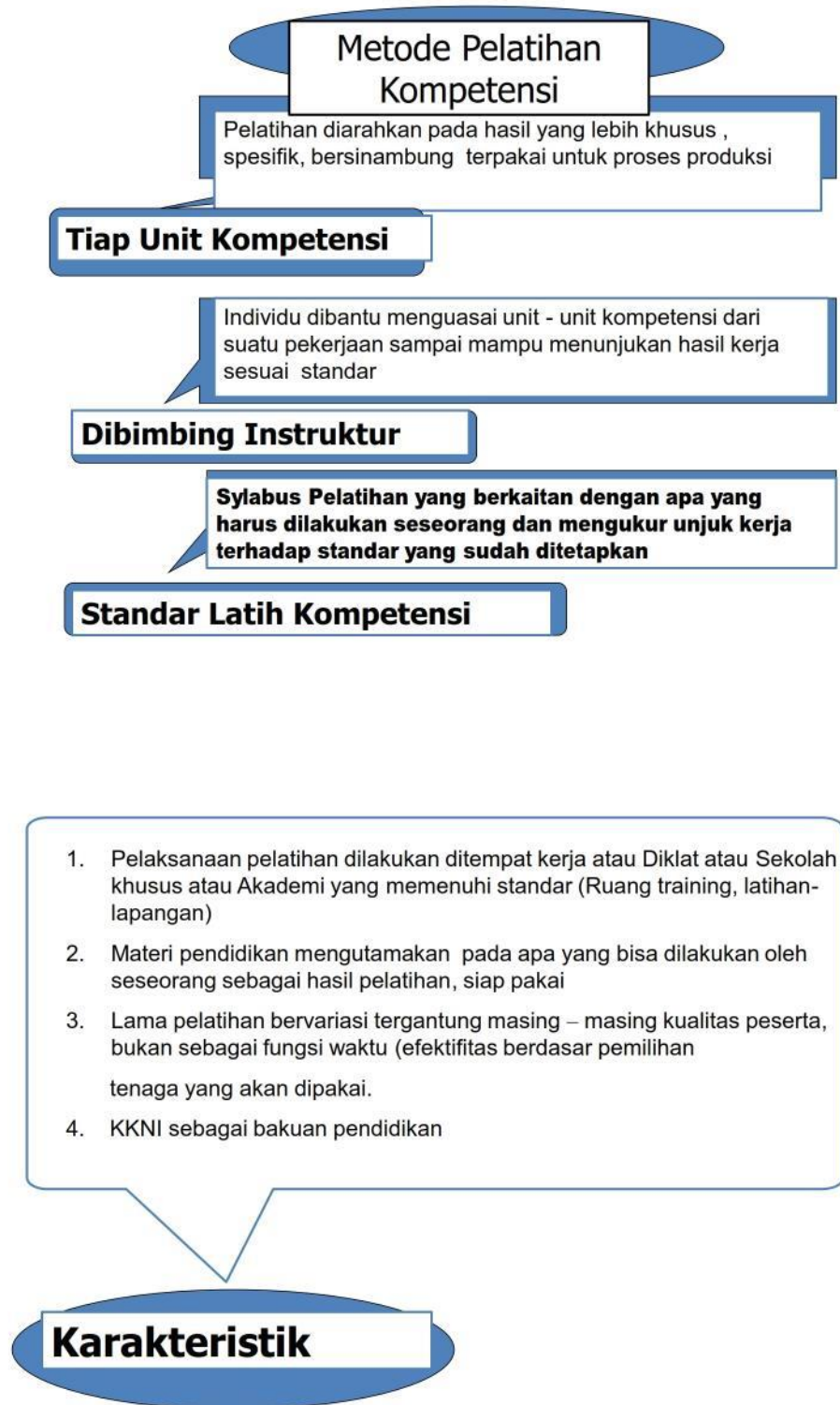
PENDIDIKAN NON AKADEMISI

Kompetensi kemampuan melakukan pekerjaan dan memiliki semua Pengetahuan, keterampilan dan sikap yang diperlukan untuk melaksanakan pekerjaan tsb ditempat kerjanya secara efektif sesuai standar yang sudah ditetapkan

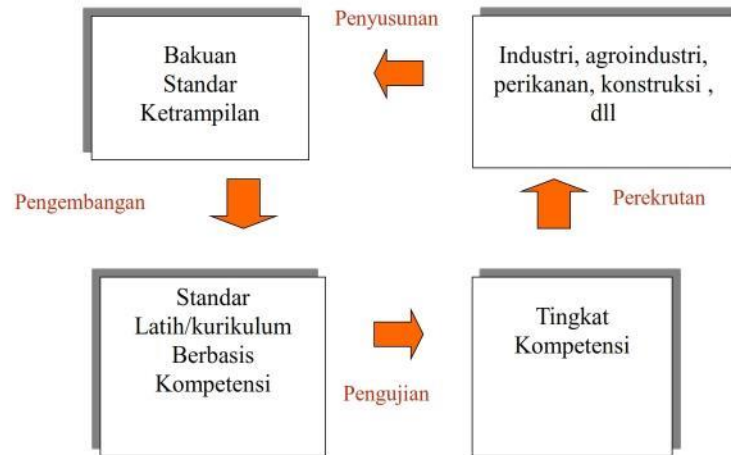
CBT



CBT adalah pendidikan untuk keseluruhan kegiatan memberikan, meningkatkan, serta mengembangkan kompetensi kerja, produktivitas, disiplin, sikap dan etos kerja pada tingkat keahlian/keterampilan dari operator sampai ke keahlian tertentu.



Pengembangan dinamika sistim Pelatihan Kompetensi



Sekolah Komunitas Berdasarkan Kompetensi

1. Maksud & Tujuan pelatihan sesuai kebutuhan diketahui dari KKNI yang ada (bisa disusun pakar bila belum ada)
2. Model atau ciri-ciri pelatihan dipersiapkan oleh yang berpengalaman

Selanjutnya

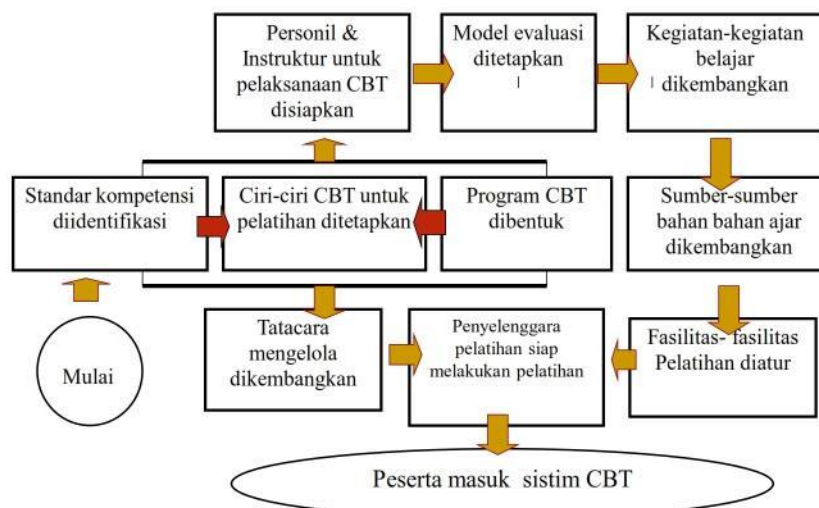
Bagaimana mengelola Sekolah pelatihan kompetensi

Yang perlu disiapkan dalam mengelola Sekolah pelatihan? (Community college)

Perpres no 48 th 2013

1. Merancang sebuah program yang dibutuhkan setempat
2. Mengembangkan materi ajar berbasis kompetensi dan sumber – sumber bahan pelajaran. Yang memudahkan cara metoda ajar
3. Mengatur fleksibilitas dan dinamika fasilitas pelatihan (teori & praktek).
4. Mengembangkan modular dan alih kredit dalam mengelola pelatihan.
5. Membina kemitraan personal dan sosial antara industri dan diklat.
6. Pembelajaran sepanjang hayat sekolah Vokasi atau Pemda, Pemkot, dsb.

Alur Perencanaan Pelatihan Berdasarkan Kompetensi



MENJAWAB TANTANGAN

- HARUS MENJEMPUT BOLA KE KAMPUS DAN DUNIA INDUSTRI
- PENINGKATAN KEMAMPUAN BAHASA HARUS TERINTEGRASI SEJAK PERGURUAN TINGGI
- CPD MENJADI KEWAJIBAN ASOSIASI
- PENERAPAN ENAM KRITERIA MRA UNTUK KOMPETENSI HARUS SERIUS DAN TRANSPARAN
- KODE ETIK HARUS BENAR-BENAR DITERAPKAN DENGAN SANKSI
- (Posisi offensif) → external capability

HARAPAN

- BIG DAN PERGURUAN TINGGI DAPAT MENGEMBANGKAN AKADEMI KOMUNITAS VIRTUAL (VIRTUAL COMMUNITY COLLEGE) YANG DIPERLUKAN MAHASISWA
- FUNGSI DAN TUGAS ;
 - SPEED UP PROSES SERTIFIKASI
 - MENGEMBANGKAN PROFESIONALITAS BERMUTU

TERIMA KASIH

Materi Kedua Plenary Session – 2

SNSG2015, Yogyakarta



MEMBANGUN SUMBERDAYA MANUSIA BIDANG PENGINDERAAN JAUH: SEBUAH PERSPEKTIF GEOGRAFIS

PROJO DANOEDORO

PUSPICS/Program Studi S2 Penginderaan Jauh
Fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada

Locally Rooted, Globally Respected

www.ugm.ac.id

ISI

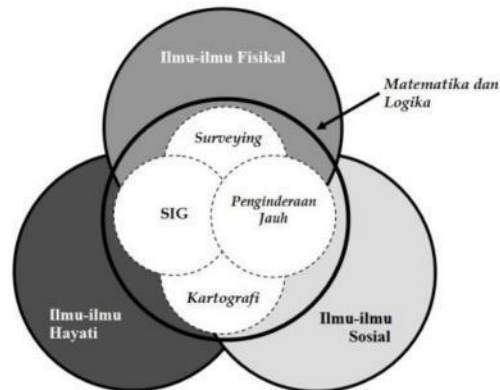
- Batasan Penginderaan Jauh dan posisinya dalam kajian geografi
- Perkembangan paradigma geografi dan paradigma penginderaan jauh
- Perkembangan minat untuk studi penginderaan jauh, relatif terhadap kartografi dan sistem informasi SIG
- Mendidik tenaga ahli penginderaan jauh: pengalaman S1, S2 dan S3
- SKKNI sub-bidang Penginderaan Jauh saat ini: peluang dan tantangan SDM
- Catatan penutup

Locally Rooted, Globally Respected

www.ugm.ac.id



Penginderaan Jauh: Batasan? Posisi?



Posisi penginderaan jauh dalam kaitannya dengan SIG, kartografi dan *surveying*, yang terbentuk melalui *interface* antara ilmu-ilmu fisikal, hayati, dan sosial, di mana keempatnya 'diikat' oleh matematika dan logika (Jensen, 2005).

Posisi Penginderaan Jauh di Geografi:

- Sebagai salah satu sub disiplin dalam geografi
- Melayani pengembangan ilmu geografi dalam bentuk penajaman kemampuan *synoptic overview* dan analisis spasial

Locally Rooted, Globally Respected

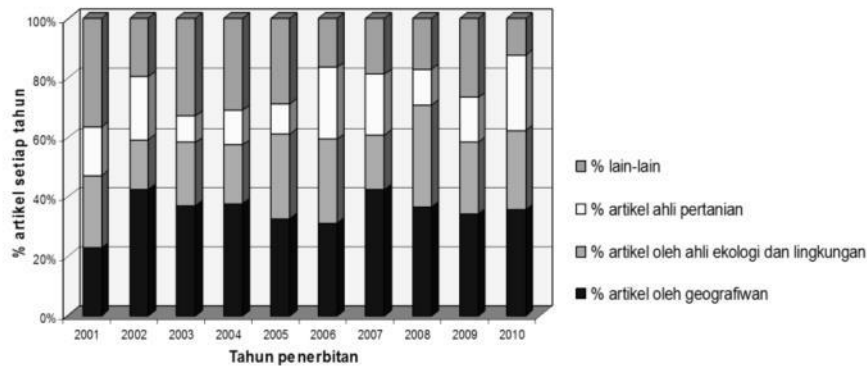
www.ugm.ac.id

No	Nama Jurnal	Jumlah artikel yang ditulis oleh geografiwan
1	Environment and Planning A	141
2	Transactions, Geographers	102
3	Earth Surface Processes and Landforms	97
4	Hydrological Processes	90
5	Quaternary Science Review	60
6	Environment and Planning D: Society and Space	59
7	Journal of Quaternary Science	57
8	Geomorphology	57
9	International Journal of Remote Sensing*	51
10	Holocene	50
11	Journal of Historical Geography	49
12	Regional Studies	46
13	Area	44
14	Urban Studies	41
15	Geoforum	41
16	Political Geography	38
17	Applied Geography	34
18	Progress in Physical Geography	33
19	Journal of Hydrology	33
20	Geographical Journal	32
21	Progress in Human Geography	28
22	Annals of the Association of American Geographers	24
23	Economic Geography	20

Sumber:
Johnston,
2006



Kontribusi artikel geografi dalam jurnal *Remote Sensing of Environment* (2001 – 2010), dihitung dalam persentase terhadap artikel total. Data tahun 2010 hanya sampai dengan Juni. (Danoedoro, 2010)



Locally Rooted, Globally Respected

www.ugm.ac.id



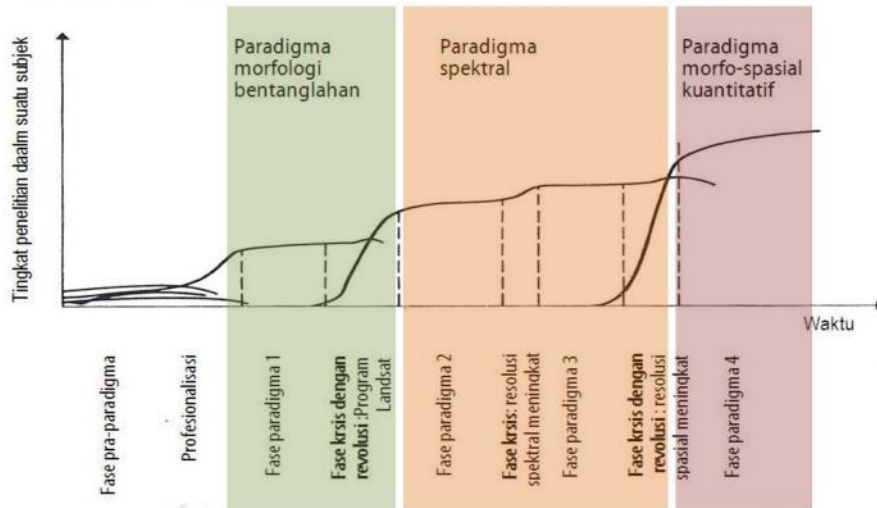
Paradigma dalam geografi dan implikasinya dalam perkembangan PJ

- Geomorfologi sebagai paradigma (process-form paradigm), dan perkembangannya menjadi morfologi bentanglahan (*landscape morphology*) → paradigma yang relevan dalam perkembangan PJ
- Perkembangan geografi manusia dan *humanistic geography* → tidak banyak kontribusi ke PJ
- Paradigma riset dalam geografi:
 - *Spatial Science* → sangat relevan dengan perkembangan PJ
 - *Humanistic Geography*
 - *Critical Realism*
 - *Post-structuralist Geographies*

Locally Rooted, Globally Respected

www.ugm.ac.id

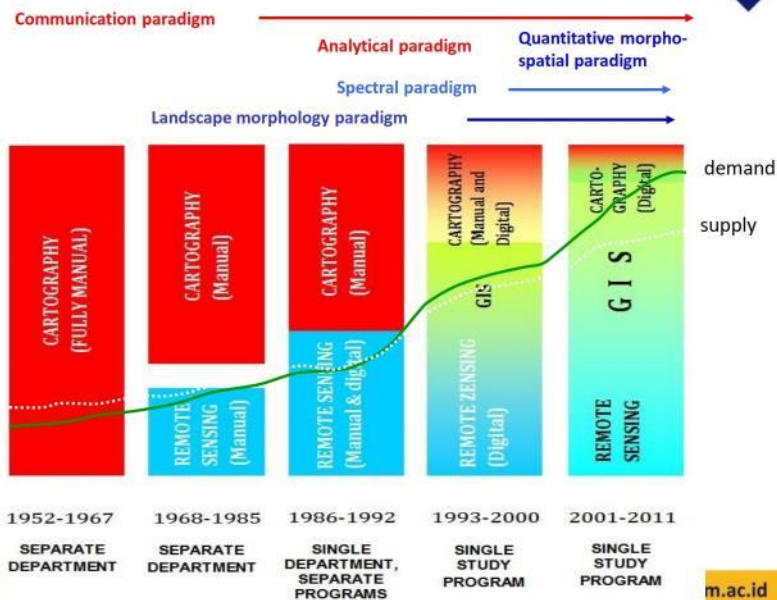
Perkembangan paradigma dalam penginderaan jauh (Danoedoro, 2010, modifikasi atas Hendriksen, 1973)



Locally Rooted, Globally Respected

www.ugm.ac.id

Perubahan kurikulum dan perubahan paradigma dalam PJ



Locally Rooted

m.ac.id



Pendidikan dan Pelatihan SDM PJ

- Pelatihan/Kursus
 - PUSPICS, berdiri tahun 1976, kerjasama dengan Bakosurtanal
 - Awalnya pelatihan selama 11 bulan → 6 bulan
 - Peserta terutama staf instansi pemerintah
 - Pelatihan khusus: TCDC, peserta negara-negara berkembang, 1 bulan lalu menjadi 2 minggu
 - Dalam 15 tahun terakhir pola pelatihan berubah → kursus pendek 2 mingguan, dan kadang bersifat *tailor-made*
- Pendidikan bergelar:
 - S1 KPJ (dulu Jurusan PJ → Jurusan Geografi Teknik/prodi PJ → Jurusan KPJ → Jurusan SIGPW/Prodi KPJ → Departemen Sains Info Geogafis/Prodi PJ). Mulai 1979
 - S2 PJ (mulai 1983)
 - S3 Geografi Minat PJ (lulusan pertama: Prof. Sutanto)
 - Semua Bercorak *geographical remote sensing*

Locally Rooted, Globally Respected

www.ugm.ac.id



Masalah dalam Pelatihan PUSPICS

- Kursus jangka panjang tidak selalu mendukung karir staf di kantornya → selalu ada pengecualian
- Sehabis pelatihan, staf dimutasi ke bagian lain
- Dalam 15 tahun terakhir lebih berorientasi pada PJ digital dan SIG → kekurangan tenaga trampil untuk interpretasi visual secara nasional

Locally Rooted, Globally Respected

www.ugm.ac.id



Masalah Pengembangan SDM PJ melalui Program Pendidikan S1, S2, S3

- S1 KPJ:
 - *Blending* K, PJ, dan SIG, meskipun trend titik berat berubah-ubah
 - Jarang yang ingin studi lanjut ke jenjang S2/S3, karena cepat diserap pasar kerja
- S2 PJ:
 - Multi-entri, Input didominasi S1 non KPJ, secara teknis awalnya sulit bersaing dengan S1, padahal PJ ilmu yang bersifat teknis.
- S3 PJ:
 - Multi-entri, didominasi lulusan S1/S2 non-KPJ
 - Kelemahan pengembangan teori/filosofi pada level S3 yang berbasis teknologi dalam PJ

Locally Rooted, Globally Respected

www.ugm.ac.id



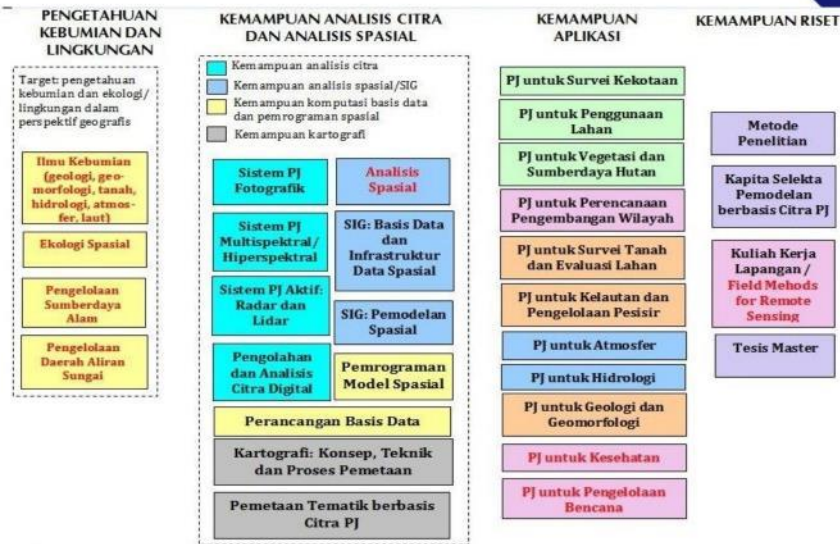
Upaya Perbaikan

- S1 → Penguatan isi geographical remote sensing:
 - Penguasaan PJ dengan penguasaan SIG dan K (tidak mudah)
 - Banyak produk prodi lain masuk ke pasar PJ, karena kebutuhan pasar untuk PJ belum spesifik
 - Menyikapi SKKNI Penginderaan Jauh
- S2 → pengembangan kurikulum yang responsif terhadap karakter multi-entri
 - Memperlakukan mahasiswa dengan latar belakang S1 yang berbeda dengan cara yang berbeda

Locally Rooted, Globally Respected

www.ugm.ac.id

Perbaikan Kurikulum S2 PJ

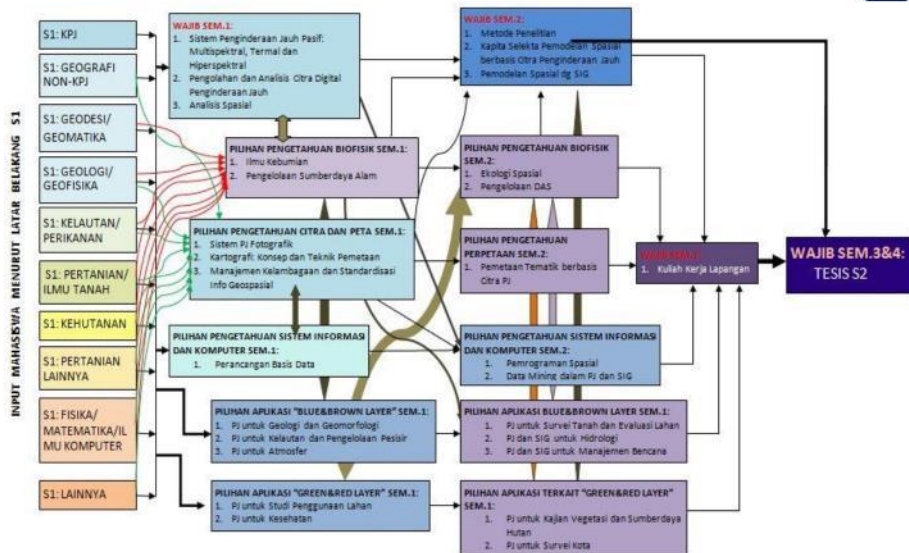


Teks warna merah: rencana matakuliah baru

Locally Rooted, Globally Respected

www.ugm.ac.id

Perbaikan Kurikulum S2 PJ



Locally Rooted, Globally Respected

www.ugm.ac.id



SKKNI Sub-bidang PJ

- Ada 21 Unit Kompetensi yang telah disahkan, meskipun saat ini juga memasuki tahap kaji materi
- Karena SKKNI → ketrampilan teknis yang terukur, bukan kemampuan konseptual
- Sebagian besar berkaitan dengan penguasaan software (meskipun bukan software tertentu), dan bukan penguasaan teknik interpretasi manual
- Sebagian besar bisa dicapai oleh produk lulusan S1 KPJ dan S2 PJ, namun justru juga (kemungkinan besar) dicapai produk lulusan lain
- Keunggulan *geographical remote sensing* terasa *over-qualification* terhadap SKKNI PJ → perlu masuk/ikut SKKNI sub-bidang baru ('geografi') ?

Locally Rooted, Globally Respected

www.ugm.ac.id

JENIS KOMPETENSI	
1	Melakukan Pra-pemrosesan Radiometrik Inisial
2	Melakukan Pemrosesan Geometrik Citra Digital
3	Menyusun Mosaik Citra Digital
4	Melakukan Pengukuran Spektrometri Lapangan untuk Menyusun Spectral Library
5	Melakukan Pengumpulan Data Penginderaan Jauh dengan Tracking dan Perekaman Data Satelit di Sta- Bumi
6	Melakukan Klasifikasi Digital Multispektral Inisial
7	Melakukan Penajaman Citra untuk Interpretasi Visual
8	Melakukan Fusi Citra untuk Memperbaiki Kualitas Citra
9	Melakukan Interpretasi Visual Citra Analog
10	Mengolah Data Spektrometri Lapangan untuk Menyusun Spectral Library
11	Melakukan Spektrometri Lapangan (Field Spectrometry) untuk Keperluan Ground Truthing
12	Melakukan Pengumpulan Data untuk Pengambilan Sampel Untuk Keperluan Ground Truthing
13	Melakukan Pra-pemrosesan Radiometrik Lanjut
14	Melakukan Perbaikan Kualitas Citra
15	Mengolah Data Sampel Lapangan untuk Keperluan Ground Truthing
16	Melakukan Klasifikasi Digital Multispektral Lanjut
17	Melakukan Klasifikasi Digital Hyperspectral
18	Melakukan Klasifikasi Citra Berbasis Objek dengan segmentasi
19	Merencanakan Pekerjaan Teknis Penginderaan Jauh
20	Melakukan Klasifikasi Berbasis Citra Multisumber
21	Pengolahan Data Citra Sensor Aktif Gelombang Mikro (radar) untuk Klasifikasi

Catatan Penutup



- Keahlian PJ Geografis dicirikan oleh kemampuan mengembangkan dan memanfaatkan PJ untuk menyelesaikan masalah lingkungan dan kewilayahan dalam perspektif spasial
- Harus dikuasai dengan dukungan kemampuan analisis dan pemodelan berbasis SIG serta kartografi
- Kebutuhan pasar akan tenaga PJ masih kurang spesifik dan masih terus berubah, perlu keterbukaan terhadap hal baru namun sekaligus harus mampu menonjolkan kemampuan geografinya
- SKKNI PJ: relatif mudah untuk dipenuhi, tapi justru tantangannya:
 - Juga mudah dipenuhi lulusan prodi lain
 - mengisi kekosongan sub-bidang SKKNI terkait analisis spasial

Locally Rooted, Globally Respected

www.ugm.ac.id



*Maturnuwun
Terima kasih*

Locally Rooted, Globally Respected

www.ugm.ac.id

MANAJEMEN BENCANA - 3

K4B - RUANG SIDANG 2 PUSPICS,
26 NOVEMBER 2015 (08.30 – 09.45)

- | | |
|--|-----|
| 025 APLIKASI MODEL PEMBANGKIT DATA IKLIM DALAM ANALISIS RISIKO KEKERINGAN PERTANIAN BERBASIS DATA SPASIAL MENENGAH: KASUS PADA BUDIDAYA KENTANG DI KAWASAN DIENG | 493 |
| <i>D. P. Adikarma Mandala, Junun Sartohadi, Danang Sri Hadmoko</i> | |
| 054 PENILAIAN HUBUNGAN BENCANA BANJIR DAN PERUBAHAN PENGGUNAAN LAHAN SECARA SPATIAL-TEMPORAL DI PANTAI UTARA JAWA | 504 |
| <i>Imam Setyo Hartanto, Rini Rachmawati</i> | |
| 084 APLIKASI SIG UNTUK PEMETAAN ZONA KERENTANAN GERAKAN TANAH (STUDI KASUS: KABUPATEN DAN KOTA MOJOKERTO) | 514 |
| <i>Robby Arafad, Yanto Budisusanto</i> | |
| 086 APLIKASI GIS DAN PENGINDERAAN JAUH DALAM PENGEMBANGAN RESIKO API (<i>FIRE RISK</i>) DI LANSEKAP KELAPA SAWIT: KASUS STUDI KALIMANTAN TENGAH, INDONESIA | 522 |
| <i>Sakti Anggara, Muhammad Silmi</i> | |
| 036 PEMETAAN MULTI-RAWAN KABUPATEN MALANG BAGIAN SELATAN DENGAN MENGGUNAKAN PENDEKATAN BENTANGALAM | 529 |
| <i>Edwin Maulana, Theresia Retno Wulan</i> | |

APLIKASI MODEL PEMBANGKIT DATA IKLIM DALAM ANALISIS RISIKO KEKERINGAN PERTANIAN BERBASIS DATA SPASIAL MENENGAH: KASUS PADA BUDIDAYA KENTANG DI KAWASAN DIENG

D. P. Adikarma Mandala, Junun Sartohadi dan Danang Sri Hadmoko

Email: dputu56@gmail.com, panyidiksiti@gmail.com dan hadmoko@ugm.ac.id

² Minat Studi Geoinformasi untuk Manajemen Bencana, Prodi Ilmu Lingkungan, Fakultas Geografi UGM,
Sekip Utara, Sleman, Yogyakarta 55281

*Corresponding author: dputu56@gmail.com

ABSTRAK

Kekeringan pertanian merupakan masalah regional yang dialami di Kawasan Dieng serta beberapa wilayah lain di Indonesia. Tujuan dari penelitian ini adalah (1). Menaksir intensitas dan sebaran spasial Tingkat Ancaman Kekeringan (H) di Kawasan Dieng; (2). menaksir intensitas serta sebaran spasial Tingkat Kerentanan Kekeringan Pertanian (V) pada Budidaya tanaman kentang; (3). menaksir intensitas serta sebaran spasial Tingkat Risiko kekeringan (R) pada budidaya tanaman kentang di Kawasan Dieng. Penelitian ini menggunakan model Pembangkit Data Iklim untuk mendapatkan data iklim sintetis. Nilai H dihitung dari Standardized Precipitation Index (SPI). Nilai V dihitung dari Agricultural Reference Index for Drought (ARID). Nilai R dihitung dengan menggabungkan informasi H dan V. Variabel H, V dan R dianalisis spasial dengan berdasarkan pola, proses, interaksi, asosiasi, komparasi dan kecenderungan keruangan saat suhu udara rata-rata meningkat. Ada tiga temuan utama yang dihasilkan dalam penelitian ini, yaitu: (1). Nilai H terpusat pada nilai yang rendah (0-0.17) dan tersebar di Bagian Tengah Wilayah Dieng sedangkan bagian Barat dan Timur (0.45-1); (2). Pola waktu tanam mempengaruhi nilai V dan R. Nilai V berada pada kisaran nilai 0.6 pada lahan yang memulai tanam pada awal Juni (Pola I) dan 0.4 lahan yang memulai tanam pada awal April (Pola II). Wilayah Bagian Tengah memiliki nilai V rendah (0.13-0.55) dan tinggi pada Bagian Barat serta Timur (0.36-0.99); (3). Nilai R Pola I (0.25-0.37) lebih besar dari pada Pola II (0.17-0.29). Wilayah Bagian Tengah Kawasan Dieng memiliki nilai R yang rendah (0-0.25) dan tinggi pada Bagian Barat serta Timur (0.61-0.91).

KATA KUNCI: ARID, Kekeringan Pertanian, Pembangkit Data Iklim, SPI

1. PENDAHULUAN

Kawasan Dieng, Jawa Tengah merupakan lokasi budidaya tanaman kentang yang penting bagi Indonesia. Tanaman kentang dibudidayakan secara intens di Kawasan Dieng. Persentase penggunaan lahan untuk budidaya tanaman kentang di Kawasan Dieng mencapai 70% dari keseluruhan wilayah (Hardoko, 2013). Luas panen tanaman kentang di Indonesia rata-rata mencapai 65 ribu hektar dan menghasilkan kentang rata-rata sebanyak 1 juta ton. Provinsi Jawa Tengah menempati urutan pertama dalam budidaya tanaman kentang berdasarkan luas panen dan produksi. Jawa Tengah memiliki 26% dari luas panen nasional dan menghasilkan sekitar 25% produksi kentang nasional pada tahun 2009 hingga 2011 (Badan Pusat Statistik, 2013).

Budidaya tanaman kentang yang intens di Kawasan Dieng berimplikasi pada kebutuhan air yang tinggi. Satu kali masa tanam sekitar 105-145 hari, tanaman kentang membutuhkan 500-700 mm air yang setara dengan 5 juta liter/ha (Nagarajan, 2009). Kebutuhan air tanaman yang tinggi dan tidak diimbangi dengan input yang cukup mengakibatkan defisit air pada Kawasan Dieng. Para petani kentang menggunakan air dari telaga-telaga yang berada di Kawasan Dieng untuk memenuhi kebutuhan air yang tinggi (Iswinarto, 2013). Volume air di enam telaga yang ada di Kawasan Dieng mengalami penyusutan drastis pada musim kering 2013 (Widiyanto, 2013). Kondisi defisit air yang dipicu suatu sistem pertanian disebut dengan istilah Kekeringan Pertanian. Karakteristik kekeringan memiliki kaitan erat dengan karakteristik aktifitas penggunaan air baik secara spasial maupun temporal (Cooley, 2006).

Penelitian-penelitian yang mengkaji karakteristik kekeringan diperlukan sebagai bahan pertimbangan dalam mitigasi dan respon untuk mengatasi masalah kekeringan pertanian. Metode analisis risiko selama ini yang hanya menggunakan informasi pola curah hujan pada beberapa stasiun pengamatan terdekat tentunya hanya memberikan informasi yang kurang informatif dalam menggambarkan karakteristik

spasial maupun temporal dari kekeringan. Sebagai mahasiswa Ilmu Lingkungan dan minat studi *Geo-Informasi untuk Manajemen Bencana* yang tertarik pada disiplin ilmu agrometeorologi tentunya permasalahan ini merupakan permasalahan yang menarik untuk dikaji.

2. METODE PENELITIAN

Lokasi yang dipilih dalam penelitian ini adalah keseluruhan wilayah lahan tegalan di bagian atas Daerah Aliran Sungai (DAS) Serayu, Dieng. Wilayah kajian memiliki luas 7000 Ha. Secara geografis, wilayah kajian terletak di antara -7.18° Lintang Selatan (LS) hingga -7.26° LS, dan 109.78° Bujur Timur (BT) hingga 109.96° BT. Secara administratif, wilayah kajian terletak di Kabupaten Wonosobo dan Banjarnegara. Ada beberapa data yang digunakan dalam penelitian ini. Peta Rupa Bumi yang berasal dari Badan Informasi Geospasial (BIG). Data curah hujan sebelas stasiun terdekat dengan Kawasan Dieng selama tahun 2003-2013 yang didapat dari Balai Pusat Sumber Daya Air Provinsi Jawa Tengah (BPSDA Semarang). Sebelas stasiun tersebut antara lain Stasiun Warungpring, Bawang, Cipero, Garung, Jumo, Sapuran, Wanadadi, Banjarnegara, Clangap, Limbangan dan Pejawaran. Data *Southern Oscillation Index*, SOI (BOM (Bureau of Meteorology) Australia) dan *Oceanic Nino Index*, ONI 3.4 (NOAA, 2015). Citra Landsat 8 pada Bulan Maret, Juni, September, dan Desember yang dapat di peroleh dari USGS NDVI 24 Juni, 24 Agustus, 14 September tahun 2013. Informasi varietas, waktu tanam, waktu lahan mengalami kekeringan, durasi kekeringan yang biasa dialami, waktu pengairan lahan serta durasi pengairan pada saat musim kering yang didapat dari wawancara pemilik lahan.

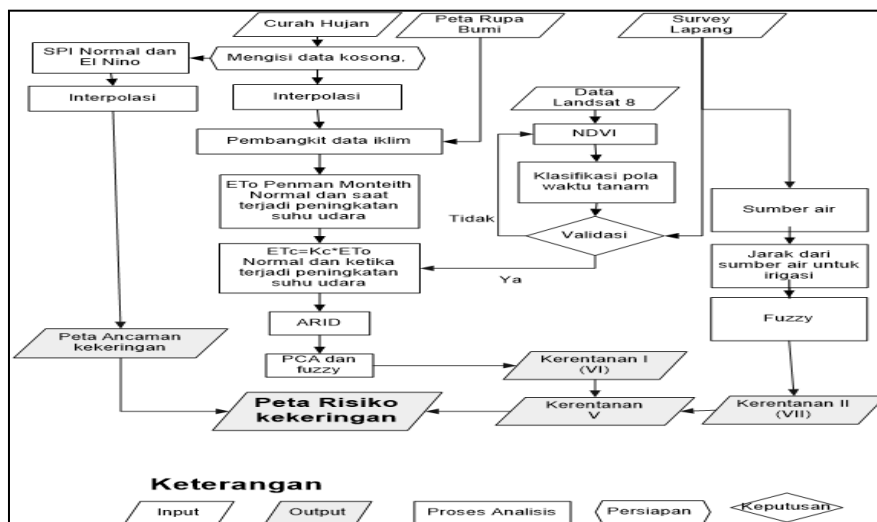
Variabel Tingkat Defisit dan Variabel Tingkat Risiko merupakan variabel utama yang dianalisis dalam penelitian ini. Tingkat Risiko diduga dengan menggunakan variabel Tingkat Ancaman dan variabel Tingkat Kerentanan. Variabel Tingkat Defisit diduga dengan menggunakan nilai selisih evapotranspirasi aktual dengan evapotranspirasi potensial tanaman. Evapotranspirasi (ET_i) diduga dengan membandingkan antara Evapotranspirasi lahan (ET_c) dengan ketersediaan air dari curah hujan (r). Perhitungan nilai ET_i ditunjukkan pada Persamaan 2. Nilai ET_c diduga dengan menggunakan koefisien tanaman K_c , Evapotranspirasi Referensi ETo ($mm\ da\ sar\ ian^{-1}$). Nilai ETo diduga dengan menggunakan persamaan Penman-Monteith yang ditunjukkan pada Persamaan 2.1. Nilai V diduga dengan menggunakan Persamaan 3.

$$ET_0 = \frac{0.408 R_n \Delta + \frac{900}{T+273} u_2 \gamma (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma (1 + 0.34 u_2)} \quad (1)$$

$$ET_i = \min(r, ET_{0i}) \quad (2)$$

$$ARID = \frac{D_i}{ET_{0i}} = 1 - \frac{ET_i}{ET_{0i}} \quad (3)$$

Suhu udara pada ketinggian dua meter T ($^{\circ}C$), kecepatan angin pada ketinggian dua meter u_2 ($m\ s^{-1}$), Tekanan uap air jenuh e_s (kPa), Tekanan uap air aktual e_a (kPa), konstanta psychrometric γ ($kPa\ ^{\circ}C^{-1}$), slope kurva tekanan uap air Δ ($kPa\ ^{\circ}C^{-1}$), radiasi netto R_n ($MJ\ m^{-2}\ da\ sar\ ian^{-1}$). Diagram alir penelitian ditampilkan pada Gambar 1.

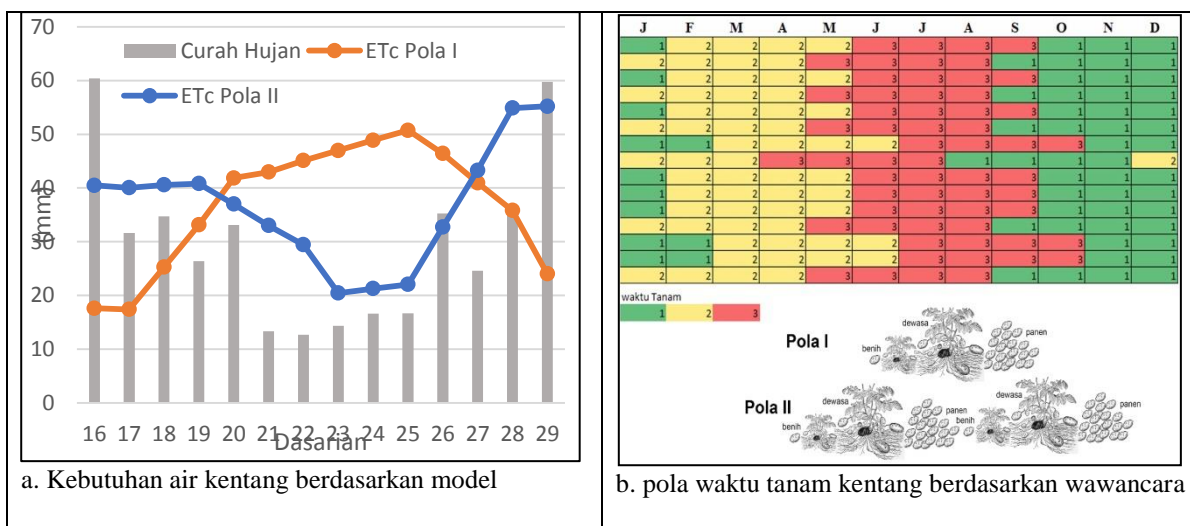


Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Tanaman kentang di Kawasan Dieng dibudidayakan di wilayah yang landai dan curam. Bentuklahan (*Landform*) pada Wilayah Dieng adalah *Vulkanik Denudasional* (Verstappen, 2014). Bentuk denudasional vulkanik ditandai oleh topografi yang berbukit-bukit dan banyak kaldera bekas letusan gunung berapi yang masih aktif maupun sudah tidak aktif. Topografi yang berbukit-bukit di Kawasan Dieng memiliki ketinggian antara 1500 hingga 2537 meter dari permukaan laut (mdpl). Kemiringan lahan memiliki variasi antara 0^0 hingga 50^0 . Kawasan Dieng didominasi oleh tanah endapan vulkanik. Tanah vulkanik melingkupi 98% dari luas wilayah. Endapan fluvial terdapat pada 2% wilayah kajian. tanah jenis ini umumnya dekat dengan telaga. Telaga di Kawasan Dieng merupakan sumber air utama pada untuk pengairan budidaya tanaman kentang khususnya pada penanaman di musim kemarau (Iswianto, 2013).

Dieng merupakan wilayah yang memiliki pola curah hujan umum *Mosoonal* dan curah hujan tahunan rata-rata 4031 mm. Curah hujan bulanan di Kawasan Dieng mencapai puncak pada Bulan Desember hingga Februari. Kawasan Dieng mengalami periode kering pada Bulan Juni hingga Oktober. Pola curah hujan bulanan *Monsoonal* di Kawasan Dieng mempengaruhi ketersediaan air untuk budidaya tanaman kentang di Kawasan Dieng. Kawasan Dieng akan mendapatkan air yang berlimpah pada musim penghujan di Bulan Desember hingga Februari dan air yang terbatas pada Bulan Juni hingga Oktober.



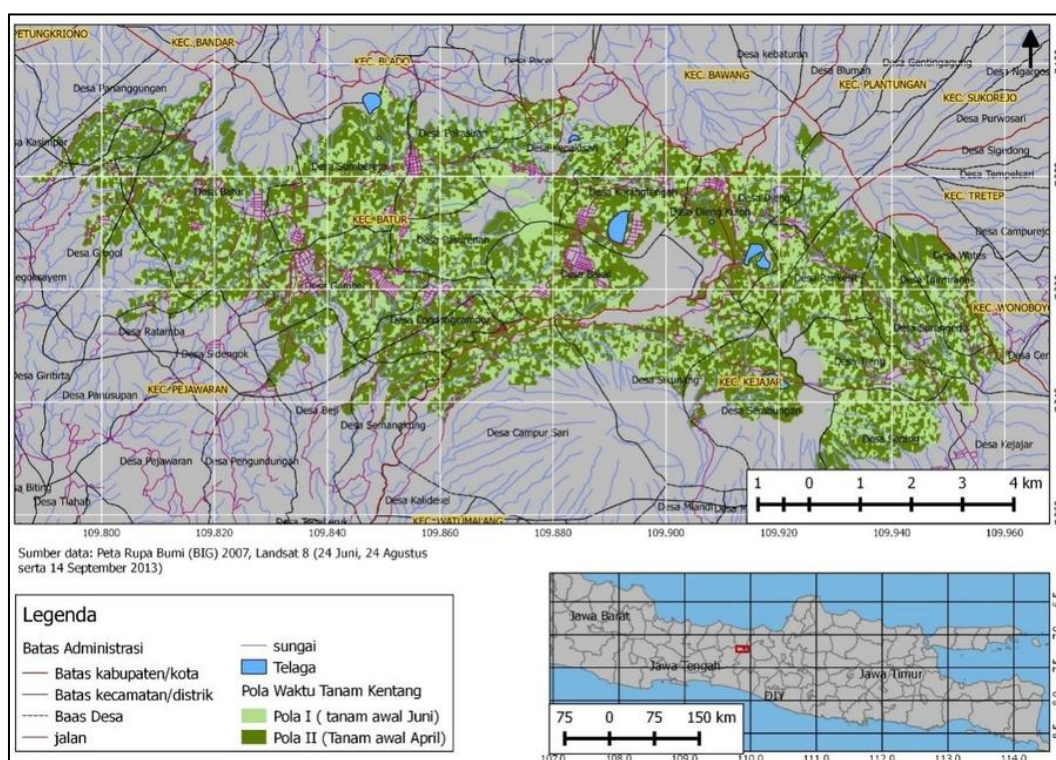
Gambar 2. Kebutuhan Air pada Masing Masing Kelas Pola Tanam

Kentang merupakan komoditas utama pertanian yang dibudidayakan di Kawasan Dieng. Jumlah rumah tangga petani kentang yang ada di Kawasan Dieng Kabupaten Wonosobo dan Banjarnegara lebih dari 15 ribu (Badan Pusat Statistik, 2013). Pola waktu tanam budidaya kentang di Kawasan Dieng memiliki variasi spasial yang tinggi. Variasi waktu tanam yang kompleks pada Kawasan Dieng disederhanakan menjadi dua kelas pola waktu tanam. Pola I merupakan lahan yang memulai tanam kentang pada awal Juni di penanaman musim kemarau. Pola II merupakan lahan yang memulai tanam kentang pada awal April. Fluktuasi temporal dari nilai ETc pada Pola I dan Pola II memiliki perbedaan yang signifikan.

Budidaya tanaman kentang di Kawasan Dieng memiliki variasi yang tinggi terhadap penggunaan air baik secara temporal maupun spasial. Nilai ETc dapat digunakan untuk menggambarkan fluktuasi temporal kebutuhan air dalam suatu budidaya pertanian. Perbedaan nilai ETc pada kedua pola tersebut dipicu oleh perbedaan faktor fisiologis tanaman pada masing masing dasarian. Pola temporal nilai ETc rata-rata pada Pola I dan Pola II pada setiap dasarian musim kemarau ditunjukkan pada Gambar 2. Kebutuhan air rata-rata pada Pola I di Dasarian 16 (awal Bulan Juni) < 20 mm. Kebutuhan air pada Pola I dapat dipenuhi oleh masukan air dari curah hujan wilayah yang sebesar 60 mm. Kebutuhan air pada Pola I meningkat hingga sekitar > 40 mm pada fase vegetatif. Peningkatan kebutuhan air pada Pola I di fase vegetatif awalnya lahan masih dapat ditanggulangi oleh curah hujan wilayah hingga dasarian 18 (akhir Juni). Peningkatan kebutuhan air pada Pola I mulai tidak bisa di atasi dengan curah hujan pada dasarian 19 (awal Bulan Juli). Kebutuhan air pada Pola I tidak bisa di pasok dengan mengandalkan curah hujan hingga fase akhir vegetatif yakni pada dasarian 28 (awal Oktober). Kekurangan air pada Pola I dari Dasarian 19 hingga 28 harus dibantu dengan

menggunakan irigasi. Kebutuhan air rata-rata pada Pola II di Dasarian 16 (awal Bulan Juni) berada pada kisaran 40 mm.

Kebutuhan air pada Pola II dapat dipenuhi oleh curah hujan wilayah yang mencapai 60 mm. Kebutuhan air mulai turun hingga Dasarian 23 (pertengahan Agustus) karena tanaman kentang memasuki proses pertumbuhan generatif dan densitas daun mulai mengecil kemudian memasuki panen pada Dasarian 24 (akhir Agustus). Kentang pada lahan yang menerapkan Pola II mulai ditanam lagi pada Dasarian 24 dan mengalami peningkatan kebutuhan air hingga Dasarian 29 (pertengahan Oktober). Pola temporal kebutuhan air pada Pola II menyerupai pola temporal curah hujan rata-rata. Fluktuasi yang demikian menyebabkan upaya untuk memenuhi kebutuhan air pada lahan yang menerapkan Pola II lebih ringan bila dibanding dengan upaya untuk memenuhi kebutuhan air pada lahan yang menerapkan Pola I. Pemenuhan kebutuhan air pada Pola I lebih memakan biaya dan tenaga bila dibandingkan dengan Pola II karena kebutuhan air pada lahan yang menerapkan Pola I mencapai puncak antara 40 mm hingga 50 mm ketika curah hujan berada di titik terendah yakni pada dasarian ke 21 hingga 25. Lahan kentang di Kawasan Dieng memiliki pola sebarang acak dan membentuk cluster cluster kecil. Sebaran spasial kelas pola tanam kentang di Kawasan Dieng ditunjukkan pada Gambar 3.

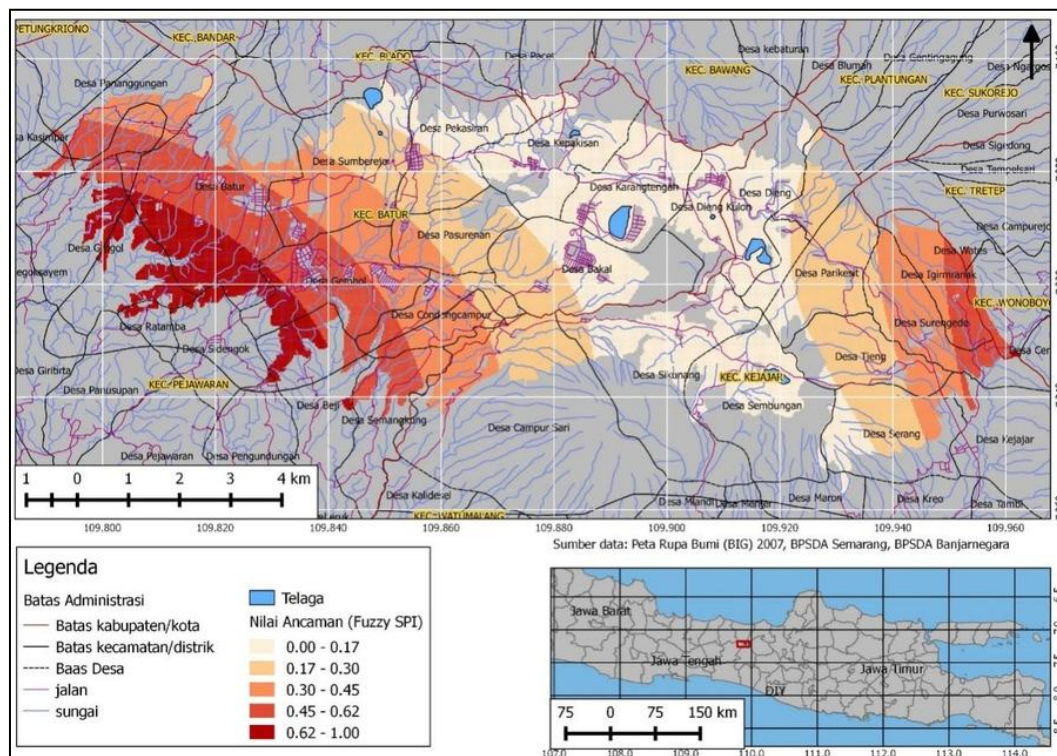


Gambar 3. Kelas Pola Waktu Tanam Lahan Kentang

Gambar 3 menunjukkan bahwa secara visual sebaran spasial pola waktu tanam memiliki asosiasi dengan pola sebaran sumber air dari sungai maupun telaga. Pola I umumnya tersebar didekat sumber air. Sebaran spasial pola waktu tanam di Kawasan Dieng dapat berubah ubah setiap tahun. Perubahan sebaran spasial pola waktu tanam di Kawasan Dieng dipengaruhi oleh ketersediaan modal dari petani untuk menyiapkan bibit dan mengolah lahan sebelum tanam.

Lahan budidaya tanaman kentang di Kawasan Dieng didominasi oleh pola tanam Pola II yaitu budidaya tanaman kentang yang melakukan penanaman pada awal Bulan Mei. Pola tanam II diterapkan pada 61% lahan tanaman kentang di Kawasan Dieng. Pola tanam I hanya diterapkan pada 39% lahan tanaman kentang. Pemilihan pola tanam dapat mempengaruhi pola temporal kebutuhan air suatu lahan. Pada fase awal penanaman kehilangan air pada lahan didominasi oleh proses evaporasi lahan sehingga jumlah air yang dibutuhkan hanya sedikit. Peningkatan densitas tanaman pada fase vegetatif memicu peningkatan intensitas kehilangan air akibat proses transpirasi. Air yang dibutuhkan untuk mendukung fase vegetatif lebih besar dari pada fase pertumbuhan vegetatif awal dan fase pertumbuhan vegetatif akhir. Intensitas transpirasi pada fase akhir vegetatif mulai menurun dan akhirnya kembali didominasi oleh proses evaporasi.

Kawasan Dieng tidak pernah mengalami kekeringan secara meteorologis dalam rentang 2003 hingga 2013. Nilai SPI di Kawasan Dieng secara umum berada pada kelas mendekati normal. Nilai SPI di Kawasan Dieng lebih dari -0.99. Kekeringan pernah terjadi di Kawasan Dieng pada tahun 2011 dan 2013 (Pikiran rakyat Online, 2011; Hardoko, 2013; Iswinarto, 2013). Kekeringan menyebabkan beberapa telaga yang berada di Kawasan Dieng surut. Anomali yang terjadi pada Kawasan Dieng pada tahun 2011 berada pada rentang 0.16 hingga -0.58. Anomali yang terjadi pada tahun 2013 berada pada rentang 0.00 hingga -0.72. Sebaran spasial nilai H di Kawasan Dieng ditampilkan pada Gambar 4.



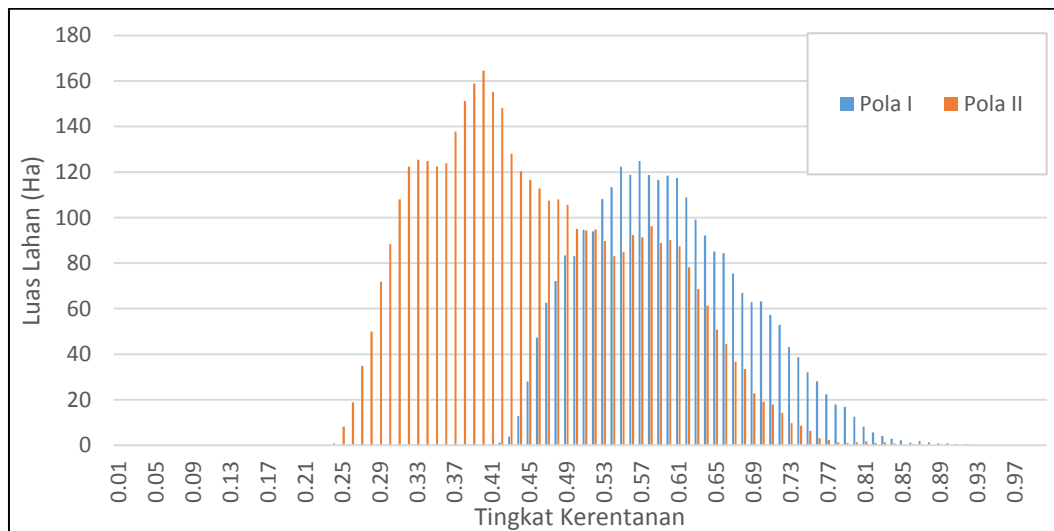
Gambar 4. Sebaran Spasial Tingkat Ancaman Kekeringan (H) di Kawasan Dieng

Pola sebaran spasial nilai H yang dihitung dari bilangan fuzzy SPI pada saat kondisi cenderung El Nino ditunjukkan pada Gambar 4. Wilayah bagian tengah Dieng memiliki nilai H yang lebih rendah dari pada wilayah bagian Barat dan Timur. Nilai anomali penurunan curah hujan yang kecil pada Kawasan Dieng bagian tengah mengindikasikan intensitas curah pada wilayah tersebut cenderung stabil dan relatif tidak terpengaruh oleh variabilitas iklim seperti ENSO. Topografi suatu wilayah dapat mempengaruhi curah hujan. Wilayah wilayah yang berada di wilayah yang tinggi dan memiliki topografi yang kompleks cenderung memiliki intensitas curah hujan yang tinggi. Wilayah wilayah yang berada di daerah rendah dan topografi yang relatif tidak kompleks memiliki intensitas curah hujan yang rendah. Wilayah wilayah rendah seperti Bagian Barat dan Bagian Timur Kawasan Dieng pada umumnya memiliki topografi yang relatif lebih tidak kompleks dibandingkan wilayah bagian tengah.

Intensitas ancaman kekeringan yang diidentifikasi dari nilai SPI pada dasarnya menggambarkan kemampuan suatu wilayah untuk menyediakan air. Tingkat Ancaman yang diidentifikasi melalui SPI ini juga memiliki kaitan erat dengan tingkat probabilitas terjadinya kekeringan pada suatu wilayah. Dalam suatu wilayah yang memiliki Tingkat Ancaman lebih tinggi maka kemampuan wilayah tersebut untuk menyediakan air juga rendah. Wilayah yang memiliki Tingkat Ancaman tinggi mengidentifikasikan kemungkinan terjadi kekeringan lebih tinggi dibandingkan dengan wilayah yang memiliki Tingkat Ancaman yang lebih rendah. Pasokan air dari curah hujan merupakan salah satu faktor yang penting dalam budidaya tanaman kentang di Kawasan Dieng. Wilayah wilayah dengan Tingkat Ancaman tinggi lebih mungkin kekurangan pasokan air untuk budidaya tanaman kentang bila dibandingkan dengan wilayah yang memiliki Tingkat Ancaman rendah. Intensitas ancaman yang rendah pada wilayah Dieng bagian tengah menunjukkan bahwa wilayah tersebut lebih aman untuk budidaya tanaman kentang dibandingkan dengan wilayah lainnya berdasarkan kemampuan untuk menyediakan pasokan air dari curah hujan.

Nilai V pada budidaya tanaman kentang di Kawasan Dieng dipengaruhi oleh faktor kebutuhan air tanaman dan jarak lahan terhadap sumber air. Nilai V pada suatu lahan pada penelitian ini didapat dengan cara menjumlahkan Tingkat Kerentanan I (VI) dengan Tingkat Kerentanan II (VII). Nilai VI dan VII

memiliki prioritas sama. Tingkat Kerentanan total (V) memiliki sifat sebaran frekuensi yang merupakan gabungan dari sebaran frekuensi V I dengan dua pemusatan data dan V II yang menyerupai kurva normal. Tingkat Kerentanan total di konversi menjadi nilai fuzzy. Sebaran frekuensi pada Tingkat Kerentanan total ditunjukkan pada Gambar 6.

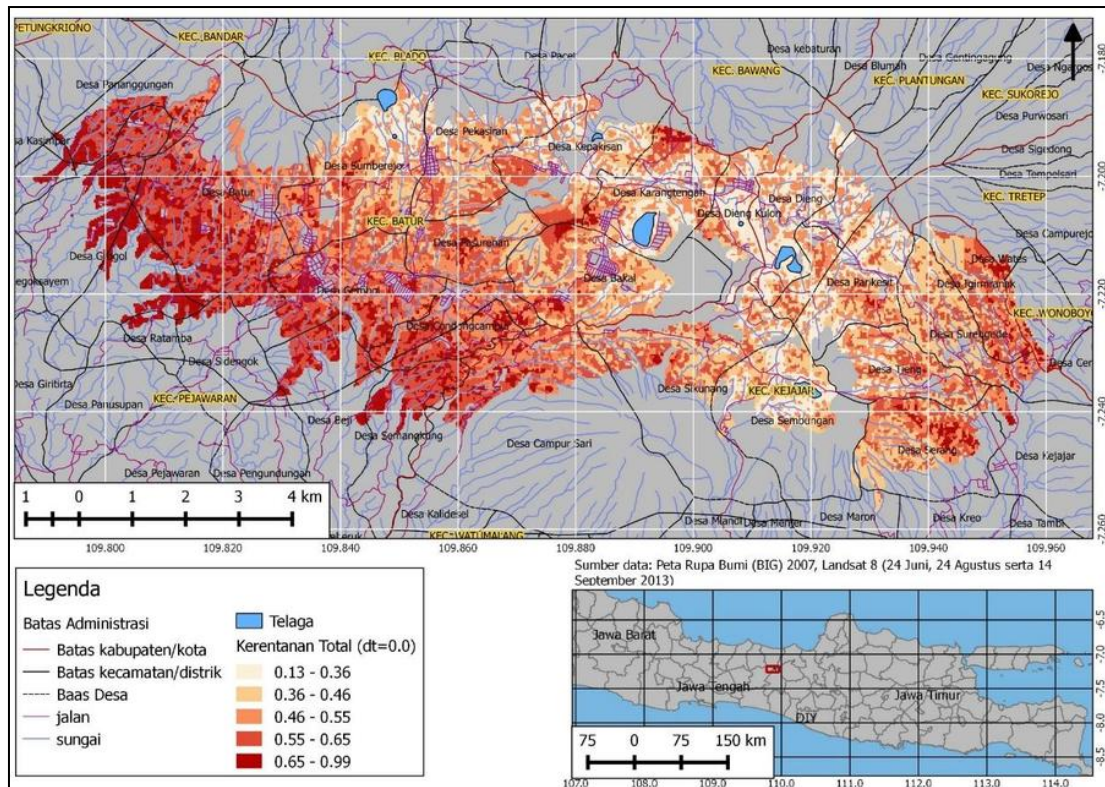


Gambar 5. Sebaran Frekuensi pada Tingkat Kerentanan (V)

Nilai V memiliki sebaran frekuensi yang unik. Gambar 5 menunjukkan bahwa frekuensi V secara umum memiliki dua pemusatan data. Kedua pemusatan data tersebut 0.4 pada lahan Pola II dan 0.6 pada lahan Pola I. Dua pemusatan data pada kerentanan total menunjukkan pengaruh pola waktu tanam. Pola I umumnya memiliki kerentanan yang relatif lebih tinggi dari pada Pola II. Pola I memiliki kerentanan yang terpusat pada nilai 0.55 sedangkan Pola II memiliki kerentanan total yang terpusat pada nilai 0.3. Lahan tanaman kentang yang menerapkan Pola II memiliki variasi nilai V yang lebih besar yang bernilai antara 0.25 hingga 0.77 bila dibandingkan dengan lahan kentang yang menerapkan Pola I yang bernilai antara 0.45 hingga 0.85.

Kontras yang rendah pada Tingkat Kerentanan total antara Pola I dan Pola II menunjukkan bahwa banyak lahan yang memiliki kerentanan sama meskipun memiliki pola waktu tanam yang berbeda. Lahan lahan tersebut memiliki Tingkat Kerentanan antara 0.45 hingga 0.77. Ada beberapa lahan yang meskipun menerapkan Pola II yang membutuhkan air relatif sedikit, memiliki kerentanan yang tinggi hingga 0.77. Begitu juga sebaliknya, ada beberapa lahan yang menerapkan Pola I namun memiliki kerentanan kecil yakni sekitar 0.4. Hal ini menunjukkan bahwa lahan tanaman kentang yang jauh dari sumber air memiliki Tingkat Kerentanan yang relatif tinggi meskipun menggunakan pola waktu tanam 2 yang lebih sesuai dari sisi penggunaan air terhadap pola curah hujan. Lahan yang terletak dekat dengan sumber air memiliki Tingkat Kerentanan yang relatif kecil meskipun menggunakan pola waktu tanam 1 yang boros air

Lahan-lahan yang termasuk dalam kisaran kerentanan 0.45 hingga 0.77 pada Gambar 6 merupakan lahan dengan manajemen air yang optimum. Kemudahan mengakses air pada wilayah wilayah dekat sumber air baik dari telaga dan sungai dioptimalkan penggunaannya dengan menerapkan Pola I sebagai pola waktu tanam. Lahan-lahan yang jauh dan sukar mengakses sumber air menerapkan Pola II sebagai pola waktu tanam untuk menurunkan Tingkat Kerentanan kekeringan. Berdasarkan hasil wawancara beberapa petani kentang serta ketua kelompok tani didapatkan bahwa budidaya tanaman kentang di musim kemarau menghasilkan produksi kentang yang lebih berlimpah dibandingkan dengan musim penghujan. Lahan lahan yang menerapkan Pola I sebagai pola waktu tanam menghasilkan panen yang lebih berlimpah dari pada Pola II. Radiasi yang lebih tinggi karena penutupan awan yang kurang merupakan faktor yang menyebabkan produksi pada musim kemarau lebih tinggi dari pada musim penghujan. Curah hujan yang kecil juga dapat mengurangi risiko penurunan produksi akibat pembusukan umbi kentang. Lahan lahan yang terletak di dekat sumber air dapat memaksimalkan hasil panennya dengan menerapkan Pola I sebagai pola waktu tanam. Sebaran spasial nilai V ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Sebaran Spasial Kerentanan Kekeringan (V) pada Budidaya Tanaman Kentang di Kawasan Dieng

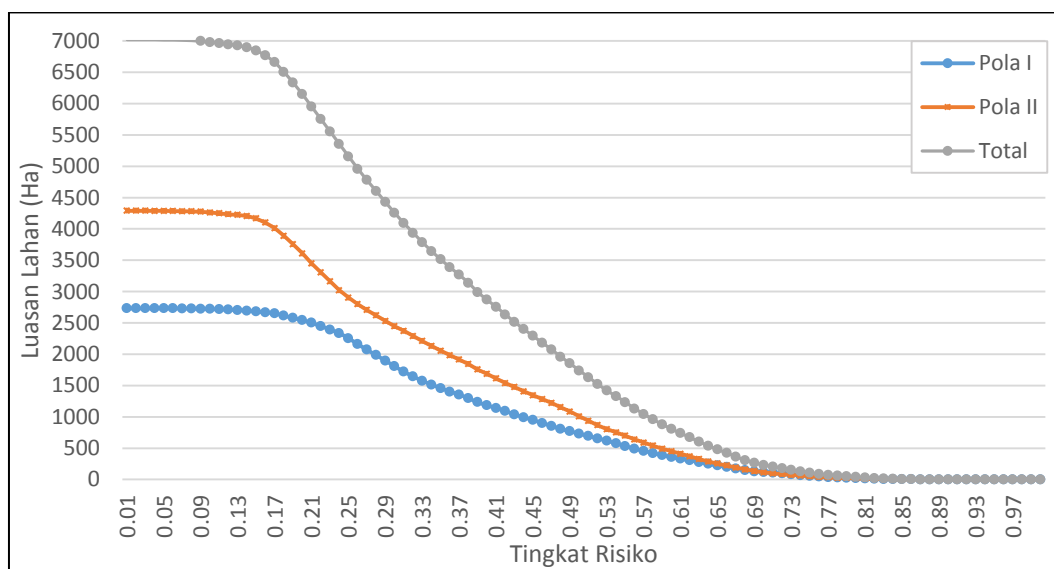
Kerentanan kekeringan pertanian pada budidaya tanaman kentang di Kawasan Dieng memiliki dua pola sebaran spasial umum yang saling berinteraksi. Sebaran spasial nilai V memiliki pola yang dipengaruhi oleh pola sebaran spasial nilai VI dan juga pola sebaran nilai VII. Sebaran spasial nilai V ditunjukkan pada Gambar 6. Kedua pola sebaran spasial tersebut adalah pola sebaran teratur dan pola sebaran acak berkelompok. Pola sebaran spasial teratur umumnya dipengaruhi oleh pola sebaran spasial nilai VII yang umumnya bernilai rendah pada wilayah bagian Tengah dan tinggi pada wilayah Barat serta Timur. Pola sebaran acak berkelompok juga terlihat pada Gambar 6. Pola sebaran acak berkelompok yang dipengaruhi oleh pola sebaran pada nilai VI. Pola sebaran acak dipicu oleh pola sebaran spasial waktu tanam kentang di lahan Kawasan Dieng yang acak. Lahan lahan yang memiliki Tingkat Kerentanan kontras terhadap lahan sekitarnya masih terlihat dengan jelas di seluruh wilayah kajian. Lahan-lahan dengan waktu tanam Pola I umumnya memiliki Tingkat Kerentanan yang lebih tinggi dari pada Pola II.

Lahan dengan manajemen air optimum merupakan lahan lahan yang memilih pola waktu tanam tepat sehingga dapat mengoptimalkan penggunaan air untuk memaksimalkan hasil dengan Tingkat Kerentanan yang relatif kecil. Lahan lahan dengan manajemen air optimum ditunjukkan pada Gambar 5 sebagai lahan yang termasuk dalam kisaran kerentanan 0.45 hingga 0.77. Lahan-lahan yang dapat menerapkan Pola I sebagai pola waktu tanam dengan Tingkat Kerentanan pada kisaran 0.45. Gambar 4.29 menunjukkan bahwa Lahan lahan optimum Pola I ini umumnya terletak di dekat sumber air. Lahan ini terletak di Desa Karangtengah, Dieng dan Pekasiran yang terletak di dekat Telaga Merdada, Telaga Pengilon dan Telaga Dringo. Lahan lahan yang menerapkan Pola II umumnya terletak di wilayah wilayah yang jauh dari sumber air. Beberapa lahan Pola II yang memiliki kerentanan relatif tinggi yakni lahan yang berada di Desa Batur, dan Desa Condong Campur. Gambar 6 menunjukkan bahwa lahan lahan Pola II yang berada di wilayah ini memiliki kerentanan hingga 0.66. Pemilihan Pola II sebagai pola tanam merupakan pilihan yang baik untuk diterapkan di wilayah Desa Batur untuk mengurangi dampak dari kerentanan kekeringan yang tinggi. Ada beberapa lahan di Kawasan tersebut yang memiliki Tingkat Kerentanan maksimal ketika menerapkan Pola I sebagai pola waktu tanam. Desa batur yang terletak di wilayah dengan tingkat evapotranspirasi yang tinggi semakin tidak diuntungkan dari letak yang jauh dari telaga telaga besar. Pertanian Kentang di daerah tersebut membutuhkan pasokan air dari beberapa sumber air alternatif ataupun dengan mengusahakan penyaluran air dari Telaga Dringo yang relatif jauh dari lahan.

Kenaikan suhu udara rata-rata dapat meningkatkan intensitas nilai V pada budidaya tanaman kentang di Kawasan Dieng. Kebutuhan air yang meningkat pada budidaya tanaman kentang berimplikasi pada

peningkatan nilai defisit air pada Kawasan Dieng. Setiap peningkatan suhu udara rata-rata 0.5°C dapat menyebabkan peningkatan defisit air sebesar 2.6 mm. Setiap peningkatan suhu udara sebesar 0.5°C akan mengakibatkan peningkatan nilai V sekitar 0.0032. Pola waktu tanam juga mempengaruhi respon Tingkat Kerentanan kekeringan terhadap peningkatan suhu udara rata-rata. Pola II memiliki tren peningkatan kerentanan yang lebih tinggi bila dibandingkan dengan Pola I. Pola II mengalami peningkatan kerentanan lebih tinggi yang berkisar pada nilai 0.005 dibandingkan dengan Pola I yang mengalami peningkatan 0.0008 setiap peningkatan suhu udara rata-rata 0.5°C . Lahan yang menerapkan Pola II memiliki tren peningkatan Tingkat Kerentanan akibat peningkatan suhu 5 kali lipat lebih besar dari pada lahan yang menerapkan Pola I.

Risiko Kekeringan Pertanian (R) pada budidaya tanaman kentang di Kawasan Dieng merupakan hasil interaksi antara anomali curah hujan dengan fluktuasi kebutuhan air. Sebaran frekuensi Tingkat Risiko Kekeringan Pertanian di Kawasan Dieng ditunjukkan pada Gambar 7.

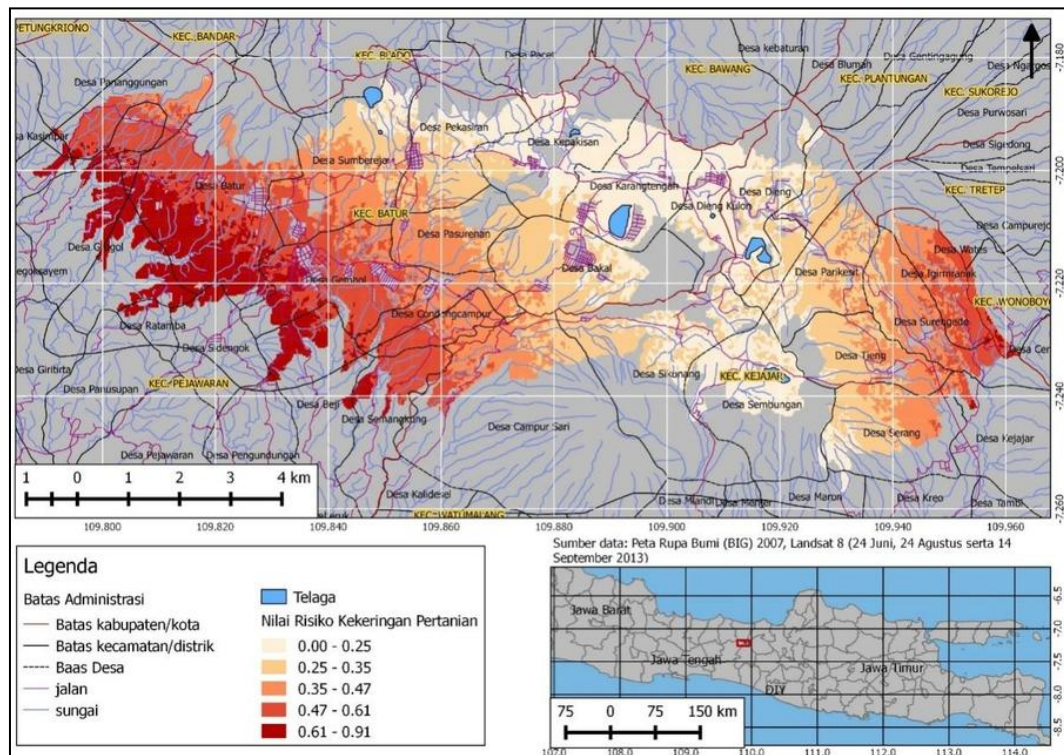


Gambar 7. Luas Lahan Kumulatif Lebih Dari Tingkat Risiko Kekeringan Pertanian (R) pada Budidaya Tanaman Kentang di Kawasan Dieng

Kawasan Dieng memiliki nilai R yang kecil. Gambar 7 menunjukkan bahwa luas lahan budidaya tanaman kentang di Kawasan Dieng yang memiliki Tingkat Risiko Kekeringan Pertanian > 0.5 hanya melingkupi kisaran luas 1500 Ha. Luas lahan 1500 Ha setara dengan 21% dari total luas keseluruhan lahan yang berada di Kawasan Dieng. Sebaran spasial nilai R ditunjukkan pada Gambar 9. Sebaran spasial nilai R pada budidaya tanaman kentang di Kawasan Dieng umumnya terstruktur. Nilai R pada lahan kentang yang terletak di Bagian Tengah Dieng umumnya bernilai kecil dan berada pada kisaran 0 hingga 0.35. Nilai H serta V yang rendah lahan budidaya Bagian Tengah menyebabkan nilai Tingkat Risiko yang relatif rendah pada wilayah tersebut. Pola sebaran spasial nilai R pada Gambar 9 dapat dijelaskan dengan melakukan komparasi terhadap pola sebaran spasial nilai H pada Gambar 5 serta nilai V pada Gambar 7. Nilai H pada wilayah Bagian Tengah berada pada kisaran nilai 0 hingga 0.17. Tingkat Kerentanan pada kelima desa tersebut berada pada Kisaran 0.13 hingga 0.46. Hanya beberapa wilayah di Bagian Utara Desa Karangtengah, Utara Desa Bakal serta Selatan Desa Kepakisan yang memiliki Tingkat Kerentanan tinggi antara 0.66 hingga 0.99.

Lahan lahan yang memiliki Tingkat Risiko tinggi umumnya berada pada Bagian Barat serta Bagian Timur Wilayah Dieng. Lahan lahan kentang berisiko berada pada wilayah Desa Batur dan Desa Gembol. Kedua desa ini memiliki lahan dengan risiko antara 0.61 hingga 0.91. Sepertihalnya pada Bagian Barat wilayah kajian, Bagian Timur juga memiliki Tingkat Risiko kekeringan yang relatif tinggi bila dibandingkan dengan lahan kentang yang terletak di Tengah wilayah kajian. Lahan lahan yang memiliki risiko antara 0.47 hingga 0.61 terletak pada Desa Batur, Desa Gembol, Desa Condongcampur yang berada di Wilayah Barat dan di Desa Wates, Desa Ingirmranak dan Desa Surengede di Bagian Timur. Lahan lahan budidaya tanaman kentang dengan Tingkat Risiko tinggi terpusat di Bagian Barat dan Bagian Timur wilayah kajian Bagian Barat dan Timur wilayah kajian karena tingkat Ancaman dan Kerentanan yang tinggi pada kedua bagian wilayah tersebut. Tingkat Ancaman di kedua wilayah tersebut berada pada kisaran nilai 0.45 hingga 1.0. Bagian Barat wilayah kajian memiliki Tingkat Ancaman yang paling tinggi yakni berada pada kisaran nilai 0.62. Lahan budidaya tanaman kentang yang berada pada Dieng Bagian Barat dan Bagian Timur memiliki

Tingkat Kerentanan yang tinggi. Tingkat Kerentanan pada kedua wilayah tersebut lebih dari 0.56. Sebaran spasial Nilai R ditunjukkan pada Gambar 8.



Gambar 8. Risiko Kekeringan Pertanian Pada Budidaya Tanaman Kentang di Kawasan Dieng

Pola sebaran spasial acak yang dipicu oleh pola waktu tanam tidak dapat dilihat secara jelas pada Tingkat Risiko Kekeringan. Pola spasial yang dominan pada Tingkat Risiko adalah pola sebaran terstruktur. Pola sebaran akibat perbedaan pola waktu tanam yang sebelumnya terlihat jelas secara visual pada Tingkat Kerentanan di Gambar 8 hanya terlihat sedikit pada perbatasan kelas kelas Risiko di Gambar 8. Sebaran acak umumnya terlihat pada sisi utara masing masing kelas risiko. Pengaruh pola waktu tanam yang kecil pada risiko kekeringan ini dikarenakan adanya pengaruh pola sebaran spasial teratur pada Tingkat Ancaman kekeringan. Pengaruh pola waktu tanam tidak dapat terlihat dengan jelas karena perbedaan kisaran Tingkat Risiko antara lahan yang menerapkan Pola I dan lahan yang menerapkan Pola II relatif sama.

Nilai R pada budidaya tanaman kentang di Kawasan Dieng tidak terpengaruh oleh perubahan suhu udara rata-rata. Nilai R hanya meningkat pada kisaran nilai 0 hingga 0.0017 setiap terjadi peningkatan suhu udara rata-rata sebesar 0.5°C . Lahan budidaya tanaman kentang yang menerapkan Pola II sebagai pola waktu tanam mengalami peningkatan nilai R sebesar 0.0009 setiap terjadi peningkatan suhu udara rata-rata 0.5°C . Rata-rata peningkatan nilai R pada lahan budidaya tanaman kentang yang menerapkan Pola I lebih rendah dari pada Pola II yakni sekitar 0.0001. Peningkatan nilai kerentanan yang lebih tinggi pada Pola II dibandingkan Pola I dikarenakan suhu udara rata-rata pada Dasarian 28 dan 29 mencapai 17.6°C . Kondisi udara dengan suhu yang tinggi pada Dasarian 28 dan 29 menyebabkan peningkatan suhu rata-rata memiliki dampak yang lebih nyata terhadap nilai evapotranspirasi, defisit, nilai ARID, Kerentanan dan juga Risiko.

4. KESIMPULAN

Kawasan Dieng tidak mengalami kekeringan Secara meteorologis. Kawasan Dieng memiliki nilai SPI > -0.99 yang termasuk dalam kategori tidak kering secara meteorologis. Nilai H di Kawasan Dieng memiliki pola sebaran spasial yang teratur, nilai H tinggi berada di bagian barat Timur, nilai H rendah berada pada bagian Tengah. Nilai H pada bagian Barat dan Timur Dieng berada pada kisaran nilai 0.62 hingga 1.

Variasi pola waktu tanam menyebabkan nilai V pertanian di Kawasan Dieng terpusat pada dua nilai Tingkat Kerentanan. Lahan yang menerapkan Pola I memiliki tingkat kerentanan yang terpusat pada nilai 0.6. Pola II memiliki tingkat kerentanan yang terpusat pada nilai 0.4. Dieng memiliki dua pola sebaran spasial umum yaitu pola sebaran spasial teratur yang di picu oleh pola VII dan pola sebaran acak

berkelompok yang dipicu oleh pola waktu tanam. Tingkat Kerentanan kekeringan pertanian di Kawasan Dieng bernilai rendah pada wilayah bagian Tengah dan tinggi pada Bagian Barat serta Timur. Peningkatan suhu udara rata-rata dapat meningkatkan nilai Kerentanan kekeringan. Pola II mengalami peningkatan kerentanan sebesar 0.005 setiap peningkatan 0.5°C . Pola I mengalami peningkatan kerentanan 0.0008 setiap peningkatan 0.5°C .

Kawasan Dieng memiliki nilai R yang kecil. Mayoritas lahan di Kawasan Dieng memiliki Tingkat Risiko Kekeringan < 0.35 untuk melakukan budidaya tanaman kentang. Lahan lahan tanaman kentang yang menerapkan Pola I dan memiliki nilai R antara 0.25 hingga 0.37. Lahan lahan tanaman kentang yang menerapkan Pola II dan memiliki nilai R antara 0.17 hingga 0.29. Lahan-lahan budidaya tanaman kentang yang memiliki nilai R kecil dan tersebar di bagian Tengah wilayah kajian. Nilai R pada budidaya tanaman kentang di Kawasan Dieng tidak terpengaruh secara signifikan oleh skenario peningkatan suhu udara rata-rata. Nilai R hanya meningkat pada kisaran 0 hingga 0.0017 setiap peningkatan suhu udara sebesar 0.5°C . Lahan budidaya tanaman kentang yang menerapkan Pola II sebagai pola waktu tanam mengalami kenaikan nilai R rata-rata sebesar 0.0009 setiap 0.5°C peningkatan suhu udara rata-rata. Lahan budidaya tanaman kentang yang menerapkan Pola II sebagai pola waktu tanam mengalami kenaikan nilai R rata-rata sebesar 0.0001 setiap 0.5°C peningkatan suhu udara rata-rata.

DAFTAR PUSTAKA

- Alen, C. D., Macalady, A. K., Chenchouni, H., Bachelet, D., McDowell, Vennetier, M., . . . Cobb, N. (2010). A Global View of Drought and Heat-Induced Tree Mortality Reveals Emerging Climate Change Risk for Forest. *Elsevier Forest Ecology and Management* 259, 660-684.
- Badan Pusat Statistik. (2013). *Jumlah Rumah Tangga Usaha Hortikultura dan Jumlah/Luas Tanam Hortikultura Strategis Menurut Wilayah, Jawa Tengah*. Retrieved from Sensus Pertanian 2013: <http://st2013.bps.go.id/>
- BOM (Bureau of Meteorology) Australia. (n.d.). *S.O.I. (Southern Oscillation Index) Archives 1876 to present*. Retrieved Mei 28, 2015, from Australian Government Bureau of Meteorology: <http://www.bom.gov.au/climate/current/soihtml.shtml>
- Cooley, H. (2006). Flood and Drought. In P. Gleick (Ed.), *The World's Water 2006-2007* (pp. 91-116). London: Islandpress.
- Ha, K. D., Chulsang, Y., & Tae-Woong, K. (2011). Application of spatial EOF and Multivariate Time Series Model for Evaluating Agricultural Drought Vulnerability in Korea. *Advances in Water Resources* 34, 340-350.
- Hardoko. (2013, Juli 23). *Buah Simalakama Dieng Bernama Kentang*. Retrieved Mei 28, 2014, from Kompas: <http://www.regional.kompas.com>
- Iswianto, C. (2013, September 18). *Cegah Kekeringan, Enam Telaga Disedot untuk Mengairi Sawah*. Retrieved Juli 11, 2014, from Merdeka: <http://www.m.merdeka.com>
- Jesen, C. R., Battilani, C. R., Plauborg, F., Psarras, G., Charzoulakis, K., Janowiak, F., . . . Liu, F. (2010). Deficit Irrigation Based on Drought Tolerance and Root Signalling in Potatoes and Tomatoes. *Agricultural Water Management* 98, 403-413.
- Lewis, S., Fitts, G., Kelly, M., & Dale, L. (2014). A Fuzzy Logic-based Spatial Suitability Model for Drought-tolerant Switchgrass in the United States. *Computer and Electronic in Agriculture* 103, 39-47.
- Monneveux, P., Ramirez, D., & Pino, M. (2013). Drought Tolerance in Potato (*S. tuberosum* L.) Can we Learn from Drought Tolerance Research in Cereals? *Plant Science* 205-206, 76-86.
- Nagarajan, R. (2009). *Drought Assessment*. New York: Springer.
- NOAA. (2015, Mei 4). *Cold and Warm Episodes by Season Change to the Oceanic Nino Index (ONI)*. Retrieved Mei 28, 2015, from National Weather Service Climate Prediction Center: http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ensoyears.shtml
- Pikiran rakyat Online. (2011, September 20). *Untuk Mengairi Tanaman Kentang, Petani Dieng Ambil Air Telaga Sejauh 3 Km*. Retrieved Juli 9, 2014, from Pikiran Rakyat: <http://www.pikiran-rakyat.com>
- Tatli, H., & Turkes, M. (2011). Empirical Orthogonal Function Analysis of Palmer Drought Indices. *Agricultural and Forest Meteorology* 151, 981-991.
- Verstappen, H. T. (2014). *Garis besar Geomorfologi Indonesia*. (Suratman, Ed., & Sutikno, Trans.) Yogyakarta, Daerah Istimewa Yogyakarta, Indonesia: Gadjah Mada University Press.
- Widiyanto, E. (2013, September 17). *Petani Kentang Dieng Sedot Air telaga*. Retrieved Mei 30, 2014, from Republika: <http://www.republika.co.id>

PENILAIAN HUBUNGAN BENCANA BANJIR DAN PERUBAHAN PENGUNAAN LAHAN SECARA SPATIAL-TEMPORAL DI PANTAI UTARA JAWA

Imam Setyo Hartanto¹, Rini Rachmawati²

¹ TN. Teluk Cenderawasih, Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, Manokwari 98312
Email: forest_boys04@yahoo.co.id

² Fakultas Geografi, Universitas Gadjah Mada, Sekip Utara, Sleman, Yogyakarta 55281
Email: r_rachmawati@geo.ugm.ac.id

*Corresponding author: forest_boys04@yahoo.co.id

ABSTRAK

Demak diketahui sebagai daerah tertinggi kedua yang mengalami perubahan penggunaan lahan di area Pantai Utara Jawa (PANTURA). Ditambah lagi, kondisi topografinya yang berada di daerah hilir mengakibatkan daerah ini rawan banjir. Mijen dan Wedung merupakan dua kecamatan paling terdampak bencana banjir di Demak. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa interaksi antara banjir sungai dan perubahan penggunaan lahan di kecamatan Mijen dan Wedung, Kabupaten Demak, Jawa Tengah-Indonesia. Penelitian ini menerapkan analisis DPSIR (Penyebab Utama, Tekanan, Keadaan, Akibat dan Respon) guna memahami akar permasalahan dan efek berantai dari hubungan tersebut. Klasifikasi terbimbing dengan 'maximum likelihood' dari Citra Landsat (2000, 2009 dan 2014) dipakai untuk memetakan dan menganalisis tutupan lahan. Teknik analisis perubahan penggunaan lahan dilakukan dengan 'post classification' sedangkan tingkat akurasi dianalisis dengan menggunakan 'confusion matrix'. Wawancara semi-terstruktur melalui informan kunci diterapkan sebagai alat untuk mengumpulkan data DPSIR dan analisisnya. Hasil analisis menunjukkan bahwa banjir telah mempengaruhi pola penggunaan lahan, terutama pada areal terbangun. Perubahan struktural tahun 2000-2014 terjadi di semua level kelas penggunaan lahan. Sawah berkurang hampir 6%, hutan mangrove jatuh sebanyak 79% selama 14 tahun sedangkan pemukiman tumbuh hampir dua kali lipat selama periode 2000-2014. Hasil penilaian akurasi menunjukkan nilai sebesar 78.23 %. Berdasarkan analisis DPSIR, penyebab utama terjadinya banjir di daerah Pantura adalah kondisi meteorologis. Sedangkan perubahan penggunaan lahan menjadi salah satu tekanan yang meningkatkan resiko banjir. Respon teknis, kearifan lokal dan kebijakan menjadi penting guna mengantisipasi dan mengurangi dampak banjir di kemudian hari.

KATA KUNCI: Mijen, Wedung, Banjir, Perubahan Lahan, DPSIR

1. PENDAHULUAN

Manusia dan lingkungan memiliki hubungan yang tak terpisahkan. Ekspansi manusia telah mengubah tutupan dan pola penggunaan lahan secara drastis dalam skala global (Genxu et al., 2006). Liu et al., (2014) menjelaskan bahwa campur tangan manusia telah mempengaruhi karakter dan pola banjir atau meningkatkan resiko banjir di dalam area perkotaan.

Sementara itu, aktivitas perambahan terhadap lahan dilakukan guna memenuhi kebutuhan manusia. Greene & Harlin (1995) menyatakan bahwa di Amerika Serikat, perambahan kota dilakukan dengan mengambil areal pertanian di sekitar lingkaran luar beberapa daerah metropolitan disana. El-Raey et al, (2000) menemukan bahwa kebanyakan perambahan diubah menjadi area pertanian dan kepentingan pariwisata.

Kabupaten Demak memiliki kontribusi yang signifikan dalam hasil pertanian di Indonesia. Namun demikian, kondisi topografinya yang berada di hilir dan muara beberapa sungai ke Laut Jawa, menyebabkan area ini menjadi sangat rentan terhadap bencana banjir. Dua kecamatan paling terdampak banjir di kabupaten Demak adalah Mijen dan Wedung (BNPB, 2014). Di sisi yang lain, Demak merupakan area terluas kedua yang mengalami perubahan penggunaan lahan di area PANTURA (Mustopa, 2011).

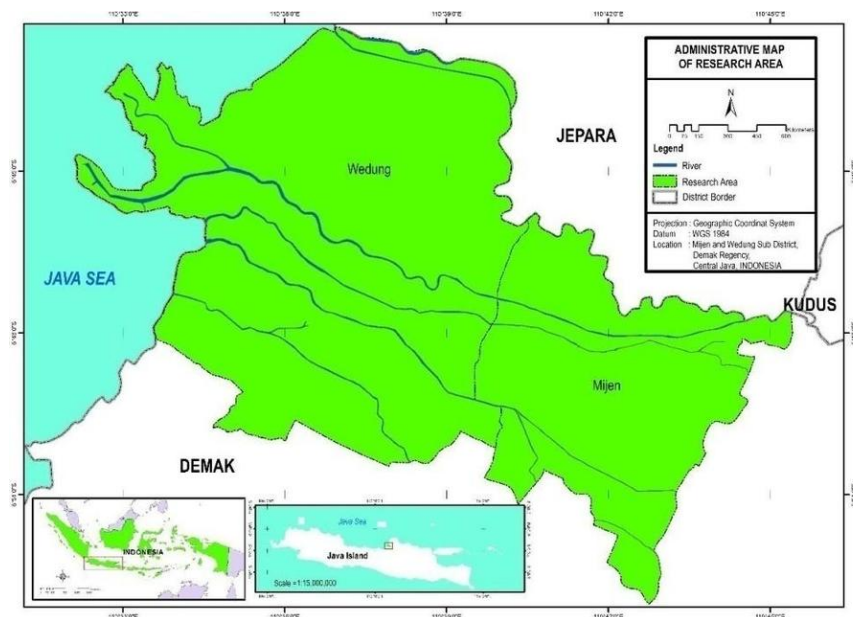
Sudah diketahui bahwa ada hubungan antara degradasi lingkungan, perubahan penggunaan lahan dan kerentanan terhadap bencana. Peningkatan jumlah populasi manusia berpengaruh terhadap kebutuhan pemukiman dan ruang khususnya ketersediaan lahan. Liu et al. (2014) menjelaskan bahwa pertumbuhan

manusia telah menurunkan ruang sungai, danau, hutan dan padang rumput. Sementara banjir tahunan akan mendorong pembangunan dan intensifikasi penggunaan lahan di daerah yang lain dengan tujuan untuk menghindari kerugian akibat banjir.

Pendekatan yang menyeluruh diperlukan untuk memahami akar persoalan serta memberikan solusi yang lebih baik terhadap hubungan antara manusia dan lingkungan. DPSIR merupakan pendekatan yang efektif dalam memahami ini, konsep ini sangat baik dalam mengelola pembuatan kebijakan (Agyeman et al., 2007). Benini et al., (2010) menerapkan pola analisis DPSIR (*Drivers, Presures, States, Impacts and Responses*) untuk mendeskripsikan akibat dari perubahan penggunaan lahan di muara sungai Lamona di Utara Italia.

2. STUDI AREA

Kecamatan MijendanWedung berlokasi di bagian utara Kabupaten Demak. Secara psiogeografi, kedua kecamatan ini termasuk daerah dataran rendah (1-5 m diatas permukaan laut). Kecamatan Wedung adalah daerah yang paling luas dengan 9,876Ha(11%) dan Mijen dengan 5,029 Ha (5.6%) dari keseluruhan area di Demak (Dinkes,2012). Keduanya terbagi menjadi 15 desa untuk Mijen dan Wedung memiliki 20 desa.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian.

3. METODE PENELITIAN

3.1. Pemetaan dan Analisis Tutupan dan Penggunaan Lahan

Peta tutupan lahan diambil dari interpretasi citra Landsat tahun 2000, 2009 dan 2014. Interpretasi Citra Landsat dilakukan melalui klasifikasi terbimbing (Richards & Jia, 2006) sebagai teknik yang paling sering dilakukan dalam analisis penginderaan jauh kuantitatif. *MaximumLikelihood* dipilih dalam metode klasifikasi terbimbing ini. Ada lima(5) kelas tutupan lahan yaitu area terbangun, pertanian, lahan basah, hutan dan tubuh air.

Klasifikasi penggunaan lahan di penelitian ini mengacu pada sistem klasifikasi Anderson (Anderson et al., 1976). Modifikasi klasifikasi Anderson dilakukan sesuai dengan karakteristik kondisi wilayah di Indonesia. Ding et al., (2007) menyediakan contoh modifikasi penggunaan lahan di China sedangkan di India, Gupta & Roy (2012) memodifikasi klasifikasi Anderson berdasarkan kenampakan di kota Burdwan. Pendekatan serupa dilakukan dalam penelitian ini.

3.2. Analisis Perubahan Penggunaan Lahan.

Teknik *post classification* perubahan diterapkan dalam penelitian ini. Shalaby & Tateishi (2007) menerangkan bahwa perbandingan *post-classification* terbukti teknik paling efektif. *Crosstabulation* dalam modul *spatial analysis* diterapkan dalam prosedur ini. Setiap gambar dalam varian waktu diklasifikasikan

secara terpisah dan hasilnya dibandingkan satu dengan yang lain. Setiap pixel perubahan dijelaskan sebagai matriks perubahan. Matriks perubahan disusun untuk setiap pasang dataset dalam kuantifikasi perubahan penggunaan lahan (Guo et al., 2009).

Akurasi penggunaan lahan dinilai menggunakan *confusionmatrix*. Ini dilakukan dengan memilih titik sampel (pixel) tutupan lahan serta attribute penggunaan lahan dibandingkan dengan informasi hasil survey lapangan. Hasilnya berupa matriks yang berisi nilai kesalahan *commission - omission* serta nilai akurasi pembuat dan pengguna tiap kelas.

3.3. Monitoring dan Analisis Kejadian Banjir

Data kejadian banjir tahun 2013 dan 2014 diperoleh dari Balai Pengelolaan Sumber Daya Air (BPSDA) Kudus. Sebagai tambahan, wawancara dengan penduduk setempat dilakukan untuk memperoleh data kejadian dan kedalaman banjir antara tahun 2000-2014. Tujuan wawancara ini adalah untuk menilai kebenaran data kejadian bencana. Dalam tahapan ini, tiga sampai lima informan kunci diambil guna menjelaskan kedalaman banjir dan batasannya. Proses wawancara ini dikuatkan dengan data hasil observasi lapangan.

Data banjir kemudian ditampilkan dengan luasan banjir pada proses analisis spasial. Kedalaman banjir dihasilkan dari proses interpolasi nilai kedalaman pada setiap titik pengamatan. Interpolasi merupakan proses perkiraan data pada lokasi tertentu yang tidak diketahui nilainya. Interpolasi ini menggunakan sistem Inverse Distance Weighted (IDW). Hasilnya berupa peta distribusi luasan banjir dan kedalaman banjir.

3.4. Hubungan Antara Penggunaan Lahan dan Banjir

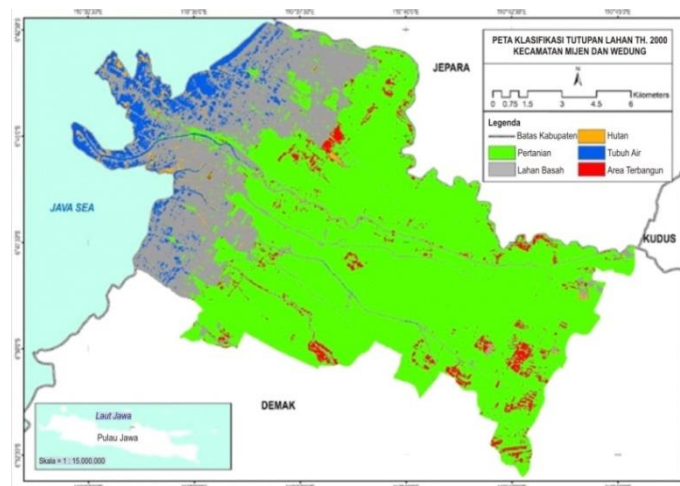
Pendekatan kualitatif menggunakan analisis DPSIR (Penyebab Utama, Tekanan, Keadaan, Akibat dan Respon) diterapkan dalam penelitian ini. Langkah pertama, membangun data set yang disusun berdasarkan daftar setiap kategori DPSIR (Pirrone et al., 2005; Kagalou et al., 2012). Kedua, wawancara semi terstruktur untuk menilai indikator DPSIR serta tambahan informasi lainnya. Ketiga, menyimpulkan dan mengkategorisasikan hasil interview. Langkah terakhir adalah menyediakan pola pikir guna membangun model dan alat yang bisa diinterpretasikan yang bisa dipakai untuk mengevaluasi dan membandingkan hasil keputusan.

Wawancara semi terstruktur dipakai sebagai alat pengumpulan data DPSIR. Sebelas informan kunci dipilih meliputi petani, kepala desa, camat dan perwakilan BPBD. Mereka adalah responden penting guna mengetahui sebab-akibat banjir, perubahan penggunaan lahan dan aktivitas perambahan dalam sudut pandang yang berbeda. Metode triangulasi diterapkan dalam penelitian ini untuk menilai validitas hasil wawancara. Data sekunder dari instansi ditriangulasikan dengan hasil wawancara seluruh stakeholder.

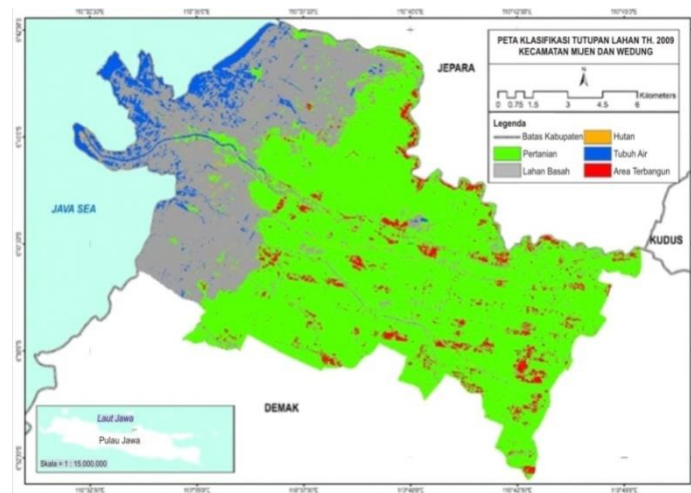
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Peta Tutupan Lahan Tahun 2000, 2009 dan 2014

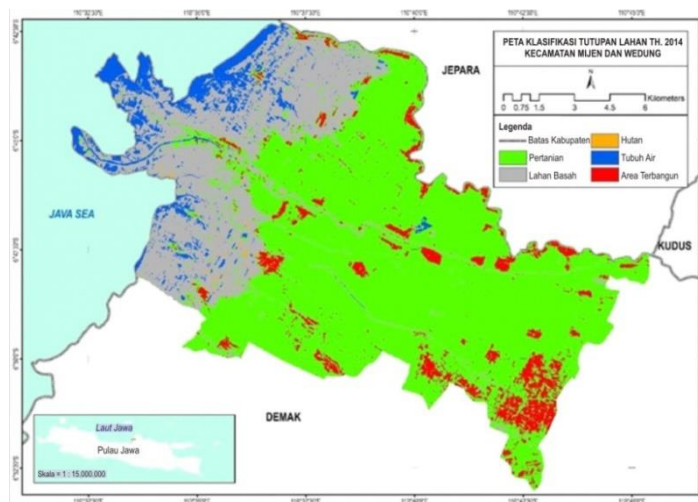
Areal penelitian ini dibagi ke dalam lima kelas tutupan lahan yaitu: areal terbangun, pertanian, lahan basah, hutan dan tubuh air. Gambaran lebih jelasnya disajikan dalam gambar 2, 3 dan 4 berikut.



Gambar 2. Peta Tutupan Lahan Kecamatan Mijen dan Wedung Tahun 2000.



Gambar 3. Peta Tutupan Lahan Kecamatan Mijen dan Wedung Tahun 2009.



Gambar 4. Peta Tutupan Lahan Kecamatan Mijen dan Wedung Tahun 2014.

Areal terbangun mengalami pertumbuhan secara nyata tiap periodenya. Menariknya, mereka berubah dari lokasi-lokasi yang terpisah pada awalnya kemudian menjadi pemukiman-pemukiman yang berkumpul yang diketahui sebagai desa/dusun. Kebanyakan desa/dusun tersebut berlokasi di sepanjang batas kabupaten.

Yang patut disayangkan, perkembangan areal terbangun pada tahun 2009 tidak tergambarkan secara jelas. Hal ini disebabkan kualitas citra satelit tidak cukup bagus walaupun itu merupakan gambar terbaik pada saat itu. Beberapa bagian citra Landsat 2009 mengalami bias dan distorsi warna. Jalan keluar guna mengetahui pertumbuhan areal terbangun pada periode itu dihitung dari jumlah dan luasan kelas pemukiman.

Sementara itu pada tahun 2000, hutan tampak berada di sepanjang pesisir utara kecamatan Wedung. Jumlahnya semakin mengecil dan hampir menghilang pada tahun 2009 dan 2014. Hal ini disebabkan karena sebagian dari mereka berubah menjadi lahan basah (contoh: tambak) dan terpengaruhi oleh arus pasang dan abrasi dari Laut Jawa.

4.2. Analisis Perubahan Tutupan Lahan

Analisis perubahan tutupan lahan menggunakan analisis matrik (pixel) *Maximum Likelihood*. Pola perubahan tutupan lahan tiap waktunya ditunjukkan dalam Tabel 1.

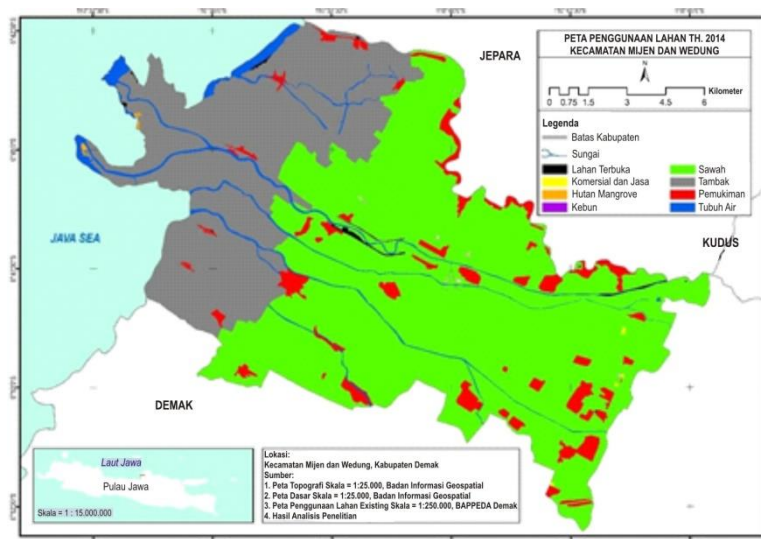
Tabel 1. Matrik Perubahan Tutupan Lahan Periode 2000 –2014.

Tutupan Lahan	Luasan(Ha)			Perubahan(Ha)	Persentase (%)
	2000	2009	2014	(2000-2014)	
Pertanian	9854	9189	9304	-550	-5.58
Lahan Basah	3735	4402	3802	67	1.79
Hutan	90	46	19	-71	-78.89
Tubuh Air	732	651	817	85	11.61
Areal Terbangun	494	618	963	469	94.94
JUMLAH	14905	14906	14905		

Berdasarkan matrik di atas, diketahui bahwa hutan dan lahan pertanian cenderung mengalami penurunan. Sementara itu, areal terbangun selalu meningkat secara signifikan tiap waktu. Areal terbangun secara dramatis berubah menjadi hampir dua kali lipat selama kurun waktu 2000 hingga 2014 dengan rata-rata perubahannya 6,78%. Menariknya pertanian dan lahan basah memiliki tren yang sama namun dalam arti yang berlawanan. Selama 200-2009, lahan pertanian hilang sebanyak 665 Ha namun lahan basah meningkat dalam jumlah yang hampir sama. Hal ini didukung temuan bahwa para pemilik lahan di kecamatan Mijen dan Wedung mengubah lahan yang dimiliki menjadi tambak. Mereka beranggapan bahwa hasil tambak lebih menguntungkan daripada hasil pertanian.

4.3. Peta Penggunaan Lahan 2014

Berdasarkan jenis penggunaannya, lahan di kecamatan Mijen dan Wedung dibagi menjadi delapan jenis yaitu tanah kosong, komersial dan jasa, hutan mangrove, kebun, sawah, tambak, pemukiman dan tubuh air. Penelitian ini menemukan bahwa ada sedikit perbedaan antara peta tutupan dan penggunaan lahan tahun 2014 terutama pada kelas pemukiman. Hal ini terjadi disebabkan peta tutupan lahan ditaksir dengan citra satelit dengan resolusi yang lebih tinggi yaitu Aster dari Google Map; sementara penggunaan lahan membutuhkan verifikasi yang lebih detail dengan cek lapangan. Ada 70 titik sampel yang dipakai dalam verifikasi tutupan lahan dan 124 titik sampel penggunaan lahan. Namun secara umum, lokasi tiap penggunaan lahan tidak berbeda dengan tutupan lahan tahun 2014.



Gambar 5. Peta Penggunaan Lahan Kecamatan Mijen dan Wedung Tahun 2014.

4.4. Penilaian Akurasi dan Klasifikasi Penggunaan Lahan

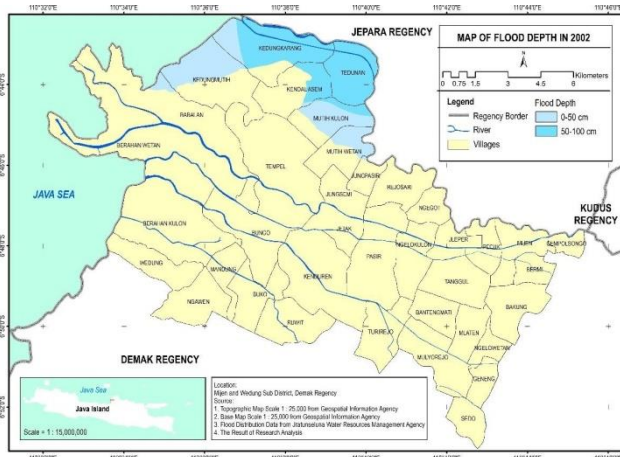
Berdasarkan perhitungan, akurasi pembuat tertinggi adalah tambak dengan 89,47% diikuti sawah (89,36%) dan pemukiman (76,19%). Nilai akurasi tersebut mengindikasikan bahwa tambak memiliki nilai kemungkinan paling tinggi terklasifikasi secara benar baik di peta maupun di lapangan. Akurasi paling rendah adalah tubuh air dengan 42,86% diikuti hutan mangrove dan kebun dengan nilai 50%.

Berdasarkan nilai akurasi pengguna, pemukiman menjadi paling akurat dengan nilai mencapai 84,21%. Dengan nilai yang hampir serupa adalah sawah yang mencapai 84%. Sementara itu, akurasi pengguna

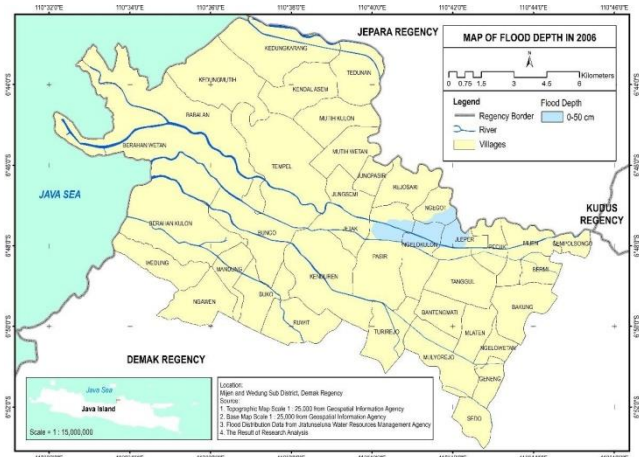
paling rendah adalah hutan mangrove (50%). Hutan mangrove sulit ditemukan karena areanya yang terbatas dan kebanyakan lokasinya berada di luar area studi. Hasil akurasi secara keseluruhan mencapai 78,23%. Hal ini menjelaskan bahwa sebanyak 78,23% hasil klasifikasi sesuai dengan data referensinya.

4.5. Kejadian Banjir

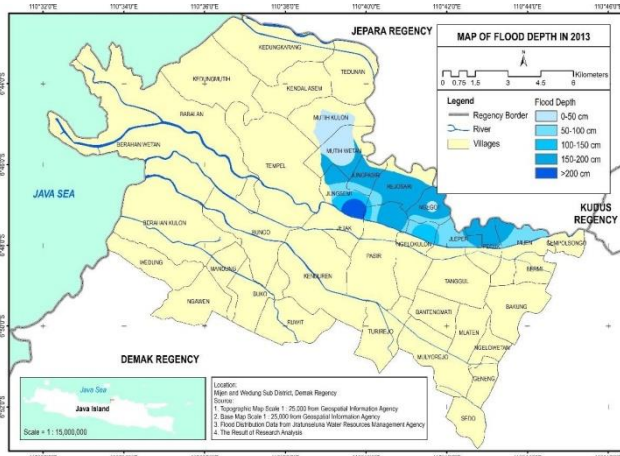
Kecamatan Mijen dan Wedung dilanda banjir dengan intensitas besar sebanyak empat kali selama periode 2000-2014. Tahun 2002, banjir sungai melanda di Kedung Karang, Tedunan, Kedung Mutih, Babalan, Kendal Asem, Mutih Wetan dan Mutih Kulon. Pada 24 Januari 2006, banjir terisolir di Jleper, Ngelokulon, Pasir dan beberapa area di desa Ngegot. Pada April 2013, banjir melanda kecamatan Mijen (Mijen, Pecuk, Jleper, Ngelokulon, Pasir, Ngegot dan Legosari) dan beberapa desa di kecamatan Wedung (Jungsemi, Mutih Wetan dan Mutih Kulon). Awal tahun 2014, banjir merendam desa yang berbatasan langsung dengan Jepara (dari Kedungkarang sampai desa Mijen). Selengkapnya dapat dilihat pada peta berikut.



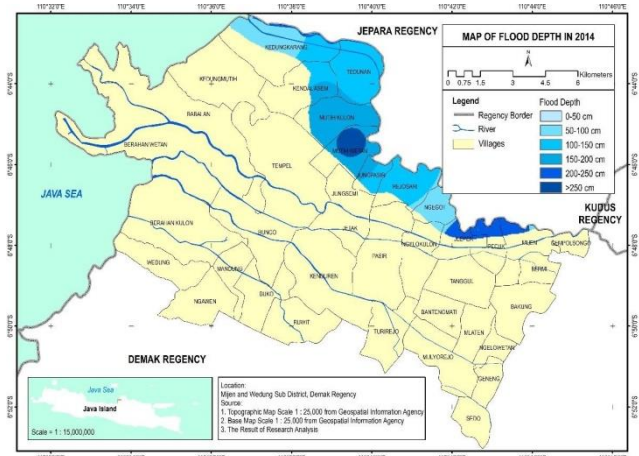
Gambar 6. Peta Kedalaman Banjir 2002



Gambar 7. Peta Kedalaman Banjir 2006



Gambar 8. Peta Kedalaman Banjir 2013



Gambar 9. Peta Kedalaman Banjir 2014

Dari empat kejadian banjir (2000, 2006, 2009 dan 2014), diketahui bahwa bencana ini dipengaruhi oleh banyaknya jumlah curah hujan. Data curah hujan menunjukkan bahwa kecamatan Mijen dan Wedung termasuk daerah yang memiliki intensitas hujan berat sampai dengan sangat berat. Jebolnya tanggul merupakan akibat dari tingginya intensitas curah hujan yang tidak mampu lagi ditampung oleh sungai maupun saluran irigasi. Khusus banjir 2002, ini diperparah oleh naiknya muka air laut akibat terjadinya pasang.

4.6. Sebab Akibat Banjir

Teknik kualitatif menggunakan informan kunci diterapkan guna memahami komponen dan hubungan antar komponen. Analisis deskriptif digunakan untuk menganalisa data yang dikumpulkan dari dinas serta hasil wawancara.

4.6.1 Penyebab dan Tekanan

Masing-masing informan kunci memiliki pendapat yang berbeda terkait faktor penyebab bencana banjir. Kebanyakan dari mereka menjelaskan bahwa tingginya intensitas curah hujan dan jebolnya tanggul sebagai penyebab utama banjir. Hal ini didukung pernyataan dari informan kunci.

“Bencana ini terjadi karena tingginya curah hujan, dangkalnya sungai dan rapuhnya struktur tanah. Faktor manusia bisa menjadi penyebab lainnya. Sebagian masyarakat menanam tanggul dengan rumput yang mampu mengurangi kekuatan tanggul.” (Informan 4, Kecamatan Mijen)

“Hujannya sangat tinggi. Faktor manusia juga berperan penting dalam banjir. Sikap yang tidak disiplin, seperti yang bisa kamu lihat, mereka membangun rumah di atas area irigasi. Ini seharusnya tidak diperbolehkan.” (Informan 3, Kecamatan Wedung)



Gambar 10. Banjir 2004 melanda desa Pecuk (kanan) dan Mijen (kiri) (BPBD, 2014).

4.6.2 Keadaan

Keadaan didefinisikan sebagai kondisi lingkungan. Kondisi disini berarti tingkatan fisik, biologis dan fenomena kimia dalam ruang dan waktu (baik kualitatif maupun kuantitatif). Kabupaten Demak (termasuk kecamatan Mijen dan Wedung) merupakan daerah paling rendah dalam wilayah DAS Jragung-Seluna. Mijen dan Wedung merupakan pembuangan akhir aliran sungai menuju Laut Jawa. Kemungkinan bencana banjir akan selalu ada terutama dari sungai dan tingginya air laut. Kemungkinan ini akan semakin besar jika intensitas curah hujan juga semakin besar.

“Banjir 2002 terjadi akibat kiriman air dari bagian hulu. Sementara, pasang air laut juga terjadi disaat yang bersamaan. Akibatnya limbah sungai tertahan oleh air laut dan menyebabkan kebanyakan daerah di kecamatan Wedung meliputi desa Babalan, Kedung Mutih, Kedung Karang, Tedunan, Kendalasesem, Mutih Kulon dan Mutih Wetan menjadi terendam banjir.” (Informan 3, Kecamatan Wedung)

4.6.3 Akibat

Bencana banjir di Mijen dan Wedung terutama tahun 2013 dan 2014 telah mengakibatkan banyaknya kerugian ekonomi. Berdasarkan dari laporan (BPSDA, 2014), sebanyak 6.400 rumah terendam banjir. Di sektor pertanian, kebanyakan tanaman padi muda umur 15-25 hari di sebelah utara sungai Wulan juga terendam. Jumlah kerugian banjir 2013 mencapai 10 milyar rupiah. Hal ini didukung oleh pernyataan informan kunci.

“Kita baru saja menanam padi 15 hari sebelumnya dan ketika banjir datang, kita tidak mendapatkan apa-apa. Kita tidak bisa melihat sawah karena seluruh tanaman terendam banjir.” (Informan 1, desa Pecuk)

“Di tahun 2014, banjir menggenangi seluruh wilayah di Kedung Mutih dimana semakin ke timur banjirnya semakin dalam. Di kantor desa, kedalaman banjir mencapai 50 cm, di tempat yang lain bisa mencapai 1,5 meter.” (Informan 2, desa Kedung Mutih)

Secara umum dampak banjir sungai di kecamatan Mijen dan Wedung dibagi menjadi dampak terhitung dan dampak tidak dapat terhitung. Dampak terhitung meliputi hasil pertanian, panen, pendapatan

dan kerusakan bangunan; sedangkan dampak tidak terhitung meliputi kondisi traumatik yang dialami sebagian pengungsi.

4.6.4 Respon

Hasil wawancara menunjukkan bahwa indikator respon oleh masyarakat dapat dibagi kedalam tiga jenis yaitu:

a. Respon Teknis

Respon teknis dilakukan dengan memperbaiki dan membangun bangunan yang mampu mengurangi atau melindungi dari bencana banjir. Respon ini meliputi perbaikan tanggul dan pengerukan sungai.

b. Respon Pengetahuan Lokal

Respon ini berasal murni dari pengetahuan masyarakat serta sumber daya alami yang ada di sekitarnya guna mengatasi suatu permasalahan. Pembuatan *anjang*, pemilihan jenis padi dan tanaman yang tahan banjir adalah beberapa contoh dari respon ini. Hal ini sangat penting terutama bertujuan mengurangi kerugian di sektor pertanian.

c. Respon Kebijakan

Beberapa aturan kebijakan diusulkan guna menghindari bencana banjir di kemudian hari. Pembentukan Tim Reaksi Cepat, pelatihan pengelolaan bencana dan pelatihan penilaian dampak kerusakan oleh BPBD Demak serta aturan mekanisme operasional pintu air oleh BPSDA adalah beberapa produk kebijakan sebagai bentuk respon atas pengalaman banjir yang sudah terjadi.

4.7. Hubungan Antara Perubahan Penggunaan Lahan dan Banjir

Hasil analisis menunjukkan bahwa di daerah hilir (kecamatan Mijen dan Wedung), perubahan penggunaan lahan tidak secara langsung mempengaruhi kejadian banjir. Banjir yang terjadi di kecamatan Mijen dan Wedung lebih disebabkan oleh faktor meteorologi (tingginya curah hujan) dan faktor teknis (jebolnya tanggul). WMO- GWP(2007) menjelaskan bahwa curah hujan sebagai faktor meteorologis berperan dalam proses terjadinya banjir disamping faktor perubahan penggunaan lahan dan perambahan daerah genangan banjir oleh manusia. Di sisi lain, hilangnya hutan mangrove, adanya pemukiman ilegal dan pembangunan di sepanjang sempadan sungai telah mengurangi kapasitas tubuh sungai dalam menampung air. Sebagai konsekuensinya, jika terjadi hujan lebat, sungai tidak mampu menampung keseluruhan air yang masuk sehingga terjadi limpasan (*overflow*).

Namun demikian, banjir berpengaruh pada pola penggunaan lahan di Kecamatan Mijen dan Wedung. Areal terbangun yang meliputi pemukiman, komersial dan jasa lebih banyak dikembangkan di daerah yang tidak memiliki kejadian banjir. Hal ini terlihat di peta penggunaan lahan, dimana bagian selatan kecamatan Mijen dan Wedung lebih banyak dikembangkan untuk areal terbangun dibandingkan daerah utara.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan analisis, dapat disimpulkan bahwa faktor meteorologis (tingginya curah hujan) dan faktor teknis (jebolnya tanggul penahan) menjadi penyebab utama terjadinya banjir sungai di kecamatan Mijen dan Wedung. Perubahan tutupan lahan hanya sedikit mempengaruhi kejadian banjir, namun sebaliknya banjir telah mempengaruhi pola penggunaan lahan di bagian utara dan selatan kecamatan Mijen dan Wedung. Guna mendapatkan hasil yang komprehensif, penelitian sejenis perlu dilakukan di wilayah dan atau bagian Daerah Aliran Sungai yang lain.

DAFTAR PUSTAKA

- Anderson, J. R., Hardy, E. E., Roach, J. T., Witmer, R. E., & Peck, D. L. (1976). A Land Use And Land Cover Classification System For Use With Remote Sensor Data. *A Revision of the Land Use Classification System as Presented in U.S. Geological Survey Circular 671*, 964, 41.
- Benini, L., Bandini, V., Marazza, D., & Contin, A. (2010). Assessment of land use changes through an indicator-based approach : A case study from the Lamone river basin in Northern Italy, *10*, 4–14.

- Ding, H., Wang, R.-C., Wu, J.-P., Zhou, B., Shi, Z., & Ding, L.-X. (2007). Quantifying Land Use Change in Zhejiang Coastal Region, China Using Multi-Temporal Landsat TM/ETM+ Images. *Pedosphere*, 17(6), 712–720.
- Dinkes. (2012). *Profil Kesehatan Kabupaten Demak Tahun 2011* (p. 70). Demak: Regional Health Agency.
- EEA. (1999). *Environmental Indicators: Typology dan Overview*, (No. 25). Copenhagen.
- El-Raey, M., Fouda, Y., & Gal, P. (2000). GIS for Environmental Assessment of The Impacts of Urban Encroachment on Rosetta Region, Egypt. *Environmental Monitoring and Assessment*, 60(2), 217–233.
- Genxu, W., Yu, Z., Guimin, L., & Lin, C. (2006). Impact of land-use change on hydrological processes in the Maying River basin, China, 49(10), 1098–1110.
- Greene, R. P., & Harlin, J. M. (1995). Threat to High Market Value Agricultural Lands from Urban Encroachment: A National and Regional Perspective. *The Social Science Journal*, 32(2), 137–155.
- Guo, L., Wang, D., Qiu, J., Wang, L., & Liu, Y. (2009). Spatio-Temporal Patterns of Land Use Change Along the Bohai Rim in China During 1985-2005. *Journal of Geographical Sciences*, 19(5), 568–576.
- Gupta, S., & Roy, M. (2012). Land Use / Land Cover classification of an urban area- A case study of Burdwan Municipality, India, 2(4), 1014–1026.
- Kagalou, I., Leonardos, I., Anastasiadou, C., & Neofytou, C. (2012). The DPSIR Approach for an Integrated River Management Framework. A Preliminary Application on a Mediterranean Site (Kalamas River - NW Greece). *Water Resources Management*, 26(6), 1677–1692.
- Liu, J., Wang, S., & Li, D. (2014). The Analysis of the Impact of Land-Use Changes on Flood Exposure of Wuhan in Yangtze River Basin, China, (28), 2507–2522.
- Mustopa, Z. (2011). *Analisis Faktor-faktor yang Mempengaruhi Alih Fungsi Lahan Pertanian di Kabupaten Demak*. Diponegoro University.
- Pirrone, N., Trombino, G., Cinnirella, S., Algieri, a., Bendoricchio, G., & Palmeri, L. (2005). The Driver-Pressure-State-Impact-Response (DPSIR) approach for integrated catchment-coastal zone management: Preliminary application to the Po catchment-Adriatic Sea coastal zone system. *Regional Environmental Change*, 5(2-3), 111–137.
- Richards, J. A., & Jia, X. (2006). *Remote Sensing Digital Image Analysis* (4th ed.). Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Shalaby, A., & Tateishi, R. (2007). Remote sensing and GIS for mapping and monitoring land cover and land-use changes in the Northwestern coastal zone of Egypt. *Applied Geography*, 27(1), 28–41.

LAMPIRAN

List Kode Informan Kunci

Kode	Nama	Pekerjaan
Informan1	Azizah	Plh. Sekertaris Desa Pecuk
Informan2	AhmadMushonef	Plh. Sekertaris Desa Kedung Mutih
Informan3	Syahrie Muhammad, S.E.,MP.	Camat Wedung
Informan4	AnangRuhayat	Camat Mijen

APLIKASI SIG UNTUK PEMETAAN ZONA KERENTANAN GERAKAN TANAH (STUDI KASUS: KABUPATEN DAN KOTA MOJOKERTO)

Robby Arafad¹, Yanto Budisusanto²

¹ Program Sarjana Teknik Geomatika, Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Email: robyarafad@yahoo.com, yanto_b@geodesy.its.ac.id

² Teknik Geomatika, Institut Teknologi Sepuluh Nopember

*Corresponding author: robyarafad@yahoo.com

ABSTRAK

Dalam beberapa tahun belakangan, bencana akibat gerakan tanah makin sering terjadi, bahkan tak jarang memakan korban jiwa, kerusakan infrastruktur dan kehancuran lahan. Karena itu perlu adanya suatu peta zona kerentanan gerakan tanah sebagai upaya preventif dalam penanggulangan bencana gerakan tanah yang belum terjadi dan sebagai salah satu parameter pertimbangan pengambilan keputusan bagi instansi terkait untuk meminimalisir kerusakan infrastruktur maupun korban jiwa. Dalam Keputusan Menteri Energi dan Sumberdaya Mineral No.1452/K/10/MEM/2000 dijelaskan bahwa untuk membuat peta zona kerentanan gerakan tanah dapat dilakukan salah satunya menggunakan metode tidak langsung dengan analisa SIG. Peta geologi, peta kemiringan lereng, peta tata guna lahan dan peta sebaran gerakan tanah sebagai peta parameter ditumpang tindih kemudian di analisa untuk menentukan zona kerentanan gerakan tanah. Wilayah studi kasus penelitian adalah di Kabupaten dan Kota Mojokerto, Jawa timur. Analisa yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari perhitungan kerapatan (density) dan *skoring* nilai bobot (weight value) masing-masing peta parameter untuk mendapatkan nilai total kerentanan gerakan tanah. Nilai ini kemudian dihitung dengan metode statistik untuk penentuan klasifikasi zona kerentanan gerakan tanah yang dibagi atas: zona sangat rendah, rendah, menengah, dan tinggi. Dalam penelitian ini, diperoleh nilai minimum perhitungan bobot sebesar -0.0902 dan maksimum sebesar 0.178.

KATA KUNCI: Kerentanan gerakan tanah, SIG, Density, Weight value

1. PENDAHULUAN

Dalam Keputusan Menteri Energi dan Sumberdaya Mineral No.1452/K/10/MEM/2000 dijelaskan bahwa untuk membuat peta zona kerentanan gerakan tanah dapat dilakukan dengan 3 metode, yakni: tidak langsung, langsung, dan gabungan. Metode langsung adalah pemetaan zona kerentanan gerakan tanah dengan menggunakan data hasil pemetaan langsung di lapangan dengan memperhitungkan faktor: morfologi, litologi, struktur geologi dan lain-lain. Sedangkan metode tidak langsung adalah dengan prosedur analisis tumpang tindih (*overlaying*) untuk mencari pengaruh faktor-faktor yang terdapat pada peta-peta parameter terhadap sebaran (distribusi) gerakan tanah, kemudian dengan analisis menggunakan SIG (Sistem Informasi Geografis) dapat ditentukan zonasi kerentanan gerakannya. Sedangkan metode gabungan adalah gabungan antara metode langsung dan tidak langsung.

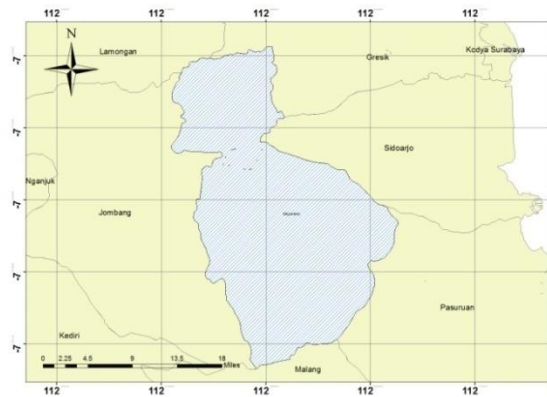
Pemetaan zona kerentanan gerakan tanah dilakukan dalam lingkup wilayah yang luas. Jika dilakukan dengan turun langsung ke lapangan, akan memakan waktu yang lama, biaya yang tidak sedikit serta tidak semua wilayah dapat dijangkau oleh peneliti. Untuk itu, penulis memilih metode SIG yang dapat digunakan untuk menjangkau semua wilayah dan analisa yang dilakukan dapat dilakukan dalam jangka waktu yang relatif singkat.

Berdasarkan struktur tanahnya, wilayah Kabupaten Mojokerto cenderung cekung ditengah-tengah dan tinggi di bagian selatan dan utara. Bagian selatan merupakan wilayah pegunungan dengan kondisi tanah yang subur, yaitu meliputi Kecamatan Pacet, Trawas, Gondang, dan Jatirejo. Bagian tengah merupakan wilayah dataran sedang, sedangkan bagian utara merupakan daerah perbukitan kapur yang cenderung kurang subur. Sekitar 30% dari keseluruhan wilayah Kabupaten Mojokerto, tingkat kemiringan tanahnya lebih dari 15 derajat, sedangkan sisanya merupakan wilayah dataran sedang dengan tingkat kemiringan kurang dari 15 derajat. Pada umumnya tingkat ketinggian wilayah di Kabupaten Mojokerto rata-rata berada kurang dari 500 meter diatas permukaan laut, dan hanya Kecamatan Pacet dan Trawas yang merupakan daerah terluas yang memiliki daerah dengan ketinggian lebih dari 700 meter di atas permukaan laut. Sehingga kemungkinan bencana gerakan tanah sangat mungkin terjadi.

2. LOKASI PENELITIAN

Penelitian dilakukan di daerah Kabupaten dan Kota Mojokerto, Jawa timur. Secara geografis wilayah Kabupaten Mojokerto terletak antara 7°18'35" s/d 7°47" LS dan antara 111°20'13" s/d 111°40'47" BT.

Berdasarkan struktur tanahnya, wilayah Kabupaten Mojokerto cenderung cekung ditengah-tengah dan tinggi di bagian selatan dan utara. Bagian selatan merupakan wilayah pegunungan dengan kondisi tanah yang subur, yaitu meliputi Kecamatan Pacet, Trawas, Gondang, dan Jatirejo. Bagian tengah merupakan wilayah dataran sedang, sedangkan bagian utara merupakan daerah perbukitan kapur yang cenderung kurang subur.



Gambar 1. Lokasi Penelitian

3. METODOLOGI

Dalam lampiran Keputusan Menteri Energi dan Sumberdaya Mineral No.1452/K/10/MEM/2000 dijelaskan bahwa untuk membuat peta zona kerentanan gerakan tanah dapat dilakukan dengan beberapa metode, salah satunya metode tidak langsung. metode tidak langsung dilakukan dengan prosedur analisis tumpang tindih (overlaying) untuk mencari pengaruh faktor-faktor yang terdapat pada peta-peta parameter terhadap sebaran (distribusi) gerakan tanah, kemudian dilakukan perhitungan menggunakan peta parameter geologi, kelas kemiringan lereng, dan unit tata guna lahan yang berpengaruh terhadap kejadian gerakan tanah.

Pembuatan peta kerentanan gerakan tanah wilayah Kabupaten dan Kota Mojokerto ini didasarkan pada perhitungan kerapatan dan nilai bobot dari setiap satuan peta geologi, kelas kemiringan lereng, unit penggunaan lahan pada peta parameter.

Untuk menghitung kerapatan dari peta parameter digunakan rumus sebagai berikut:

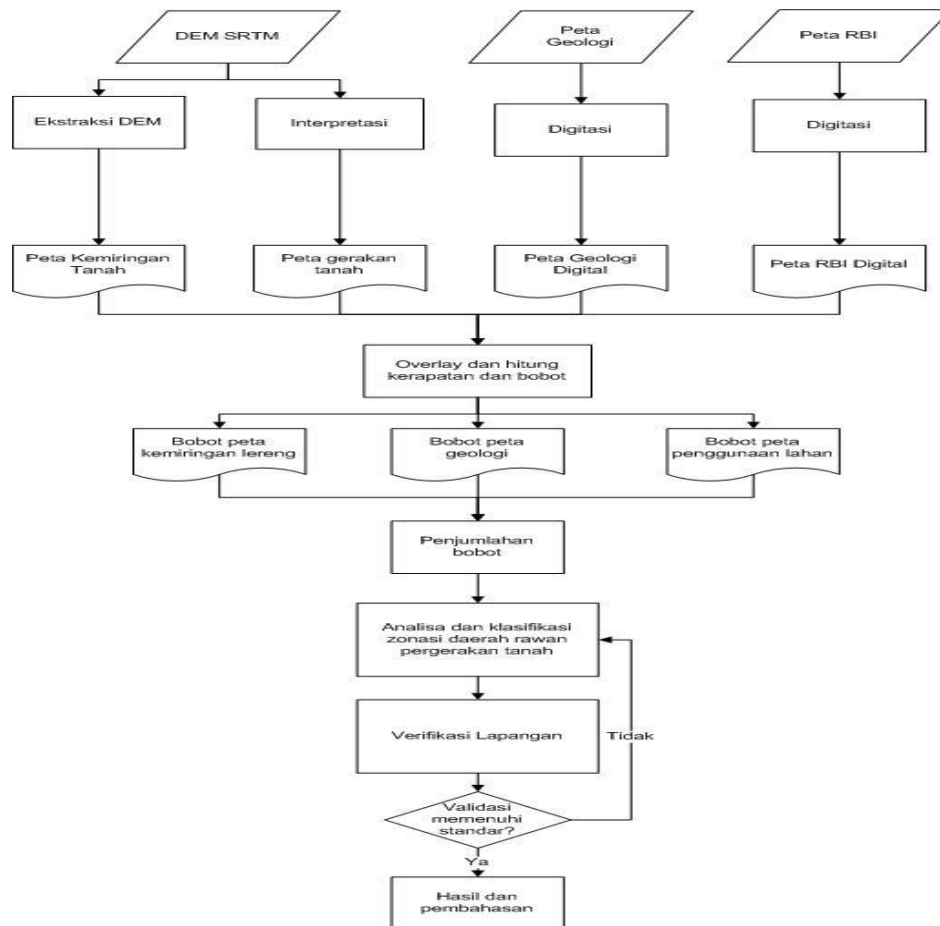
$$\text{Kerapatan (unit/klas/tipe)} = \frac{\text{luas gerakan tanah (pada unit, klas, atau tipe)}}{\text{luas wilayah}}$$

Sedangkan nilai bobot dari tiap unit/klas/tipe pada setiap peta parameter dihitung sebagai berikut :

$$\text{Nilai bobot} = \frac{\text{luas gerakan tanah (pada unit, klas, atau tipe)}}{\text{luas wilayah}} \times \frac{\text{luas seluruh gerakan pada peta}}{\text{luas seluruh daerah peta}}$$

Nilai bobot yang diperoleh dijumlahkan dan kemudian dikelompokkan menjadi empat kelas dengan menggunakan batas atas untuk tiap kelas, yaitu zona kerentanan gerakan tanah sangat rendah, zona kerentanan gerakan tanah rendah, zona kerentanan gerakan tanah menengah, dan zona kerentanan gerakan tanah tinggi.

Proses pembuatan peta kerentanan gerakan tanah wilayah Kabupaten dan Kota Mojokerto ini mengikuti diagram alir di bawah ini:



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

Untuk membuat peta kerentanan gerakan tanah Kabupaten dan Kota Mojokerto digunakan data antara lain:

- Peta Rupa Bumi Indonesia (RBI) digital Skala 1:25.000 wilayah Kabupaten Mojokerto (BAKOSURTANAL)
- Peta Geologi skala 1:100.000 lembar Mojokerto (Indeks no. 1508-6), Kediri (Indeks no. 1508-3), Malang (Indeks no. 1608-1), Surabaya (Indeks no. 1608-4) tahun 1983 (Pusat penelitian dan Pengembangan Geologi)
- DEM SRTM 30 m wilayah Mojokerto

Selain ketiga data diatas, diperlukan juga peta sebaran gerakan tanah sebagai salah satu peta parameter dalam penyusunan peta kerentanan gerakan tanah ini. Peta sebaran gerakan tanah merupakan Peta sebaran gerakan tanah merupakan salah satu parameter penting dalam penyusunan peta zona gerakan tanah. Peta ini umumnya dihasilkan dari hasil pemetaan (pengukuran) langsung di lapangan yang dibagi dalam dua wilayah, yaitu wilayah yang mempunyai gerakan tanah dan wilayah yang tidak mempunyai gerakan tanah (Djadja, 1999). Dalam pembentukan peta sebaran gerakan tanah, pendekatan interpretasi visual DEM STRM 30m dilakukan untuk memetakan sebaran longsor.

Interpretasi dilakukan di *software Global Mapper*. Penampakan daerah longsor berupa torehan-torehan pada perbukitan membentuk alur-alur ke arah lembah. Torehan tersebut menyerupai bentuk tapal kuda dengan arah longsor ke arah lembah yang lebih dalam. Di samping itu penampakan longsor dapat dicirikan oleh bentuk gawir yang terjal, pola rekahan sejajar dengan tebing longsor dan kelembaban tanah di lereng bawah tebing. Bentuk longsor tersebut didelineasi secara visual baik gawir longsor, arah longsor, pola rekahan, dan bidang gelincir (sliding plane), maupun areal longsor, dan akhirnya membentuk peta sebaran longsor. (Yunarto, 2012)

Peta kemiringan lahan diekstraksi menggunakan *ArcMap*, sebagai salah satu perangkat lunak yang dapat membentuk kemiringan lereng, yang kemudian dibagi enam satuan kelas berdasarkan klasifikasi Nichols and Edmunson (1975) yang diacu dalam Keputusan Menteri Energi dan Sumberdaya Mineral

No.1452/K/10/MEM/2000. Kelas kemiringan lereng dibagi atas 6 kelas berdasarkan keputusan tersebut yakni: datar (0-5%), (5-15%), agak terjal (15-30%), terjal (30 - 50%), sangat terjal (50-70%), (> 70%).

Prosedur penyusunan peta kerentanan gerakan tanah menurut Keputusan Menteri Energi dan Sumberdaya Mineral No.1452/K/10/MEM/2000 antara lain:

1. Tumpang tindih antara peta parameter.
2. Hitung luas daerah yang terkena gerakan tanah dan luas seluruh peta.
3. Hitung kerapatan gerakan tanah (dalam persen) pada seluruh daerah peta.
4. Hitung kerapatan gerakan tanah (dalam persen) pada setiap unit/klas/tipe.
5. Hitung nilai bobot pada tiap unit/klas/tipe.
6. Pemberian nomor (urutan) nilai bobot pada tiap parameter.
7. Membuat tabel klasifikasi untuk mengklasifikasi ulang nilai bobot berdasarkan nilai parameter.
8. Jumlahkan semua nilai semua nilai dari tiap peta parameter.
9. Klasifikasikan hasil dari penjumlahan maksimal dibagi menjadi 4 zona, yaitu zona: kerentanan sangat rendah, rendah, menengah dan tinggi.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dan analisis dari hubungan antara peta sebaran gerakan tanah dengan peta geologi, peta kemiringan lereng, dan peta penggunaan lahan berupa nilai bobot yang diperoleh dari penjumlahan unit, kelas, dan tipe dapat dilihat pada tabel 1,2 dan 3. Secara garis besar hubungan antar peta parameter tersebut dapat dijelaskan sebagai berikut.

4.1 Hubungan antara peta geologi dan peta sebaran gerakan tanah

Hubungan antara peta geologi dan peta sebaran gerakan tanah ditunjukkan oleh tabel 1. *Range* bobot hasil penjumlahan geologi terhadap sebaran gerakan tanah berkisar antara -0.02682 hingga 0.05367. Bobot paling tinggi terdapat pada formasi batuan gunungapi anjasmara muda sebesar 0.05367. Sedangkan bobot paling rendah terdapat pada formasi jombang sebesar -0.02682.

Tabel 1. Hubungan antara peta geologi dan peta sebaran gerakan tanah.

Simbol	Formasi	Luasan (m ²)	Luas gerakan (m ²)	Densitas	bobot
QTp	Formasi Pucangan	50722783.490	2689175.012	0.053	0.02620
Tpso	Formasi Sonde	2396154.449	105943.169	0.044	0.01740
Qpk	Formasi kabuh	38657797.88	305035.6125	0.008	-0.01892
Qv	Batuan gunungapi kuartar atas	308116510.713	6368400.944	0.021	-0.00615
Qp	Batuan Gunungapi Kuartar Bawah	1603228.586	81683.22657	0.051	0.02413
Qvdl	Endapan lahar	10558397.003	162823.187	0.015	-0.01139
Qpk	Formasi kabuh	38657797.88	305035.6125	0.008	-0.01892
Qpat	Batuan gunungapi anjasmara tua	9740226.395	783034.006	0.080	0.05358
Qpva	batuan gunungapi anjasmara muda	158857384.846	12785849.329	0.080	0.05367
Qvaw	Batuan gunungapi arjuna-welirang	54075983.613	2972474.058	0.055	0.02815
Qpj	Formasi Jombang	5504660.374	0.000	0	-0.02682
Qp	Batuan Gunungapi Kuartar Bawah	1603228.586	81683.22657	0.051	0.02413
Qa	Aluvium	337926105.826	454010.465	0.001	-0.02547
QTI	Formasi lidah	21304927.259	258233.0188	0.012	-0.01469
Qpnv	Formasi notopuro	10241895.974	86123.058	0.008	-0.01841

4.2 Hubungan antara peta penggunaan lahan dan peta sebaran gerakan tanah

Hubungan antara peta penggunaan lahan dan peta sebaran gerakan tanah ditunjukkan oleh tabel 2. *Range* bobot hasil penjumlahan parameter penggunaan lahan terhadap parameter sebaran gerakan tanah

berkisar antara -0.02681542 hingga 0.056255565. Bobot tertinggi terdapat pada hutan lahan kering sebesar 0.056255565. Sedangkan bobot terendah terdapat pada tempat tinggal sebesar -0.02681542.

Tabel 2. Hubungan antara peta penggunaan lahan dan peta sebaran gerakan tanah.

Nama	Luasan (m ²)	Luas Gerak Tanah (m ²)	Densitas	Bobot
Alang-alang	50147903.81	1566968.923	0.031246948	0.004431532
hutan lahan kering	115060435.2	9558183.16	0.08307098	0.056255565
Perkebunan	161056363.7	7620955.983	0.047318565	0.020503149
Permukiman	131191927.7	650047.1204	0.004954932	-0.02186048
Sawah	358847387.8	3598543.103	0.01002806	-0.01678736
tempat tinggal	835160.9986	0	0	-0.02681542

4.3 Hubungan antara peta kelas kemiringan lereng dan peta sebaran gerakan tanah

Hubungan antara peta kelas kemiringan lereng dan peta sebaran gerakan tanah ditunjukkan oleh tabel 3. *Range* bobot hasil penjumlahan parameter kelas kemiringan lereng terhadap parameter sebaran gerakan tanah berkisar antara -0.025106339 hingga 0.068294202. Bobot tertinggi terdapat kelas kemiringan lereng 30-70% sebesar 0.056255565. Sedangkan bobot terendah terdapat pada kelas kemiringan lereng 5-10% sebesar -0.02681542.

Tabel 3. Hubungan antara peta kelas kemiringan lereng dan peta sebaran gerakan tanah.

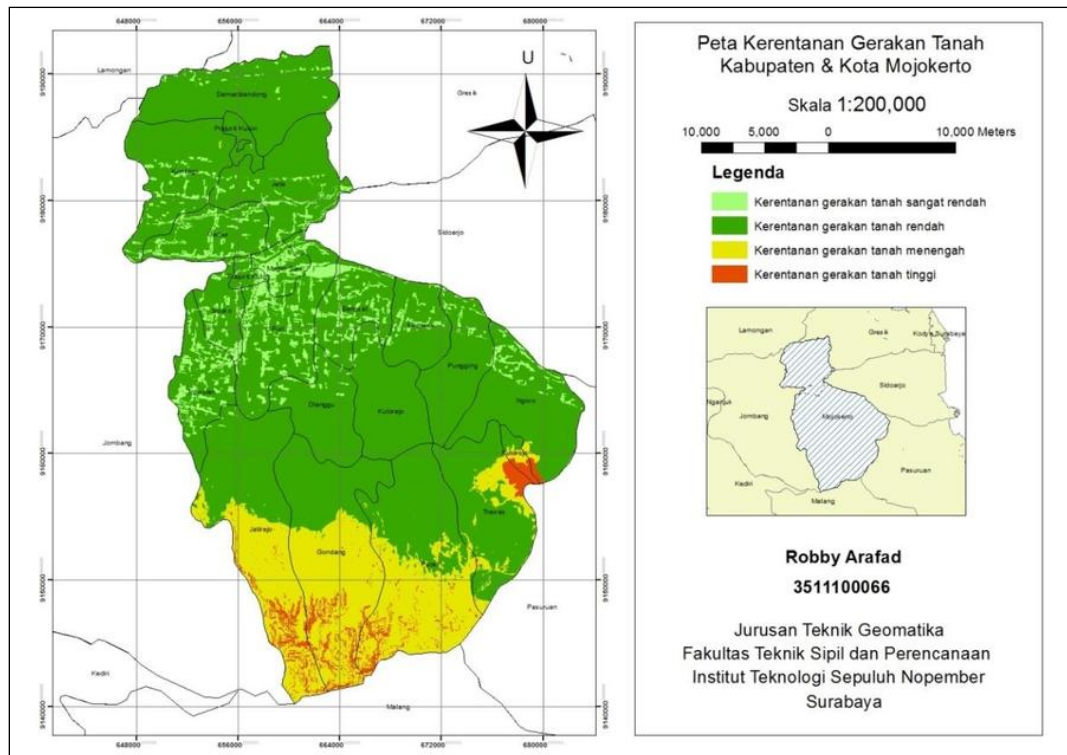
Kemiringan	Luasan (m ²)	Luas Gerakan Tanah (m ²)	Density	Bobot
0-5%	744555024.6	8009135.023	0.010757	-0.016058474
5-10%	300277.1908	513.1966176	0.001709	-0.025106339
10-15%	548285.2568	5723.344989	0.010439	-0.016376789
15-30%	226341498.3	15570399.001	0.068792	0.041976207
30-70%	22153816.82	2107041.045	0.09511	0.068294202
> 70%	15754734.56	1379380.055	0.087553	0.060737951

Setelah bobot masing-masing parameter peta geologi, peta penggunaan lahan, dan peta kelas kemiringan lereng terhadap peta sebaran gerakan tanah diperoleh, langkah selanjutnya adalah meng-*overlay* masing-masing poligon pada masing-masing unit, kelas serta tipe tersebut dan kemudian menjumlahkan nilai bobot yang terdapat pada poligon yang saling tumpang susun tersebut.

Range bobot hasil penjumlahan seluruh parameter yang ada pada peta geologi, peta penggunaan lahan dan peta kelas kemiringan berkisar antara -0.0902 hingga 0.1782. Keseluruhan poligon yang ada setelah proses overlay dan penjumlahan berjumlah 44.451 poligon. Selanjutnya seluruh poligon ini diurutkan mulai dari skor terkecil hingga yang terbesar. Hasil penjumlahan bobot ini dikelompokkan menjadi 4 kelas sesuai urutannya, yaitu: Kerentanan gerakan tanah sangat rendah, rendah, menengah dan tinggi. (gambar 3)

Masing-masing *range* bobot yang ada dibagi kedalam kelas kerentanan tertentu secara statistik dengan hasil sebagai berikut:

5. Kerentanan tanah sangat rendah : -0.0902 s.d -0.05831
6. Kerentanan tanah rendah : -0.05831 s.d 0.07455
7. Kerentanan tanah menengah : 0.07455 s.d 0.15269
8. Kerentanan tanah tinggi : 0.15269 s.d 0.1782



Gambar 3. Peta Kerentanan Gerakan Tanah Kabupaten dan Kota Mojokerto

Setelah melalui tahapan perhitungan, didapatkan Peta Kerentanan Gerakan Tanah Kabupaten dan Kota Mojokerto. Dari hasil yang didapat, Wilayah dengan kerentanan gerakan tanah sangat rendah tercatat seluas 68483676.26 m², Wilayah dengan kerentanan gerakan tanah rendah seluas 736542603.4m², Wilayah dengan kerentanan gerakan tanah menengah seluas 178763508.2m², dan Wilayah dengan kerentanan gerakan tanah tinggi seluas 26515005.07m².

Dari keseluruhan luasan area penelitian (Kabupaten dan Kota Mojokerto), persentase area dengan kerentanan gerakan tanah sangat rendah adalah sebesar 6.76 %, persentase area dengan kerentanan gerakan tanah rendah sebesar 72.93 %, persentase area dengan kerentanan gerakan tanah menengah sebesar 17.7 %, sedangkan persentase area dengan kerentanan gerakan tanah tinggi adalah sebesar 2.61 %.

Hasil peta kerentanan gerakan tanah menunjukkan bahwa daerah Kabupaten dan Kota Mojokerto di dominasi oleh status kerentanan gerakan tanah tingkat rendah, diikuti tingkat menengah, sangat rendah dan yang paling kecil adalah tingkat kerentanan gerakan tanah tinggi. Daerah dengan tingkat kerentanan gerak sangat rendah tersebar di Kecamatan Trowulan, Soko, Puri, Bangsal, Mojosari, Pungging, Ngoro, Jetis, Kemlagi, Gedek, Magersari dan Prajurit Kulo. Sedangkan daerah dengan kerentanan gerakan tanah rendah tersebar diseluruh kecamatan yang ada di Kabupaten dan Kota Mojokerto. Daerah dengan tingkat kerentanan daerah menengah tersebar di sebagian Kecamatan Jatirejo, Gondang, Pacet, Trawas, Kutorejo dan Ngoro. Sedangkan daerah dengan tingkat kerentanan gerakan tanah tinggi berada di, Kecamatan Trawas, Pacet, Kutorejo, Pacet, Gondang, Jatirejo dan sebagian kecil kecamatan Ngoro.

Seluruh area dengan tingkat kerentanan gerakan menengah dan tinggi berada di wilayah selatan Kabupaten Mojokerto yang berbatasan dengan Kabupaten Jombang, Kabupaten Malang, dan Kabupaten Pasuruan. Di daerah perbatasan ini merupakan daerah dataran tinggi yang didominasi lereng terjal, serta terdapat beberapa gunung seperti: Gunung Penanggungan, Gunung Arjuno dan Gunung Welirang.

4.4 Verifikasi data lapangan

Untuk melihat kesesuaian hasil analisa SIG dalam pembobotan dengan keadaan dilapangan, dapat dilakukan dengan mengambil sampel dokumentasi beberapa titik yang disebar di beberapa area yang ada di dalam wilayah penelitian. Berikut adalah beberapa hasil verifikasi data lapangan terkait peta kerentanan gerakan tanah.

Tabel 4. Hasil verifikasi lapangan

No.	Gambar	Koordinat	Status Kerentanan
1		7°41'57.797" LS 112°32'58.459" BT	Menengah
2		7°39'1.159" LS 112°36'11.671" BT	Rendah
3		7°38'20.4" LS 112°34'44.4" BT	Rendah
4		7°40'1.2" LS 112°34'1.2" BT	Tinggi

5. KESIMPULAN

SIG dapat dijadikan metode alternatif dalam melakukan interpretasi dan mendelineasi area gerakan tanah pada citra untuk membuat peta sebaran gerakan tanah. Peta sebaran gerakan tanah ini merupakan salah satu parameter penting bersama dengan parameter lain (litologi, kemiringan lereng, dan tata guna lahan) dalam penyusunan peta zona kerentanan gerakan tanah. Dengan pendekatan SIG, memudahkan analisis tumpang tindih peta sebaran gerakan tanah dengan peta parameter (litologi, kelas kemiringan lereng dan tata guna lahan) untuk pemetaan zona kerentanan gerakan tanah dengan menggunakan metode tidak langsung.

Berdasarkan verifikasi lapangan pada menunjukkan kesesuaian antara hasil peta kerentanan gerakan tanah yang diperoleh dari penjumlahan bobot (*weight value*) dengan kondisi dilapangan. Artinya, metode ini dapat digunakan karakteristik yang sama secara regional, dan efektif untuk wilayah-wilayah yang sulit dijangkau. Optimalisasi peta zona kerentanan gerakan tanah dapat dicapai dengan cara menggabungkan antara metode langsung dan tidak langsung.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Orang tua Penulis yang terus mendukung serta mendoakan yang terbaik. Dan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu proses penelitian ini baik dukungan maupun bantuan materi.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, Chalid Idham ; Brahmantyo, Budi; Magetsari, Noer Azis;. (2004). *Geologi Fisik*. Bandung: PENERBIT ITB.
- Aronoff, S. (1989). *Geographic Information System: A Management Perspective*. Ottawa: WDL Publications.
- BSN. (2005). *Penyusunan Peta Zona Kerentanan Gerakan Tanah*. SNI 13-7124-2005.
- Longley, P. A., Goodchild, M. F., Maguire, D. J., & Rhind, D. W. (2001). *Geographic Information Systems and Science*. Chichester: John Wiley & Sons, Ltd.
- Mojokerto, B. K. (2015). *mojokertokab.go.id*. Retrieved from mojokertokab.go.id:mojokertokab.go.id/index.php?mn=profda&vi=geografis#top
- Prahasta, E. (2009). *Sistem Informasi Geografis Konsep-konsep Dasar (Perspektif Geodesi & Geomatika)*. Bandung: Informatika.
- Yunarto. (2012). Teknik Penginderaan Jauh dan Sistem Informasi Geografis untuk Pemetaan Zona Kerentanan Gerakan Tanah dengan Metode Tidak Langsung di Kabupaten Kuningan. *Buletin Geologi Tata Lingkungan*, 75-86.

APLIKASI GIS DAN PENGINDERAAN JAUH DALAM PENGEMBANGAN RESIKO API (*FIRERISK*) DI LANSEKAP KELAPA SAWIT: KASUS STUDI KALIMANTAN TENGAH, INDONESIA

Sakti Anggara*, Muhammad Silmi

Biodiversity Division, United Plantation – PT Surya Sawit Sejati, Kalimantan Tengah 74101

Email: saktibayu85@gmail.com silmie82@gmail.com

*Corresponding author: saktibayu85@gmail.com

ABSTRAK

Perusahaan kelapa sawit yang menganut prinsip keberlanjutan memiliki beban tanggungjawab besar dalam melindungi kualitas lingkungannya. Salah satu upaya perlindungan lingkungan adalah manajemen bahaya kebakaran di kawasan yang sudah tertanam sawit ataupun di kawasan konservasi tinggi (NKT). Dalam tahapannya, manajemen bahaya kebakaran harus memiliki sistem pengenalan daerah rawan bahaya sehingga pencegahan dan penanganan bisa dilakukan seefektif mungkin. Dalam studi ini kami mencoba menggambarkan tentang skema dalam pencegahan bahaya api yang telah dikembangkan di perkebunan Kalimantan Tengah berdasarkan data meteorology dari bulan Januari 2014 – September 2015, data spasial patrol harian yang diberi mandat untuk mendeteksi ancaman, data topografi yang didukung data penginderaan jauh resolusi menengah (SPOT dan LANDSAT) sebagai input pengenalan penggunaan lahan, ketersediaan bahan bakar dan parameter lainnya. Analisa spasial digunakan untuk memproduksi kawasan resiko rawan kebakaran yang akan dimanfaatkan oleh manajemen estate sebagai panduan aksi perlindungan kebun dari kebakaran.

KATA KUNCI: GIS, Penginderaan jauh, Resiko kebakaran, Kebun Kelapa Sawit

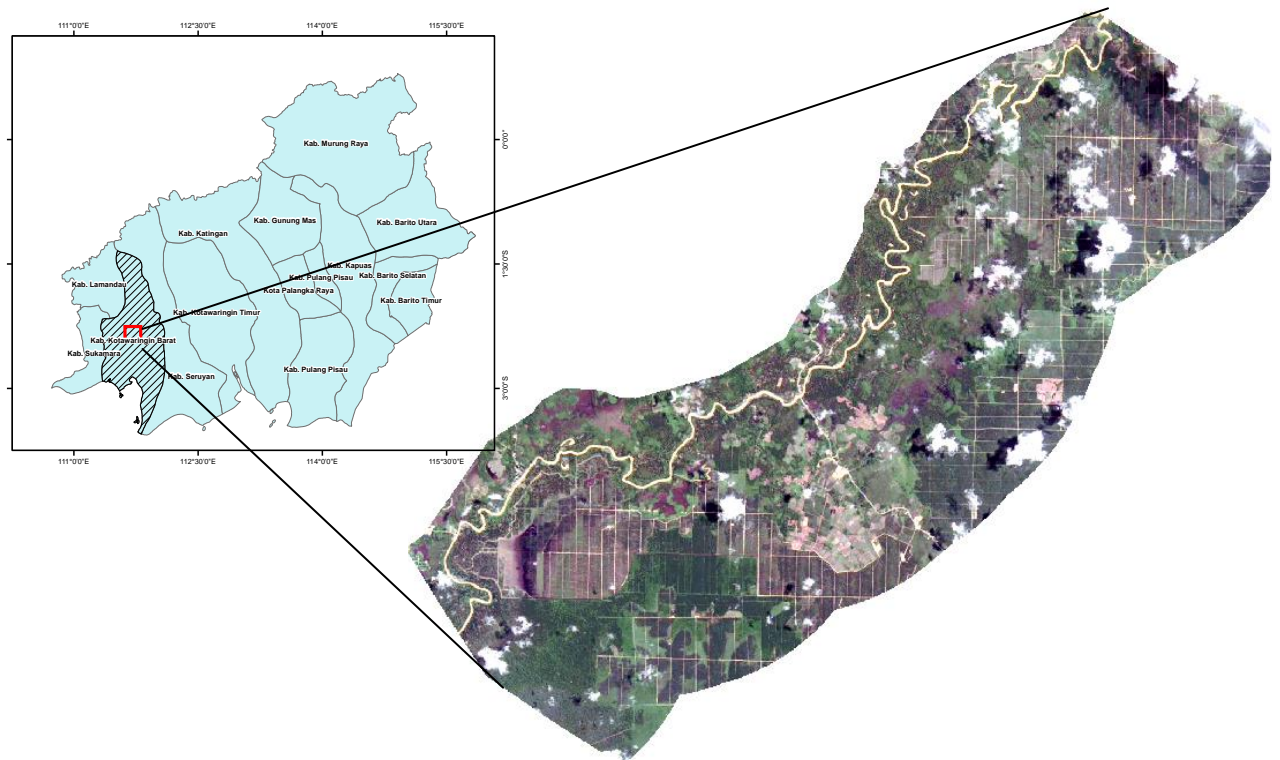
1. PENDAHULUAN

Kebutuhan dunia terhadap minyak kelapa sawit bersertifikasi *sustainable (certified sustainable palm oil)* semakin meningkat menyebabkan banyak perusahaan sawit berusaha menerapkan prinsip – prinsip keberlanjutan dalam pengelolaan kebunnya. Prinsip keberlanjutan berarti memiliki beban tanggungjawab yang besar terutama dalam perlindungan kualitas lingkungannya yang mengacu pada prinsip dan kriteria *Rountable Sustainable Palm Oil (RSPO)* ataupun *Indonesian Sustainable Palm Oil (ISPO)*. Penerapan prinsip dan kriteria yang akhir – akhir ini telah menjadi sorotan untuk perkebunan kelapa sawit adalah mengenai manajemen bahaya kebakaran baik yang telah tertanam sawit ataupun yang bernilai konservasi tinggi (NKT). Meskipun sudah banyak perusahaan yang menerapkan konsep *zero – burning* dalam pembukaan kebunnya (Wilmar, 2013, Noor, 2003) akan tetapi manajemen bahaya kebakaran di lansekap kelapa sawit harus tetap dilakukan agar pencegahan dan penanganan bisa dilakukan seefektif mungkin sehingga sistem pengenalan daerah rawan bahaya api sangat diperlukan. (Kalobodikis, 2015). Beberapa sistem pengenalan rawan bahaya api sudah banyak dikembangkan di banyak negara maju dengan menggunakan data observasi harian cuaca yang selalu update setiap hari sebagai sumber utama (Solichin, 2002) kemudian aktifitas manusia dan faktor lingkungan pun ditambahkan sebagai faktor resiko bahaya kebakaran (Mudiyarso, *et.al* 2002, Guettouche *et.al.* 2011). Penggabungan teknologi sistem informasi geografis dan data satellite dalam menghitung resiko kebakaran sudah lama dikenalkan dan banyak dilakukan karena kemampuannya yang sangat kuat dalam membangun *modelling* spasial dan variasi informasi yang ditawarkan. (Kuntz *et.al.*, 1995, Jaya *et.al.*, 2007, Vasilakos *et.al.*, 2007). Sehingga dalam penelitian ini kami mencoba mengaplikasikan SIG dan penginderaan jauh untuk membangun skema pengenalan daerah resiko kebakaran di areal kebun yang akan memberikan kemudahan bagi manajer kebakaran dalam mengambil langkah – langkah yang diperlukan dalam pencegahan dan penanganan bahaya kebakaran.

2. DAERAH KAJIAN

Daerah kajian mengambil lokasi utara dan selatan Sungai Arut, Kalimantan Tengah dengan luas areal 15000 ha berada pada ketinggian antara 10 m ke 50 m dpl. Topografi daerah penelitian didominasi

oleh dataran di daerah selatan dan sedikit perbukitan di daerah utara yang secara administratif berada di Kecamatan Arut Selatan, Kotawaringin Barat (Gambar 1).



Gambar 1. Daerah penelitian di Kotawaringin Barat, Kalimantan Tengah (RGB Komposit citra Landsat 8 OLI)

3. DATA DAN METODE

3.1 Koleksi Data

3.1.1 Aktifitas Manusia

Faktor manusia adalah komponen terpenting dalam banyak kejadian kebakaran. Sebuah sistem patroli harian (kecuali hari libur) dikembangkan untuk memantau dan mencatat aktivitas yang bisa menjadi ancaman bahaya kebakaran mulai dari bulan Januari 2014 hingga September 2015. Aktivitas - aktivitas yang sudah memiliki koordinat GPS kemudian disimpan dan dimanajemen dengan menggunakan perangkat lunak *Spatial Monitoring and Reporting Tool (SMART)*.

3.1.2 Tipe Bahan Bakar

Analisa tipe bahan bakar didasarkan kepada analisa tutupan vegetasi dan juga areal gambut yang ada pada kawasan penelitian. Tutupan vegetasi diperoleh dengan melalui interpretasi visual Landsat 8 OLI tahun 2014 untuk mendapatkan data tutupan lahan terbaru. Vegetasi hutan dan densitasnya serta tipe kebun sawit dianalisa ulang melalui citra SPOT 5 2010 terutama untuk menkonfirmasi kondisi tutupan sebelum pembukaan lahan sawit. Tipe hutan dibedakan menjadi hutan kerapatan tinggi, sedang, rendah dan sangat rendah. Adapun tipe kebun sawit dianalisa dengan memanfaatkan data lain seperti jaringan jalan dan peta kebun diperoleh kebun sawit dewasa (*mature oil palm*), dan muda (*immature oil palm*) yang berada pada manajemen perusahaan ataupun masyarakat. Data gambut diperoleh melalui digitalisasi peta moratorium gambut nomor 323/2011 yang juga dikonfirmasi dengan peta kebun dan cek lokasi. Beberapa penambahan terhadap areal gambut dilakukan apabila ada kenampakan gambut yang belum masuk dalam peta moratorium.

3.1.3 Data Cuaca

Sistem stasiun pencatat cuaca otomatis dipasang pada empat lokasi dengan tipe tutupan vegetasi yang berbeda yaitu di kebun kelapa sawit lahan gambut, hutan gambut kering, hutan gambut basah, dan kebun kelapa sawit lahan non – gambut. Setiap stasiun cuaca diatur untuk mencatat setiap 30 menit..

Beberapa parameter yang dicatat adalah ambient data (curah hujan, kecepatan angin maksimal, dan *temperature*).

3.1.4 Aksesibilitas

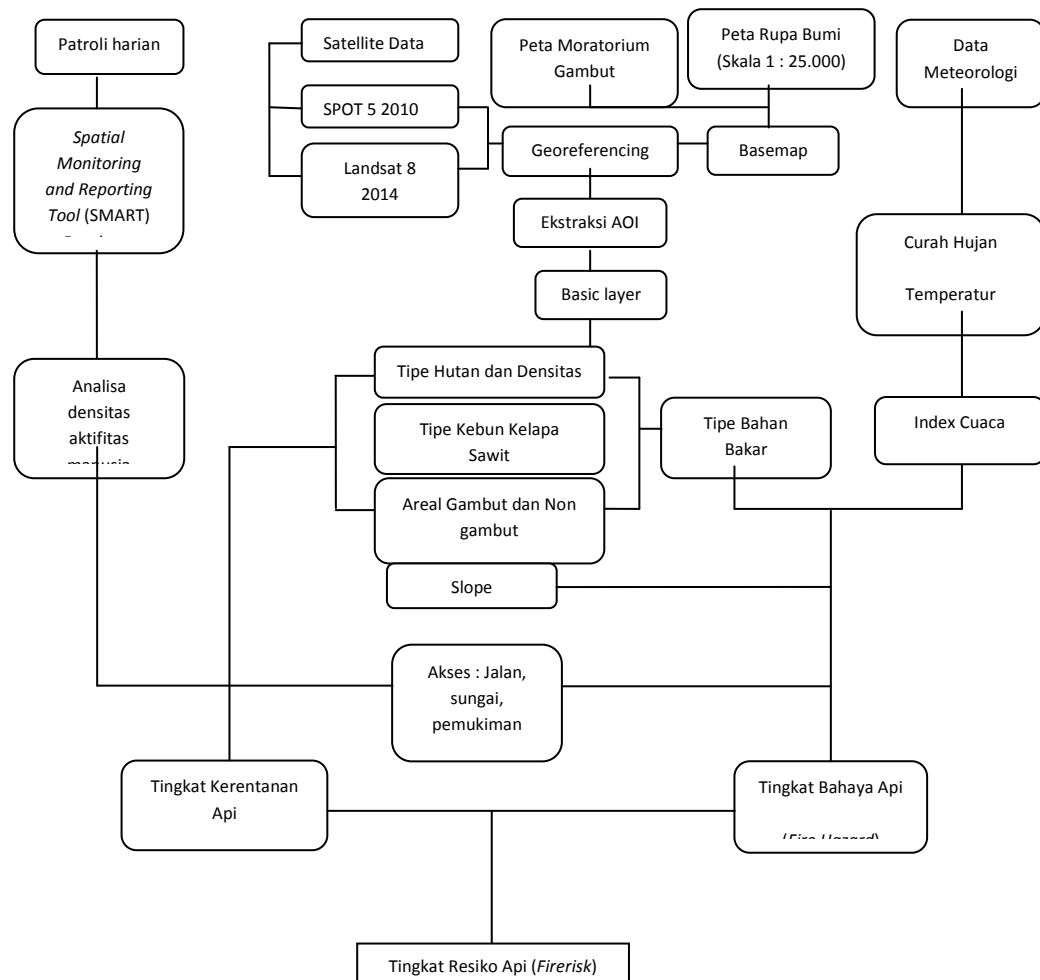
Data jalan, sungai dan lokasi pemukiman diperoleh melalui interpretasi visual dari citra Landsat 8 OLI 2014 yang didukung juga oleh data sekunder peta Rupa Bumi skala 1 : 25.000.

3.1.5 Data topografi dan lainnya

Data elevasi dan topografi berdasarkan data kontur peta rupa bumi (RBI) skala 1 : 25.000 yang memiliki kontur interval 12,5 meter. Analisa *Triangular Network* (TIN) dibangun untuk mendapatkan data slope dari lokasi kajian.

3.2 Metode

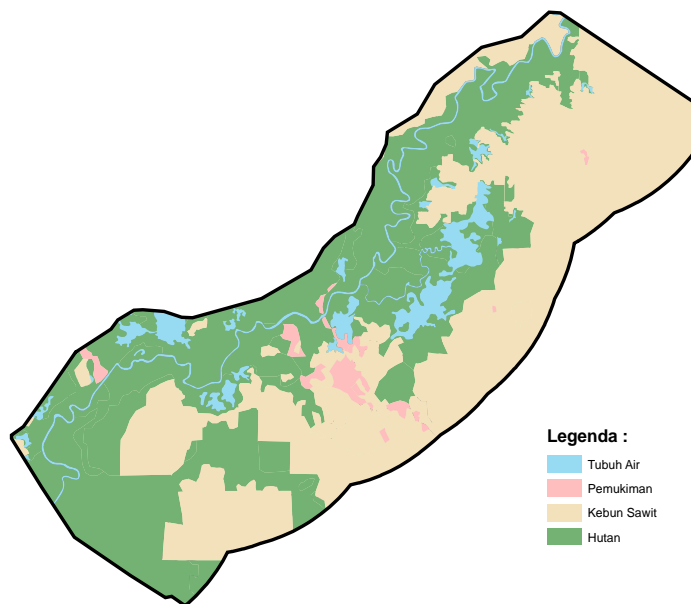
Resiko api = tingkat bahaya (*hazard*) x tingkat kerentanan (*vulnerability*) (Ramirez *et.al.* 2015,) sehingga dalam penelitian ini kami mencoba mengkombinasikan data geospasial dan GIS untuk mengembangkan tingkat bahaya api (*fire hazard*) yang berdasarkan variable cuaca (curah hujan, kecepatan angin, dan *temperature*), tipe bahan bakar, peta gambut dan slope (Gambar 2). Adapun tingkat kerawanan api (*fire vulnerability*) kami kembangkan berdasarkan data densitas aktifitas manusia, kerentanan vegetasi, daerah gambut dan aksesibilitas. Setiap variable akan memiliki klas bobot secara subyektif berdasarkan sensitifitasnya terhadap api (Banu *et.al.* 2014). Kedua komponen ini kemudian diintegrasikan untuk membuattingkat resiko api (*fire risk*). Hasil dari tingkat bahaya api akan dikelaskan menjadi tiga kelas berdasarkan interval yang sama.



Gambar 2. Metode Penelitian

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pemetaan dimulai dengan memetakan penggunaan lahan pada areal kajian dengan menggunakan citra satelit landsat 8 OLI perekaman Juli 2014. Melalui interpretasi visual didapatkan bahwa areal perkebunan kelapa sawit adalah 46%, kemudian 45% merupakan areal yang masih berhutan dan sisanya adalah wetland dan pemukiman sebanyak 5% dan 4%. Dengan tekanan terhadap hutan menjadi perkebunan sawit tinggi akan mempengaruhi intensitas pembukaan lahan dan potensi bahaya kebakaran. Dengan kawasan hutan yang sebagian besarnya dimiliki oleh konsesi perkebunan menunjukkan bahwa menjadi tugas berat dari manajer kebun untuk menjaga kawasannya dari bahaya kebakaran. Peta penggunaan lahan wilayah kajian disajikan pada Gambar 3.

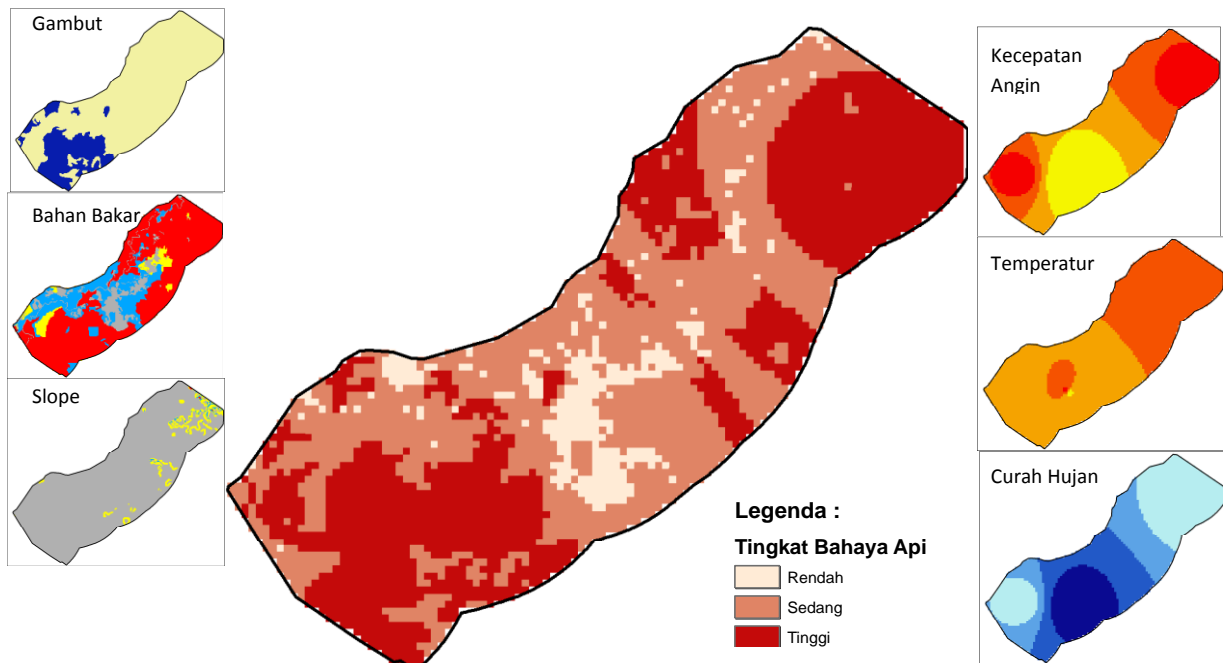


Gambar 3. Penggunaan lahan lokasi kajian

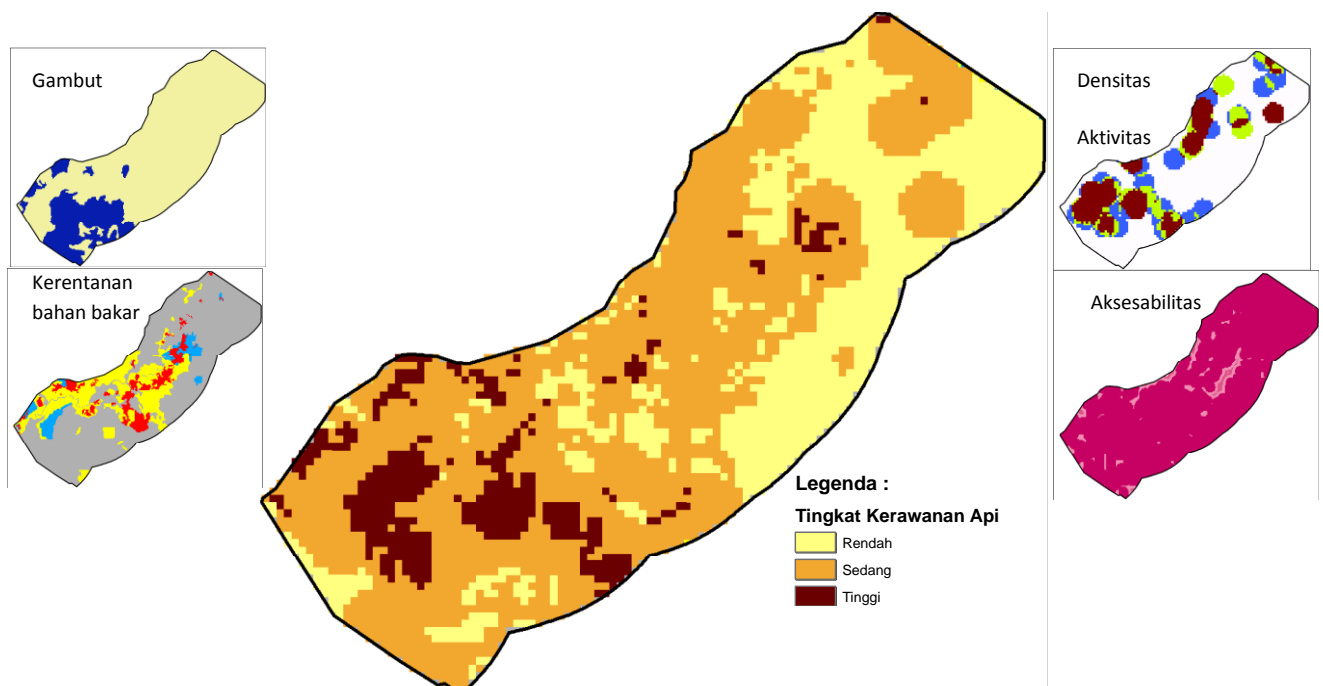
Tipe hutan dikenali dari kenampakkannya dan juga teksturnya. Warna hijau tua dengan tekstur yang kasar menunjukkan semakin rapat hutan. Sedangkan tekstur yang halus dan warna yang hijau muda adalah tipe hutan dengan densitas sangat jarang. Melalui interpretasi visual didapatkan bahwa 30% adalah hutan kerapatan rendah. Kebun kelapa sawit ditentukan berdasarkan analisa peta kebun dan jenis jaringan jalan. Areal kebun sawit dalam control perusahaan memiliki jaringan jalan yang teratur dan system blocking yang gampang dikenali. Adapaun kebun masyarakat dikenali dari lokasi yang dekat dengan pemukiman dan juga system pendukungnya yang kurang teratur. Pengenalan terhadap tipe sawit tua dan muda berdasarkan tekstur dari citra dimana pada areal yang tua hampir mendekati tipe hutan kerapatan sedang. Sebanyak 88% adalah kebun sawit tua dengan control penuh dari perusahaan. Areal gambut pada daerah penelitian didapatkan dengan mendigitalisasi peta moratorium yang kemudian diverifikasi di lapangan selama proses patroli dan juga menggunakan analisa kontur maupun peta vegetasi. Secara umum sangat sulit mendapatkan peta gambut secara tepat tanpa melalui survey detail. Data meteorologi seperti curah hujan, temperatur, dan juga kecepatan angin diinterpolasi menggunakan untuk mendapatkan gambaran kondisi iklim pada areal kajian. Rentang curah hujan terendah selama periode Januari 2014 – September 2015 pada empat lokasi pencatat cuaca adalah 0,4 – 9,6 mm, temperature tertinggi tercatat antara 32,7 – 33,9 C⁰, dan kecepatan angin tertinggi mencapai 57,7 km/jam. Kemiringan lereng yang didapatkan dari kontur pada daerah kajian 0-13%. Proses pembobotan pada pembuatan daerah bahaya api mempertimbangkan secara subyektif pengaruhnya terhadap bahaya. Setelah melakukan perhitungan didapatkan sekitar 44% memiliki tingkat bahaya tertinggi, 48% bahaya sedang, dan hanya 8% yang rendah.

Dalam menghitung tingkat kerawanan kebakaran vegetasi penutup dan juga tingkat kekeringannya adalah faktor penting. Vegetasi seperti daerah rumput akan banyak didapati pada areal basah temporal yang sudah mengering dan memiliki tipe mudah terbakar. Tipe lainnya adalah hutan yang gambut yang dibuat parit untuk mengeringkan merupakan areal yang sangat mudah terbakar adapun yang tipe basah secara umum sebenarnya agak susah terbakar. Dalam areal kajian bahan bakar yang mudah terbakar sekitar 4,7%. Selain faktor bahan bakar, intensitas aktifitas manusia di areal kajian sangat mempengaruhi terjadinya api.

Melalui analisa densitas terhadap aktifitas manusia di dalam kebun ataupun di dalam hutan (memancing, menebang kayu, membuka lahan, dan berburu) maka kita dapatkan titik densitas tertingginya adalah 88 per/m². Densitas yang tinggi ini juga sangat dipengaruhi oleh aksesibilitas dan jauh dekatnya dengan lokasi pemukiman. Daerah dengan dominasi sawit akan memiliki tingkat aksesibilitas yang sangat tinggi karena semua jalan terawat dan memiliki koneksi antar jalan cukup baik. Analisa buffer pada aksesibilitas mencapai 94 % areal yang memiliki tingkat pengaruh yang sangat tinggi terhadap kerentanan bahaya api. Analisa pembobotan menghasilkan 30% sedikit rawan, 59% rawan dalam tingkat sedang dan 11% dalam kondisi sangat rentan terhadap kebakaran. Peta hasil penelitian disajikan pada Gambar 4 dan Gambar 5.



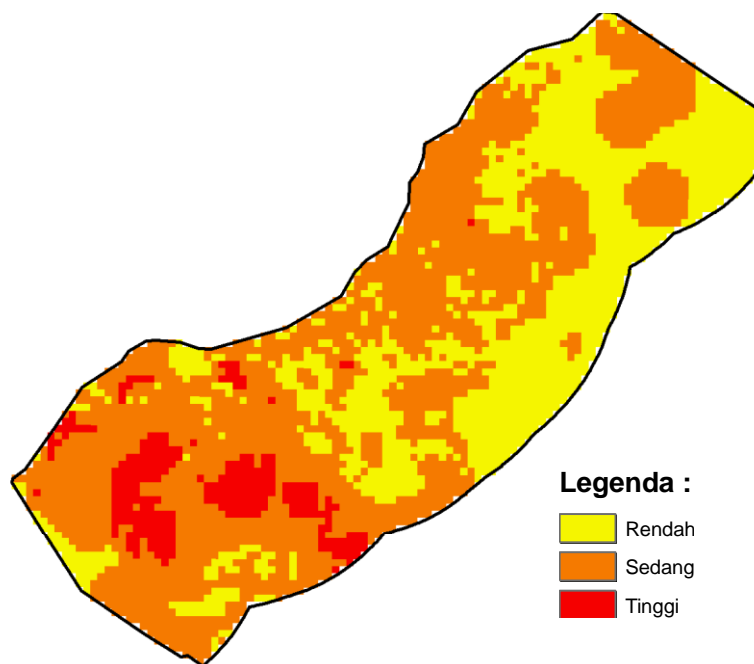
Gambar 4. Tingkat bahaya api.dengan semakin gelap adalah areal yang semakin tinggi tingkat bahayanya.



Gambar 5. Tingkat kerentanan kebakaran dengan semakin gelap berarti semakin rawan terbakar.

Hasil nilai bahaya dan kerentanan terhadap kebakaran kemudian dikalikan untuk memproduksi tingkat resiko kebakaran. Dalam hasil penelitian ini didapatkan bahwa areal yang memiliki resiko tinggi sebanyak 7% (1058 Ha), sedang 57% (8567 Ha) dan rendah sebanyak 36% (5375 Ha) (Gambar 6). Areal tingkat resiko kebakaran akan berimplikasi pada perencanaan mencegah dan menangani bahaya kebakaran. Beberapa hal yang tentunya bisa dilakukan seorang manajer kebun atau manajer kebakaran berdasarkan tingkat resiko ini adalah sebagai berikut:

- Alokasi personel untuk tindakan pencegahan bisa menasar pada areal yang rawan terbakar.
- Pelatihan prosedur standar yang efektif dalam pencegahan bahaya api adalah mempertimbangkan daerah yang berhutan dan bergambut termasuk alat yang dipakai.
- Tim pemadam bisa mensetting areal yang perlu disekat terlebih dahulu apabila ada kebakaran pada areal yang resiko tinggi.
- Program sosialisasi dan peningkatan kepedulian langsung focus pada areal yang tinggi resiko sehingga kewaspadaan dari masyarakat dalam menghadapi bahaya api tinggi.
- Situasi bahaya dan langkah evakuasi kadang diperlukan pada areal dengan resiko tinggi. (Kalabokidis, 2001 dalam Vasilakoset.al, 2007)



Gambar 6. Tingkat resiko kebakaran dengan daerah merah memiliki resiko tertinggi terhadap terjadinya kebakaran

5. KESIMPULAN

Daerah dengan tingkat resiko kebakaran pada lansekap dominasi kelapa sawit telah dibuat dengan memanfaatkan aplikasi sistem informasi geografis dan penginderaan jauh. Skema pembuatannya dengan mempertimbangkan faktor iklim, ketersediaan bahan bakar dan aktifitas manusia. Kebun kelapa sawit yang ingin mengadopsi sekema pembangunan daerah rawan dan bahaya kebakaran akan diberikan manfaat yang besar terutama dalam proses pengaturan dalam mencegah dan menanggulangi kebakaran. Daerah yang beresiko tinggi bukan berarti daerah yang tidak bisa diusahakan, akan tetapi dengan adanya proses yang bertanggungjawab dan melakukan kontrol maka segalanya bisa menjadi mungkin termasuk salah satunya menanggulangi kabut asap di Pulau Kalimantan.

DAFTAR PUSTAKA

- A.C. Spessa, R. D. Field, F. Pappenberger, A. Langner, S. Englhart, U. Weber, T. Stockdale, F. Siegert, J. W. Kaiser, and J. Moore. 2015. Seasonal forecasting of fire over Kalimantan, Indonesia. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 15, 429–442, 2015.
- Banu T.P. , Banu C., Banu, C.A.(2014). GIS-based assessment of fire risk in National Park Domogled-Cerna Valley. *Journal of Horticulture, Forestry and Biotechnology Volume 18*(2), 52- 56, 2014.
- C.Vasilakos, K. Kalabokidis, J. Hatzopoulos, G. Kallos and Y. Matsinos.(2007). Integrating new methods and tools in fire danger rating. *International Journal of Wildland Fire*, 2007, 16, 306–316
- Daniel Murdiyarso, Makmur Widodo, Desi Suyanto, *Fire risks in forest carbon projects in Indonesia*. SCIENCE IN CHINA (Series C) Vol. 45 Supp. October 2002.
- De Groot, W.J., Field, R.D., Brady, M.A., Roswintarti, O., Mohamad, M. (2006). Development of the Indonesian and Malaysian fire danger rating systems In D. Murdiyarso and L. Lebel (Ed.), *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* (Volume 12 No. 1 pp. 165-180). The Netherlands: Springer
- Dewi, S., Khasanah, N., Rahayu, S., Ekadinata A., and van Noordwijk, M. 2009. *Carbon Footprint of Indonesian Palm Oil Production: a Pilot Study*. Bogor, Indonesia. World Agroforestry Centre - ICRAF, SEA Regional Office.
- Gholamreza Janbaz Ghobadi, Bahram Gholizadeh, Osman Majidi Dashliburun.2012.Forest Fire Risk Zone Mapping From Geographic Information System in Northern Forests of Iran(Case study, Golestan province). *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*.
- I Nengah Surati Jaya, Edwin Setia Purnama, Iin Arianti and Jaruntorn Boonyanuphap. *Forest Fire Risk Assessment Model And Post-Fireevaluation Using Remote Sensing And GIS: A Case Study* Presented at The Forest Restoration and Rehabilitation Training Course and Workshop in the Viiki Tropical Resources Institute (VITRI) of the University of Helsinki, Finland, 13~19 May 2007
- J. Ramirez, M. Mendez, S. Monedero. (2015) Enhanced forest fire risk assessment through the use of fire simulation models, Short Paper – Analytical Modeling and Simulation. *Proceedings of the ISCRAM 2015 Conference* - Kristiansand, May 24-27 Palen, Büscher, Comes & Hughes, eds.
- K. Kalabokidis, A. Ager, M. Finney, N. Athanasis, P. Palaiologou, and C. Vasilakos. 2015. AEGIS: a wildfire prevention and management information system. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci. Discuss.*, 3, 6185–6228, 2015
- Mark g. L. Van Nieuwstadt and Douglas Sheil 2005. Drought, fire and tree survival in a Borneo rain forest, East Kalimantan, Indonesia. *Journal of Ecology* 2005 93, 191–201
- Mark E Harrison,Susan E Page,Suwido H Limin. The global impact of Indonesian forest fires. *Biologist Volume 56 Number 3*, August 2009
- Mohamed Said Guettouche, Amar Derias, Makhlof Boutiba, Mohand ou Abdallah Bounif, Mostefa Guendouz, Amar Boudella. 2011. A Fire Risk Modelling and Spatialization by GIS - Application on the Forest of Bouzareah Clump, Algiers (Algeria). *Journal of Geographic Information System*, 2011, 3, 254-265
- M Mohd Noor. 2003. *Zero Burning Techniques in Oil Palm Cultivation: an Economic Perspective*. MPOB 2003.
- Nina Yulianti, Hiroshi Hayasaka.2013.Recent Active Fires under El Niño Conditions in Kalimantan, Indonesia. *American Journal of Plant Sciences*, 2013, 4, 685-696
- S. Kuntz, M. Karteris. (1995). Fire risk model based on satellite remote sensing and GIS. *EARSel Advances in Remote Sensing* vol. 4, No. 3 – XII.
- Solichin. (2002), *Fire Threat Analysis in West Kutai District of East Kalimantan, Indonesia*, PhD thesis, University of Freiburg
- Wilmar. 2013. *No Deforestation, No Peat, No Exploitation Policy*.

PEMETAAN MULTI-RAWAN KABUPATEN MALANG BAGIAN SELATAN DENGAN MENGGUNAKAN PENDEKATAN BENTANGALAM

Edwin Maulana^{1,2}, Theresia Retno Wulan^{1,3}

¹ Parangtritis Geomaritime Science Park, Badan Informasi Geospasial, Kretek, Bantul DIY
Email: edwinmaulana35@yahoo.com, noibako@gmail.com

² Magister Manajemen Bencana, Universitas Gadjah Mada, Sleman 55281

³ Program Doktorat Fakultas Geografi, Universitas Gadjah Mada, Sleman 55281

Corresponding author: edwinmaulana35@yahoo.com

ABSTRAK

Kawasan Kabupaten Malang Bagian Selatan memiliki karakteristik wilayah yang bervariasi, sehingga rawan terhadap beberapa jenis bencana alam. Tujuan penelitian ini adalah melakukan pemetaan multi-rawan Kabupaten Malang dengan menggunakan pendekatan bentangalam. Metode yang digunakan untuk menentukan tingkat kerawanan multi bencana di kepepesisiran Kabupaten Malang adalah metode skoring. Data yang digunakan untuk analisis bentangalam dan kerawanan adalah peta RBI, Citra Landsat periode perekaman 2015 dengan *pan-sharpened*, serta berbagai data sekunder. Hasil penelitian menunjukkan bahwa wilayah Kabupaten Malang didominasi oleh bentuklahan dengan asal proses struktural, fluvial, karst dan marine. Topografi wilayah Kabupaten Malang terdiri dari bentuk wilayah yang berombak hingga agak curam. Penggunaan lahan didominasi oleh penggunaan lahan berupa hutan produksi. Hasil analisis spasial menunjukkan bahwa Kabupaten Malang memiliki kerawanan terhadap bencana longsor, banjir dan tsunami. Kejadian longsor dan banjir hampir terjadi setiap tahun. Bencana longsor dan banjir sering terjadi pada musim penghujan. Kebanyakan bencana tanah longsor terjadi pada bentuklahan structural, sedangkan banjir terjadi pada bentuklahan fluvial. Kecamatan Sumbermanjing Wetan merupakan wilayah dengan tingkat kerawanan longsor dan banjir paling tinggi di pesisir Kabupaten Malang. Interpretasi kerawanan multi-bencana perlu dibuktikan dengan uji lapangan untuk memperoleh hasil yang lebih detail.

KATA KUNCI: Pemetaan multi-rawan, Kabupaten Malang

1. PENDAHULUAN

Kabupaten Malang Bagian Selatan merupakan sebuah wilayah yang berpotensi terhadap beberapa jenis kerawanan bencana alam seperti banjir dan tanah longsor. Potensi multi-rawan disebabkan oleh kondisi fisik Kabupaten Malang Bagian Selatan yang sangat kompleks. Salah satu kejadian bencana di Kabupaten Malang Bagian Selatan yang menjadi sorotan adalah banjir bandang yang terjadi di Desa Sitiarjo, Kecamatan Sumbermanjing Wetan. Banjir bandang yang terjadi pada 9 Juli 2013 tersebut menyebabkan kerugian materiil yang sangat besar. Data Badan Penanggulangan Bencana Daerah Kabupaten Malang menyebutkan, setidaknya kerugian yang diderita akibat banjir bandang di Sumbermanjing Wetan adalah dua belas miliar. Bencana sekunder yang terjadi pascakejadian banjir bandang adalah banyak komponen masyarakat yang kehilangan mata pencaharian dan terserang penyakit akibat kurangnya sanitasi dan ketersediaan air bersih.

Fenomena banjir bandang yang terjadi di Kabupaten Malang Bagian Selatan memerlukan perhatian serius sehingga dampak dari banjir bandang dapat diminimalkan. Bencana banjir bandang sering diikuti oleh bencana susulan yang berupa bencana tanah longsor, aliran dan pengendapan lumpur, kerusakan bangunan dan jembatan roboh (Hapuarachchi *et al.*, 2011). Secara umum, dampak dari sebuah kejadian bencana sering diperburuk oleh kejadian bencana yang lain (bencana sekunder) (Marzocchi *et al.*, 2009). Mekanisme ini dapat terjadi karena siklus yang berhubungan maupun karena lokasinya yang berdekatan. Kajian multi-rawan perlu dilakukan untuk meminimalkan potensi kerugian yang ditimbulkan akibat interaksi dari beberapa bencana alam.

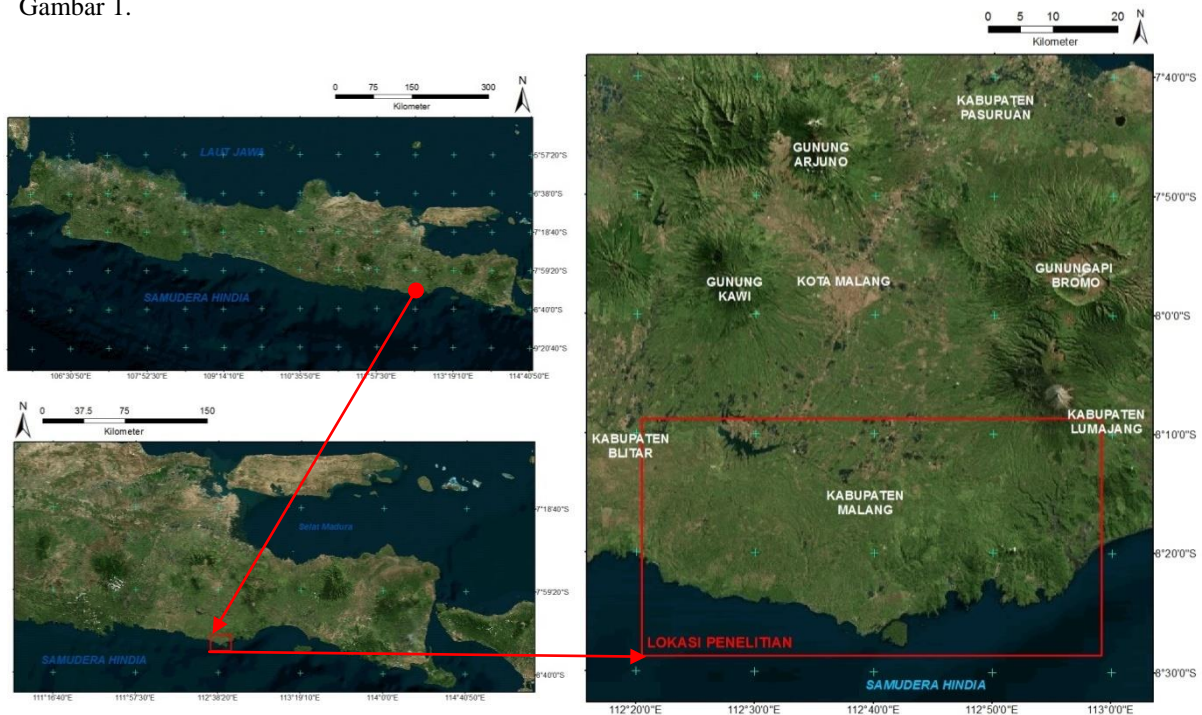
Pendekatan bentangalam merupakan analisis paling sesuai dan logis untuk dijadikan sebagai dasar dalam melakukan pemetaan multi-rawan. Metode *overlay* dengan tanpa memperhatikan skala peta dan pemetaan yang selama ini sering digunakan dalam melakukan pemetaan multi-rawan sering menghasilkan *slippery* atau polygon kecil dalam sebuah data peta. Bentanglahan merupakan bentangan permukaan bumi dengan seluruh fenomenanya, yang mencakup bentuklahan, tanah, vegetasi, dan atribut-atribut lain, yang dipengaruhi oleh aktivitas manusia (Vink, 1983). Pendekatan bentanglahan memiliki keuntungan karena

hanya membutuhkan sedikit parameter dalam analisisnya, dan hampir semua informasi yang dibutuhkan untuk analisis bentanglahan dapat diperoleh dari peta topografi dan atau data *Digital Elevation Model* (DEM) (Ros and Borga, 1997; Yao *et al.*, 2014). Berdasarkan pertimbangan tersebut, pendekatan bentanglahan dipilih untuk melakukan pemetaan multi-rawan di Kabupaten Malang Bagian Selatan.

2. STUDI AREA

Kabupaten Malang Bagian Selatan saat ini sedang menghadapi permasalahan lingkungan, khususnya kebencanaan. Bencana banjir dan tanah longsor hampir terjadi setiap tahun. Kabupaten Malang Bagian Selatan juga rawan terhadap bencana tsunami karena berbatasan langsung dengan Samudera Hindia. Kabupaten Malang Bagian Selatan memiliki relief yang bergelombang sehingga dapat menjadi faktor pemicu terjadinya bencana alam. Pengelolaan lahan yang kurang memperhatikan aspek lingkungan diindikasikan juga meningkatkan kerawanan Kabupaten Malang Bagian Selatan.

Kabupaten Malang Bagian Selatan berjarak 33 km dari pusat Kota Malang. Secara astronomis, lokasi penelitian terletak antara $8^{\circ}27'43,40''$ - $8^{\circ}11'32,40''$ LS dan $112^{\circ}21'26,53''$ - $112^{\circ}57'36,90''$ BT. Secara administratif, Kabupaten Malang Bagian Selatan terdiri dari 9 kecamatan, yaitu Kecamatan Donomulyo, Kalipare, Pagak, Gedangan, Bantur, Sumbermanjing Wetan, Dampit, Tirta Yudo dan Ampel Gading. Luas lokasi penelitian adalah $1173,74 \text{ km}^2$ atau 117374 ha. Tutupan lahan didominasi oleh vegetasi yang berupa hutan lahan kering. Sebagian besar Kabupaten Malang memiliki bentuklahan yang berupa karst. Hal tersebut dibuktikan dengan banyaknya goa dan sungai bawah tanah di Kabupaten Malang Bagian Selatan. Kabupaten Malang Bagian Selatan memiliki curah hujan yang relatif tinggi, sehingga menjadi pemicu terjadinya bencana tanah longsor dan banjir. Gambaran umum lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



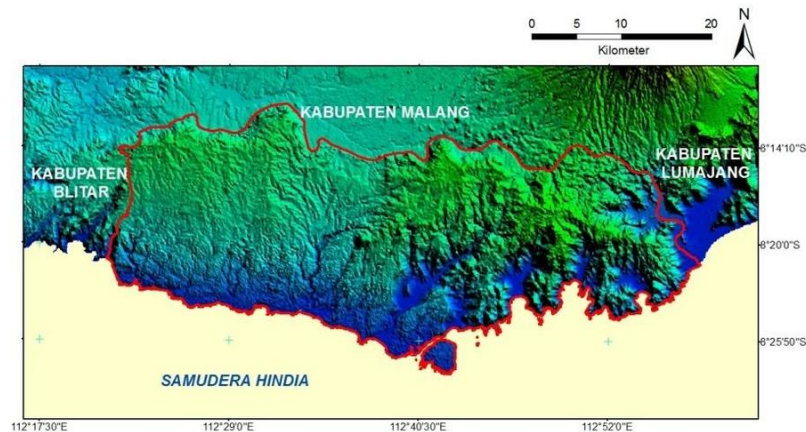
Gambar 1. Lokasi Penelitian. Sumber: Bing Map, 2012

3. DATA DAN METODE

3.1. Data

Perka BNPB No. 2 Tahun 2012 tentang Pedoman Umum Pengkajian Risiko Bencana, pemetaan kebencanaan pada tingkat kabupaten/kota di Pulau Jawa adalah 1:25.000. Berdasarkan atas Perka BNPB No. 2 Tahun 2012, penelitian ini menggunakan skala pemetaan 1:25.000. Data dasar yang digunakan untuk interpretasi satuan pemetaan lahan adalah data citra SRTM 30 m (Gambar 2). Data SRTM 30 m digunakan untuk mengetahui bentuk bentanglahan secara umum. Pendetailan satuan bentanglahan dilakukan dengan menggunakan layer garis kontur pada peta Rupa Bumi Indonesia (RBI) Skala 1:25.000 yang dikonversi menjadi data *Digital Terrain Model* (DTM).

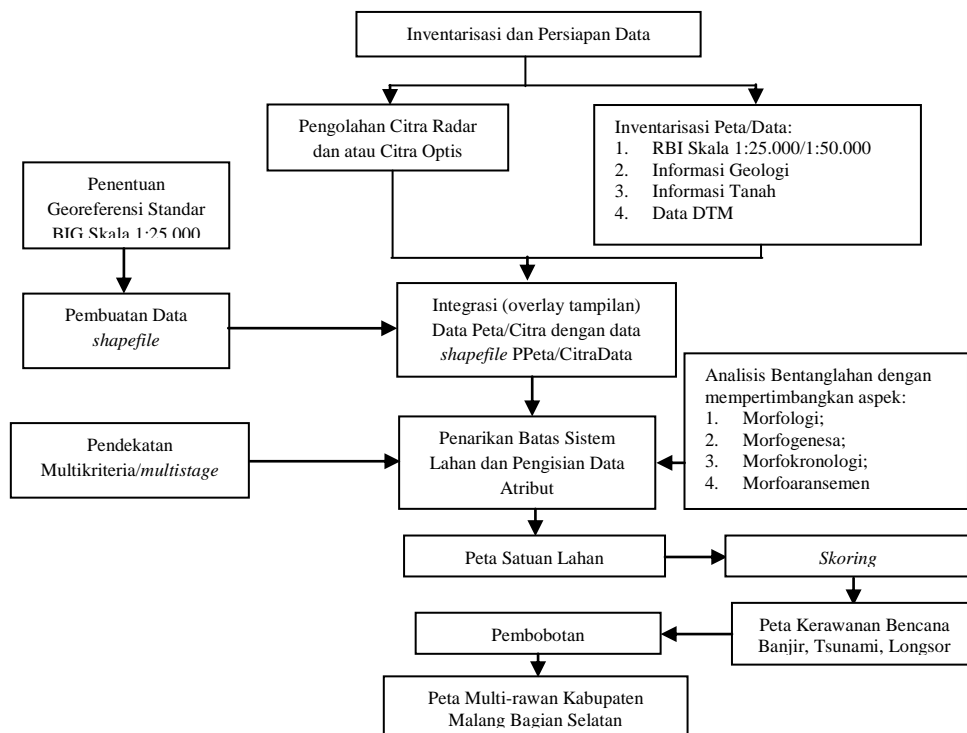
Citra satelit BingMap tahun 2012 dengan resolusi spasial 4,74 m digunakan untuk mengecek hasil interpretasi. Peta tentatif berupa peta geologi dan peta sistem lahan digunakan sebagai bahan tambahan untuk mengisi kartu data peta. Informasi yang diperoleh dari data peta system lahan didetailkan melalui interpretasi dari data Dem, RBI dan citra BingMaps tahun 2012. Data sekunder yang berasal dari jurnal, laporan dan media massa digunakan untuk klarifikasi hasil akhir kajian multi-rawan.



Gambar 2. Citra SRTM 30 m Lokasi Penelitian. Sumber: Bing Map, 2012

3.2. Metode

Satuan pemetaan lahan merupakan unit analisis yang dibuat dengan tujuan untuk mengetahui karakteristik suatu wilayah. Satuan pemetaan lahan diperoleh dengan cara menginterpretasikan setiap unsur geomorfologi dan karakteristik fisik, sehingga diperoleh suatu wilayah (unit) yang memiliki karakteristik yang sama berdasarkan pendekatan analisis bentanglahan (Sartohadi dkk, 2014). Analisis bentanglahan dipilih sebagai dasar analisis karena mudah diinterpretasi dari data peta, citra maupun foto udara. Kelebihan lain dari analisis bentanglahan adalah batas antar bentanglahan sangat mudah untuk ditemui di lapangan. Diagram alir penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Diagram alir penelitian. Sumber: Maulana, 2015

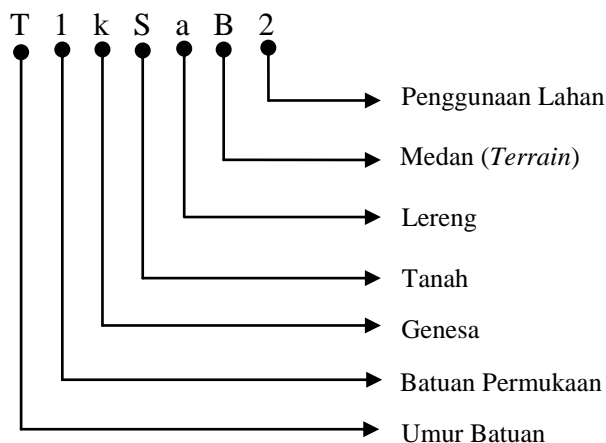
Interpretasi visual dan deteksi manual digunakan untuk menentukan batas-batas satuan pemetaan lahan. Parameter yang digunakan untuk menentukan satuan pemetaan lahan dalam penelitian ini adalah

umur batuan, batuan permukaan, genesa, tanah, lereng, medan (*terrain*), dan penggunaan lahan. Metode interpretasi dilakukan dengan pendekatan *multistage* atau dengan cara *overlay* tampilan citra optik yang bersumber dari BingMaps tahun 2012, Citra SRTM 30 m, serta data *Digital Terrain Model* (DTM) yang diperoleh dari konversi garis kontur yang bersumber dari peta rupabumi Indonesia skala 1:25.000. Jenis kerawanan bencana yang dikaji dalam penelitian ini dibatasi pada kerawanan bencana banjir, tanah longsor dan tsunami. Penentuan tiap kerawanan bencana dilakukan dengan metode skoring. Pengakajian tingkat multi-rawan dilakukan dengan analisis hirarki proses (AHP). Analisis hirarki proses digunakan untuk menentukan besar kecilnya bobot tiap jenis bencana berdasarkan probabilitas dan intensitas masing-masing kerawanan bencana. Kelas tingkat multi-rawan diklasifikasikan menjadi 5 kelas, yaitu sangat rendah, rendah, sedang, tinggi dan sangat tinggi.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Satuan Lahan Kabupaten Malang Bagian Selatan

Satuan lahan Kabupaten Malang disusun dengan menggunakan pendekatan bentanglahan. Parameter yang digunakan untuk membuat Peta Satuan Lahan Kabupaten Malang Bagian Selatan adalah umur batuan, batuan permukaan, genesa, tanah, lereng, medan (*terrain*), dan penggunaan lahan. Hasil interpretasi manual dan deteksi manual diperoleh sebanyak 743 satuan lahan. Penamaan satuan lahan menggunakan kombinasi huruf dan angka. Pembacaan kombinasi huruf dan angka dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Pembacaan simbol Peta Satuan Lahan. Sumber: Maulana, 2015

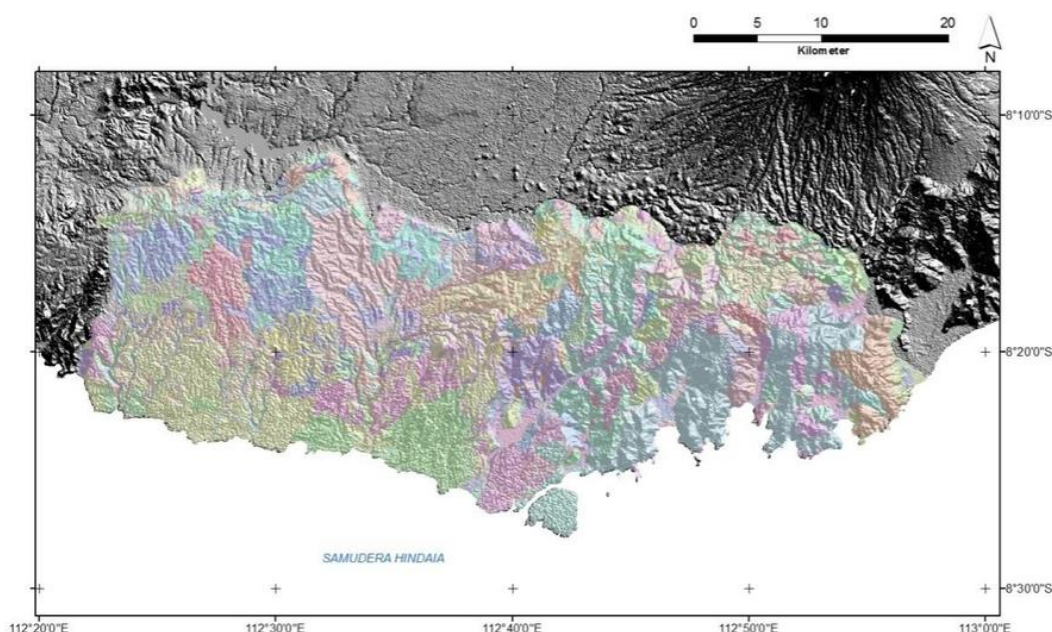
Umur batuan pada Kabupaten Malang Bagian Selatan diklasifikasikan menjadi dua umur batuan yaitu Tersier (T) dan Kuartar (K). Hampir 90% wilayah di Kabupaten Malang memiliki batuan berumur Tersier. Batuan berumur Kuartar hanya terdapat pada cekungan-cekungan, lembah dan sungai. Genesa utama di Kabupaten Malang Bagian Selatan didominasi oleh Karst (K). Pada daerah dengan genesa karst ini banyak dijumpai sungai bawah tanah dan gua yang sering dijadikan sebagai destinasi wisata oleh masyarakat di Kabupaten Malang dan sekitarnya. Genesa lain yang ada di Kabupaten Malang adalah vulkan (V), fluvial (F) dan juga marine (M).

Batuan permukaan yang mendominasi Kabupaten Malang Bagian Selatan adalah asosiasi antara Batugamping Terumbu, Batugamping Berlapis, Batugamping Berkepingan, Batugamping Pasiran Kasar, dan Batugamping Tufan (2). Batuan permukaan lain yang mendominasi lokasi penelitian adalah Batugamping Hablur Bersisipan Batulempung Tufan (1). Batuan permukaan yang didominasi oleh gamping disebabkan oleh proses asal pembetulan Kabupaten Malang Bagian Selatan yang didominasi oleh Genesa Karst. Tanah di lokasi penelitian didominasi oleh asosiasi tanah yang berupa Rendols, Tropudalfs dan Eutropepts (R). Tanah lain yang mendominasi di lokasi penelitian adalah asosiasi antara Ustropepts dan Paleustalfs (S). Pada daerah perbukitan di sebelah timur, jenis tanah yang mendominasi adalah asosiasi antara Dystropepts, Humitropepts, Tropohumults (Y).

Kabupaten Malang Bagian Selatan didominasi oleh kemiringan lereng dengan persentase 16-25 % (agak curam) (simbol: a). Kelas lereng ini sebagian besar dapat dijumpai pada daerah dengan genesa utama yang berupa Karst. Kawasan di Kabupaten Malang di sebelah timur didominasi oleh lereng dengan persentase 26-40 % atau termasuk dalam klasifikasi curam (c). Secara administrative daerah ini terletak di

Kecamatan Tirto Yudo, Ampel Gading dan Sumbermanjing Wetan. Kemiringan lereng yang curam membuat kawasan ini sering dilanda tanah longsor dan banjir pada musim penghujan. Kelas lereng dengan persentase 41-60 % atau sangat curam didapati pada daerah Pagak dan Sumbermanjing Wetan (m). Penggunaan lahan yang mendominasi lokasi penelitian adalah tegalan (7), hutan (10) dan kebun (9). Lahan tegalan banyak dimanfaatkan masyarakat untuk menanam padi, jagung dan singkong. Lahan hutan dimanfaatkan untuk hutan produksi dengan komoditas utama yang berupa kayu Jati, Mahoni, Sengon dan Akasia. Perkebunan yang menjadi komoditas di Kabupaten Malang Bagian Selatan adalah perkebunan kopi, tebu dan kelapa.

Satuan lahan paling luas di Kabupaten Malang Bagian Selatan adalah T1kUaB2. Secara administratif, satuan lahan ini terletak di Kecamatan Bantur dan Pagak. Satuan lahan ini dicirikan dengan umur batuan Tersier dan batuan permukaan didominasi oleh Batugamping hablur, bersisipan batu lempung tufan. Genesa utama pada satuan lahan T1kUaB2 adalah karst dengan tanah Ustropepts dan Haplustalfs. Lereng pada satuan lahan ini agak curam dengan bentuk medan yang berbukit rendah. Penggunaan lahan didominasi oleh tegalan. Peta Satuan Lahan Kabupaten Malang Bagian Selatan disajikan pada Gambar 5.



Gambar 5. Peta Satuan Lahan Lokasi Penelitian. Sumber: Maulana, 2015

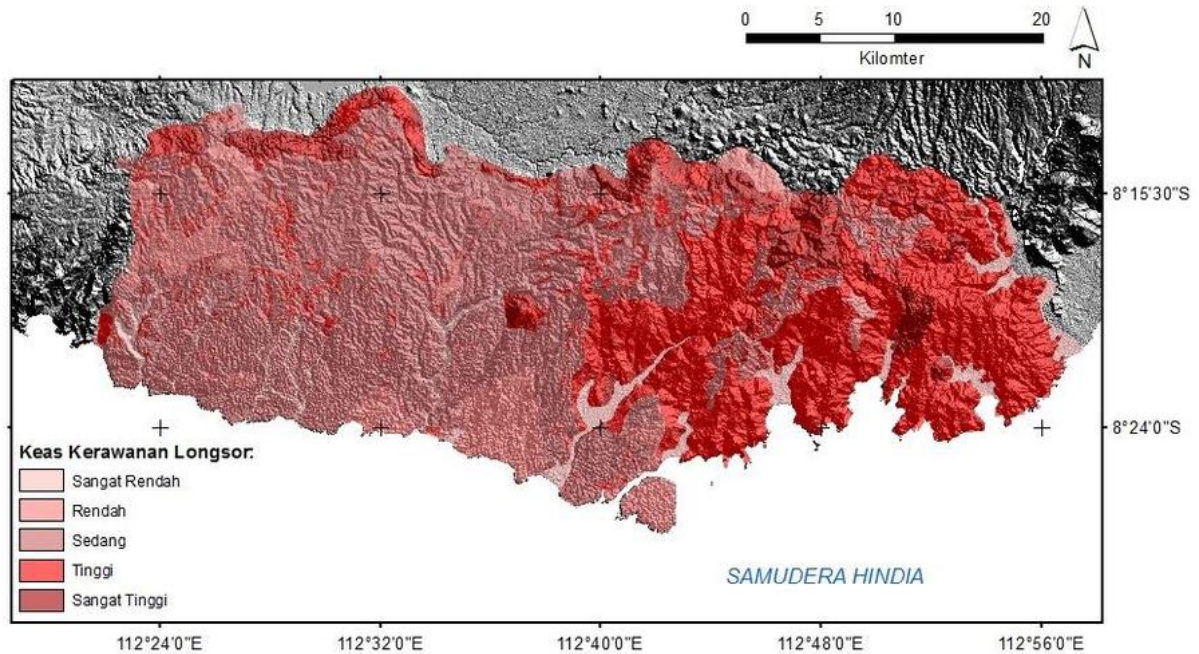
4.2. Kerawanan Tanah Longsor

Kecamatan dengan kerawanan longsor paling tinggi di Kabupaten Malang Bagian Selatan adalah Kalipare, Sumbermanjing Wetan, Dampit, Tirto Yudo. Faktor utama yang menyebabkan daerah tersebut adalah factor kemiringan lereng dan medan (*terrain*). Kelas kemiringan lereng didominasi oleh lereng dengan kelas lereng 26-40 % atau termasuk dalam kategori curam dan 41-60 % atau termasuk dalam kategori sangat curam. Kelas medan pada daerah yang rawan terhadap bencana tanah longsor termasuk dalam kategori berbukit sedang dan berbukit tinggi. Kerawanan longsor diperparah dengan pengelolaan lahan yang tidak mempertimbangkan aspek konservasi. Idealnya pada kelas lereng curam hingga sangat curam, kawasan tersebut harus dijadikan hutan, namun pada lokasi penelitian ditemukan tegalan pada kelas lereng curam hingga sangat curam. Luas dan sebaran kerawanan longsor lokasi penelitian dapat dilihat pada Tabel 1, sedangkan distribusi kerawanan longsor di Kabupaten Malang Bagian Selatan dapat dilihat pada Gambar 6.

Tabel 1. Luas dan sebaran kerawanan longsor lokasi penelitian

No.	Kelas Kerawanan	Luas (ha)	Lokasi (Kecamatan)
1	Sangat Rendah	10666.00	Donomulyo
2	Rendah	4713.28	Donomulyo, Gedangan
3	Sedang	9019.51	Gedangan, Bantur, Sumbermanjing Wetan, Pagak, Donomulyo, Kalipare
4	Tinggi	54382.70	Sumbermanjing Wetan, Tirto Yudo, Ampel Gading
5	Sangat Tinggi	38557.30	Kalipare, Sumbermanjing Wetan, Dampit, Tirto Yudo

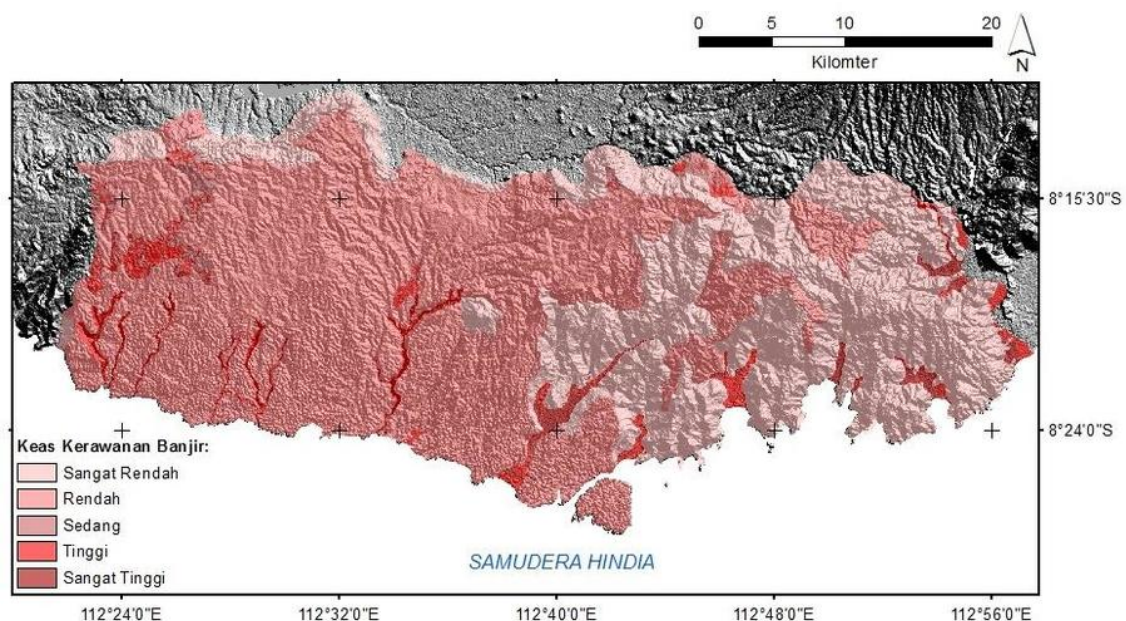
Sumber: Maulana, 2015



Gambar 6. Peta Kerawanan Longsor Lokasi Penelitian. Sumber: Maulana, 2015

4.3. Kerawanan Banjir

Berdasarkan hasil analisis daerah yang memiliki tingkat kerawanan paling tinggi terdapat pada Kecamatan Sumbermanjing Wetan, Tirto Yudo, dan Ampel Gading. Hasil inventarisasi data dari berbagai sumber menyebutkan bahwa kawasan ini memang selalu terdampak oleh bencana banjir pada musim penghujan. Daerah Sumbermanjing Wetan dan Tirto Yudo memiliki relief yang relatif datar, sehingga rawan terhadap banjir genangan. Lokasi kedua kecamatan ini yang terletak di bawah perbukitan, membuat kawasan Sumbermanjing Wetan dan Tirto Yudo rawan terhadap banjir bandang. Bencana banjir bandang ini disebabkan oleh hancurnya tanggul alam pada perbukitan di sebelah utara, sehingga menjadi ancaman serius bagi pemukiman masyarakat. Sebaran kerawanan banjir di lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 7, sedangkan luas kerawanan banjir dapat dilihat pada Tabel 2.



Gambar 7. Peta Kerawanan Banjir Lokasi Penelitian. Sumber: Maulana, 2015

Tabel 2. Luas dan sebaran kerawanan banjir lokasi penelitian

No.	Kelas Kerawanan	Luas (ha)	Lokasi (Kecamatan)
1	Sangat Rendah	67539.00	Kalipare, Tirto Yudo, Ampel Gading, Sumbermanjing
2	Rendah	41024.80	Bantur, Pagak, Kalipare, Gedangan, Sumbermanjing Wetan, Tirto Yudo
3	Sedang	1904.01	Dampit, Donomulyo, Sumbermanjing
4	Tinggi	2282.87	Donomulyo, Bantur, Ampel Gading
5	Sangat Tinggi	4588.00	Sumbermanjing Wetan, Tirto Yudo, Ampel Gading

Sumber: Maulana, 2015

4.4. Kerawanan Tsunami

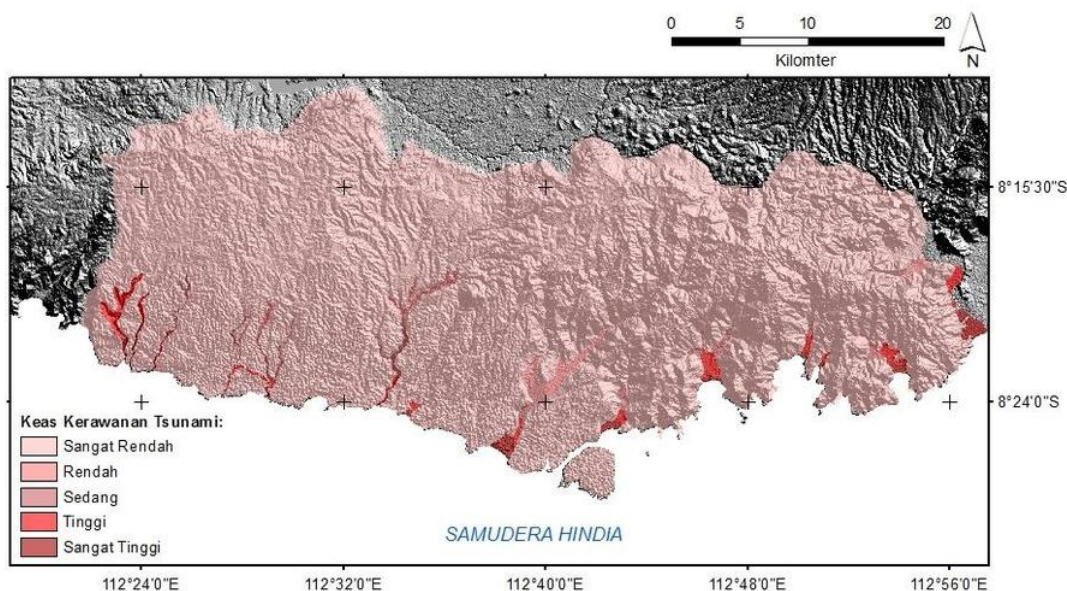
Bencana tsunami memang belum pernah terjadi di wilayah Kabupaten Malang Bagian Selatan, namun daerah Kabupaten Malang Bagian Selatan memiliki kerawanan terhadap tsunami yang cukup tinggi. Kerawanan terhadap bencana tsunami yang cukup tinggi disebabkan oleh beberapa faktor. Faktor pertama, adalah lokasi Kabupaten Malang Bagian Selatan yang berhadapan secara langsung dengan Samudera Hindia. Sisi selatan Pulau Jawa merupakan jalur gempa dan beberapa kasus gempa laut Jawa sudah pernah menghasilkan tsunami, seperti yang terjadi di Kabupaten Banyuwangi di tahun 1994. Faktor kedua yang menyebabkan Kabupaten Malang Bagian Selatan rawan terhadap tsunami adalah elevasi di beberapa daerah pesisir yang rendah. Faktor ketiga yang menyebabkan Kabupaten Malang Bagian Selatan memiliki kerawanan yang cukup tinggi terhadap bencana tsunami adalah bentuk morfologi pesisir Kabupaten Malang yang membentuk huruf V atau dikenal dengan istilah *V shape*.

Morfologi pesisir Kabupaten Malang yang berbentuk V menyebabkan kerugian tersendiri. Bentuk morfologi yang menyerupai huruf V akan meningkatkan kecepatan gelombang tsunami yang akan masuk ke daratan. Bahaya sekunder dari lereng yang berbentuk V ketika terjadi tsunami adalah arus balik tsunami dari daratan dan longsor yang terjadi pada tebing-tebing di sekitarnya. Luas daerah rawan tsunami di Kabupaten Malang Bagian Selatan dapat dilihat pada Tabel 3. Sebaran kerawanan tsunami pada lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 8.

Tabel 3. Luas dan sebaran kerawanan Tsunami lokasi penelitian

No.	Kelas Kerawanan	Luas (ha)	Lokasi (Kecamatan)
1	Sangat Rendah	1012.57	Donomulyo, Kalipare, Pagak, Bantur, Gedangan, Sumbermanjing, Dampit, Tirto Yudo, Ampel Gading
2	Rendah	113055.00	Bantur, Donomulyo, Sumbermanjing Wetan, Ampel Gading
3	Sedang	898.16	Donomulyo, Gedangan, Sumbermanjing Wetan, Tirto Yudo
4	Tinggi	1144.53	Donomulyo, Gedangan, Sumbermanjing Wetan, Tirto Yudo
5	Sangat Tinggi	1228.15	Donomulyo, Gedangan, Sumbermanjing Wetan, Tirto Yudo

Sumber: Maulana, 2015



Gambar 8. Peta Kerawanan Tsunami Lokasi Penelitian. Sumber: Maulana, 2015

4.5. Multi-rawan Kabupaten Malang Bagian Selatan

Berdasarkan hasil analisis hirarki proses, kerawanan terhadap bencana banjir memiliki bobot paling tinggi dalam pemetaan multi-rawan di Kabupaten Malang Bagian Selatan. Kerawanan terhadap bencana banjir memiliki bobot paling tinggi karena berdasarkan catatan, bencana ini menelan korban baik harta maupun benda di lokasi penelitian. Bobot terhadap longsor dan tsunami adalah 0,35 dan 0,15. Bobot terhadap tsunami paling rendah karena Kabupaten Malang Bagian Selatan belum pernah terdampak tsunami.

Wilayah di Kabupaten Malang Bagian Selatan yang memiliki tingkat multi-rawan paling tinggi adalah wilayah yang berbatasan langsung dengan Samudera Hindia dan memiliki elevasi rendah. Kerawanan pada daerah tersebut merupakan asosiasi dari banjir, longsor dan tsunami. Luas daerah dengan potensi multi-rawan paling tinggi adalah 2556,73 ha. Kawasan yang paling berpotensi terhadap ancaman multi-rawan adalah Kecamatan Sumbermanjing Wetan.

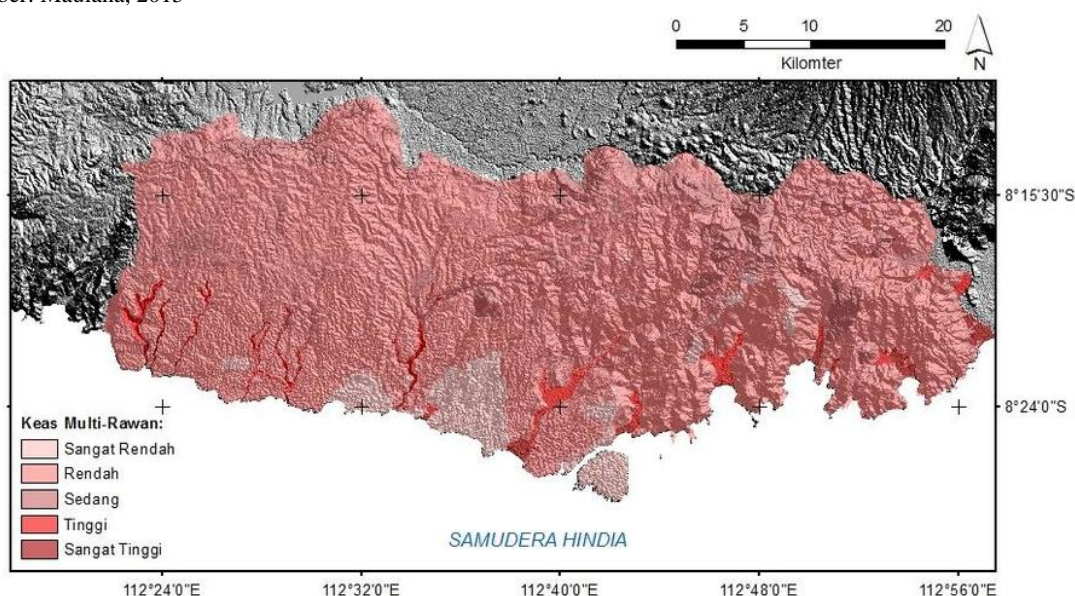
Kerawanan terhadap bencana banjir disebabkan daerah tersebut merupakan hilir dari sungai-sungai yang ada di Malang bagian selatan. Tebing-tebing berlereng terjal membuat proses infiltrasi dan evapotranspirasi tidak dapat berjalan secara baik. Kondisi tersebut menyebabkan limpasan permukaan dan *run-off* tinggi, sehingga mengakibatkan kerawanan terhadap bencana banjir. Fenomena tersebut juga menyebabkan beban pada lereng tinggi sehingga terjadi instabilitas lereng yang kemudian berujung menjadi bencana longsor. Kerawanan terhadap tsunami juga harus diwaspadai mengingat bentuk lereng yang berbentuk huruf V.

Pengelolaan wilayah berbasis kebencanaan harus dilakukan untuk mengurangi risiko terhadap ancaman multi-rawan. Penataan tata ruang berbasis bentanglahan dapat dilakukan sehingga kerawanan multi bencana dapat diminimalkan. Aplikasi konsep *Ecosystem-based disaster risk reduction* (Eco-DRR) sangat sesuai untuk diterapkan di Kabupaten Malang Bagian Selatan. Eco-DRR mengedepankan pembangunan berkelanjutan, konservasi dan restorasi ekosistem untuk mengurangi dampak dari sebuah bencana (Estrella and Saalismaa, 2013). Penataan lokasi pemukiman, daerah resapan dan barrier mutlak harus dilakukan sehingga dapat mengurangi timbulnya kerugian baik harta, benda maupun asset. Data luas dan lokasi multi-rawan dapat dilihat pada Tabel 4, sedangkan sebaran multi-rawan dapat dilihat pada Gambar 9.

Tabel 4. Luas dan sebaran multirawan lokasi penelitian

No.	Kelas Kerawanan	Luas (ha)	Lokasi (Kecamatan)
1	Sangat Rendah	88909.51	Gedangan, Bantur
2	Rendah	6742.79	Bantur, Donomulyo, Pagak, Gedangan, Sumbermanjing Wetan, Tirto Yudo
3	Sedang	1295.87	Sumbermanjing Wetan, Kalipare, Tirto Yudo, Donomulyo
4	Tinggi	17833.85	Donomulyo, Sumbermanjing Wetan, Tirto Yudo
5	Sangat Tinggi	2556.73	Donomulyo, Sumbermanjing Wetan, Tirto Yudo

Sumber: Maulana, 2015



Gambar 9. Peta Multi-rawan Lokasi Penelitian. Sumber: Maulana, 2015

5. KESIMPULAN

Kabupaten Malang Bagian Selatan merupakan daerah yang memiliki kerawanan terhadap beberapa jenis bencana. Kejadian bencana di Kabupaten Malang Bagian Selatan terjadi setiap tahun, terutama di musim penghujan. Berdasarkan fakta tersebut paper ini menyajikan kajian awal multi-rawan di Kabupaten Malang Bagian Selatan dengan pendekatan bentanglahan. Hasil interpretasi visual dan deteksi manual menunjukkan bahwa lokasi penelitian memiliki 743 satuan lahan. Genesis utama di Kabupaten Malang Bagian Selatan didominasi oleh Karst. Kemiringan lereng bervariasi dari kelas curam hingga sangat curam. Fakta ini dapat menjadi faktor pemicu multi-rawan di lokasi penelitian.

Studi multi-rawan di Kabupaten Malang Bagian Selatan berfokus pada 3 jenis kerawanan yaitu banjir, tsunami dan longsor. Kecamatan Kalipare, Sumbermanjing Wetan, Dampit, Tirta Yudo memiliki tingkat kerawanan terhadap bencana longsor paling tinggi. Daerah yang memiliki kerawanan paling tinggi terhadap bencana banjir adalah Sumbermanjing Wetan, Tirta Yudo, Ampel Gading. Sejarah menunjukkan di tahun 2013, ratusan jiwa meninggal dan kerugian akibat bencana banjir mencapai 17 miliar di Kecamatan Sumbermanjing Wetan. Daerah yang memiliki ancaman terhadap bencana tsunami paling tinggi adalah Donomulyo, Gedangan, Sumbermanjing Wetan, Tirta Yudo. Daerah ini memiliki kerawanan terhadap tsunami paling tinggi karena berhadapan langsung dengan Samudera Hindia dan memiliki elevasi yang relative rendah.

Kerawanan multi bencana paling tinggi di Kabupaten Malang paling tinggi terdapat pada Kecamatan Donomulyo, Sumbermanjing Wetan, Tirta Yudo. Luas daerah dengan tingkat multi-rawan paling tinggi adalah 2556.73 ha. Pengelolaan lahan dan penataan ruang berbasis bentanglahan perlu dilakukan untuk meminimalkan potensi kerugian akibat multi-rawan. Aplikasi *Ecosystem-based disaster risk reduction* (Eco-DRR) juga sangat sesuai untuk diterapkan di Kabupaten Malang Bagian Selatan

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih sebesar-besarnya penulis sampaikan kepada Prof. Junun Sartohadi, M.Sc dan Syamsul Bachri, Ph.D yang selalu membimbing penulis hingga sekarang. Selanjutnya ucapan terima kasih disampaikan kepada teman-teman di Parangtritis Geomaritime Science Park yang selalu mendukung penulis untuk menyelesaikan paper ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Estrella, M., Saalismaa, N., (2013), *Ecosystem-based Disaster Risk Reduction (Eco-DRR): An Overview*, In: Renaud, F., Sudmeier-Rieux, K. and M. Estrella (eds.) (2013) *The role of ecosystem management in disaster risk reduction*. Tokyo: UNU
- PressHapuarachchi, H.A.P., Wang, Q.J., Pagano, T.C., 2011. A review of advances in flash flood forecasting. *Hydrol. Process.* 25, 2771–2784
- Marzocchi, W., Mastellone, M. L., Di Ruocco, A., Novelli, P., Romeo, E., Gasparini, P., (2009), Principles of multi-risk assessment. Interaction amongst natural and man-induced risks. *European Communities*, Brussels.
- Peraturan Kepala Badan Nasional Penanggulangan Bencana Nomor 02 Tahun 2012 Tentang Pedoman Umum Pengkajian Risiko Bencana.
- Ros, D.D., Borga, M., (1997), Use of digital elevation model data for the derivation of the geomorphological instantaneous unit hydrograph. *Hydrol. Process.* 11(1), 13e33.
- Sartohadi, J., Sianturi, R. S., Rahmadana, A. D. W., Maritimo, F., Wacano, D., Munawaroh, Suryani, T., (2014), *Bentang Sumberdaya Lahan Kawasan Gunungapi Ijen dan Sekitarnya*. Yogyakarta: Pustaka Pelajar.
- Vink, A.P.A., (1983), in Davidson, D.A. (Ed.), *Landscape Ecology and Land Use*, Longman, London.
- Yao, C., Zhang, K., Yu, Z.B., Li, Z.J., Li, Q.L., (2014), Improving the flood prediction capability of the Xinanjiang model in ungauged nested catchments by coupling it with the geomorphologic instantaneous unit hydrograph. *J. Hydrology* 517, 1035e1048.

NOTULENSI DISKUSI SESI MANAJEMEN BENCANA - 3

Judul Makalah:

APLIKASI MODEL PEMBANGKIT DATA IKLIM DALAM ANALISIS RISIKO
KEKERINGAN PERTANIAN BERBASIS DATA SPASIAL MENENGAH: KASUS
PADA BUDIDAYA KENTANG DI KAWASAN DIENG

D. P. Adikarma Mandala, Junun Sartohadi, Danang Sri Hadmoko

Pertanyaan Oleh: Sakti, PTSS

Cost analisis, teknis menghitungnya bagaimana, dari defisit air terus dikalikan sekian milyar. 1,5 derajat peningkatan suhu jadi sekian milyar, keterkaitannya bagaimana ? Satuan lahannya bagaimana?

Jawaban:

Perhitungan diperoleh dari wawancara dengan petani dengan mempertimbangkan dari masing-masing parameter yang ada untuk melihat kejadian tsb. Dengan peningkatan suhu aktifitas fotosintesis makin tinggi, penguapan makin tinggi, kebutuhan air makin tinggi, stok air dari sekitar tetap, jadi butuh biaya semakin tinggi. Menggunakan satuan piksel.

Pertanyaan Oleh: Jefri, ITB

Seberapa besar pengaruh peningkatan suhu terhadap kebutuhan air pertanian kentang ? analisis kerentanan jarak terhadap sumber air, medianya dari pipa atau dari apa lagi ? d=kalau debit air dari pipa memadai sekiranya cukup menurut saya.

Jawaban:

Jarak dipertimbangkan . tidak semua petani kaya, tidak semua mampu mengalirkan sumber air ke lahan. Makin jauh dari sumber air makin rentan terhadap kekeringan. Peningkatan tidak terlalu besar, hanya sebesar 2 mm.

Judul Makalah:

PENILAIAN HUBUNGAN BENCANA BANJIR DAN PERUBAHAN PENGGUNAAN
LAHAN SECARA SPATIAL-TEMPORAL DI PANTAI UTARA JAWA

Imam Setyo Hartanto, Rini Rachmawati

Pertanyaan Oleh: Adi Artanto, KPJ 2010

Jenis bahaya banjirnya apa ? ada banjir genangan, limpasan, rob. Ingin tau teknis, dapat data sehingga dapat peta banjir, satuannya hingga cm, dapat data tersebut bagaimana teknisnya ?

Jawaban:

Kroscek lapangan th 2014, mengakali agar dapat tahun. Dari analisis Penutup lahan, landsat hanya bisa 1-100.000, adjustment skala dari sumber yg berbeda skala bagaimana ?

Pertanyaan Oleh: Retno, PGSP

Bagaimana mempertimbangkan untuk region, kelerengan, ketinggian, interpolasinya bagaimana ? karena ketinggian dan kelerengan beda, IDW memanfaatkan tinggi dan genangan tidak memperhatikan hal tsb.

Jawaban:

- Tidak masalah karena fokus ke 2 kecamatan dengan kecamatan yang cukup besar di Demak. Adjustment tidak terlalu dipertimbangkan dalam kasus ini, dasar peta yang sudah ada, dari citra satelit masih terlihat. Klasifikasi menggunakan yang cukup umum digunakan. Sistem maksimum likelihood. Proses perhitungan → dg ketinggian 1 – 5 m merupakan daerah yang cukup rendah (sangat rendah) seharusnya menjadi kajian tersendiri, tiap meternya. Waktu yang dimiliki untuk penelitian terbatas, sehingga tidak melakukan proses penambahan tersebut mempertimbangkan ketinggian dll, keterbatasan yang ada makanya pakai ini. pake IDW yang paling memungkinkan untuk penelitian ini. Skala tidak terlalu bermasalah, pakai landsar agar bisa dipakai disini. Skala yg ada masih bs diperhitungkan, daerah 2 kecamatan yg lebih besar nilainya dari kabupaten yg ada di daerah lainnya, 15ribu hektar.

Pertanyaan Oleh: Totok, Geografi

Pemilihan sumber data, data untuk analisis menggunakan citra dengan resolusi lebih tinggi. Landsat hanya bisa sampai skala berapa. Skala kecil jangan dibesarkan.

Jawaban:

Teknis pembuatan : didapatkan awalan dari PPSDA dari Kudus, PPSJA data banjir berupa nilai genangan dari lokasi yang terdampak. Masing2 desa tidak langsung di spasialkan, perlu cek lapangan dan tanya ke masyarakat. 2014 baru terjadi, jejak masih ada, diobservasi di lapangan, benar tidak kejadian tsb. Ada yg sesuai ada yg tidak sesuai, krn genangan yg cukup lama. Hasil observasi dicek kembali, biar dapat hasil yg akurat shg bisa diperoleh titik yang lain. Yang lama dari hasil interview dr masy krn tidak ketemu jejaknya, mengandalkan hasil interview masyarakatnya saja dan mempertimbangkan dari studi literatur.

Judul Makalah:

APLIKASI SIG UNTUK PEMETAAN ZONA KERENTANAN GERAKAN TANAH
(STUDI KASUS: KABUPATEN DAN KOTA MOJOKERTO)

Robby Arafad , Yanto Budisusanto

Pertanyaan Oleh: Anggara

Data densitas, distribusinya menggunakan apa ? distribusi sudah cocok dengan data yang dipakai tidak ? fungsinya untuk apa ? skoringkah atau pemilihan probabilitynya ? densitas menunjukkan apa ? apa nilai densitas berada di range bobot atau bisa diluar range tsb. Kalau bisa datanya digenealisir biar tau distribusinya pakai apa, pendekatannya disesuaikan dengan datanya.

Jawaban:

statistik yang digunakan sederhana dalam kementrian, tidak disebutkan data distribusi apa.

Data tsb sudah diskoring dr formula. Densitas menunjukkan bagaimana satu wil thd gerakan tanahnya. Di satu unit formasi batuan yg teroverlay dg gerakan tanah luasannya berapa, luas seluruhnya berapa. Bobot nantinya berhubungan dengan densitas dikurangi luas wilayah.

Pertanyaan Oleh: Candra

Patokan untuk menentukan sesuai atau tidak sesuai?

Jawaban:

Di random, kebetulan yang 3 berada di kali brantas. Di kali brantas menunjukkan rata2 rendah dan sangat rendah. Subyektif, saat verifikasi lapangan rawan longsor tp di hasil tidak. Hasilnya subjektif.

Judul Makalah:

APLIKASI GIS DAN PENGINDERAAN JAUH DALAM PENGEMBANGAN RESIKO API (*FIRE RISK*) DI LANSEKAP KELAPA SAWIT: KASUS STUDI KALIMANTAN TENGAH, INDONESIA

Sakti Anggara, Muhammad Silmi

Pertanyaan Oleh: Dirga, WWF

Data untuk *firerisk*, data yang digunakan data cuaca, data cuaca menghitungnya bagaimana ? temponya seberapa lama dan apa itu bisa digunakan untuk timing selain data spasial saja, misal data seperti ini, ditingkatkan *awareness* nya di bulan tersebut.

Jawaban:

Terkait data cuaca, yang digunakan dalam penelitian ini JAN- SEP 2014 tiap satu menit tercatat. Dispasialkan dengan interpolasi, dari titik diinterpolasi berdasarkan data tertinggi tercatat. CH data terendah digunakan. Makin rendah makin kering, makin mudah terbakar.

Judul Makalah:

PEMETAAN MULTI-RAWAN KABUPATEN MALANG BAGIAN SELATAN DENGAN MENGGUNAKAN PENDEKATAN BENTANGALAM

Edwin Maulana, Theresia Retno Wulan

Pertanyaan Oleh: Dirga, WWF

Mengapa memilih rekomendasi Eco DRR ?

Jawaban:

Karena Eco DRR merupakan salah satu konsep tata ruang yang berbasis kebencanaan, tata ruang ada banyak basis, eco DRR khusus tata ruang berbasis bencana jadi yang sesuai untuk rekomendasi ini.

TATA RUANG DAN PERENCANAAN WILAYAH DAN SURVEI KEKOTAAN

K4C - RUANG KULIAH 1 PUSPICS,
26 NOVEMBER 2015 (08.30 – 09.45)

110 KONTRIBUSI CITRA PENGINDERAAN JAUH UNTUK
PELACAKAN ZONA POTENSIAL PENYUMBANG SEDIMEN
WADUK MRICA, BANJARNEGARA, JAWA TENGAH

Totok Gunawan

041 PENTINGNYA TINJAUAN ASPEK GEOLOGI DALAM
SUATU PERENCANAAN WILAYAH DAN KOTA GUNA
TERCIPTANYA KAWASAN HUNIAN YANG IDEAL

First Ferdian Dheswara Adji Maryadi, Kemala Medika Putri

005 ANALISIS ARAH DAN FAKTOR PERKEMBANGAN KOTA
MATARAM DENGAN CITRA MULTITEMPORAL

*Ajeng Murtisari, Lia Lovianisa, Kuncoro Purba Wasisa, Mayca Sita
Nurdiana*

033 IMPLIKASI DEURBANISASI TERHADAP GAYA HIDUP
PENDUDUK KAMPUNG DI WILAYAH PINGGIRAN
PERKOTAAN, STUDI KASUS DI PERKAMPUNGAN
KARAWACI, KABUPATEN TANGERANG, BANTEN

Dwiyanti Kusumaningrum

042 KARAKTERISTIK BATAS WILAYAH ADMINISTRASI
DAERAH DI INDONESIA BERDASARKAN TIPOLOGI
BATAS WILAYAH

*Fahrul Hidayat, Yulia Indri Astuty, Suryant, Guridno Bintar
Saputro*

KONTRIBUSI CITRA PENGINDERAAN JAUH UNTUK PELACAKAN ZONA POTENSIAL PENYUMBANG SEDIMEN WADUK MRICA, BANJARNEGARA, JAWA TENGAH

Totok Gunawan

Staf Pengajar pada Jurusan Sains Informasi Geografi dan Pengembangan Wilayah, Fakultas Geografi
Universitas Gadjah Mada
E-mail : totokgunawan@yahoo.com

*Corresponding author: totokgunawan@yahoo.com

ABSTRAK

Adanya alih fungsi lahan hutan dijadikan lahan pertanian kentang sangat meresahkan masyarakat, selain itu terdapatnya tanah merayap pada lahan-lahan miring mudah terjadi tanah longsor sehingga material yang terbawa limpasan permukaan menjadi penyebab utama pendangkalan sungai Serayu dan waduk Mrica, itulah masalah utama yang dihadapi di Daerah Tangkapan Air (DTA) waduk Mrica saat ini. Tujuan penelitian ini adalah (1) mengkaji kontribusi Citra Landsat 8 dan citra IKONOS untuk interpretasi dan pemetaan parameter karakteristik Daerah Aliran Sungai (DAS) yang digunakan untuk pelacakan zona potensial penyumbang sedimen, (2) pemetaan erosi dan limpasan permukaan berdasarkan parameter karakteristik DAS untuk analisis kerusakan lahan dengan bantuan sistem informasi geografis (SIG), (3) memberikan rekomendasi manajemen lahan sebagai solusi pada setiap zona potensial penyumbang sedimen. Analisis spasial ekologis untuk memberikan rekomendasi manajemen lahan pada setiap zona potensial penyumbang sedimen mengacu Undang-Undang nomor 37 tahun 2014 tentang Konservasi Tanah dan Air. Hasil penelitian menunjukkan (1) parameter-parameter karakteristik DAS terpilih yang dapat diinterpretasi dari citra Landsat 8 dan citra IKONOS mempunyai ketelitian rata-rata tinggi (>90%), seperti parameter kelerengan lahan (>95%), bentuk lahan (90%), penutup dan penggunaan lahan (90%), (2) estimasi erosi dengan modifikasi metode USLE (RUSLE) dan estimasi limpasan permukaan dengan metode Cook setelah dilakukan validasi di lapangan mempunyai kecocokan tinggi (>90%), (3) pemetaan zona potensial penyumbang sedimen Di DTA Waduk Mrica dapat dibagi menjadi 3 prioritas: (1) prioritas I (erosi dan limpasan tinggi hingga sangat tinggi) seluas 18.273 ha (18,56%), (2) prioritas II (erosi dan limpasan sedang) seluas 49.712 ha (50,50%), dan (3) prioritas III (erosi dan limpasan rendah hingga sangat rendah) seluas 30.438 ha (30,92%), (4) manajemen lahan prioritas I secara sipil teknis, prioritas II secara vegetatif, dan prioritas III perbaikan sistem manajemen lahan, (5) Ditengarai adanya indikasi perilaku petani terhadap manajemen lahan yang menyimpang sehingga perlu pemberdayaan dari aspek sosial ekonomi dan budaya guna memperbaiki sikap (*attitude*) namun masih dalam ranah meningkatkan kesejahteraannya.

KATA KUNCI: Citra Landsat 8 dan IKONOS, erosi dan limpasan permukaan, zona potensial, penyumbang sedimen, manajemen lahan

1. PENDAHULUAN

Sejak alih fungsi lahan hutan dijadikan lahan pertanian kentang sangat meresahkan warga khususnya yang berada di Daerah Tangkapan Air (DTA) Waduk Mrica Banjarnegara, Jawa Tengah. Para warga yang merasa tinggal di wilayah DTA Waduk Mrica mempermasalahkan alih fungsi lahan Perhutani di bagian hulu yang kemudian lebih dikenal dengan kompleks pegunungan Dieng menjadi pemicu terjadinya bencana tanah longsor dan pengendapan lumpur (sedimentasi). Muncul kekhawatiran bahwa dalam jangka panjang dapat menimbulkan bencana besar bagi kelestarian umur Waduk Mrica atau yang dikenal dengan Waduk Jenderal Soedirman.

Budidaya sistem usaha tani tanaman kentang yang dilakukan di lereng-lereng bukit/gunung bahkan hingga bagian puncak itu dipastikan menimbulkan erosi besar-besaran dan lumpur yang terangkut akan mengendap di ledok-ledok permukaan tanah dan di palung-palung sungai serta membentuk gosong sungai dan dataran banjir di sepanjang kanan-kiri sungai (kakisu) Serayu. Selanjutnya lumpur yang terangkut oleh aliran sungai Serayu tersebut akan mengalami pengendapan kemudian menyumbang sedimen Waduk Mrica sehingga menyebabkan terjadinya proses pendangkalan. Banyak sekali dampak negatif yang ditimbulkan seperti berkurangnya debit/volume air yang dapat ditampung sehingga mengurangi debit yang berpotensi

untuk pengairan irigasi sawah dan pembangkit listrik tenaga air (PLTA) (Bogen, Walling, dan Day, 1992; Suharsono, 1998).

Pelacakan terhadap zona potensial penyumbang sedimen menjadi sangat penting sebagai dasar pengambilan keputusan dalam upaya pelestarian Waduk Mrica seperti yang dicanangkan oleh pihak Pemerintah Daerah Kabupaten Banjarnegara (Kedaulatan Rakyat, 16 Februari 2015). Citra penginderaan jauh berskala menengah (Citra Landsat 8) dan berskala besar (Citra Ikonos dan Citra Quickbird) secara terintegrasi dapat digunakan sebagai instrumen yang efektif dan efisien dalam membantu pelacakan zona potensial penyumbang sedimen Waduk Mrica. Agihan sebaran spasial limpasan permukaan merupakan tenaga kinetik sebagai agen utama terjadinya erosi permukaan yang akhirnya sebagai penyumbang sedimen total sungai ditambah dengan erosi yang berasal dari erosi tebing dan erosi dasar lembah sungai yang menyumbang Waduk Mrica dapat diestimasi besarnya dan dapat dipetakan secara spasial (Garde dan Raju, 1977; Suharsono, 1988).

Analisis dan sintesis peta erosi dan peta limpasan permukaan diintegrasikan dengan peta-peta tematik lain yang terkait dengan bantuan teknologi Sistem Informasi Geografis (SIG) dapat digunakan sebagai dasar untuk pengklasifikasian zona-zona potensial penyumbang sedimen Waduk Mrica (Fischer, Scholten, dan Unwin, 1996). Ditinjau dari kondisi dan karakteristik hidrogeomorfologi bentanglahan DTA Waduk Mrica menunjukkan banyak kejadian gerakan tanah yang menjadi ciri khas di daerah penelitian ini (Adams dan Gillespie, 2006). Sifat alam dari lingkungan geologi menjadi pemicu bidang peluncur terjadinya longsor lahan (Lundgren, 1986) banyak dijumpai pada lereng-lereng lebih dari 25%. Dengan mengetahui sebaran spasial zona potensial penyumbang sedimen dan faktor-faktor yang menjadi penyebab lepasnya material sehingga dapat dilakukan upaya manajemen lahan berdasarkan faktor-faktor penyebabnya (Bogen, Walling, dan Day, 1992).

Hasil klasifikasi zona potensial penyumbang sedimen yang merupakan hasil tumpang susun antara peta limpasan permukaan dan peta erosi permukaan digunakan sebagai dasar penyusunan usulan manajemen penggunaan lahan/pemanfaatan lahan. Usulan manajemen penggunaan lahan/pemanfaatan lahan tersebut selanjutnya dapat digunakan sebagai acuan untuk memberikan arahan manajemen lahan dengan mendasarkan pada kaidah-kaidah konservasi tanah dan air (KTA) seperti yang diamanatkan pada Undang-Undang Nomor 37 Tahun 2014 Tentang Konservasi Tanah dan Air.

2. PERUMUSAN MASALAH

Selain tenaga kinetik curah hujan dalam bentuk tenaga erosivitas hujan yang menjadi pemicu terjadinya proses erosi dan bahkan tanah longsor, sifat alam dari aspek hidrogeomorfologi dan hidrogeologi menjadi faktor utama pemicu terjadinya gerakan tanah (mass movement) seperti terjadinya gerakan tanah merayap (soil creep) dan pencucian massa tanah (masswasting) menjadi ciri khas di wilayah Banjarnegara dan Wonosobo. Tenaga curah hujan sendiri mempunyai tenaga pengelupas lapisan tanah (detachments, Da) dan sekaligus membentuk tenaga pengangkut material lepas (transport, Ta). Dalam kondisi hujan yang terus-menerus setelah terjadi kejenuhan tanah akibat proses infiltrasi terjadi pengurangan di permukaan tanah, dalam kondisi keseimbangan air terlampaui secara gravitatif terjadilah aliran limpasan permukaan (overland flows). Dalam perjalanan di permukaan tanah aliran limpasan tersebut akan mengikis dan/atau mengelupas (detachments, Da) relief permukaan dan mengangkut (transport, Ta) material lumpur kemudian akan diendapkan pada ledok-ledok permukaan tanah serta kelebihanannya akan dibawa terus hingga masuk ke dalam badan sungai ataupun waduk. Selanjutnya di dalam badan sungai material lumpur tersebut akan diendapkan di lembah-lembah dan/atau palung-palung dasar sungai serta membentuk gosong sungai (sand bars) dan dataran banjir (flood plains) yang menjadi ciri khas sungai yang telah menginjak umur dewasa.

Sebagai agen utama yang menjadi biang-keladi sebenarnya terletak pada intensitas guna lahan yang dilakukan oleh pemangku kepentingan, baik secara individu maupun kolektif (perusahaan) untuk mencari keuntungan sebesar-besarnya dari hasil eksplorasi dan eksploitasi sumberdaya alam dan lingkungan. Sumberdaya alam (hutan, lahan, dan air) semakin terkuras habis, sedang kondisi lingkungan semakin mengalami penurunan (degradation) kualitasnya. Kondisi semacam ini apabila berlangsung terus-menerus akan semakin menurunkan daya dukung lingkungan dan tidak dapat menjaga keberlanjutan sumberdaya alam dan lingkungan tersebut.

Berbagai upaya telah dilakukan oleh berbagai pihak, namun hanya terbatas pada tupoksi masing-masing pemangku kepentingan dan hasilnya tidak mampu memecahkan masalah, hal ini juga disebabkan pada umumnya pemecahan masalahnya tidak sesuai dengan lokasi yang tepat (lokus) dan sasaran yang tepat (fokus). Agihan spasial lokasi yang tepat dan diikuti dengan sasaran yang tepat apalagi dilakukan oleh tenaga-tenaga ahli yang berkualitas akan membuahkan hasil yang dapat dipertanggungjawabkan dan mampu

memecahkan masalah. Pemanfaatan citra penginderaan jauh mampu mensuplai data dan informasi mutakhir yang sangat dibutuhkan dalam perencanaan, integrasi dengan teknologi sistem informasi geografis (SIG) mampu menunjukkan lokus dan fokus secara spasial dengan tepat sehingga sesuai dengan yang diinginkan oleh para pemangku kepentingan. Upaya manajemen lahan yang didasarkan pada lokus dan fokus yang tepat akan sangat efektif dan efisien serta terhindar dari penyimpangan pemanfaatan lahan apalagi alih fungsi lahan akan cepat diketahui sehingga tidak akan terjadi kerusakan sumberdaya alam dan lingkungan yang berkepanjangan.

3. TUJUAN PENELITIAN

1. Mengkaji tingkat kerusakan lahan yang menjadi pemicu penyumbang sedimen Waduk Mrica ditinjau dari kombinasi aspek besarnya limpasan permukaan (*overland flow*) dan besarnya erosi permukaan (*surface erosion*) sebagai dasar pelacakan sedimen yang masuk ke Waduk Mrica;
2. Mengestimasi erosi dan limpasan permukaan untuk menyusun peta pelacakan zona potensial penyumbang sedimen Waduk Mrica yang masuk ke Waduk Mrica dengan bantuan sistem informasi geografis (SIG); dan
3. Memberikan alternatif rekomendasi manajemen lahan pada setiap prioritas zona penyumbang sedimen dengan mendasarkan pada Undang-Undang Nomor 37 Tahun 2014 Tentang Konservasi Tanah dan Air.

4. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di Daerah Tangkapan Air (DTA) Waduk Mrica yang meliputi sebagian dari dua wilayah administrasi, yaitu Kabupaten Wonosobo dan Kabupaten Banjarnegara, Jawa Tengah. Penelitian ini mengkombinasikan antara metode interpretasi citra penginderaan jauh dan pengamatan di lapangan, selain untuk uji kebenaran hasil interpretasi citra penginderaan jauh juga untuk menambah data dan informasi yang diperoleh dari kerja lapangan, seperti pengamatan proses erosi dan sedimentasi di badan sungai ataupun waduk. Bahan-bahan yang digunakan meliputi citra Landsat 8 dan citra IKONOS hasil perekaman tahun 2014, peta RBI berskala 1:25.000, dan peta-peta tematik, seperti peta-peta geologi, geomorfologi, hidrogeologi, tanah, hidrologi, curah hujan. Alat-alat yang digunakan meliputi komputer untuk pemrosesan citra penginderaan jauh, perangkat lunak SIG Arcview dan ArcGis tipe 9.3, alat GPS, dan kamera digital.

Pekerjaan laboratorium meliputi interpretasi parameter-parameter lahan dari citra Landsat 8 secara manual untuk mendapatkan data spasial yang digunakan untuk pemetaan erosi dan limpasan permukaan, sedang citra IKONOS untuk mendapatkan data atribut lahan sebagai penunjang estimasi erosi dan limpasan. Estimasi erosi permukaan menggunakan rumus USLE (Universal Soil Loss Equation) dari Wischmeier dan Hudson (1978) yang dimodifikasi panjang dan kemiringan lereng menjadi rumus RUSLE. Estimasi limpasan permukaan yang dinyatakan dalam koefisien limpasan permukaan menggunakan rumus Cook dari Chow (1964) dan Meijerink (1970). Pekerjaan lapangan meliputi uji dan kerja lapangan untuk meyakinkan kebenaran hasil interpretasi citra, sedang kerja lapangan untuk melengkapi data yang tidak dapat diperoleh dari interpretasi tetapi digunakan untuk estimasi erosi dan limpasan permukaan. Pengambilan foto dan gambar kondisi saat ini di lapangan untuk validasi kondisi penutupan vegetasi, kondisi lereng dan tanah longsor, keberadaan gosong sungai dan dataran banjir serta tanah timbul di dalam badan waduk.

Analisis dan pengolahan data melakukan estimasi besarnya erosi permukaan (*surface erosion*) dengan merevisi indeks panjang dan kelerengan (LS) dari rumus USLE sehingga menjadi rumus RUSLE, dimana R, indeks erosivitas hujan, K, indeks erodibilitas tanah, C, indeks tanaman, P, indeks manajemen lahan, sehingga rumus erosi permukaan yaitu: $A = RKLSCP$ (ton/ha/th). Erosi tebing sungai dan erosi dasar lembah sungai (Erosi Sungai, ES) diestimasi menggunakan konsep yang dikembangkan SCS (Soil Conservation Services) Amerika Serikat, dimana besar $ES = [(10-25)\% \times (A)]$. Dengan demikian erosi total sungai (*gross erosion*, GE) adalah $GE = \{(A) + [(10-25)\% \times (A)]\}$. Kriteria dan klasifikasi besarnya erosi permukaan disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Klasifikasi besarnya erosi permukaan (A)

No	Kategori Erosi Permukaan	Besaran Erosi Permukaan
1	Sangat Ringan	< 15 ton/ha/th
2	Ringan	>15 - 60 ton/ha/th
3	Sedang	>60 - 180 ton/ha/th
4	Tinggi	>180 - 460 ton/ha/th
5	Sangat Tinggi	> 460 ton/ha/th

Sumber: Departemen Kehutanan RI, 1986

Melakukan estimasi besarnya limpasan permukaan (*overland flow*) yang dinyatakan dalam bentuk koefisien aliran limpasan permukaan (C). Estimasi besarnya limpasan permukaan didasarkan pada konsep yang dikembangkan Chow (1964) yang dikenal dengan metode COOK yang mempertimbangkan aspek-aspek karakteristik DAS. Parameter-parameter karakteristik DAS yang dipertimbangkan dimodifikasi oleh Gunawan (1991) meliputi: kemiringan lereng, kapasitas infiltrasi tanah, vegetasi penutup, dan kerapatan aliran. Kriteria dan bobot untuk masing-masing parameter disajikan pada Tabel 2. Skoring dan klasifikasi koefisien aliran limpasan permukaan disajikan pada Tabel 3.

Tabel 2. Faktor karakteristik DAS sebagai penciri daerah rawan banjir limpasan

No	Parameter	Besaran	Kategori Nilai	Skor	Teknik Perolehan Data	Keterangan
1.	Lereng	>30 % 10-30% 5-10% 0-5%	Curam Berbukit Bergelom- bang Relatif datar	40 30 20 10	- Secara manual dng peta topografi/RBI - DEM	- Peta topografi/RBI - otomatis dng data RBI &program Arc View
2.	Tutupan vegetasi	Veg. Kerptn tinggi Veg. Kerptn sedang Veg. Kerptn jarang Permukiman permukaan diperkeras	Rendah Sedang Tinggi Tinggi	5 10 15 20	- Interpretasi citra satelit	- Citra satelit, mis Ikonos atau Aster
3.	Infiltrasi Tanah (Jenis Tanah)	Teks. Kasar Teks. Geluh Teks. Halus Teks. Liat	Ekstrim Cepat Sedang Lambat	20 15 10 5	- Interpretasi citra/ peta - Lapangan	- Citra satelit/foto udara - Ring infiltrometer - Peta jenis tanah
4.	Timbunan di permukaan (pola aliran&kerapatan n alur sungai)	Selalu tergenang Dijumpai depresi permukaan, danau&rawa Sistem saluran baik Pengeringan terlalu cepat	Tinggi Normal Rendah Diabaikan	5 10 15 20	- Berdasarkan klasifikasi bentuk lahan di Indonesia	- Peta geomorfologi - Citra satelit/foto udara

Sumber : Chow, 1964 dan modifikasi Gunawan, 1991

Tabel 3.Skoring dan klasifikasi koefisien limpasan permukaan (C)

Indikator	Kategori Nilai	Skor Total	Teknik Perolehan Data	Keterangan
Koefisien Limpasan Permukaan	Ekstrim Tinggi Normal Rendah Sangat Rendah	>80 >60-80 >40-60 >20-40 <20	Overlay peta-peta kemiringan lereng, vegetasi penutup lahan, infiltrasi tanah&timbunan air permukaan	C= skor (lereng+vegetasi penutup lahan+infiltrasi tanah+timbunan air permukaan)

Sumber : Chow, 1964

Besarnya erosi dan limpasan permukaan mempunyai korelasi positif terhadap kejadian dan besarnya sedimen total sungai (SY), pengukuran sedimen total sungai sekarang kurang lazim dilakukan, maka kemudian banyak dilakukan estimasi dengan mendasarkan pada besarnya erosi total sungai dikalikan besarnya rasio pelepasan sedimen (*sediment delivery ratio*, SDR). Besarnya rasio pelepasan sedimen (SDR) diestimasi menggunakan tabel hubungan antara luas DAS dan besarnya nilai SDR, sehingga rumus sedimen total sungai dapat diestimasi dengan rumus $SY = \{(A) + [(10-25)\% \times (A)] \times SDR\}$. Tabel hubungan antara luas DAS dan besarnya nilai SDR dapat ditunjukkan pada Tabel 4.

Analisis dan sintesis antara peta erosi permukaan dan peta koefisien limpasan permukaan secara grafis dapat diklasifikasikan menjadi 5 (lima) kriteria, yaitu: sangat ringan, ringan, sedang, tinggi, dan sangat tinggi, seperti ditunjukkan pada Tabel 5. Arahan dan strategi manajemen lahan mendasarkan pada hasil analisis tabel matriks (Tabel 5) dan secara spasial dapat divisualisasikan ke dalam bentuk peta yang menunjukkan zona potensial penyumbang sedimen. Selanjutnya dapat ditentukan jenis dan bentuk konservasi tanah dan air yang direkomendasikan sesuai dengan ketentuan dalam Undang-Undang Nomor 37 Tahun 2014 Tentang Konservasi Tanah dan Air.

Tabel 4. Hubungan antara Fungsi Luas DAS dengan Rasio Penghantaran Sedimen

No.	Luas DAS (km ²)	Rasio penghantaran sedimen (%)
1.	0,1	53,0
2.	0,5	39,0
3.	1,0	35,0
4.	5,0	27,0
5.	10,0	24,0
6.	50,0	15,0
7.	100,0	13,0
8.	200,0	11,0
9.	500,0	8,5
10.	2600,0	4,9

Tabel 5. Tabel matriks hubungan antara besarnya erosi permukaan dan limpasan permukaan

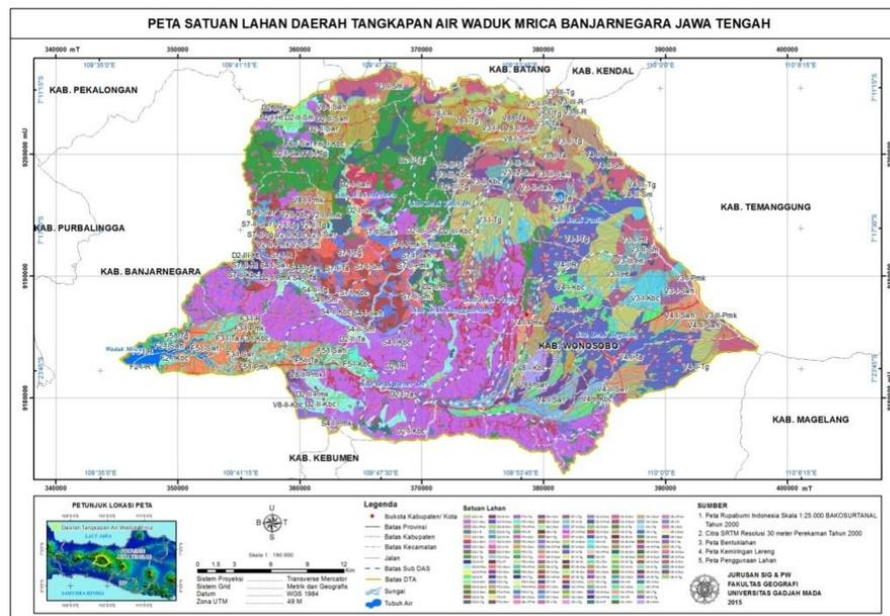
PENILAIAN PARAMETER		KELAS TINGKAT BAHAYA EROSI				
		Sangat Tinggi	Tinggi	Sedang	Rendah	Sangat Rendah
KELAS LIMPASAN	Sangat Tinggi	ST	ST	T	Sdg	R
	Tinggi	ST	T	Sdg	R	SR
	Normal	T	Sdg	Sdg	R	SR
	Rendah	Sdg	R	R	R	SR
	Sangat Rendah	R	SR	SR	SR	SR

Sumber: Pengolahan data spasial dengan SIG

5. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

5.1 Peta Satuan Lahan Sebagai Dasar Pemetaan Erosi Permukaan dan Limpasan Permukaan

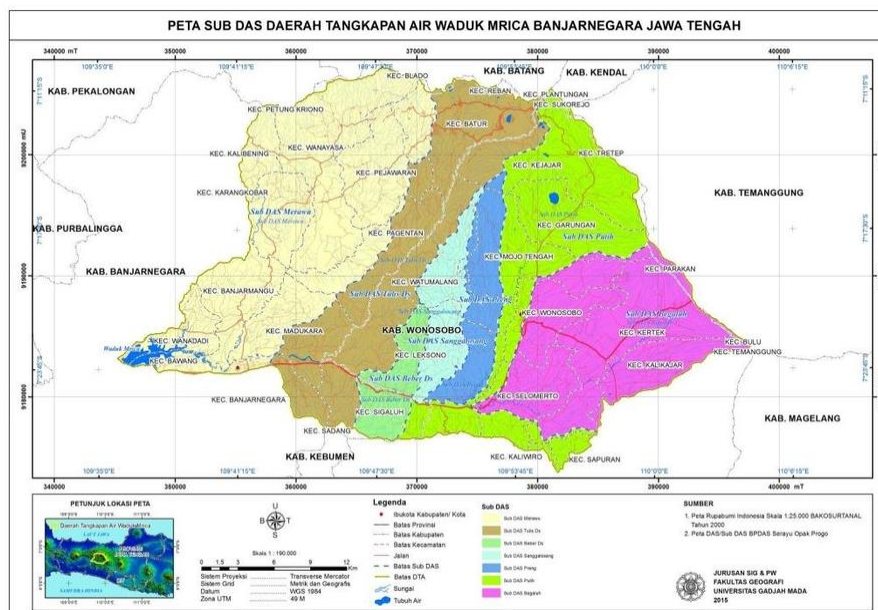
Sebagai satuan terkecil untuk melakukan estimasi dan pemetaan besarnya erosi permukaan dan besarnya koefisien limpasan permukaan digunakan satuan lahan (*land unit*). Satuan lahan disusun dari peta bentuklahan, peta kelerengan, dan peta penggunaan lahan. Sebagai contoh, di kecamatan Parakan pada peta geologi ditunjukkan berupa batuan gunungapi Sundoro (Qsu), peta bentuklahan berupa lereng tengah (V4), peta kemiringan lereng diklasifikasi ke dalam kemiringan lereng antara 8-15% (kelas II), dan peta penggunaan lahan digunakan untuk lahan kebun campuran (Kbc), menghasilkan peta satuan lahan yang diklasifikasikan sebagai satuan lahan V4 II Kbc (peta satuan lahan, Gambar 1).



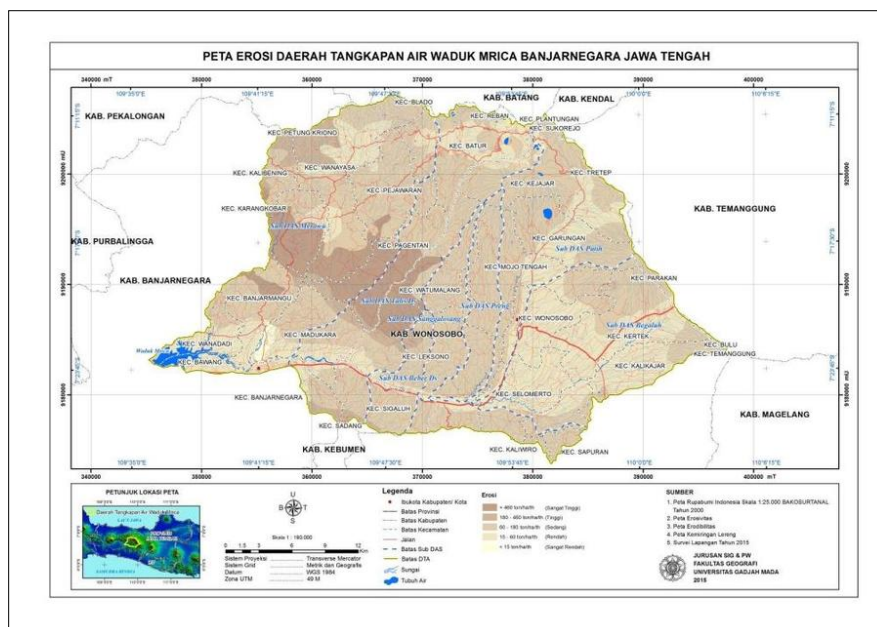
Gambar 1. Peta satuan lahan DTA Waduk Mrica, Banjarnegara, Jawa Tengah

5.2 Estimasi Erosi Permukaan dan Pemetaan Zona Potensial Erosi Permukaan

Besarnya erosi permukaan secara spasial per satuan lahan selanjutnya dilakukan pemetaan zona potensial erosi permukaan pada setiap Sub DAS di DTA Waduk Mrica yang dapat dibagi menjadi 7 Sub DAS (Gambar 2). Peta zona potensial erosi permukaan hasil estimasi menggunakan rumus RUSLE dapat ditunjukkan pada peta Erosi Permukaan DTA Waduk Mrica (Gambar 3) dan luas setiap kelas erosi permukaan pada setiap Sub DAS ditunjukkan pada Tabel 6. Pada Peta Erosi Permukaan DTA waduk Mrica (Gambar 1) dapat dipetakan 3 zona potensial erosi permukaan yang mempunyai nilai erosi permukaan (A) kelas sangat tinggi (>460 ton/ha/th), yaitu: (1) lereng gunungapi Sundoro yang termasuk dalam wilayah Sub DAS Begaluh dan Sub DAS Putih yang meliputi kecamatan-kecamatan Kretek, Parakan, Wonosobo, Mojotengah, Garungan, dan Tretep, (2) kompleks gunung Sikunang dan gunung Raung yang meliputi wilayah Sub DAS Putih, Sub DAS Preng, Sub DAS Sanggalosang, dan Sub DAS Tulis yang meliputi kecamatan-kecamatan Mojotengah, Garungan, Tretep, Kejajar, Watumalang, dan (3) kompleks pegunungan Serayu Utara terjadi di wilayah Sub DAS Tulis dan Sub DAS Merawu meliputi kecamatan-kecamatan Watumalang, Pagentan, Pejawaran, Wanayasa, dan Karangobar.



Gambar 2. Peta Sub DAS di DTA Waduk Mrica, Banjarnegara, Jawa Tengah



Gambar 3. Peta Erosi Daerah Tangkapan Air (DTA) di Waduk Mrica

Tabel 6. Luas Erosi Permukaan DTA Waduk Mrica, Banjarnegara, Jawa Tengah

Sub DAS	Erosi Permukaan (A)					Luas (Ha)	%
	Sangat Tinggi (>460 ton/ha/th)	Tinggi (180-460 ton/ha/th)	Sedang (60-180 ton/ha/th)	Rendah (15-60 ton/ha/th)	Sangat Rendah (<15 ton/ha/th)		
Sub DAS Merawu	5.461,07	585,85	16.686,05	6.598,19	385,11	29.716,27	30,19
Sub DAS Tulis Ds	3.312,60	1.074,22	10.834,35	4.198,77		19.419,94	19,73
Sub DAS Beber Ds	12,66	311,29	2.764,02	468,63		3.556,60	3,61
Sub DAS Sanggalosang	12,95		4.248,32	67,76		4.329,02	4,40
Sub DAS Preng			5.023,54	121,82		5.145,37	5,23
Sub DAS Putih			12.714,82	4.580,96	4,09	17.299,88	17,58
Sub DAS Begaluh			6.173,12	12.785,38		18.958,50	19,26
Jumlah	8.799,27	1.971,36	58.444,22	28.821,51	389,20	98.425,57	100,00

Sumber :Hasil Analisis SIG, 2015

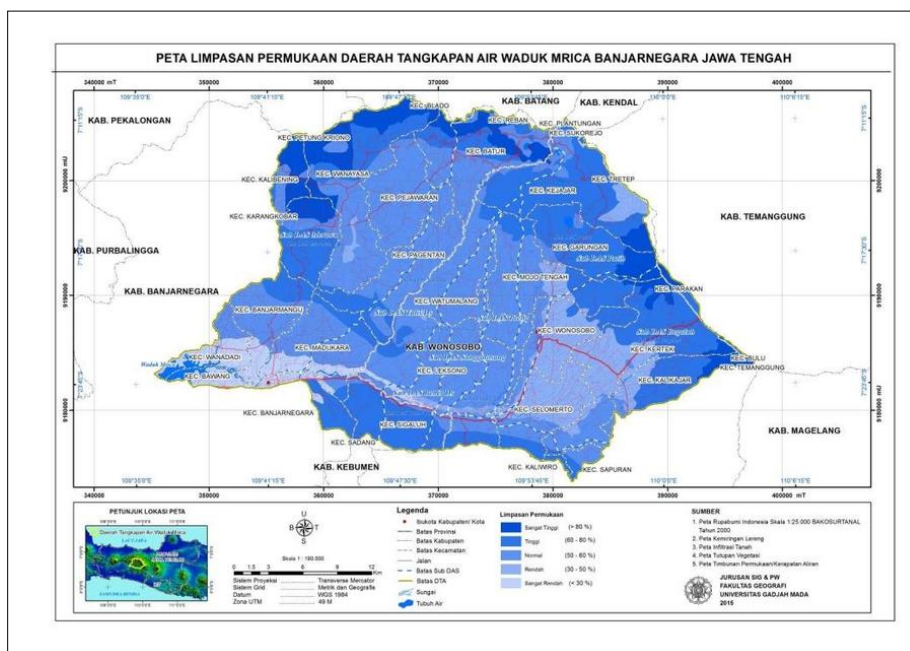
Pada Tabel 6 terlihat bahwa besarnya erosi permukaan yang paling luas termasuk kategori sedang (60-180 ton/ha/th) sebesar 58.444,22 ha (59%) dan kategori luas kedua erosi rendah (15-60 ton/ha/th) sebesar 28.821,51 ha (29%). Besarnya erosi permukaan yang termasuk kategori sangat tinggi (>460 ton/ha/th) ditinjau dari aspek luas sebesar 8.799,27 ha (9%) yang secara spasial tersebar paling luas di Sub DAS Merawu (5.461,07 ha), Sub DAS Tulis (3.312, 60 ha), Sub DAS Beber (12,95 ha), dan Sub DAS Sanggalosang (12,95 ha). Besarnya erosi permukaan yang termasuk kategori tinggi (180-460 ton/ha/th) mempunyai luas 1.971,36 ha (2%) yang secara spasial tersebar paling luas di Sub DAS Tulis (1.074,22 ha), Sub DAS Merawu (585,85 ha), dan Sub DAS Beber (311,29 ha). Besarnya erosi permukaan kategori sangat tinggi (9%) dan kategori tinggi (2%) walaupun tidak begitu luas sebaran spasialnya dari luas wilayah DTA Waduk Mrica namun letaknya relatif tetap dan intensitasnya tinggi.

5.3 Estimasi Koefisien Limpasan Permukaan dan Pemetaan Zona Potensial Limpasan Permukaan

Dengan mengacu pada Tabel 2 yang mempertimbangkan unsur-unsur karakteristik DAS untuk menghasilkan nilai koefisien aliran limpasan permukaan yang dikembangkan oleh Chow (1964) dan dimodifikasi oleh Meijerink (1970, 1974) dan Gunawan (1991) untuk estimasi besarnya koefisien limpasan permukaan (C) dengan metode Cook. Estimasi besarnya nilai koefisien limpasan permukaan (C) dilakukan per satuan lahan seperti halnya untuk estimasi besarnya nilai erosi permukaan (A). Besarnya nilai koefisien limpasan permukaan hasil estimasi per satuan lahan selanjutnya dikelompokkan menurut satuan Sub DAS di seluruh wilayah DTA Waduk Mrica, sehingga menghasilkan peta limpasan permukaan DTA Waduk Mrica (Gambar 4) dan luasan pada setiap kelas limpasan permukaan setiap Sub DAS disajikan pada Tabel 7. Pada

Gambar 4 peta limpasan permukaan DTA Waduk Mrica, terlihat bahwa besarnya nilai koefisien limpasan permukaan dapat dikelompokkan menjadi 5 kelas, seperti ditunjukkan pada Tabel 3, yaitu: sangat tinggi (>80%), tinggi (>60-80%), sedang (>40-60%), rendah (>20-40%), sangat rendah (<20%).

Sebaran spasial zona potensial limpasan permukaan yang termasuk kelas ekstrem (sangat tinggi) (>80%) meliputi 4 lokasi yang tidak begitu luas terutama pada lahan-lahan lereng gunungapi, kompleks pegunungan Dieng, dan lereng pegunungan Serayu Utara. Pertama, zona potensial limpasan permukaan yang termasuk kelas sangat tinggi (>80%) dapat dipetakan di lereng gunungapi Sumbing yang termasuk dalam wilayah Sub DAS Begaluh meliputi wilayah kecamatan-kecamatan Temanggung, Bulu, Kalikajar, dan Kretek. Kedua, Lereng gunungapi Sundoro yang termasuk dalam wilayah Sub DAS Begaluh dan Sub DAS Putih meliputi wilayah kecamatan-kecamatan Parakan, Garungan, dan Tretep. Ketiga, kompleks pegunungan Dieng yang termasuk dalam wilayah Sub DAS Tulis dan Sub DAS Merawu meliputi wilayah kecamatan-kecamatan Batur, Reban, Blado dan Wanayasa. Keempat, lereng gunungapi tua yang termasuk dalam wilayah Sub DAS Merawu meliputi wilayah kecamatan-kecamatan Petungkriyono, Wanayasa, Kalibening, dan Karangobar.



Gambar 4. Peta Limpasan Permukaan Daerah Tangkapan Air (DTA) Waduk Mrica

Tabel 7. Luas Limpasan permukaan DTA Waduk Mrica, Banjarnegara, Jawa Tengah

Sub DAS	Limpasan Permukaan					Luas (Ha)	%
	Sangat Tinggi (>80%)	Tinggi (>60-80%)	Normal (>40-60%)	Rendah (>20-40%)	Sangat Rendah (<20%)		
Sub DAS Merawu	4.438,60	6.318,19	15.177,58	221,36	3.982,18	30.137,91	30,62
Sub DAS Tulis Ds	1.235,32	5.775,34	11.435,50	78,44	768,18	19.292,79	19,60
Sub DAS Beber Ds		1.515,19	1.714,97	130,05	169,01	3.529,22	3,59
Sub DAS Sanggalosang		38,50	4.203,18	54,03		4.295,70	4,36
Sub DAS Preng		528,21	4.366,42	211,13		5.105,76	5,19
Sub DAS Putih	1.129,80	9.269,26	5.182,24	1.670,34		17.251,64	17,53
Sub DAS Begaluh	1.672,78	7.175,65	1.849,83	8.114,30		18.812,56	19,11
Jumlah	8.476,49	30.620,34	43.929,72	10.479,65	4.919,37	98.425,57	100,00

Sumber :Hasil Analisis SIG, 2015

Sebaran spasial zona potensial limpasan permukaan yang termasuk kelas tinggi (>60-80%) yang tersebar agak meluas meliputi 4 lokasi, yaitu: (1) kompleks gunungapi, (2) kompleks pegunungan Dieng, (3) dan (4) kompleks pegunungan Serayu Utara dan Selatan. Zona limpasan permukaan yang termasuk kelas normal (>40-60%) secara spasial tersebar meluas dan/atau paling luas serta mengelompok ke dalam wilayah Sub DAS-Sub DAS Putih, Preng, Sanggalosang, Beber, Tulis, dan Merawu. Zona limpasan permukaan yang termasuk kelas rendah (>20-40%) dan sangat rendah (<20%) secara spasial tersebar tidak begitu luas

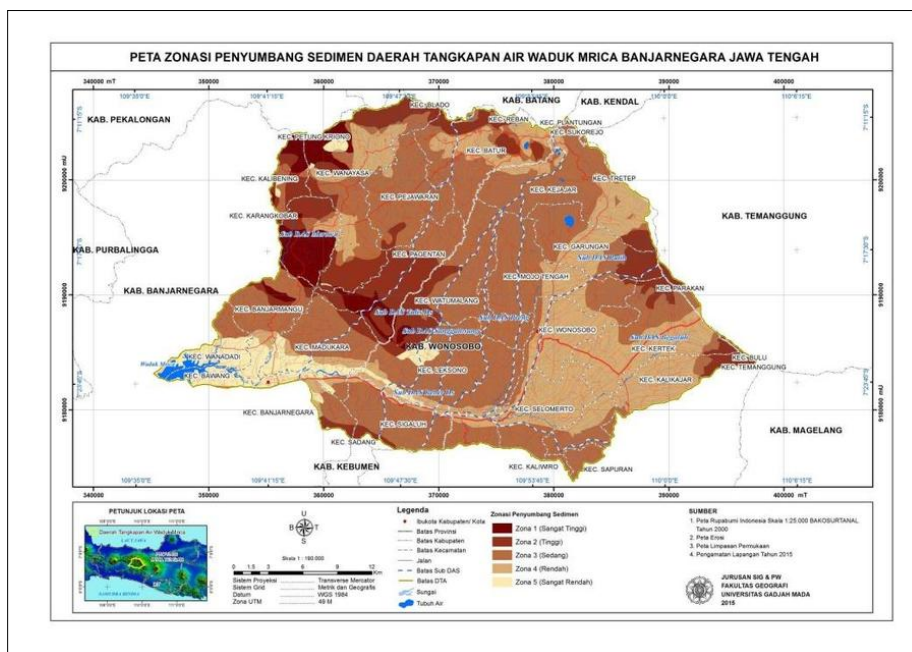
meliputi lereng tengah dan bawah gunungapi Sumbing dan Sundoro untuk kelas rendah ($>20-40\%$), sedang yang termasuk kelas sangat rendah ($<20\%$) tersebar di daerah kipas aluvial, teras sungai, dan dataran aluvial muara kanan-kiri sungai Serayu diatas waduk Mrica.

5.4 Kerusakan Lahan dan Peta Zona Potensial Penyumbang Sedimen Waduk Mrica

Kerusakan lahan yang diakibatkan oleh proses erosi permukaan bersumber dari tenaga kinetik pukulan curah hujan, dan juga dipengaruhi oleh tenaga kinetik aliran limpasan permukaan akibat kelebihan hujan. Kerusakan lahan akibat proses erosi permukaan yang bersumber dari tenaga kinetik pukulan curah hujan menimbulkan erosi percik (*splash erosion*), sedang yang bersumber dari tenaga kinetik limpasan permukaan menimbulkan erosi alur (*rill erosion*) dan erosi parit (*gully erosion*) dan merupakan penyumbang sedimen yang cukup potensial yang masuk ke dalam waduk Mrica. Disisi lain kerusakan lahan akibat tenaga kinetik limpasan permukaan merupakan tenaga pengangkut utama sedimen yang menyebabkan pendangkalan badan sungai Serayu dan waduk Mrica.

Kedua jenis penyebab kerusakan lahan (erosi permukaan dan limpasan permukaan) ini yang ditengarai menjadi penyumbang utama sedimen yang masuk ke waduk Mrica. Salah satu upaya untuk mencari sumber penyebab kerusakan lahan tersebut adalah dengan melakukan pelacakan dan pemetaan zona potensial penyumbang sedimen waduk Mrica. Erosi permukaan dan limpasan permukaan diasumsikan secara bersama menjadi penyumbang utama sedimen yang masuk ke waduk Mrica, nilai erosi permukaan dan nilai limpasan permukaan kelas tinggi hingga sangat tinggi dikategorikan menjadi prioritas pertama (I) dan seterusnya kombinasi kelas sedang dan tinggi sebagai prioritas kedua (II), dan kombinasi kelas rendah dan sangat rendah sebagai prioritas ketiga (III) sebagai sumber utama penyumbang sedimen Waduk Mrica.

Dengan membuat tabel matriks yang diperoleh dari sebaran spasial hasil tumpangtindih peta erosi permukaan dan peta limpasan permukaan dapat dipetakan zona potensial penyumbang sedimen yang masuk ke Waduk Mrica. Pada Gambar 5 yang menunjukkan peta zonasi penyumbang sedimen DTA Waduk Mrica terlihat zona potensial penyumbang sedimen dapat dikelompokkan menjadi 5 kelas prioritas dan selanjutnya setelah dilakukan generalisasi dapat dikelompokkan menjadi 3 kelas, yaitu: (1) kelas tinggi dan sangat tinggi dikategorikan ke dalam satu kelas sebagai prioritas pertama (prioritas I), (2) kelas sedang kombinasi antara nilai erosi permukaan kelas tinggi dan limpasan permukaan kelas sedang dan/atau nilai erosi permukaan kelas sedang dan nilai limpasan permukaan kelas tinggi dikategorikan sebagai prioritas kedua (prioritas II), dan (3) kelas rendah dan sangat rendah dikategorikan sebagai prioritas ketiga (prioritas III).



Gambar 5. Peta Zona Penyumbang Sedimen Daerah Tangkapan Air (DTA) Waduk Mrica

Zona potensial penyumbang sedimen yang termasuk kategori prioritas I meliputi (a) lereng atas gunungapi Sumbing yang termasuk wilayah Sub DAS Begaluh yang meliputi wilayah Kecamatan Kalikajar dan Kecamatan Kertek, (b) lereng atas gunungapi Sundoro yang termasuk wilayah Sub DAS Begaluh dan Sub DAS Putih yang meliputi wilayah kecamatan-kecamatan Parakan, Kertek, Mojotengah, Garungan, dan Kejajar, (c) kompleks pegunungan Dieng bagian utara (hulu) yang termasuk wilayah Sub DAS Tulis dan Sub DAS Merawu yang meliputi wilayah kecamatan-kecamatan Batur, Reban, dan Blado, (d) kompleks

gunungapi tua yang termasuk wilayah Sub DAS Merawu yang meliputi wilayah kecamatan-kecamatan Petungkriono, Wanayasa, dan Kalibening, (e) kompleks pegunungan Serayu Utara yang termasuk dalam wilayah Sub DAS Tulis dan Sub DAS Merawu yang meliputi wilayah kecamatan-kecamatan Karangobar, Pagentan, dan Watumalang, (f) kompleks pegunungan Serayu Selatan yang termasuk wilayah Sub DAS Beber dan Sub DAS Tulis yang meliputi wilayah kecamatan-kecamatan Sigaluh, Sadang, dan Banjarnegara.

Berdasarkan pendugaan erosi permukaan (A) dijumlahkan seluruh DTA Waduk Mrica sebesar 673.833,49 ton/th, dan asumsi besarnya erosi tebing dan erosi dasar lembah sebesar 25% dikalikan dengan besarnya erosi permukaan (A) sebesar 168.458,37 ton/th, jadi besarnya erosi total sungai (*gross erosion, GE*) sebesar 98.425,57 ton/th. Dengan memperhitungan besarnya rasio pelepasan sedimen (*sediment delivery ratio, SDR*), maka besarnya sedimen total sungai adalah besarnya erosi total sungai dikalikan besarnya SDR, luas DTA Waduk Mrica sebesar 98.425,57 km² yang berarti besarnya nilai SDR adalah 14,4 (Tabel 4). Pendugaan besarnya sedimen total sungai (SY) yang masuk ke Waduk Mrica dengan menggunakan rumus estimasi besarnya sedimen total sungai diperoleh sebesar 117.920,93.ton/th.

Tabel 8. Luas Zona penyumbang sedimen DTA Waduk Mrica, Banjarnegara, Jawa Tengah

Sub DAS	Zona Penyumbang Sedimen					Luas (Ha)	%
	(Sangat Tinggi) Zona 1	(Tinggi) Zona 2	(Sedang) Zona 3	(Rendah) Zona 4	(Sangat Rendah) Zona 5		
Sub DAS Merawu	3.886,45	6.450,58	12.266,31	3.308,92	3.804,00	29.716,25	30,19
Sub DAS Tulis Ds	523,45	4.562,80	10.201,73	3.185,34	946,63	19.419,94	19,73
Sub DAS Beber Ds		80,32	2.681,88	380,45	413,96	3.556,60	3,61
Sub DAS Sanggalosang		12,95	4.228,07	88,00		4.329,02	4,40
Sub DAS Preng			4.875,43	269,94		5.145,37	5,23
Sub DAS Putih		1.084,08	11.064,35	5.147,36	4,09	17.299,88	17,58
Sub DAS Begaluh		1.673,29	4.394,68	12.890,53		18.958,50	19,26
Jumlah	4.409,89	13.864,02	49.712,44	25.270,54	5.168,68	98.425,57	100,00

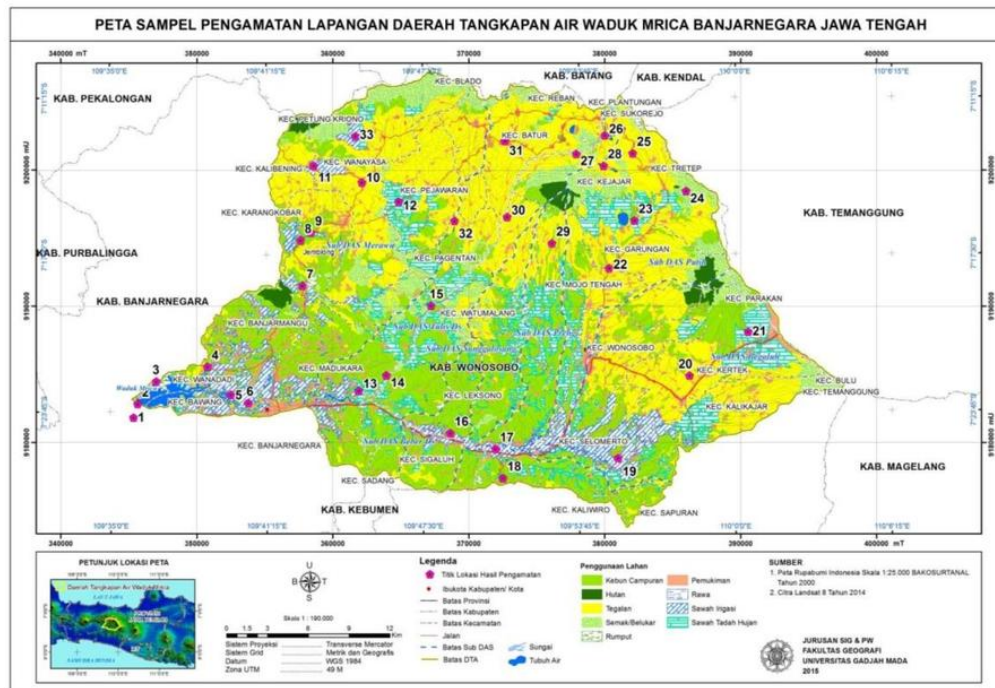
Sumber :Hasil Analisis SIG, 2015

Dari Tabel 8 terlihat bahwa penyumbang sedimen terbesar adalah pada zone sedang (zone 3) atau dikategorikan sebagai prioritas II seluas 49.712,44 ha (50,51%), zona sangat tinggi dan tinggi (Zone 1 dan 2) atau dikategorikan sebagai prioritas I seluas 18.273,91 ha (18,57%), dan zona rendah dan sangat rendah (zona 4 dan 5) atau dikategorikan sebagai prioritas III seluas 30.439,22 ha (30,93%). Zona potensial penyumbang sedimen yang termasuk prioritas I yang terluas adalah yang berasal dari Sub DAS Merawu seluas 10.337,03 ha (34,79%), Sub DAS Tulis seluas 5.086,25 ha (26,19%), Sub DAS Begaluh seluas 1.673,29 ha (8,83%), Sub DAS Putih seluas 1.084,88 ha (6,27%), sedang Sub DAS Beber dan Sub DAS Sanggalosang masing-masing seluas 80,32 ha (2,26%) dan 12,95 ha (0,30%), sementara Sub DAS Preng tidak termasuk Prioritas I.

5.5. Arah dan Strategi Manajemen Lahan

5.5.1. Tindakan Konservasi Tanah dan Air pada Zona Potensial Penyumbang Sedimen Berdasarkan Urutan Prioritas

Validasi terhadap terjadinya erosi permukaan dapat ditunjukkan oleh indikator gejala erosi di lapangan seperti terbentuknya alur-alur erosi (*rill erosion*), parit-parit erosi (*gullies erosion*) akibat pembukaan lahan (lahan terbuka), bahkan ekstremnya hingga terjadi tanah longsor (*landslide*), seperti ditunjukkan pada foto lapangan diambil sampel nomor 26 (Gambar 6) di desa Dieng wilayah Sub DAS putih yang menunjukkan pembukaan lahan pada kelerengan terjal (Gambar.7).



Gambar 6. Peta lokasi sampel di DTA Waduk Mrica, Banjarnegara, Jawa Tengah



Gambar 7. Gambaran kondisi lapangan yang menunjukkan erosi permukaan kelas sangat tinggi akibat pembukaan lahan (foto lapangan diambil sampel (nomor 26) di Desa Dieng wilayah Sub DAS Putih pada bulan Agustus 2015)



Gambar 8. Gambaran kondisi lapangan yang menunjukkan erosi permukaan kelas sangat tinggi sehingga terjadi tanah longsor (foto lapangan diambil sampel (nomor 8) di desa Jemblung Karangkoobar di wilayah Sub DAS Merawu pada bulan Agustus 2015)

Foto lapangan tentang kejadian longsor diambil sampel (nomor 8) yang terjadi di desa Jemblung Karangkoobar yang termasuk dalam wilayah Sub DAS Merawu, seperti ditunjukkan pada foto lapangan (Gambar 8). Penyebab kejadian di desa Jemblung pada sampel (nomor 8) adanya lapisan batuan dasar yang menjadi bidang peluncur.



Gambar 9. Contoh upaya konservasi tanah dan air secara sipil-teknis (bronjong batu) pada lahan yang telah mengalami tanah longsor (foto lapangan diambil pada sampel nomor 8 di wilayah Desa Jemblung Kecamatan Karangobar yang termasuk Sub DAS Merawu pada bulan Agustus 2015)

Arahan dan strategi manajemen lahan untuk kejadian tanah longsor seperti di desa Jemblung Karangobar adalah dilakukan secara sipil teknis dengan membuat bronjong yang dibuat dari tumpukan batu-batuan ataupun dengan diberi perekat semen, seperti ditunjukkan pada Gambar 9.

Zona potensial penyumbang sedimen yang termasuk kategori prioritas II yang secara spasial lokusnya berada pada (a) bentuklahan lereng tengah gunungapi Sikunang yang terletak di wilayah Kecamatan Mojotengah (sampel nomor 29) yang termasuk dalam wilayah Sub DAS Preng dan di wilayah Kecamatan Watumalang (nomor sampel 30) yang termasuk dalam wilayah Sub DAS Tulis, (b) bentuklahan lereng tengah kompleks pegunungan Dieng (bagian selatan) yang terletak di wilayah Kecamatan Pagentan (nomor sampel 32) yang termasuk dalam wilayah Sub DAS Tulis dan di wilayah Kecamatan Pejawaran (sampel nomor 12) yang termasuk dalam wilayah Sub DAS Merawu, rekomendasi tindakan manajemen lahan difokuskan secara vegetatif, seperti menambah kerapatan vegetasi dan keanekaragaman hayati (diversifikasi), menggantikan tanaman kentang dengan berbagai jenis tanaman ekonomis tinggi lain seperti hortikultura, seperti yang ditunjukkan pada foto lapangan (Gambar 10).



Gambar 10. Upaya konservasi tanah dan air yang didominasi secara vegetatif berteras pada lahan yang menunjukkan tutupan vegetasi dan keanekaragaman hayati kurang rapat dan kurang beranekaragam (foto lapangan diambil pada sampel nomor 29 di wilayah Kecamatan Mojotengah yang termasuk dalam wilayah Sub DAS Preng pada bulan Agustus 2015)

Zona potensial penyumbang sedimen yang termasuk kategori prioritas III dapat ditunjukkan pada bentuklahan lereng bawah gunungapi Sumbing, seperti yang dijumpai pada (a) wilayah Kecamatan Kertek (sampel nomor 20) dan (b) wilayah Kecamatan Selomerto (sampel nomor 19) semuanya termasuk dalam wilayah Sub DAS Begaluh, rekomendasi tindakan pengelolaan lahan difokuskan untuk memperbaiki dalam tindakan manajemen, dengan meningkatkan sistem usahatani melalui inovasi rekayasa ekonomi namun masih berbasis ekologi, seperti ditunjukkan dalam mengkombinasikan antara tanaman keras dan tanaman pertanian, seperti hutan rakyat (Puspitojati, Dkk., 2014) (Gambar 11).



Gambar 11. Upaya konservasi tanah dan air dari aspek manajemen lahan untuk memperbaiki sistem usahatani melalui inovasi rekayasa ekonomi berbasis ekologi (foto lapangan diambil pada sampel nomor 19 dan 20 di wilayah Kecamatan Kertek dan Selomerto yang termasuk dalam wilayah Sub DAS Begaluh pada bulan Agustus 2015)

5.5.2. Ketidak-tepatan Tindakan Konservasi Tanah dan Air dan Indikator Pendangkalan pada Badan Sungai Serayu dan Waduk Mrica

Tindakan konservasi tanah dan air yang dilakukan dalam rangka penyelamatan Waduk Mrica ditinjau dari aspek pendangkalan sedimen yang bersumber dari wilayah DTA Waduk Mrica menunjukkan ketidak-berhasilan dan/atau ketidak-tepatan dalam upaya manajemen lahan, terbukti masih dijumpainya endapan-endapan lumpur, baik yang tersebar pada badan-badan sungai Serayu dan di dalam Waduk Mrica, seperti adanya gosong sungai, dataran banjir, dan tanah timbul yang dimanfaatkan oleh masyarakat untuk usaha tanaman pertanian. Indikator lumpur yang telah menjadi material sedimen yang diendapkan pada badan sungai Serayu dan di dalam Waduk Mrica tersebut menjadi potret diri hasil aktivitas manusia atas intensitas pemanfaatan lahan yang berlebihan dan dapat dinyatakan telah melampaui daya dukung lingkungannya.

Indikator pendangkalan pada badan sungai Serayu yang diambil di wilayah Kecamatan Sigaluh (sampel nomor 16 dan 17) yang berupa gosong sungai dan dataran banjir yang bersumber dari (a) zona potensial penyumbang sedimen kategori prioritas I dari lereng atas gunungapi Sumbing dan Sundoro yang termasuk wilayah Sub DAS Begaluh, (b) zona potensial penyumbang sedimen kategori prioritas II dari lereng tengah gunungapi Sikunang wilayah kompleks pegunungan Dieng bagian selatan yang termasuk dalam wilayah Sub DAS-Sub DAS Putih, Preng, dan Sanggalosang, seperti yang ditunjukkan pada foto lapangan (Gambar 12).

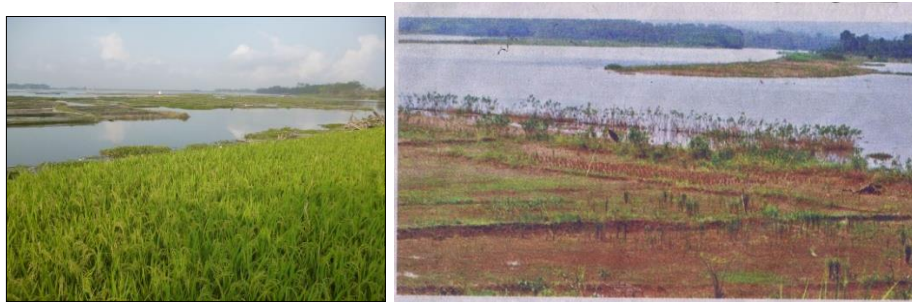


Gambar 12. Indikator pendangkalan yang berupa (a) gosong sungai dan (b) dataran banjir pada badan sungai Serayu di wilayah Kecamatan Sigaluh pada nomor sampel 16 dan 17 (foto lapangan diambil pada bulan Agustus 2015)

Indikator pendangkalan yang terjadi di muara Serayu yang masuk ke waduk (sampel nomor 5 dan 6) dan di dalam badan Waduk Mrica yang berupa tanah timbul (pulau) pada saat air waduk surut (sampel nomor 2 dan 3), pengamatan dan foto lapangan diambil pada saat musim kemarau (bulan Agustus 2015). Foto lapangan pendangkalan di muara sungai Serayu yang masuk sebelum ke dalam badan waduk ditunjukkan pada Gambar 13, sedang foto lapangan yang menggambarkan kondisi tanah timbul di dalam badan Waduk Mrica ditunjukkan pada Gambar 14.



Gambar 13. Pendangkalan di dalam badan sungai yang berupa endapan gosong sungai pada muara sungai Serayu sebelum masuk ke dalam badan Waduk Mrica di wilayah Desa Singomerto Kecamatan Banjarnegara (foto lapangan diambil pada nomor sampel 5 dan 6 pada bulan Agustus 2015)



Gambar 14. Pendangkalan di dalam badan Waduk Mrica yang berupa endapan tanah timbul pada saat ini sebagian sudah dimanfaatkan untuk tanaman pertanian dan sebagaian dibiarkan tumbuh rumput dan semak (foto lapangan diambil pada sampel nomor 2 dan 3 pada bulan Agustus 2015 dan Koran Harian (KR) 19 Agustus 2015).

6. KESIMPULAN

- (1) Model pelacakan zona potensial penyumbang sedimen seperti yang dilakukan di DTA Waduk Mrica Banjarnegara dengan kontribusi citra penginderaan jauh (Landsat 8) dan citra IKONOS sangat efektif dan efisien untuk direkomendasikan sebagai sidik cepat untuk mengetahui sumber asal sedimen yang menjadibiak-kejadi pendangkalan badan air sungai Serayu dan Waduk Mrica;
- (2) Tingkat erosi permukaan dan tingkat limpasan permukaan yang dipadu-serasikan dapat dipakai sebagai instrumen yang efektif dan efisien untuk deteksi dini untuk pelacakan sumber asal sedimen di permukaan lahan sebelum masuk ke dalam badan air sungai Serayu dan Waduk Mrica;
- (3) Parameter-parameter kenampakan bentanglahan yang merupakan faktor-faktor karakteristik Daerah Aliran Sungai (DAS) terpilih yang digunakan untuk estimasi besarnya erosi permukaan dengan metode USLE modifikasi RUSLE dan estimasi nilai koefisien limpasan permukaan dengan metode Cook, melalui citra Landsat 8, dengan bantuan citra RSTM dan peta RBI, peta tanah, dan peta geologi, seperti kelerengan lahan mempunyai ketelitian tinggi (95 % lebih), bentuklahan dan penutup lahan (>85%), sedang penggunaan dan pemanfaatan lahan melalui citra IKONOS dapat mencapai ketelitian tinggi (90%), sehingga dapat dikatakan ketelitian rata-rata interpretasi citra penginderaan jauh mencapai >90%.
- (4) Peta zona potensial penyumbang sedimen di DTA Waduk Mrica dari hasil padu-serasi antara peta erosi permukaan dan peta limpasan permukaan dapat dikelompokkan menjadi 3 prioritas, yaitu prioritas I (erosi dan limpasan permukaan kelas tinggi hingga sangat tinggi), prioritas II (erosi dan limpasan permukaan kelas sedang hingga tinggi), sedang prioritas III (erosi dan limpasan permukaan rendah hingga sangat rendah);
- (5) Zona potensial penyumbang sedimen ke dalam Waduk Mrica kategori prioritas I meliputi wilayah kecamatan-kecamatan Kalikajar, Kertek, Parakan, Garungan, dan Kejajar (Sub DAS Begaluh), kecamatan-kecamatan Wanayasa, Kalibening, Karangobar, dan Pagentan (Sub DAS Merawu), dan Kecamatan Batur (Sub DAS Tulis);
- (6) Zona potensial penyumbang sedimen ke dalam Waduk Mrica kategori prioritas II meliputi wilayah kecamatan-kecamatan Kertek, Wonosobo, Mojotengah (Sub DAS Begaluh), dan Kecamatan Garungan (Sub DAS Putih), sedang kategori prioritas III meliputi wilayah kecamatan-kecamatan Kertek, Kalikajar, Wonosobo, dan Selomerto (Sub DAS Begaluh), kecamatan-kecamatan Mojotengah dan Garungan (Sub DAS Putih), Kecamatan Batur (Sub DAS Tulis), dan Kecamatan Wanayasa (Sub DAS Merawu);

- (7) Manajemen lahan pada zona kategori prioritas I direkomendasikan secara sipil teknis (pemasangan bronjong batu, trucus bambu, batu penguat teras), pada zona kategori prioritas II direkomendasikan secara vegetatif (tanaman pioner, tanaman tahan air, tanaman untuk keaneka-ragaman jenis), sedang pada zona kategori III direkomendasikan perbaikan manajemen sistem usahatani, seperti sistem pemupukan, sistem strata dan diversifikasi tanaman, dan sistem tanaman rekayasa ekonomi (hutan rakyat).

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini dibiayai dari Dana Penerimaan Negara Bukan Pajak, Fakultas Geografi, Universitas Gadjah Mada Tahun Anggaran 2015 untuk pengembangan staf pengajar dalam melaksanakan salah satu bentuk Tridarma Perguruan Tinggi. Ucapan terima kasih kepada Tim PT CGS (Citra Gama Sakti) khususnya kepada Raras Endarto, S.Si, M.Sc. dan Nur Azis, A Md., S.Si. serta mahasiswa Jurusan Sains Informasi Geografi dan Pengembangan Wilayah saudara Josua H. Sinaga, S.Si. dan saudari Nelva Permanasari atas bantuannya dalam survei lapangan dan penggambaran peta. Semoga tulisan ini dapat menjadi masukan kepada para pembaca khususnya para pemangku kepentingan dalam memecahkan masalah waduk Mrica, Banjarnegara, Jawa Tengah.

DAFTAR PUSTAKA

- Adams, J. B. and A. R. Gillespie. (2006). *Remote Sensing of Landscapes with Spectral Images. A Physical Modelling Approach*. Cambridge University Press. United Kingdom.
- Ariefiatmoko, S., (2015). Sedimentasi Semakin Tinggi, Waduk Mrica Harus Dikeruk. *Laporan Kinerja*. Kedaulatan Rakyat, 19 Agustus 2015.
- Bogen, J., D. E. Walling, and T. J. Day. (1992). *Erosion and Sediment Transport Monitoring Programmes in River Basin*. IAHS Publication No. 210. Oslo, Norway.
- Chow, V. T., (1964). *Handbook of Applied Hydrology, A Compendium of Water-Resources Technology*. McGraw-Hill Book Company. New York.
- Fischer, M., H. J. Scholten, and D. Unwin. *Spatial Analytical Perspectives on GIS*. Taylor & Francis Publisher. London-Bristol.
- Garde, R. J. And K. G. R. Raju. (1977). *Mechanics of Sediment Transportation and Alluvial Stream Problems*. Second Edition. Wiley Eastern Limited. New Delhi.
- Gunawan, T., (1991). Penerapan Citra Penginderaan Jauh Untuk menduga Debit Puncak Menggunakan Karakteristik Lingkungan Fisik DAS, Studi Kasus Di Daerah Aliran Sungai Bengawan Solo Hulu, Jawa Tengah. *Disertasi*. IPB. Bogor.
- Gunawan, T., (2015). Ekowisata Sebagai Upaya Konservasi Budaya dan Daerah Aliran Sungai (DAS). *Kongres Sungai Indonesia*. Banjarnegara, Jawa Tengah.
- ILRI. (1974). *Drainage Principles and Applications*. Wageningen. Netherland.
- Kedaulatan Rakyat. (2015). Alih Fungsi Hutan Resahkan Warga Batur, Banjarnegara. KR, 16 Pebruari 2015.
- Lillesand, T. M. and R. W. Kiefer. (1987). *Remote Sensing and Image Interpretation*. 2nd Edition. John Wiley and Sons. New York.
- Linsley, R. K., M. A. Kohler, and J. L. H. Paulhus. (1975). *Hydrology for Engineer*. Mcgraw-Hill/Kogakhusa Ltd. Tokyo.
- Lundgren, L., (1986). *Environmental Geology*. Prentice-Hall, Englewood, New Jersey.
- Malingreau, J. P., (1977). *Land Use Classification in Indonesia*. PUSPICS. Fakultas Geografi UGM. Yogyakarta.
- Meijerink, A. M. J., (1970). Photo-Interpretation in Hydrology, A Geomorphology Approach. *Short Note*. ITC-Delft.
- Meijerink, A. M. J., (1974). Photo-Hydrological Reconnaissance Survey. *Dissertation*. ITC., Enschede.
- Meijerink, A. M. J., (1982). A Spatial Assemblage Model for the Estimation of Gross Erosion and sediment yield Using Remote Sensing and Geo-data base Operations. *International Workshop*. Land Evaluation for Land Use Planning and Conservation in Sloping Areas. ITC. Enschede.
- Puspitojati, T., M. Y. Mile, E. Fauziah, dan D. Darusman. 2014. *Hutan Rakyat, Sumbangsih Masyarakat Pedesaan Untuk Hutan Tanaman*. Penerbit PT Kanisius. Bogor.
- Suharsono, P., (1998). Model Untuk Pendugaan Muatan Sedimen Tersuspensi Menggunakan Data Penginderaan Jauh. *Disertasi*. Fakultas Geografi UGM. Yogyakarta.
- Wischmeier, W. H. dan D. D. Smith. (1978). *Predicting Rainfall Erosion Losses. A Guide to Conservation Planning*. In: USDA Agriculture Handbook No. 537 Witmore, T. C., 1990. An Introduction to Tropical Rain Forest. Clarendon Press. Oxford.

PENTINGNYA TINJAUAN ASPEK GEOLOGI DALAM SUATU PERENCANAAN WILAYAH DAN KOTA GUNA TERCIPTANYA KAWASAN HUNIAN YANG IDEAL

First Ferdian Dheswara Adji Maryadi^{1*}, Kemala Medika Putri¹

¹ Program Studi Teknik Geologi, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro, Tembalang, Semarang, Jawa Tengah

Email: dheswara@gmail.com

² Program Studi Teknik Geodesi, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro, Tembalang, Semarang, Jawa Tengah

Email: kemalamedikaputri@gmail.com

*Corresponding author: dheswara@gmail.com

ABSTRAK

Pada proses perencanaan pengembangan suatu wilayah khususnya pada perencanaan permukiman terdapat syarat-syarat yang harus dipenuhi agar tercipta suatu kawasan permukiman yang aman, nyaman dan berkelanjutan, seperti aspek ekonomi, aspek sosial budaya, aspek keamanan, aspek fasilitas, dan juga aspek lingkungan. Pada aspek lingkungan sangat berkaitan dengan aspek – aspek geologi, maka dari itu tinjauan geologi sangat penting pada proses perencanaan permukiman agar suatu lokasi atau wilayah yang dipilih sebagai kawasan permukiman dapat menjadi permukiman yang berkelanjutan. Banyak kawasan hunian atau permukiman yang kurang memperhatikan aspek-aspek geologi sehingga menimbulkan masalah yang cukup serius ketika lokasi tersebut sudah menjadi kawasan hunian atau permukiman. Beberapa kasus yang umumnya terjadi akibat faktor-faktor geologi yang kurang diperhatikan adalah faktor bahaya geologi seperti contoh gerakan tanah dan faktor ketersediaan air tanah. Aspek geologi merupakan faktor-faktor geologi yang berpengaruh pada proses pembangunan dan pengembangan suatu kawasan hunian atau permukiman, maka dari itu perlu dilakukan kajian geologi dalam proses perencanaan kawasan hunian atau permukiman. Terdapat beberapa aspek geologi lingkungan yang perlu diperhatikan dalam suatu perencanaan kawasan hunian atau permukiman yaitu topografi, jenis tanah, klimatologi, stratigrafi, litologi, hidrologi, hidrogeologi, struktur geologi, dan bahaya geologi. Dengan adanya tinjauan geologi pada suatu perencanaan permukiman diharapkan faktor – faktor geologi yang dapat mengganggu permukiman tersebut dapat diminimalisir dengan maksimal sehingga dapat menjadi permukiman yang berkelanjutan.

KATA KUNCI: Geologi, Perencanaan Wilayah, Pemukiman

1. PENDAHULUAN

Pada proses perencanaan pengembangan suatu wilayah khususnya pada perencanaan permukiman terdapat syarat-syarat yang harus dipenuhi agar tercipta suatu kawasan permukiman yang aman, nyaman dan berkelanjutan, seperti aspek ekonomi, aspek sosial budaya, aspek keamanan, aspek fasilitas, dan juga aspek lingkungan. Pada aspek lingkungan sangat berkaitan dengan aspek – aspek geologi, maka dari itu tinjauan geologi sangat penting pada proses perencanaan permukiman agar suatu lokasi atau wilayah yang dipilih sebagai kawasan permukiman dapat menjadi permukiman yang berkelanjutan.

Banyak kawasan hunian atau permukiman yang kurang memperhatikan aspek-aspek geologi sehingga menimbulkan masalah yang cukup serius ketika lokasi tersebut sudah menjadi kawasan hunian atau permukiman. Beberapa kasus yang umumnya terjadi akibat faktor-faktor geologi yang kurang diperhatikan adalah faktor bahaya geologi seperti contoh gerakan tanah dan faktor ketersediaan air tanah.

Dalam suatu proses perencanaan suatu kawasan hunian atau permukiman terdapat beberapa aspek yang harus diperhitungkan salah satunya adalah aspek geologi. Aspek geologi merupakan faktor-faktor geologi yang berpengaruh pada proses pembangunan dan pengembangan suatu kawasan hunian atau permukiman, maka dari itu perlu dilakukan kajian geologi dalam proses perencanaan kawasan hunian atau permukiman. Terdapat beberapa aspek geologi lingkungan yang perlu diperhatikan dalam suatu perencanaan kawasan hunian atau permukiman yaitu topografi, jenis tanah, klimatologi, stratigrafi, litologi, hidrologi, hidrogeologi, struktur geologi, dan bahaya geologi.

Dengan adanya tinjauan geologi pada suatu perencanaan permukiman diharapkan faktor – faktor geologi yang dapat mengganggu permukiman tersebut dapat diminimalisir dengan maksimal sehingga dapat menjadi permukiman yang berkelanjutan.

2. DASAR TEORI

Perencanaan kota mempunyai jaringan intelektual dalam penerapan disiplin ilmu arsitektur maupun teknik. Dalam hal ini, perencanaan kota memusatkan diri pada pemecahan masalah dan tidak terlalu menaruh perhatian akan adanya kebutuhan tentang teori yang membenarkan kepentingan maupun aktifitasnya. Menurut Catanese, 1989 perencanaan merupakan suatu aktifitas universal manusia, suatu keahlian dasar kehidupan yang berkaitan dengan pertimbangan suatu hasil sebelum diadakan pemilihan di antara berbagai alternatif yang ada. Meskipun perencanaan itu dilaksanakan oleh setiap orang akan tetapi perencanaan kota sangat berbeda dengan bentuk perencanaan lainnya dalam berbagai aspek yang penting, yaitu ;

1. Perencanaan kota terutama berkaitan erat dengan masalah – masalah kemasyarakatan yang didalamnya tercakup sekelompok besar klien yang mempunyai kepentingan berbeda – beda.
2. Perencanaan kota merupakan aktifitas yang benar – benar direncanakan dengan matang yang biasanya ditangani oleh orang – orang yang terlatih secara profesional sebagai perencana.
3. Tujuan dan sasarannya, serta pranata – pranata untuk mencapainya, sering teramat tidak pasti.
4. Para perencana kota sendiri jarang membuat keputusan, sebaliknya mereka membuat berbagai macam alternatif dan rekomendasi bagi pihak – pihak yang dipilih dan ditunjuk untuk mengambil keputusan – keputusan tertentu.
5. Para perencana kota menggunakan berbagai macam alat bantu dan metode – metode khusus untuk menganalisis dan menyajikan berbagai alternatif.
6. Hasil dari hampir semua aktifitas perencanaan hanya dapat dilihat 5 sampai 20 tahun setelah keputusan diambil, sehingga menyulitkan umpan balik dan tindakan perbaikan.

2.1 *Permukiman*

2.1.1 *Definisi Permukiman*

Menurut Undang-Undang No. 4 Tahun 1992 permukiman adalah bagian dari lingkungan hidup diluar kawasan lindung, baik berupa kawasan perkotaan maupun perdesaan yang berfungsi sebagai lingkungan tempat tinggal atau lingkungan hunian dan tempat kegiatan yang mendukung perikehidupan dan penghidupan.

2.1.2 *Syarat – Syarat Permukiman*

Perencanaan Tapak (*siteplan*) menurut Catanese, 1984 adalah Seni menata lingkungan buatan & lingkungan alamiah guna menunjang kegiatan manusia. Pengkajian perencanaan tapak (*site planning*) sering tersusun dalam dua komponen yang berhubungan, yaitu faktor lingkungan alam dan faktor lingkungan buatan manusia. Dalam penyusunan perencanaan suatu permukiman terdapat syarat-syarat yang harus terpenuhi. Menurut Chaihora, 1994 syarat - syarat yang harus dipertimbangkan dalam pemilihan perumahan tapak untuk perumahan apabila ingin dicapai pembangunan dan pemeliharaan yang sehat dan berkelanjutan, antara lain:

Sifat Khas Fisis Tapak yang Penting

1. Kondisi tanah dan bawah tanah

Kondisi bawah tanah dan harus sesuai dengan untuk pekerjaan galian dan persiapan, peletakan jaringan utilitas serta pelandaian dan penanaman, memberikan daya dukung yang baik untuk penghematan konstruksi bangunan yang akan dibangun. Untuk menghemat konstruksi, sebaiknya lapisan bawah tanah tidak mengandung batuan keras atau rintangan lain untuk efisiensi galian utilitas pondasi atau kolong bangunan.

Air tanah dan drainase

Muka air tanah yang relatif rendah untuk melindungi bangunan dari genangan pada kolong bangunan dan gangguan air selokan, tidak adanya rawa, dan kelandaian lereng yang cukup memungkinkan penyaluran curah hujan permukaan normal dan kelancaran aliran air selokan.

Keterbebasan dari banjir permukaan

Daerah pembangunan harus bebas dari bahaya banjir permukaan yang disebabkan oleh sungai, danau atau air pasang.

Kesesuaian penempatan bangunan yang akan direncanakan

Lahan tidak boleh terlalu curam demi kebaikan kelayakan dalam kaitannya dengan konstruksi hunian. Tapak bangunan tidak boleh mempunyai ketinggian melebihi kemampuan jangkauan air untuk keperluan rumah tangga dan penanggulangan kebakaran.

Kesesuaian akses dan sirkulasi

Topografi harus memungkinkan pencapaian yang baik oleh kendaraan maupun pejalan kaki, ke dan di dalam tapak. Topografi juga harus memungkinkan pelandaian yang sesuai dengan standar yang ada.

2. Kesesuaian untuk pembangunan ruang terbuka

Lahan untuk halaman pribadi, tempat bermain dan taman lingkungan harus memungkinkan pelandaian dan pembangunan yang sesuai dengan spesifikasi.

Keterbatasan dalam bahaya topografi

Daerah yang akan dibangun hendaknya bebas dari kondisi topografi yang dapat menyebabkan kecelakaan, seperti galian, lubang yang menganga, dan garis pantai yang berbahaya.

Ketersediaan Pelayanan Saniter dan Perlindungan

- Persediaan air dan pembuangan air selokan saniter
- Pembuangan sampah
- Listrik, bahan bakar, dan komunikasi
- Pengamanan oleh polisi dan penyelamat kebakaran

Keterbatasan Dari Bahaya dan Gangguan Setempat

- Bahaya kecelakaan
- Kebisingan dan getaran
- Bau – bau, asap, dan debu

2.2 Geologi Lingkungan

Geologi adalah suatu ilmu yang mempelajari susunan, bentuk, sejarah perkembangan bumi dan makhluk yang pernah hidup di dalam dan di atas bumi, serta proses-proses yang telah, sedang, dan akan bekerja di bumi. Sedangkan lingkungan secara umum dapat diartikan sebagai hubungan antara suatu obyek dengan sekitarnya. Hubungan antara suatu obyek dengan sekitarnya dapat bersifat aktif maupun pasif, dinamis maupun statis. Dengan demikian geologi lingkungan dapat dianalogikan bahwa bumi sebagai suatu obyek yang dipengaruhi oleh lingkungannya, termasuk di dalamnya adalah manusia sebagai salah satu unsur yang mempengaruhinya.

Geologi lingkungan pada hakekatnya merupakan ilmu geologi terapan yang ditujukan sebagai upaya memanfaatkan sumberdaya alam dan energi secara efisien dan efektif untuk memenuhi kebutuhan perkehidupan manusia masa kini dan masa mendatang dengan seminimal mungkin mengurangi dampak lingkungan yang ditimbulkan. Dengan kata lain geologi lingkungan dapat diartikan sebagai penerapan informasi geologi dalam pembangunan terutama untuk meningkatkan kualitas lingkungan dan untuk meminimalkan degradasi lingkungan sebagai akibat perubahan-perubahan yang terjadi dari pemanfaatan sumberdaya alam.

Menurut Keller, 1982 geologi lingkungan merupakan interaksi antara manusia dengan lingkungan geologi. Geologi lingkungan sebagai suatu ilmu yang mempelajari bumi, mempunyai peranan penting dalam penataan lingkungan. Kajian utamanya membahas karakteristik fisik dan kimiawi lingkungan yang meliputi aspek Klimatologi, Geomorfologi, Geologi dan Hidrogeologi. Lingkungan geologis terdiri dari unsur-unsur fisik bumi dan unsur permukaan bumi, bentang alam dan proses yang mempengaruhinya. Bagi kehidupan manusia, lingkungan geologis tidak hanya memberikan unsur-unsur yang bermanfaat seperti air bersih, mineral ekonomis, bahan bangunan, bahan bakar, dan lain sebagainya, tetapi juga memiliki potensi terjadinya bencana alam seperti gempa bumi, gunung berapi, dan banjir. Oleh karena itu filosofi utama dari geologi lingkungan adalah konsep manajemen lingkungan yang didasarkan pada sistem geologi untuk pembangunan berkelanjutan.

3. METODE

Metode deskriptif adalah metode penelitian untuk membuat gambaran mengenai sesuatu atau kejadian hanya berdasarkan data dasar. Metode ini sering disebut juga sebagai metode survei. Dalam metode ini hasil yang diberikan harus dapat menerangkan hubungan, menguji hipotesis-hipotesis, membuat prediksi, serta mendapatkan makna dan implikasi dari suatu masalah yang ingin dipecahkan. Jenis penelitian deskriptif yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Studi Kasus

Studi kasus atau penelitian kasus adalah penelitian tentang status subjek penelitian yang berkenaan dengan suatu fase spesifik dari keseluruhan personalitas. Studi kasus dalam penelitian ini adalah melakukan kajian mengenai suatu kasus atau peristiwa terkait dengan penelitian yaitu pengaruh tinjauan aspek – aspek geologi terhadap perencanaan suatu kawasan hunian.

2. Metode Studi Pustaka

Untuk mendapatkan hasil penelitian yang maksimal, maka diperlukan rencana matang yang harus dilakukan mulai dari tahapan awal penelitian yang bertujuan untuk meminimalkan kesalahan di kedepannya. Oleh karena itu, studi *literature* atau studi pustaka sangat penting dilakukan baik sebelum maupun selama melakukan penelitian ini. Metode studi pustaka dilakukan untuk menambah pengetahuan dasar dari konsep analisis data dalam mengidentifikasi keterkaitan antara aspek – aspek geologi dengan perencanaan suatu kawasan hunian. Studi pustaka yang digunakan dalam penyusunan tugas akhir ini adalah buku, jurnal atau publikasi, laporan terdahulu, maupun data sumber internet yang berhubungan dengan penelitian ini.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan membahas mengenai pentingnya tinjauan aspek – aspek geologi dalam suatu perencanaan pengembangan suatu wilayah khususnya dalam perencanaan suatu permukiman. Pada prinsipnya pada saat kita memilih suatu wilayah untuk dijadikan suatu permukiman terdapat syarat – syarat yang harus terpenuhi agar permukiman tersebut menjadi permukiman yang nyaman, aman, dan berkelanjutan.

Penerapan geologi erat hubungannya dengan penataan dan pengembangan wilayah. Pola cakupan berbagai aspek yang saling terkait satu dengan lainnya baik secara fisik, ekonomi maupun sosial membutuhkan penanganan yang terpadu. Oleh karena perkembangan wilayah mencakup penataan lingkungan tersebut yang baik dilakukan adalah membangun tanpa merusak. Disini tinjauan secara geologi muncul sebagai tulang punggung dalam menangani masalah tata lingkungan. Seperti penentuan tata letak pemukiman yang memenuhi syarat, melihat kondisi tanah, air dan keseimbangan lingkungannya. Sehingga suatu bencana dapat sedini mungkin dihindari. Suatu hal yang tidak mungkin jika suatu pemukiman penduduk dibangun di suatu daerah yang kegempaan aktif atau rawan banjir atau tanah longsor.

Di dunia ini, lebih – lebih di Indonesia, masalah pemukiman merupakan kasus besar yang menyangkut jutaan jiwa manusia. Bagaimana dan dimana dapat diperoleh tempat yang layak, sehat dan bebas dari bencana, di suatu daerah yang akan direncanakan untuk dibangun suatu pemukiman. Geologi disini memainkan peranan dalam masalah pengarahan tata letak yang baik, pengadaan bahan bangunan serta pengadaan kebutuhan lain yang menunjang. Sekaligus juga turut menentukan mutu lingkungan hidup dimana salah satunya adalah kesehatan lingkungan. Sebab ternyata ada kondisi atau faktor – faktor geologi tertentu yang langsung maupun tidak langsung mengendalikan dan berpengaruh terhadap kesehatan manusia. Apabila faktor geologi tidak diperhitungkan pada saat proses perencanaan suatu wilayah permukiman akan memunculkan masalah – masalah yang berkaitan dengan aspek geologi seperti adanya bencana alam seperti gerakan tanah, banjir, gempa bumi, dan juga erupsi gunung api selain bencana alam aspek geologi yang menjadi masalah adalah ketersediaan kebutuhan air pada suatu permukiman.

Seorang geolog memiliki peran yang sangat penting serta memiliki tanggung jawab yang sangat besar untuk suatu perencanaan pengembangan wilayah terutama wilayah permukiman, dalam memilih daerah atau kawasan untuk dijadikan permukiman. Berikut adalah peranan seorang geolog dalam suatu pengembangan wilayah permukiman ;

4.1 Pemilihan Daerah Atau Kawasan Permukiman

Dalam pemilihan daerah atau kawasan yang akan dijadikan permukiman suatu daerah atau kawasan harus memenuhi syarat – syarat seperti kondisi kelerengan, topografi, struktur permukaan dan bawah permukaan.

4.1.1 Kondisi tanah dan bawah tanah

Suatu permukiman harus memiliki kondisi tanah dan bawah tanah yang dapat mendukung kegiatan pembangunan atau konstruksi, hal ini berkaitan dengan mekanika tanah dan batuan suatu daerah harus memiliki kestabilan yang cukup tinggi sehingga bangunan yang berada di atasnya dapat berdiri dengan baik.

Pada syarat ini geolog sangat berperan aktif karena dalam ilmu geologi mempelajari mengenai sifat tanah dan batuan baik secara mekanik, fisik, dan kimiawi sehingga geolog dapat menentukan lokasi yang tepat untuk proses pembangunan.

5.1.1 Kesesuaian penempatan bangunan yang akan direncanakan

Suatu permukiman harus memiliki kelerengan yang relatif sesuai untuk keperluan konstruksi bangunan yang ada di atasnya, hal ini sangat penting karena pada saat proses pembangunan suatu konstruksi kelerengan akan sangat berpengaruh pada konstruksi apabila kelerengan relatif curam akan berakibat konstruksi menjadi tidak stabil.

Selain berkaitan dengan kelerengan suatu daerah atau kawasan harus memiliki topografi yang dapat dijangkau oleh air untuk memenuhi kebutuhan. Pada syarat ini geolog memiliki peranan yang sangat besar untuk menentukan lokasi yang sesuai.

5.1.2 Kesesuaian akses dan sirkulasi

Pada syarat ini dimaksudkan suatu daerah atau kawasan harus memiliki kondisi yang dapat dijangkau oleh kendaraan dan dapat dilalui oleh pejalan kaki dengan mudah dengan kata lain suatu daerah atau kawasan yang akan dijadikan permukiman harus memiliki keadaan dan medan yang memungkinkan sebagai akses dan sirkulasi.

Pada syarat ini tentu geolog sangat diperlukan untuk menentukan kesesuaian suatu daerah atau kawasan dalam hal akses dan sirkulasi karena geolog sangat berkaitan dengan kegiatan lapangan sehingga seorang geolog akan mengetahui karakteristik suatu daerah atau kawasan tertentu yang memungkinkan sebagai akses dan sirkulasi.

5.1.3 Kesesuaian untuk pembangunan ruang terbuka

Pada syarat ini suatu daerah atau kawasan harus memungkinkan proses pelandaian guna pembangunan yang berkelanjutan, suatu daerah harus memiliki kondisi topografi dan kondisi permukaan dan bawah permukaan baik tanah atau batuan yang dapat dilakukan proses pelandaian.

5.1.4 Keterbatasan dalam bahaya topografi

Pada syarat ini suatu daerah atau kawasan harus memiliki topografi yang aman dari bencana geologi seperti adanya tebing yang curam, garis pantai yang dapat membahayakan, dan adanya lubang yang terbuka sehingga permukiman dapat terhindar dari bahaya yang diakibatkan oleh topografi.

Seorang geolog umumnya mengerti keadaan topografi karena dalam ilmu geologi mempelajari mengenai keadaan suatu daerah atau kawasan dari segi topografi, morfologi dan geomorfologi sehingga seorang geolog dapat menentukan daerah atau kawasan yang sesuai sebagai permukiman.

5.2 Menentukan Kebutuhan Sumberdaya Alam

Dalam suatu permukiman kebutuhan akan sumberdaya alam sangat penting dan sangat vital karena sumberdaya alam secara langsung menyangkut dengan kehidupan manusia yang tinggal di suatu daerah. Maka dari itu ketersediaan sumberdaya alam pada suatu daerah atau kawasan sangatlah penting dan harus dapat dipenuhi.

5.2.1 Persediaan Air

Pada suatu daerah atau kawasan yang akan dijadikan permukiman harus memiliki sumberdaya lama yang memadai untuk memenuhi kebutuhan penduduk yang akan tinggal pada permukiman tersebut pada hal ini menyangkut dengan persediaan air bersih yang terdapat pada daerah atau kawasan tersebut. Suatu daerah atau kawasan harus memiliki persediaan air yang cukup baik air tanah maupun air permukaan karena peran dari air itu sendiri sangatlah penting dan vital untuk memenuhi kebutuhan air minum, kebutuhan MCK (Mandi, Cuci, dan Kakus), kebutuhan industri, serta kebutuhan pertanian dan irigasi.

Dalam ilmu geologi mempelajari sumberdaya alam baik sumberdaya mineral, sumberdaya energi, sumberdaya lahan, termasuk sumberdaya air. Seorang geolog berperan untuk menentukan keterdapatn sumberdaya air pada suatu daerah atau kawasan serta menentukan ketersediaan sumberdaya air yang ada. Selain menentukan keterdapatn dan ketersediaan sumberdaya air seorang geolog juga berperan dalam proses eksploitasi sumberdaya air tersebut dan berperan dalam pengelolaan sumberdaya air tersebut.

5.3 Penanggulangan Bahaya Geologi

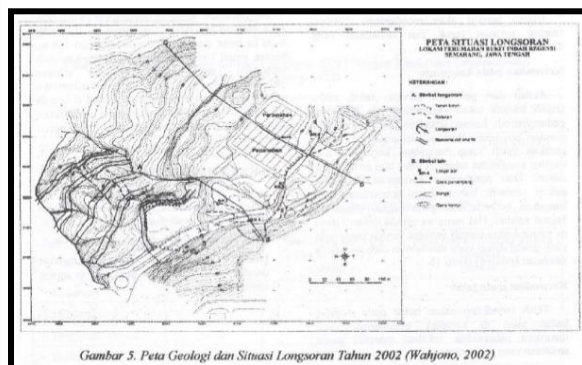
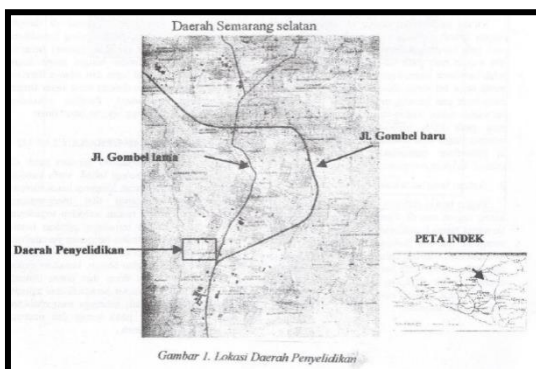
Bahaya geologi merupakan proses-proses geologi baik yang bersifat endogenik maupun eksogenik dapat menimbulkan bahaya bahkan bencana bagi kehidupan manusia. Maka dari itu suatu permukiman hendaknya terbebas dari ancaman bahay geologi yang mungkin terjadi, terutama di Indonesia merupakan negara yang berada pada zona subduksi dimana intensitas vulkanisme yang berkaitan dengan aktifitas gunung api serta tektonisme yang berkaitan dengan bencana gempa bumi sangat rentan terjadi bencana alam yang diakibatkan oleh faktor geologi, selain faktor tersebut terdapat bahaya geologi yang diakibatkan oleh aktifitas air permukaan yaitu banjir dan ketidakstabilan suatu lahan yang mengakibatkan gerakan tanah pada suatu daerah atau kawasan.

Peranan seorang geolog dalam penanggulangan bahaya geologi sangat penting karena bacana alam yang diakibatkan oleh proses geologi dipelajari dalam ilmu geologi sehingga seorang geolog mengerti karakteristik dari bencana alam yang diakibatkan oleh proses geologi. Pada tiap kasus bahaya geologi memiliki penanganan yang berbeda – beda hal ini karena tiap bahaya geologi memiliki karakteristik dan proses geologi yang berbeda – beda.

5.4 Studi Kasus

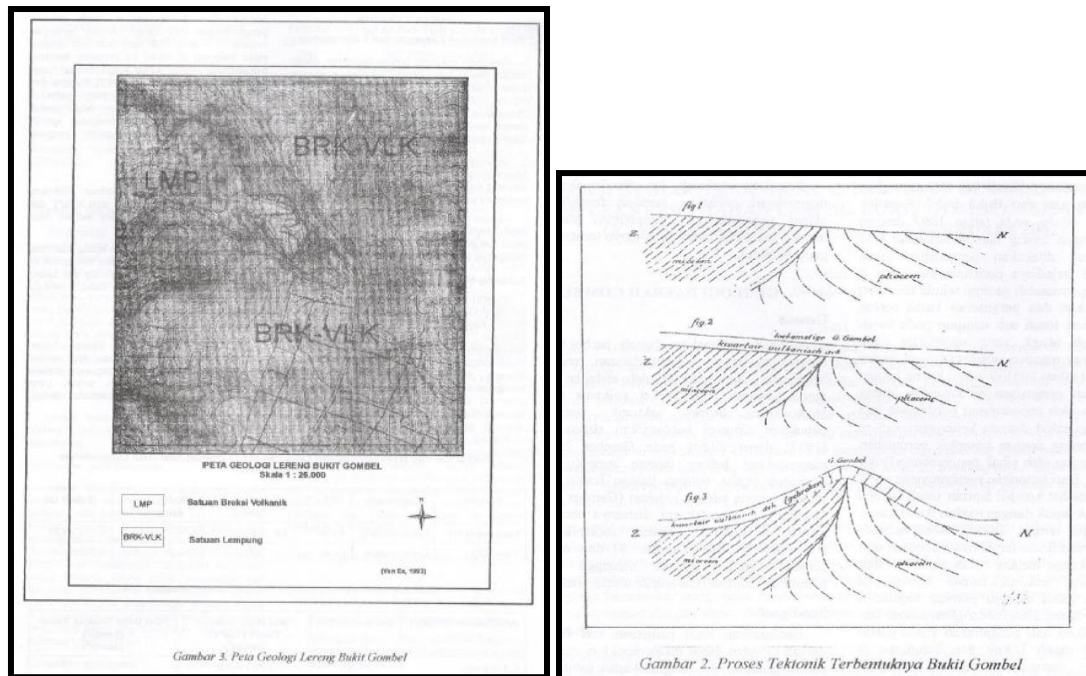
5.1.1 Evaluasi Geoteknik Atas Kejadian Gerakan Tanah Di Kompleks Perumahan Lereng Bukit Gombel – Semarang (Kasus Longsoran Gombel, 8 Februari 2008)

Pada tanggal 8 februari 2002 telah terjadi gerakan tanah (longsoran) besar di lokasi kompleks perumahan lereng bukit Gombel atau tepatnya di Bukit Indah Regency. Banyak bangunan perumahan dan infra struktur lainnya mengalami kerusakan hebat. Secara geologis, pebukitan gombel terbentuk akibat proses tektonik yang terjadi pada endapan batuan lempung (miosen) dan breksi vulkanik (pliosen), disertai dengan adanya beberapa struktur patahan. Beberapa faktor yang berpengaruh atas kejadian longsoran di kawasan pemukiman ini yaitu masalah perbedaan sifat fisik dan keteknikan tanah pada lempung mengembang dengan ketebalan 15 m mempunyai daya dukung berkisar 1,4-85 ton/m² . lokasi kompleks perumahan dibangun pada zona morfologi gerakan tanah (longsoran) lama akibat peristiwa longsoran 1933.



Gambar 1. Lokasi penelitian (a) Kondisi Longsoran (b)

Berdasarkan hasil pemetaan geologi teknik. Lokasi kompleks perumahan dapat dibagi menjadi 3 (tiga) satuan geologi yaitu satuan endapan tanah permukaan mempunyai daya dukung rendah dan sangat tidak stabil, satuan lempung mempunyai daya dukung rendah-tinggi dan labil, dan satuan breksi vulkanik mempunyai daya dukung menengah-tinggi, agak stabil. Evaluasi geologi teknik menunjukkan bahwa kompleks perumahan yang rusak berat berada pada satuan endapan tanah permukaan dan beban bangunan tidak sesuai dengan daya dukung tanahnya merupakan salah satu faktor pemicu terjadinya gerakan tanah.



Gambar 2. Kondisi litologi (a) Kondisi struktur geologi (b)

Pengukuran topografi menunjukkan bahwa pebukitan telah mengalami peralihan lateral dengan vektor perpindahan sebesar 2,5 m. Untuk mengamankan bangunan yang masih utuh, yang berada pada satuan breksi vulkanik perlu dilakukan tindakan darurat yaitu berupa memperkuat kaki lereng dengan memasang tiang bor (tiang pancang) dan pembuatan saluran drainase (permukaan maupun subdrain). (Wahjono, 2003)

5.1.2 Pembahasan Studi Kasus

Pada kajian literatur “Evaluasi Geoteknik Atas Kejadian Gerakan Tanah Di Kompleks Perumahan Lereng Bukit Gombel – Semarang (Kasus Longsoran Gombel, 8 Februari 2008)” menjelaskan mengenai gerakana tanah yang terjadi di kompleks perumahan lereng bukit Gombel atau tepatnya di Bukit Indah Regency. Pada kejadian itu banyak kerugian yang dialami oleh masyarakat yang bermukim pada daerah tersebut seperti banyaknya infrastruktur yang rusak seperti jalan dan bangunan. Hal tersebut jelas meresahkan masyarakat yang bermukim pada daerah tersebut karena dapat membahayakan keselamatan jiwa masyarakat yang bermukim di sana.

Setelah terjadi bencana gerakan tanah tersebut baru dilakukan penyelidikan yang terkait dengan kondisi geologi daerah Gombel. Berdasarkan data yang didapatkan melalui penyelidikan geologi diketahui bahwa Secara geologis, pebukitan gombel terbentuk akibat proses tektonik yang terjadi pada endapan batuan lempung (miosen) dan breksi vulkanik (pliosen), disertai dengan adanya beberapa struktur patahan. Beberapa faktor yang berpengaruh atas kejadian longsoran di kawasan pemukiman ini yaitu masalah perbedaan sifat fisik dan keteknikan tanah pada lempung mengembang dengan ketebalan 15 m mempunyai daya dukung berkisar 1,4-85 ton/m². Lokasi kompleks perumahan dapat dibagi menjadi 3 (tiga) satuan geologi yaitu satuan endapan tanah permukaan mempunyai daya dukung rendah dan sangat tidak stabil, satuan lempung mempunyai daya dukung rendah-tinggi dan labil, dan satuan breksi vulkanik mempunyai daya dukung menengah-tinggi, agak stabil. Evaluasi geologi teknik menunjukkan bahwa kompleks perumahan yang rusak berat berada pada satuan endapan tanah permukaan dan beban bangunan tidak sesuai dengan daya dukung tanahnya merupakan salah satu faktor pemicu terjadinya gerakan tanah.

Berdasarkan data yang telah didapatkan melalui penyelidikan geologi dapat disimpulkan bahwa permukiman Bukit Indah Regency yang berada di Gombel dibangun pada daerah yang rawan terjadinya bencana. Hal ini menunjukkan bahwa pada saat proses perencanaan tidak dilakukan tinjauan geologi pada daerah tersebut sehingga menyebabkan kejadian gerakan tanah tersebut, apabila pada saat perencanaan dilakukan tinjauan geologi maka seorang geolog akan merekomendasikan daerah atau kawasan yang sesuai dan ideal guna terciptanya permukiman yang berkelanjutan.

6 KESIMPULAN

Berdasarkan hasil teori maupun kajian literatur yang telah dibahas pada bab sebelumnya dapat disimpulkan bahwa seorang ahli geologi sangat memiliki peranan yang sangat penting dalam perencanaan suatu kawasan permukiman yang berkelanjutan karena banyak faktor geologi yang sangat berpengaruh pada perencanaan suatu permukiman. Berikut adalah peranan dari ahli geologi dalam menentukan perencanaan permukiman ;

1. Dalam perencanaan permukiman terdapat syarat – syarat yang berkaitan dengan aspek geologi yaitu :
 - Kondisi tanah dan bawah tanah
 - Air tanah dan drainase
 - Keterbebasan dari banjir permukaan
 - Kesesuaian penempatan bangunan yang akan direncanakan
 - Kesesuaian akses dan sirkulasi
 - Kesesuaian untuk pembangunan ruang terbuka
 - Keterbatasan dalam bahaya topografi
 - Persediaan sumberdaya air
 - Bahaya geologi
2. Dalam suatu perencanaan terdapat aspek – aspek geologi yang berkaitan dengan lingkungan yang diperhatikan yaitu :
 - Proses – Proses Geologi dan Perubahan Bentang Alam
 - Mineral dan Batuan
 - Geologi Struktur dan Tektonik Lempeng
 - Pengindraan Jauh
 - Sumberdaya Geologi
 - Bahaya Geologi

DAFTAR PUSTAKA

- Catanese Anthony J. dan Synder James C. 1996, “Perencanaan Kota”, Erlangga ; Jakarta.
- Endarto, Danang, 2005, “Pengantar Geologi Dasar”, Lembaga Pengembangan Pendidikan (LPP) dan Percetakan UNS (UNS Press) Universitas Sebelas Maret ; Surakarta.
- Graha, Doddy Setia, 1987, “Batuan dan Mineral”, Nova ; Bandung.
- Kiswanto, Agus, “PERLUNYA PROFESI GEOLOGI PADA PERENCANAAN
- Noor, Djauhari. 2006, “Geologi Lingkungan”, Graha Ilmu ; Jogjakarta.
- Noor, Djauhari. 2011, “Geologi Untuk Perencanaan”, Graha Ilmu ; Jogjakarta.
- PENGEMBANGAN WILAYAH”
- Soeriaatmadja, R.E., 1989, “Ilmu Lingkungan”, Penerbit ITB ; Bandung.
- Wahjono, 2003, “Evaluasi Geoteknik Atas Kejadian Gerakan Tanah Di Kompleks Perumahan Lereng Bukit Gombel – Semarang (Kasus Longsoran Gombel, 8 Februari 2008)”, Buletin Geologi Tata Lingkungan ; Bandung.

ANALISIS ARAH DAN FAKTOR PERKEMBANGAN KOTA MATARAM DENGAN CITRA MULTITEMPORAL

Ajeng Murtisari¹, Lia Lovianisa¹, Kuncoro Purba Wasisa¹, Mayca Sita Nurdiana¹

¹Mahasiswa S-1 Program Studi Kartografi dan Penginderaan Jauh, Fakultas Geografi UGM

ABSTRAK

Kota Mataram merupakan salah satu wilayah di Indonesia yang memiliki potensi perkembangan. Perkembangan kota akan berimplikasi terhadap pertumbuhan fisik kota yang semakin meningkat misalnya pada aspek jalan dan infrastruktur kota. Jumlah penduduk yang cukup tinggi dan banyaknya proyek strategis pemerintah menjadi faktor pemicu perkembangan kota Mataram. Analisis perkembangan kota Mataram dilakukan dengan melihat perubahan lahan non terbangun menjadi lahan terbangun dalam kurun waktu 18 tahun yakni dari tahun 1997 hingga tahun 2015. Informasi penutup lahan diperoleh dari hasil klasifikasi multispektral pada citra Landsat 5 TM tahun 1997 dan citra Landsat 8 OLI tahun 2015. Perubahan lahan non terbangun menjadi lahan terbangun dari tahun 1997 hingga tahun 2015 dihitung dengan menggunakan Overlay pada citra hasil klasifikasi multispektral. Luasan perubahan penutup lahan yang dihasilkan dengan tingkat akurasi klasifikasi 85.9967 % adalah sebesar 22,01 km². Identifikasi arah perkembangan kota dianalisis dengan menggunakan model winrose atau arah mata angin dengan pusat winrose adalah pusat kegiatan utama di Kota Mataram yakni di Kawasan Cakranegara. Arah perkembangan kota dilihat berdasarkan luasan perubahan lahan non terbangun menjadi lahan terbangun di setiap bagian arah mata angin. Hasil identifikasi arah perkembangan kota menunjukkan bahwa perkembangan fisik kota dilihat dari pusat kota lebih mengarah ke barat laut dengan total perubahan lahan non terbangun menjadi lahan terbangun sebesar 4,67505617268 km². Perkembangan fisik Kota Mataram lebih dipicu oleh faktor infrastruktur jaringan jalan, pertumbuhan fasilitas umum serta daya tarik pariwisata.

KATA KUNCI: Perubahan Penutup Lahan, Klasifikasi Multispektral, Perkembangan Kota

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kota merupakan area di atas permukaan bumi yang sangat dinamis. Perkembangan kota dicirikan dengan banyaknya perubahan lahan non terbangun menjadi lahan terbangun. Pertumbuhan substansial daerah perkotaan telah terjadi di seluruh kota di Indonesia termasuk di Kota Mataram Lombok. Perkembangan kota yang pesat dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti daya tarik pariwisata, aksesibilitas jalan dan keberadaan infrastruktur, serta lokasi pusat kegiatan seperti perkantoran, kawasan pendidikan dan lokasi bisnis distrik.

Pertumbuhan populasi merupakan salah satu faktor yang sangat berpengaruh terhadap pertumbuhan pembangunan kota. Kota Mataram merupakan kota yang sedang tumbuh dengan kepadatan penduduk pada tahun 2013 adalah 6.846 Jiwa/km² (Badan Pusat Statistik, 2015). Selain faktor populasi, faktor pertumbuhan infrastruktur juga berperan sebagai faktor pemicu pertumbuhan kota. Menurut BAPPENAS (2014), berbagai proyek strategis untuk tahun 2015 hingga tahun 2019 Provinsi Nusa Tenggara Barat akan dikembangkan diantaranya adalah pembangunan infrastruktur jalan, pengembangan bandara, pengembangan pelabuhan, serta pembangunan infrastruktur lainnya. Dengan demikian Kota Mataram memiliki potensi perkembangan pembangunan *built up area*.

Perubahan lahan non terbangun menjadi lahan terbangun dilihat dari citra penginderaan jauh secara temporal dapat dilakukan untuk monitoring perkembangan kota. Arah perkembangan kota dapat diidentifikasi secara spasial dengan menggunakan bantuan data penginderaan jauh dan sistem informasi geografis. Citra Landsat merupakan citra penginderaan jauh dengan resolusi spasial sedang yang tersedia dan dapat digunakan untuk mengidentifikasi lahan terbangun dan lahan non terbangun secara *synoptic overview*. Perubahan lahan non terbangun menjadi lahan non terbangun dapat diketahui dengan melakukan tumpang susun pada peta hasil klasifikasi tahun 1997 dan 2015. Identifikasi arah perkembangan kota dapat dilakukan dengan menggunakan bantuan model arah mata angin atau *winrose* dengan menghitung luasan perubahan lahan non terbangun menjadi lahan terbangun pada setiap bagian arah mata angin.

1.2 Rumusan Masalah

Kota Mataram berpotensi mengalami perkembangan fisik kota karena potensi pembangunan built up area yang tinggi. Analisis arah perkembangan kota dapat dilakukan dengan melihat perubahan lahan non terbangun menjadi lahan terbangun secara temporal. Perkembangan kota tersebut tentunya memiliki faktor pemicu. Faktor pemicu tersebut dianggap perlu untuk diketahui guna mengantisipasi dampak negatif yang mungkin terjadi dimasa mendatang. Berdasarkan perumusan masalah tersebut, dapat diturunkan menjadi pertanyaan penelitian, sebagai berikut:

1. Bagaimanakah arah perkembangan Kota Mataram dari tahun 1997 ke tahun 2015?
2. Faktor apa saja yang mempengaruhi arah perkembangan Kota Mataram dari tahun 1997 ke tahun 2015?

1.3 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mengkaji arah perkembangan Kota Mataram dan sekitarnya periode 1997– 2015 dengan menggunakan data penginderaan jauh.
2. Mengetahui faktor–faktor yang mempengaruhi arah perkembangan Kota Mataram.

2. STUDI AREA

Kajian mengenai arah dan faktor perkembangan lahan terbangun Kota Mataram dilakukan dengan membandingkan hasil klasifikasi citra Landsat tahun 1997 dan tahun 2015. Daerah kajian dalam penelitian ini meliputi seluruh kawasankota secara administrasi ditambah dengan sebagian daerah Kabupaten Lombok Barat. Daerah Kajian dalam penelitian ini terletak pada posisi terletak pada 08° 33' - 08° 38' Lintang Selatan dan 116° 04' - 116° 10' Bujur Timur. Kajian perkembangan lahan terbangun kota dilakukan di Mataram karena secara fisik Mataram memiliki morfologi perkotaan yang memiliki potensi untuk terus berkembang.

3. DATA DAN METODE

Metode dalam penelitian ini digunakan untuk mencapai tujuan penelitian. Uraian mengenai alur dan cara pemrosesan data dijelaskan dalam bab ini. Mulai dari persiapan data hingga visualisasi hasil. Data dasar yang digunakan dalam penelitian ini adalah citra Landsat multitemporal yaitu citra Landsat 5 TM tahun 1997 dan citra Landsat 8 OLI tahun 2015 dengan resolusi spasial yang sama yaitu 30 m. Kerja lapangan juga dilakukan dalam penelitian ini untuk keperluan pengambilan sampel yang digunakan dalam uji akurasi hasil klasifikasi.

3.1 Alat dan Bahan

3.1.1 Alat

1. GPS (*Global Positioning System*) untuk cek lapangan
2. Personal Computer (PC)/Laptop
3. Software Envi 5.0 untuk Pemrosesan Citra
4. ArcGIS 10.1 untuk input data, analisis jarak dan visualisasi data
5. Microsoft Office Untuk menyusun laporan
6. Kamera digital untuk dokumentasi kegiatan

3.1.2 Bahan

1. Citra Landsat TM tahun 1997 dan landsat OLI tahun 2015
2. Peta RBI (Rupa Bumi Indonesia) Mataram tahun 1999 skala 1:25.000

3.1.3 Data dan Cara Perolehannya

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data morfologi Kota Mataram tahun 1997 dan 2015. Parameter simulasi perkembangan lahan terbangun yang digunakan berupa data jaringan jalan, data lokasi pusat kegiatan yang diperoleh dari Peta Rupabumi Indonesia lembar 232-233, data penutup lahan yang diperoleh dari hasil klasifikasi multispektral dari citra Landsat tahun 1997 dan 2015, serta data kondisi perubahan jalan dari Dinas Pekerjaan Umum.

a. Data Morfologi Kota Mataram tahun 1997 dan 2015

Data morfologi Kota Mataram diperoleh dari citra Landsat tahun 1997 dan citra Landsat tahun 2015. Data morfologi kota diperoleh dengan melakukan klasifikasi multispectral dengan algoritma maksimum likelihood. Koreksi geometrik dilakukan terlebih dahulu pada citra yang akan diolah untuk memperoleh koordinat lokal dari citra tersebut.

1. Koreksi Geometrik

Koreksi Geometrik merupakan proses penyamaan koordinat pada peta ataupun citra dengan koordinat sesungguhnya di lapangan. Koreksi geometrik dilakukan dengan metode image to map yaitu citra pada tahun 1997 dan 2015 dilakukan koreksi dengan mengacu pada Peta RBI Kota Mataram skala 1:25.000 tahun 1999.

2. Klasifikasi Multispektral

Penutuplahan lebih merupakan perwujudan fisik objek objek yang menutupi lahan (Lillesand dan Kiefer, 1990). Klasifikasi multispektral dilakukan pada citra Landsat tahun 1997 dan citra Landsat tahun 2015 untuk membedakan penutup lahan terbangun dan non terbangun dengan menggunakan metode supervised menggunakan Region Of Interest (ROI) untuk menentukan kelas objek berdasarkan karakteristik pikselnya.

3. Uji Akurasi dan Uji Validasi

Uji akurasi merupakan metode dalam mengukur benar atau tidaknya hasil klasifikasi yang dibangun. Hasil klasifikasi dapat diuji dengan matriks kesalahan sesuai dengan short uji yang dilakukan dengan menggunakan himpunan data yang independen sehingga secara logis lebih dapat diterima kebenarannya. Akurasi penghasil dapat diperhitungkan antara hasil piksel yang terklasifikasi benar untuk setiap kategori dengan jumlah pada setiap training set. Akurasi menurut pengguna dihitung dengan membagi jumlah piksel yang terklasifikasi secara benar di tiap kategori dengan jumlah keseluruhan piksel yang diklasifikasi kategori tersebut (Danoedoro, 2012). Uji akurasi dilakukan pada hasil klasifikasi multispectral citra Landsat tahun 2015. Uji akurasi dilakukan untuk mengetahui derajat kebenaran peta penutuplahan kota mataram tahun 2015.

4. Penentuan Sampel

Penentuan sampel dilakukan untuk menentukan area yang dinilai mencurigakan pada hasil klasifikasi sehingga kebenarannya perlu dibuktikan di lapangan. Penentuan sampling yakni didasarkan atas keputusan operator dengan tujuan sampel yang diambil sudah dianggap mewakili area kajian. Dasar pengambilan sampel yang digunakan adalah stratified random sampling sehingga seluruh kelas dapat terwakili.

Pengambilan sampel di lapangan dilakukan untuk menguji derajat kebenaran peta penutup lahan hasil klasifikasi multispektral. Data yang di cek di lapangan adalah:

- 1) Keberadaan pusat kota
- 2) Penutup lahan perkotaan tahun 2015
- 3) Keberadaan fasilitas umum
- 4) Aksesibilitas yang mengalami peningkatan status

Pengambilan sampel untuk data raster diambil dengan mempertimbangkan piksel tetangganya, yakni 3 x 3 piksel. Citra yang digunakan adalah citra Landsat 30 meter maka sampel yang diambil pada daerah dengan luas 90 m x 90 m. Pengambilan sampel dengan wawancara dilakukan untuk menggali informasi mengenai parameter yang mempengaruhi perubahan lahan non terbangun menjadi lahan terbangun.

5. Uji Akurasi hasil Klasifikasi

Uji akurasi hasil klasifikasi dilakukan dengan menggunakan metode confusion matrix yaitu dengan membandingkan data hasil model dengan data cek lapangan yang selanjutnya akan dilakukan perhitungan untuk akurasi keseluruhan.

b. Peta RBI

Peta RBI digunakan untuk mengetahui sebaran titik fasilitas serta jalan yang berada di area kajian. Hasil dari deleniasi jalan melalui RBI nantinya akan dilakukan koreksi untuk mengetahui adanya

peningkatan status jalan maupun penampahan ruas jalan yang kemungkinan besar mempengaruhi perkembangan kota Mataram.

c. Data Sekunder

Data sekunder yang digunakan adalah data kondisi riwayat jalan yang dikeluarkan oleh Dinas Pekerjaan Umum sebagai masukan dalam melakukan analisis perubahan peningkatan kualitas dan kuantitas jalan.

3.1.4 Cara Analisis

1. Analisis Deteksi Perubahan

Analisis deteksi perubahan dilakukan dengan menggunakan metode *overlay* untuk mengetahui perubahan lahan non terbangun pada citra tahun 1997 menjadi lahan terbangun pada citra tahun 2015. *Overlay* dilakukan untuk mengetahui luasan perubahan penutup lahan.

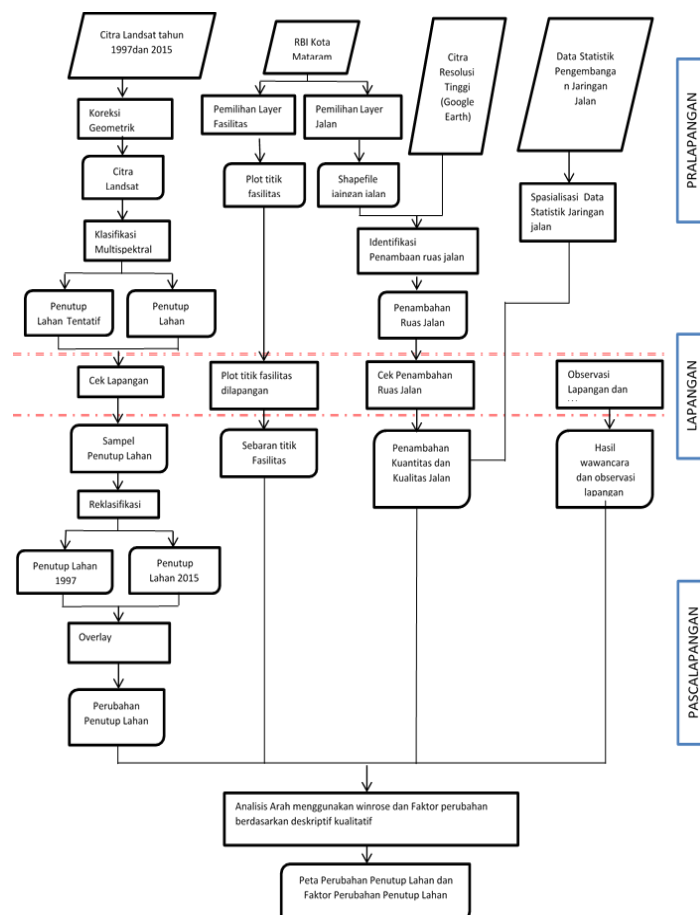
2. Analisis Arah Perkembangan

Analisa arah perkembangan kota mataram dilakukan dengan metode *winrose* yaitu membagi luasan area berubah menjadi beberapa bagian berdasarkan mata angin. Penentuan titik pusat mata angin dalam metode ini diletakkan pada pusat kegiatan di kota Mataram. Pusat kegiatan merupakan wilayah yang menjadi pusat utama pelayanan kegiatan kota dalam suatu struktur ruang (Muta'ali, 2013).

3. Analisis deskriptif kualitatif

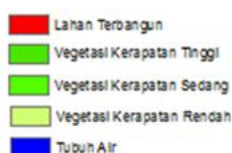
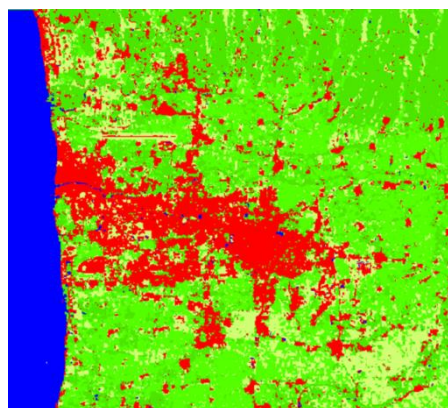
Analisis deskriptif kualitatif dilakukan untuk mengetahui hubungan peningkatan kualitas dan kuantitas jalan serta sebaran fasilitas terhadap perkembangan kota yang dilihat dari perubahan penutup lahan.

3.1.5 Diagram Alir Penelitian

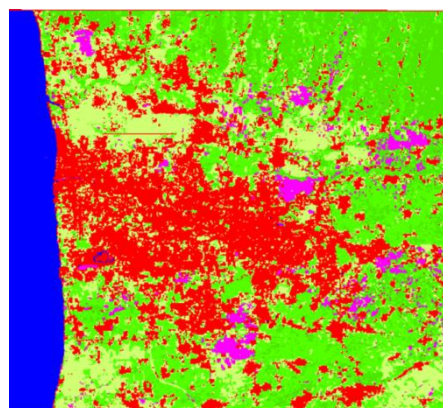


Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

4. HASIL DAN PEMBAHASAN



Gambar 1. Hasil Klasifikasi Tahun 1997



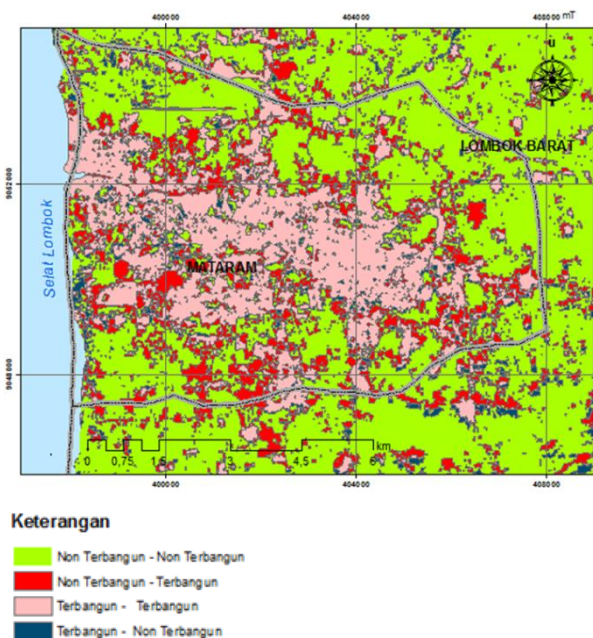
Gambar 2. Hasil Klasifikasi Tahun 2015

Klasifikasi penutup lahan dilakukan pada citra Landsat tahun 1997 dan citra Landsat tahun 2015. Kelas lahan terbangun terdiri atas lahan terbangun pemukiman, gedung, maupun jalan atau aspal. Sebaran kelas lahan terbangun cenderung konsentris. Penutup lahan berupa vegetasi kerapatan tinggi terdapat di bagian tenggara yang cenderung didominasi oleh kebun rapat. Vegetasi kerapatan sedang banyak terdapat di sekitar kelas lahan terbangun, vegetasi kerapatan sedang tersebut didominasi oleh kebun pada pekarangan warga. Vegetasi rendah didominasi oleh area persawahan. Sedangkan kelas lahan tergenang merupakan sawah pada saat ditanami. Gambar di atas adalah hasil klasifikasi penutup lahan Kota Mataram tahun 1997 dan 2015:

Uji akurasi hasil klasifikasi dilakukan pada hasil klasifikasi penutup lahan pada tahun 2015 dengan menggunakan confusion matriks dengan pengambilan sampel menggunakan metode stratified random sampling agar dapat mewakili seluruh kelas. Jumlah sampel yang digunakan adalah 54 titik yang terdiri atas 12 titik untuk lahan terbangun, 17 titik untuk vegetasi sedang, 17 titik untuk vegetasi rendah, 4 titik untuk vegetasi tinggi, 2 titik untuk lahan tergenang, 2 titik untuk tubuh air, dan 2 titik untuk kelas awan. Hasil perhitungan overall accuracy yang didapatkan sebesar 85.9667%. Nilai Overall accuracy tersebut merupakan banyaknya jumlah piksel yang terklasifikasi secara benar pada tiap kelas dibandingkan jumlah piksel keseluruhan pada semua kelas. Koefisien kappa yang diperoleh adalah sebesar 0.8245. Nilai koefisien kappa tersebut menunjukkan konsistensi hasil akurasi

Overall accuracy tersebut tidak memperhatikan kesalahan dari setiap kelas, oleh sebab itu diperlukan juga perhitungan akurasi pengguna (user accuracy) dan akurasi pembuat (producer accuracy) dari setiap kelas (Danoedoro, 2012). Akurasi pembuat untuk kelas penutup lahan berupa lahan terbangun adalah 98.8% yang berarti peluang lahan terbangun di lapangan diklasifikasi secara benar adalah 98.8% dengan tingkat kesalahan (Omission) sebesar 1.2%. Akurasi pengguna kelas lahan terbangun sebesar 84.65% yang berarti peluang piksel pada citra yang terklasifikasi sebagai lahan terbangun benar-benar lahan berupa terbangun di lapangan adalah 84.65% dengan tingkat kesalahan (commission) sebesar 15.35%. Sampel hasil lapangan tersebut yang kemudian dilakukan reklasifikasi dan diuji validasi dengan sampel kedua yang menghasilkan hasil validasi sebesar 97.4732% dengan koefisien kappa sebesar 0.9860.

Penutup lahan hasil klasifikasi dikelaskan kembali menjadi dua kelas yakni kelas lahan terbangun dan kelas lahan nonterbangun. Kelas lahan nonterbangun merupakan hasil penggabungan dari kelas vegetasi rendah, vegetasi sedang, vegetasi tinggi, dan lahan tergenang. Sedangkan kelas lahan terbangun terdiri dari kelas lahan terbangun sebelumnya ditambah dengan kelas awan dan bayangan awan. Kelas awan dan bayangan awan dimasukkan ke dalam kelas lahan terbangun karena setelah dilakukan survey lapangan, wilayah yang tertutup awan dan bayangan awan merupakan kawasan terbangun yakni kawasan permukiman. Berikut adalah hasil perubahan penggunaan lahan di wilayah kajian :



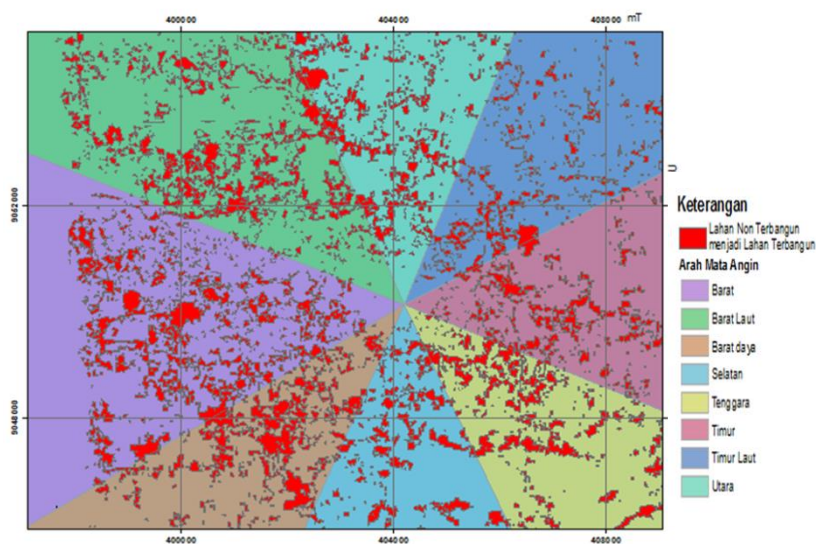
Gambar 3. Perubahan Penutup Lahan di Kota Mataram

Perubahan dari lahan non terbangun menjadi lahan terbangun dari tahun 1997 ke tahun 2015 pada area kajian yang mencakup Kota Mataram dan Sebagian Lombok Barat berdasarkan hasil perhitungan nilai piksel pada hasil klasifikasi multispektral adalah sebanyak 22.01 km². Perubahan penutup lahan banyak terdapat di bagian barat laut yakni pada Kecamatan Ampenan dan Kecamatan Selaparang.

Analisis arah perkembangan kota dilakukan dengan menggunakan model winrose dengan menghitung luasan perubahan lahan non terbangun menjadi lahan terbangun di setiap bagian model arah mata angin atau winrose (Marwasta, 2010). Karena perkembangan kota dianggap linier maka arah perkembangan kota dianalisis melalui perubahan lahan non terbangun menjadi lahan terbangun. Metode winrose dipilih karena dinilai mampu menggambarkan arah perkembangan kota Mataram secara lebih baik apabila dibandingkan dengan metode perbandingan visual peta. Titik pusat dalam pembuatan winrose mengambil lokasi di pusat kegiatan kota Mataram yaitu Cakranegara. Perkembangan Kota Mataram dilihat dari model winrose lebih mengarah ke barat laut. Terdapat beberapa faktor yang menyebabkan daya tarik sehingga pertumbuhan lahan terbangun lebih banyak mengarah ke barat laut. Faktor tersebut diantaranya adalah faktor infrastruktur seperti pembangunan jalan dan fasilitas (Yunus, 2015). Selain itu faktor daya tarik dari obyek wisata memiliki pengaruh besar terhadap pertumbuhan lahan terbangun di Kota Mataram. Berikut ini adalah gambaran model arah perkembangan Kota Mataram dengan analisis *winrose* :

Tabel 2. Luas Perubahan Non Terbangun Ke Terbangun

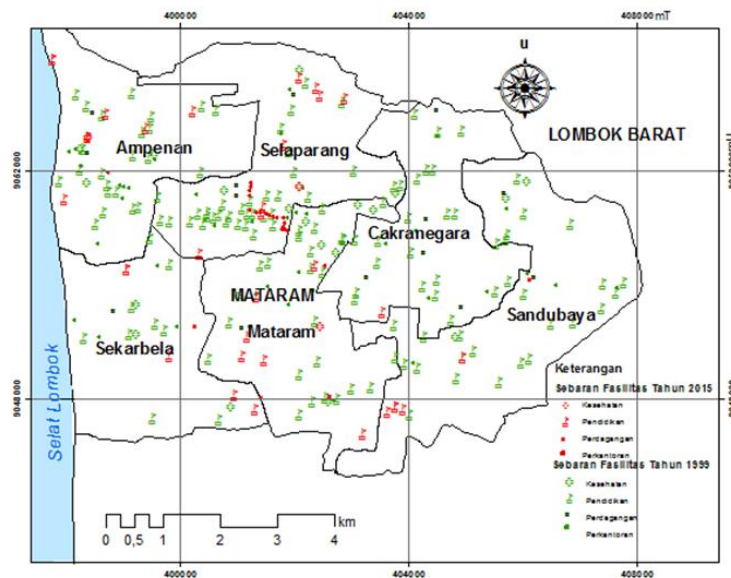
Arah	Luas Perubahan Non Terbangun Ke Terbangun (Km ²)
Barat Laut	4,67505617268
Utara	2,39479988587
Timur Laut	1,65269711098
Barat	4,09943213490
Timur	2,09315820716
Tenggara	2,47575772555
Selatan	1,79346846792
Barat daya	2,82925418270



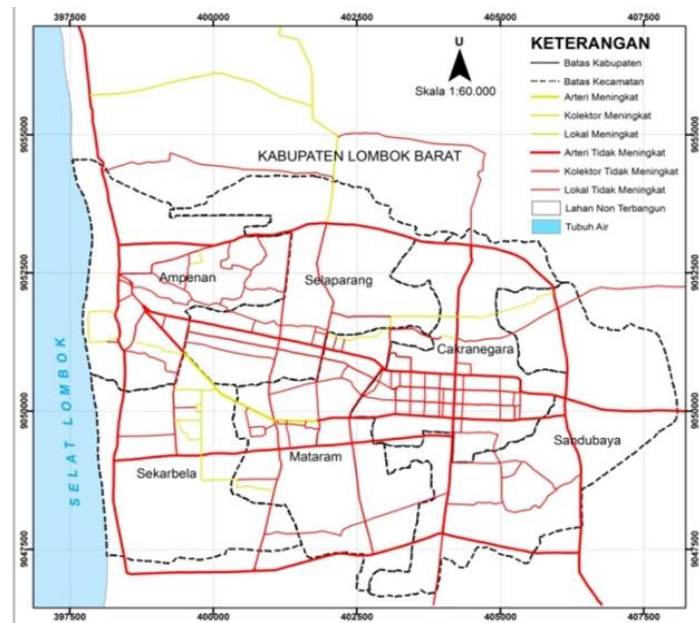
Gambar 4. Area lahan non terbangun menjadi lahan terbangun di setiap bagian arah mata angin

Arah perkembangan kota Mataram menuju ke barat laut dikarenakan pada arah tersebut terdapat berbagai daya tarik yang menyebabkan masyarakat tertarik menggunakan lahan non terbangun di area tersebut menjadi lahan terbangun. Secara administratif kecamatan yang mengalami banyak perubahan penggunaan lahan non terbangun ke terbangun adalah Kecamatan Ampenan dan Kecamatan Selaparang. Kedua kecamatan tersebut berada pada jalur utama menuju pantai senggigi yang tidak lain merupakan salah satu objek wisata unggulan di Mataram, selain itu terdapat pula obyek wisata Gilitrawangan yang hingga saat ini menjadi wisata primadona bagi wisatawan karena keindahan dan keunikan pulau serta cara hidup masyarakatnya. Berdasarkan daya tarik yang kemungkinan mempengaruhi arah perkembangan tersebut dapat diprediksi jika perubahan yang terjadi didominasi oleh penginapan atau hotel dan toko cenderamata.

Selain faktor daya tarik wisata, faktor perkembangan fasilitas meliputi peningkatan kuantitas dan kualitas jalan serta faktor sebaran fasilitas juga mempengaruhi arah perkembangan kota. Di Kota Mataram sebaran fasilitas juga memusat di Kecamatan Selaparang yang secara relatif berada di barat laut pusat kota yakni Kecamatan Cakranegara. Berikut ini adalah peta sebaran fasilitas di Kota Mataram tahun 1999 dan tahun 2015 dan peta peningkatan kualitas dan kuantitas jalan. Peningkatan kualitas dan kuantitas jalan juga merupakan faktor yang mendukung pertumbuhan fisik Kota Mataram. Berdasarkan analisis deskriptif kualitatif dari pengamatan peta peningkatan kualitas dan kuantitas jalan, dapat dilihat bahwa jalan yang banyak mengalami peningkatan adalah di bagian barat laut dari pusat kota (Kecamatan Cakranegara) yakni pada Kecamatan Mataram, Ampenan, dan Selaparang. Jalan yang banyak mengalami peningkatan adalah jalan arteri dan jalan lokal. Jalan arteri yang mengalami peningkatan adalah Jalan Majapahit, dan untuk jalan lokal cukup banyak mengalami peningkatan terjadi pada, Jalan Swasembada, Jalan Swadaya, Jalan Merdeka Raya, dan Jalan Transmigrasi, serta pelebaran pada Jalan Gajah Mada. Jalan di bagian barat laut yang meningkat adalah Jalan Dr Wahidin, serta jalan Pariwisata. Sedangkan pada bagian utara Kecamatan Cakranegara, jalan yang mengalami peningkatan adalah ruas Jalan Tembusan Ade Irma Suryani. Peningkatan status jalan dan penambahan ruas jalan ini memicu penambahan bangunan baik itu permukiman maupun ruko-ruko sebagai wujud investasi disepanjang ruas jalan baru tersebut. Faktor lain yang mempengaruhi perkembangan kota juga dipengaruhi akibat cukup banyaknya pendatang yang berasal dari luar Kota Mataram yang bertujuan mencari maupun ditempatkan bekerja di Kota Mataram.



Gambar 5. Peta Sebaran fasilitas di Kota Mataram



Gambar 6. Peta Peningkatan Kualitas dan Kuantitas Jalan di Kota Mataram

5. KESIMPULAN

1. Kajian arah perkembangan fisik kota di Kota Mataram dapat dilihat dengan menggunakan data penginderaan jauh multitemporal untuk mengetahui perubahan kelas penutup lahan berupa lahan terbangun dan non lahan terbangun berdasarkan hasil klasifikasi multispektral, luasan perubahan penutup lahan yang dihasilkan dari tingkat akurasi 85.9967 % adalah sebesar 22,01 km².
2. Arah perkembangan Kota Mataram dilihat dari pusat kota yang terletak di Kecamatan Cakranegara berdasarkan analisis perubahan luasan lahan non terbangun menjadi lahan terbangun di setiap bagian arah mata angin atau *winrose* adalah mengarah ke barat laut yang disebabkan oleh faktor pariwisata seperti wisata pantai di Kawasan Senggigi dan Kawasan Gili Trawangan, pertumbuhan fasilitas dan peningkatan kualitas dan kuantitas jaringan jalan.

DAFTAR PUSTAKA

- Danoedoro,P., [Pengantar Penginderaan Jauh Digital] , Andi , Yogyakarta(2012)
- Lillesand, T.M. and Kiefer. R. W., [Penginderaan Jauh dan Interpretasi Citra] ,Gadjah Mada University Press , Yogyakarta (1990).
- Marwasta,Djaka., “Yogyakarta Urban Growth Versus Smart Growth : Towards Yogyakarta Slow City”, Proposal.Paper Presented in seminar on “To Solve Social Problem Through and Cultural Activities” held by Urban Research Plaza Yogyakarta. (2010)
- Muta’ali,Lutfi., [Penataan Ruang Wilayah dan Kota], Badan Penerbit Fakultas Geografi, Yogyakarta (2013)
- Peraturan Daerah Kota Mataram No. 12 Tahun 2011 Tentang Tata Ruang Wilayah
- Yunus, Hadi Sabari., [Menejemen Kota Prespektif Spasial], Pustaka Peajar:Yogyakarta(2015)

IMPLIKASI DEURBANISASI TERHADAP GAYA HIDUP PENDUDUK KAMPUNG DI WILAYAH PINGGIRAN PERKOTAAN, STUDI KASUS DI PERKAMPUNGAN KARAWACI, KABUPATEN TANGERANG, BANTEN

Dwiyanti Kusumaningrum¹

¹Rujak Center for Urban Studies

Email: dwiyanti.kusumaningrum@gmail.com

*Corresponding author: dwiyanti.kusumaningrum@gmail.com

ABSTRAK

Deurbanisasi Jakarta mengakibatkan dominasi demografik perlahan mulai teralihkan ke pinggiran Jakarta (Bodetabek). *Spill over* atau pelimpahan penduduk kota ke pinggiran inilah yang kemudian memberi dampak langsung terhadap penduduk kampung asli daerah pinggiran. Penelitian ini melihat transisi urban dan dinamika penduduk kampung di Karawaci akibat pengaruh pendatang yang dilihat dari gaya hidup (*lifestyle*) penduduk kampung melalui pendekatan historis dan spasial. Metodologi yang dilakukan bersifat kualitatif berupa wawancara mendalam terhadap tiga generasi pada keluarga tiap informan. Wilayah penelitian yaitu perkampungan yang ada di Karawaci di antaranya Kampung Binong, Kampung Dadap, Kampung Sabi, Kampung Bencongan dan Kampung Kelapa Dua. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pola konsumsi penduduk kampung berubah dari generasi ke generasi. Perubahan pola konsumsi tersebut berubah mengikuti perkembangan wilayah. Selain itu, jarak fisik dan jarak sosial yang muncul di antara penduduk kampung dan penduduk pendatang mempengaruhi proses perubahan pola konsumsi pada generasi ketiga. Interaksi yang terjadi pada jarak fisik dan jarak sosial itulah yang menyebabkan perubahan pola konsumsi penduduk kampung, ketika penduduk pendatang secara tidak langsung mempengaruhi proses pengambilan keputusan penduduk kampung dalam menentukan gaya hidup.

KATA KUNCI: deurbanisasi, gaya hidup, sejarah tempat, suburban, urban kampung

1. PENDAHULUAN

Perkembangan Metropolitan Jakarta yang sangat tinggi dan kompleks telah berlangsung sejak akhir tahun 60-an hingga sekarang. Tingginya urbanisasi mengakibatkan penduduk perkotaan memilih untuk keluar dari Jakarta dengan cara ekspansi ke wilayah pinggiran kota seperti Bogor, Depok, Tangerang dan Bekasi. Penduduk Jabodetabek saat ini mencapai 30.378.686 jiwa (BPS, 2013). Dalam tiga dekade terakhir, lebih dari 300.000 hektar lahan pertanian di wilayah peri-urban Jakarta (Bodetabek) telah berubah menjadi pusat permukiman-permukiman baru (Winarso, Hudalah, & Firman, 2015).

Di antara wilayah-wilayah pinggiran Jakarta, Tangerang yang berada di sebelah barat Jakarta merupakan salah satu wilayah yang berkembang pesat. Karawaci dan sekitarnya merupakan salah satu kawasan di Tangerang yang berkembang secara signifikan dalam tiga dekade terakhir. Karawaci, terletak di Kecamatan Kelapa Dua, yaitu kecamatan yang merupakan wilayah terpadat ketiga di Kabupaten Tangerang (BPS, 2013). Di Karawaci, proses konversi lahan terjadi dengan sangat signifikan; sebelumnya berupa sawah, kebun karet, dan kebun palawija kini menjadi permukiman yang sangat padat.

Limpahan penduduk kota (pendatang) menimbulkan beberapa perubahan di wilayah pinggiran, salah satunya adalah perubahan pola kehidupan penduduk kampung setempat. Oleh karena itu, penelitian ini melihat bagaimana penduduk kampung beradaptasi dengan urbanisasi, yaitu bagaimana bentuk transisi urban pada gaya hidup (*lifestyle*) yang terjadi pada penduduk kampung di daerah Karawaci akibat komodifikasi ruang dan masuknya pendatang ke wilayah Karawaci. Penelitian ini menggunakan pendekatan historis dan pendekatan spasial dalam menganalisis perubahan gaya hidup. Gaya hidup yang akan diteliti difokuskan pada pola konsumsi. Proses perubahan gaya hidup akan dibagi ke dalam tiga periode berdasarkan unit analisis keluarga, yaitu periode generasi pertama (kakek/nenek), generasi kedua (orangtua), dan generasi ketiga (anak). Penentuan periode tersebut dilakukan dengan tujuan untuk memudahkan identifikasi perubahan pola konsumsi secara historis.

2. METODOLOGI

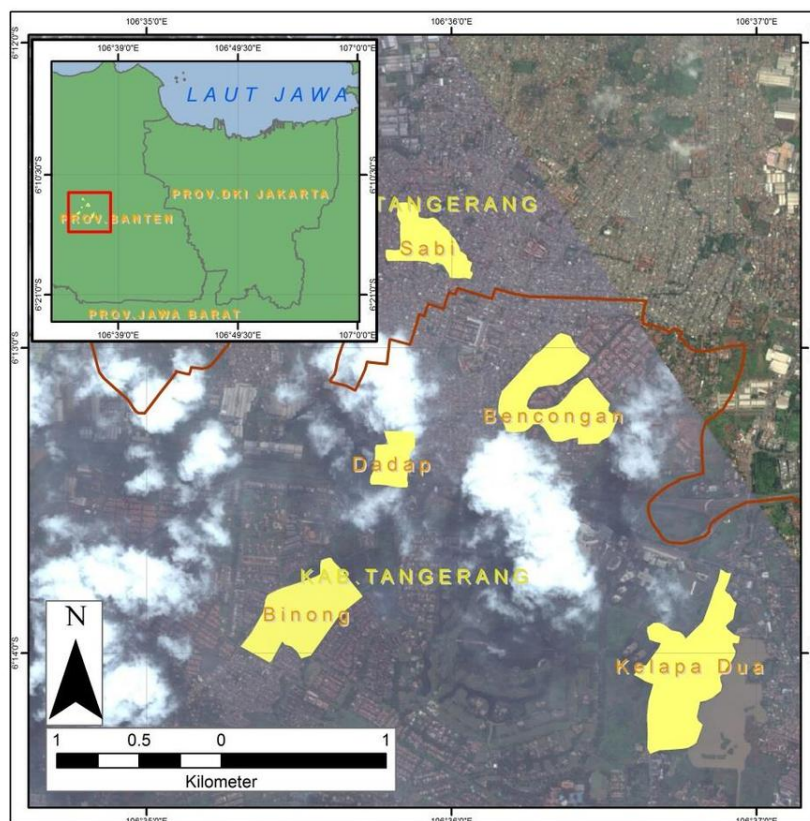
Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif yang menekankan pada interpretasi atas dinamika spasial dan sosial penduduk kampung Karawaci. Penelitian ini menggunakan beberapa metode di antaranya kajian kepustakaan sejarah, wawancara mendalam, serta observasi lapang. Unit spasial dalam penelitian ini adalah kampung dan unit analisis adalah rumah tangga. Penelitian ini memilih satu keluarga tiap kampung untuk diwawancara (total 5 keluarga untuk 5 kampung). Pemilihan keluarga didasarkan atas lama tinggal dan jumlah generasi di dalam keluarga. Wawancara mendalam atau *in-depth interview* dilakukan untuk menggali informasi berupa penjelasan mengenai penggunaan tanah di wilayah penelitian, sejarah kampung, gaya hidup penduduk kampung pada tiap masa, serta intensitas hubungan penduduk kampung dengan penduduk pendatang.

Secara umum pembagian waktu pada penelitian ini dibagi menjadi tiga masa sesuai dengan generasi pada keluarga, yaitu: generasi pertama keluarga sebagai tahap pra-suburbanisasi, generasi kedua sebagai tahap suburbanisasi, dan generasi ketiga sebagai tahap post-suburbanisasi. Hasil dari wawancara mendalam kemudian dibuat pola keruangannya dengan membandingkan aspek spasial tiap masa. Hasil analisis dimaksudkan untuk menggambarkan perubahan pola konsumsi penduduk kampung akibat berubahnya kondisi geografis tiap masanya. Hasil akhir divisualisasikan ke dalam bentuk sketsa agar lebih mudah dipahami secara spasial.

3. WILAYAH PENELITIAN

3.1 Administrasi Wilayah Karawaci

Wilayah penelitian Karawaci berada di dalam administrasi Kabupaten Tangerang dan Kota Tangerang. Wilayah penelitian berada di 4 desa di antaranya Desa Binong, Desa Bencongan, Desa Bencongan Indah dan Desa Kelapa Dua. Penelitian ini dilakukan di 5 kampung yang berada di dalam 4 desa tersebut. Kampung-kampung tersebut di antaranya Kampung Dadap, Kampung Binong, Kampung Bencongan, Kampung Kelapa Dua, dan Kampung Sabi. Berikut ini merupakan peta sebaran kampung di wilayah penelitian:



Gambar 1. Sebaran kampung di wilayah penelitian

3.2 Sejarah Tempat Karawaci

Sejarah mengenai tempat tidak pernah lepas dari apa yang terjadi pada masa lampau. Penggunaan ruang pada masa lampau di Tangerang merupakan cerminan dari pertarungan berbagai kekuasaan yang ada pada saat itu. Tanah yang membentang dari utara hingga selatan Tangerang (Curug hingga Jasinga) merupakan tanah-tanah yang dipercaya merupakan hasil pertarungan kekuasaan antara Pangeran Jayakarta, Kesultanan Banten, dan juga VOC. Kesultanan Banten melindungi Pangeran Jayakarta sehingga mengakibatkan retaknya hubungan kesultanan dengan VOC. Blokade atas perdagangan Banten dilakukan VOC, yaitu satu hal yang membuat Kesultanan Banten menyatakan perang dengan VOC. Peperangan berakhir dengan kesepakatan damai yang ditengahi oleh Sultan Jambi. Kesepakatan tersebut adalah pembagian wilayah antara VOC dan Kesultanan Banten, dengan patokan Ci Sadane sebagai batas wilayah kekuasaan masing-masing.

Pertarungan kekuasaan tersebut menghasilkan kesepakatan pembagian wilayah kekuasaan (teritori) di Tangerang. Kesepakatan pembagian wilayah tersebut kemudian bergeser ketika anak dari Sultan Tirtayasa, Sultan Haji ternyata melunak dan dekat dengan VOC. Diiringi dengan peperangan antara anak dan ayah dalam menyikapi persoalan kedaulatan tanah di Tangerang, wilayah tersebut akhirnya dimiliki oleh VOC melalui kerjasamanya dengan Sultan Haji. Semenjak saat itu daerah Tangerang dijadikan *regentschap* (kabupaten) di wilayah Batavia (Suryana, 1992). Dibangun pula beberapa lokasi pemukiman penduduk di sekitar benteng, antara lain pemukiman yang kemudian bernama Kampung Kalipasir, Grendeng, dan termasuk pula Karawaci (Ekajati, 2004)

Salah satu bentuk kekuasaan koloni Belanda pada saat itu adalah pengangkatan dari orang-orang etnis Arab dan Cina serta kepala-kepala kampung. Mereka berhak atas kepemilikan atas tanah untuk dijadikan perkebunan. Kebijakan ini dilakukan VOC sebagai kebutuhan mengambil keuntungan dari sewa tanah yang diberikan tuan tanah tersebut dan menarik penduduk pribumi menjadi pekerja. Tanah yang dimiliki ini dikenal sebagai tanah partikelir. Di bawah pengelolaan orang-orang Tionghoa dan Eropa, mayoritas penduduk pribumi berperan sebagai buruh dan penyewa lahan. Mereka juga harus membayar sewa untuk tanah yang digunakan sebagai rumah, pekarangan, dan tegalan (Ujiyanto, 2009).

Di Karawaci, sebagian besar wilayah merupakan perkebunan karet, sawah, palawija dan berbagai komoditas pertanian lainnya (kebun campuran). Hampir semua perkebunan dan sawah tersebut merupakan tanah-tanah partikelir yang dikelola oleh tuan tanah Cina. Daerah Kelapa Dua dan Karawaci sendiri dikuasai oleh beberapa tuan tanah Cina yang bekerja sama dengan pihak koloni. Menurut sejarahnya, Karawaci merupakan perkebunan karet milik tuan tanah Cina yang bernama Oey Djie San. Oey Djie San merupakan seorang letnan Cina yang menguasai perkebunan di daerah Karawaci hingga Cilongok (Lohanda, 1996).



Gambar 2. Rumah perkebunan karet di Karawaci (diperkirakan foto diambil pada tahun 1930).
(Sumber: KITLV)

Perkebunan beroperasi sampai tahun 1965, setelah itu tuan tanah bangkrut dan tanah-tanah perkebunan dibeli oleh perorangan dari tuan tanah kecil di sekitarnya. Selanjutnya, memasuki periode kemerdekaan Indonesia, sistem kapitalisasi sumber daya perkebunan tersebut dihapuskan dan terjadilah peralihan sumberdaya menjadi milik negara di hampir semua daerah termasuk Karawaci. Pada periode Orde Baru, struktur dari akumulasi modal berbeda dari yang terjadi pada periode kolonial. Pada masa lalu

orientasi dari produksi dan pemanfaatan ruang difokuskan pada pertanian, pada periode Orde Baru Tangerang termasuk Karawaci dijadikan tempat yang berorientasi industri. Pembangunan jalan tol dan pembangunan kota dari rezim pemerintahan yang berorientasi pembangunan industri menyebabkan pemanfaatan ruang bergeser, dan di saat yang sama merubah pula komposisi demografik dari wilayah Tangerang. Tuan-tuan tanah Cina secara perlahan hingga tahun 1990-an tidak lagi berkuasa penuh atas berbagai tanah perkebunan.

Di sepanjang wilayah bantaran Ci Sadane, termasuk Karawaci, industrialisasi dan orientasi pembangunan pemukiman dilakukan untuk mendukung permintaan pasar industri dan tempat bermukim para pendatang dari kota. Hal ini menyebabkan munculnya dispersi/persebaran dari petani-petani yang sebelumnya merupakan petani-petani buruh tuan tanah Cina. Struktur ruang dari Karawaci sekarang adalah kompleks industri dan juga permukiman bagi pendatang dari Jakarta atau daerah luar Jakarta yang berorientasi pada tenaga kerja industri. Pembangunan Perumnas dan juga bertumbuhnya wilayah pemukiman untuk pendatang di periode 1980an-1990an (termasuk Villa Permata, Saribumi, Lippo Village) membuat struktur spasial wilayah Karawaci menjadi lintang pukang dan mengkondisikan kesenjangan dan sekat-sekat kelas sosial yang ternyata kembali mirip dengan apa yang terjadi di periode kolonial. Sekat-sekat kelas sosial baru inilah yang memberikan pengaruh terhadap perubahan gaya hidup khususnya pola konsumsi penduduk kampung di Karawaci.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Karawaci sebagai Urban Kampung dan Enclave

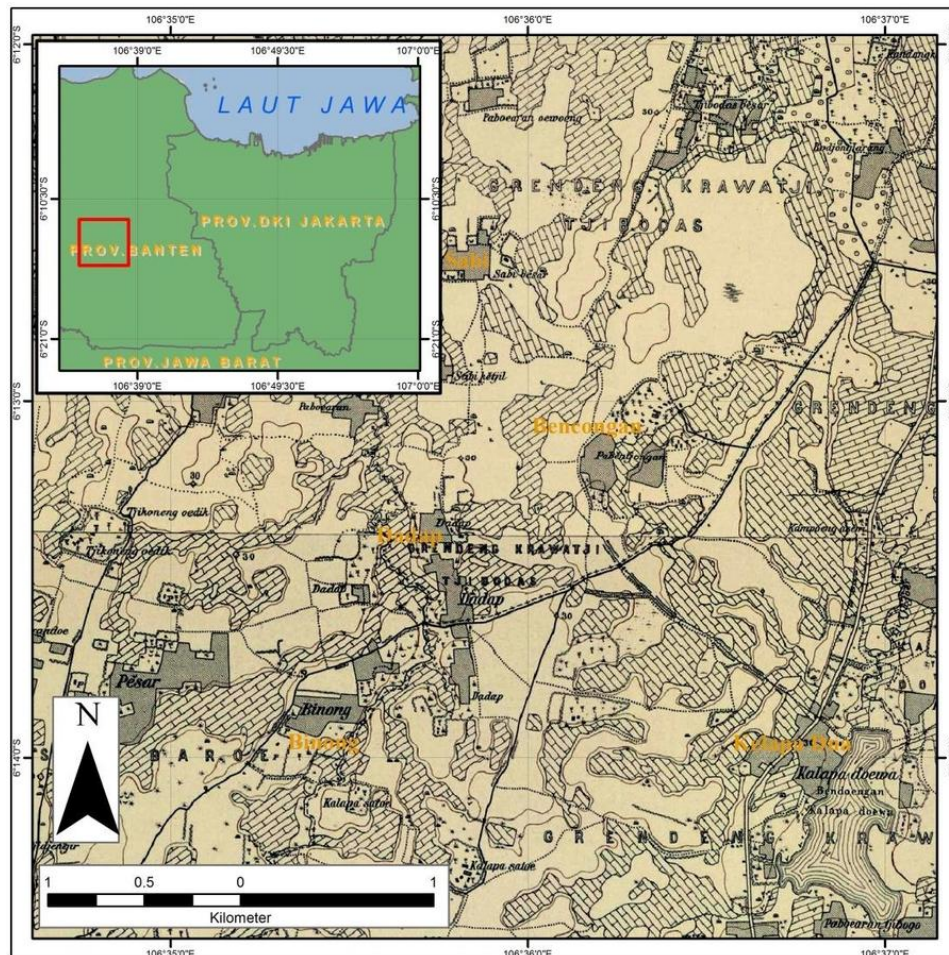
Perkembangan perkotaan saat ini telah mengarah pada polarisasi secara spasial dan sosial yaitu dengan munculnya pusat-pusat kegiatan ekonomi baru dan munculnya perumahan-perumahan kelas menengah ke atas di antara kampung origin penghuni wilayah sebelumnya. Hal inilah yang menyebabkan munculnya istilah urban kampung, yaitu kampung sebagai permukiman tradisional yang terletak dekat dengan pusat kota (Haryadi, 1989).

Ciri urban kampung yaitu adanya keragaman etnis dan perubahan sosial yang terjadi di dalamnya akibat urbanisasi. Keragaman etnis tersebut muncul akibat adanya daya tarik kota yang menyebabkan para pendatang yang plural menetap di kampung. Adanya keragaman tersebut menjadikan kampung mengalami perubahan secara sosial, yaitu berubahnya ciri-ciri kampung dari yang semula bersifat pedesaan, penduduk yang homogen, penggunaan tanah yang beragam berubah menjadi permukiman yang padat dengan penduduk yang heterogen (Haryadi, 1989). Hal ini merupakan bukti teori lama yang telah dijelaskan oleh Tonnies (1887), yaitu ketika urbanisasi telah melemahkan *gemeinschaft* (pola hidup pedesaan yang berbasis kekeluargaan dan komunitas) dan menggantikannya dengan *gesellschaft* (gaya hidup perkotaan yang individual).

Jika dilihat secara spasial, urban kampung merupakan sebuah *enclave* di tengah bangunan-bangunan kota. *Enclave* dapat didefinisikan sebagai suatu wilayah kecil yang memiliki teritori khusus dan berbeda dengan unit wilayah besar yang mengelilinginya. Perbedaan antara *enclave* dengan lingkungan sekitarnya dapat dinilai dari berbagai aspek seperti ras, etnis, kelas sosial, dan sebagainya. Kebanyakan literatur mengulas tentang *enclave* etnis, khususnya pada migran di kota. Sebagaimana telah diketahui oleh para ahli, bahwa salah satu halangan terbesar bagi migran rural yang memasuki kota adalah perihalan ruang permukiman yang nyaman (Berry, 1973). Kebanyakan para migran adalah orang-orang yang memiliki status ekonomi lemah dan tidak mampu membeli rumah yang layak di kota. Sebagai contoh adalah kelompok ras kulit hitam yang membentuk *enclave* di Harlem, New York. Kebanyakan dari mereka merupakan migran ekonomi lemah yang ingin mengadu nasibnya di kota besar New York. Untuk mendapatkan kenyamanan di kota tersebut, mereka mencari sewaan flat yang murah dan berkumpul dengan orang-orang yang memiliki ras yang sama dengannya. Mereka berkumpul dengan sesamanya untuk tinggal dalam flat-flat kecil yang kemudian mengelompok. Dalam kasus Harlem, inilah yang disebut dengan *enclave*, yaitu ketika sekumpulan migran kulit hitam tinggal mengelompok di Harlem, salah satu sudut kota New York, kota besar yang kini sangat kosmopolit. *Enclave* dapat juga ditemukan pada wilayah yang memiliki perbedaan kelas sosial, contohnya di Sentosa Cove di Singapura yang berupa permukiman para elit transnasional (Pow, 2011). *Enclave* tersebut tempat tinggal para elit kaya yang kosmopolit yang dibentuk oleh keinginan para elit akan sebuah lingkungan yang aman dan nyaman dan memenuhi gaya hidup mereka yang sangat *mobile*.

Jika dibandingkan dengan beberapa contoh di atas, yang terjadi Karawaci justru sebaliknya, kebanyakan migran adalah orang-orang kelas menengah yang berpindah dari pusat kota untuk mendapatkan lingkungan yang lebih nyaman. Oleh karena itu, urban kampung di Karawaci “terbentuk” akibat adanya pengisian ruang-ruang kota yang semula kosong yang kemudian terisi oleh bangunan-bangunan baik

perumahan, pusat-pusat ekonomi dan lainnya yang menopang pendatang dari kota. Yang membedakan urban kampung dengan sekitarnya sehingga urban kampung dikatakan sebagai *enclave* adalah sifat fisiknya yang berbeda dengan sekitarnya (terdapat ketidakteraturan kampung dalam keteraturan kota) juga sifat penduduknya yang sebagian masih mempertahankan sifat rural/pedesaan.



Gambar 3. Sebaran kampung di wilayah penelitian pada tahun 1900. (Sumber: KITLV)

Sebagaimana telah dijelaskan sebelumnya, mulanya kampung-kampung di Karawaci dikelilingi oleh persawahan, kebun karet, dan *bongpai* atau kuburan Cina (lihat Gambar 3). Namun, kini persawahan dan kebun karet tersebut telah berubah menjadi perumahan-perumahan dan berbagai fasilitas perkotaan. Perubahan penggunaan tanah pada setting kampung tersebut tidaklah secara tiba-tiba, namun juga merupakan akibat dari campur tangan pemerintah. Jika dilihat dari sejarahnya, pada masa Orde Baru, terjadi berbagai perubahan dalam berbagai aspek salah satunya dalam bidang ekonomi. Kegiatan pembangunan pada zaman Orde Baru telah menjadikan sebuah transformasi spasial di beberapa kota besar di Indonesia (Hudalah & Firman, 2012).

Studi sebelumnya telah menunjukkan bahwa pada masa itu telah terjadi konversi lahan rural secara masif dan maraknya pembangunan kota mandiri di pinggiran Jakarta. Hal-hal tersebut merupakan akibat dari deregulasi dan debirokratisasi kebijakan pada masa Orde Baru di tahun 1980-an. Begitu pula yang terjadi di wilayah Karawaci, penggunaan tanah berubah seiring dengan adanya kebijakan-kebijakan pemerintah yang mendukung maraknya suburbanisasi. Dengan demikian, kampung-kampung di Karawaci kini hanya menjadi kelompok-kelompok kecil di tengah perumahan dan fasilitas perkotaan yang kini semakin banyak dan padat.

4.2 Pengaruh Pendatang Terhadap Penduduk Kampung

Perpindahan distribusi populasi dimulai dengan kenaikan pada inti metropolitan (Jakarta) yang terjadi antara tahun 1960-an hingga 1970-an. Selama periode tersebut, urbanisasi di Jabodetabek terkonsentrasi di Jakarta (pusat kota). Lebih dari setengah populasi meningkat di pusat kota Jakarta. Namun konsentrasi ini mulai menurun pada tahun 1980-an. Dominasi demografik perlahan mulai teralihkan ke

pinggiran Jakarta (Bodetabek). Faktanya, hingga tahun 2015, populasi suburban justru melebihi populasi kota Jakarta. Walaupun populasi pada pusat kota tetap tumbuh, rasionya secara perlahan menurun.

Penduduk Jakarta yang berpindah ke pinggiran kota inilah yang kemudian mengisi ruang-ruang kosong yang ada di pinggiran kota, dalam penelitian ini khususnya wilayah Karawaci. *Spill over* atau pelimpahan penduduk kota ke pinggiran inilah yang kemudian memberi dampak langsung terhadap penduduk kampung asli daerah pinggiran. Dengan masuknya pendatang, terjadi peralihan status atas kepemilikan tanah penduduk asli baik karena penggusuran ataupun penjualan tanah. Selain itu, masuknya pendatang juga menyebabkan kebutuhan penduduk di wilayah penelitian semakin meningkat. Dengan kata lain, konsumsi kolektif di wilayah penelitian meningkat dan harus didukung oleh pusat-pusat pelayanan yang memadai.

Penduduk kampung yang kini sangat heterogen mengalami perubahan dalam tatanan kehidupan sejak munculnya pendatang. Perubahan-perubahan tersebut terjadi dalam berbagai aspek seperti pekerjaan dan gaya hidup. Dalam aspek pekerjaan misalnya, penduduk kampung baik yang asli maupun rantauan dari daerah kini sudah meninggalkan pekerjaannya yang mayoritas bertani. Hal tersebut merupakan akibat dari hilangnya lahan persawahan yang biasa digarap penduduk kampung. Yang masih bersisa dari kebiasaan bertani tersebut adalah ternak. Di Kampung Dadap dan Kampung Sabi misalnya, masih ditemukan rumah-rumah yang memiliki kandang ayam dan kandang kambing.

Peralihan pekerjaan penduduk kampung kini cenderung mengarah kepada kegiatan industri. Di sekitar Karawaci banyak bermunculan kawasan-kawasan industri baru tepatnya di sekitar kampung Dumpit, sepanjang jalan raya Curug, dan sepanjang jalan raya Imam Bonjol Karawaci. Pabrik-pabrik tersebut merekrut banyak penduduk sekitar khususnya penduduk kampung. Selain itu, munculnya berbagai pusat pelayanan baru di Karawaci juga mempengaruhi orientasi pekerjaan penduduk kampung. Kini generasi muda penduduk kampung banyak yang bekerja di bidang jasa pada pusat-pusat pelayanan tersebut.

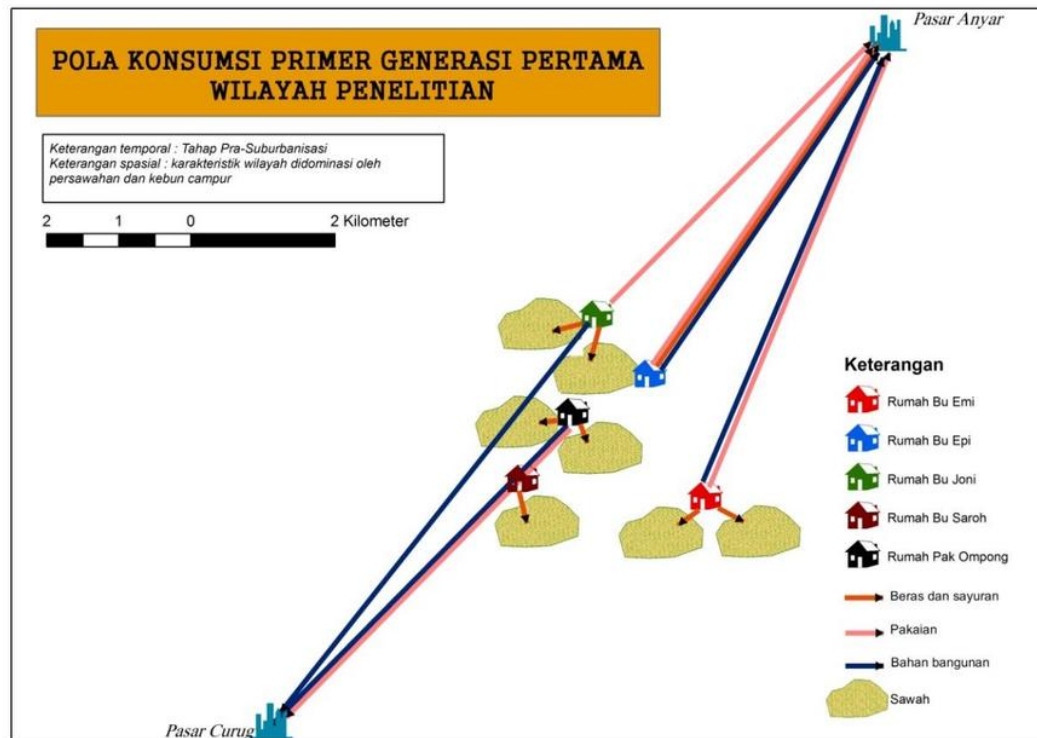
Selain bidang pekerjaan, gaya hidup penduduk kampung pun dinamis mengikuti perkembangan yang ada. Gaya hidup merupakan cerminan pola kehidupan seseorang yang dinyatakan dalam aktivitas, minat serta pendapatnya dalam membelanjakan uang dan bagaimana mengalokasikan waktu. Penduduk kampung kini terlihat sudah meninggalkan gaya hidup “kampung”nya dan cenderung mengikuti pola hidup perkotaan yang dibawa oleh pendatang. Gaya hidup yang berubah tentu termasuk kegiatan domestik, pemanfaatan waktu luang dan kegiatan konsumsi.

4.3 Pola Konsumsi Penduduk Kampung

4.3.1 Pola Konsumsi Generasi Pertama

Berdasarkan hasil wawancara, pada generasi pertama, pola konsumsi yang dimiliki oleh informan tiap kampung hampir sama. Pada generasi pertama atau tahap pra-suburbanisasi ini penggunaan tanah masih berupa kampung yang dikelilingi oleh persawahan dan kebun. Mayoritas penduduk kampung juga masih asli, belum banyak perantau yang datang dan tinggal di kampung. Mayoritas penduduk kampung masih menanam padi dan sayur-sayuran di lahan mereka masing-masing. Untuk keperluan selain beras dan sayur, biasanya para penduduk pergi ke pasar. Pasar utama pada masa generasi pertama hanya ada dua, yaitu Pasar Anyar dan Pasar Curug. Pasar Anyar terletak di pusat kota Tangerang, sedangkan Pasar Curug berada di Curug. Pola konsumsi pada generasi pertama relatif sama. Kebanyakan dari informan memperoleh barang kebutuhan dari pasar yang ada pada saat itu, yaitu Pasar Anyar dan Pasar Curug. Khusus untuk pemenuhan kebutuhan beras dan sayur-sayuran, semua informan kecuali informan Kampung Bencongan mendapatkannya dari hasil panen yang mereka tanam sendiri. Kegiatan produksi beras dan sayuran masih tinggi pada generasi pertama karena lahan garapan di sekitar masih sangat luas. Dengan demikian, pada generasi pertama dapat dikatakan sebagai pola konsumsi origin pedesaan yang terbentuk pada masanya.

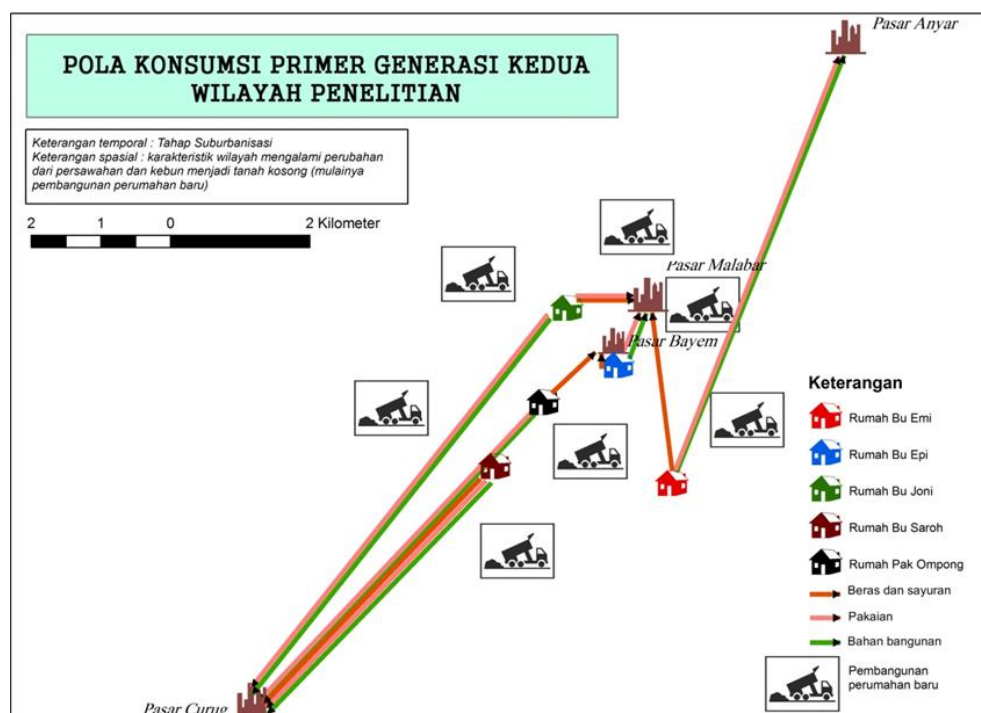
Berikut ini merupakan sketsa hasil ringkasan pola konsumsi primer yang dimiliki oleh generasi pertama. Secara umum, pola yang terbentuk hanyalah pola-pola yang mengarah ke dua pasar, pola konsumsi ke Pasar Curug dimiliki oleh informan dari Kampung Binong (Bu Saroh), Kampung Dadap (Pak Ompong), Kampung Sabi (Bu Joni). Sedangkan pola konsumsi ke Pasar Anyar dimiliki oleh informan dari Kampung Sabi, Kampung Kelapa Dua (Bu Ami) dan Kampung Bencongan (Bu Epi).



Gambar 4. Pola konsumsi primer pada tahap pra-suburbanisasi di generasi pertama

4.3.2 Pola Konsumsi Generasi Kedua

Berdasarkan hasil wawancara, pada generasi kedua, pola konsumsi yang dimiliki oleh informan tiap kampung cukup beragam. Pada generasi kedua ini penggunaan tanah sudah mulai mengalami perubahan, khususnya sejak akhir 1980-an ketika pembangunan Perumnas 2 dimulai; persawahan dan kebun menjadi tanah kosong untuk persiapan pembangunan perumahan. Mayoritas penduduk kampung masih asli, tetapi perantau sudah cukup banyak yang datang dan tinggal di kampung.



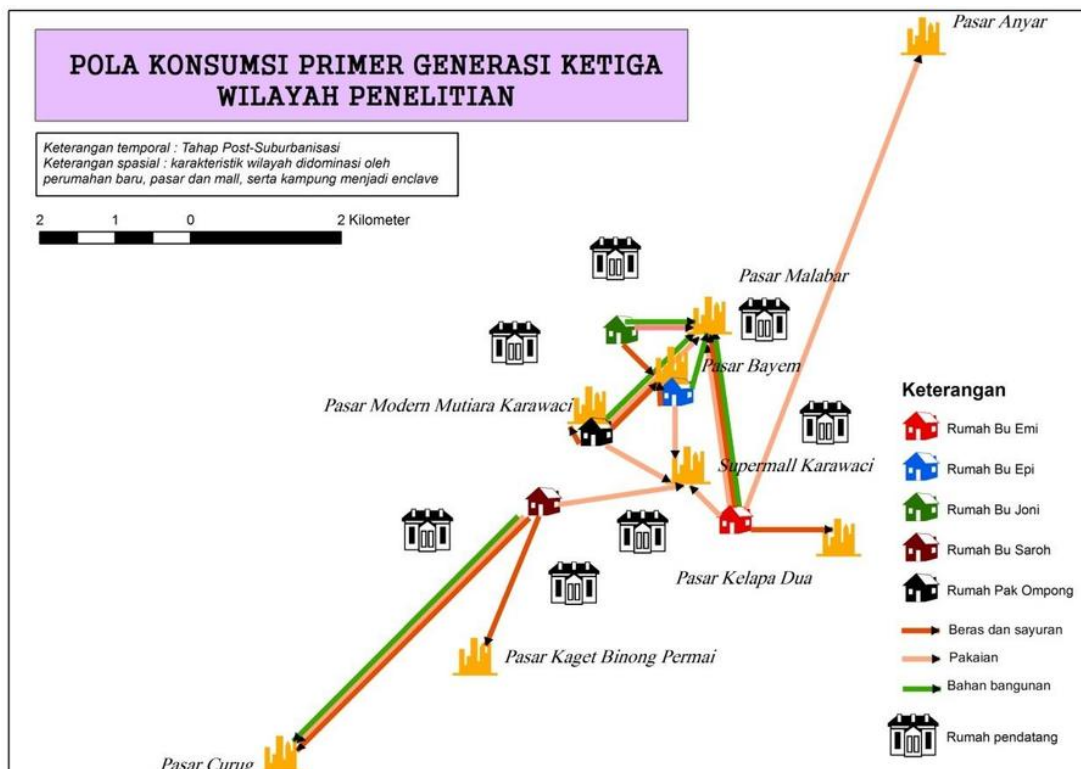
Gambar 5. Pola konsumsi primer pada tahap suburbanisasi di generasi kedua

Untuk tujuan berbelanja, kini sudah ada pasar terdekat yang menjadi pilihan selain Pasar Curug. kini sudah ada Pasar Bayem dan Pasar Malabar yang letaknya jauh lebih dekat ketimbang Pasar Curug. Belanja kebutuhan sehari-hari seperti sayuran juga kebutuhan lain seperti barang kelontong, pakaian, perhiasan, dan lainnya dilakukan di Pasar Malabar. Pola konsumsi yang terbentuk masih bersifat sama seperti pola konsumsi pada awal mula. Kebiasaan-kebiasaan penduduk kampung masih bersifat pedesaan, walaupun pemenuhan kebutuhan primer sudah mulai berubah. Kegiatan produksi penduduk kampung sudah mulai terkikis, penduduk kampung pada masa ini mulai membeli kebutuhan primer seperti beras, sayur, dan kebutuhan sehari-hari di pasar.

4.3.3 Pola Konsumsi Generasi Ketiga

Berdasarkan hasil wawancara, pada generasi ketiga, pola konsumsi yang dimiliki oleh informan tiap kampung sudah berubah. Hal ini disebabkan oleh semakin banyaknya fasilitas-fasilitas perkotaan dan pendatang yang mulai tinggal di wilayah penelitian. Pada awal 1990-an Perumnas 2 sudah mulai dipadati oleh pendatang. Di samping pola konsumsi yang berubah, jenis pekerjaan penduduk kampung pun berubah. Dengan ramainya Karawaci pada masa post-suburbanisasi atau saat ini banyak penduduk kampung, baik orang asli maupun perantau mencari nafkah dengan cara memasuki perumahan-perumahan tersebut dengan berjualan.

Perantau dari Jawa banyak yang mengembangkan sektor informal perdagangan dalam bentuk tukang jamu keliling, tukang ketoprak keliling, serta tukang bakso keliling. Sedangkan perantau dari Batak, kebanyakan dari mereka mengembangkan sektor informal jasa transportasi seperti angkot, kenek, dan warung kopi. Di samping itu, kebanyakan dari penduduk kampung asli, mengembangkan kontrakan sebagai penopang hidup mereka. Ada pula yang menjadi kuli cuci/ setrika warga perumahan. Interaksi dengan pendatang semakin kuat pada generasi ketiga karena generasi ketiga merupakan generasi anak-anak yang masih sekolah dan bekerja (dewasa muda). Interaksi anak pendatang dan penduduk kampung biasanya terjadi di lingkungan sekolah. Sedangkan untuk generasi orangtua (pertama atau kedua) biasanya terjadi pada interaksi antara penjual dan pembeli.



Gambar 6. Pola konsumsi primer pada tahap post-suburbanisasi di generasi ketiga

Kini pusat-pusat pelayanan bertambah akibat sudah mulai masuk pembangunan perumahan-perumahan seperti Perumnas 2 dan kompleks Harapan Kita. Pasar-pasar baru di antaranya adalah Pasar Bayem, Pasar Kaget Binong, Pasar Malabar, Pasar Modern Karawaci, Supermall Karawaci, dan Pasar Kelapa Dua. Pola konsumsi yang terbentuk sudah semakin bersifat kota. Kebiasaan-kebiasaan mereka, penduduk kampung, yang semula bersifat pedesaan, kini perlahan berubah. Sebagai contoh, Bu Emi

informan kampung Kelapa Dua mengaku cukup sering pergi ke mall. Berikut ini merupakan pernyataannya mengenai kunjungan ke mall :

“Tergantung keperluan sih ya..kalo ke Pasar anyar juga kadang jarang sih..sekarang sih mah kadang ke emol..sekarang mah ya,.ke perum juga..ke Malabar sini, paling juga ke pasar jarang, ke emol...sekarang kan ya banyakan emol gitu ya, kalo lagi pengen ke Tangerang ya ke Tangerang gitu ya acak-acakan, terserah lagi kepengennya aja.”

Selain itu, penduduk kampung kini sudah lebih individual. Berikut ini pernyataan Pak Ompong informan Kampung Dadap mengenai komunikasi :

“Dulu mah walaupun belum ada telepon sama orang jauh pada kenal..justru malah sekarang jaman canggih ama tetangga jauh dikit pada gak kenal. Kalo jaman dulu nih, orang sini sampe Curug tuh kenal.”

Pernyataan tersebut menjadi bukti bahwa memang perlahan sifat pedesaan yang menjunjung tinggi kekeluargaan dan komunitas itu perlahan hilang. Penduduk kampung pun kini terlihat lebih individual ketimbang dahulu yang sangat menjunjung tinggi kebersamaan dalam komunitas.

4.3.4 Perubahan gaya hidup akibat penetrasi modal dan perkembangan teknologi

Jika dilihat secara luas, pengaruh pendatang terhadap pola konsumsi penduduk kampung tidak terlepas dari tema-tema munculnya hubungan antara kelas-kelas sosial dan penetrasi modal di perkotaan. Sistem perkotaan di Dunia Ketiga (*Third World*) tidak dapat dikaji tanpa meluasnya akumulasi modal internasional oleh perusahaan transnasional, karena kemudahan yang disediakan oleh negara-negara Dunia Ketiga (Armstrong & McGee, 1985). Perubahan struktur sosial yang mendukung proses akumulasi modal tersebut terpusat pada produksi barang konsumsi untuk kelas menengah khususnya di kota besar. Masuknya sistem modal atau kapitalisme tersebut yang memberikan perubahan dalam sistem pedesaan dalam hal ini di kampung-kampung di Karawaci. Masuknya modal dan teknologi baru yang “dibawa” oleh pendatang menyebabkan *gemeinschaft* (pola hidup pedesaan yang berbasis kekeluargaan dan komunitas) penduduk kampung melemah dan lambat laun berubah menjadi *gesellschaft* (gaya hidup perkotaan yang individual). Hal ini dapat dibuktikan dari hasil penelitian di mana generasi ketiga atau generasi saat ini sudah terlihat meninggalkan sifat “kampung”nya dan lebih cenderung bersifat kota.

Di samping penjelasan di atas, penting juga untuk mengkaji bagaimana konsentrasi modal mempengaruhi pola konsumsi. Dalam proses urbanisasi adalah penting mengkaji bagaimana proses konsentrasi modal menjurus ke divergensi (keragaman yang membesar) di bidang produksi dan konvergensi (keragaman yang mengecil) di bidang konsumsi di Dunia Ketiga (Armstrong & McGee, 1985). Adanya proses itulah yang menyebabkan pola konsumsi baru merasuki semua lapisan masyarakat, dalam hal ini penduduk kampung. Kemampuan berproduksi kini telah tergantikan dengan kemampuan berkonsumsi. Terbukti dengan kini penduduk kampung memenuhi semua kebutuhannya dengan membeli, tidak seperti dahulu di mana kegiatan produksi masih berlangsung (berkebun dan bertani).

4.4 Segregasi spasial



Gambar 7. Tembok pemisah antara Kampung Dadap dengan Komplek Sekretariat Negara

Perkembangan wilayah di Karawaci menimbulkan gejala segregasi karena menjamurnya berbagai perumahan-perumahan kelas menengah yang mengepung perkampungan yang sudah ada. Tembok-tembok atau pagar pemisah pada pinggir perumahan menyebabkan adanya keterpisahan fisik antara penduduk kampung dengan pendatang. Interaksi yang terjadi hanyalah sebatas transaksi jual beli (jika penduduk kampung merupakan pedagang keliling) atau hubungan antara anak sekolah penduduk kampung dan pendatang.

Segregasi spasial merupakan istilah yang tepat untuk menjelaskan jarak fisik dan jarak sosial yang muncul antara penduduk kampung dan penduduk pendatang ini. Jarak fisik dan jarak sosial yang muncul secara tidak langsung mempengaruhi perubahan pola konsumsi penduduk kampung pada generasi ketiga. Jarak fisik dilihat dari adanya keterpisahan antara penduduk kampung dengan penduduk pendatang secara fisik yaitu dalam bentuk tembok-tembok atau pagar pemisah, walaupun sebenarnya jarak antara mereka adalah dekat. Dari generasi 1 hingga generasi 3, jarak fisik dalam kegiatan berbelanja semakin beragam akibat semakin banyaknya pusat belanja saat ini. Jarak sosial merupakan keterpisahan yang dilihat dari perbedaan status ekonomi. Jarak sosial yang muncul di antara penduduk kampung dan pendatang cenderung jauh (dalam konteks bertetangga). Hal ini disebabkan oleh adanya pemisah fisik (tembok) dan pemisah sosial yaitu perbedaan status ekonomi antara penduduk kampung dengan pendatang.

5. KESIMPULAN

Proses perkembangan perkotaan memberikan dampak langsung terhadap penduduk kampung di Karawaci dalam hal pola konsumsi. Pola konsumsi penduduk kampung berubah dari generasi pertama hingga ketiga. Perubahan pola konsumsi tersebut berubah mengikuti perkembangan wilayah khususnya perubahan penggunaan tanah. Proses perubahan gaya hidup tentu tidak terlepas dari munculnya hubungan antara kelas-kelas sosial baru dan penetrasi modal pada tahap suburbanisasi. Selain itu, adanya proses konsentrasi modal menjurus ke divergensi (keragaman yang membesar) di bidang produksi dan konvergensi (keragaman yang mengecil) di bidang konsumsi juga mempengaruhi cara hidup penduduk kampung. Saat ini penduduk kampung memenuhi semua kebutuhannya dengan membeli, tidak seperti dahulu, ketika penduduk kampung masih bisa memenuhi kebutuhannya melalui kegiatan produksi (berkebun dan bertani). Perubahan gaya hidup juga dipengaruhi oleh interaksi yang dipisahkan oleh jarak fisik dan jarak sosial. Interaksi itulah yang menyebabkan perubahan pola konsumsi penduduk kampung, yaitu ketika penduduk pendatang secara tidak langsung mempengaruhi proses pengambilan keputusan penduduk kampung dalam konsumsi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Artikel penelitian ini merupakan revisi dari penelitian penulis yang dilakukan pada tahun 2012. Penulis mengucapkan terima kasih kepada para informan serta pembimbing penelitian yaitu Ibu Widyawati dan Mas Hafid Setiadi yang telah memberikan bimbingan dan masukan yang sangat berharga pada penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Armstrong, W., & McGee, T. G. (1985). *Theatres of accumulation; studies in Asian and Latin American urbanization*. London: Methuen.
- Berry, B. J. L. (1973). *The Human Consequences of Urbanisation; Divergent Paths in the Urban Experience of the Twentieth Century*. Macmillan.
- BPS. (2013). Publikasi BPS Provinsi DKI Jakarta.
- BPS. (2013). Publikasi BPS Provinsi Banten.
- Ekajati, E. S. (2004). *Sejarah Kabupaten Tangerang*. Tangerang: Pemerintah Kabupaten Tangerang.
- Haryadi. (1989). *Resident Strategies for Coping With Environmental Press: Relation to House-Settlement System in a Yogyakarta Kampung, Indonesia*.
- Hudalah, D., & Firman, T. (2012). Beyond property: Industrial estates and post-suburban transformation in Jakarta Metropolitan Region. *Cities*, 29(1), 40–48. doi:10.1016/j.cities.2011.07.003
- Lohanda, M. (1996). *The Kapitan Cina of Batavia, 1837-1942 : a history of Chinese establishment in colonial society*. Jakarta: Djambatan.
- Pow, C.-P. (2011). Living it up: Super-rich enclave and transnational elite urbanism in Singapore. *Geoforum*, 42(3), 382–393. Retrieved from doi:10.1016/j.geoforum.2011.01.009
- Suryana, N. (1992). *Sejarah Kabupaten Banten*. Tangerang: Pemda Tk II Tangerang dan LPPM UNIS Tangerang.

- Ujianto, I. (2009). Perbandingan Penetrasi Modal di Tangerang dan Implikasinya Antara Tahun 1684-1942 dan 1966-1998. Universitas Indraprasta.
- Winarso, H., Hudalah, D., & Firman, T. (2015). Peri-urban transformation in the Jakarta metropolitan area. *Habitat International*, 49(November), 221–229. doi:10.1016/j.habitatint.2015.05.024
- sumber online: KITLV Digital Media Library di media-kitlv.nl

KARAKTERISTIK BATAS WILAYAH ADMINISTRASI DAERAH DI INDONESIA BERDASARKAN TIPOLOGI BATAS WILAYAH

Fahrul Hidayat¹, Yulia Indri Astuty¹, Suryanto¹, Guridno Bintar Saputro¹

¹Badan Informasi Geospasial, Jl. Raya Jakarta Bogor Km.46 Cibinong, Bogor 16911

Email: fahrul.hidayat@big.go.id, yulia.indriastuty@gmail.com, suryanto@big.go.id, bintar_s@yahoo.com

*Corresponding author: fahrul.hidayat@big.go.id

ABSTRAK

Tipologi batas wilayah merupakan proses analisis pembagian batas wilayah berdasarkan unsur penanda batas wilayahnya. Tipologi sangat penting untuk upaya pendokumentasian deskripsi subsegmen batas wilayah. Hingga saat ini belum tersedia informasi mengenai persentase batas wilayah administrasi daerah di Indonesia berdasarkan unsur penanda batas wilayahnya. Padahal informasi tersebut dapat membantu dalam proses pengambilan keputusan terkait penataan batas wilayah administrasi. Selain itu, informasi tersebut juga dapat dijadikan salah satu masukan untuk menilai keefektifan metode kartometrik untuk penegasan batas wilayah administrasi daerah. Penelitian ini dilakukan secara *desk study* menggunakan metode analisis komparasi terhadap data digital garis dan deskripsi Batas Wilayah Administrasi Daerah (khusus batas wilayah dengan status definitif yang telah disahkan melalui permendagri tentang batas) dengan acuan penanda batas berupa data Peta Rupabumi Indonesia Skala 1:50.000 dan citra/imageries. Penelitian ini dilakukan hanya terhadap batas wilayah administrasi daerah di Pulau Sumatera sebagai bagian dari proses pengkajian yang komprehensif untuk seluruh wilayah di Indonesia. Hasil penelitian ini berupa karakteristik batas wilayah administrasi daerah dengan status definitif di Pulau Sumatera berdasarkan tipologi batas wilayahnya. Dari 33 segmen batas wilayah administrasi daerah yang ada di Pulau Sumatera (periode 2004-2015), 37,529% merupakan tipologi batas alam, 1,370% merupakan batas buatan. Batas alam itu sendiri terdiri dari 17,494% sungai, 20,035% punggung bukit, 0 % danau. Sementara itu, batas buatan terdiri dari 1,249% jalan, 0,121% parit/saluran irigasi, dan 0 % bangunan. Persentase terbesar batas wilayah administrasi daerah di Pulau Sumatera adalah tipologi lain-lain yaitu 61,101%.

KATA KUNCI: Tipologi, batas wilayah administrasi, karakteristik.

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Era reformasi menjadi awal otonomi daerah dan menjadi titik awal pertambahan jumlah wilayah administrasi. Jumlah kabupaten/kota hingga tahun 2015 adalah 514 (Permendagri No 56 Tahun 2015) yang artinya meningkat sebanyak 42,02% dari semula 298 kabupaten/kota pada tahun 1998. Semakin bertambahnya daerah maka memberikan banyak konsekuensi seperti munculnya pusat pertumbuhan baru di ibu kota daerah (Khairi, 2015). Termasuk juga data batas wilayah administrasi daerah yang definitif menjadi sangat penting keberadaannya sejak era reformasi. Selama masa reformasi hingga saat ini sangat dinamis terjadi konflik akibat permasalahan batas wilayah. Data/informasi geospasial dapat menjadi faktor penyebab yang signifikan terjadinya konflik/sengketa batas yaitu 45% dari 11 kasus sengketa batas antarprovinsi dan 64% dari 25 kasus sengketa batas antarkabupaten (Joyosumarto et al., 2014). Dapat menjadi penyebab konflik misalnya ketidakjelasan peta lampiran Undang-undang pembentukan daerah atau peta penegasan batas daerah. Selain itu data/informasi geospasial yang dipengaruhi oleh suatu kepentingan menjadi persentase terbesar untuk kasus sengketa batas antar provinsi yaitu 55% dari 11 kasus (Joyosumarto et al., 2014). Banyak sekali hal yang berkaitan dengan batas wilayah misalnya terkait dengan berbagai kepentingan penyelenggaraan pemerintahan yang memerlukan data batas wilayah administrasi daerah: penyelenggaraan administrasi kependudukan, administrasi pertanahan, penerbitan perijinan, pengelolaan sumber daya alam, pembagian Dana Perimbangan (misalnya Dana Alokasi Umum) dan lain sebagainya. Dalam hal ini yang dimaksud batas definitif adalah batas yang sudah pasti yang didapatkan melalui proses penegasan batas wilayah administrasi daerah. Dari total target 966 segmen batas wilayah administrasi daerah yang definitif, pada tahun 2015 baru mencapai jumlah 310 segmen batas wilayah administrasi daerah yang telah definitif (Kemendagri, 2015). Hal tersebut menjadi pekerjaan yang cukup berat terlebih dengan rencana pembahasan usulan-usulan pemekaran daerah yang sempat terhenti pada tahun 2014-2015. Dengan semakin

mendesaknya kebutuhan terhadap data batas wilayah administrasi daerah definitif tersebut maka Tim Penegasan Batas wilayah administrasi daerah (PBD) di Pusat membuat terobosan untuk dapat mempercepat pelaksanaan penegasan batas wilayah administrasi daerah, diantaranya dengan menerapkan metode kartometrik dalam penegasan batas wilayah administrasi daerah. Kartometrik merupakan ekstraksi data atau informasi geospasial melalui pengukuran dan penghitungan nilai-nilai numerik dari peta (ICA dalam Maling, 1989). Dengan metode ini penegasan batas wilayah administrasi daerah diusahakan semaksimal mungkin dilakukan di atas peta untuk mempercepat proses serta menghemat waktu dan sumber daya namun tetap mempertahankan kualitas hasil penegasan batas.

Diterapkannya metode ini tidak serta merta menghapus kegiatan lapangan dalam penegasan batas, jika diperlukan masih diperbolehkan ada kegiatan lapangan, misalnya pelacakan batas, pemasangan pilar batas dan lain sebagainya. Penerapan metode kartometrik dalam penegasan batas wilayah administrasi daerah membawa konsekuensi baru, diantaranya adalah meningkatnya kebutuhan terhadap informasi geospasial, sumber daya manusia yang menangani informasi geospasial serta tata laksana penegasan batas dengan metode kartometrik. Informasi Geospasial yang dibutuhkan dalam proses penegasan batas secara kartometrik cukup bervariasi, sangat tergantung pada tipe batas yang akan ditegaskan. Misal penegasan batas yang mengikuti igir/punggung bukit maka data yang paling diperlukan adalah *Digital Terrain Model (DTM)* sedangkan penegasan batas yang mengikuti batas buatan jalan atau mengikuti unsur alam sungai besar maka data yang paling diperlukan adalah citra satelit resolusi tinggi atau foto udara. Contoh lain misalnya menentukan puncak gunung sebagai simpul batas beberapa daerah maka diperlukan kombinasi data DTM dengan data toponim. Kesulitan yang dihadapi kemudian adalah besarnya biaya dan sumber daya yang diperlukan dalam mengadakan Informasi Geospasial. Oleh karena itu, perlu disusun skala prioritas penyediaan Informasi Geospasial untuk kebutuhan penegasan batas wilayah administrasi daerah. Skala prioritas tersebut sangat tergantung terhadap tipe batas yang akan ditegaskan. Namun sampai saat ini belum ada data rujukan yang valid mengenai tipologi batas tersebut. Tipologi menurut kamus Oxford merupakan studi atau analisis menggunakan klasifikasi berdasarkan jenis-jenis secara umum atau studi dan interpretasi tentang jenis dan symbol. Sedangkan tipologi batas wilayah yang dimaksud merupakan klasifikasi batas wilayah berdasarkan penanda batasnya apakah alam, buatan, atau lainnya. Antara batas alam "*natural*" dan buatan "*artificial*", keduanya tidak ada yang paling baik bahkan tidak ada hukum internasional yang mengatur hal tersebut (Cafilisch, 2006). Semua tergantung pada kesepakatan antara daerah yang berbatasan. Oleh karena itu, melalui kajian ini akan dilakukan klasifikasi jenis batas wilayah administrasi daerah sesuai dengan unsur yang diikuti sehingga dapat diketahui komposisi setiap jenis batas wilayah administrasi daerah. Diharapkan dapat dijadikan sebagai masukan dalam penentuan prioritas penyediaan informasi geospasial pada daerah yang akan ditegaskan.

1.2. Tujuan Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui karakteristik batas wilayah administrasi daerah dengan status definitif berdasarkan tipologi batas wilayahnya.

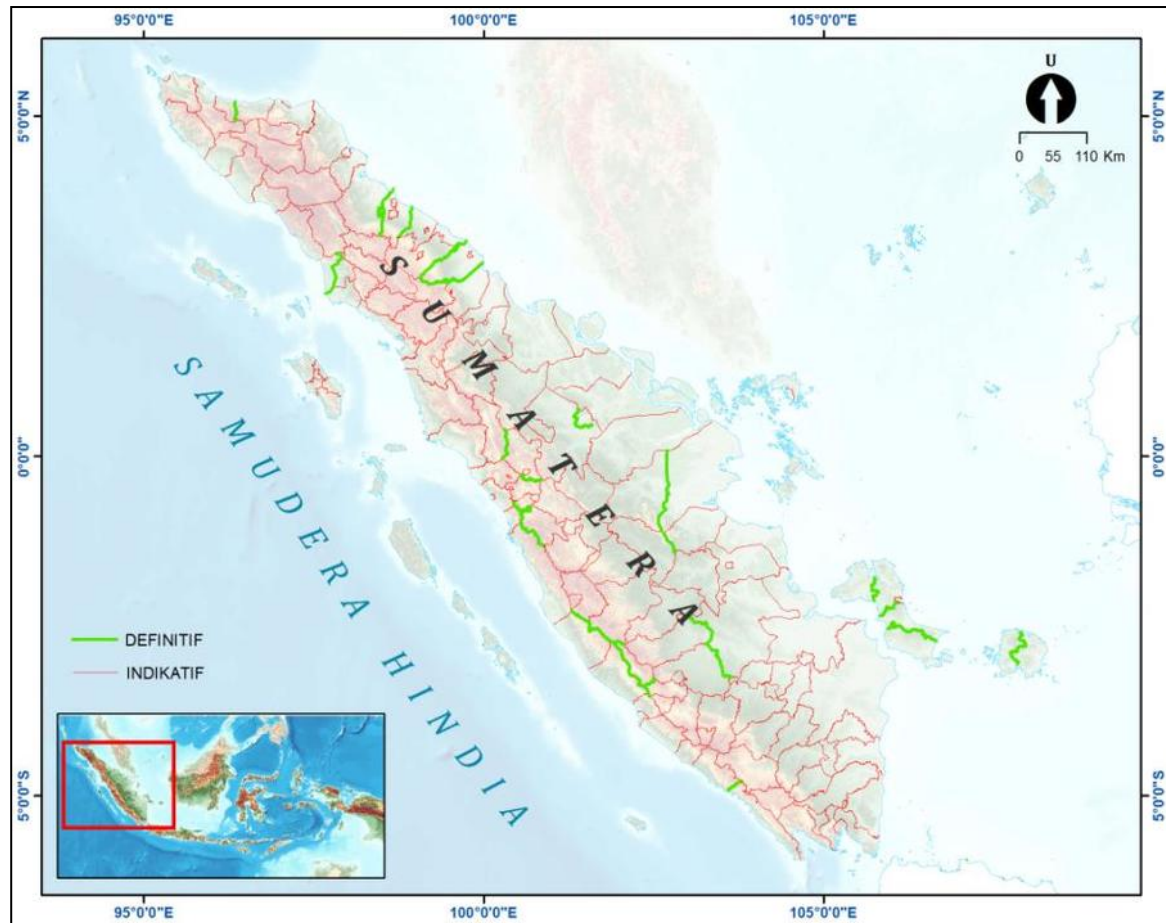
1.3. Batasan Penelitian

1.3.1. Batasan Substansi

Pembatasan substansi penelitian adalah sebagai berikut: (1) yang dimaksud dengan daerah adalah daerah provinsi dan kabupaten/kota; (2) obyek kajian berupa segmen batas wilayah administrasi definitif daerah periode 2004 - 2015; (3) deskripsi yang tercantum dalam batang tubuh permendagri tentang batas wilayah administrasi daerah menjadi dasar utama dalam penentuan tipologi batas; (4) Pembagian subsegmen batas menggunakan acuan titik koordinat batas; (5) penggunaan data peta RBI, citra dan DTM adalah untuk membandingkan deskripsi dengan unsur yang ada pada data spasial; (6) penghitungan panjang menggunakan sistem proyeksi koordinat *Equidistant Cylindrical*.

1.3.2. Batasan Wilayah

Penelitian ini dibatasi hanya terhadap batas wilayah administrasi daerah provinsi dan kabupaten/kota dengan status definitif yang ada di Pulau Sumatera sebagai tahap pertama kajian secara komprehensif seluruh batas definitif di Indonesia. Wilayah penelitian secara spasial dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1.Wilayah Penelitian

2. METODE

3.1. Data

Data yang digunakan adalah: (1) dokumen Peraturan Menteri Dalam Negeri (batang tubuh dan lampiran) yang bersumber Kementerian Dalam Negeri;(2) data format SIG batas wilayah administrasi daerah provinsi dan kabupaten/ kota dengan status definitif yang bersumber dari Pusat Pemetaan Batas Wilayah (Badan Informasi Geospasial) hasil pemutakhiran pada April 2015; (3) data *seamless*Peta RBI skala 1:50.000 dari Pusat Pemetaan Rupa Bumi dan Toponimi (Badan Informasi Geospasial), data citra (Badan Informasi Geospasial dalam <http://portal.ina-sdi.or.id/>, 2015).

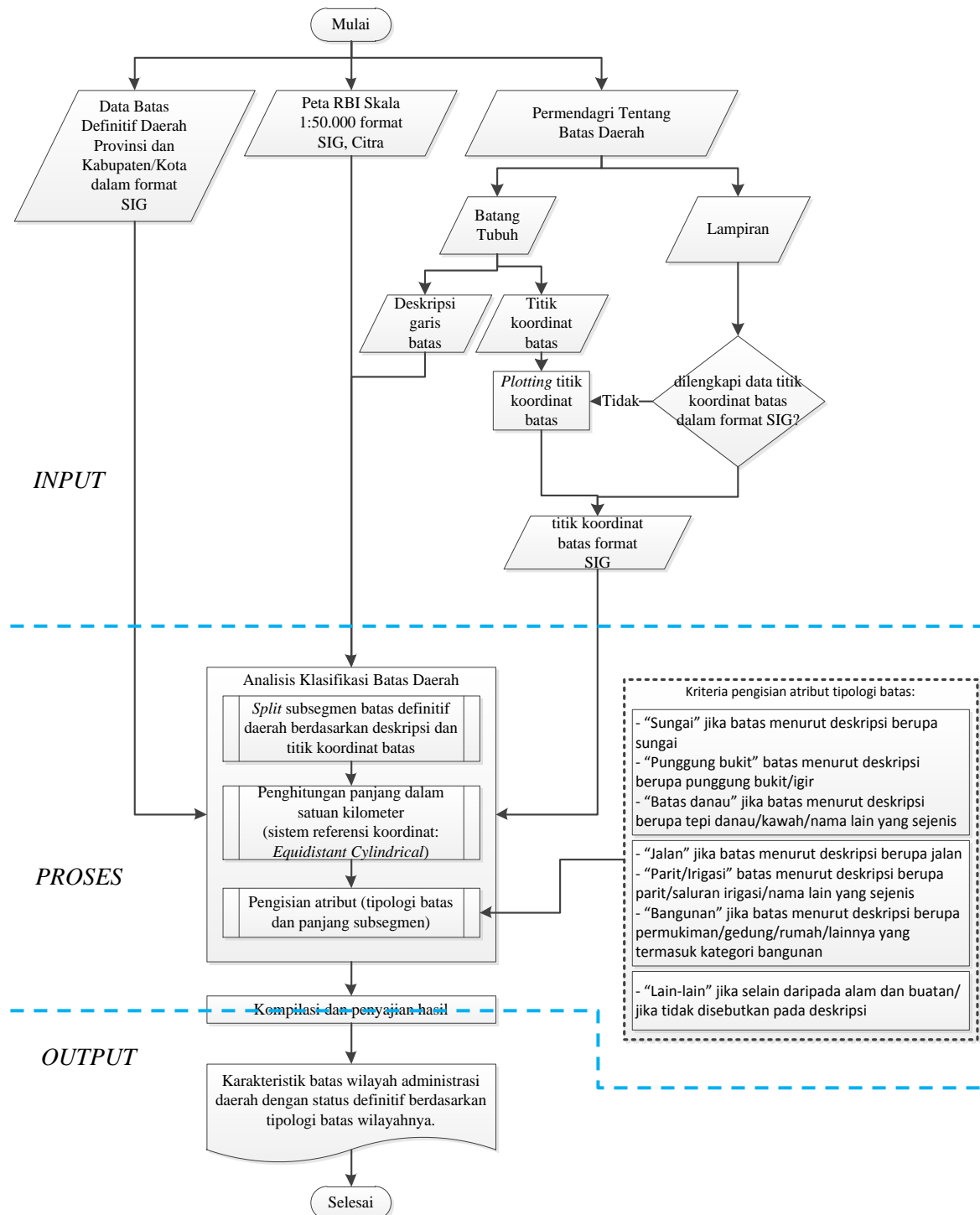
3.2. Alur penelitian

Alur penelitian terdiri dari tiga tahapan umum yaitu pengumpulan dan penyiapan data (input), pengolahan data (proses), dan penyajian hasil (output). Detil atau rincian alur penelitian dapat dilihat pada diagram alir gambar 2.

3.2.1. Pengumpulan dan Penyiapan Data

Pengumpulan dan peyiapan data dilakukan terhadap dokumen Peraturan Menteri Dalam Negeri (batang tubuh dan lampiran) yang bersumber Kementerian Dalam Negeri, data format SIG batas wilayah administrasi daerah provinsi dan kabupaten/ kota dengan status definitif (hasil pemutakhiran Badan Informasi Geospasial), data *seamless*Peta RBI skala 1:50.000 (Badan Informasi Geospasial), data citra (Badan Informasi Geospasial). Wilayah penelitian ini adalah Pulau Sumatera, sehingga dilakukan pengelompokan data segmen batas wilayah administrasi daerah untukPulau Sumatera saja. Selanjutnya, data dikelompokkan lagi menjadi data yang memiliki kelengkapan data spasial dalam format SIG maupun CAD dalam lampiran permendagrinya. Selain itu pada tahap ini pula dilakukan upaya untuk melengkapi data titik

koordinat batas dalam format SIG karena titik koordinat batas menjadi indikator pembagian subsegmen dalam analisis.



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

3.2.2. Analisis Klasifikasi Batas wilayah administrasi daerah

Analisis klasifikasi batas wilayah administrasi daerah dilakukan dengan tahapan berupa pembagian subsegmen berdasarkan titik koordinat batas dan pengisian atribut subsegmen.

a. *Split subsegmen batas wilayah*

Langkah ini dilakukan untuk membagi segmen batas menjadi subsegmen batas dengan cara memotong (*split*) berdasarkan titik koordinat batas dan deskripsi yang tercantum dalam dokumen permendagri tentang batas wilayah administrasi daerah.

b. *Penghitungan panjang*

Penghitungan panjang dilakukan terhadap seluruh subsegmen menggunakan alat bantu berupa perangkat lunak berbasis SIG. Metode penghitungan panjang adalah *calculate geometry* terhadap data spasial segmen batas pada sistem proyeksi peta *Equidistant Cylindrical*. Metode penghitungan panjang segmen ini sama dengan metode penghitungan panjang garis pantai di Badan Informasi Geospasial. Keuntungan dari penggunaan sistem proyeksi *Equidistant Cylindrical* adalah nilai panjang yang dihasilkan memiliki distorsi yang kecil, karena proyeksi ini merupakan jenis proyeksi yang mempertahankan besarnya panjang jarak. Jarak pada sistem proyeksi ini memiliki skala yang tepat sepanjang *meridians* dan *standard parallels* (ESRI, 2004).

c. *Pengisian Atribut Tipologi Batas*

Atribut subsegmen diisi sesuai dengan kriteria pengisian atribut. Kriteria dibuat berdasarkan klasifikasi batas berdasarkan penanda batasnya dan dikomparasikan dengan deskripsi garis batas yang ada pada batang tubuh permendagri tentang batas. Batas wilayah dapat diklasifikasikan menjadi 2 jenis yaitu batas alam "*natural*" dan batas buatan "*artificial*". Batas alam adalah batas yang menggunakan fenomena alam seperti sungai dan punggung bukit. Sementara itu, batas buatan adalah tanda batas yang dibuat oleh manusia sebagai pemisah dua atau lebih wilayah. Batas buatan dapat berupa pilar, tugu, jalan, rel kereta api, dan sebagainya. Dalam penelitian ini, tipologi batas wilayah buatan diklasifikasikan menjadi 3 kelas yaitu: jalan, bangunan, dan parit/saluran irigasi. Sedangkan batas wilayah alam diklasifikasikan menjadi 3 kelas yaitu: sungai, punggung bukit, danau. Selain batas buatan dan batas alam, penelitian ini juga menambahkan tipologi batas dengan kelas lain-lain. Lain-lain di klasifikasi ini merupakan batas yang bukan berupa batas alam maupun buatan. Selain itu, dikategorikan sebagai lain-lain jika detail deskripsi penanda batas tidak tertera dalam dokumen permendagri.

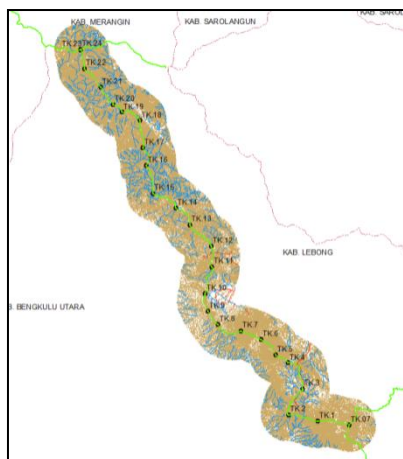
3.2.3. *Kompilasi Hasil dan Penyajian Hasil*

Penelitian ini dikerjakan beberapa orang sehingga data dari masing-masing orang harus dijadikan satu untuk kemudian dianalisis. Subsegmen yang tipologinya telah diklasifikasikan dan dihitung panjangnya kemudian dihitung persentasenya. Persentase disini dibagi menjadi persentase batas alam, buatan dan lain-lain. Masing-masing kemudian dihitung lagi persentasenya mengenai kelasnya. Untuk batas alam, yang dihitung adalah persentase kelas sungai, punggung bukit dan danau. Sementara itu, untuk batas buatan yang dihitung adalah persentase kelas jalan, bangunan, dan parit/saluran irigasi. Selanjutnya hasil dalam penelitian ini disajikan dalam tabel numerik dan grafik.

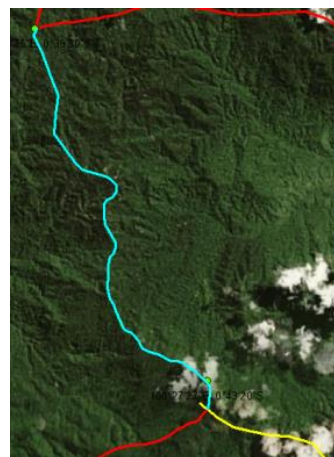
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.2.1. *Pengumpulan dan Penyiapan Data*

Data segmen batas wilayah administrasi daerah definitif Pulau Sumatera yang memenuhi kriteria penelitian ini sebanyak 33 segmen. Format data spasialnya ada yang CAD maupun SIG pada lampiran Peraturan Menteri Dalam Negerinya. Ada juga yang data spasial segmennya ada tapi pada lampiran Peraturan Menteri Dalam Negeri data spasial SIG dan CAD-nya tidak ada. Untuk kasus seperti itu, maka data koordinat pilar yang ada di batang tubuh Peraturan Menteri Dalam Negeri diplot dan di *overlay*-kan dengan data tambahan berupa RBI skala 1:50.000 dan juga citra satelit.



Gambar 3. Segmen batas yang pada Lampiran Permendagri terdapat data Spasial GIS/CAD

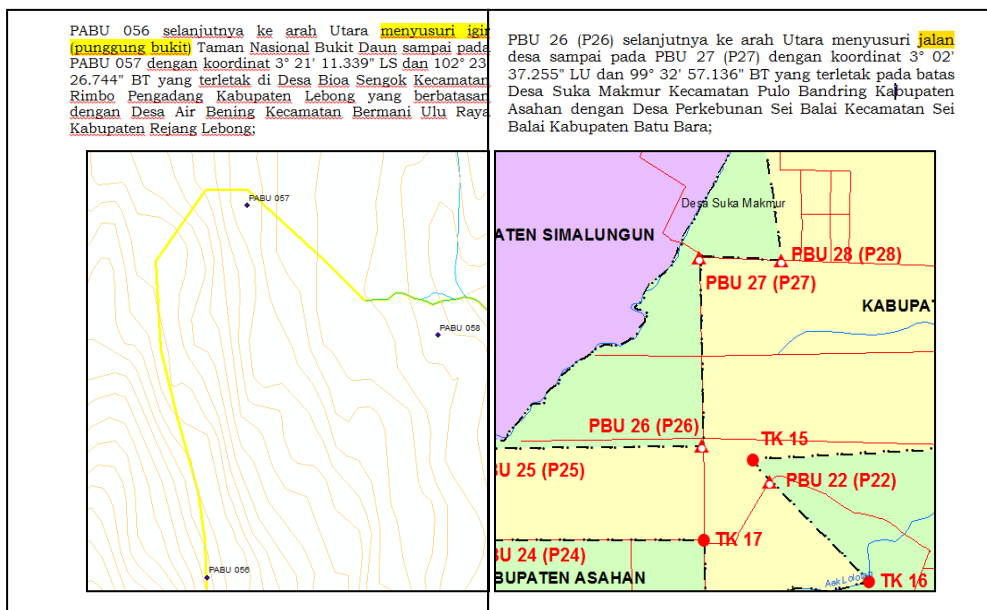


Gambar 4. Penggunaan data tambahan (citra)

Gambar 3 menunjukkan segmen batas wilayah administrasi daerah yang pada lampiran Peraturan Menteri Dalam Negerinya terdapat data spasial dalam format SIG atau CAD. Data tersebut langsung dapat digunakan untuk klasifikasi batas wilayah administrasi daerah. Sementara itu, gambar 4 menunjukkan segmen batas wilayah administrasi daerah yang ada data segmennya, tapi tidak ada data spasial dalam format SIG atau CAD pada lampiran Peraturan Menteri Dalam Negerinya. Data ini harus *dioverlay*-kan dengan data tambahan berupa data *seamless* RBI skala 1:50.000 dan citra satelit sebelum memasuki tahap klasifikasi batas wilayah administrasi daerah.

4.2.2. Analisis Klasifikasi Batas Wilayah Administrasi Daerah

Data yang telah melalui tahapan pengumpulan dan penyiapan selanjutnya dilakukan analisis klasifikasi menggunakan kriteria yang telah disebutkan di atas. Contoh tipologi batas alam dan buatan dapat dilihat seperti gambar 5 dan 6 dibawah ini.



Gambar 5. Contoh Klasifikasi Batas Alam

Gambar 6. Contoh Klasifikasi Batas Buatan

Jika batang tubuh Peraturan Menteri Dalam Negeri tidak menyebutkan batas tersebut berupa batas alam atau buatan maka subsegmen batas tersebut diklasifikasikan ke kelas lain-lain. Pemotongan subsegmen dilakukan tepat pada perpotongan titik pilar.

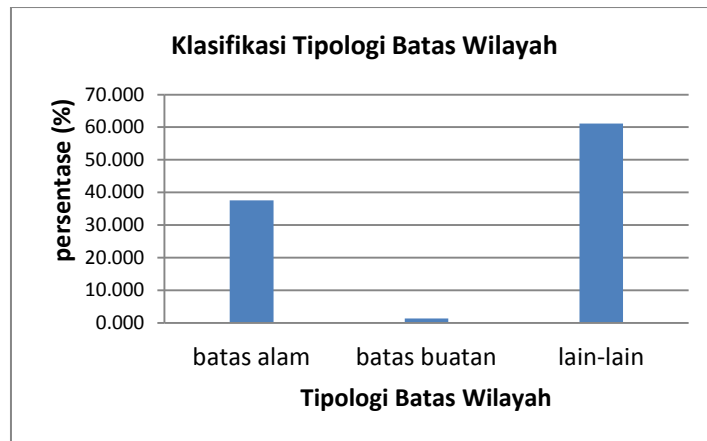
4.2.3. Kompilasi dan Penyajian Hasil

Data hasil kompilasi tipologi batas wilayah kabupaten/kota di Pulau Sumatera adalah sebagai berikut ini :

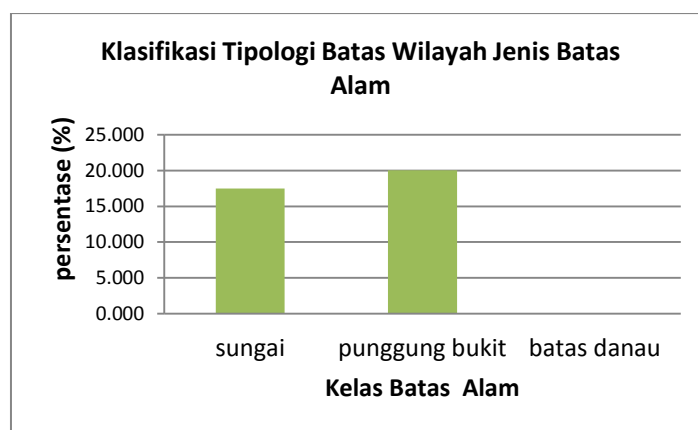
Tabel 1. Tipologi Batas Wilayah di Pulau Sumatera

Batas antara kota/kabupaten		permen/ kepermen	Tipologi batas Alam			(lain- lain)	Tipologi Batas Buatan		
W1	W2		(sungai)	(punggungan bukit)	(batas danau)		(jalan)	(parit)/ (saluran irigasi)	(Bang unan)
LEBONG	MERANGIN	Permendagri No 25 THN 2013		12,456					
MUKO - MUKO	MERANGIN	Permendagri No 25 THN 2014		54,718					
MUKO - MUKO	KERINCI	Permendagri No 25 THN 2015		28,138					
MERANGIN	BENGKULU UTARA	Permendagri No 25 THN 2013		4,509					
BENGKULU UTARA	REJANGLEBONG	Permendagri No 61 Thn 2013				11,336			
BENGKULU TENGAH	REJANGLEBONG	Permendagri No 61 Thn 2013				7,082			
BIREUEN	PIDIE JAYA	Permendagri No 4 Tahun 2014	0,513	2,662		30,222			
ACEH SELATAN	ACEH SINGKIL	Permendagri No 5 Thn 2014				14,316			
ACEH SELATAN	KOTA SUBULUSSALAM	Permendagri No 6 Thn 2014		21,339		39,623			
MUSIBANYUASIN	MUSIRAWAS	Permendagri No 13 Thn 2014	0,457			74,806			
ASAHAN	LABUHANBATU UTARA	Permendagri No 42 Thn 2014	13,762			47,082			
ASAHAN	TOBASAMOSIR	Permendagri No 44 Thn 2014	14,981			40,291			
ASAHAN	BATUBARA	Permendagri No 45 Thn 2014	8,802			34,908	3,362		
DELISERDANG	KOTA BINJAI	Permendagri No 47 Thn 2014	4,679			13,132	0,344		
KOTA BINJAI	LANGKAT	Permendagri No 47 Thn 2014	21,863			13,270	1,220		
LIMAPULUH KOTO	PASAMAN	Permendagri No 48 Thn 2014	6,404	43,374		4,472			
DELISERDANG	LANGKAT	Permendagri No 49 Thn 2014	57,492			19,971			
KAMPAR	KOTA PEKANBARU	Permendagri No 18 THN 2015	49,770			4,778	12,823	1,715	
INDRAGIRI HILIR	INDRAGIRI HULU	Permendagri No 19 THN 2015	6,698			133,240			
BENGKULU UTARA	LEBONG	Permendagri No 20 THN 2015				87,591			
KAB. BELITUNG	BELITUNG TIMUR	Permendagri No 16 Thn 2008				85,069			
KAB. BANGKA	BANGKA TENGAH	Permendagri No 48 Thn 2008		5,465		37,653			
KAB. BANGKA SELATAN	BANGKA TENGAH	Permendagri No 17 Thn 2008	1,227	6,554		98,523			
KAB. KAUAR	LAMPUNG BARAT	Permendagri No 73 Thn 2012	20,260			7,458			
KAB. SOLOK	KOTA SOLOK	Permendagri No 41 Thn 2013	4,410	13,896		17,050			
KAB. SOLOK	KOTA PADANG	Permendagri No 40 Thn 2013		30,719					
KAB. SOLOK	PADANG PARIAMAN	Permendagri No 36 Thn 2013		7,824		0,539			
KAB. SOLOK	PESISIR SELATAN	Permendagri No 37 Thn 2013	6,308	49,664		10,515			
KOTA SOLOK	KOTA PADANG	Permendagri No 41 Thn 2013				0,700			
LIMA PULUH KOTA	TANAH DATAR	Permendagri No 67 Thn 2013	10,962	0,677		24,122			
LIMA PULUH KOTA	SIJUNJUNG	Permendagri No 67 Thn 2013	0,798			1,244			
REJANGLEBONG	BENGKULU TENGAH	Permendagri No 61 Thn 2013				7,082			
LEBONG	REJANGLEBONG	Permendagri No 62 Thn 2013	19,185	2,688		2,123			

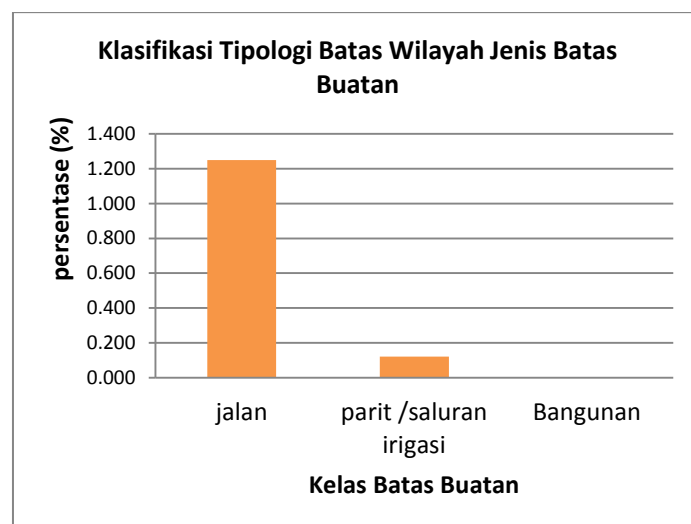
Dari 33 segmen batas tersebut tipologi batas alam ada 37,529%, batas buatan 1,370%, unsur lain-lain 61,101%. Batas alam itu sendiri terdiri dari 17,494% sungai, 20,035% punggungan bukit, 0 % danau. Sementara itu, batas buatan terdiri dari 1,249% jalan, 0,121% parit/saluran irigasi, dan 0 % bangunan. Selain numeris, tipologi batas wilayah juga disajikan dalam bentuk grafik. Grafik tipologi batas wilayah dapat dilihat pada gambar 7, 8 dan 9.



Gambar 7. Klasifikasi Tipologi Batas Wilayah

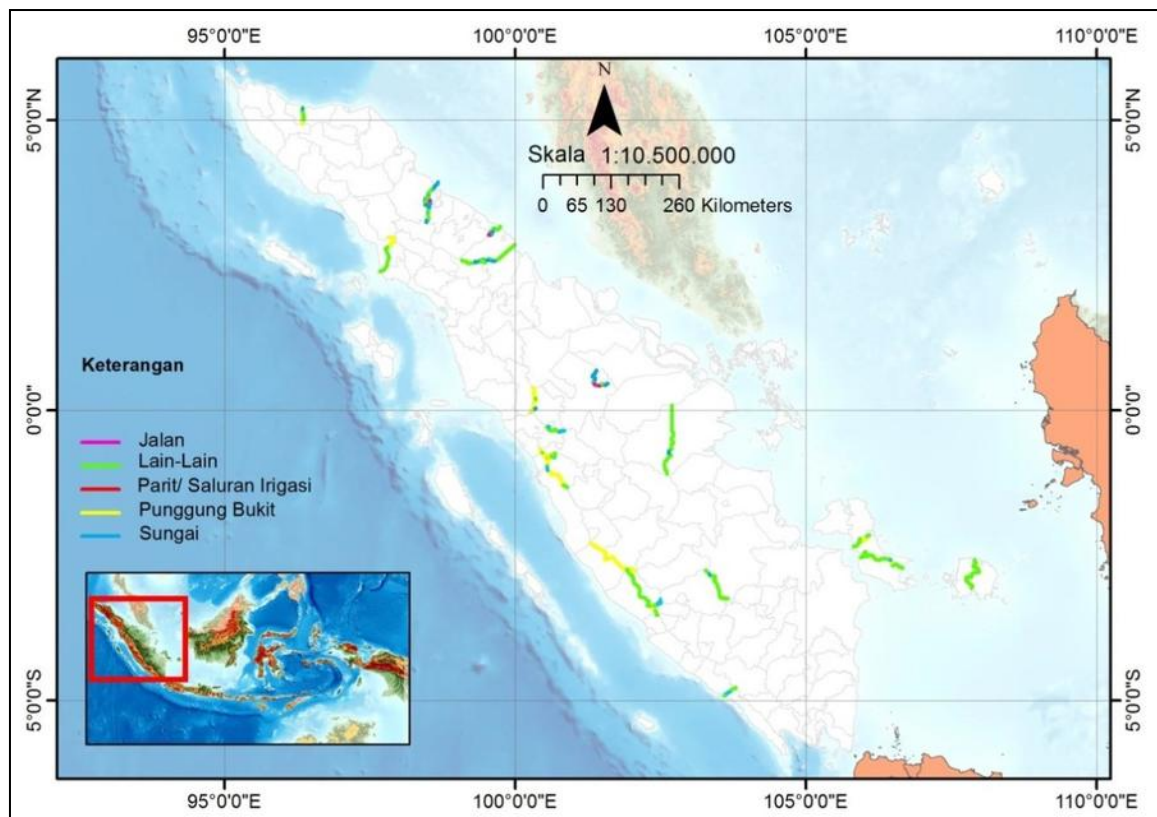


Gambar 8. Klasifikasi Tipologi Batas Alam



Gambar 9. Klasifikasi Tipologi Batas Buatan

Hasil klasifikasi juga disajikan secara spasial sebagai upaya agar dapat menampilkan informasi secara spasial baik terutama berkaitan dengan persebaran masing-masing unsur batas wilayah administrasi daerah. Hasil secara spasial dapat dilihat pada gambar gambar 10 .



Gambar 10. Klasifikasi Tipologi Batas Wilayah Administrasi Secara Spasial

5. KESIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilakukan, didapatkan beberapa kesimpulan yaitu :

1. Batas wilayah administrasi daerah di Pulau Sumatera memiliki karakteristik batas alam, batas buatan dan batas lainnya.
2. Secara umum batas wilayah administrasi daerah di Pulau Sumatera terdiri dari batas alam 37,529%, batas buatan 1,370% merupakan batas buatan, dan bataslain-lain 61,101%.
3. Tipologi batas wilayah di Pulau Sumatera didominasi oleh unsur lain-lain. Hal ini dikarenakan banyaknya deskripsi pada batang tubuh Peraturan Menteri Dalam Negeri yang tidak memuat jenis penanda batas wilayah administrasi daerah.
4. Jika unsur alam dan unsur buatan dibandingkan, maka Pulau Sumatera cenderung menggunakan unsur alam sebagai penanda batas wilayah administrasi daerahnya. Perbandingan tipologi batas wilayah administasi daerah yang menggunakan batas alam dan batas buatan sebesar 27 : 1.
5. Dalam penyusunan batang tubuh Peraturan Menteri Dalam Negeri, diperlukan adanya deskripsi yang detil mengenai penanda batas yang digunakan untuk batas wilayah administrasi daerah, agar tipologi batas wilayah administrasi daerah dapat terinventarisir dengan baik.
6. Inventarisasi tipologi batas wilayah administrasi daerah penting untuk dilakukan terkait dengan skala prioritas penyediaan informasi geospasial untuk kebutuhan penegasan batas wilayah administrasi daerah.

6. SARAN

1. Dilakukan penelitian lebih lanjut dengan memperluas ruang lingkup wilayah menjadi seluruh Indonesia untuk melihat karakteristik batas wilayah administrasi daerah secara lebih komprehensif.
2. Selain itu, perlu dilakukan penelitian yang sinkron dengan penelitian ini yaitu komparasi antara deskripsi pada batang tubuh dengan peta lampiran permendagri tentang batas untuk mengetahui kesesuaian diantara keduanya.

DAFTAR PUSTAKA

- Caflisch, Lucius. (2010), *A Typology of Borders*. Leiden [etc.], Brill.
- ESRI .(2004), *ArcGIS 9: Understanding Map Projections*. USA.
- Joyosumarto, S., Subaryono, S., Sutisna, S., and Wardaya, D. (2014), Geospatial Information and Regional Boundary Disputes in the Regional Boundary Demarcation During the Regional Autonomy Era in Indonesia, paper presented at FIG Congress 2014: Engaging the Challenges - Enhancing the Relevance, Kuala Lumpur, Malaysia 16 – 21 June 2014.
- Khairi, H, (2015), Pemekaran Daerah dan Pembangunan Daerah, disampaikan pada Uji Publik Rancangan Peraturan Pemerintah (RPP) tentang Desain Besar Penataan Daerah (DESARTADA), pada 12 sld 13 Oktober 2015
- Maling, D.H. (1989), *Measurements From Maps: Principles and methods of cartometry*. Pergamon Press.
- Republik Indonesia (2015), Peraturan Menteri Dalam Negeri Nomor 56 Tahun 2015 Tentang: Kode dan Data Wilayah Administrasi Pemerintahan. Jakarta.

NOTULENSI DISKUSI SESI TATA RUANG DAN PERENCANAAN WILAYAH DAN SURVEI KEKOTAAN

Judul Makalah:

KONTRIBUSI CITRA PENGINDERAAN JAUH UNTUK PELACAKAN ZONA POTENSIAL PENYUMBANG SEDIMEN WADUK MRICA BANJARNEGARA, JAWA TENGAH

Totok Gunawan

Pertanyaan Oleh:F.F. Dheswara

Menggunakan komposit band apa yang paling optimal untuk pengamatan sedimen?

Jawaban:

Untuk melihat penggunaan lahan menggunakan Landsat, sedangkan untuk mengecek sedimen menggunakan Ikonos. Memilih kombinasi band memang penting tetapi perlu dipahami bahwa komposit warna bukanlah yang utama, yang penting citra harus jelas. Warna hanya permainan komputer, yang utama adalah interpreter harus paham tentang distribusi spasial dan karakter obyek penutup lahan. Perlu juga diperhatikan faktor-faktor lain terkait skala dari objek/parameter yang diamati. Sebelum melakukan interpretasi, interpreter dapat melakukan tinjauan lapangan sehingga mempunyai *local knowledge* yang cukup.

Judul Makalah:

PENTINGNYA TINJAUAN ASPEK GEOLOGI DALAM SUATU PERENCANAAN WILAYAH DAN KOTA GUNA TERCIPTANYA KAWASAN HUNIAN YANG IDEAL

First Ferdian Dheswara Adji Maryadi, Kemala Medika Putri

Pertanyaan Oleh:Farid dari BIG

Banyak perumahan/permukiman sekarang dikembangkan tidak mengikuti standar dan nilai-nilai perencanaan. Adakah regulasi-regulasi dan aturan terkait tata ruang yang ditetapkan untuk mengatur itu?

Jawaban:

Pemerintah sudah membuat regulasi dan peraturan, serta panduan teknis pelaksanaan, terutama untuk hal/kondisi tertentu; contohnya terkait penyediaan/ketersediaan air, hanya saja yang masih dirasa kurang adalah aspek pengawasan.

Pertanyaan Oleh:Fahrul Hidayat

Permukiman memerlukan infrastruktur, apa langkah kongkrit terkait aspek geologi khususnya dalam pembangunan jalan?

Jawaban:

Peran *geologist* diperlukan pada tahap pengkajian awal/perencanaan dalam menentukan pilihan teknologi yang dipakai untuk pengembangan.

Judul Makalah:

KARAKTERISTIK BATAS WILAYAH ADMINISTRASI DAERAH DI INDONESIA
BERDASARKAN TIPOLOGI BATAS WILAYAH

Fahrul Hidayat, Yulia Indri Astuty, Suryant, Guridno Bintar Saputro

Pertanyaan Oleh: Faris dari UNNES

Jika data batas yang ada di dalam Ina-Geoportal berbeda dengan data RTRW dan/atau data lapangan, maka data mana yang harus diacu?

Jawaban:

Data tata batas yang ada di dalam Ina-Geoportal sifatnya indikatif bukan definitif, maka jika ada data tata batas yang memiliki kekuatan hukum (ditetapkan melalui Perda/UU), maka data tersebut yang harus diacu.

Pertanyaan Oleh: Suryanti dari Geografi UNNES

Bagaimana cara menentukan dominasi?

Jawaban:

Sesuai rencana penelitian, dominasi ditentukan berdasar dokumen acuan (Perda/UU). Peneliti melihat deskripsi dari Kemendagri. Dominasi dihitung dari panjang sub segmen yang dideskripsikan.

Pertanyaan Oleh: Dwiyanti

- Batas administrasi yang dianalisis ini batas apa saja?
- Batas desa yang belum ada apakah belum dipetakan?

Jawaban:

- Batas provinsi, kabupaten, dan kota (berdasar kewenangan Kemendagri) terkait ketersediaan data dan kewenangan.
- Data batas desa yang belum ada artinya belum dipetakan. Namun, saat ini masih proses pengumpulan data dan pemetaan.

Judul Makalah:

ANALISIS ARAH DAN FAKTOR PERKEMBANGAN KOTA MATARAM DENGAN
CITRA MULTITEMPORAL

Ajeng Murtisari, Lia Lovianisa, Kuncoro Purba Wasisa, Mayca Sita Nurdiana

Pertanyaan Oleh: Farid dari BIG

Dengan menggunakan data 2 tahun yang berbeda (multitemporal), apakah/manakah yang berkembang terlebih dahulu (jalan atau permukiman)?

Jawaban:

Jalan berkembang terlebih dahulu karena dari pengamatan, jaringan jalan dan fasilitas dibangun terlebih dahulu dan kemudian berkembang diikuti penambahan permukiman.

Pertanyaan Oleh:Dwiyanti

- Apakah penelitian ini hanya melihat secara visual saja sehingga bisa menyimpulkan bahwa perkembangan dipicu oleh ketersediaan fasilitas?
- Apakah tidak memperhatikan faktor pendorong dan penarik perkembangan kota?

Jawaban:

- Dalam penelitian ini hanya mengamati faktor pertumbuhan fasilitas terkait perkembangan kota sehingga tidak melihat faktor pendorong lainnya.
- Memang belum dipertimbangkan.

Pertanyaan Oleh:Faris dari UNNES

Bagaimana membedakan lahan terbangun dan lahan tidak terbangun (lahan kosong)? Kenapa hasilnya membingungkan?

Jawaban:

Penelitian ini menggunakan interpretasi digital sehingga sangat tergantung pada kualitas pengambilan sampel. Keterbatasan sampel menyebabkan akurasi klasifikasi piksel buruk.

Saran Moderator:

Keberhasilan klasifikasi digital bergantung pada pengambilan sampel, berbeda dengan klasifikasi visual yang lebih banyak menggunakan kunci interpretasi, namun juga bergantung pada kemampuan interpreter.

Judul Makalah:

IMPLIKASI DEURBANISASI TERHADAP GAYA HIDUP PENDUDUK KAMPUNG DI WILAYAH PINGGIRAN PERKOTAAN, STUDI KASUS DI PERKAMPUNGAN KARAWACI, KABUPATEN TANGERANG, BANTEN

Dwiyanti Kusumaningrum

Pertanyaan Oleh:Fatmawati dari UGM

Bagaimana cara menentukan sampel untuk wawancara?

Jawaban:

Karena ini penelitian kualitatif, maka sampel menggunakan metode Snowball. Setiap kampung diambil satu keluarga. Peneliti hanya mengambil responden yang cukup berpengaruh di kampung tersebut.

Pertanyaan Oleh:Irmawana dari Geografi UGM

Makalah ini tidak nampak aspek spasialnya, bagaimana saudara mengkaitkan penelitian anda terkait aspek spasial?

Jawaban:

Sebenarnya penelitian ini terkait spasial, memang tidak begitu kelihatan karena belum ditampilkan dalam bentuk peta hanya disajikan dalam bentuk sketsa walaupun tidak *well georeference*.

Saran Moderator:

Penggunaan metode Snowball dalam sampling sudah mewakili spasial. Setiap responden sebenarnya mempunyai distribusi spasial (bisa menggunakan GPS).

KAJIAN METEOROLOGI DAN KLIMATOLOGI

K5A - RUANG SIDANG 1 PUSPICS,
26 NOVEMBER 2015 (13.00 – 14.15)

056 PEMANFAATAN DATA MULTI SATELIT ALTIMETRI
UNTUK KAJIAN KENAIKAN MUKA AIR LAUT PERAIRAN
PULAU JAWA DARI TAHUN 1995 s.d 2014

Isna Uswatun Khasanah, Leni S. Heliani, Abdul Basith

100 RELASI FAKTOR REFLEKTIFITAS RADAR DENGAN
INTENSITAS CURAH HUJAN UNTUK RADAR C-BAND DI
SOROAKO, SULAWESI SELATAN

Vera Arida, Zadrach L. Dupe, Findy Renggono

039 PENGGUNAAN INDEKS IKLIM GLOBAL DAN CURAH
HUJAN SEBAGAI *EARLY WARNING SYSTEM* (EWS)
BENCANA LONGSOR DI KABUPATEN BANJARNEGARA –
JAWA TENGAH

Eri Nofian, Bayu Dwi Apri Nugroho, Ismail Wahab

050 PEMANFAATAN CITRA MTSAT-2R, TRMM-2A12, DAN
ASTER GDEM-2 UNTUK ESTIMASI CURAH HUJAN DI
JAWA BAGIAN TENGAH

Hamim Zaky Hadibasyir, Hartono

PEMANFAATAN DATA MULTI SATELIT ALTIMETRI UNTUK KAJIAN KENAIKAN MUKA AIR LAUT PERAIRAN PULAU JAWA DARI TAHUN 1995 S.D 2014

Isna Uswatun Khasanah^{1*}, Leni S. Heliani² dan Abdul Basith²

¹ Mahasiswa Pascasarjana Teknik Geomatika, Fakultas Teknik UGM, Yogyakarta 55281

Email: ikhasanah31@gmail.com, lheliani@gmail.com

² Dosen Teknik Geodesi dan Geomatika, Fakultas Teknik UGM, Yogyakarta 55281

Email: abd_basith@ugm.ac.id

*Corresponding author: isna.uswatun.k@mail.ugm.ac.id

ABSTRAK

Pulau Jawa merupakan pulau di Indonesia dengan penduduk terpadat, dimana sebagian besar penduduknya tinggal di pesisir. Oleh karena itu, informasi kelautan seperti perubahan permukaan laut sangat diperlukan, diantaranya untuk keperluan pengelolaan dan pengembangan wilayah pesisir. Kenaikan muka air laut di perairan Pulau Jawa selama 20 tahun dari tahun 1995 s.d 2014 secara lokal dan global belum diketahui. Oleh karena itu, penelitian dilakukan untuk mengidentifikasi kenaikan muka air laut global dan lokal di perairan Pulau Jawa, serta menganalisis hubungan fenomena ENSO (El-Nino dan La-Nina) terhadap perubahan permukaan laut di perairan Pulau Jawa. Data multi satelit altimetri yang digunakan adalah data Topex/Poseidon, Jason-1 dan Jason-2, karena ketiga satelit tersebut mempunyai visi yang sama. Data multi satelit altimetri dikoreksi dari kesalahan geofisik dan direferensikan terhadap EGM96. Identifikasi perubahan muka air laut dilakukan dengan analisis regresi linier. Pengaruh faktor global (ENSO) dianalisis dengan uji korelasi. Rata-rata kenaikan muka air laut global di perairan Pulau Jawa dari tahun 1995 s.d 2014 adalah 2,4 mm/tahun. Rentang kenaikan muka air laut lokal di perairan Pulau Jawa adalah 0,1 s.d 4,6 mm/tahun, dimana rata-rata nilai kenaikan muka air laut di Laut Utara Jawa adalah 2,6 mm/tahun dan 1,4 mm/tahun di Laut Selatan Jawa. Hubungan fenomena ENSO (El-Nino dan La-Nina) dengan perubahan permukaan laut di Perairan Pulau Jawa memiliki nilai korelasi -0,34. Hal tersebut berarti, ada pengaruh ENSO terhadap perubahan muka air laut di Pulau Jawa, dimana apabila suhu permukaan laut di Samudra Pasifik naik (El-Nino) maka muka laut di perairan Pulau Jawa turun dan sebaliknya.

KATA KUNCI: Kenaikan muka air laut, Multi satelit altimetri, ENSO

1. PENDAHULUAN

Kenaikan muka air laut atau biasa disebut *Sea level rise* (SLR) merupakan salah satu permasalahan penting yang dihadapi oleh negara-negara pantai atau negara kepulauan di dunia. Fenomena alam ini perlu diperhitungkan dalam semua kegiatan pengelolaan wilayah pesisir. Salah satunya di Pulau Jawa yang merupakan pulau di Indonesia dengan penduduk terpadat, dimana sebagian besar penduduknya tinggal di pesisir. Selain itu, tingkat pembangunan di Pulau Jawa juga lebih tinggi dibandingkan pulau-pulau lain. Beberapa peneliti juga mengkaji tentang perubahan muka laut di Indonesia. Perairan laut Indonesia sejak tahun 1993 s.d 2011 mengalami kenaikan dengan rata-rata 4 mm/tahun. Nilai kenaikan muka air laut tersebut dihitung berdasarkan data satelit altimetri dan 4 stasiun pasut (Fenoglio-Marc dkk 2012). Pada kenyataannya, kenaikan muka air laut bervariasi seiring waktu dan posisi. Oleh karena itu, Perlu dilakukan kajian kenaikan muka air laut dengan cakupan lokal menggunakan data periode panjang. Sehingga dapat dianalisis pengaruh-pengaruh global terhadap perubahan muka air laut.

Perkembangan teknologi akuisisi data semakin meningkat dan maju. Saat ini, data permukaan laut dapat diperoleh dalam periode panjang. Salah satu teknologi yang dapat menyajikan data permukaan laut periode panjang adalah satelit altimetri. Satelit altimetri didesain dengan tiga misi utama yaitu mengamati sirkulasi lautan global, mengamati volume es di kutub dan mengamati perubahan tinggi muka laut global (Abidin 2007). Mengingat kegunaan dan kontribusi yang sangat signifikan dari data satelit altimetri dalam studi kelautan, maka satelit altimetri dirancang untuk memiliki misi yang berkelanjutan. Salah satu misi satelit altimetri yang berkelanjutan adalah satelit Topex/Poseidon yang diluncurkan pada tahun 1992 kemudian dilanjutkan dengan satelit Jason-1 yang diluncurkan tahun 2002 dan satelit Jason-2 yang diluncurkan tahun 2008 sampai sekarang. Ketiga satelit altimetri tersebut memiliki misi yang sama yaitu pemantauan dinamika air laut. Oleh karena itu, pada penelitian ini menggunakan ketiga satelit tersebut.

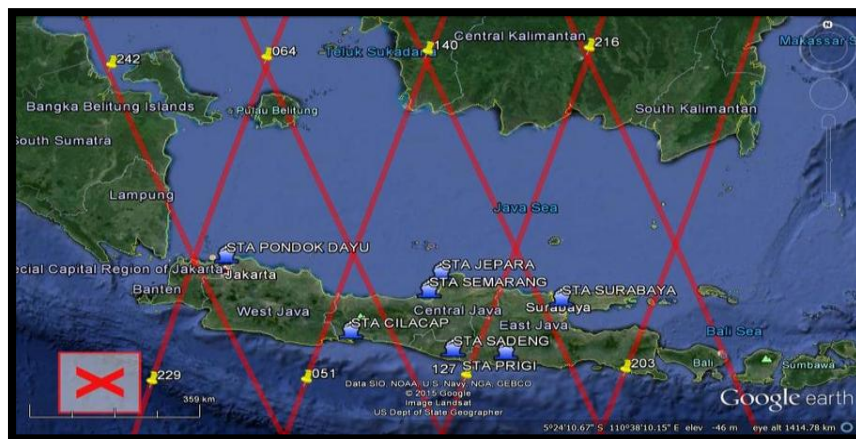
Permasalahan muncul ketika berhadapan dengan data periode panjang, termasuk data satelit altimetri. Kesalahan pada data multi satelit altimetri antara lain data yang masuk daratan, data kosong, data *outlier*, referensi data multi satelit yang berbeda, dan kesalahan karena faktor geofisik. Oleh karena itu, perlu dilakukan penanganan khusus terhadap satelit altimetri seperti *post-processing*.

Mengingat pentingnya informasi kenaikan muka air laut untuk pengelolaan wilayah pesisir dan tersedianya data permukaan laut dalam periode panjang, maka pada penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi kenaikan muka air laut secara global dan lokal di perairan Pulau Jawa. Kenaikan muka air laut global perairan Pulau Jawa merupakan kenaikan muka air laut secara umum dari hasil rata-rata data permukaan laut di seluruh perairan Pulau Jawa. Kenaikan muka air laut lokal adalah kenaikan muka air laut pada posisi-posisi tertentu di sekitar perairan Pulau Jawa. Pada penelitian ini juga diidentifikasi pengaruh faktor global seperti fenomena El-Nino dan La-nina terhadap perubahan muka laut di Pulau Jawa.

2. METODE PENELITIAN

2.1. Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian adalah perairan laut Pulau Jawa dengan cakupan area 11° s.d 4° Lintang Selatan (LS) dan 105° s.d 116° Bujur Timur (BT). Area penelitian ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Lokasi Penelitian (Google Earth)

Keterangan:

— : lintasan *track/pass* satelit altimetri

2.2. Pengolahan Data

Secara umum, tahapan pelaksanaan penelitian dapat dilihat pada Gambar 2. Berdasarkan Gambar 2, dapat dijelaskan sebagai berikut:

a. Pengumpulan data

Proses pengumpulan data penelitian dilakukan dengan mengunduh data pada *website* penyedia data yang dapat dilihat ada Bab 3.

b. Pengolahan data MGG EGM96

Data EGM96 digunakan untuk mengetahui nilai undulasi di perairan Pulau Jawa. Nilai undulasi digunakan sebagai referensi dari ketiga satelit altimetri, tujuannya supaya ketiga satelit tersebut berada pada referensi yang sama. Nilai SSH satelit altimetri yang telah direferensikan terhadap EGM96 selanjutnya disebut dengan *Sea Level Anomaly* (SLA).

Nilai undulasi diperoleh dengan mengekstrak data EGM96 (data format Biner) menggunakan *software* *intptdac.exe*. *Software* *intptdac.exe* memerlukan input berupa koordinat lintang dan bujur lokasi penelitian. File *input* ini berasal dari data SSH satelit altimetri yang telah dikoreksi. *Output* dari program ini adalah data undulasi sesuai koordinat file *input*.

c. Pengolahan data multi satelit altimetri

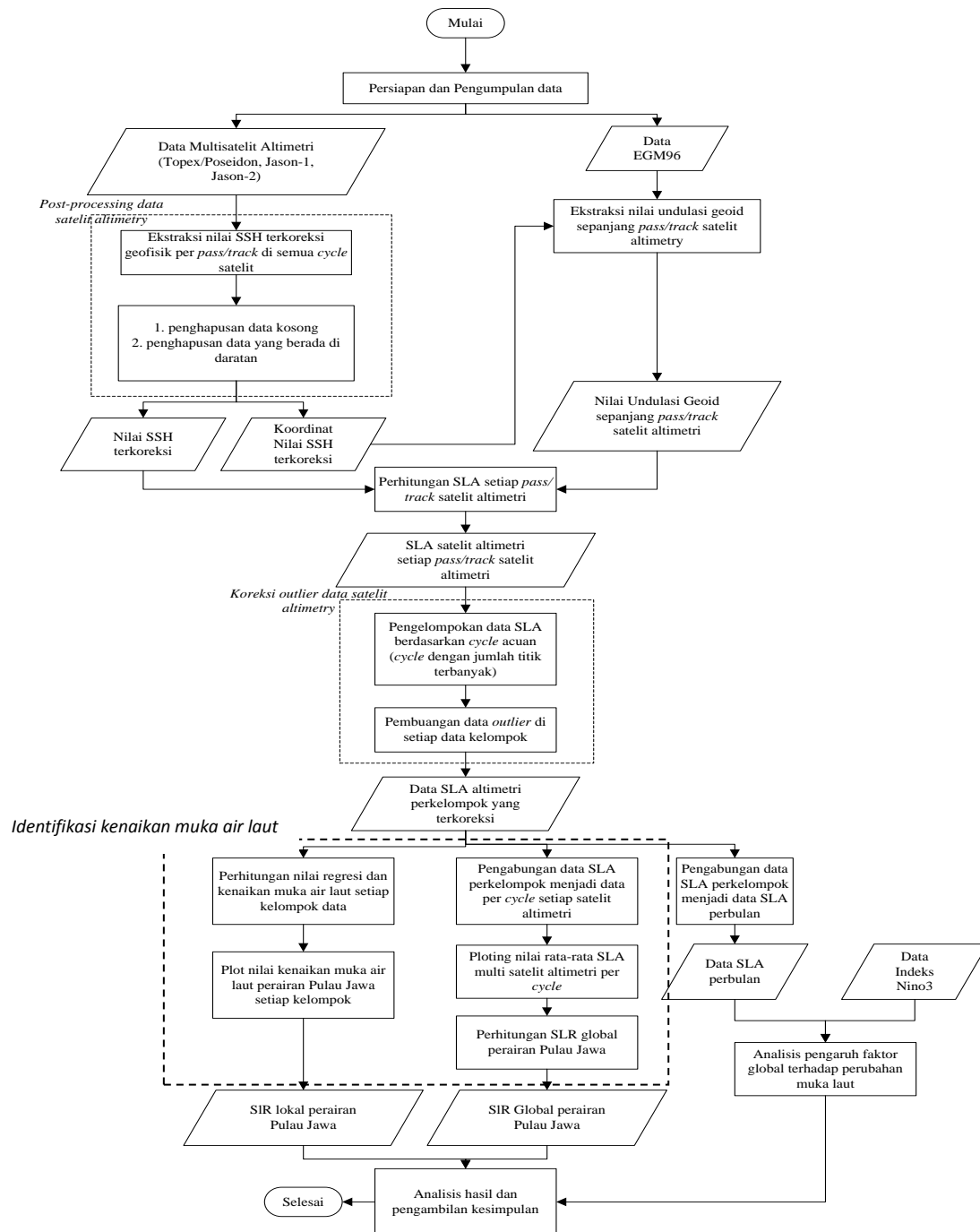
Data multi satelit altimetri yang *download* adalah data format Biner. Oleh karena itu, perlu diekstrak dan dikonversi menjadi format ASCII. Data yang diekstrak adalah data *Sea Surface Height* (SSH)

atau data ketinggian muka air laut. *Software* yang digunakan untuk ekstrak data SSH adalah BRAT v3.1. Proses ekstraksi SSH dilakukan dengan *post-processing* untuk menghilangkan kesalahan geofisik. Proses ekstraksi data SSH dilakukan setiap *track/pass* satelit. Persamaan yang digunakan untuk mengekstrak SSH yang terkoreksi ditunjukkan pada Persamaan (1) (Seeber, 2003).

$$SSH = h - \rho_{cor} \quad (1)$$

Dimana,

$$\rho_{cor} = \rho - \Delta h_{dry} - \Delta h_{wet} - \Delta h_{iono} - \Delta h_{ssb} - \Delta h_{inv_bar} - \Delta h_{earth_tide} - \Delta h_{ocean_tide} - \Delta h_{pole_tide} \quad (2)$$



Gambar 2. Diagram alir pelaksanaan penelitian

Dalam hal ini:

ρ_{cor}	: jarak satelit terhadap muka air laut terkoreksi
Δh_{dry}	: koreksi troposfer kering
Δh_{wet}	: koreksi troposfer basah
Δh_{iono}	: koreksi ionosfer
Δh_{ssb}	: koreksi <i>sea-state-bias</i>
Δh_{inv_bar}	: koreksi inverse barometer
Δh_{ocean_tide}	: koreksi pasang surut laut
Δh_{earth_tide}	: koreksi pasang surut Bumi
Δh_{pole_tide}	: koreksi pasang surut kutub

Data SSH terkoreksi geofisik kemudian dicek dan dikoreksi dari data yang masuk daratan, data kosong. Selanjutnya data SSH terkoreksi dikurangkan dengan nilai undulasi EGM96 untuk menghasilkan nilai SLA. Data yang telah terkoreksi kemudian diplot untuk mengetahui kondisi data. Apabila masih mengandung data *outlier* (data yang menyimpang dari kebanyakan data) maka harus dibuang. Proses koreksi *outlier* dapat dilakukan dengan mengelompokkan data SLA setiap *track* terhadap titik *cycle* acuan. *Cycle* acuan adalah *cycle* yang memiliki jumlah perekaman titik terbanyak (Basith, 2001). Selanjutnya, melakukan uji global data pada setiap data SLA yang telah dikelompokkan sesuai *cycle* acuan. Tingkat kepercayaan data yang digunakan adalah 99%. Data SLA yang terkoreksi dari semua kesalahan kemudian digunakan untuk identifikasi kenaikan muka air laut.

d. Identifikasi kenaikan muka air laut

Kenaikan muka air laut diidentifikasi menggunakan metode regresi linier untuk mengetahui kecenderungan serta tingkat kenaikan tinggi muka air laut berdasarkan data satelit altimetri. Persamaan matematis regresi linier ditunjukkan pada Persamaan (3) (Nawari 2010 dan Ebdon 1985 dalam Putra 2013 dan Bapennas 2010).

$$y = a + bx \quad (3)$$

Dimana,

y	: tinggi muka air laut
x	: waktu dalam bulan
a	: nilai <i>offset</i>
b	: tingkat kenaikan (<i>slope, trend</i>)

Nilai a dan b merupakan konstanta regresi linier. Konstanta a biasanya disebut dengan intersep. Intersep yaitu jarak titik asal atau titik acuan dengan titik potong garis regresi dengan sumbu Y. konstanta b dinamakan juga *slope*, yang menunjukkan kemiringan atau kecondongan garis regresi terhadap sumbu X. Nilai konstanta regresi dapat dihitung menggunakan Persamaan (4) dan (5) (Nawari 2010 dan Ebdon 1985 dalam Putra 2013).

$$b = \frac{\sum xy - n\bar{X}\bar{Y}}{\sum x^2 - n\bar{X}^2} \quad (4)$$

$$a = \bar{Y} - b\bar{X} \quad (5)$$

Dalam hal ini:

\bar{X}	: rata-rata variabel x
\bar{Y}	: rata-rata variabel y

Nilai konstanta regresi linier kemudian digunakan untuk menghitung kenaikan muka air laut pertahun, yaitu dengan mencari bedatinggi (dh) dari kemiringan *trend*, kemudian dibagi dengan periode pengamatan data. Apabila ditulis dalam persamaan, dapat dilihat pada Persamaan (6).

$$slr = \left(\frac{dh}{n} \right) \times 1000 \quad (6)$$

Nilai dh dapat dihitung dari Persamaan (7).

$$dh = y_n - y_1 \quad (7)$$

Dalam hal ini:

slr	: <i>Sea Level Rise</i> (SLR) (mm/tahun)
dh	: kemiringan <i>trend</i> (satuan m)

- n : jumlah tahun
y₁ : nilai y pada x sama dengan data ke satu
y_n : nilai y pada x sama dengan data ke-n

Nilai kenaikan muka air laut baik lokal maupun global di perairan Pulau Jawa dihitung menggunakan Matlab R2008a, dimana rumus regresi linier dibuat menjadi suatu *function*.

e. Analisis pengaruh faktor global terhadap perubahan muka laut perairan Pulau Jawa

Analisis pengaruh faktor global terhadap perubahan muka laut di perairan Pulau Jawa dilakukan dengan uji korelasi. Berdasarkan uji korelasi diharapkan dapat diketahui besarnya pengaruh peristiwa ENSO terhadap variasi permukaan laut di wilayah penelitian. Korelasi menyatakan derajat hubungan antara dua variabel tanpa memperhatikan variabel mana yang menjadi peubah. Rumus korelasi ditunjukkan pada Persamaan (8) (Nurgiyantoro dkk 2009 dan Sudijono 2012 dalam Putra 2013).

$$r_{xy} = \frac{n(\sum xy) - (\sum x)(\sum y)}{\sqrt{n(\sum x^2) - (\sum x)^2} \sqrt{n(\sum y^2) - (\sum y)^2}} \quad (8)$$

Dalam hal ini:

- r_{xy} : hubungan variabel x dengan variabel y
x : nilai variabel x (nilai SLA altimetri)
y : nilai variabel y (nilai Anomali SST dari Indeks Nino3)
n : jumlah data

Nilai korelasi berkisar antara -1 < r_{xy} < +1. Jika r = 0, artinya tidak ada hubungan antara kedua variabel. Jika r_{xy} = -1, maka hubungan antar data sangat kuat dan bersifat tidak searah, yaitu apabila variabel 1 naik, maka variabel 2 turun, dan sebaliknya. Jika r_{xy} = +1 maka hubungan antar data sangat kuat dan bersifat searah.

3. DATA YANG DIGUNAKAN

Data yang digunakan untuk analisis perubahan kenaikan muka air laut meliputi beberapa data yaitu:

3.1. Data Multi Satelit Altimetri

Jenis data satelit altimetri yang digunakan adalah data tinggi muka laut atau biasa disebut *Sea Surface Height* (SSH) yaitu ketinggian muka air laut diatas elipsoid. Satelit altimetri yang digunakan meliputi satelit Topex/Poseidon, Jason-1, Jason-2. Data SSH diperoleh dari data *Geophysical Data Record* (GDR) setiap *cycle* masing-masing satelit altimetri yang melewati Pulau Jawa dengan nomor *track/pass* 051, 064, 127, 140, 203, 229 dan 242. Data masing-masing satelit altimetri yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 1. Data masing-masing satelit dapat diunduh secara gratis melalui situs resmi sebagai berikut:

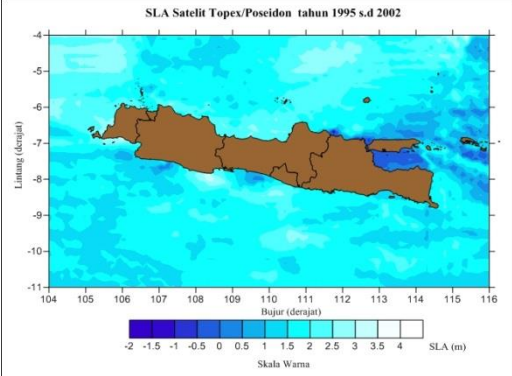
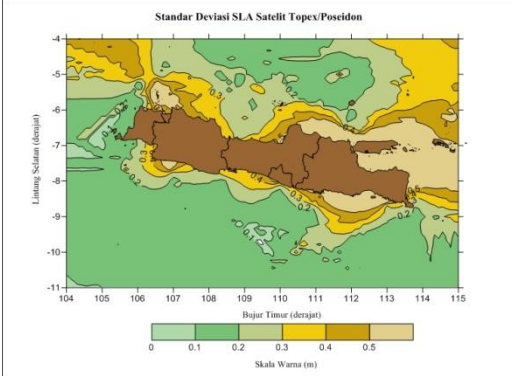
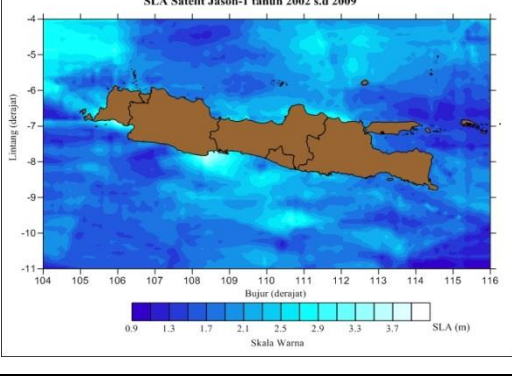
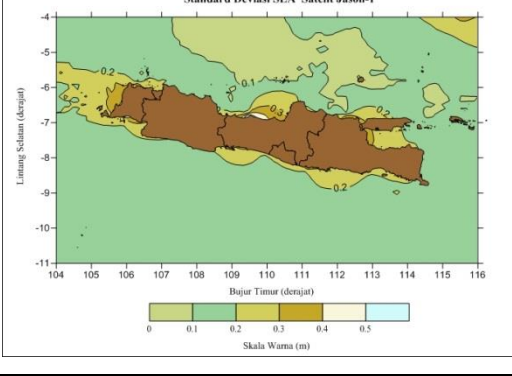
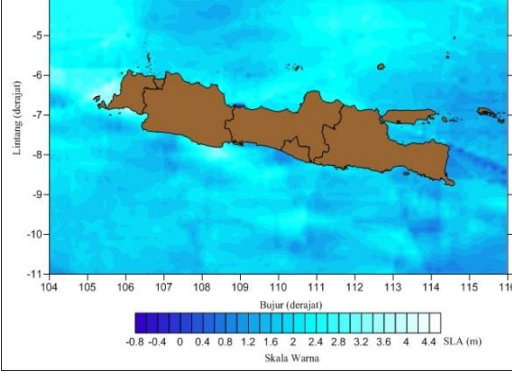
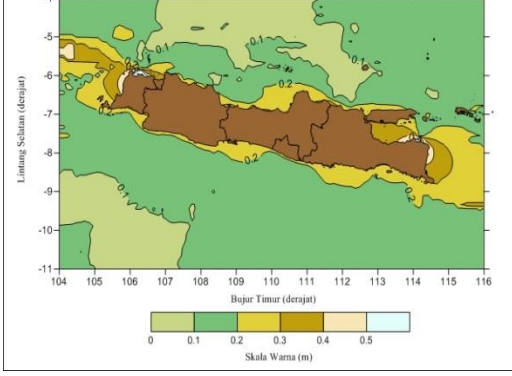
- 1) Topex/Poseidon : <ftp://podaac-ftp.jpl.nasa.gov/allData/topex/L2/mgdrb>
- 2) Jason-1 : ftp://podaac-ftp.jpl.nasa.gov/allData/jason1/L2/gdr_netcdf_c/
- 3) Jason-2 : <ftp://data.nodc.noaa.gov/pub/data.nodc/jason2/gdr/gdr/>

Tabel 1. Daftar data satelit altimetri yang digunakan dalam penelitian

Satelit	Cycle	No.Pass/Track	Jumlah Cycle	Waktu
Topex/Poseidon	C085 - C347	051, 064, 127, 140, 203, 229, 242	262	06/01/1995 s.d 13/08/2002
Jason-1	C001 - C254		254	17/01/2002 s.d 25/01/2009
Jason-2	C019 - C241		222	08/01/2009 s.d 26/01/2015

Tampilan data SSH yang direferensikan terhadap EGM96 atau data SLA dari masing-masing satelit altimetri dan sebaran nilai simpangan bakunya dapat dilihat pada Tabel 2 sebagai berikut:

Tabel 2. Data SLA satelit altimetri terkoreksi

Data SLA Satelit Altimetri	Nilai Stadar Deviasi SLA terkoreksi
<p>SLA Satelit Topex/Poseidon tahun 1995 s.d 2002</p>  <p>SLA (m)</p> <p>Skala Warna</p>	<p>Standar Deviasi SLA Satelit Topex/Poseidon</p>  <p>Skala Warna (m)</p>
<p>SLA Satelit Jason-1 tahun 2002 s.d 2009</p>  <p>SLA (m)</p> <p>Skala Warna</p>	<p>Standar Deviasi SLA Satelit Jason-1</p>  <p>Skala Warna (m)</p>
<p>SLA Satelit Jason-2 tahun 2009 s.d 2014</p>  <p>SLA (m)</p> <p>Skala Warna</p>	<p>Standar Deviasi SLA Satelit Jason-2</p>  <p>Skala Warna (m)</p>

Berdasarkan legenda dari setiap gambar yang disajikan pada Tabel 2, dapat dilihat bahwa nilai SLA satelit Topex/Poseidon berkisar antara -2 s.d 4 m, nilai SLA Jason-1 berkisar antara 0.9 s.d 3.9 m dan nilai SLA Jason-2 berkisar antara -0.8 s.d 4.4 m. Nilai SLA yang digunakan untuk analisis adalah SLA yang mempunyai nilai simpangan baku kurang dari 0,5 m.

Berdasarkan gambar standar deviasi yang disajikan pada Tabel 2 kolom kedua, nilai *standard deviasi* semakin besar apabila mendekati daratan. Sebaliknya nilai standar deviasi pada SLA yang berada di laut dalam menunjukkan nilai yang semakin kecil. Semakin kecil standar deviasi menunjukkan bahwa nilai SLA semakin baik. Hal tersebut menunjukkan bahwa nilai ketinggian permukaan laut yang berada di laut dalam memiliki kualitas yang lebih baik. Hal ini dapat terjadi karena gelombang elektromagnetik dari satelit

altimetri yang mengenai perairan dalam dapat dipantulkan kembali secara sempurna, sedangkan gelombang elektromagnetik dari satelit yang mendekati pantai akan mengalami gangguan.

3.2. Data Model Geopotensial Global (MGG) EGM96

Data EGM96 digunakan untuk menghitung nilai undulasi geoid di wilayah penelitian. Data dapat diunduh melalui situs <http://earth-info.nga.mil/GandG/wgs84/gravitymod/egm96/binary/binarygeoid.html>. Nilai undulasi EGM96 digunakan sebagai referensi SSH dari ketiga satelit altimetri.

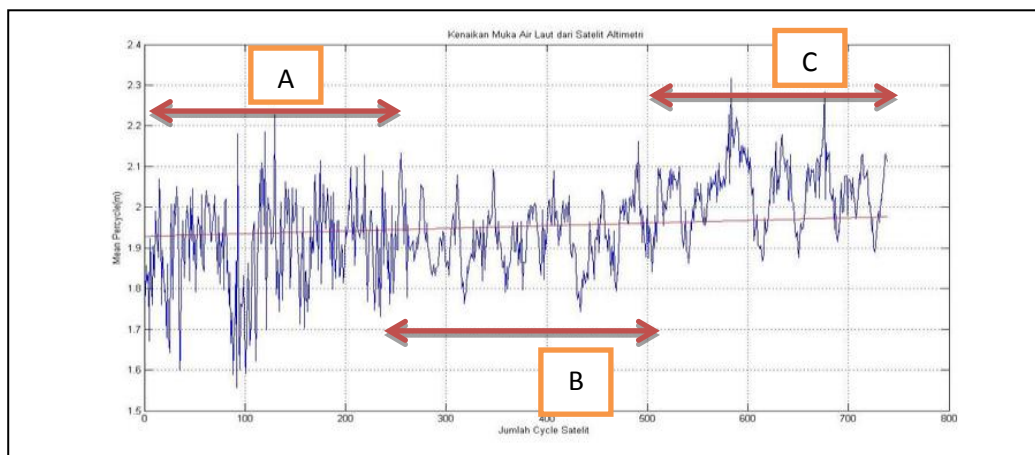
3.3. Data Index Nino3

Data Indeks Nino3 adalah nilai rata-rata *sea surface temperature* (SST) atau suhu permukaan laut (SPL) di daerah pasifik timur yang didefinisikan antara 150° BB (Bujur Barat) sampai 50° BB dan dari 5° LU (Lintang Utara) sampai 5° LS (Lintang Selatan) (Peng dkk 2013; Becker dkk 2012). Data Indeks Nino3 digunakan untuk menganalisis pengaruh faktor global terhadap perubahan muka laut di perairan Pulau Jawa. Data Indeks Nino 3 dapat diunduh melalui situs www.esrl.noaa.gov/psd/gcos_wgsp/Timeseries/standard.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Kenaikan Muka Air Laut (SLR) Global Perairan Pulau Jawa

Nilai SLR perairan Pulau Jawa selama periode 20 tahun, yaitu tahun 1995 s.d Januari 2015 dihitung dari pengeplotan data SLA multi satelit altimetri sehingga membentuk suatu grafik yang kemudian dicari nilai konstanta regresi liniernya. Grafik data SLA dari multi satelit altimetri ditampilkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Grafik dan *trend line* dari data SLA multi satelit altimetri

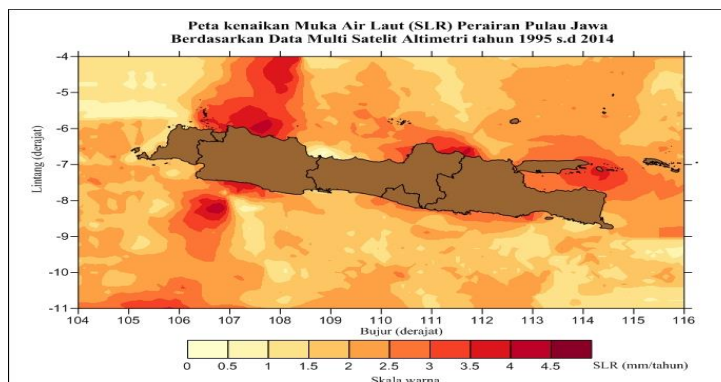
Berdasarkan Gambar 3, kelompok A merupakan data satelit Topex/Poseidon, kelompok B adalah data Jason-1 dan kelompok C merupakan data Jason-2. Berdasarkan grafik tersebut dapat dilihat bahwa pola yang dihasilkan dari rata-rata *percycle* untuk satelit Jason-1 dan Jason-2 lebih teratur, sedangkan data SLA dari satelit Topex/Poseidon kurang teratur. Hal tersebut dapat disebabkan karena kualitas data yang dihasilkan dari satelit Jason-1 dan Jason-2 lebih baik, selain itu satelit Jason-1 dan Jason-2 merupakan pengembangan dari satelit Topex/Poseidon.

Nilai Koefisien regresi linier berupa intersep (a) dan slope (b) berturut-turut adalah 1,929 m dan 0,00007 m, sehingga persamaan matematis yang dibentuk adalah $y = 1,929 + 0,00007x$. Keterangan dalam persamaan tersebut adalah nilai y merupakan nilai SLR, kemudian nilai x merupakan tahun yang ingin diketahui nilai SLRnya. Rata-rata nilai SLR perairan Pulau Jawa berdasarkan data SLA multi satelit altimetri selama 20 tahun adalah 2,4 mm/tahun.

Persamaan matematis $y = 1,929 + 0,00007x$ dari hitungan regresi linier data SLA multi satelit altimetri dapat digunakan untuk meramalkan kenaikan muka air laut pada tahun mendatang. Nilai ramalan tersebut dapat digunakan untuk memperkirakan kawasan pantai yang terkena dampak dari kenaikan muka air laut. Informasi tentang kawasan yang terkena dampak dapat digunakan sebagai bahan untuk manajemen bencana dan pengelolaan wilayah pesisir. Putra (2013) melakukan kajian tentang pemetaan genangan kawasan pesisir dari prediksi kenaikan muka air laut sampai 20 tahun yang akan datang.

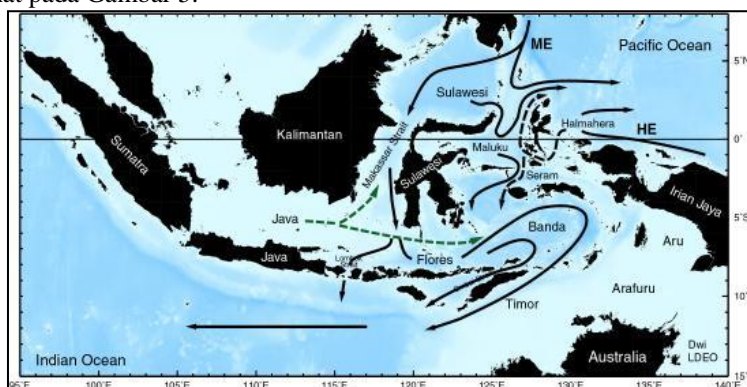
4.2. Kenaikan Muka Air Laut Lokal Perairan Pulau Jawa

Kenaikan muka air laut atau *Sea Level Rise (SLR)* lokal merupakan kenaikan muka air laut yang terjadi pada posisi tertentu di perairan Pulau Jawa. Posisi lokal pada penelitian ini merupakan posisi yang dihasilkan dari pengelompokan data satelit altimetri *pertrack* sesuai titik pada *cycle* acuan. Setiap *pass/track* dengan nomor 051, 064, 127, 140, 203, 229 dan 242 terdiri dari 738 *cycle*. Jumlah 738 *cycle* merupakan penggabungan dari satelit Topex/Poseidon, Jason-1 dan Jason-2 dengan periode kurang lebih 20 tahun. Nilai kenaikan muka air laut (SLR) lokal perairan Pulau Jawa dari multi satelit altimetri dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Peta SLR lokal perairan Pulau Jawa dari data multi satelit altimetri tahun 1995 s.d 2014

Nilai kenaikan muka air laut lokal tahun 1995 s.d 2014 berdasarkan data multi satelit altimetri yang disajikan pada skala warna Gambar 4 berkisar antara 0,1 s.d 4,6 mm/tahun. Rata-rata nilai SLR di Laut Utara Pulau Jawa yaitu 2,6 mm/tahun dan rata-rata SLR Laut Selatan Jawa adalah 1,4 mm/tahun. Rata-rata nilai SLR di Laut Utara Jawa lebih besar dibandingkan dengan nilai SLR di Laut Selatan Pulau Jawa. Hal ini dapat disebabkan karena adanya Arlindo. Perairan Indonesia memiliki lintasan arus yang membawa masa air dari Samudra Pasifik ke Samudra Hindia yang dikenal dengan Arus Lintas Indonesia (Arlindo). Lintasan Arlindo dapat dilihat pada Gambar 5.



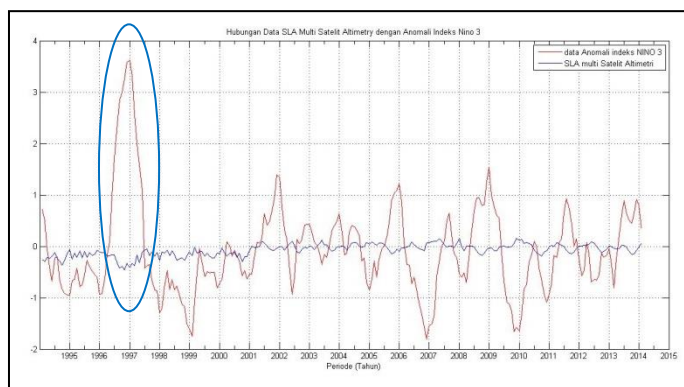
Gambar 5. Arus lintas Indonesia(Susanto 1998 dalam Basith dkk n.d)

Berdasarkan Gambar 5, dapat dilihat bahwa Arlindo mengalir dari selat Makasar, kemudian aliran tersebut masuk ke perairan Pulau Jawa yang kemudian mengalir ke Samudra Hindia. Hal tersebut dapat mempengaruhi jumlah massa air laut di perairan Pulau Jawa. Sebelum mengalir ke Samudra Hindia, masa air yang dibawa dari Arlindo masuk terlebih dahulu ke Laut Utara Pulau Jawa. Arlindo yang melewati Laut Utara Jawa menyebabkan adanya penumpukan massa air di Laut Utara Jawa sebelum akhirnya mengalir ke Samudra Hindia (Wuriatmo 2011). Selain itu, posisi Laut Utara Jawa dikelilingi oleh beberapa pulau seperti Kalimantan, Sulawesi dan Sumatera, sehingga aliran massa air terperangkap disekitar Laut Utara Jawa. Kondisi ini berbeda dengan Laut Selatan Jawa yang berbatasan dengan laut lepas sehingga aliran massa air lebih aktif. Oleh karena itu, nilai SLR lokal di Laut Utara Jawa lebih besar dibandingkan dengan Laut Selatan Jawa.

4.3. Hubungan fenomena ENSO (El-Nino dan La-Nina) dengan perubahan permukaan laut di Perairan Pulau Jawa

Analisis pengaruh faktor global dalam penelitian ini yang dimaksud adalah pengaruh El-Nino dan La-Nina (sering disebut ENSO/*El Nino Southern Oscillation*) terhadap perubahan muka laut. Pengaruh ENSO dapat diketahui dengan melihat hubungan data Indeks Nino3 dengan data permukaan laut. Berdasarkan data tersebut dapat diketahui waktu terjadinya La-Nina dan El-Nino. Fenomena El-Nino merupakan peristiwa meningkatnya suhu air laut di Samudra Pasifik sepanjang katulistiwa secara drastis dari nilai rata-ratanya dalam jangka waktu tertentu. Fenomena La-Nina adalah kebalikan dari El-Nino. Fenomena El-Nino dapat menaikkan permukaan air laut pada air laut yang mempunyai suhu lebih tinggi. Apabila terjadi fenomena El-Nino, maka permukaan air laut di Samudra Pasifik naik dan kondisi perairan laut di Indonesia mengalami penurunan. Apabila terjadi fenomena La-Nina, akibat yang ditimbulkan berkebalikan dengan fenomena El-Nino. Hubungan fenomena El-Nino dan La-Nina dapat dilihat dari hasil plotting data SLA dan Indeks Nino 3 yang ditampilkan pada Gambar 6. Nilai SLA dan Indeks Nino 3 merupakan nilai rata-rata per bulan sejak tahun 1995 s.d 2014.

Gambar 6 menunjukkan adanya kenaikan temperatur secara drastis (ditandai dengan lingkaran Biru) yang terjadi pada tahun 1997 s.d awal 1998. Hal tersebut menunjukkan adanya fenomena EL-Nino kuat, dimana ketika terjadi peristiwa El-Nino, maka permukaan laut di Pulau Jawa mengalami penurunan. Berdasarkan Gambar 6, peristiwa El-Nino terjadi pada tahun 1994, 1997, 2002, 2006, 2009, 2012 selanjutnya peristiwa La-Nina terjadi pada tahun 1995, 1999, 2007, 2010.



Gambar 6. Grafik nilai SLA dan indek Nino 3 tahun 1995 s.d 2014

Fenomena penurunan dan kenaikan muka laut di perairan Indonesia dapat menjadi indikator adanya fenomena El-Nino dan La-Nina bagi masyarakat yang tinggal di wilayah pesisir. Riyadi (2015) dalam penelitiannya menyebutkan bahwa awal terjadinya El-Nino ditandai dengan variasi muka laut yang mulai menurun sedangkan awal terjadinya La-Nina ditandai dengan variasi muka laut yang mulai naik.

Hubungan antara peristiwa ENSO dengan variasi permukaan laut di perairan Pulau Jawa juga dapat diketahui dari nilai korelasi antara data SLA dan data Indeks Nino3 selama 20 tahun. Nilai korelasi antara data SLA multi satelit altimetri dan data Indeks Nino3 selama 20 tahun adalah -0,34. Nilai korelasi negative menunjukkan hubungan yang dibentuk antar kedua data adalah berkebalikan. Artinya semakin tinggi nilai Indeks Nino3 (variabel 2), maka semakin rendah nilai SLA (variabel 1). Hal ini sesuai dengan kondisi nyata di lapangan. Ketika nilai anomali Indeks Nino3 tinggi maka nilai permukaan air laut di perairan Pulau Jawa mengalami penurunan, dan sebaliknya.

Besarnya tingkat hubungan antara kedua variabel tersebut dapat dilihat berdasarkan nilai determinasi yang dihitung dari kuadrat nilai korelasi. Nilai determinasi antara kedua data adalah 11,25 artinya peristiwa ENSO memberikan pengaruh sebesar 11,25 % terhadap perubahan muka air laut di perairan Pulau Jawa. Faktor lokal yang mempengaruhi variasi permukaan laut antara lain berupa temperatur, salinitas, topografi, curah hujan di lokasi penelitian dan sebagainya.

5. KESIMPULAN

Beberapa kesimpulan yang dapat diambil dari hasil penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut:

- a. Rata-rata kenaikan muka air laut perairan Pulau Jawa dari data multi satelit altimetri (SLR global) selama 20 tahun adalah 2,4 mm/tahun.
- b. Rentang nilai kenaikan muka air laut di perairan Pulau Jawa berdasarkan data satelit altimetri selama 20 tahun adalah 0,1 mm/tahun s.d 4,6 mm/tahun. Rata-rata nilai kenaikan muka air laut di Laut Utara Jawa adalah 2,6 mm/tahun. Rata-rata nilai kenaikan muka air laut di Laut Selatan Jawa adalah 1,4 mm/tahun (satelit altimetri).
- c. Hubungan antara peristiwa ENSO dan perubahan muka air laut di perairan Pulau Jawa dinyatakan dengan nilai korelasi -0,34 artinya ketika terjadi fenomena El-Nino (suhu permukaan laut di pasifik timur naik) maka muka laut di perairan Pulau Jawa turun dan sebaliknya. Besar pengaruh fenomena ENSO terhadap variasi permukaan laut perairan Pulau Jawa adalah 11,25%. Berdasarkan hal tersebut maka dapat disimpulkan bahwa variasi permukaan laut perairan Pulau Jawa dipengaruhi oleh faktor global yaitu peristiwa ENSO (*El-Nino Southern Oscillation*).

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada pengelola basisdata satelit altimetri yaitu ESA JPL/CNES dan AVISO. Selanjutnya kepada Ari Dwi Hartanto atas waktu yang diberikan untuk mengajarkan tentang konsep pemrograman Matlab.

DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, Z. 2007. "Modul-9: Satelit Altimetri". Intitut Teknologi Bandung, Bandung
- Bapennas, ICCSR. 2010. *Indonesia Climate Change Sectoral Roadmap – ICCSR Basis Saintifik: Analisis dan Proyeksi Kenaikan Muka Air Laut dan Cuaca Ekstrim*.
- Basith, A., 2001. "Analisis Harmonik Pasang Surut dengan Menggunakan Data Satelit Altimetri Topex/Poseidon", Thesis, Institut Teknologi Bandung, Bandung, Indonesia.
- Fenoglio-Marc, L., T. Schone, J. Illigner, M. Becker, P. Manurung, and Khafid. 2012. "Sea Level Change and Vertical Motion from Satellite Altimetry, Tide Gauge and GPS in the Indonesian Region." *Marine Geodesy*, December, 137 – 150. doi:10.1080/01490419.2012.718682.
- Putra, I.W.K.E. 2013. "Evaluasi Hasil Post-Processing Data satelit Altimetri Envisat sebagai Data Prediksi ancaman Peningkatan Muka Air Laut untuk Pemetaan Genangan Wilayah Pesisir". Thesis, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, Indonesia
- Riyadi. 2015. "Pengamatan Pasang Surut Air Laut di Pelabuhan Bitung Sebagai Prediksi Awal Terjadinya El-Nino dan La-Nina". Manado: Stasiun Geofisika
- Seeber, G. 2003. "Satellite Geodesy, 2nd Edition", Germany: Walter de Gruyter
- Wuriatmo, H. 2012. "Analisa Sea Level Rise dari Data Satelit Altimetri Topex/Poseidon, Jason-1, Jason-2 di Perairan Laut Pulau Jawa Periode 2000-2010." *Indonesian Journal of Applied Physics* (2012) 2 No 7 (April)

RELASI FAKTOR REFLEKTIFITAS RADAR DENGAN INTENSITAS CURAH HUJAN UNTUK RADAR C-BAND DI SOROAKO, SULAWESI SELATAN

Vera Arida^{1*}, Zadrach L. Dupe² dan Findy Renggono³

¹ Manajemen Bencana Sekolah Pascasarjana, UGM, Teknik Utara, Pogung, Sleman, Yogyakarta 55281
Email: aridavera@gmail.com

² Prodi Meteorologi, Fakultas Ilmu dan Teknologi Kebumihan, ITB, Ganesha No.10, Bandung 40132
Email: zadrach@yahoo.com

³ UPT Hujan Buatan, Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi, JL. M.H. Thamrin No. 8, Jakarta 10340
Email: frm_68@yahoo.com

*Corresponding author: aridavera@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan konstanta relasi faktor reflektifitas radar dengan intensitas curah hujan secara umum di Soroako. Selain itu karena nilai Z-R berbeda untuk setiap hujan maka perlu ditentukan pula konstanta relasi antara faktor reflektifitas radar dengan intensitas curah hujan untuk masing masing hujan (stratiform dan konvektif). Konstanta relasi Z-R merupakan informasi yang penting karena nilainya yang berbeda-beda untuk setiap daerah, selain itu dapat diketahui berapa jumlah curah hujan yang turun dan juga sebaran hujan di Soroako secara merata, meskipun topografinya berdataran. Penelitian dimulai dengan penentuan hujan menggunakan kriteria yang merujuk pada penelitian Nzeukou dkk., dan Gamache-Houze. Nzeukou dkk., menggunakan threshold 10 mm/jam sebagai batas hujan stratiform dan konvektif, sedangkan Gamache-Houze menggunakan threshold 38 dBZ. Metode yang digunakan yaitu metode statistik dengan meregresikan Z dan R sehingga menghasilkan $Z = 96,16R^{2,066}$. Untuk kriteria Nzeukou dkk., koefisien a lebih besar pada hujan stratiform dan koefisien b lebih kecil pada hujan konvektif. Sedangkan metode Gamache-Houze memiliki koefisien a dan b lebih kecil pada hujan stratiform. Metode Nzeukou dkk., lebih baik diaplikasikan di Soroako dibandingkan metode Gamache-Houze. Selain itu relasi Z-R hujan konvektif untuk semua metode memiliki error yang besar sehingga kurang baik diaplikasikan dan masih diragukan.

KATA KUNCI: reflektifitas radar, intensitas curah hujan, relasi Z-R, stratiform, konvektif

1. PENDAHULUAN

Diantara parameter iklim, curah hujan (presipitasi) merupakan salah satu parameter terpenting dalam bidang meteorologi. Khususnya di Indonesia sebagai salah satu daerah tropis. Hal ini disebabkan posisi Indonesia berada pada wilayah yang memiliki penyinaran matahari yang lebih dominan dari wilayah lintang yang lebih tinggi (Susandi, Tamamadin, dan Nurlela, 2008). Curah hujan juga merupakan salah satu unsur cuaca yang memiliki keragaman yang besar dalam ruang dan waktu, keragaman menurut ruang dipengaruhi oleh letak topografi (lautan dan benua), topografi, ketinggian tempat, arah angin umum dan letak lintang. Keragaman curah hujan terjadi juga secara lokal di suatu tempat, yang disebabkan oleh adanya perbedaan kondisi topografi, seperti adanya bukit, gunung atau pegunungan, yang menyebabkan hujan terjadi dengan tidak merata (Asdak, 1995 dalam Tanjung, 2011).

Secara umum, alat yang digunakan untuk mengukur curah hujan disebut penakar hujan atau istilah lainnya rain gauge. Pengukuran curah hujan pada saat ini menggunakan dua metode secara garis besar yaitu metode manual dan otomatis. Metode yang dimaksud adalah dalam hal pencatatan banyaknya curah hujan sepanjang tahun. Metode manual hanya mengandalkan catatan pengamat saja. Metode pencatatan otomatis memerlukan suplai listrik ke instrumen (Baskoro, 2009). Pengukuran curah hujan dengan rain gauge memiliki beberapa kelemahan. Rain gauge hanya dapat menghitung secara akurat pada satu titik lokasi tertentu. Penakar hujan perlu dipasang di banyak lokasi sehingga posisinya rapat dan tersebar merata pada satu wilayah tertentu sehingga dapat menyediakan informasi perkiraan distribusi curah hujan untuk wilayah yang luas. Tetapi biasanya penakar hujan terpasang tidak rapat dan tidak terdistribusi merata khususnya di wilayah pegunungan dan danau (Sulistyowati, 2011). Hal ini dikarenakan sulit untuk memasang rain gauge di medan tersebut. Selain itu rain gauge memerlukan suplai listrik dan pengamat.

Untuk mengatasi hal tersebut digunakanlah radar cuaca (weather radars), karena dapat mendukung pengamatan meteorologi. Radar dapat mencakup area yang luas, distribusi data yang real time dengan resolusi spasial dan temporal yang tinggi serta pengamatan secara berkelanjutan (continue). Data radar ini juga memiliki beberapa kelebihan, yaitu data ini mencakup seluruh titik dalam jangkauan yang disertai

dengan letak lintang dan bujur. Bukan hanya letak lintang dan bujur saja, namun juga ketinggian yang beragam (0-20 km dari permukaan tanah tempat radar cuaca ditempatkan). Data ini juga dapat diamati dalam selang waktu tiap enam (6) menit setiap kali pengamatannya dan dapat menyediakan data observasi secara statistik. Untuk daerah pegunungan, data yang direkam oleh radar dibatasi dengan topografi pegunungan tersebut (Sulistiyowati, 2011).

Radar cuaca tidak bisa secara langsung mengukur intensitas curah hujan yang turun, hal ini dikarenakan radar cuaca menghasilkan data reflektifitas radar (Z). Untuk itu perlu dicari tahu hubungan antara reflektifitas yang dihasilkan radar dengan intensitas curah hujan hasil pengamatan permukaan yang kemudian disebut relasi Z - R . Penentuan relasi Z - R ini dipelajari lebih dari 60 tahun dan sangat penting dilakukan mengingat relasi Z - R mempunyai nilai konstanta yang berbeda-beda untuk setiap daerah dipengaruhi oleh kondisi geografi dari daerah tersebut. Selain itu jenis hujan juga menentukan nilai korelasi Z - R . Relasi Z - R untuk hujan stratiform berbeda dengan relasi Z - R untuk hujan konvektif. Karena variasi yang ditimbulkan ini maka perlu menentukan relasi Z - R dengan metode-metode tertentu. Salah satunya dengan menggunakan metode statistik yaitu regresi linier untuk memperoleh konstanta empirik a dan b .

Soroako adalah desa di kecamatan Nuha, Luwu Timur, Sulawesi Selatan, Indonesia. Di wilayah ini terdapat radar C-band dan beberapa alat pengamatan permukaan yang dapat diakses. Untuk itu penelitian relasi Z - R ini dilakukan di Soroako karena lebih menunjang dari segi ketersediaan data. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan konstanta relasi faktor reflektifitas radar dengan intensitas curah hujan secara umum di Soroako. Selain itu karena nilai Z - R berbeda untuk setiap hujan maka perlu ditentukan pula konstanta relasi antara faktor reflektifitas radar dengan intensitas curah hujan untuk masing masing hujan (stratiform dan konvektif).

2. KAJIAN PUSTAKA

Radar dapat digunakan untuk mengamati fenomena atmosfer melalui faktor reflektifitas radar (Z) yang dihubungkan dengan kuantitas fisik dari fenomena tersebut. Energi yang dipancarkan kembali dari partikel presipitasi, kemungkinan berhubungan dengan rata-rata presipitasi. Volume presipitasi yang seragam mempunyai persamaan:

$$\overline{Pr} = \frac{c |K|^2}{r^2} Z \quad (1)$$

dengan,

- P : presipitasi (mm),
- r : jarak (km),
- \overline{Pr} : energi yang diterima (W) oleh partikel presipitasi pada jarak r (km),
- C : konstanta radar, bergantung pada panjang gelombang, energi yang dipancarkan, *antenna gain*, *beam width*, panjang *pulse*, dan total energi yang hilang,
- $|K|$: Koefisien dari konstanta dielektrik dari air (≈ 0.93), dan
- Z : faktor reflektifitas radar ($\text{mm}^6 \text{m}^{-3}$) atau biasa disebut reflektifitas radar.

Kekuatan pemancar dan penerima sinyal radar biasanya di gambarkan dengan desibel (dB). Reflektifitas radar Z sering didefinisikan dalam unit dBZ yang dinyatakan sebagai berikut (Collier, 1989 dalam Nurmayani, 2003):

$$\text{dBZ} = 10 \log_{10} \frac{Z \text{ mm}^6 \text{m}^{-3}}{1 \text{ mm}^6 \text{m}^{-3}} \quad (2)$$

$$Z (\text{dBZ}) = 10 \log_{10} (Z) \quad (3)$$

$$Z = \int N(D) D^6 dD \quad (4)$$

dimana $N(D)$ adalah distribusi ukuran butir dalam resolusi sel ($\text{mm}^{-1} \text{m}^{-3}$), D adalah diameter butir (mm) dan Z adalah reflektifitas radar ($\text{mm}^6 \text{m}^{-3}$).

Hal ini menunjukkan bahwa jika presipitasi merata dalam bentuk cair mengisi volume pulsa maka daya rata-rata presipitasi kembali pada jarak r proporsional pada Z/r^2 , dimana Z adalah faktor reflektifitas radar, maka Z akan terkait dengan tingkat curah hujan R oleh persamaan:

$$Z = aR^b \quad (5)$$

dimana a dan b merupakan konstanta empirik positif yang nilainya tergantung dari lokasi geografi, dan kondisi iklim/tipe hujannya. Menurut Marshall dan Palmer, biasanya nilai yang digunakan untuk a dan b adalah $a=200$, $b=1,6$ dan R adalah intensitas presipitasi/*rain rate* (mm/jam).

Meskipun telah banyak relasi Z-R, tetapi tidak dapat di aplikasikan secara langsung pada wilayah yang berbeda beda. Hal ini dikarenakan konstanta empirik positif a dan b dalam relasi Z-R nilainya berubah dari satu wilayah ke wilayah lainnya dan bergantung pada variasi distribusi ukuran tetes dalam ruang dan waktu. Sehingga, tidak ada relasi yang sifatnya universal yang dapat diaplikasikan untuk semua kejadian hujan. Relasi Z-R diperoleh dengan dua pendekatan; *raindrop size distribution* (DSD) dan optimasi. Pada pendekatan pertama, Z dan R dihitung secara langsung menggunakan disdrometer. Pada pendekatan kedua relasi di tentukan menggunakan data reflektifitas yang diperoleh dari radar dan intensitas curah hujan yang terekam oleh alat penakar hujan. Relasi yang paling cocok diperoleh dengan cara meminimalisir *error* yang dihasilkan dari estimasi radar dengan penakar hujan (Mapiam dan Sriwongsitanon, 2008). (Mapiam & Sriwongsitanon, 2008)

Ada beberapa metode yang sering dipakai untuk mendapatkan relasi Z-R yaitu (Ramli, 2011):

1. *Drop Size Distribution* (DSD) (Blanchard, 1953 dalam Ramli, 2011)
2. Metode Statistik/optimasi (Marshall et al., 1947; Zawadzki, 1975; Wilson dan Brandes, 1975; Austin, 1987; Krajewski WF, Smith JA, 2002 dalam Ramli, 2011)
3. Metode pencocokan probabilitas (Calheiros dan Zawadzki, 1987; Rosenfeld et al, 1994 dalam Ramli 2011).

Relasi antara reflektifitas dan intensitas curah hujan secara tradisional ditentukan oleh regresi linier, dimana logaritma dari intensitas curah hujan merupakan variabel yang independen. Campos dan Zawadzki, 2000 dalam Kumar dkk., 2011 menemukan bahwa relasi Z-R bergantung pada teknik regresi dan metode yang digunakan. Atlas dkk., 2000 dalam Kumar dkk., 2011 menemukan bahwa relasi Z-R yang berasal dari regresi linier menghasilkan representasi yang akurat untuk curah hujan rendah tetapi tidak selalu untuk curah hujan tinggi.

3. METODE

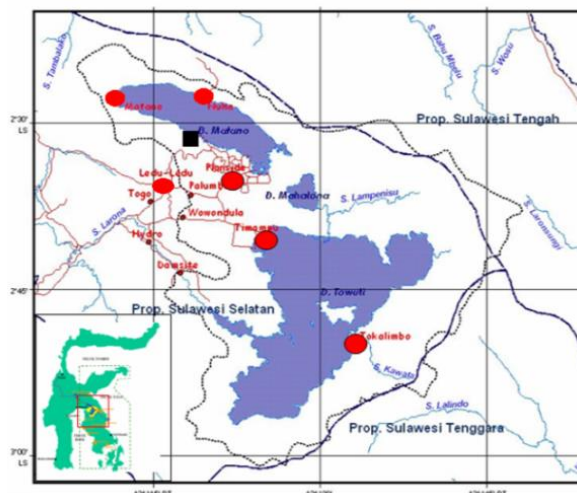
Penelitian ini menggunakan dua data yaitu data radar dan data AWS (Automatic Weather Station). Data faktor reflektifitas radar dengan satuan dBZ (mm/jam) yang diperoleh dari Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT), pada tahun 2009 dan 2010 di Soroako (Tabel 1), Sulawesi Selatan. Radar yang digunakan adalah Radar C-band Doppler tipe WSR-74C. C-band mempunyai nilai frekuensi 5.3 GHz dan panjang gelombang sekitar 5,4 cm di pasang di bandara Soroako (2.53o LS, 121.35o BT) di tepi danau Matano. Data Radar ini terdiri dari 24 level ketinggian yang digunakan hanya pada level permukaan saja. Data yang dihasilkan dari Radar selanjutnya diolah dengan software TITAN (*Thunderstorm Identification, Tracking, Analysis and Nowcasting*) sehingga menghasilkan data dalam format berbentuk .dat.

Tabel 1. Tabel ketersediaan data radar.

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
2009	11																															
	12																															
2010	1																															
	2																															
	3																															

Sedangkan untuk data AWS, parameter yang digunakan adalah *rain rate* dengan interval waktu 30 menit, data yang digunakan adalah data bulan November-Desember pada tahun 2009 dan bulan Januari-Maret 2010. Data *rain rate* stasiun Plansite digunakan untuk verifikasi data, sedangkan data selebihnya digunakan untuk regresi linier. AWS yang digunakan bermerk Davis. Data pengukuran permukaan yang berasal dari AWS ini diletakan di 5 titik seperti ditunjukan pada Gambar 1, dan lokasinya tertera dalam Tabel 2.

Penelitian ini terdiri dari tiga langkah utama yaitu penentuan jenis hujan, perhitungan relasi Z-R dan verifikasi konstanta a dan b yang diperoleh. Sedangkan metode yang digunakan adalah metode statistik. Metode statistik memerlukan kombinasi data dari radar dan penakar hujan. Relasi Z-R dihitung dengan mengukur kedua data secara bersamaan. Pendekatan relasi Z-R ditentukan dari data sampling dan tidak menggunakan data disdrometer. Metode statistik lebih efisien jika dilihat dari ketersediaan data set dan peralatan yang ada.



Gambar 1. Peta persebaran lokasi AWS (lingkaran merah) dan radar C-band (kotak hitam) di Soroako.

Tabel 2. Posisi stasiun pengamat AWS dan radar C-band

Nama Stasiun	Latitude	Longitude
Radar C-band	2,53S	121,35E
Matano	2,4565S	121,2162E
Timampu	2,6573S	121,4282E
Tokalimbo	2,8148S	121,5679E
Plansite	2,5665S	121,3806E
Ledu-ledu	2,5804S	121,2697E

Data reflektifitas radar mempunyai ukuran yang besar, maka diperlukan media penyimpanan data dengan kapasitas yang besar pula. Format data reflektifitas radar ini sudah dalam bentuk .dat. Sebelum diolah lebih lanjut, harus ditentukan posisi suatu lokasi dalam koordinat pixel, karena nantinya data reflektifitas radar akan diperoleh dari setiap pixelnya. Data reflektifitas radar ini di *dump* di 5 titik sesuai dengan lokasi AWS menggunakan Grads dan Matlab lalu dilakukan akumulasi setiap 30 menit. Hal ini dikarenakan data pengamatan permukaan yang diperoleh rata-rata mempunyai interval 30 menit. Selain itu pemilihan rata rata waktu selama 30 menit didasari oleh anggapan bahwa kemunculan awan konvektif adalah sekitar 10-30 menit, sedangkan awan stratiform lebih dari 20 menit (Renggono, 2000). Data AWS hasil pengukuran di lapangan disimpan dalam suatu folder bentuk .xls. Data reflektifitas radar akan di bandingkan terlebih dahulu dengan data intensitas curah hujan dari data AWS dengan membuat grafik *time series* untuk melihat kecocokan data reflektifitas radar dan intensitas curah hujan. Setelah diperoleh data reflektifitas radar dan intensitas curah hujan setiap 30 menit, selanjutnya di lakukan penentuan tipe hujan.

Penentuan jenis hujan menggunakan kriteria yang merujuk pada penelitian Nzeukou dkk., (2002) dalam da Silva Moraes, Tenorio & Baldicero Molion (2005) yaitu sebagai berikut:

1. Hujan stratiform, dipilih data intensitas curah hujan tahun 2010 yang memiliki nilai $R < 10 \text{ mm h}^{-1}$.
2. Hujan konvektif, dipilih data intensitas curah hujan tahun 2010 yang memiliki nilai $R \geq 10 \text{ mm h}^{-1}$.

Selain itu digunakan pula penentuan hujan menggunakan kriteria Gamache-Houze, teknik sederhana yang menggunakan *threshold* (Kumar L. S., Lee, Yeo, & Ong, 2011) yaitu sebagai berikut:

1. Hujan stratiform, dipilih data reflektifitas radar pada tahun 2010 yang memiliki nilai $Z < 38 \text{ dBZ}$.
2. Hujan konvektif, dipilih data reflektifitas radar pada tahun 2010 yang memiliki nilai $Z > 38 \text{ dBZ}$.

Selanjutnya penentuan hubungan antara data reflektifitas radar dan data pengamatan permukaan. Penentuan relasi secara umum dilakukan dengan regresi linier Z terhadap R. Persamaan (2-5) digunakan untuk menghitung hubungan antara intensitas curah hujan (R) dan faktor reflektifitas radar (Z). Dengan mengaplikasikan logaritma untuk kedua sisi pada persamaan (2-5) menghasilkan persamaan:

$$\log(Z) = \log(a) + b \log(R) \quad (6)$$

Variabel log (Z) sebagai variabel dependen dan log (R) sebagai variabel independen. Anggap $Y = \log Z$; $\alpha = \log a$; $\beta = b$; $X = \log R$, sehingga diperoleh fungsi $Y = \alpha + \beta X$. α dan β pada sumbu-y merupakan kemiringan dan intersep. Koefisien a dan b pada persamaan (2-5) diperoleh dari persamaan hasil regresi linier yaitu $Y = \alpha + \beta X$. Maka diperolehlah koefisien $a = 10^{(\alpha)}$ dan koefisien $b = \beta$.

Data yang digunakan dalam regresi linier Z-R yaitu data pada bulan November-Desember 2009 dan juga data pada bulan Januari-Maret 2010. Sedangkan data pada stasiun Plansite digunakan untuk verifikasi. R_{ob} merupakan intensitas curah hujan observasi dan R_{Z-R} intensitas curah hujan hasil relasi Z-R, maka nilai *error* dihitung dengan cara:

$$Error = \frac{(R_{ob} - R_{Z-R})}{R_{ob}} \quad (7)$$

Intensitas curah hujan hasil perhitungan relasi Z-R diperoleh dari reflektifitas radar pada ketinggian 1 km menggunakan persamaan:

$$R_{Z-R} = \left(\frac{Z}{a}\right)^{\frac{1}{b}} \quad (8)$$

Seed dkk., 2002 dalam Mapiam dan Sriwongsitanon, 2008 merekomendasikan empat perhitungan statistik untuk estimasi nilai intensitas curah hujan radar dan observasi, yaitu:

Mean error,

$$ME = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^N (R_{ob} - R_{Z-R}) \quad (9)$$

Mean absolute error,

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^N |R_{ob} - R_{Z-R}| \quad (10)$$

Root mean-square error,

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^N (R_{ob} - R_{Z-R})^2} \quad (11)$$

Bias,

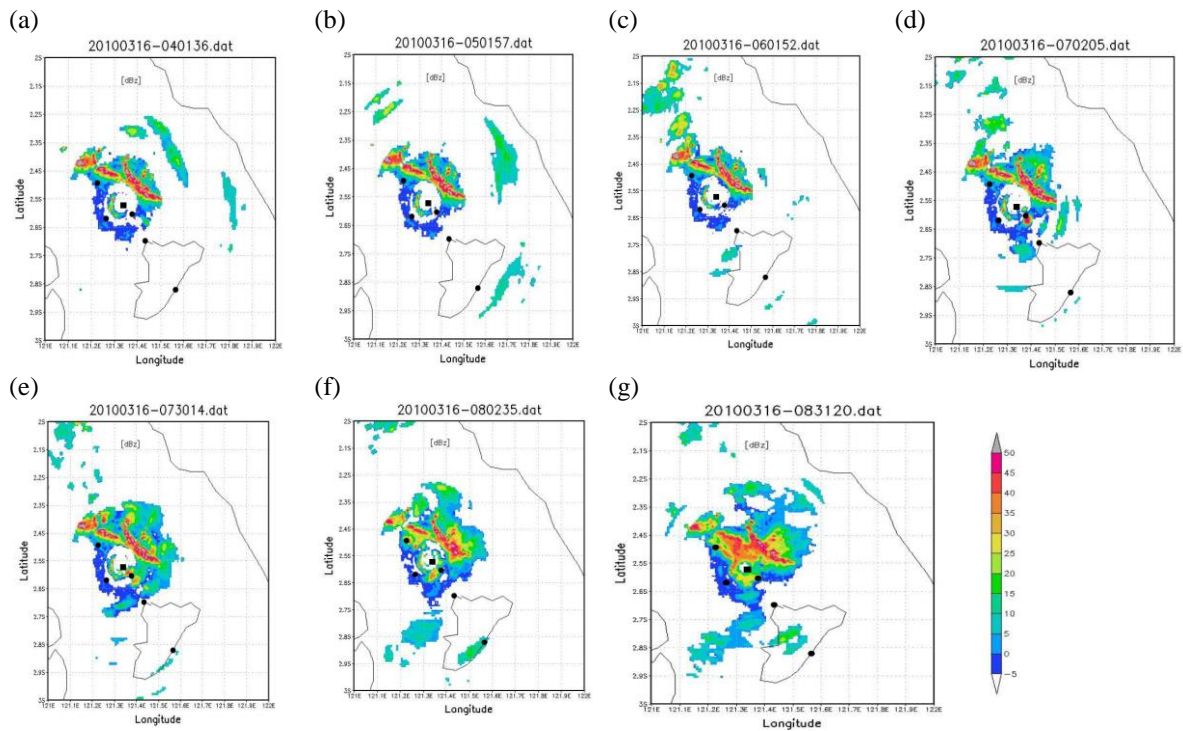
$$B = \frac{\sum_{i=1}^n R_{ob}}{\sum_{i=1}^n R_{Z-R}}, n \text{ jumlah rata-rata CH harian} \quad (12)$$

Korelasi sangat penting untuk menyatakan tingkat keeratan hubungan Z-R, sedangkan MAE menunjukkan ukuran simpangan paling sederhana dan RMSE merupakan indikator yang didasarkan pada total kuadratis dari simpangan antara R hasil regresi Z-R dengan R hasil observasi (AWS). Untuk menentukan relasi Z-R yang paling optimum maka ditentukan nilai korelasi minimal yaitu 0,51. Jika hasil korelasi belum mencapai nilai tersebut maka dilakukan iterasi dengan menghilangkan penciran data terlebih dahulu. Iterasi dibatasi sebanyak 5 kali. Jika dalam iterasi tersebut belum mencapai angka korelasi 0.51 maka diambil persamaan relasi Z-R yang memiliki korelasi paling baik.

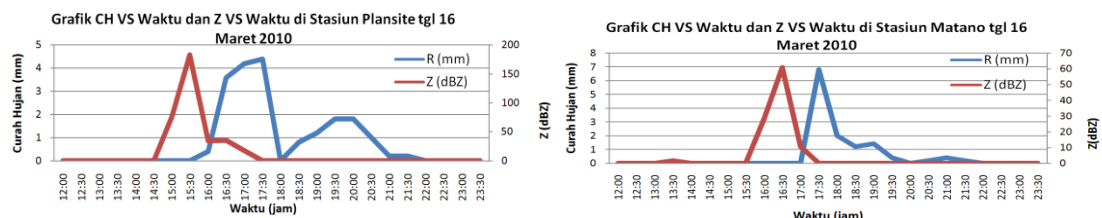
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Relasi Z-R di Soroako

Dalam kajian ini dipilih kejadian hujan pada tanggal 16 Maret 2010 lalu diplot time series untuk melihat hubungan antara data reflektifitas yang dihasilkan radar dengan intensitas curah hujan dari pengamatan permukaan (AWS). Dari Gambar 2 terlihat bahwa kejadian hujan di stasiun Plansite mulai pada jam 16:00-17:30 WITA dan 18:30-21:30 WITA. Curah hujan tertinggi terjadi pada jam 17:30 WITA sebesar 4.4 mm (hujan sedang). Grafik dengan warna merah merupakan reflektifitas radar. Dari gambar terlihat bahwa hasil pengamatan dengan C-band radar dan AWS menunjukkan hasil yang seragam dan memiliki pola mirip, yaitu pada saat C-band menunjukkan reflektifitas yang kuat, AWS juga mendeteksi adanya hujan yang muncul. Reflektifitas kuat terlihat menjulang ke atas (jam 15:00-15:30 WITA) dan tidak lama kemudian atau kurang lebih satu jam kemudian, munculah kejadian hujan. Keseluruhan data menunjukkan pola yang seragam, yaitu adanya lag time selama 30 menit. Hal ini akan menimbulkan kesalahan sistematis dalam perhitungan relasi Z-R. Maka dalam perhitungan relasi Z-R perlu adanya penggeseran waktu selama 30 menit.



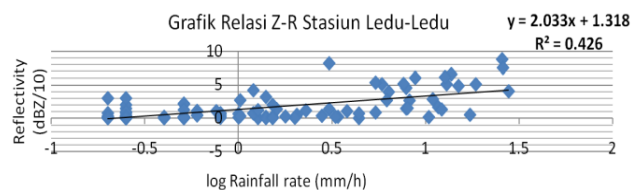
Gambar 2. Reflektifitas Radar (dBZ) C-Band Doppler, 16 Maret 2010 jam (a) 12:01, (b) 13:01, (c) 14:01, (d) 15:02, (e) 15:30, (f) 16:02, dan (g) 16:31 WITA.



Gambar 3. Grafik time series CH VS Waktu di Stasiun Plansite (kiri) dan Matano (kanan) pada tanggal 16 Maret 2010

Adanya *lag time* dikarenakan pergeseran sistem koordinat atau jarak antara AWS dengan radar. Semakin dekat dengan radar, maka daerah sapuan radar lebih rendah ke permukaan. Dengan meningkatnya jarak dari radar ke AWS maka sudut sapuan radar akan meningkat sehingga dapat melampaui inti dari hujan yang lebat. Dilihat dari Gambar 3 ada kesamaan waktu dengan stasiun Plansite, dimana pada saat reflektifitas radar menguat, satu jam kemudian terdapat kejadian hujan yang tercatat di permukaan. Data dari radar cuaca mempunyai kemampuan lebih tinggi untuk menggambarkan kondisi intensitas curah hujan di suatu lokasi karena resolusi temporal dan spasialnya lebih tinggi.

4.2 Relasi Z-R untuk Setiap Stasiun



Gambar 4. Scatter plot Z dan R Stasiun Ledu-ledu.

Dari Gambar 4 diperoleh persamaan $y = 2,033x + 1,318$. Maka konstanta $a = 10^{1,318}$ atau 20,8 dan konstanta $b=2,033$. Dengan melakukan hal yang sama untuk stasiun lainnya maka diperoleh relasi Z-R yang disajikan pada Tabel 3. Stasiun Ledu-Ledu, Matano dan Timampu, memiliki koefisien korelasi dan koefisien

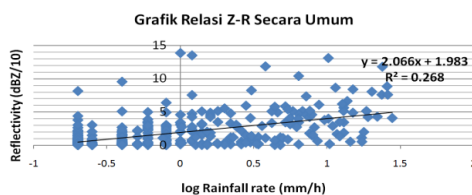
determinasi yang sedang dan cukup serta *standard error* yang kecil jika dibandingkan dengan stasiun Plansite sehingga relasi Z-R bisa diaplikasikan di masing-masing stasiun. Sedangkan untuk stasiun Plansite memiliki koefisien korelasi dan koefisien determinasi yang kecil serta *standard error* yang besar, sehingga relasi Z-R di stasiun tersebut masih diragukan.

Tabel 3. Konstanta a dan b, relasi Z-R, koefisien korelasi dan determinasi serta *standard error* setiap stasiun.

	Timampu	Matano	Plansite	Ledu-Ledu
Konstanta a	1018,6	56,36	$10^{12.76}$	20,8
Konstanta b	2,8	1,67	4,2	2,03
Relasi Z-R	$Z=1018R^{2.8}$	$Z=56.36R^{1.67}$	$Z=10^{12.99}R^{4.07}$	$Z=20.8R^{2.03}$
Koefisien Korelasi	0,53	0,51	0,28	0,65
Koefisien Determinasi	0,28	0,26	0,08	0,42
Standard Error	2,57	1,59	7,92	1,5
Observasi	110	160	183	117

4.3 Relasi Z-R Umum di Soroako

Data stasiun Timampu, Matano dan Ledu-Ledu di gabungkan untuk mendapatkan persamaan relasi Z-R secara umum di Soroako. Hasilnya ditunjukkan pada Gambar 5. Persamaan yang dihasilkan yaitu $y=2,066x + 1,983$, maka konstanta $a=10^{1.983}$ dan konstanta $b=2,066$ (Tabel 4).



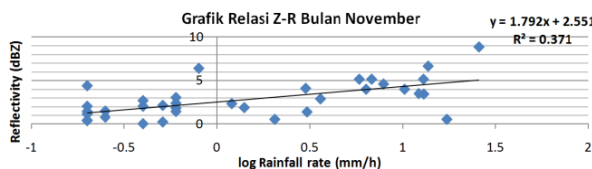
Gambar 5. Scatter plot Z-R secara umum di Soroako

Tabel 4. Konstanta a dan b, koefisien korelasi dan determinasi serta *standard error*.

Relasi Z-R secara umum	
Konstanta a	96,16
Konstanta b	2,066
Relasi Z-R	$Z = 96,16R^{2.066}$
Koefisien Korelasi	0,52
Koefisien Determinasi	0,26
Standard Error	2,01
Observasi	387

Konstanta a dan b Soroako yang dihasilkan berbeda tipis dengan yang dihasilkan di Tripoli, Libya ($Z = 116R^{1.87}$). Studi di Libya menggunakan radar yang sama yaitu C-Band dengan 4 stasiun pengamatan permukaan. Metode yang digunakan pun sama yaitu metode statistik, oleh karena itu hasilnya pun mirip.

4.4 Relasi Z-R di Soroako untuk Setiap Bulan



Gambar 6. Scatter plot Z-R bulan November

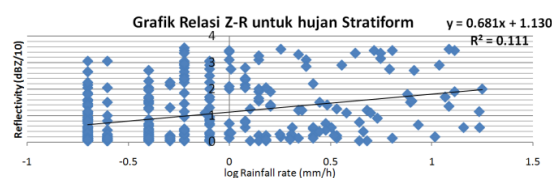
Tabel 5. Relasi Z-R, koefisien korelasi dan determinasi serta *standard error* setiap bulan

	November	Desember	Januari	Februari	Maret
Konstanta a	355,63	33,49	117,76	81,09	64,71
Konstanta b	1,79	2,07	1,9	2,2	2,54
Relasi Z-R	$Z=355,63R^{1.79}$	$Z=33,49R^{2}$	$Z=117,76R^{1.9}$	$Z=81,09R^{2.2}$	$Z=64,71R^{2.54}$
Koefisien Korelasi	0,6	0,52	0,45	0,56	0,85
Koefisien Determinasi	0,36	0,27	0,19	0,31	0,73
Standard Error	1,68	2,17	2,11	2,17	0,66
Observasi	34	40	200	57	51

Dari Gambar 6 dan Tabel 5 diperoleh bahwa konstanta b tidak berbeda secara signifikan antara satu sama lain serta berada pada rentang 1,79-2,54. Sedangkan koefisien a seperti terbagi menjadi 2 kelas yaitu November dan Januari di atas 100 lalu Desember, Februari dan Maret di bawah 100. Hal ini dikarenakan oleh curah hujan yang turun disetiap bulannya. Nilai maksimum terjadi selama pemanasan yang kuat oleh matahari yaitu pada bulan November dan Januari, sehingga mengakibatkan tumbuhnya awan dengan puncak yang tinggi dan hujan konvektif. Nilai minimum ditemukan pada bulan yang memiliki suhu rendah, sehingga mengakibatkan puncak awan yang rendah dan kemungkinan hujan yang terjadi adalah hujan stratiform.

4.5 Kriteria Gamache-Houze

Nilai reflektifitas radar 38 dBZ digunakan sebagai *threshold* sesuai dengan kriteria menurut Gamache dan House, yaitu reflektifitas radar di bawah 38 dBZ merupakan hujan stratiform, sebaliknya untuk reflektifitas radar lebih besar atau sama dengan 38 dBZ merupakan hujan konvektif. Tetapi karena hasil regresi untuk hujan konvektif hasilnya kurang begitu bagus, maka ditambahkan kriteria intensitas curah hujan lebih besar atau sama dengan 10 mm/jam. Setelah dilakukan pengklasifikasian berdasarkan *threshold* ini, relasi Z-R didapatkan secara terpisah antara hujan konvektif dengan hujan stratiform.



Gambar 7. Scatter plot Z-R untuk hujan Stratiform

Dengan melakukan perhitungan yang sama seperti pada Gambar 7 diperoleh relasi Z-R untuk hujan konvektif serta masing-masing bulan (Tabel 6).

Tabel 6. Relasi Z-R, koefisien korelasi dan determinasi serta standard error kriteria Gamache-Houze.

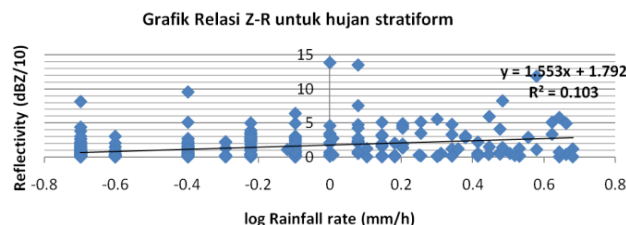
Gamache-Houze	Stratiform	Konvektif
Konstanta a	13,49	4365,15
Konstanta b	0,68	2,25
Relasi Z-R	$Z=13,49R^{0,68}$	$Z=4365,15R^{2,25}$
Koefisien Korelasi	0,33	0,25
Koefisien Determinasi	0,11	0,06
Standard Error	0,96	2,32
Observasi	324	32

Gamache-Houze	Stratiform						Cumuliform
	Januari	Februari	Maret	November	Desember	Januari	
Konstanta a	17,34	11,35	8,63	55,46	4,08	10 ^{5,4}	
Konstanta b	0,76	0,27	0,84	0,645	0,6	0,17	
Relasi Z-R	$Z=17,34R^{0,76}$	$Z=11,35R^{0,27}$	$Z=8,63R^{0,84}$	$Z=55,46R^{0,645}$	$Z=4,08R^{0,6}$	$Z=0,17R^{0,17}$	
Koefisien Korelasi	0,34	0,15	0,38	0,38	0,55	0,01	
Koefisien Determinasi	0,11	0,02	0,15	0,145	0,3	0,0003	
Standard Error	1	0,95	0,78	0,96	0,56	2,27	
Observasi	169	48	49	24	33	13	

Koefisien a dan b lebih besar untuk tipe hujan konvektif dibandingkan dengan tipe hujan stratiform. Error akumulasi reflektifitas radar kemungkinan terjadi dalam perhitungan relasi Z-R menurut Gamache-Houze. Selain itu *threshold* 38 dBZ belum terlalu baik dalam menentukan hujan stratiform atau konvektif. Hal ini dikarenakan radar cuaca membaca sinyal yang dipantulkan kembali dari target yang ada di atmosfer, sedangkan objek yang ada di atmosfer tidak hanya terbatas pada tetes hujan. Hal ini menyebabkan error dalam penjumlahan reflektifitas. Penyebab lainnya adalah *ground clutter*, yaitu *echo* radar mengenai sasaran lain selain presipitasi seperti pegunungan, tanah, gedung, insekta, burung dan pepohonan. Sinyal radar yang di pantulkan kembali dari objek non-presipitasi memiliki persistensi reflektifitas radar yang kuat, sehingga terjadi over estimasi curah hujan oleh radar.

4.6 Kriteria Nzeukou dkk., (2002)

Nilai intensitas curah hujan 10 mm/jam digunakan sebagai *threshold* sesuai dengan kriteria menurut Nzeukou dkk., (2002) yaitu intensitas curah hujan di bawah 10 mm/jam merupakan hujan stratiform, sebaliknya untuk intensitas curah hujan lebih besar atau sama dengan 10 mm/jam merupakan hujan konvektif. Mengingat adanya karakteristik daerah sebenarnya sulit untuk membedakan dan memisahkan antara hujan stratiform dan konvektif. Setelah dilakukan pengklasifikasian berdasarkan *threshold* ini, relasi Z-R didapatkan secara terpisah antara hujan konvektif (Gambar 8) dengan hujan stratiform. Sekitar 85,25% kejadian hujan diklasifikasikan sebagai hujan stratiform dan sisanya adalah hujan konvektif.



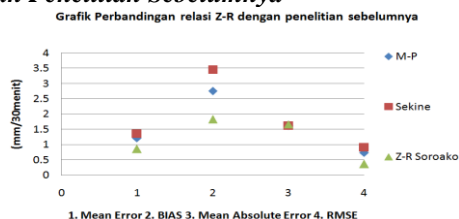
Gambar 8. Scatter plot Z-R untuk hujan stratiform dengan kriteria Nzeukou dkk., (2002).

Tabel 7. Relasi Z-R, koefisien korelasi dan determinasi serta *standard error* dengan kriteria Nzeukou dkk., (2002) (kiri) dan untuk setiap bulannya (kanan).

Nzeukou dkk.,(2002)	Stratiform	Konvektif								
			Nzeukou dkk., (2002)	Stratiform				Konvektif		
Konstanta a	61,94	1,58		Januari	Februari	Maret	November	Desember	Januari	Februari
Konstanta b	1,55	5,02		91,2	20,89	17,5	167,5	53,57	38,45	39810,7
Relasi Z-R	$Z=61,94R^{1,55}$	$Z=1,58R^{5,02}$		1,6	0,573	1,2	0,92	2,67	3,34	1,7
Koefisien Korelasi	0,32	0,42		$Z=91,2R^{1,4}$	$Z=20,89R^{0,3}$	$Z=17,5R^{1,2}$	$Z=167,5R^{0,92}$	$Z=53,57R^{2,67}$	$Z=38,45R^{3,34}$	$Z=39810,7R^{1,7}$
Koefisien Determinasi	0,1	0,18		0,3	0,167	0,32	0,25	0,51	0,28	0,14
<i>Standard Error</i>	1,8	2,5		0,09	0,02	0,1	0,067	0,26	0,08	0,02
Observasi	330	44		2	1,46	1,08	1,45	2,11	2,6	3,1
				177	46	49	24	34	19	9

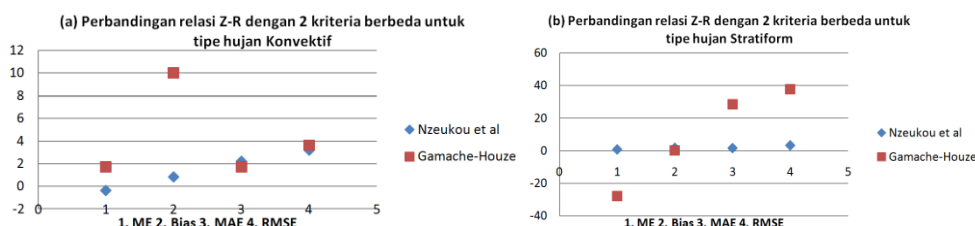
Tabel 7 menyajikan relasi Z-R, koefisien korelasi dan determinasi serta *standard error* untuk hujan stratiform dan konvektif dan untuk masing-masing bulannya menggunakan kriteria Nzeukou et al., (2002). Untuk hujan konvektif relasinya memiliki *standard error* yang besar. Dengan menggunakan kriteria yang sama seperti Nzeukou dkk., (2002) ternyata hasilnya berbeda beda untuk berbagai wilayah tropis di dunia, tergantung pada set data yang digunakan. Karena dalam kajian ini hanya menggunakan data 5 bulan, maka hasilnya kurang begitu baik dibandingkan menggunakan data set yang lebih panjang. Perbedaan hasil yang timbul kemungkinan juga diakibatkan oleh sulitnya menentukan *threshold* untuk membedakan tipe hujan stratiform dan konvektif. Hal ini dikarenakan, mungkin saja terjadi tipe hujan campuran, hujan yang turun diakibatkan oleh awan stratiform dan konvektif. Data set dengan periode yang panjang yang mencakup *inter-annual* variabilitas iklim mungkin akan menjawab hal ini.

4.7 Relasi Z-R di Soroako dengan Penelitian Sebelumnya



Gambar 9. Nilai *error* antara intensitas curah hujan menggunakan Marshall Palmer, Sekine, dan Z-R perhitungan dengan intensitas curah hujan hasil observasi AWS.

Dari Gambar 9 terlihat bahwa relasi Z-R hasil perhitungan memiliki nilai *Mean Error*, Bias, *Mean Absolute Error* dan RMSE yang lebih kecil dibandingkan dengan penelitian Marshal-Palmer ($Z=200R^{1,6}$) dan Sekine ($Z=286R^{1,6}$). Hal ini semakin memperkuat bahwa tidak ada relasi Z-R yang sifatnya universal, setiap daerah memiliki konstanta Z-R masing-masing. Gambar 10 menunjukkan bahwa metode Nzeukou dkk., 2002 lebih baik diaplikasikan dibandingkan metode Gamache-Houze. Hanya saja untuk tipe hujan konvektif nilai *error* masih cenderung besar.



Gambar 10. Nilai *error* antara intensitas curah hujan menggunakan Nzeukou dkk., (2002) dan Gamache-Houze untuk hujan konvektif (a) dan stratiform (b) dengan intensitas curah hujan hasil observasi AWS.

5. KESIMPULAN

Dari penelitian mengenai relasi faktor reflektifitas radar dengan intensitas curah hujan menggunakan radar *C-band* ini diperoleh hasil relasi Z-R di Soroako yaitu $Z = 96,16R^{2,066}$. Relasi Z-R ini memiliki nilai *Mean Error*, *Bias*, *Mean Absolute Error* dan *Root Mean Square Error* yang lebih kecil dibandingkan dengan penelitian Marshal-Palmer ($Z=200R^{1,6}$) dan Sekine ($Z=286R^{1,6}$).

Untuk menentukan relasi Z-R supaya hasilnya lebih spesifik maka dilakukan pembagian hujan menjadi 2 kelas menggunakan kriteria yang telah dikerjakan sebelumnya oleh Nzeukou dkk., (2002). Kriteria pembagiannya yaitu, untuk hujan stratiform $R < 10$ mm/jam dan untuk hujan konvektif $R \geq 10$ mm/jam. Hasil relasi Z-R hujan stratiform secara umum yaitu $Z=61,94R^{1,55}$ dan untuk hujan konvektif $Z=1,58R^{5,02}$. Hal ini mengindikasikan bahwa intensitas curah hujan berbanding terbalik dengan konstanta a. Selain itu, relasi Z-R secara umum di Soroako menghasilkan koefisien yang mendekati atau hampir mirip dengan relasi Z-R kelas stratiform. Artinya hujan stratiform lebih mendominasi di Soroako dibandingkan hujan konvektif. Akan tetapi, mengingat adanya karakteristik daerah sebenarnya sulit untuk membedakan dan memisahkan antara hujan stratiform dan konvektif karena bisa saja terjadi hujan campuran yang disebabkan oleh awan stratiform dan konvektif secara bersamaan. Penentuan relasi Z-R dilakukan pula untuk setiap bulannya. Hasilnya, rentang nilai koefisien a yang diperoleh untuk hujan stratiform 17,5 sampai 167,5 sedangkan rentang nilai untuk koefisien b 0,57 sampai 2,67. Untuk hujan konvektif, nilai koefisien a berada pada rentang 38,45 sampai 39810,7 dan koefisien b 1,7 sampai 3,34.

Pembagian kelas hujan juga dilakukan menggunakan kriteria Gamache-Houze, untuk hujan stratiform $Z < 38$ dBZ dan untuk hujan konvektif $Z \geq 38$ dBZ dan $R \geq 10$ mm/jam. Hasil relasi Z-R hujan stratiform secara umum yaitu $Z=13,49R^{0,68}$ dan untuk hujan konvektif $Z=4365,15R^{2,25}$. Penentuan relasi Z-R dilakukan pula untuk setiap bulannya. Hasilnya, rentang nilai koefisien a yang diperoleh untuk hujan stratiform 4,08 sampai 55,46 sedangkan rentang nilai untuk koefisien b 0,27 sampai 0,84. Untuk hujan konvektif, nilai koefisien a $10^{5,8}$ dan koefisien b 0,17. Kriteria Nzeukou dkk., (2002) lebih baik diaplikasikan di Soroako dibandingkan kriteria Gamache-Houze dilihat dari hasil *Mean Error*, *Bias*, *Mean Absolute Error* dan *Root Mean Square Error*.

DAFTAR PUSTAKA

- Baskoro, A. P. (2009). Sensor Curah Hujan.
- Bhattacharya, A. B., Tripathi, D. K., Nag, A., & Debnath, M. (2011). Measurements of Rain Drop Size Distribution from Radar Reflectivity and Associated rain Attenuation of Radio Waves. *Internasional Journal of Engineering Science and Technology* , 4171-4179.
- da Silva Moraes, M. C., Tenório, R. S., & Baldicero Molion, L. C. (2005). Z-R Relationship for a Weather Radar in the Eastern Coast of Northeastern Brazil. *unknown* , 197-201.
- Kumar, L. S., Lee, Y. H., Yeo, J. X., & Ong, J. T. (2011). Tropical Rain Classification and Estimation of Rain From Z-R (Reflectivity-Rain Rate) Relationships. *Progress In Electromagnetics Research B*, Vol 32 , 107-127.
- Mapiam, P. P., & Sriwongsitanon, N. (2008). Climatological Z-R relationship for Radar Rainfall in The Upper Ping River Basin. *Science Asia* 34 , 215-222.
- Nurmayani, H. (2003). Pemanfaatan Data Boundary Layer Radar (BLR) pada Troposfer Bawah untuk Analisis Awan Hujan Penyebab Banjir. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Ramli, S. (2011). Radar Hidrology: New Z/R Relationship for Klang River Basin, Malaysia. 2011 *Internasional Conference on Environment Science and Engineering*
- Renggono, F. (2000). Awan Hujan di Serpong: Pengamatan Dengan Boundary Layer Radar. *Jurnal Sains & Teknologi Modifikasi Cuaca*, Vol. 1, No. 1 , 53-59.
- Sulistyowati, R. (2011). Model Hidrologi Terdistribusi Hujan - Limpasan Berbasis Integrasi Data Radar Cuaca dan Observasi Hujan Permukaan di DAS Ciliwung. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Susandi, A., Tamamadin, M., dan Nurlala, I. (2008). Fenomena Perubahan Iklim dan Dampaknya Terhadap Ketahanan Pangan di Indonesia. *Seminar Nasional Padi* .
- Tanjung, D. M. (2011). Processing Data Radar Cuaca C-Band Doppler untuk Curah Hujan; Studi Kasus Jabodetabek. Bogor: IPB

PENGUNAAN INDEKS IKLIM GLOBAL DAN CURAH HUJAN SEBAGAI *EARLY WARNING SYSTEM* (EWS) BENCANA LONGSOR DI KABUPATEN BANJARNEGARA – JAWA TENGAH

Eri Nofian^{1*}, Bayu Dwi Apri Nugroho² dan Ismail Wahab³

¹ Mahasiswa S-1 Teknik Pertanian UGM, Sleman, Yogyakarta 55281

Email: erinofian@gmail.com, eri.nofian@mail.ugm.ac.id

² Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian UGM, Sleman, Yogyakarta 55281

Email: bayu.tep@ugm.ac.id

³ Balai Pengkajian Teknologi Pertanian (BPTP) Jawa Tengah, Ungaran 50519

Email: ismailwhb@gmail.com

*Corresponding author: erinofian@gmail.com

ABSTRAK

Meskipun penelitian tentang longsor kaitannya dengan curah hujan sudah banyak, tetapi keterkaitan antara indeks iklim global, curah hujan dan bencana longsor belum banyak dilakukan di Indonesia. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa keterkaitan antara indeks iklim global, curah hujan dan bencana longsor yang terjadi di Kabupaten Banjarnegara, Jawa Tengah. Pemilihan lokasi di Kabupaten Banjarnegara didasarkan pada potensi bencana longsor yang terjadi di wilayah tersebut. Data indeks iklim global yang diwakili oleh data SOI diperoleh dari *Bureau of Meteorology* (BOM), Australia dan SST diperoleh dari *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA), USA, sedangkan data curah hujan bulanan diperoleh dari Balai Pengkajian Teknologi Pertanian (BPTP) Jawa Tengah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ada keterkaitan antara indeks iklim global dengan curah hujan di Kabupaten Banjarnegara, sedangkan berdasarkan data curah hujan pada saat kejadian longsor di Kabupaten Banjarnegara didapatkan persamaan empirik ambang hujan yaitu $I=67,362D^{-0,21}$. Sehingga dengan persamaan empirik tersebut dapat diperoleh perkiraan terjadinya bencana longsor. Hasil ini diharapkan bisa sebagai *early warning system* (EWS) di Kabupaten Banjarnegara dan bisa diterapkan di wilayah lain di Indonesia.

KATA KUNCI: indeks iklim global, ambang batas hujan, *early warning system*, longsor

1. PENDAHULUAN

Karakterisasi curah hujan yang memicu terjadinya tanah longsor telah banyak digunakan untuk mencari hubungan antar curah hujan dan tanah longsor di berbagai belahan dunia, termasuk wilayah Indonesia. Parameter curah hujan sering diteliti kaitannya dengan inisiasi tanah longsor antara lain curah hujan kumulatif, curah hujan sebelumnya, intensitas curah hujan, dan durasi curah hujan dalam satuan jam maupun hari. Berbagai upaya telah banyak dilakukan untuk menentukan suatu batasan dari curah hujan tersebut dengan menggunakan berbagai kombinasi parameter. Sebagian besar tanah longsor terjadi karena dipicu oleh curah hujan ekstrim, salah satunya adalah Muntohar (2010) yang telah mencoba untuk menetapkan ambang batas intensitas curah hujan dalam memprediksi tanah longsor secara akurat di wilayah Kulon Progo, Kebumen, dan Karanganyar dengan menggunakan parameter lama hujan anteseden (hari) dengan intensitas hujan (mm/hari). Menurut Muntohar (2009), berbagai hasil penelitian menentukan batas curah hujan dalam hal intensitas curah hujan, durasi dengan rasio intensitas curah hujan, curah hujan kumulatif pada waktu tertentu, rasio curah hujan dengan curah hujan harian, curah hujan sebelumnya dengan curah hujan rata-rata tahunan, dan curah hujan harian dengan maksimum rasio curah hujan sebelumnya.

Terjadinya tanah longsor yang disebabkan pengaruh curah hujan ekstrim merupakan sesuatu yang jelas, meskipun sangat sulit untuk menjelaskan secara tepat (Blong dan Dunkerley, 1976). Kesulitan tersebut muncul karena curah hujan hanya mempengaruhi stabilitas lereng secara tidak langsung terhadap kondisi air pori di dalam material pembentuk lereng. Selanjutnya Caine (1980) menggunakan istilah “pengaruh memicu” curah hujan terhadap tanah longsor. Namun dewasa ini kondisi curah hujan yang terjadi di Indonesia sangat sulit diprediksi dan sering mengalami kecacauan, hal tersebut diakibatkan fenomena iklim ekstrim seperti El Nino, La Nina maupun Dipole Mode.

El Nino dan La Nina merupakan suatu fenomena global yang kemunculannya dapat diperkirakan berdasarkan indikasi-indikasi dari beberapa parameter global seperti suhu permukaan laut (*Sea*

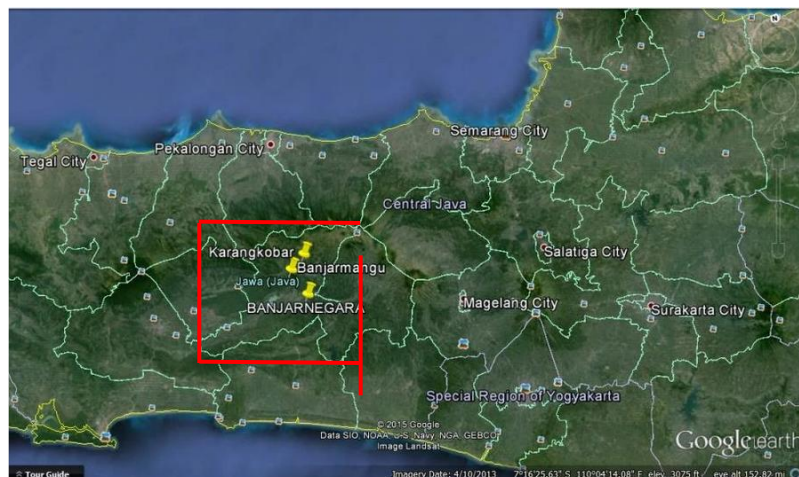
Surface Temperature/ SST). Jumlah penerima curah hujan yang turun pada jangka waktu tertentu di suatu wilayah dengan perubahan SST. Fenomena *El Nino Southern Oscillation (ENSO)* merupakan salah satu contoh nyata bahwa perubahan SST berpengaruh terhadap curah hujan. Pada saat terjadi *El Nino*, yaitu merupakan fase hangat dari ENSO, terjadi kenaikan SST dari kondisi normal di bagian tengah dan timur Samudera Pasifik tropik sehingga menyebabkan meningkatnya penerima curah hujan di wilayah Peru, Chili dan Ekuador. Sebaliknya di wilayah Indonesia, Papua Nugini dan sebagian Filipina mengalami penurunan penerimaan curah hujan dengan SST yang mengalami penurunan dari kondisi normal (Estiningtyas, 2007).

Perubahan SST diketahui memiliki pengaruh yang besar terhadap variabilitas curah hujan dan diduga terkait dengan perubahan pola anomali SST tersebut baik secara spasial maupun temporal. Beberapa hasil penelitian menunjukkan bahwa ada keterkaitan yang cukup jelas antara SST dengan kondisi curah hujan di suatu wilayah. Penelitian dari Prabowo & Nicholls dalam Faqih (2004) yang menyatakan bahwa iklim Indonesia dan Australia sangat berkaitan erat dengan wilayah Nino 3 dan 4. Hasil penelitian tersebut diperkuat oleh Hendon dalam Estiningtyas (2007) yang menyatakan bahwa variabilitas SST Nino 3.4 mempengaruhi 50% variasi curah hujan seluruh Indonesia sedangkan variabilitas SST di Laut India 10-15%. Menurut Boer, *etal* (1999) anomali suhu permukaan laut di wilayah Nino 3.4 (170° - 120° BB, 5° LU- 5° LS) memiliki hubungan yang lebih kuat terhadap anomali curah hujan bulan dan dibandingkan dengan anomali suhu permukaan laut di zonal lain, yaitu Nino 1+2, Nino 3 dan Nino 4. Hubungan yang erat antara kedua parameter tersebut memberikan indikasi yang baik sehingga memberikan peluang untuk memanfaatkannya menjadi informasi yang lebih aplikatif, contohnya adalah prakiraan curah hujan yang memiliki spesifikasi lokasi.

Dalam analisis tanah longsor, tantangan terbesar adalah mampu menjawab kapan (when), dimana (why) dan mengapa (why) suatu lereng longsor. Oleh karena itu kajian terhadap tanah longsor ini menjadi semakin menarik bila bisa menjawab ketiga hal tersebut (Liao *et al*, 2006). Pada penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh indeks iklim global terhadap curah hujan dan berusaha untuk menjawab pertanyaan kapan (when) longsor di Kabupaten Banjarnegara itu terjadi berdasarkan curah hujan ekstrem yang terjadi pada tanggal 4 Januari 2006 dan 12 Desember 2014.

2. DAERAH KAJIAN

Penelitian ini dilakukan di Kabupaten Banjarnegara, Jawa Tengah berdasarkan bencana longsor terbesar yang terjadi di Kecamatan Banjarnangu pada tanggal 4 Januari 2006 dan Kecamatan Karangobar pada tanggal 12 Desember 2014.



Gambar 1. Daerah kajian penelitian

3. DATA DAN METODE

3.1. Data

Data yang digunakan antara lain data *Sea Surface Temperature* (SST) Nino 3.4 diperoleh dari *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA) USA, data *Southern Oscillation Index* (SOI) diperoleh dari *Bureau of Meteorology* (BOM) Australia, dan curah hujan Kabupaten Banjarnegara tahun 1982 sampai 2014 diperoleh dari Balai Pengkajian Teknologi Pertanian (BPTP) Jawa Tengah sedangkan peta digital Rupa Bumi Indonesia (RBI) diperoleh dari Bakosurtanal.

3.2. Metode

3.2.1. Korelasi Sederhana

Korelasi Sederhana merupakan uji statistik yang dipergunakan untuk mengukur kekuatan hubungan 2 variabel dan juga untuk mengetahui bentuk hubungan antara 2 variabel tersebut dengan hasil yang sifatnya kuantitatif. Kekuatan hubungan antara 2 variabel yang dimaksud disini adalah apakah hubungan tersebut erat, lemah, ataupun tidak erat sedangkan bentuk hubungannya adalah apakah bentuk korelasinya linear positif ataupun linear negatif. Pada penelitian ini mengkorelasikan SST dan SOI dengan curah hujan. Rumus yang digunakan untuk menghitung koefisien korelasi sederhana adalah sebagai berikut :

$$r = \frac{n \sum xy - (\sum x)(\sum y)}{\sqrt{\{n \sum x^2 - (\sum x)^2\} \{n \sum y^2 - (\sum y)^2\}}} \dots\dots\dots 1$$

Dimana n = Banyaknya Pasangan data X dan Y
 $\sum x$ = Total Jumlah dari variabel X
 $\sum y$ = Total Jumlah dari variabel Y
 $\sum x^2$ = Kuadrat dari Total Jumlah Variabel X
 $\sum y^2$ = Kuadrat dari Total Jumlah Variabel Y
 $\sum xy$ = Hasil Perkalian dari Total Jumlah Variabel X dan Variabel Y

Tabel 1. Pedoman umum penentuan kriteria korelasi

r	Kriteria Hubungan
0	Tidak ada Korelasi
0 – 0.5	Korelasi Lemah
0.5 – 0.8	Korelasi Sedang
0.8 – 1	Korelasi Kuat/ erat
1	Korelasi Sempurna

3.2.2. Persamaan Empirik Ambang Hujan

Model hubungan intensitas – lama waktu hujan dituangkan menjadi suatu kurva yang disebut *I-D curve*. Kurva empirik tersebut adalah kurva batas bawah (*lower limit curve*) kejadian longsor pada saat hujan. Kurva ID dapat dituliskan dalam bentuk umum yaitu :

$$I = c + \alpha \cdot D^\beta$$

Dimana I = intensitas hujan,
D = lama waktu hujan,
c, α , β = parameter empirik

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hubungan Indeks Iklim Global dengan Curah Hujan Kabupaten Banjarnegara

Iklim global yang diwakili oleh data SOI dan SST dihubungkan dengan data curah hujan rata-rata bulanan dari 9 stasiun di Kabupaten Banjarnegara. Sembilan stasiun tersebut antara lain Klampok (36b), Karamgkemiri (56), Mandiraja (58), Purwanegara (58b), Wanadadi (60), Banjarnegara (62), Clangap (62e), Limbangan (63d), dan Pejawaran (66). Data SOI, SST maupun curah hujan merupakan data dari tahun 1982 sampai 2014 atau selama 33 tahun. Setelah datanya diolah, didapatkan hasil korelasi sebagai berikut :

Tabel 2. Hasil korelasi iklim global dengan curah hujan

Iklim Global	r Tahunan	r Musim Hujan	r Musim Kemarau
SST	0.4201	0.5153	-0.2537
SOI	-0.3045	-0.0836	0.8297

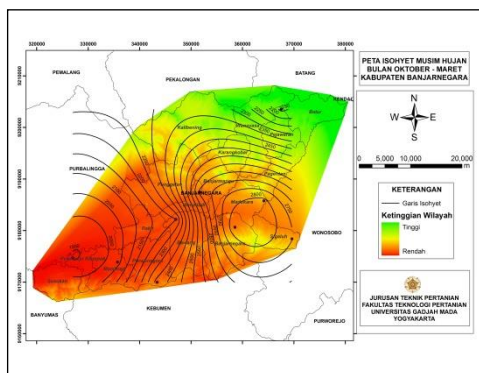
Tabel 3. Hubungan iklim global dengan curah hujan

Iklim Global	r Tahunan	r Musim Hujan	r Musim Kemarau
SST	Lemah	Sedang	Lemah
SOI	Lemah	Lemah	Kuat

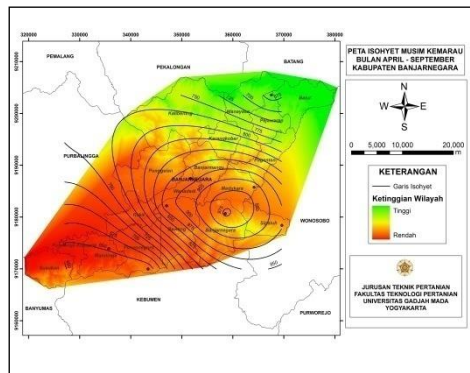
Indeks iklim global dari SST maupun SOI yang diperoleh dari hasil korelasi tahunan kurang begitu mewakili untuk dijadikan acuan curah hujan yang menyebabkan longsor, karena indeks yang diperoleh yaitu 0.4201 untuk SST dan -0.3045 untuk SOI, kedua indeks tersebut masih dinilai lemah. Sehingga perlu dicari indeks iklim global secara lebih spesifik lagi untuk tiap musim. Pada musim hujan diperoleh indeks iklim global dari SST yaitu 0.5153 dan pada musim kemarau yaitu -0.2537. Indeks yang mempunyai keterkaitan iklim global dengan curah hujan adalah pada musim hujan. Selanjutnya untuk indeks iklim global dari SOI pada musim hujan yaitu -0.0836 dan pada musim kemarau yaitu 0.8297, sehingga indeks yang mempunyai keterkaitan iklim global dengan curah hujan adalah pada musim kemarau.

4.2. Pola Curah Hujan Wilayah Kabupaten Banjarnegara

Dengan pola curah hujan wilayah dapat digunakan untuk mengklasifikasikan intensitas curah hujan dari bagian-bagian suatu wilayah tersebut. Sehingga dapat melihat potensi bencana longsor yang diakibatkan oleh hujan ekstrim. Selain itu wilayah Kabupaten Banjarnegara dibuat *Digital Elevation Model (DEM)* kemudian dibuat *relative relief* sehingga dapat digunakan sebagai parameter tanah longsor yang mencerminkan energi potensial untuk terjadinya *sliding* (luncuran massa menuruni lereng). Semakin tinggi suatu tempat maka energinya makin besar sehingga potensi longsor makin tinggi.

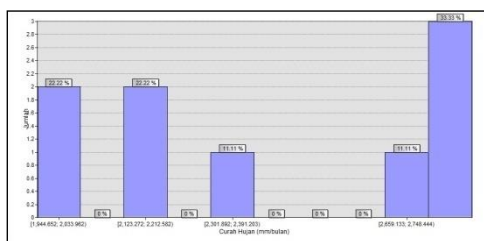


(a) Musim Hujan

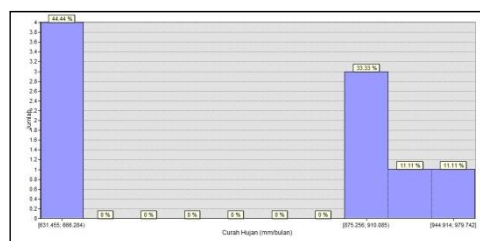


(b) Musim Kemarau

Gambar 2. Peta isohyet Kabupaten Banjarnegara : (a) musim hujan, (b) musim kemarau



(a) Musim Hujan



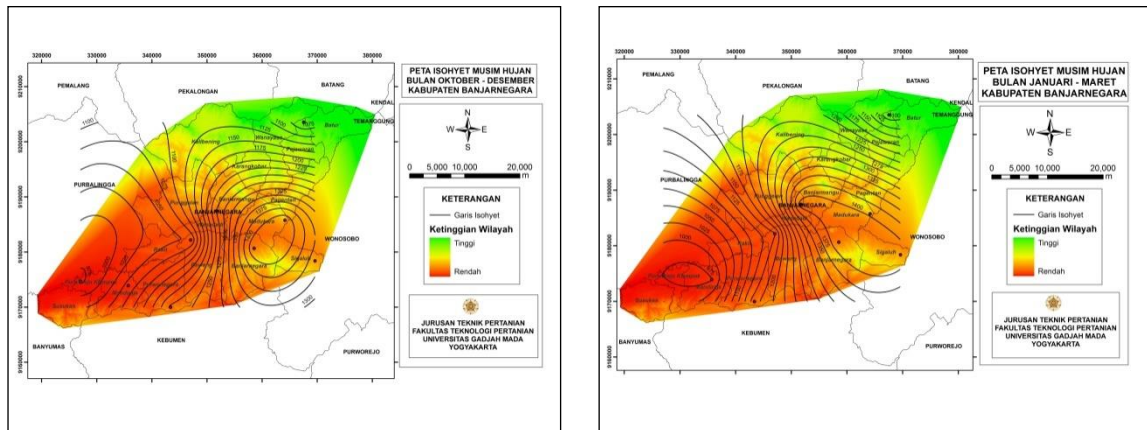
(b) Musim Kemarau

Gambar 3. Histogram curah hujan Kabupaten Banjarnegara: (a) musim hujan, (b) musim kemarau

Pada Gambar 2 dapat dilihat wilayah yang memiliki curah hujan tertinggi adalah wilayah Kecamatan Madukara, Sigaluh, dan Banjarnegara, akan tetapi daerah tersebut hanya sedikit memiliki daerah lereng. Sedangkan daerah yang memiliki curah hujan cukup tinggi dan daerah berlereng antara lain

Kecamatan Banjarmangu, Pagentan, Wanayasa, Karangkoar, dan Kalibening, sehingga wilayah tersebut memiliki potensi bencana longsor yang tinggi dilihat dari parameter curah hujan dan kelerengan. Dari Gambar 3 yaitu histogram curah hujan dari stasiun hujan di Kabupaten Banjarnegara menunjukkan curah hujan tinggi pada musim hujan daripada musim kemarau. Sehingga potensi longsor pada musim hujan sangat tinggi.

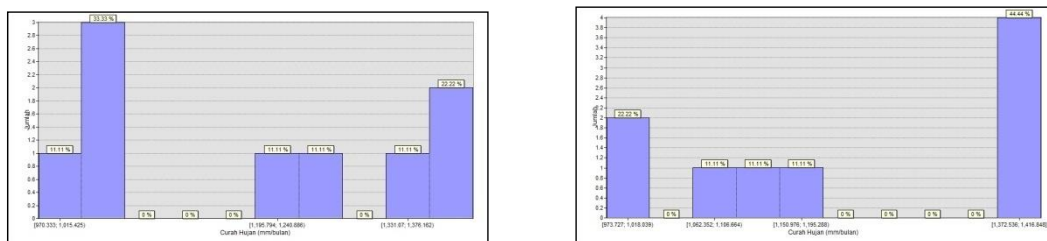
Terkadang pada musim hujan juga sulit memperkirakan terjadi hujan yang ekstrim, apakah pada 3 bulan awal atau 3 bulan akhir. Oleh sebab itu, dapat dianalisa lagi pola curah hujan wilayah pada musim hujan itu sendiri dengan membagi lagi menjadi 3 bulan awal yaitu Bulan Oktober sampai Desember (OND) dan 3 bulan akhir yaitu Januari sampai Maret (JFM).



(a) Oktober – November - Desember (OND)

(b) Januari – Februari - Maret (JFM)

Gambar 4. Peta isohyet musim hujan Kabupaten Banjarnegara: (a) Oktober – November - Desember (OND), (b) Januari – Februari - Maret (JFM)



(a) Oktober – November - Desember (OND)

(b) Januari – Februari - Maret (JFM)

Gambar 5. Histogram curah hujan musim hujan Kabupaten Banjarnegara: (a) Oktober – November - Desember (OND), (b) Januari – Februari - Maret (JFM)

Pada Gambar 4 dapat dilihat bahwa curah hujan antara OND dan JFM hampir sama akan tetapi wilayah yang memiliki curah hujan tertinggi pada musim hujan OND adalah wilayah Kecamatan Madukara, Sigaluh, dan Banjarnegara, sedangkan pada musim hujan JFM adalah wilayah Kecamatan Madukara, Sigaluh, Banjarnegara, Banjarmangu, dan Wanadadi. Daerah-daerah tersebut hanya sedikit memiliki daerah lereng, kecuali wilayah Kecamatan Banjarmangu. Sama seperti Gambar 2, daerah yang memiliki curah hujan cukup tinggi dan daerah berlereng antara lain Kecamatan Banjarmangu, Pagentan, Wanayasa, Karangkoar, dan Kalibening, sehingga wilayah tersebut memiliki potensi bencana longsor yang tinggi dilihat dari parameter curah hujan dan kelerengan. Dari gambar 5 yaitu histogram curah hujan dari stasiun hujan di Kabupaten Banjarnegara menunjukkan sebagian besar curah hujan tinggi terjadi pada 3 bulan akhir musim hujan yaitu Bulan Januari hingga Maret. Oleh karena itu perlu diwaspadai terjadinya hujan ekstrim penyebab longsor yang terjadi pada 3 bulan akhir musim hujan tersebut. Meskipun pada 3 bulan awal musim hujan juga dapat terjadi hujan ekstrim, seperti halnya terjadi pada tanggal 12 Desember 2014 di Kecamatan Karangkoar.

4.3. Model Ambang Hujan Empirik

Model ambang curah hujan yang digunakan adalah persamaan empirik yaitu dengan kurva I-D, I adalah intensitas hujan (mm/hari) dan D (hari) adalah lama hujan anteseden. Untuk memodelkan ambang hujan empirik di Kabupaten Banjarnegara tidak hanya mengacu pada bencana longsor di suatu saat, tetapi juga saat yang lain agar model yang dihasilkan lebih akurat. Oleh karena itu model ambang hujan empirik Kabupaten Banjarnegara dilakukan dengan memadukan bencana longsor terbesar yang terjadi pada Kecamatan Banjarmangu pada tanggal 4 Januari 2006 dan Kecamatan Karangobar pada tanggal 12 Desember 2014. Kemudian dihitung lama hujan anteseden pada stasiun hujan dan rata-rata curah hujan selama hujan anteseden tersebut berlangsung. Agar hasil yang didapatkan juga akurat maka stasiun hujan yang digunakan acuan penentuan model empirik adalah stasiun hujan yang letaknya dekat dengan terjadinya longsor di Kecamatan Banjarmangu maupun Karangobar.

Tabel 4. Data lama hujan anteseden dan intensitas hujan yang menyebabkan longsor di Kabupaten Banjarnegara pada tanggal 4 Januari 2006 dan 12 Desember 2014

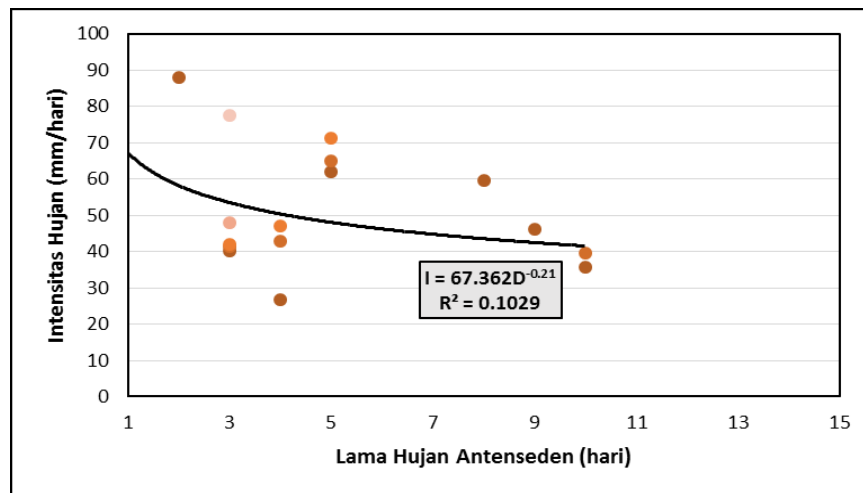
Tanggal Longsor	Stasiun Hujan	Lama Hujan Anteseden (hari)	Intensitas Hujan (mm/hari)
4 Januari 2006	Banjarnegara	9	46.1
	Clangap	10	39.5
	Limbangan	8	59.6
	Wanadadi	10	35.8
	Pejawaran	2	88
	Krikil	4	26.8
	Masaran	3	42
	Pungelan	3	40.3
	Karangobar	5	65
	Kalibening	3	48
12 Desember 2014	Banjarnegara	5	62
	Clangap	4	47
	Limbangan	3	77.7
	Wanadadi	4	43
	Pejawaran	5	71.4
	Krikil	3	41.3

Dari hasil pemodelan ambang hujan empirik berdasarkan data curah hujan pada saat kejadian longsor di Banjarnegara didapatkan persamaan empirik ambang hujan yaitu $I=67,362D^{-0,21}$. Dengan persamaan empirik tersebut dapat diperoleh perkiraan terjadinya bencana longsor. Hasil ini diharapkan bisa sebagai *early warning system* (EWS) di Kabupaten Banjarnegara.

Seperti yang dikemukakan Muntohar (2009), model empiric ambang hujan dapat dikembangkan menjadi sistem peringatan dini (*early warning system*/EWS) tanah longsor. EWS ini meliputi prakiraan dan pengukuran hujan (*forecasting and measurement*), pemantauan pada saat hujan dan kejadian longsor (*real-time monitoring*). Dengan demikian, ambang hujan pemicu longsor ini adalah elemen penting dalam EWS. Salah satu EWS yang pertama dikembangkan adalah oleh USGS dikawasan San Fransisco Bay. EWS ini didasarkan pada prakiraan jumlah curah hujan (*quantitative precipitation rainfall forecast/QPRF*) yang disediakan dari 40 jaringan pengukur curah hujan dari National Weather Service (masing-masing prakiraan dapat dilakukan untuk 6 jam kemudian) dengan jaringan telemetric lebih dari 40 alat pengukur curah hujan. Data ini kemudian dikombinasikan dengan ambang hujan pemicu longsor berdasarkan model empirik Kombinasi antara ambang hujan dengan datayangberasal dari pengamatandan pengukuran (*real-time monitoring*) pada jaringan telemetrik hujan dan prakiraan cuaca dapat digunakan untuk mengeluarkan peringatan dini tanah longsor. Prinsip dari sistem ini adalah bila hasil pengukuran curah hujan yang nyata dari waktu ke waktu berimpit atau sama dengan ambang hujan, maka peringatan kejadian longsor dikeluarkan.

Kemudian dari penelitian ini juga didapatkan indeks iklim global yang berkaitan dengan curah hujan. Sehingga jika dapat menambah parameter indeks iklim global dalam EWS tersebut, maka EWS akan

memiliki akurasi yang semakin tinggi dalam peringatan dini bahaya longsor. Penambahan indeks iklim global tersebut khususnya dilakukan pada EWS yang digunakan di wilayah-wilayah yang dipengaruhi oleh fenomena *ElNino Southern Oscillation* (ENSO), termasuk wilayah Kabupaten Banjarnegara dan wilayah-wilayah Indonesia lainnya.



Gambar 6. Persamaan empirik ambang hujan Kabupaten Banjarnegara

5. KESIMPULAN

Ada keterkaitan antara indeks iklim global dengan curah hujan di Kabupaten Banjarnegara dengan indeks 0.5153 pada musim hujan dan 0.8297 pada musim kemarau, sedangkan berdasarkan data curah hujan pada saat kejadian longsor di Kabupaten Banjarnegara didapatkan persamaan empirik ambang hujan yaitu $I = 67,362D^{-0,21}$. Sehingga dengan persamaan empirik tersebut dapat diperoleh perkiraan terjadinya bencana longsor

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Jurusan Teknik Pertanian UGM dan Balai Pengkajian Teknologi Pertanian (BPTP) Jawa Tengah yang telah memberikan data dan referensi kepada penulis.

DAFTAR PUSTAKA

- Aldrian, E., dan R. D. Susanto, (2003), Identification Of Three Dominant Rainfall Regions Within Indonesia and Their Relationship To Sea Surface Temperature, *International Journal Of Climatology, Int. J. Climatol*, 23, 1435-1452. Wiley InterScience.
- Blong, R. J. and Dunkerley, D. L. (1976). Landslides in the Razorback area, New South Wales, Australia. *Geogr. Ann.* 58A, 139-149.
- Boer, R., Notodipuro, K. A. and Las, I., (1999), Prediction of daily rainfall characteristic from monthly climate indicate, Paper presented at the second international conference on science and technology for the Assessment of Global Climate Change and Its impact on Indonesian Maritime Continent, 29 November- 1 December 1999.
- Caine, N., (1980), The rainfall intensity-duration control of shallow landslides and debris flows, *Geografiska Annaler*, 62A, 23-27.
- Estiningtyas W., F. Ramadhani, dan E. Aldrian, (2007), Analisis Korelasi Curah Hujan Dan Suhu Permukaan Laut Wilayah Indonesia, Serta Implikasinya Untuk Prakiraan Curah Hujan (Studi Kasus Kabupaten Cilacap), *Jurnal Agromet Indonesia*, 21(2), 46-60.

- Faqih,A., (2004), Analisis Korelasi Debit Air Masuk Musim Kemarau Pada Waduk Seri DAS Citarum Dengan Perubahan Suhu Permukaan Laut Global, *Jurnal Agromet Indonesia*, Volume XVIII No.1 Juni. Perhimp.
- Liao H.J., Ching J.Y., Lee W.F., and Wei J., (2006), Landslide along mountain roads in Taiwan. In Tham L-G, Chau K-T (eds): Proceeding of the Seminar on The State-of-the practice of Geotechnical Engineering in Taiwan and Hong Kong, 20 January 2006, Hong Kong: 75-99.
- Muntohar, Setyo Agus, (2009), Proposal Ambang Hujan Untuk Peringatan Dini Tanah Longsor. Disampaikan pada Seminar/Workshop Application Research for Disaster and Humanitarian di Yogyakarta pada tanggal 19 Desember 2009.
- Muntohar, Agus Setyo, (2010), *Tanah Longsor : Analisis, Prediksi, Mitigasi*. Yogyakarta : Omah Buku.

PEMANFAATAN CITRA MTSAT-2R, TRMM-2A12, DAN ASTER GDEM-2 UNTUK ESTIMASI CURAH HUJAN DI JAWA BAGIAN TENGAH

Hamim Zaky Hadibasyir^{1*} dan Hartono¹

¹ Prodi Kartografi dan Penginderaan Jauh, Fakultas Geografi UGM, Sekip Utara, Sleman, Yogyakarta 55281
Email: hamim.zaky.h@mail.ugm.ac.id, hartono.geografi@geo.ugm.ac.id

*Corresponding author: hamim.zaky.h@mail.ugm.ac.id

ABSTRAK

Data curah hujan merupakan data yang dibutuhkan dalam berbagai bidang. Integrasi citra MTSAT-2R dan TRMM-2A12 dapat digunakan untuk mengestimasi curah hujan (CH). Adapun citra ASTER GDEM-2 dapat memberikan gambaran relief permukaan bumi yang diduga dapat menunjang proses estimasi CH karena hujan dipengaruhi oleh kondisi topografi. Penelitian ini bertujuan mengkaji hubungan suhu puncak awan (SPA) dari MTSAT-2R dengan CH dari TRMM-2A12 guna menghasilkan CH (bulanan dan musiman) estimasi MTSAT-TRMM; mengetahui variabel topografi (elevasi, kemiringan lereng, arah hadap lereng) yang dapat menunjang estimasi CH dari citra ASTER GDEM-2; mengestimasi CH menggunakan regresi linier *stepwise*; dan mengkaji distribusi CH pada puncak musim hujan. Lokasi penelitian yaitu Provinsi Jawa Tengah dan Daerah Istimewa Yogyakarta pada Desember 2013, Januari 2014, Februari 2014. Metode yang digunakan yaitu regresi non linier antara SPA dari MTSAT-2R dengan intensitas hujan dari TRMM-2A12, penurunan variabel topografi melalui analisis zona, pencarian variabel yang menunjang estimasi CH menggunakan regresi linier *stepwise*, estimasi CH menggunakan regresi linier *stepwise*, dan analisis distribusi CH secara kualitatif. Hasil penelitian menunjukkan hubungan berkebalikan eksponensial antara SPA dengan CH dari TRMM-2A12. Proporsi lereng menghadap selatan yang diturunkan dari ASTER GDEM-2 dengan teknik analisis zona dapat menunjang estimasi CH Februari 2014. Estimasi CH dengan regresi linier *stepwise* memiliki nilai keakuratan yang lebih tinggi dibandingkan dengan CH estimasi MTSAT-TRMM tanpa regresi linier *stepwise* yang dibuktikan dengan lebih rendahnya nilai rerata RMSE. CH rendah terdistribusi di bagian tenggara, CH sedang terdistribusi di bagian selatan hingga timur laut, CH tinggi hingga sangat tinggi terdistribusi di bagian tengah dan utara wilayah kajian.

KATA KUNCI: analisis zona, regresi stepwise, MTSAT-2R, TRMM-2A12, ASTER GDEM-2

1. PENDAHULUAN

Peran hujan yang sangat banyak dalam berbagai aspek kehidupan dan variabilitasnya yang tinggi menyebabkan dibutuhkan data mengenai curah hujan (CH) yang memadai. Pengukuran secara in situ yang dilakukan oleh berbagai instansi pemerintah belum mampu menyediakan data curah hujan secara memadai yang disebabkan oleh jumlah penakar hujan yang tidak mencukupi, jaring-jaring penakar hujan yang kurang rapat, kesulitan menempatkan penakar hujan pada area yang memadai, gangguan angin lokal, dan proses *updraft* (Tjasyono, 2003). Hal ini diperburuk oleh adanya kesalahan karena alat (*instrumental error*) dan kesalahan yang berhubungan dengan cara pengambilan sampel atau disebut *sampling error* (Asdak, 2010).

Adanya citra TRMM-2A12 yang mampu memberikan data mengenai besarnya CH dalam satuan mm/jam sebanyak satu hingga dua kali perekaman dalam sehari untuk wilayah yang sama dan citra MTSAT-2R yang mampu memberikan data mengenai kondisi suhu kecerahan objek-objek di bumi atau dekat permukaan bumi (suhu puncak awan/SPA). Integrasi antara data CH dari TRMM-2A12 dan SPA dari MTSAT-2R mampu digunakan sebagai alternatif penyediaan data CH dengan resolusi spasial dan temporal yang tinggi. Selain itu, citra ASTER GDEM-2 yang memberikan informasi kondisi permukaan bumi dalam bentuk *digital surface model* (DSM) dapat digunakan untuk menurunkan data-data mengenai topografi seperti elevasi, kemiringan lereng, dan arah hadap lereng. Kemampuan CH estimasi dari penginderaan jauh memungkinkan untuk ditingkatkan kemampuannya apabila diintegrasikan dengan variabel topografi menggunakan regresi linier *stepwise* (Yin et al., 2004).

Jawa bagian tengah yang terdiri atas Provinsi Jawa Tengah dan Daerah Istimewa Yogyakarta menarik untuk dijadikan lokasi kajian estimasi curah hujan yang berkaitan dengan topografi karena reliefnya yang bervariasi. Oleh karena itu penelitian ini bertujuan untuk 1) mengkaji hubungan SPA dari MTSAT-2R dengan CH dari TRMM-2A12 guna menghasilkan CH (bulanan dan musiman) estimasi MTSAT-TRMM, 2) mengetahui variabel topografi (elevasi, kemiringan lereng, arah hadap lereng) yang dapat menunjang

estimasi CH dari citra ASTER GDEM-2, 3) mengestimasi CH menggunakan regresi linier *stepwise*, 4) mengkaji distribusi CH bulanan pada periode Desember 2013, Januari 2014, dan Februari 2014 di Jawa bagian tengah.

2. DATA YANG DIGUNAKAN

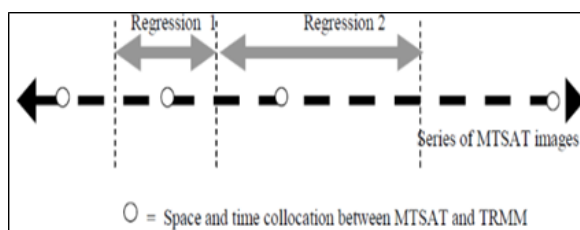
Data yang digunakan dalam penelitian ini yaitu citra MTSAT-2R, TRMM-2A12, ASTER GDEM-2, peta batas administrasi format *.shp dari Badan Informasi Geospasial, data CH bulanan (Desember 2013, Januari 2014, Februari 2014) dari stasiun hujan. *Software* yang digunakan yaitu ArcGIS 9.3, SPSS 16, Ilwis 3.7, Curve Expert 1.4.

3. METODE PENELITIAN

3.1. Pembuatan Peta CH Estimasi MTSAT-TRMM dari MTSAT-2R dan TRMM-2A12

Citra TRMM-2A12 memuat data tentang intensitas hujan (mm/jam) yang dalam sehari merekam wilayah yang sama sebanyak 1-2 kali sehari. Citra MTSAT-2R memuat data SPA dengan resolusi temporal 1 jam. Oleh karena itu diperlukan pembuatan persamaan regresi yang nantinya dapat diterapkan pada SPA MTSAT-2R setiap jamnya sehingga didapat peta CH estimasi dari MTSAT-TRMM. Adapun hubungan yang dibentuk yaitu model eksponensial $y = ae^{(b/x)}$ dengan y sebagai intensitas hujan (mm/jam) dari TRMM-2A12, a sebagai konstanta regresi, b sebagai *slope* regresi, e sebagai bilangan natural, dan x sebagai SPA dari MTSAT-2R (Maathuis, 2012). Pembuatan model regresi dilakukan pada waktu dimana terdapat kolokasi ruang dan waktu antara citra MTSAT-2R dengan TRMM-2A12. Guna meningkatkan nilai korelasi antara SPA dari MTSAT-2R dengan CH dari TRMM-2A12 maka digunakan teknik perataan 1 K seperti yang dilakukan oleh Maathuis (2012).

Model regresi dari SPA dengan CH adalah persamaan empiris sehingga harus senantiasa diperbarui dengan persamaan empiris yang lebih aktual. Adapun batasan persamaan regresi layak digunakan dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Jangka waktu persamaan regresi layak digunakan (Suseno, 2009)

Model regresi antara SPA dari MTSAT-2R dan curah hujan dari TRMM-2A12 hanya diterapkan pada piksel-piksel awan yang mempunyai potensi untuk menurunkan hujan. Hal tersebut dilakukan karena tidak semua awan yang terekam pada citra MTSAT-2R berpotensi menurunkan hujan. Adapun formula yang digunakan (Kidder et al., 2005) yaitu:

$$\text{Awan Potensi Hujan} = \text{IR1(K)} - \text{IR3(K)} < 11 \text{ K} \dots (1)$$

Setelah diterapkan pada seluruh waktu pengamatan, didapatlah CH estimasi MTSAT-TRMM per jam. Data curah hujan per jam tersebut selanjutnya diagregasikan sehingga menjadi data CH MTSAT-TRMM estimasi bulanan (bulan Desember 2013, Januari-Februari 2014) dan musiman (agregasi antara bulan Desember 2013, Januari-Februari 2014).

3.2. Pemilihan Sampel Stasiun Hujan

Stasiun hujan yang dijadikan sampel dibagi menjadi dua jenis. Pertama digunakan untuk membangun model regresi linier *stepwise* (50 stasiun) dan yang kedua digunakan sebagai stasiun untuk menguji akurasi (30 stasiun). Stasiun hujan yang telah terpilih menjadi stasiun untuk membangun model tidak akan dilibatkan menjadi stasiun untuk menguji akurasi, begitu pula sebaliknya sehingga stasiun-stasiun dari dua jenis sampel tersebut tidak identik satu sama lain.

3.3. Penurunan Variabel Topografi dari ASTER GDEM-2

Variabel topografi diturunkan dari ASTER GDEM-2 menggunakan teknik statistik zona dilakukan guna menghasilkan peta rerata elevasi dan kemiringan lereng sedangkan teknik tabulasi area dilakukan guna menghasilkan peta proporsi arah hadap lereng. Variabel topografi dibuat dengan resolusi spasial yang sama dengan MTSAT-2R (4 km) sehingga dapat dilakukan proses integrasi. Dalam setiap piksel luasan area 4 km tersebut terdapat nilai rerata elevasi (mdpal), rerata kemiringan lereng (% dan derajat), dan proporsi arah hadap lereng yang terdiri atas utara (0°-22,5° atau 337,5°-360°), timur laut (22,5°-67,5°), timur (67,5°-112,5°), tenggara (112,5°-157,5°), selatan (157,5°-202,5°), barat daya (202,5°-247,5°), barat (247,5°-292,5°), barat laut (292,5°-337,5°).

3.4. Estimasi CH Menggunakan Regresi Linier Stepwise

Setelah mendapatkan CH MTSAT-TRMM estimasi (bulanan dan musiman), pengolahan citra ASTER GDEM-2 (untuk mengekstraksi variabel-variabel yang berkaitan dengan topografi), pemilihan stasiun hujan sampel untuk membangun model maka langkah selanjutnya yaitu membuat model estimasi curah hujan bulanan dan musiman dengan mengintegrasikan variabel topografi menggunakan regresi linier *stepwise*. Pemilihan metode regresi linier *stepwise* didasarkan atas banyaknya variabel independen yang diduga mempengaruhi variabel dependen namun masing-masing belum diketahui tingkat korelasinya secara parsial dengan variabel dependen sehingga perlu dilakukan seleksi terhadap variabel-variabel independen yang benar-benar memiliki korelasi yang signifikan dengan variabel dependen (Quadratullah, 2013).

Model estimasi curah hujan nantinya berupa persamaan matematis yang memuat berbagai koefisien variabel independen guna mengestimasi nilai variabel dependen (curah hujan estimasi), baik secara bulanan maupun musiman. Variabel dependennya yaitu CH stasiun hujan (bulanan dan musiman), sedangkan variabel independen yang diduga dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Variabel independen yang digunakan

No	Nama Variabel	Keterangan
1	CH_MTSAT_TRMM	CH estimasi dari MTSAT dan TRMM periode bulanan/musiman
2	Mean_elev(mdpal)	Nilai elevasi rata-rata dalam <i>buffer</i> sejauh 2000 m
3	Mean_slpprs(%)	Nilai kemiringan lereng (%) rata-rata dalam <i>buffer</i> sejauh 2000 m
4	Mean_slpdgr(°)	Nilai kemiringan lereng (°) rata-rata dalam <i>buffer</i> sejauh 2000 m
5	Utara (%)	Proporsi luasan lereng yang menghadap ke utara dalam <i>buffer</i> sejauh 2000 m
6	Timurlaut (%)	Proporsi luasan lereng yang menghadap ke timur laut dalam <i>buffer</i> sejauh 2000 m
7	Timur (%)	Proporsi luasan lereng yang menghadap ke timur dalam <i>buffer</i> sejauh 2000 m
8	Tenggara (%)	Proporsi luasan lereng yang menghadap ke tenggara dalam <i>buffer</i> sejauh 2000 m
9	Selatan (%)	Proporsi luasan lereng yang menghadap ke selatan dalam <i>buffer</i> sejauh 2000 m
10	Baratdaya (%)	Proporsi luasan lereng yang menghadap ke barat daya dalam <i>buffer</i> sejauh 2000 m
11	Barat (%)	Proporsi luasan lereng yang menghadap ke barat dalam <i>buffer</i> sejauh 2000 m
12	Baratlaut (%)	Proporsi luasan lereng yang menghadap ke barat laut dalam <i>buffer</i> sejauh 2000 m
13	Datar (%)	Proporsi luasan lereng yang datar dalam <i>buffer</i> sejauh 2000 m

3.5. Uji Akurasi

Uji akurasi dilakukan pada CH estimasi MTSAT-TRMM (tanpa regresi linier *stepwise* dengan variabel topografi) dan pada CH estimasi hasil dari penerapan regresi linier *stepwise* terhadap data curah hujan dari stasiun yang telah terpilih sebagai stasiun sampel untuk uji akurasi, pada bulan Desember 2013, Januari-Februari 2014, dan musiman (agregasi Desember, Januari, dan Februari). Adapun rumus yang digunakan yaitu *Root Mean Square Error* (RMSE) sebagai berikut (Stanski et al., 1989):

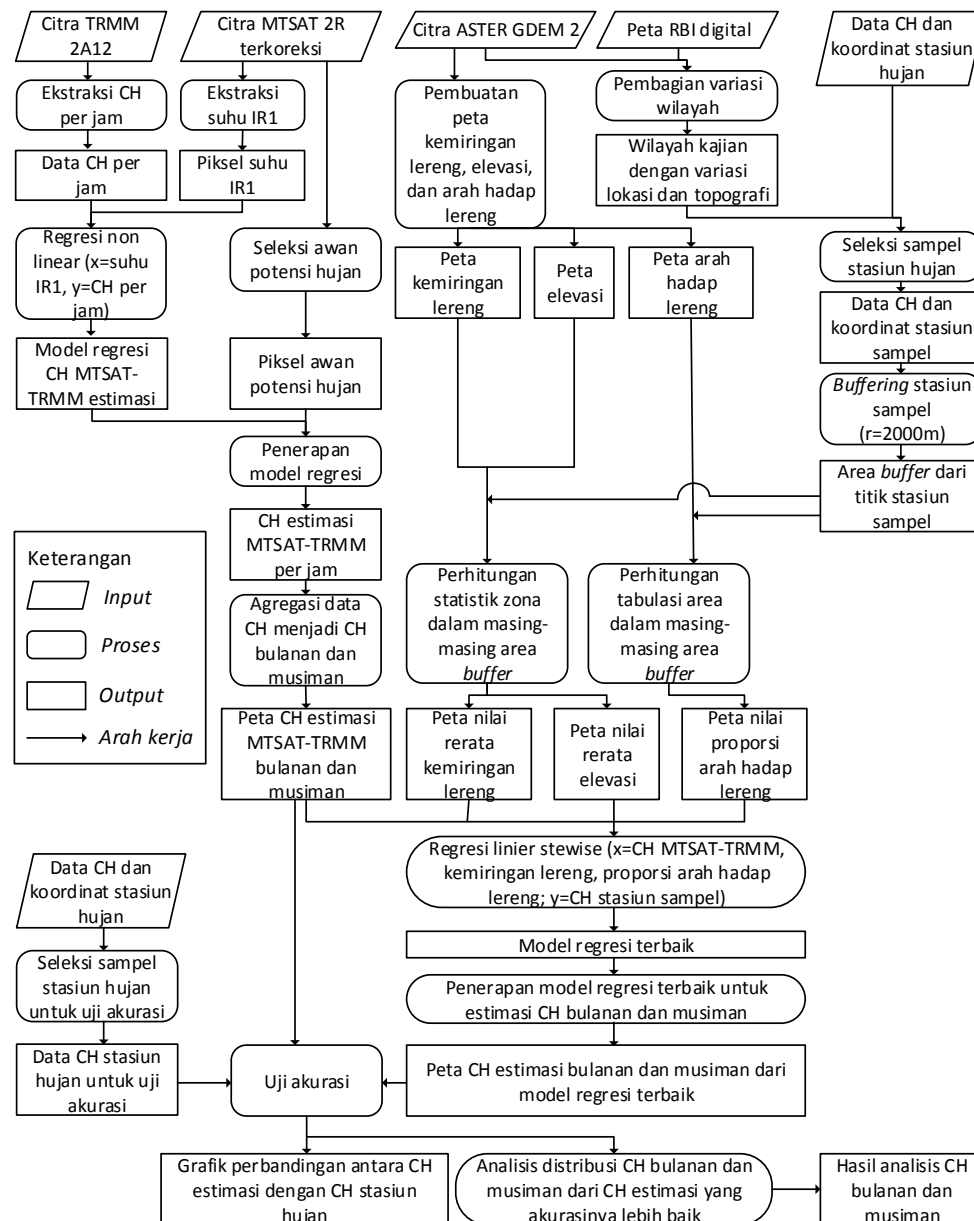
$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \left[\sum_{i=1}^N (E_i - O_i)^2 \right]}$$

Skor sempurna = 0 (2)

N adalah jumlah data, E_i adalah nilai CH estimasi, sedangkan O_i adalah CH observasi dari stasiun hujan.

3.6. Analisis Distribusi CH

Setelah didapatkan CH estimasi dari MTSAT-TRMM dan CH estimasi hasil regresi linier *stepwise* serta dilakukan uji akurasi, maka dilakukan analisis distribusi CH estimasi dari hasil estimasi yang lebih baik diantara kedua jenis estimasi yang dilakukan. Analisis dilakukan untuk periode bulanan maupun musiman. Diagram alir secara lengkap dapat dilihat pada Gambar 2.



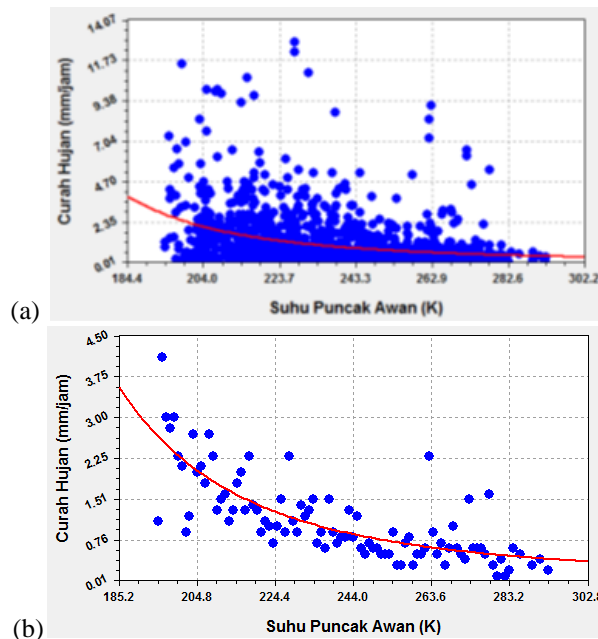
Gambar 2. Diagram alir penelitian

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hubungan SPA dari MTSAT-2R dengan CH dari TRMM-2A12 Guna Menghasilkan CH Estimasi MTSAT-TRMM

Hubungan antara SPA dari MTSAT dengan CH dari TRMM (tanpa perataan 1 K) dengan metode non linier eksponensial, diantaranya dapat dilihat pada Gambar 3(a) sedangkan hasil perataan 1 K dapat dilihat pada Gambar 3(b). Terlihat bahwa korelasi meningkat drastis setelah dilakukan perataan 1 K. Curah

hujan menunjukkan pola penurunan secara eksponensial seiring dengan meningkatnya SPA. Peta CH estimasi MTSAT-TRMM dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 3. (a) Contoh Hubungan SPA dengan CH (tanpa perataan) dengan $r = -0,32$, (b) Contoh Hubungan SPA dengan CH (perataan 1 K) dengan $r = -0,77$

4.2. Variabel Topografi yang Dapat Menunjang Estimasi CH dari Citra ASTER GDEM-2

Variabel topografi yang dapat menunjang estimasi CH diperoleh dari uji regresi linier *stepwise*. Hasil uji regresi untuk menghasilkan CH regresi linier *stepwise* dengan variabel dependen berupa CH stasiun hujan dan variabel independen berupa CH estimasi MTSAT-TRMM, rerata elevasi, rerata kemiringan lereng, proporsi arah hadap lereng dapat dilihat pada Tabel 2.

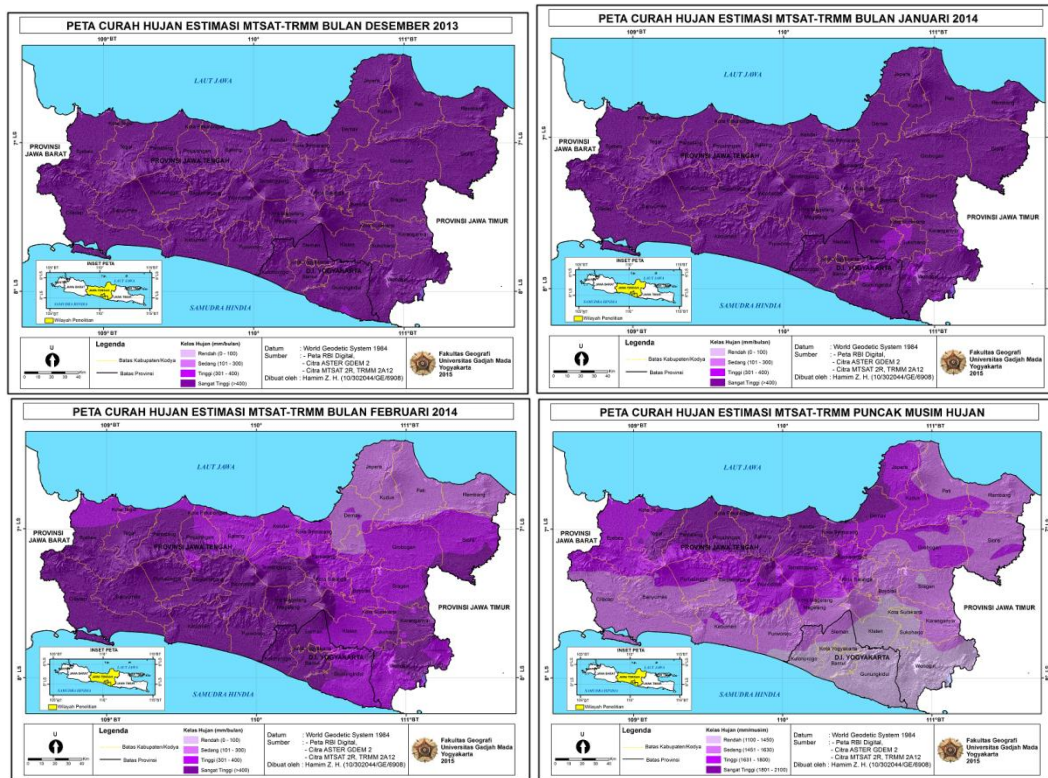
Tabel 2. Hasil uji regresi linier *stepwise*

No	Periode	Variabel Independen Terpilih*	Std Error of Estimate (mm)	STDEV CH stasiun hujan (mm)	Sig. ANOVA	r	R ²
1	Desember	-	-	188	-	-	-
2	Januari	MTSAT_TRMM_JAN14	251	352	0,00001	0,709	0,503
3	Februari	Selatan	170	190	0,006	0,386	0,149
4	Musiman	MTSAT_TRMM_DJF	474	533	0,00001	0,475	0,226
Persamaan regresi linier <i>stepwise</i> :							
Desember2013 = tidak ada							
Januari2014 = $-454,579 + 1,623*(MTSAT_TRMM_JAN14)$							
Februari2014 = $527,124 - 15,674*(Selatan)$							
MusimanDJF = $-1215,951 + 1,532*(MTSAT_TRMM_DJF)$							
*Derajat kepercayaan yang digunakan adalah 95%							

Pada bulan Desember tidak ada variabel yang mempengaruhi variabel dependen dalam taraf 95%. Adapun pada bulan Februari ditemukan bahwa CH estimasi MTSAT-TRMM tidak signifikan pengaruhnya. Oleh karena itu, CH estimasi MTSAT-TRMM tetap dimasukkan pada model regresi bulan Desember dan Februari. Hal tersebut dilakukan karena pada dasarnya hujan turun dari awan dan kondisi perawanan itu sendiri direpresentasikan melalui CH estimasi MTSAT-TRMM. Hasil uji regresi linier *stepwise* modifikasi dapat dilihat pada Tabel 3.

Model regresi linier *stepwise* modifikasi pada bulan Desember tidak layak digunakan karena nilai Sig. ANOVA bernilai $> 0,05$ dan nilai *standard error of estimate* yang lebih dari standar deviasinya

sedangkan model regresi bulan Januari, Februari, dan musiman layak digunakan. Kemampuan model regresi dalam menggambarkan variabilitas variabel dependen dapat dianalisis berdasarkan nilai R^2 . Nilai R^2 Desember hanya sebesar 0,3% sehingga dapat dikatakan model regresi hanya mampu menggambarkan variabilitas variabel dependen sebesar 0,3% sedangkan yang 99,7% dipengaruhi oleh variabel lain di luar model regresi. Adapun untuk bulan Januari, Februari, musiman dapat dilihat bahwa model regresi mampu menggambarkan variabilitas dari variabel dependen yang dalam hal ini adalah CH stasiun hujan sebesar 50,3%; 19,3%; 22,6% secara berturut-turut.



Gambar 4. Peta CH estimasi MTSAT-TRMM Desember, Januari, Februari, dan Musiman

Tabel 3. Hasil uji regresi linier *stepwise* modifikasi

No	Periode	Variabel Independen	Std Error of Estimate (mm)	STDEV CH stasiun hujan (mm)	Sig. ANOVA	r	R^2
1	Desember	MTSAT_TRMM_DES13	190	188	0,697	0,057	0,003
2	Januari	MTSAT_TRMM_JAN14	251	352	0,00001	0,709	0,503
3	Februari	MTSAT_TRMM_FEB14, Selatan	175	190	0,006	0,440	0,193
4	Musiman	MTSAT_TRMM_DJF	474	533	0,00001	0,475	0,226
Persamaan regresi linier <i>stepwise</i> dengan modifikasi:							
Desember2013 = $310,154 + 0,160 * (MTSAT_TRMM_DES13)$							
Januari2014 = $-454,579 + 1,623 * (MTSAT_TRMM_JAN14)$							
Februari2014 = $350,176 + 0,504 * (MTSAT_TRMM_FEB14) - 16,352 * (Selatan)$							
MusimanDJF = $-1215,951 + 1,532 * (MTSAT_TRMM_DJF)$							

4.3. Hasil Estimasi CH Menggunakan Regresi Linier Stepwise

Peta CH estimasi regresi linier *stepwise* modifikasi dapat dilihat pada Gambar 5. Adapun hasil uji akurasi dapat dilihat pada Gambar 6. Rerata RMSE dari CH estimasi MTSAT-TRMM adalah 204, 243, 147, 518 untuk periode Desember, Januari, Februari, dan musiman secara berturut-turut. Adapun rerata RMSE dari CH regresi linier *stepwise* modifikasi sebesar 72, 190, 124, 400 untuk periode yang sama secara berturut-turut. Pada semua periode, terlihat bahwa rerata RMSE CH regresi *stepwise* modifikasi memiliki nilai yang lebih rendah dibanding rerata RMSE CH estimasi MTSAT-TRMM. Hal tersebut menunjukkan bahwa keakuratan CH regresi *stepwise* modifikasi lebih tinggi daripada CH estimasi MTSAT-TRMM.

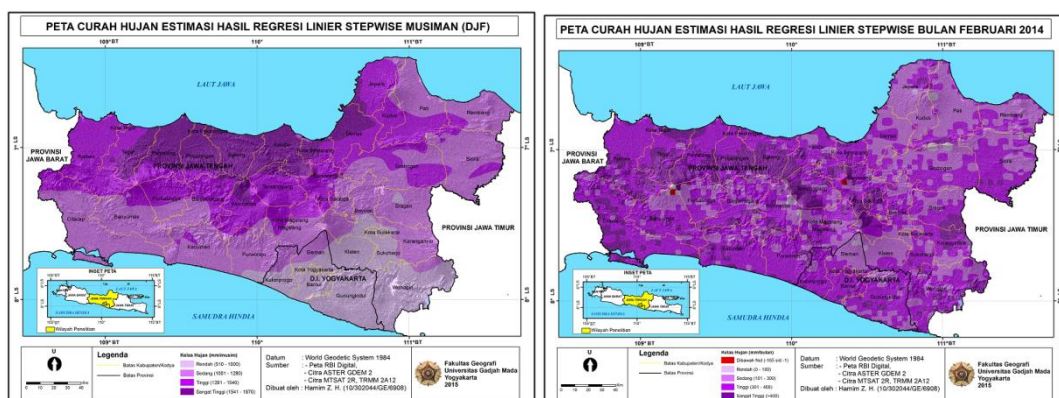
Nilai *overestimate* pada beberapa pengamatan dapat disebabkan oleh banyaknya awan potensi hujan hasil algoritma Kidder et al., (2005) yang belum berpotensi menurunkan hujan namun sudah diidentifikasi sebagai awan berpotensi hujan. Hal ini telah dibuktikan oleh Suseno (2009) yang menunjukkan bahwa CH estimasi MTSAT-TRMM memiliki nilai *probability of detection* yang tinggi tetapi juga memiliki nilai *false alarm ratio* yang tinggi. Adapun nilai *underestimate* pada beberapa pengamatan dapat disebabkan oleh adanya hujan deras dengan durasi singkat (kurang dari 1 jam) sehingga penakar hujan tetap dapat merekam dengan baik namun MTSAT-2R gagal merekamnya karena resolusi temporalnya 1 jam.

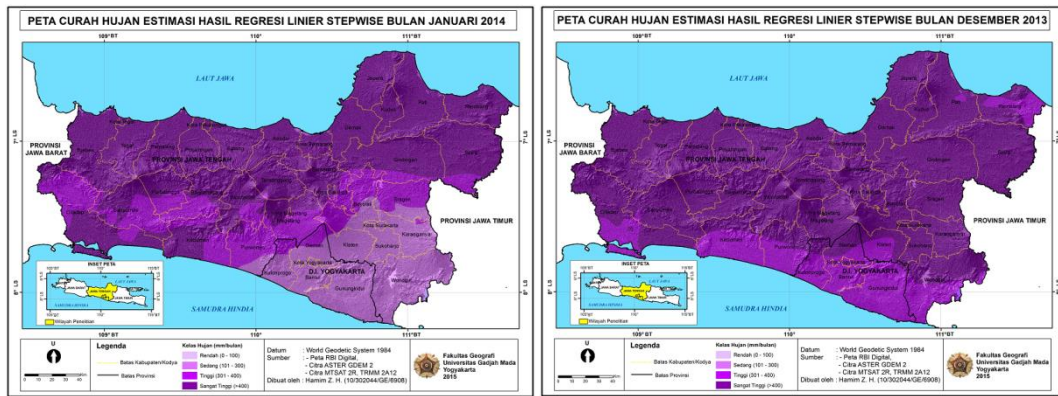
4.4. Distribusi CH Bulanan dan Musiman Periode Desember 2013, Januari 2014, dan Februari 2014 di Jawa Bagian Tengah

Analisis distribusi CH dilakukan berdasarkan CH estimasi regresi linier *stepwise* modifikasi yang notabene memiliki akurasi yang lebih tinggi dibanding CH estimasi MTSAT-TRMM. Pada Desember 2013, curah hujan hanya terdiri atas kelas tinggi dan sangat tinggi. Kelas tinggi cenderung terdapat di bagian selatan wilayah penelitian meliputi sebagian besar wilayah Wonogiri, Provinsi D.I. Yogyakarta, Kebumen, Purworejo, dan sebagian kecil Cilacap. Adapun kelas tinggi zona utara yang terdapat di sebagian Rembang. Selebihnya curah hujan termasuk kelas sangat tinggi. Pada Januari 2014, curah hujan kelas sedang cenderung dominan pada bagian tenggara wilayah penelitian meliputi Wonogiri, Sukoharjo, Karanganyar, Klaten, dan Provinsi D.I. Yogyakarta. Adapun curah hujan kelas tinggi terdapat di sebelah barat dan utara zona hujan kelas sedang dan ditambah dengan yang berada di bagian barat wilayah penelitian, tepatnya di rangkaian Pegunungan Serayu Selatan. Seperti pada periode Desember 2013, pada periode Januari 2014 curah hujan dominan kelas sangat tinggi.

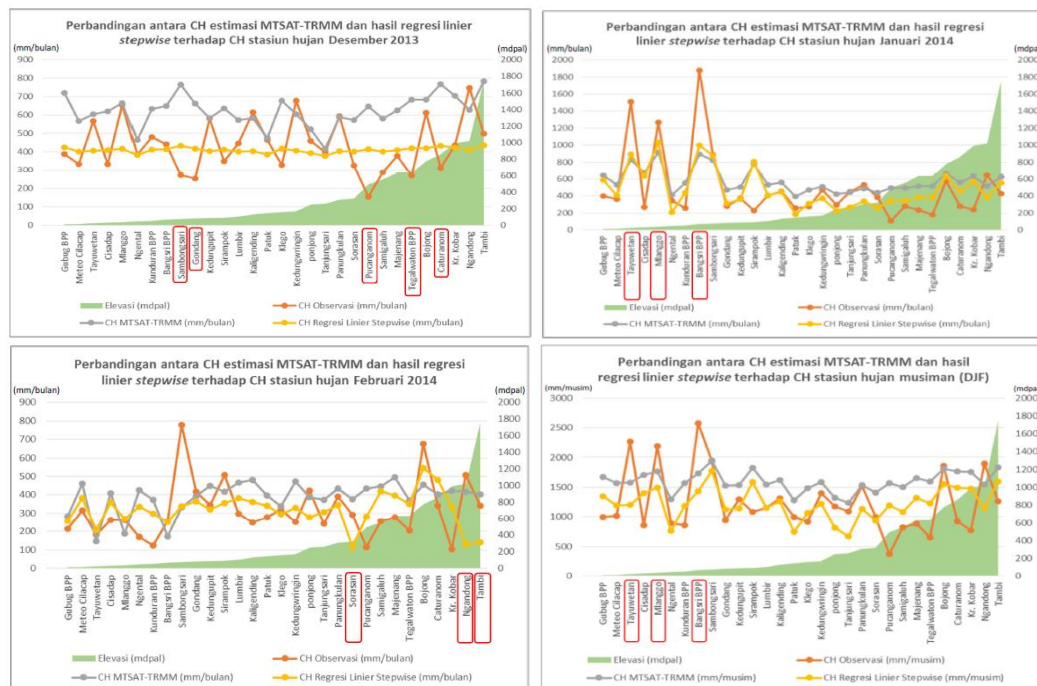
Pada Februari 2014, curah hujan terdiri atas kelas 5 kelas yaitu di bawah nol, rendah, sedang, tinggi, dan sangat tinggi. Curah hujan sangat tinggi terdapat di bagian tengah wilayah penelitian sisi utara yang berupa rangkaian perbukitan dan pegunungan. Adapun curah hujan kelas sedang dan tinggi memiliki distribusi yang cukup merata hampir di seluruh bagian wilayah penelitian. Curah hujan rendah banyak mendominasi zona tengah yang lerengnya menghadap ke selatan. Hal ini terjadi karena berdasarkan model regresi linier *stepwise* Februari 2014, proporsi arah hadap lereng selatan memiliki hubungan berbanding terbalik dengan curah hujan sehingga tempat yang dominan menghadap selatan akan memiliki curah hujan rendah. Curah hujan bernilai negatif dijumpai di lereng selatan Gunung Slamet dan Gunung Ungaran. Kesalahan estimasi tersebut dapat terjadi karena masih kurang kuatnya korelasi yang ditimbulkan (-0,386) sehingga masih kurang mampu menggambarkan variabilitas curah hujan aktual dengan cukup baik.

Pada periode musiman (puncak musim hujan), curah hujan rendah terdistribusi di bagian tenggara wilayah kajian sedangkan curah hujan kelas sedang terdistribusi di bagian selatan mulai dari Cilacap hingga Magelang dan di bagian timur yang meliputi Pati, Rembang, Blora, Sragen, Grobogan, dan Karanganyar





Gambar 5. Peta CH estimasi hasil regresi modifikasi Desember, Januari, Februari, dan Musiman



Gambar 6. Hasil uji akurasi Desember, Januari, Februari, dan Musiman

Curah hujan kelas tinggi dan sangat tinggi mendominasi pada bagian utara wilayah kajian mulai dari Pemalang hingga utara Demak dan juga pada zona tengah wilayah penelitian yang memiliki relief berbukit dan bergunung. Efek orografis yang terlihat mencolok terdapat di sekitar Gunung Muria dimana sebelah barat laut hingga selatannya memiliki curah hujan lebih tinggi dibandingkan dengan yang terdapat di sisi timur. Berdasarkan kondisi angin, pada bulan Desember, Januari, Februari bertiup angin muson barat di Pulau Jawa. Dengan demikian hal tersebut dapat menjadi sebab Kabupaten Jepara dan Kudus cenderung menjadi wilayah tangkapan hujan sedangkan Kabupaten Pati sebagai bayangan hujan.

Pada puncak musim hujan terlihat bahwa curah hujan di zona utara wilayah kajian cenderung memiliki curah hujan yang relatif lebih tinggi dibanding zona selatan. Hal tersebut dapat disebabkan oleh dua hal. Pertama, yaitu morfologi garis pantai di utara cenderung berbentuk cekung. Menurut Prawirowardoyo (1996) garis pantai yang cekung dapat memperkuat konvergensi angin darat. Konvergensi angin darat yang kuat tersebut dapat memungkinkan terjadinya kondisi perawanan di sisi utara yang lebih intensif dibandingkan zona selatan yang garis pantainya cenderung tidak berbentuk cekung. Alasan kedua yaitu zona utara merupakan dilewati jalur pantai utara yang notabeneanya menghubungkan kota-kota besar di Jawa. Adanya jalur pantura tersebut mengakibatkan perkembangan lahan terbangun dan aktivitas transportasi di zona utara lebih intensif dibandingkan zona selatan. Intensifnya perkembangan lahan terbangun dapat mengakibatkan rendahnya nilai albedo sehingga banyak radiasi matahari yang diserap oleh permukaan sehingga proses pengangkatan konvektif di zona utara lebih intensif dibandingkan zona selatan.

Konvergensi yang diperkuat oleh angin darat pada garis pantai berbentuk cekung dan aktivitas konvektif yang intensif sebagai akibat dari perkembangan lahan terbangun dapat menyebabkan zona utara wilayah penelitian memiliki kondisi perawanan yang lebih intensif dan berimplikasi pada tingginya curah hujan.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian pada bab-bab sebelumnya, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. SPA dari MTSAT-2R dengan CH dari TRMM-2A12 menghasilkan hubungan yang berbanding terbalik eksponensial. Adapun teknik agregasi nilai SPA sebesar 1 K dapat meningkatkan nilai korelasi.
2. Variabel topografi yang memenuhi tingkat signifikansi untuk menunjang proses estimasi CH menggunakan model regresi linier *stepwise* hanya proporsi arah hadap lereng di bulan Februari 2014. Pada periode Januari dan musiman bukan variabel topografi yang memenuhi tingkat signifikansi untuk masuk ke dalam model regresi linier *stepwise* melainkan CH estimasi MTSAT-TRMM, sedangkan pada periode Desember 2013 tidak ada variabel yang memenuhi tingkat signifikansi untuk masuk ke model regresi linier *stepwise*.
3. Hasil estimasi CH pada semua periode terlihat bahwa rerata RMSE CH regresi linier *stepwise* modifikasi memiliki nilai yang lebih rendah dibanding rerata RMSE CH estimasi MTSAT-TRMM.
4. Pada periode puncak musim hujan (agregasi Desember, Januari, Februari) CH rendah terdistribusi di bagian tenggara, CH sedang terdistribusi di bagian selatan hingga timur laut, CH tinggi hingga sangat tinggi terdistribusi di bagian tengah dan utara wilayah Jawa bagian tengah.

DAFTAR PUSTAKA

- Asdak, C. (2010), *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Alirah Sungai*, Yogyakarta, Gadjah Mada University Press.
- Kidder, S.Q., Kankiewicz, J.A., and Eis, K.E. (2005). *Meteosat Second Generation Cloud Algorithms for Use at AFWA* [Internet]. [accessed 10 August 2014]. Available from http://cat.cira.colostate.edu/kidder/BACIMO_2005.pdf
- Maathuis, B.H.P. (2012). *From Cloud Top Temperature to Rainfall : Blending MSG and TRMM* [Internet]. [accessed 20 February 2015]. Available from <http://www.itc.nl/Pub/WRS/WRS-GEONETCast/Application-manual.html>
- Prawirowardoyo, S. (1996), *Meteorologi*, Bandung, Penerbit ITB.
- Qudratullah, M.F. (2013), *Analisis Regresi Terapan*, Yogyakarta, Penerbit ANDI.
- Stanski, H.R., Wilson, L.J., and Burrows, W.R. (1989), *Survey of Common Verification Method in Meteorology*, Ontario, Atmospheric Environment Service.
- Suseno, D. P. W. (2009), *Geostationary Satellite Based Rainfall Estimation for Hazard Studies and Validation : A Case Study of Java Island, Indonesia*, Master thesis, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Tjasyono, B. (2003), *Geosains*, Bandung, Penerbit ITB.
- Yin, Z.-Y., X. Liu, X. Zhang, dan C.-F. Chung. (2004), Using a geographic information system to improve Special Sensor Microwave Imager precipitation estimates over the Tibetan Plateau, *Journal of Geophysical Research*, 109, D03110.

NOTULENSI DISKUSI SESIKAJIAN METEOROLOGI DAN KLIMATOLOGI

Judul Makalah:

PEMANFAATAN CITRA MTSAT-2R, TRMM-2A12, DAN ASTER GDEM-2 UNTUK ESTIMASI CURAH HUJAN DI JAWA BAGIAN TENGAH

Hamim Zaky Hadibasyir, Hartono

Pertanyaan Oleh:Ruslisan (mahasiswa geografi UGM)

Apakah setiap parameter dilakukan uji akurasi?

Jawaban:

Uji akurasi pada parameter tidak dilakukan.

Judul Makalah:

PEMANFAATAN DATA MULTI SATELIT ALTIMETRI UNTUK KAJIAN KENAIKAN MUKA AIR LAUT PERAIRAN PULAU JAWA DARI TAHUN 1995 s.d 2014

Isna Uswatun Khasanah, Leni S. Heliani, Abdul Basith

Pertanyaan Oleh:Ruslisan (mahasiswa geografi UGM)

Apa saja koreksi yang dilakukan terkait kenaikan muka air laut?

Jawaban:

Terkait kenaikan muka air laut dilakukan koreksi geofisik dan koreksi data outlier. Koreksi geofisik yaitu koreksi kesalahan yang disebabkan oleh atmosfer dan pasang surut air laut. Koreksi data outlier yaitu data hasil koreksi geofisik masih ada data yang “loncat”. Sedangkan kemunduran garis pantai belum dilakukan penelitian.

Pertanyaan Oleh:Devi (mahasiswa geodesi UGM)

Apa fungsi EGM 96 dan darimanakah undulasi geoid diperoleh?

Jawaban:

EGM digunakan untuk memudahkan pengolahan data, dan undulasi geoid dari data EGM 96 akan diperoleh undulasi.

KAJIAN VEGETASI DAN KEHUTANAN

K5B - RUANG SIDANG 2 PUSPICS,
26 NOVEMBER 2015 (13.00 – 14.15)

031 KAJIAN HUBUNGAN ANTARA *FRACTIONAL VEGETATION COVER* (FVC) DENGAN TINGKAT EROSI BERBASIS *REVISED UNIVERSAL SOIL LOSS EQUATION* (RUSLE) DI DAS GESING MELALUI ANALISIS CITRA LANDSAT-8 OLI DAN SIG RASTER

Diwyacitta Dirda Gupita, Sigit Heru Murti B.S.

051 ESTIMASI STOK KARBON HUTAN MANGROVE KAWASAN SEGORO ANAK PADA KAWASAN TAMAN NASIONAL ALAS PURWO BANYUWANGI, JAWA TIMUR

Hendry Frananda, Nursida Arif

072 PEMODELAN ALOS PALSAR UNTUK ESTIMASI KANDUNGAN BIOMASSA ATAS PERMUKAAN DAN KARBON TEGAKAN HUTAN BERDASARKAN HABITAT DI SEBAGIAN TAMAN NASIONAL KERINCI SEBLAT PROVINSI SUMATERA BARAT

Nirmawana Simarmata, Hartono

099 PEMETAAN KEMAMPUAN LAHAN DAN INDEKS POTENSI LAHAN UNTUK ARAHAN PENGGUNAAN LAHAN PERTANIAN DENGAN MENGGUNAKAN PENGINDERAAN JAUH DAN SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS

Trihatmaja Adi Nugraha, Rukiyya Sri Rayati Harahap, Ainil Mardhiah, M. Randy Aswin, Anugerah Ramadhian A.P, Prayoga Try Sagita, Azzadiva Ravi Sawungrana Wirastuti Widyatmanti

119 PENGARUH RESOLUSI SPASIAL CITRA PENGINDERAAN JAUH TERHADAP ESTIMASI LEAF AREA INDEX MANGROVE DI KEPULAUAN KARIMUNJAWA JAWA TENGAH

Muhammad Kamal, Pramaditya Wicaksono, Wahyu Dimar Anggara, Muhammad Hafizt

KAJIAN HUBUNGAN ANTARA *FRACTIONAL VEGETATION COVER (FVC)* DENGAN TINGKAT EROSI BERBASIS *REVISED UNIVERSAL SOIL LOSS EQUATION (RUSLE)* DI DAS GESING MELALUI ANALISIS CITRA LANDSAT-8 OLI DAN SIG RASTER

Diwyacitta Dirda Gupita^{1*}, Sigit Heru Murti B.S.²

¹ Prodi Kartografi dan Penginderaan Jauh, Fakultas Geografi UGM, Sekip Utara, Sleman, Yogyakarta 55281

Email: diwyacitta.dirda.g@mail.ugm.ac.id

² PUSPICS Fakultas Geografi UGM, Sekip Utara, Sleman, Yogyakarta 55281

Email: sigit.heru.m@ugm.ac.id

ABSTRAK

Erosi merupakan suatu fenomena alam yang kejadiannya dapat memberikan dampak negatif terhadap kemampuan lahan, khususnya apabila prosesnya dipercepat. Berbagai faktor mampu memberikan kontribusi terhadap laju erosi yang terjadi di dalam suatu wilayah, dan salah satunya adalah vegetasi. Di antara berbagai faktor yang dipertimbangkan dalam model estimasi erosi atau kehilangan tanah, penutupan vegetasi dapat dikalkulasi dari atribut jenis penutupan lahan melalui tabel konversi. Penelitian ini mencoba mengkaji hubungan antara nilai laju erosi dengan kerapatan vegetasi yang tidak diperoleh melalui pendekatan jenis penutup lahan, melainkan diperoleh dari hasil korelasi antara indeks vegetasi dengan pengukuran kerapatan di lapangan di Sub-DAS Gesing, Kabupaten Purworejo. Untuk memperoleh gambaran yang lebih rinci, model estimasi berbasis *RUSLE (Revised Universal Soil Loss Equation)* dan model estimasi kerapatan vegetasi dijalankan dengan model berbasis raster. Pada model *RUSLE* ini: (a) faktor erodivitas diperoleh melalui interpolasi spasial data hujan per bulan yang dikumpulkan dari 10 stasiun hujan, (b) faktor panjang dan kemiringan lereng diekstrak dengan bantuan model *flow accumulation*, (c) faktor erodibilitas tanah diperoleh dari 35 sampel di lapangan yang kemudian diinterpolasi spasial dengan metode Kriging, dan (d) faktor pengelolaan tanaman (C) diperoleh melalui analisis regresi antara NDVI dengan C asutmf. Di sisi lain, untuk pemetaan kerapatan vegetasi, digunakan *FVC (Fractional Vegetation cover)*, yang rumusnya adalah $(NDVI - NDVI_{min}) / (NDVI_{max} - NDVI_{min})$. Hasil akhir dari penelitian ini memperkuat teori bahwa laju erosi di daerah penelitian bervariasi tidak hanya tergantung pada kerapatan vegetasi.

KATA KUNCI: *RUSLE*, *FVC*, erosi, kerapatan vegetasi

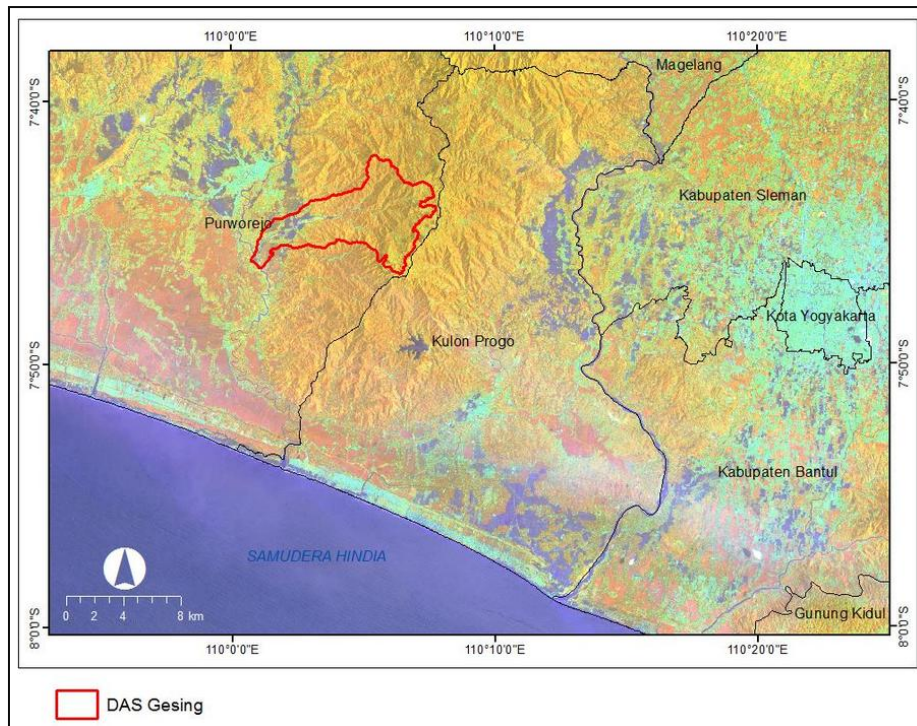
1. PENDAHULUAN

Erosi merupakan salah satu permasalahan lingkungan yang harus ditanggulangi. Fenomena alam ini menjadi penyebab utama terbentuknya lahan kritis, terutama jika didukung oleh tingginya intensitas dan jumlah curah hujan (Abdurachman dan Sutono, 2002, dalam Sulisty, 2011). Erosi yang terjadi di dalam DAS pada dasarnya dipengaruhi oleh empat faktor: iklim, sifat tanah, topografi, dan vegetasi penutup lahan (Blanco dan Lal, 2008). Berkaitan dengan pengaruh vegetasi terhadap laju erosi, Morrow *et al* (2014) menjabarkan secara singkat pengaruh vegetasi terhadap erosi. Faktor kanopi berhubungan dengan kemampuan vegetasi dalam mengintersepsi air hujan yang mampu mengurangi energi penyebab terjadinya erosi percik (*raindrop erosion* atau *splash erosion*). Limpasan permukaan dapat menyebabkan erosi lembar (*sheet erosion*) dan dapat dihambat dengan adanya tutupan permukaan tanah seperti vegetasi rerumputan, sersah dedaunan, dan residu vegetasi lain. Faktor akar tanaman memberikan pengaruh pada tingkat infiltrasi air hujan, dimana air hujan yang jatuh akan masuk ke dalam pori-pori tanah yang disediakan oleh akar tanaman. Akar tanaman saling terjalin (*interweave*) dengan tanah sehingga membentuk massa yang lebih solid dan lebih tahan terhadap erosi (Styczen dan Morgan, 1995). Oleh karena inilah tutupan vegetasi sangat berpengaruh besar terhadap laju erosi yang terjadi di dalam suatu DAS. Penelitian ini bertujuan untuk melihat hubungan antara laju erosi, yang diperoleh dari kalkulasi *RUSLE*, dengan kerapatan vegetasi yang diekstraksi dari *FVC*.

2. DAERAH KAJIAN

Penelitian ini dilakukan di Sub-DAS Gesing, yang terletak di Kabupaten Purworejo bagian timur. DAS Gesing memiliki luas sebesar 47,09 km², dan sebagian besar areanya terletak di Perbukitan Menoreh

bagian barat, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1. Sub-DAS Gesing merupakan bagian dari DAS Bogowonto



Gambar 1. Lokasi DAS Gesing

3. DATA DAN METODE

3.1 Data

Data penginderaan jauh yang digunakan dalam penelitian ini adalah citra Landsat-8 OLI (*path* 120 *row* 60) dengan waktu perekaman tanggal 22 Februari 2015. Citra ini memiliki resolusi spasial menengah, yaitu 30 meter, yang cukup mampu dimanfaatkan untuk aplikasi pemodelan erosi di DAS berukuran kecil seperti Sub-DAS Gesing. *Band-band* citra Landsat-8 yang digunakan antara lain adalah *band* 2, *band* 3, *band* 4, dan *band* 5. Citra ini dimanfaatkan untuk mengekstraksi informasi penggunaan lahan serta informasi satuan medan, yang ditentukan dengan bantuan peta geologi skala 1:50.000.

Peta Rupabumi Indonesia dimanfaatkan untuk memperoleh data kontur, yang digunakan dalam penentuan batas DAS (dalam bentuk TIN), dan sebagai input untuk kalkulasi indeks faktor panjang dan kemiringan lereng (dalam wujud turunan DEM yang berupa *flow accumulation*).

Data sekunder berupa data curah hujan dari tahun 2004 hingga tahun 2013 diperoleh dari Badan Meteorologi dan Klimatologi Provinsi Jawa Tengah.

3.2 Metode

3.2.1 Metode RUSLE

Metode RUSLE membutuhkan lima parameter yang masing-masing indeksnya dibutuhkan untuk memperoleh laju erosi, lima parameter tersebut antara lain: erosivitas hujan (R), erodibilitas tanah (K), panjang dan kemiringan lereng (LS), pengelolaan tanaman (C), dan praktik konservasi lahan (P), yang diformulasikan sebagai:

$$A = R . K . L . S . C . P \quad (1)$$

3.2.2 Faktor Erosivitas Hujan

Erosi erat kaitannya dengan kehilangan tanah, dan kehilangan tanah erat kaitannya dengan kemampuan air hujan untuk melepaskan material tanah dari permukaan. Indeks erosivitas dihitung dari data

curah hujan per bulan selama 10 tahun dari tahun 2004 hingga 2013 menggunakan rumus Mahmud dan Utomo (1984, dalam Utomo, 1994):

$$Rb = 10,80 + 4,15(Hb) \quad (2)$$

Dimana Rb menunjukkan indeks erosivitas bulanan, dan Hb merepresentasikan hujan rata-rata per bulan dalam satuan sentimeter.

3.2.3 Faktor Erodibilitas Tanah

Erodibilitas, oleh Blanco dan Lal (2008) didefinisikan sebagai tingkat kerentanan tanah terhadap erosi. Erodibilitas tanah bergantung pada tekstur tanah, stabilitas agregat tanah, kapasitas infiltrasi, serta kandungan bahan organik dan bahan kimia (Morgan, 1995). Indeks faktor K diperoleh dengan menggunakan formula Goldman (1986):

$$K = 1,292 \left[2,1 \cdot 10^{-6} (\%silt \times (100 - \%clay))^{1,14} (12 - \%OM) + 0,0325(Ss - 2) + 0,025(fpm - 3) \right] \quad (3)$$

Dimana Ss adalah kelas struktur tanah yang nilainya: 1 untuk *very fine granular*, 2 untuk *fine granular*, 3 untuk *medium or coarse granular*, dan 4 untuk struktur tanah yang *blocky, platy, or massive*; sedangkan fpm adalah kelas permeabilitas tanah yang nilainya: 1 untuk *very slow infiltration*, 2 untuk *slow infiltration*, 3 untuk *moderately slow infiltration*, 4 untuk *moderate infiltration*, 5 untuk *moderately rapid infiltration*, dan 6 untuk *rapid infiltration*.

3.2.4 Faktor Panjang dan Kemiringan Lereng

Erosi diharapkan akan memiliki laju yang besar apabila kemiringan dan panjang lerengnya semakin besar pula. Di permukaan rata, percikan air hujan akan menyebabkan pantulan partikel tanah yang mengarah ke berbagai arah, sedangkan di permukaan yang miring, partikel tanah cenderung memantul menuruni lereng (Morgan, 1995). Banyaknya partikel tanah yang memantul menuruni lereng akan meningkat seiring dengan semakin besarnya kemiringan lereng.

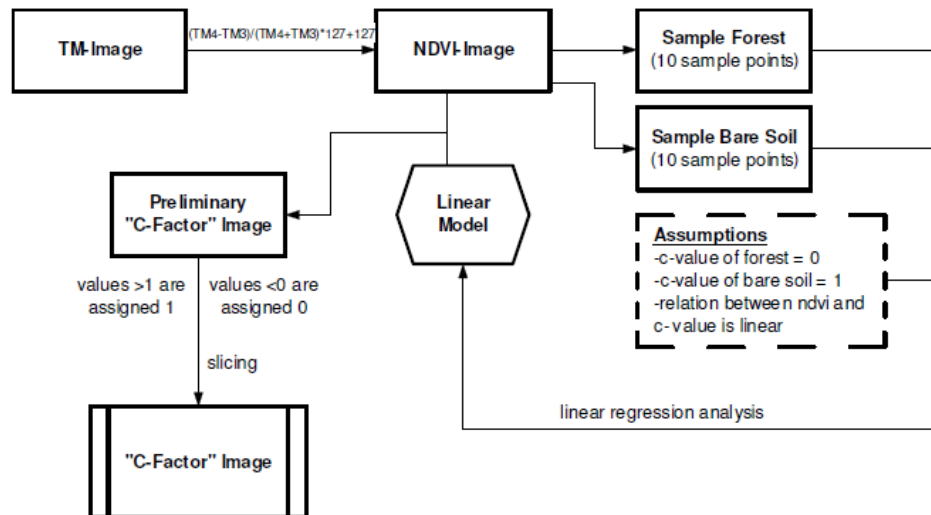
Faktor panjang dan kemiringan lereng diperoleh dengan menggunakan data turunan DES berupa *flow accumulation* yang diformulasikan dengan menggunakan rumus Moore dan Burch (1986, dalam As-Syakur, 2008):

$$LS = \left(\frac{[flow\ accumulation \times cellsize]}{22,13} \right)^m \times \left(\frac{\sin slope}{0,0896} \right)^{1,3} \quad (4)$$

Nilai m bergantung pada kemiringan lereng, dimana $m = 0,5$ untuk kemiringan lereng $>5\%$, $m = 0,4$ untuk kemiringan lereng $3,5 - 5\%$, $m = 0,3$ untuk kemiringan lereng $1,0 - 3\%$, dan $m = 0,2$ untuk kemiringan lereng $<1\%$.

3.2.5 Faktor Pengelolaan Tanaman

Faktor pengelolaan tanaman merupakan rasio kehilangan tanah terhadap pengelolaan tanaman tertentu dibandingkan dengan tanah terbuka yang memiliki nilai faktor C sebesar 1,0 (Morgan, 1995). Perolehan indeks C dapat dilakukan dengan menggunakan penggunaan lahan hasil klasifikasi multispektral yang kemudian dicocokkan dengan tabel konversi, akan tetapi cara ini cukup sulit dan kadang kurang representatif, terutama apabila tabel konversi tidak menyajikan jenis penggunaan lahan seperti yang ada di lapangan. Meskipun begitu, De Jong mengemukakan metode untuk mengekstraksi nilai faktor C dari indeks vegetasi (De Jong, 1994, dalam Erencin, 2000). Berdasarkan penelitian yang dilakukan De Jong, NDVI dan faktor C dalam RUSLE memiliki hubungan linear dengan faktor korelasi sebesar -0,67. Oleh karena pernyataan tersebut, penggunaan nilai NDVI untuk ekstraksi nilai indeks faktor C diperbolehkan dan dianggap valid. Diagram alir dari metode perolehan indeks faktor C berdasarkan indeks vegetasi disajikan dalam Gambar 2.



Gambar 2. Skema proses pemetaan faktor C menggunakan NDVI (Erencia, 2000)

3.2.6 Faktor Pengelolaan Lahan/ Praktik Konservasi Lahan

Penentuan nilai P dilakukan dengan menggabungkan beberapa peta, seperti peta batas administrasi desa, peta penggunaan lahan, dan peta kemiringan lereng. Peta kemiringan lereng diperlukan karena terkadang untuk penggunaan lahan yang sama, apabila terletak di kemiringan yang berbeda, pengelolaan lahannya berbeda. Sedangkan batas administrasi desa dibutuhkan karena antara satu desa dengan yang lain terkadang memiliki pengelolaan lahan yang berbeda, bergantung pada penyuluhan pertanian.

Nilai indeks faktor P ditentukan dengan dilakukannya observasi lapangan untuk melihat jenis praktik konservasi yang ada. Berdasarkan observasi lapangan, indeks P ditentukan menggunakan pedoman Tabel 1.

Tabel 3. Nilai Faktor P untuk Berbagai Tindakan Konservasi Tanah Khusus Menurut Abdurakhman

No.	Tindakan Khusus Konservasi Tanah	Nilai P
1.	Teras bangku: - Konstruksi baik - Konstruksi sedang - Konstruksi kurang baik	0,01 0,15 0,35
2.	Teras tradisional	0,40
3.	Padang rumput (<i>permanent grass field</i>) - Bagus - Jelek	0,04 0,40
4.	<i>Hillside ditch</i> atau <i>field pits</i>	0,30
5.	<i>Contour cropping</i> - Kemiringan 0 – 8% - Kemiringan 9 – 20% - Kemiringan > 20%	0,50 0,75 0,90
6.	Limbah jerami yang digunakan - 6 ton/ha/th - 3 ton/ha/th - 1 ton/ha/th	0,30 0,50 0,80
7.	Tanaman perkebunan - Penutupan tanah rapat - Penutupan tanah sedang	0,10 0,50
8.	Reboisasi dengan penutupan tanah pada tahun awal	0,30
9.	<i>Strip cropping</i> jagung – kacang tanah, sisa tanaman dijadikan mulsa	0,5
10.	Jagung – kedelai, sisa tanaman dijadikan mulsa	0,087
11.	Jagung – mulsa jerami padi	0,008
12.	Padi gogo – kedelai, mulsa jerami padi	0,193
13.	Kacang tanah – kacang hijau	0,730

Sumber: (Abdurakhman, 1981; dalam Purnama, 2008)

3.2.7 Fractional Vegetation Cover

Fractional Vegetation Cover (FVC) mengacu pada persentase tutupan vegetasi dalam total area kajian (Zhang *et al*, 2012), dan menjadi parameter penting dalam mendeskripsikan tutupan vegetasi permukaan. FVC merupakan turunan dari transformasi indeks vegetasi NDVI, sehingga untuk dilakukan transformasi FVC, perlu dilakukan transformasi NDVI terlebih dahulu. FVC diformulasikan sebagai berikut:

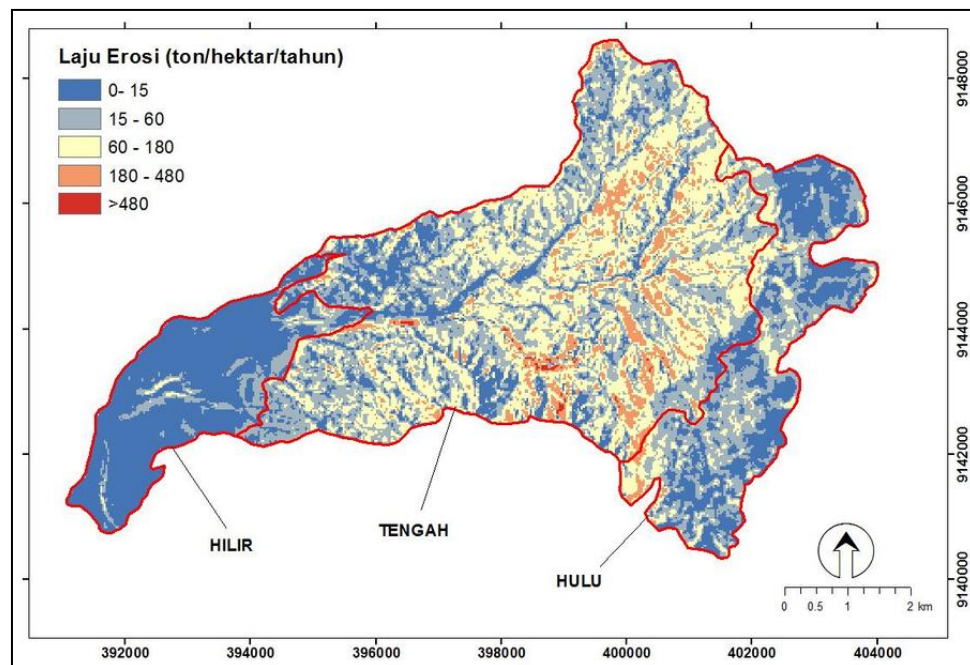
$$FVC = ((\frac{1}{NDVI_v - NDVI_s}) \times NDVI + (-\frac{NDVI_s}{NDVI_v - NDVI_s})) \times 100 \quad (5)$$

Dimana $NDVI_v$ adalah nilai NDVI vegetasi ($NDVI = 1$ atau $NDVI_{max}$), dan $NDVI_s$ adalah nilai NDVI *bare soil* ($NDVI = 0$ atau $NDVI_{min}$). Kerapatan vegetasi yang diperoleh dari FVC kemudian diregresikan dengan kerapatan vegetasi hasil pengamatan di lapangan untuk memperoleh kerapatan vegetasi aktual.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Erosi di Sub-DAS Gesing

Secara general, berdasarkan peta distribusi laju erosi potensial (Gambar 3), dapat dilihat bahwa laju erosi yang terjadi di Sub-DAS Gesing tidaklah terlalu besar. Laju erosi sebesar 15 – 60 ton/hektar/tahun mendominasi area Sub-DAS Gesing dengan luas sebesar 1587.57 hektar, sedangkan laju erosi yang relatif besar, dengan rentang 180 hingga lebih dari 480 ton/hektar/tahun, hanya terjadi di beberapa area kecil di dalam Sub-DAS Gesing. Area-area tersebut cenderung terletak di bagian tengah Sub-DAS, yang memiliki kemiringan lereng yang bervariasi. Laju erosi di Sub-DAS Gesing dapat dilihat pada Tabel 2.



Gambar 3. Laju erosi potensial di DAS Gesing hasil estimasi menggunakan metode RUSLE

Tabel 4. Laju erosi di DAS Gesing untuk setiap bagian Sub-DAS

Bagian DAS	Laju Erosi (ton/hektar/tahun)					Luas (ha)
	0 – 15	15 - 60	60 - 180	180 – 480	>480	
Hilir	594.82	109.70	13.30			717.82
Hulu	375.19	397.64	154.39	14.49		941.71
Tengah	455.98	1080.23	1198.53	267.55	7.83	3010.12
Luas (ha)	1425.99	1587.57	1366.22	282.04	7.83	4669.65

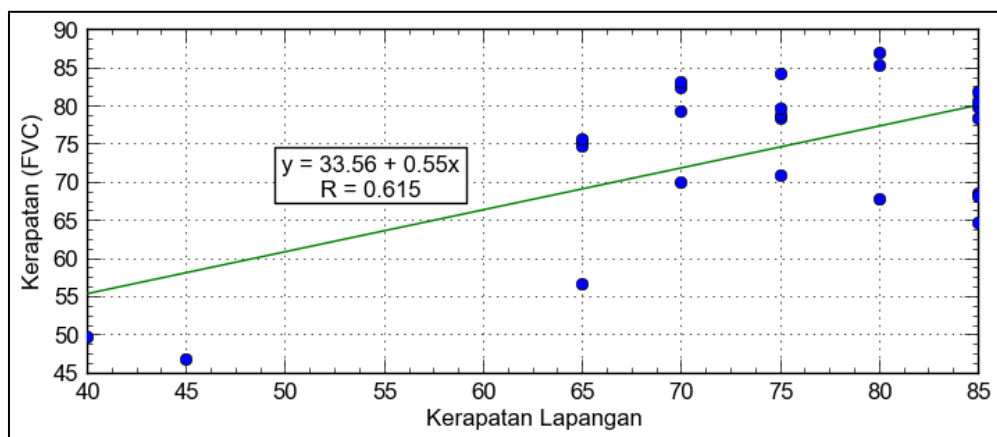
Sumber: Analisis, 2015

Pemetaan laju erosi dengan menggunakan basis piksel lebih mampu menunjukkan secara detil distribusi spasial dari fenomena tersebut. Di dalam pemetaan berbasis poligon, hal yang kadang menjadi masalah adalah adanya generalisasi yang terlalu banyak. Generalisasi dalam pemetaan berbasis poligon memang lebih bisa menyajikan kenampakan visual peta yang lebih sederhana, akan tetapi di sisi lain informasi yang seharusnya terkandung dalam peta menjadi banyak yang hilang. Oleh karena inilah pemetaan laju erosi menggunakan basis piksel menjadi pilihan yang lebih baik, karena terkadang wilayah dengan laju erosi tinggi terletak pada area-area kecil yang *scattered*, yang apabila digeneralisasi informasi mengenai area-area tersebut akan hilang.

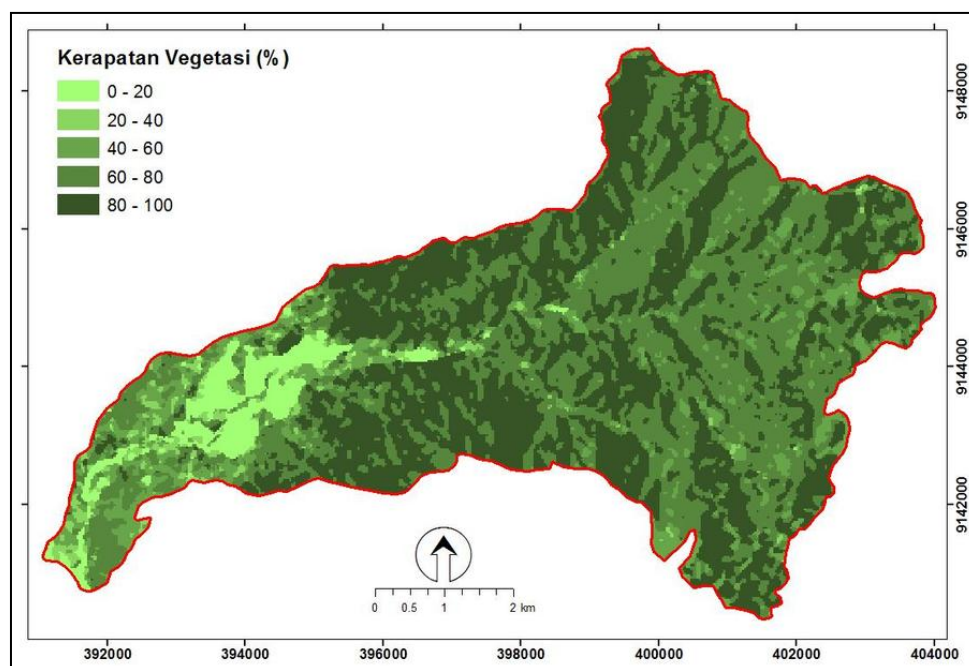
4.2 Kerapatan Vegetasi di Sub-DAS Gesing

Observasi di lapangan untuk melihat kerapatan vegetasi dilakukan di 25 titik yang tersebar secara merata di dalam wilayah Sub-DAS Gesing. Data kerapatan vegetasi di lapangan dan data kerapatan vegetasi dari FVC digunakan sebagai masukan untuk analisis regresi untuk memperoleh data kerapatan vegetasi aktual.

Analisis regresi antara kerapatan vegetasi di lapangan dengan kerapatan vegetasi FVC, yang ditunjukkan dalam Gambar 4, menghasilkan koefisien korelasi sebesar 0.615, yang artinya antara kerapatan vegetasi di lapangan dengan kerapatan vegetasi dari FVC memiliki hubungan yang besar. Kerapatan vegetasi aktual yang dihasilkan menggunakan formula yang berasal dari regresi disajikan dalam Gambar 5.



Gambar 4. Regresi antara kerapatan vegetasi lapangan dan kerapatan vegetasi FVC (Analisis, 2015)



Gambar 5. Distribusi kerapatan vegetasi di Sub-DAS Gesing

Pengkelasan kerapatan vegetasi menjadi 5 kelas mengacu pada klasifikasi kerapatan kanopi oleh Departemen Kehutanan pada tahun 2004 (dalam Lathifah, 2012). Berdasarkan Gambar 5, dapat dilihat bahwa tutupan vegetasi yang ada di Sub-DAS Gesing cukup rapat, dengan sebagian besar area ter-cover vegetasi antara 60% hingga 80%. Area tersebut hampir mencakup setengah dari area Sub-DAS dengan luas sebesar 2017.9 hektar. Luas area masing-masing kerapatan vegetasi yang ada di Sub-DAS Gesing disajikan dalam Tabel 3.

Tabel 5. Luas masing-masing kerapatan vegetasi yang ada di Sub-DAS Gesing

No.	Kerapatan Vegetasi	Luas (ha)
1.	0 – 20%	227.96
2.	20 – 40%	116.12
3.	40 – 60%	473.95
4.	60 – 80%	2017.9
5.	80 – 100%	1872.88

Sumber: Analisis, 2015

Peta kerapatan vegetasi yang dihasilkan dari metode ini juga dibuat dengan basis piksel, agar selaras dengan peta laju erosi yang sebelumnya telah dibuat. Analisis yang dilakukan dengan menggunakan kedua peta tersebut bertujuan untuk melihat secara detil hubungan antara laju erosi dengan kerapatan vegetasi. Apabila peta kerapatan vegetasi yang digunakan dipetakan dengan basis poligon, analisis tidak dapat dilakukan secara detail, karena akan ada banyak informasi kerapatan vegetasi yang hilang akibat adanya generalisasi. Hasil analisis hubungan antar keduanya juga menjadi tidak relevan karena ada perbedaan kedetilan yang mencolok antara satu peta dengan peta yang lain.

4.3 Hubungan antara Kerapatan Vegetasi terhadap Laju Erosi yang Terjadi

Berdasarkan peta laju erosi dan peta kerapatan vegetasi, dapat diketahui bahwa area dengan kerapatan vegetasi yang tinggi (kerapatan vegetasi 60 – 100%) tidak terhindar dari laju erosi yang tinggi pula, seperti yang ditunjukkan oleh Tabel 4. Jika dilihat berdasarkan lokasinya, area dengan kerapatan tinggi berada di bagian tengah Sub-DAS, area yang didominasi laju erosi relatif tinggi juga terletak di bagian tengah Sub-DAS. Hal ini menunjukkan bahwa di Sub-DAS Gesing, terutama di wilayah Sub-DAS bagian tengah, kerapatan vegetasi bukanlah faktor dominan yang mempengaruhi laju erosi yang terjadi. Karena buktinya, meskipun kerapatan vegetasi tergolong relatif tinggi, laju erosi yang terjadi bukanlah laju erosi minimum.

Tabel 6. Pembagian luas area Sub-DAS Gesing berdasarkan kerapatan vegetasi dan laju erosi

Laju Erosi	Kerapatan Vegetasi					Luas (ha)
	0 - 20%	20 - 40%	40 - 60%	60 - 80%	80 - 100%	
0 - 15 ton/ha/th	146.97	67.80	202.51	370.54	638.17	1425.99
15 - 60 ton/ha/th	64.08	28.52	108.91	609.48	776.57	1587.57
60 - 180 ton/ha/th	13.14	10.83	101.62	819.83	420.80	1366.22
180 - 480 ton/ha/th	2.13	6.22	50.71	197.10	25.88	282.04
>480 ton/ha/th	0.81	0.64	2.84	3.30	0.24	7.83
Luas (ha)	227.14	114.01	466.59	2000.25	1861.67	4669.65

Sumber: Analisis, 2015

5. KESIMPULAN

Laju erosi yang terjadi di Sub-DAS Gesing relatif tidak parah, dimana sebagian besar area Sub-DAS, dengan luas sebesar 1587.57 hektar, memiliki laju erosi sebesar 15 – 60 ton/hektar/tahun. Luas area dengan laju erosi sebesar 0 – 15 ton/hektar/tahun diwakili oleh area sebesar 1425.99 hektar; laju erosi sebesar 60 – 180 ton/hektar/tahun menempati area sebesar 1366.22 hektar; laju erosi sebesar 180 – 480 ton/hektar/tahun diwakili oleh area sebesar 282.04 hektar; dan laju erosi yang lebih dari 480 ton/hektar/tahun

menempati area dengan luas 7.83 hektar. Area dengan laju erosi yang besar cenderung terletak pada bagian tengah Sub-DAS Gesing.

Pemetaan distribusi laju erosi dengan menggunakan basis piksel mampu menyajikan informasi yang detail mengenai fenomena erosi yang terjadi dalam satuan area relatif kecil, yang apabila data yang digunakan berupa citra Landsat-8, area tersebut berukuran 30x30 meter persegi. Ini tentu menjadi kelebihan pemodelan berbasis piksel karena mampu menyajikan distribusi fenomena tertentu, yang dalam penelitian ini berupa laju erosi potensial di Sub-DAS Gesing, tanpa generalisasi yang berlebihan.

Berdasarkan pengamatan terhadap peta laju erosi dan peta kerapatan vegetasi, kerapatan vegetasi dan laju erosi memiliki hubungan yang tidak selalu berbanding terbalik. Kerapatan vegetasi yang tinggi belum tentu mampu meminimalisir laju erosi menjadi lebih kecil, begitu juga sebaliknya, area dengan kerapatan vegetasi yang relatif kecil belum tentu memiliki laju erosi yang tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa erosi yang terjadi di dalam Sub-DAS tidak secara dominan dipengaruhi oleh vegetasi saja.

DAFTAR PUSTAKA

- As-syakur, Abdul Rahman. 2008. "Prediksi Erosi dengan Menggunakan Metode USLE dan Sistem Informasi Geografis (SIG) Berbasis Piksel di Daerah Tangkapan Air Danau Buyan". *PIT MAPIN XVII*.
- Blanco-Canqui, Humberto dan Rattan Lal. 2008. *Principles of Soil Conservation and Management*. New York: Springer Dordrecht Heidelberg.
- Erencia, Zihni. 2000. *C Factor Mapping Using Remote Sensing and GIS: A Case Study of Lom Sak / Lom Kao, Thailand*. Enschede: International Institute for Aerospace Survey and Earth Sciences.
- Goldman, S.J., Jackson, Katharine, Bursztynsky, Taras A. 1986. *Erosion and Sediment Control Handbook*. New York: McGraw Hill Book Co.
- Lathifah, Danis Hilma. 2012. *Hubungan antara Fungsi Tutupan Vegetasi dan Tingkat Erosi DAS Secang Kabupaten Kulonprogo*. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.
- Morgan, R.P.C. 1995. *Soil Erosion and Conservation*. Edisi Kedua. Essex: Addison Wesley Longman Limited.
- Morrow, Shirley, Smolen, M., Stiegler, J., Cole, J. 2014. *Using Vegetation for Erosion Control on Construction Sites*. Oklahoma: Oklahoma State University, Cooperative Extension Service. [online] <http://pods.dasnr.okstate.edu/docushare/dsweb/Get/Document-2264/BAE-1514web.pdf>.
- Purnama, Nurina Endra. 2008. Pendugaan Erosi dengan Metode USLE (Universal Soil Loss Equation) di Situ Bojongsari, Depok. *Skripsi*. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Sulistyo, Bambang. 2011. *Penginderaan Jauh Digital: Terapannya dalam Pemodelan Berbasis Raster*. Yogyakarta: Penerbit Lokus.
- Styczen, M.E., dan R.P.C. Morgan. 1995. "Engineering Properties of Vegetation in Slope Stabilization and Erosion Control: A Bioengineering Approach". Morgan R.P.C. and R.J Rickson, (Ed.). *E and F.N. Spon*. pp 5-58.
- Utomo, Wani Hadi. 1994. *Erosi dan Konsevasi Tanah*. Malang: Penerbit IKIP Malang.
- Zhang, Xianfeng, Liao, Chunhua, Li, Jonathan, Sun, Quan. 2012. "Fractional Vegetation Cover Estimation in Arid and Semi-Arid Environment Using HJ-1 Satellite Hyperspectral Data". *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*. Volume 21, pp 506 – 512.

ESTIMASI STOK KARBON HUTAN MANGROVE KAWASAN SEGOROANAK PADA KAWASAN TAMAN NASIONAL ALAS PURWO BANYUWANGI, JAWA TIMUR

Hendry Frananda¹, Nursida Arif²

¹ Geografi, Fakultas Ilmu Sosial, Universitas Negeri Padang

Email: hendryken@gmail.com

² Geografi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Muhammadiyah Gorontalo

Email: nursida.arif@gmail.com

*Corresponding author: hendryken@gmail.com

ABSTRAK

Pengukuran karbon hutan selama ini lebih banyak dilakukan secara terestrial dan belum banyak memanfaatkan data penginderaan jauh. Kelebihan data penginderaan jauh dibandingkan metode terestrial adalah lebih efisien dari segi waktu, biaya dan tenaga, tetapi metode terestrial memiliki tingkat akurasi yang lebih tinggi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sejauh mana data penginderaan jauh dan transformasi indeks vegetasi dapat dimanfaatkan dalam mengestimasi kandungan karbon pada kawasan hutan mangrove, sehingga akan diketahui kandungan karbon lapangan dan tingkat akurasi pemetaan. Metode yang digunakan dalam penelitian ini dengan perhitungan kandungan karbon pada beberapa titik sampel lapangan dengan alometri dan melihat korelasi antara kandungan karbon pada titik sampel lapangan dengan nilai indeks vegetasi TVI. Nilai karbon total yang didapat dengan menggunakan indeks vegetasi TVI pada kawasan Taman Nasional Alas Purwo sebesar 583.981 ton dengan nilai $R^2 = 0,63$, nilai karbon rata-rata untuk setiap piksel diketahui sebesar 4,2409 ton/piksel dan nilai karbon rata-rata untuk setiap meter diketahui sebesar 0,0424 ton/m².

KATA KUNCI : Penginderaan Jauh, Karbon Hutan, Indeks Vegetasi

1. PENDAHULUAN

Potensi sumberdaya hutan Indonesia sangat melimpah, dan salah satunya adalah hutan mangrove. Potensi hutan mangrove Indonesia cukup besar, Indonesia memiliki luas hutan mangrove terbesar di dunia (Kusmana, 1996).

WALHI (2010), menjelaskan telah terjadi penurunan luas hutan mangrove. Luasan hutan mangrove Indonesia menurun dari luas awal sekitar 4.5 juta ha menjadi 1.9 juta ha. Penurunan luas hutan mangrove terjadi paling dominan karena kerusakan yang disebabkan oleh faktor manusia, seperti alih tataguna lahan mangrove menjadi lahan tambak, eksploitasi kayu mangrove untuk kayu bakar dan arang khususnya untuk jenis *Rhizophora* spp dan *Bruguiera* spp.

Kerusakan mangrove yang terjadi akan mempengaruhi besarnya kemampuan hutan mangrove dalam penyerapan karbon. Permasalahan iklim tersebut oleh *United Nations for Climate Change Convention* (UNFCCC) telah dicari solusi untuk mengurangi dampak emisi gas buang GRK. Pertemuan yang diselenggarakan di Bali pada tahun 2007 pada pertemuan *UN Conference of Parties* ke 13 (COP 13) mengeluarkan suatu program *Reduced Emissions from Deforestation and Degradation* (REDD) yang bertujuan untuk mendukung negara-negara berkembang di dalam mengurangi emisi dari deforestasi dan degradasi (www.unfccc.int). Program REDD ini diharapkan negara berkembang berpartisipasi aktif untuk menjaga kelestarian hutannya sebagai bentuk sumbangsih alami dalam menciptakan “mesin penyerap karbon” untuk mengurangi emisi gas buang GRK.

Stok karbon pada suatu vegetasi khususnya pohon sangat diperlukan bagi keselarasan lingkungan dari emisi yang berlebihan karena pohon dan organisme foto-ototrof lainnya mengalami proses fotosintesis pada siang hari, proses tersebut membutuhkan suatu komponen penting berupa CO₂ dari atmosfer. Penyerapan CO₂ dalam jumlah besar oleh tumbuhan dilakukan pada siang hari bertepatan saat berbagai aktifitas manusia memproduksi emisi gas buang GRK (salah satunya karbon) di alam bebas.

Konsep dalam penginderaan jauh yang menerangkan bahwa objek-objek di muka bumi memiliki karakteristik pantulan spektral yang khas terhadap sumber energi yang datang, memungkinkan studi vegetasi ini dilakukan. Transformasi indeks vegetasi merupakan salah satu teknik analisis citra yang sering dilakukan dalam analisis vegetasi secara umum, terdapat banyak jenis transformasi indeks vegetasi yang dapat digunakan, tetapi transformasi indeks vegetasi yang cocok untuk diterapkan pada kawasan mangrove masih menjadi kerancuan.

Kawasan Taman Nasional Alas Purwo berdasarkan berita acara pengukuran tanggal 27 Mei 1983 memiliki luasan 43.420 ha. Tipe ekosistem utama di kawasan Taman Nasional Alas Purwo adalah ekosistem hutan hujan tropis dataran rendah. Untuk hutan mangrove pada kawasan Taman Nasional Alas Purwo memiliki luasan 1.200 Ha, (www.tnalaspurwo.org).

Kawasan Hutan Mangrove yang luas dan sulitnya medan, maka sangat sulit untuk melakukan inventarisasi secara terestrial diseluruh areal hutan karena akan terhambat dari masalah waktu, tenaga dan biaya, oleh sebab itu diperlukan suatu cara untuk menghadapi hal ini yaitu dengan menggunakan citra penginderaan jauh.

2. METODE

Metode yang digunakan dalam penelitian estimasi stok karbon hutan mangrove ini adalah interpretasi citra penginderaan jauh secara visual/digital, dan kerja lapangan.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi :

- Citra LANDSAT 7 ETM + (Daerah Taman Nasional Alas Purwo, resolusi 30 m, perekaman tahun 2002) untuk penentuan titik sampel.
- Citra ALOS (Daerah Taman Nasional Alas Purwo, resolusi 10 m, perekaman tahun 2009) untuk pengolahan citra.
- Peta RBI skala 1 : 25.000 meliputi kawasan Hutan Mangrove Alas Purwo Banyuwangi (Sheet 1707-134 dan 1707-143, BAKOSURTANAL 2006).

Citra LANDSAT 7 ETM + perekaman tahun 2002 yang digunakan untuk kerja lapangan dan citra ALOS perekaman tahun 2009 dilakukan pra-pemrosesan sebelum digunakan untuk penerapan dan pemrosesan.

2.1. Koreksi Radiometrik Citra

Ada tiga proses pada bagian koreksi radiometrik ini, yaitu konversi dari nilai piksel (*digital number* (DN)) ke '*at-sensor radiance*', dan konversi dari '*at-sensor radiance*' ke '*at-sensor reflectance*', dilanjutkan dengan mengkonversi dari '*at-sensor reflectance*' ke '*at-surface reflectance*'.

Proses pertama bertujuan untuk mengembalikan nilai DN tiap piksel ke dalam satuan '*at-sensor radiance*' ($W/(m^2 \cdot sr \cdot \mu m)$). Model hubungan antara DN dengan radiance pada tiap band adalah sebagai berikut :

$$\text{Radiance} = \text{gain} * \text{DN} + \text{offset, atau}$$

$$L_{\lambda} = \text{gain} * \text{QCAL} + \text{offset}$$

Dimana :

L_{λ} = Nilai radiansi

gain = gain (ALOS User Handbook, Jaxa 2006)

offset = offset (Band Exposure pada header citra)

Proses kedua adalah konversi dari '*at-sensor radiance*' ke '*at-sensor reflectance*', yang dimaksudkan untuk mengurangi variabilitas antar citra.

$$\rho_p = \frac{\pi \cdot L_{\lambda} \cdot d^2}{ESUN_{\lambda} \cdot \cos \theta_s}$$

Dimana :

- ρ_P = Nilai pantulan objek pada sensor (*reflectance at sensor*)
 L_λ = Nilai radiansi ($\text{Wm}^{-2}\text{sr}^{-1}\mu\text{m}^{-1}$)
 d = Jarak bumi – matahari (unit astronomi) {dimana $d = 1 - 0,01674 \times \cos(0,9856 \times (\text{JD}-4))$ }
 ESUN_λ = Nilai spektral irradiansi matahari ($\text{Wm}^{-2}\mu\text{m}^{-1}$)
 θ_s = Sudut puncak matahari ($90^\circ - \text{Sun Elevation}$)

Tahap selanjutnya dilakukan Koreksi Atmosfer relatif, yaitu *histogram adjusment* atau *dark-pixel subtraction*, dengan tujuan mengkonversi dari ‘*at-sensor reflectance*’ ke ‘*at-surface reflectance*’.

BV correction = ρ_P - bias

Pada proses ini objek air diambil sebagai nilai bias, pemilihan objek air didasarkan karena objek air memiliki serapan maksimal dalam keadaan normal/ideal, apabila objek air dalam keadaan normal memiliki pantulan spektral yang cukup tinggi maka nilai tersebut dianggap sebagai nilai bias.

2.2. Koreksi Geometrik Citra

Citra LANDSAT 7 ETM + dan ALOS yang digunakan dalam penelitian ini belum mengalami koreksi geometrik sehingga perlu dilakukan koreksi geometrik dengan menggunakan *image to image* dengan menggunakan rujukan citra lain yang sudah terkoreksi secara geometrik.

2.3. Pemrosesan Citra

Pengolahan data dalam penelitian ini meliputi Masking (pemotongan citra), interpretasi citra secara visual (Tipe Vegetasi dan Karakteristik Lahan) dan secara digital (Kerapatan Tajuk dengan menggunakan transformasi indeks vegetasi NDVI).

2.3.1. Masking (Pemotongan Citra)

Proses masking dilakukan untuk memisahkan daerah penelitian, dalam hal ini Hutan Mangrove pada kawasan Segoroanak Taman Nasional Alas Purwo.

2.3.2. Interpretasi Tipe Vegetasi

Perbedaan tipe vegetasi yang terlihat pada perekaman citra merepresentasikan perbedaan dari jenis vegetasi, perbedaan dari jenis vegetasi akan menghasilkan biomassa yang berbeda, hal ini dikarenakan perbedaan kepadatan volume antar tiap jenis spesies pohon umumnya berbeda.

Pada proses ini kenampakan yang berbeda diasumsikan memiliki perbedaan tipe vegetasi penyusun mangrove, tipe yang berbeda diasumsikan merupakan jenis mangrove yang berbeda.

2.3.3. Interpretasi Kerapatan Vegetasi

Semakin rapat vegetasi maka kandungan karbon akan semakin besar dan begitu juga sebaliknya. Laju fotosintesis pada area vegetasi yang lebih rapat juga semakin tinggi sehingga laju perubahan CO_2 menjadi biomassa semakin cepat pada area yang memiliki vegetasi yang lebih rapat.

Penentuan kerapatan vegetasi dengan menggunakan nilai indeks dari transformasi NDVI, transformasi NDVI ini memiliki rentang nilai antara (-1) hingga (+1). Nilai indeks lebih kecil atau sama dengan 0 menunjukkan awan, air dan tutupan lain selain vegetasi. Nilai yang mewakili vegetasi terdapat pada rentang 0,2 hingga 0,7, dan diatas nilai tersebut menggambarkan tingkat kesehatan tutupan vegetasi.

2.3.4. Interpretasi Karakteristik Lahan

Karakteristik lahan mempengaruhi vegetasi yang tumbuh pada daerah tersebut dan juga dapat menyebabkan perbedaan kerapatan. Faktor tersebut dapat disebabkan karena kandungan unsur hara tanah

menjadi berbeda, Keterbukaan/ekspos lokasi baik dengan laut, muara, daratan, atau lokasi yang sering tergenang juga dapat berpengaruh terhadap jenis vegetasi yang tumbuh dan kecepatan pertumbuhannya.

Kawasan hutan mangrove pada lokasi penelitian merupakan mangrove yang tidak berada disepanjang garis pantai seperti hutan mangrove pada umumnya, tetapi berada pada sepanjang muara sungai. Pada interpretasi visual dari citra LANDSAT 7 ETM + karakteristik hutan mangrove digolongkan menjadi dua yaitu karakteristik lahan sering tergenang dan karakteristik lahan yang jarang tergenang.

2.4. Analisis Statistik

Data lapangan dibagi menjadi dua yaitu data lapangan untuk membangun persamaan dalam statistik dan data lapangan untuk uji akurasi. Pengambilan data lapangan dilakukan pada tanggal 13 hingga 23 Juni 2011 dengan metode *stratified sampling* pada setiap satuan pemetaan (mapping unit) yang terbentuk untuk mengetahui biomassa pada titik sampel yang ditentukan.

Pemilihan lokasi sampel didasarkan pada jumlah satuan pemetaan yang terbentuk yaitu sebanyak 12 kelas. Sampel diambil sebanyak 36 titik sampel, jumlah sampel untuk membangun persamaan dalam statistik diambil sebanyak 24 titik sampel dengan rincian 2 titik sampel untuk tiap kelas satuan lahan, sedangkan sampel untuk uji akurasi diambil sebanyak 12 titik sampel dengan rincian 1 titik sampel untuk setiap kelas satuan lahan.

Analisis regresi digunakan untuk membangun persamaan pada nilai kandungan karbon pada kerja lapangan yang selanjutnya dibandingkan dengan transformasi indeks vegetasi TVI yang digunakan. Pada proses ini memanfaatkan Citra ALOS dan akan didapat citra baru yang mempunyai nilai dan sebaran karbon untuk setiap pikselnya.

Metode yang digunakan untuk estimasi stok karbon permukaan pada penelitian ini terdiri dari :

1. Pengambilan sampel dengan pendekatan *non destructive sampling* (alometri).
2. Pendugaan melalui penginderaan jauh.
3. Membangun persamaan regresi berdasarkan data lapangan untuk menghitung biomassa.

Biomassa yang diukur merupakan biomassa kering yang kandungan karbonnya diestimasi general sebesar 46% dari berat total biomassa kering (Hairiah dan Rahayu., 2007).

Persamaan alometri yang digunakan pada penelitian ini menggunakan persamaan alometri untuk perhitungan biomassa pada hutan mangrove berdasarkan perbedaan kepadatan kayu antar spesies (Komiya, 2005, 2008) :

- a. Alometri Biomassa Batang

$$W_s = 0,0696 \rho (D^2 H)^{0,931}$$

- b. Alometri Biomassa Ranting

$$W_r = 0,251 \rho D^{2,46}$$

- c. Alometri Biomassa Daun

$$W_L = 0,135 \rho D_B^{1,696}$$

- d. Alometri Biomassa Akar

$$W_R = 0,1999 \rho^{0,899} D^{2,22}$$

Keterangan :

D = Diameter pohon setinggi dada (DBH 1,3 m)

D_B = Diameter pohon pada cabang pertama (cm)

H = Tinggi pohon (m)

ρ = Nilai Kepadatan kayu atau berat kering per satuan volume kayu (www.worldagroforestrycentre.org)

Data hasil perhitungan karbon pada tiap sampel diolah dengan statistik untuk mendapatkan persamaan korelasi antara nilai karbon lapangan dengan indeks vegetasi TVI yang digunakan.

Persamaan yang didapat diterapkan untuk mengestimasi kandungan stok karbon hutan mangrove secara keseluruhan dengan menggunakan Citra ALOS perekaman tahun 2009, selanjutnya transformasi

indeks vegetasi TVI akan dilakukan uji akurasi dengan menggunakan data lapangan untuk uji akurasi. Setelah diketahui koefisien korelasi (R^2) dan akurasi.

Analisis statistik yang digunakan adalah korelasi-regresi, analisis korelasi digunakan untuk mengukur keeratan hubungan antara variabel dimana pada penelitian ini variabel yang digunakan adalah nilai indeks vegetasi yang digunakan dan nilai kandungan karbon pada masing-masing sampel.

Besarnya koefisien korelasi bergerak antara 0 sampai +1 atau 0 sampai -1. Tanda \pm menunjukkan arah korelasi antara variabel tersebut. Koefisien korelasi antara 0 sampai +1 disebut korelasi positif, korelasi positif berarti kenaikan variabel pertama diikuti kenaikan nilai variabel kedua atau sebaliknya semakin rendah nilai variabel pertama diikuti dengan menurunnya nilai pada variabel kedua. Koefisien korelasi 0 sampai -1 disebut korelasi negatif, korelasi negatif adalah korelasi dimana kenaikan nilai pada variabel pertama diikuti penurunan nilai pada variabel kedua.

2.5. Uji Akurasi

Proses uji akurasi bertujuan untuk membandingkan antara nilai kandungan karbon dugaan atau nilai kandungan karbon yang didapat dari persamaan regresi yang telah didapatkan masing-masing indeks vegetasi yang dipakai dengan nilai karbon aktual/lapangan, dan dilihat sejauh mana nilai penduga dapat memberikan ketelitian dalam menduga kandungan nilai karbon.

Proses uji akurasi menggunakan 12 titik sampel yang mewakili setiap satuan pemetaan yang telah diambil pada saat kerja lapangan dan titik sampel ini bukan merupakan titik sampel yang digunakan untuk membangun persamaan regresi.

Uji akurasi dengan menggunakan tabel *Standar Error Estimasi* dimana hasil yang didapat yaitu kandungan karbon bernilai \pm (kurang/lebih), atau akurasi dari persamaan yang dipakai berada diatas atau dibawah nilai yang didapat dari proses uji akurasi.

Pada proses uji akurasi ini digunakan hasil persamaan regresi yang telah didapat untuk setiap indeks vegetasi yang dipakai (NDVI, SAVI, SR, TVI, EVI, dan RVI), diterapkan pada titik sampel untuk di uji akurasi pada tiap persamaan regresi untuk tiap-tiap indeks vegetasi tersebut dengan menggunakan rumus :

$$SE = \sqrt{\frac{(y - y')^2}{n - 2}}$$

Dimana :

SE = Standar Erros Estimasi

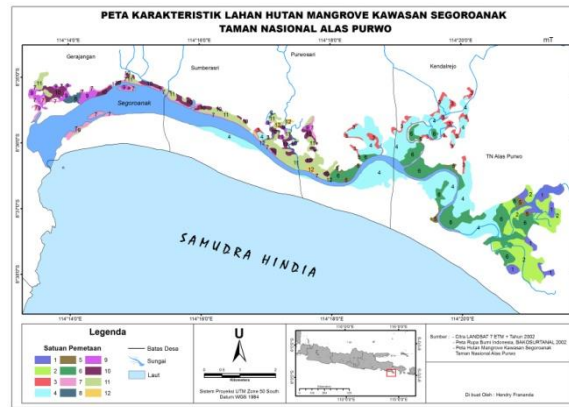
y = Kandungan Karbon Lapangan

y' = Estimasi Kandungan Karbon dengan Persamaan Regresi-Korelasi

n = Jumlah Titik Sampel

3. HASIL PEMBAHASAN

Variabel pendekatan yang digunakan yang disadap dari citra LANDSAT memiliki hubungan secara tidak langsung dengan keadaan pada hutan mangrove atau sebagai data tambahan, hal ini dikarenakan perbedaan resolusi spasial antara citra LANDSAT dengan citra ALOS yang digunakan sebagai pengolahan, peta RBI skala 1 : 25.000 dan peta kawasan hutan mangrove merupakan peta yang menjadi dasar utama dalam penentuan titik sampel dan kerja lapangan.



Gambar 1. Hasil Peta Satuan Pemetaan dari Variabel Pendekatan yang digunakan

Tabel 1. Atribut Peta Satuan Pemetaan

Satuan Pemetaan	Tipe Vegetasi	Kerapatan Tajuk	Karakteristik Lahan
1	A	0,3 - 0,4	Jarang Tergenang
2	A	0,4 - 0,5	Jarang Tergenang
3	B	0,3 - 0,4	Jarang Tergenang
4	B	0,4 - 0,5	Jarang Tergenang
5	C	0,3 - 0,4	Jarang Tergenang
6	C	0,4 - 0,5	Jarang Tergenang
7	B	-0,4 - 0	Sering Tergenang
8	B	0 - 0,1	Sering Tergenang
9	B	0,1 - 0,2	Sering Tergenang
10	B	0,2 - 0,3	Sering Tergenang
11	B	0,3 - 0,4	Sering Tergenang
12	B	0,4 - 0,5	Sering Tergenang

Sumber : Pengolahan Digital Citra LANDSAT, 2011

Jumlah sampel lapangan sebanyak 36 titik sampel yang ditetapkan diawal tidak dapat terpenuhi, pada saat kerja lapangan peneliti hanya mampu mendapat sejumlah 33 sampel. Pada 3 satuan pemetaan peneliti hanya berhasil mendapatkan dua sampel untuk masing-masing satuan pemetaan tersebut. Tidak terpenuhinya jumlah sampel disebabkan oleh berbagai faktor antara lain sulitnya medan hutan mangrove, tidak adanya akses jalan darat pada kawasan hutan mangrove dan pertimbangan cepatnya pasang-surut air laut pada saat melakukan pengumpulan data, hal ini dikarenakan akses untuk masuk ke kawasan hutan mangrove hanya dapat dilakukan melalui sungai.

Data lapangan yang dikumpulkan pada saat kerja lapangan berupa diameter pohon setinggi dada/ \pm 130 cm (D/dbh), diameter pohon pada cabang pertama (D_B), tinggi pohon (H) dan jenis spesies mangrove (ρ).

Terdapat 13 jenis mangrove yang teridentifikasi pada saat kerja lapangan yaitu : *Rhizophora mucronata*, *Xylocarpus moluccensis*, *Avicennia lananta*, *Rhizophora apiculata*, *Ceriops tagal*, *Excoecaria agallocha*, *Bruguiera cylindrica*, *Avicennia officinalis*, *Xylocarpus granatum*, *Bruguiera sexangula*, *Avicennia marina*, *Sonneratia sp*, dan *Lumnitzera littorea*.

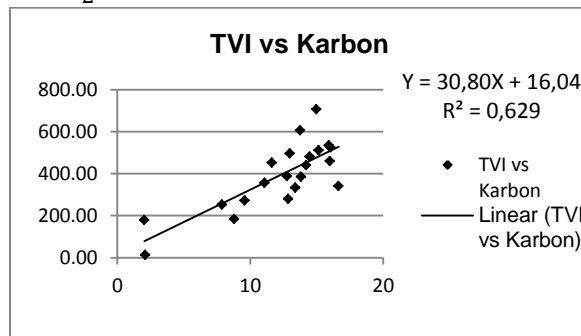
Jenis spesies mangrove kemudian dihitung kandungan biomasnya dengan menggunakan persamaan yang telah dikembangkan oleh Komiyama (2005, 2008). Pohon dibagi menjadi 4 bagian utama yaitu batang, ranting/cabang, daun dan akar. Formula yang digunakan untuk 4 bagian pohon tersebutpun berbeda-beda. Setelah kandungan biomas pohon diketahui maka nilai dari kandungan biomas tersebut

dikonversi menjadi nilai kandungan karbon dengan mengalikan 0,46 atau dapat dikatakan 46 % dari kandungan biomassa merupakan nilai kandungan karbon.

Pengolahan citra digital pada citra ALOS yaitu transformasi indeks vegetasi TVI (Triangular Vegetation Index), *Input masukan yang digunakan adalah yaitu citra reflectance at surface dari ALOS.*

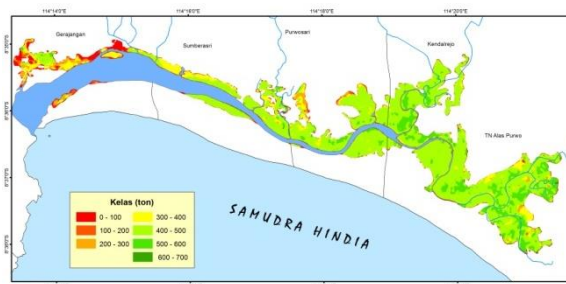
Pemilihan transformasi indeks vegetasi TVI sebagai transformasi yang dipakai dalam penelitian ini didasari karena indeks TVI merupakan indeks vegetasi yang menggunakan spectrum hijau (ρ_{green}), kecenderungan transformasi indeks vegetasi hanya menggunakan ρ_{red} dan ρ_{NIR} saja, sehingga transformasi indeks vegetasi TVI dipilih.

$$TVI = \frac{1}{2}(120(\rho_{NIR} - \rho_{green})) - 200(\rho_{red} - \rho_{green})$$



Gambar 3. Grafik Hubungan Antara TVI dengan Kandungan Karbon

Berdasarkan hasil analisis regresi antara TVI dengan nilai karbon pada lokasi sampel lapangan sebanyak 21 titik sampel didapat model persamaan $Y = 30.80X + 16.04$, dengan nilai koefisien determinasi (R^2) yaitu sebesar 0.62 atau dapat dikatakan 62 % nilai karbon dapat dijelaskan oleh variabel TVI.



Gambar 4. Peta karbon transformasi TVI

Nilai karbon total yang didapat dengan menggunakan indeks vegetasi TVI ini sebesar 583.981 ton, nilai karbon rata-rata untuk setiap piksel diketahui sebesar 4,2409 ton/piksel dan nilai karbon rata-rata untuk setiap meter diketahui sebesar 0,0424 ton/m².

Akurasi dari indeks vegetasi TVI dalam mengestimasi kandungan karbon hutan dapat mengalami penurunan atau semakin baik bila melakukan level koreksi radiometrik yang berbeda, karena konsistensi dari masing-masing indeks vegetasi terhadap level koreksi radiometrik dapat berbeda, beberapa indeks vegetasi memiliki akurasi yang baik dan konsisten pada berbagai level koreksi radiometrik dalam pemetaan karbon. NDVI bukan terbaik dapat estimasi karbon, namun memiliki akurasi yang relatif konsisten pada berbagai tingkat koreksi radiometrik (Wicaksono et al, 2011).

Keadaan geografis dari ekosistem hutan mangrove yang terletak pada daerah peralihan antara darat dan perairan/laut dapat menjadi faktor yang mempengaruhi terhadap panjang gelombang dalam formula indeks vegetasi yang digunakan, pada ρ_{blue} dan ρ_{green} yang lebih peka terhadap objek air bila dibandingkan dengan ρ_{red} dan ρ_{NIR} , menjadikan tranformasi TVI lebih baik bila dibandingkan dengan transformasi yang hanya menggunakan ρ_{red} dan ρ_{NIR} dalam formulanya.

Biomassa hutan mangrove bervariasi terkait usia, jenis yang dominan, dan lokasinya. Pada kawasan hutan mangrove primer seperti kawasan Segoroanak ini, kandungan biomassa cenderung rendah pada daerah dekat laut dan kandungan biomassa cenderung meningkat semakin ke arah dalam. Variasi dapat disebabkan kondisi lingkungan yang berbeda seperti faktor endapan atau lumpur yang lebih tinggi semakin ke arah hulu dan perbedaan salinitas antar wilayah (Mitra. A, 2011).

4. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian dapat ditarik kesimpulan bahwa nilai koefisien determinasi antara indeks vegetasi TVI dan kandungan karbon sebesar $R^2 = 0,63$, dengan akurasi estimasi sebesar ± 39.70762 ton/ha.

Level koreksi radiometrik yang digunakan dapat mempengaruhi hasil yang koefisien determinasi (R^2) dan akurasi dari indeks vegetasi, hal ini dikarenakan Beberapa indeks vegetasi memiliki akurasi yang konsisten pada berbagai level koreksi radiometrik dan ada yang tidak memiliki akurasi yang tidak konsisten.

DAFTAR PUSTAKA

- Hairiah, K dan Rahayu, S. 2007. *Pengukuran "Karbon Tersimpan" di Berbagai Macam Penggunaan Lahan*. Bogor. World Agroforestry Centre – ICRAF, SEA Regional Office, University of Brawijaya, Unibraw, Indonesia.
- JAXA, 2006. *ALOS; User Handbook*. Earth Observation Research Centre. Japan Aerospace Exploration Agency. Japan.
- Komiyama. A., Ong. J. E., Pongparn. S. 2008. Allometry, Biomass, and Productivity of Mangrove Forests. Faculty of Applied Biological Sciences, Gifu University. Japan.
- Komiyama. A., Pongparn. S., Kato. S. 2005. *Common Allometric Equations For Estimating The Tree Weight of Mangroves*. Journal of Tropical Ecology (2005) 21:471-477. Cambridge University Press.
- Kusmana, C. 1996. *Nilai Ekonomis Hutan Mangrove*. Media Konservasi. Bogor.
- Mitra. A, Sengupta K, Banerjee, K. 2011. Standing Biomass and Carbon Storage of Above-Ground Structures in Dominant Mangrove Trees in The Sundarbans. Forest Ecology and Management 261, 1325–1335.
- Walhi. 2010. *Hutan Mangrove: Laju Kerusakan di Lampung Sulit diredam*. <http://www.walhi.or.id/in/ruang-media/walhi-di-media/1048-hutan-mangrove-laju-kerusakan-di-lampung-sulit-diredam>. (10 12 2010)
- www.tnalaspurwo.org diakses tanggal 1 Februari 2011
- Wicaksono. P, Danoedoro. P, Hartono, Nehren. U, Ribbe. L. 2011. Preliminary Work of Mangrove Ecosystem Carbon Stock Mapping in Small Island Using Remote Sensing: Above and Below Ground Carbon Stock Mapping on Medium Resolution Satellite Image. Proceedings of SPIE: Vol. 8174. Remote sensing for agriculture, ecosystems, and hydrology XIII.

PEMODELAN ALOS PALSAR UNTUK ESTIMASI KANDUNGAN BIOMASSA ATAS PERMUKAAN DAN KARBON TEGAKAN HUTAN BERDASARKAN HABITAT DI SEBAGIAN TAMAN NASIONAL KERINCI SEBLAT PROVINSI SUMATERA BARAT

Nirmawana Simarmata¹, Hartono²

¹Program Pasca Sarjana Penginderaan Jauh, Fak. Geografi UGM, Sekip Utara, Sleman, Yogyakarta
Email: nirmawana.simarmata8@gmail.com

*Corresponding author: nirmawana.simarmata8@gmail.com

ABSTRAK

Pemanfaatan teknologi penginderaan jauh untuk inventarisasi sumberdaya hutan sudah semakin berkembang khususnya pengukuran kandungan biomassa di atas permukaan dan karbon secara non-destruktif. Hasil pendugaan kandungan biomassa dan karbon diharapkan dapat menjadi referensi untuk pengambilan kebijakan terkait isu *climate change* dan *global warming*. Salah satu jenis citra penginderaan jauh yang digunakan adalah citra mosaik ALOS PALSAR *Fine Beam Dual* (FBD) resolusi 50 meter dengan panjang gelombang L yang mampu menembus hingga ke lantai hutan sehingga nilai *backscatter* dijadikan sebagai parameter biofisik tegakan hasil interpretasi citra. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis hubungan antara nilai *backscatter* citra ALOS PALSAR dengan parameter tegakan hutan untuk menghitung biomassa di atas permukaan dan karbon berdasarkan habitat hutan di sebagian kawasan Taman Nasional Kerinci Seblat Provinsi Sumatera Barat. Kandungan biomassa dihitung berdasarkan model penduga hasil analisis regresi antara nilai *backscatter* hasil kalibrasi citra ALOS PALSAR dengan hasil pengukuran biomassa aktual dengan persamaan alometrik. Berdasarkan hasil penelitian menggunakan *backscatter* polarized HH diperoleh koefisien determinansi 57.38% sedangkan *backscatter* HV sebesar 62.25%. Cadangan karbon model HH pada habitat hutan daratan rendah sebesar 363.89 ton/ha, hutan perbukitan sebesar 337.98 ton/ha serta hutan montana sebesar 324.15 ton/ha sedangkan model HV pada habitat hutan daratan rendah sebesar 362.96 ton/ha, hutan perbukitan sebesar 340.03 ton/ha dan hutan montana sebesar 329.81 ton/ha. Berdasarkan hasil uji ketelitian, model HV memiliki kemampuan lebih baik daripada model HH untuk estimasi kandungan biomassa di atas permukaan sehingga dapat diterapkan pada cakupan wilayah yang luas.

KATA KUNCI: *Backscatter*, ALOS PALSAR, Alometrik, Biomassa, Karbon

1. PENDAHULUAN

Hutan Indonesia mempunyai peranan penting dalam menjaga keseimbangan iklim global, sehingga penyimpangan pemanfaatan fungsi hutan akan merusak ekosistem hutan. Permasalahan kerusakan hutan Indonesia berada pada peringkat kelima setelah Rusia, Brasil, Amerika Serikat dan Kanada. Indonesia kehilangan 15,8 juta hektar antara tahun 2000 dan 2012 dengan persentase kerusakan hutan sekitar 8,4 persen (Hansen, 2013). Deforestasi hutan Indonesia terjadi di hutan kerapatan tinggi yaitu hutan Sumatera dan Kalimantan karena perubahan/konversi tutupan lahan hutan menjadi hutan tanaman industri dan perkebunan mengalami perkembangan pesat selama 20 tahun terakhir. Beberapa faktor-faktor lain yang mempercepat terjadinya degradasi dan deforestasi di Indonesia yaitu kegiatan eksploitasi hutan secara legal maupun ilegal, konversi hutan alam dan gambut untuk dijadikan perkebunan sawit dan pertambangan, pemberian izin pemanfaatan kayu, serta kebakaran hutan (FWI, 2001).

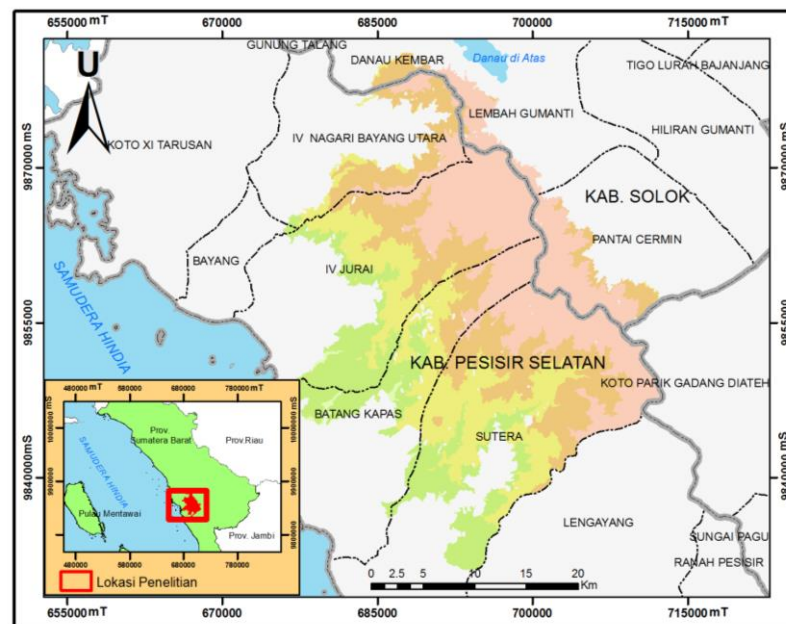
Kajian biomassa sangat penting untuk mengetahui aliran energi dan siklus hara dari suatu ekosistem hutan khususnya hutan hujan tropis mengandung karbon yang cukup berpotensi. Pengukuran kandungan biomassa dan karbon pada umumnya dilakukan secara destruktif melalui pemanenan secara langsung akan tetapi membutuhkan waktu dan biaya yang besar. Mengingat jenis hutan di Indonesia merupakan hutan tropis dengan keanekaragaman hayati yang tinggi sehingga variasi vegetasi relatif heterogen. Permasalahan ini yang sering dihadapi ketika pengukuran biomassa secara terestrial kurang efektif dan efisien sehingga diperlukan pengukuran menggunakan penginderaan jauh akan tetapi citra penginderaan jauh optik sering terganggu oleh awan, oleh karena itu pengukuran biomassa dilakukan menggunakan data radar yang bebas gangguan awan dan belum banyak diteliti. Estimasi kandungan biomassa dan karbon dapat dilakukan dengan memanfaatkan teknologi penginderaan jauh melalui analisis polarimetrik sehingga dapat dikorelasikan dengan biomassa hutan. Salah satu data penginderaan jauh yang dapat digunakan adalah citra ALOS PALSAR yang dikembangkan oleh JAXA (*Japan Aerospace Exploration Agency*) menggunakan

frekuensi *L-band* (frekuensi pusat 1270 MHz atau 23.6 cm) dengan resolusi 50 meter (JAXA, 2008). Citra ALOS PALSAR merupakan data penginderaan jauh untuk monitoring dan pemetaan untuk pengelolaan hutan. ALOS PALSAR merupakan sistem berbasis satelit yang mampu memperoleh data untuk studi biomassa hutan dengan memanfaatkan *Band L*.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis hubungan antara nilai *backscatter* citra ALOS PALSAR dengan parameter tegakan hutan untuk menghitung biomassa di atas permukaan dan karbon berdasarkan habitat di sebagian Taman Nasional Kerinci Seblat Provinsi Sumatera Barat dan mengkaji manfaat citra ALOS PALSAR untuk menyusun model penduga kandungan biomassa di atas permukaan dan karbon berdasarkan habitat sebagai acuan perhitungan emisi karbon pada level nasional.

2. DAERAH KAJIAN

Daerah kajian sebagian zona TNKS terletak di provinsi Sumatera Barat meliputi dua kabupaten yaitu Kabupaten Pesisir Selatan dan Kabupaten Solok dengan luas kira-kira 87.518 Ha. Secara astronomis lokasi penelitian terletak antara 676015 mT–716911 mT dan 9881931 mS–9811053 mS. Lokasi penelitian disajikan secara visual pada gambar berikut.



Gambar 1. Daerah Kajian Penelitian

3. DATA DAN METODE

3.1. Data

Data spasial yang digunakan untuk penelitian yaitu data primer yakni mosaik citra ALOS PALSAR dengan frekuensi *L-band* (frekuensi pusat 1270 MHz atau 23.6 cm) memiliki resolusi 50 meter yang beroperasi dengan moda berkas halus *fine beam dual* (FBD) *polarization* HH+HV dan SRTM *Arc Second* resolusi 30 meter sebagai serta data sekunder berupa peta Rupa Bumi Indonesia, peta topografi dan peta batas kawasan Taman Nasional.

3.2. Metode

3.2.1. Pengolahan Citra

Tahapan pelaksanaan penelitian yang dilakukan untuk perhitungan kandungan biomassa di atas permukaan dan karbon terdiri atas pengolahan citra digital meliputi koreksi geometrik, koreksi radiometrik, klasifikasi citra dan ekstraksi nilai *backscatter*. Pengukuran lapangan dilakukan berdasarkan hasil penentuan sampel plot berupa bentuk, ukuran dan jumlah plot. Pengumpulan data lapangan berupa pengukuran diameter pohon setinggi dada dan tinggi tegakan. Citra ALOS PALSAR yang diperoleh berada pada level

1.5 berarti telah dikoreksi secara geometrik dan radiometrik namun biasanya pada citra radar masih terdapat beberapa efek topografi sehingga berpengaruh terhadap nilai digital seperti terjadinya *foreshortening* (pemendekan lereng depan), *layover* (efek rebahan) dan *shadow* (bayangan) (Jensen, 2014). Jenis koreksi geometrik yang digunakan pada citra ALOS PALSAR resolusi 50 meter yaitu rektifikasi citra ke peta (*image to map correction*) menggunakan peta Rupa Bumi Indonesia (RBI). Koreksi geometrik dilakukan melalui interpolasi nilai intensitas yaitu penentuan nilai piksel yang baru berdasarkan posisi koordinat yang baru. Beberapa algoritma yang dapat digunakan pada *resampling* ini adalah *nearest neighbour*, *bi-linear* dan *cubic convolution* (Danoedoro, 2012). Untuk mengurangi *noise* pada citra dilakukan koreksi radiometrik menggunakan teknik *filtering*. Filter menggunakan dua teknik yaitu filter *Lee*, filter *Frost* dan filter median.

Ekstraksi citra yang dilakukan melalui kalibrasi citra ALOS PALSAR dengan mengubah menjadi citra *sigma nought* (σ°) yang menghasilkan nilai koefisien hamburan balik pada tiap piksel citra (Shimada, 2009). Kalibrasi nilai *backscatter* dilakukan menggunakan persamaan *Normalized Radar Cross Section* (NRCS) dengan rumus berikut:

$$\sigma_{(1.5)}^\circ = 10 \cdot \log_{10}(\text{DN}^2) + \text{CF} \quad (1)$$

dimana:

σ° : *sigma nought*/ koefisien hamburan balik pada tiap piksel
DN : nilai digital
CF : konstanta kalibrasi, yaitu -83,2 (HH) dan -80,2 (HV)

Klasifikasi citra ALOS PALSAR bertujuan untuk membedakan jenis vegetasi berdasarkan habitatnya. Proses klasifikasi dilakukan melalui ekstraksi nilai *backscatter* menurut jenis habitat. Jenis klasifikasi yang digunakan adalah klasifikasi terselia dengan algoritma *maximum likelihood*. Klasifikasi penutup lahan diturunkan menjadi peta klasifikasi habitat melalui proses tumpang susun (*overlay*) dengan data ketinggian dan topografi.

3.2.2. Pengumpulan Data Lapangan

Sebelum pengukuran di lapangan terlebih dahulu ditentukan plot sampel penelitian. Metode penentuan plot sampel untuk pengukuran di lapangan adalah metode *stratified sampling* karena kandungan biomassa sangat bervariasi. Populasi heterogen dipisah menjadi beberapa kelompok dimana masing-masing memiliki variasi yang lebih kecil dibandingkan variasi populasinya (Simon, 2007). Penentuan bentuk plot sampel menggunakan metode kuadrat plot karena wilayah kajian penelitian yang relatif luas dan menggunakan citra dengan resolusi rendah. Ukuran plot di bidang kehutanan ditentukan oleh intensitas sampel namun belum mempertimbangkan berdasarkan aspek penginderaan jauh yang berhubungan dengan resolusi medan, ukuran piksel dan resolusi citra yang akan digunakan. Jumlah plot sampel untuk penelitian yaitu sebanyak 59 sampel dimana 37 plot sampel digunakan untuk penyusunan model alometrik sedangkan 22 plot sampel digunakan untuk validasi model dan uji akurasi. Pengumpulan data lapangan dilakukan melalui pengukuran tegakan hutan yaitu diameter pohon (DBH), jenis pohon dan tinggi pohon.

3.2.3. Estimasi Kandungan Biomassa Tersimpan pada Tegakan

Pendugaan biomassa di atas permukaan dihitung menggunakan persamaan alometrik yang diukur berdasarkan tingkat kerapatan kanopi, diameter batang pohon, tinggi tegakan dan variasi jenis tertentu yang berbeda satu sama lain. Persamaan alometrik yang akan digunakan yaitu:

$$\text{AGB} = 42,69 - 12,800 \cdot \text{DBH} + 1,242 \cdot \text{DBH}^2$$

(2)

(Brown, 1997)

$$\text{AGB} = 0,0509 \times \rho \times D^2 \times H$$

(3)

(Chave *et al.*, 2005)

dimana AGB adalah biomassa di atas permukaan (Kg/pohon), D adalah diameter batang setinggi dada (cm), H adalah tinggi tegakan (m) dan ρ yaitu berat jenis tegakan (g/cm^3).

3.2.4. Analisis Korelasi dan Regresi Backscatter dan Kandungan Biomassa di Atas Permukaan

Analisis korelasi digunakan untuk mengetahui hubungan antara *backscatter* dan kandungan biomassa di atas permukaan sedangkan analisis regresi digunakan untuk mengetahui model terbaik pendugaan biomassa di atas permukaan. Model regresi yang digunakan adalah model linier, model polinomial dan model eksponensial. Verifikasi model Penduga biomassa dilakukan menggunakan uji T

berpasangan antara nilai biomassa di lapangan dengan model penduga. Apabila nilai t_{hitung} lebih kecil dari t_{tabel} dan nilai signifikansi lebih besar dari 0.05 maka H_0 diterima sebaliknya apabila t_{hitung} lebih besar dari t_{tabel} dan nilai signifikansi lebih kecil dari 0.05 maka H_0 ditolak.

3.2.5. Perhitungan Karbon Hutan

Perhitungan karbon di hutan tropis tidak dapat dilakukan dengan mudah karena struktur tegakan hutan yang kompleks serta interaksi antara vegetasi, tanah dan atmosfer. Kandungan karbon yang dihitung menggunakan pendekatan penginderaan jauh dilakukan melalui analisis regresi kandungan biomassa dengan nilai *backscatter* citra. Secara umum untuk menghitung jumlah kandungan karbon berdasarkan hasil pendugaan biomassa di atas permukaan menggunakan persamaan dari Brown *et al* (1996). Hal ini didasarkan bahwa di dalam biomassa hutan terdapat 50% karbon dengan persamaan sebagai berikut.

$$Y = W * 0.5$$

(4)

dimana Y merupakan kandungan karbon di atas permukaan tanah (ton/ha) dan W adalah total biomassa per hektar (ton/ha)

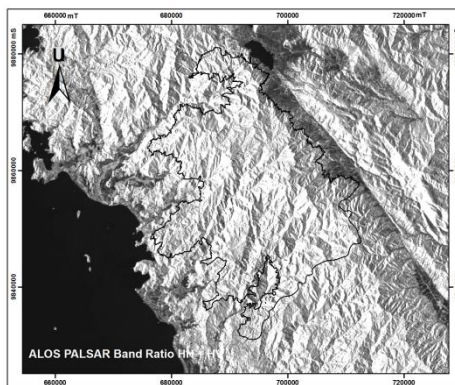
3.2.6. Perhitungan Akurasi Hasil Estimasi Biomassa Permukaan Tegakan Hutan

Akurasi hasil estimasi biomassa di atas permukaan berdasarkan nilai biomassa aktual yang akan dibandingkan dengan nilai biomassa model. Hasil estimasi biomassa diuji melalui analisis *standard error of estimation* dan *confidence level*. Analisis *standard error of estimation* bertujuan untuk mengukur baik tidaknya persamaan regresi dalam memprediksi biomassa dengan melihat standar deviasi antara hasil prediksi dan data pengukuran sebenarnya.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Analisis Nilai Backscatter ALOS PALSAR

Nilai *backscatter* antara citra ALOS PALSAR polarisasi HH dan HV memiliki perbandingan nilai yang berbeda. Citra ALOS PALSAR yang dikalibrasi menggunakan kalibrasi NRCS merupakan akan diekstrak untuk memperoleh nilai kandungan biomassa hasil interpretasi citra. Citra ALOS Palsar disajikan pada gambar berikut.



Gambar 2. Citra ALOS PALSAR Daerah Kajian Penelitian

Nilai *backscatter* pada habitat dataran rendah cenderung memiliki nilai yang lebih rendah dengan rentang nilai 69.02 dB – 79.02 dB polarisasi HH sedangkan polarisasi HV antara 61.93 dB – 76.97 dB. Habitat hutan perbukitan polarisasi HH memiliki nilai *backscatter* antara 63.13 dB – 73.47 dB sedangkan polarisasi HV dengan nilai 60.91 dB – 73.97 dB. Habitat hutan montana memiliki nilai yang lebih tinggi, hal ini dapat dipengaruhi oleh faktor kekasaran permukaan yang menyebabkan nilai *backscatter* lebih tinggi di daerah topografi lebih kasar. Nilai *backscatter* pada habitat ini antara 59.05 dB – 79.93 dB pada polarisasi HH dan 57.14 dB – 62.43 pada polarisasi HV.

4.2. Hasil Klasifikasi

Klasifikasi habitat diperoleh melalui analisis kelas penutup lahan, data ketinggian dan topografi dengan analisis *overlay*. Hasil *overlay* ketiga parameter tersebut menghasilkan tiga jenis habitat vegetasi di

sebagian Kawasan Taman Nasional Kerinci Seblat yakni habitat hutan dataran rendah, hutan perbukitan dan hutan montana. Jenis habitat di sebagian Taman Nasional Kerinci Seblat diketahui luas masing-masing habitat. Adapun luas setiap habitat disajikan dalam tabel berikut.

Tabel 1. Luas Habitat di sebagian Taman Nasional Kerinci Seblat

No	Jenis Habitat	Luas (Ha)
1	Hutan dataran rendah	1466,56
2	Hutan perbukitan	19602,61
3	Hutan montana	66232,68

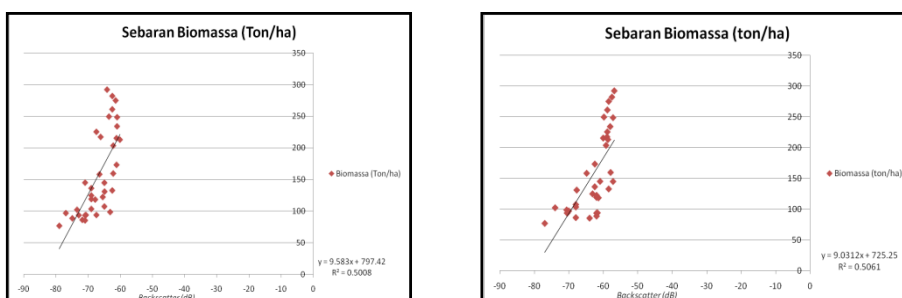
Sumber: Hasil Analisis Penutup Lahan, Ketinggian dan Topografi (2015)

4.3. Kandungan Biomassa di Atas Permukaan

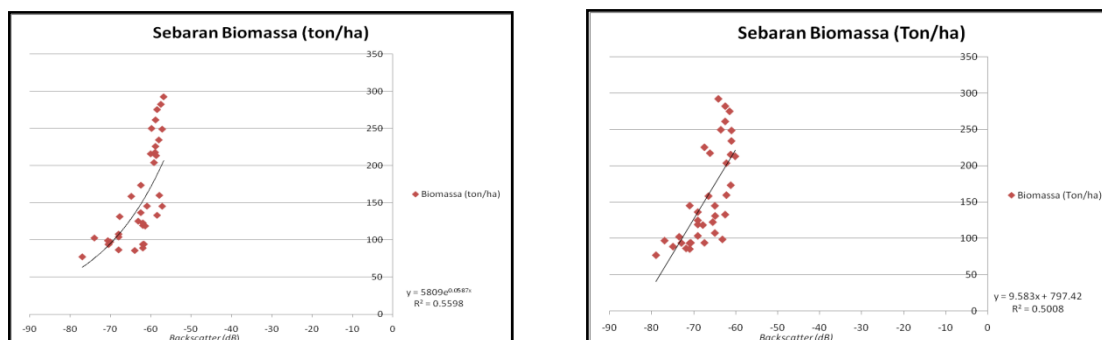
Pengukuran biomassa aktual dihitung berdasarkan tiga parameter tegakan yaitu diameter setinggi dada, tinggi tegakan dan berat jenis pohon. Persamaan alometrik yang digunakan yaitu persamaan menurut Brown (1997) dan Chave *et al* (2005). Hasil perhitungan biomassa di atas permukaan menggunakan persamaan alometrik Brown (1997) dengan menghitung diameter tegakan menghasilkan nilai minimum kandungan biomassa di atas permukaan aktual di sebagian Taman Nasional Kerinci Seblat adalah 77 (ton/ha) per plot sedangkan nilai maksimum kandungan biomassa di atas permukaan adalah 292.386 (ton/ha) per plot sementara persamaan alometrik Chave *et al* (2005) menunjukkan nilai kandungan biomassa di atas permukaan yang terendah 35.17 (ton/ha) per plot sedangkan nilai kandungan biomassa di atas permukaan tertinggi adalah 311.42 per plot. Tabel berikut menyajikan data kandungan biomassa di atas permukaan sebagian kawasan Taman Nasional Kerinci Seblat.

4.4. Model Penduga Kandungan Biomassa di atas permukaan

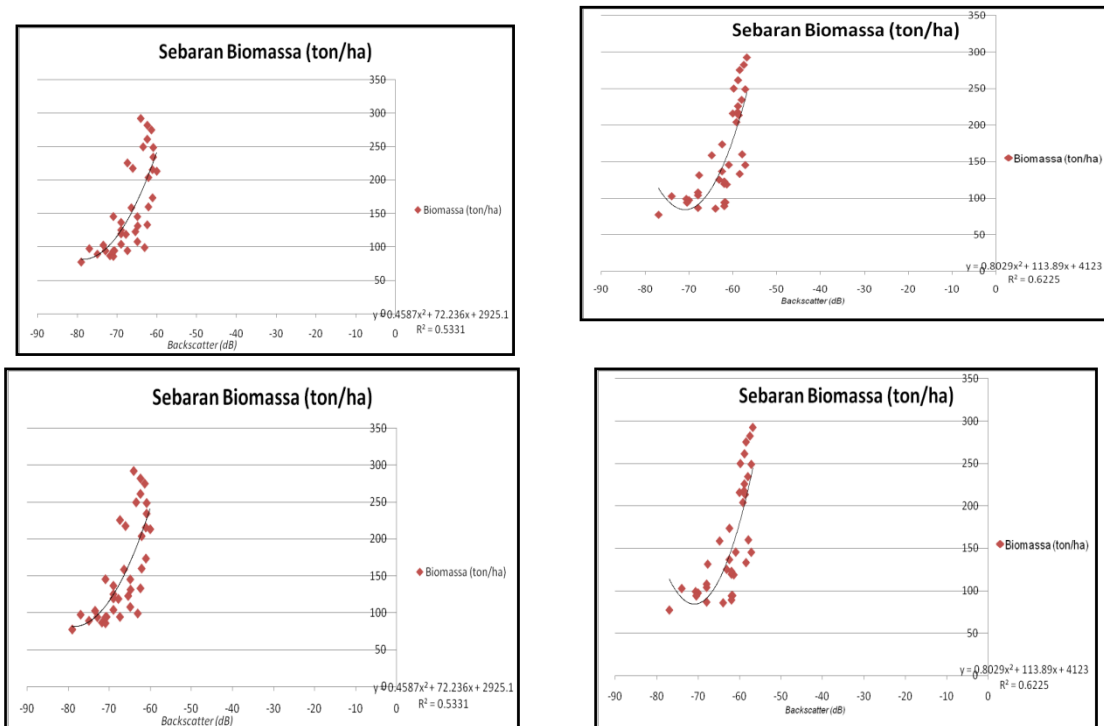
Menurut Imhoff (2002) menjelaskan bahwa terdapat nilai kejenuhan untuk pendugaan biomassa menggunakan radar dan nilai *backscatter* yang negatif membuat hubungan berbentuk Power dan Logaritmik tidak memungkinkan untuk digunakan sehingga model regresi yang digunakan adalah linier, eksponensial dan polinomial. Grafik berikut menunjukkan hubungan antara kandungan biomassa di atas permukaan dengan nilai *backscatter* citra polarisasi HH.



Gambar 3. Hubungan Biomassa dan Nilai *Backscatter* HH/HV Model Linier



Gambar 4. Hubungan Biomassa dan Nilai *Backscatter* HH/HV Model Eksponensial



Gambar 5. Hubungan Biomassa dan Nilai *Backscatter* HH/HV Model Polinomial

Tabel berikut menjelaskan hasil analisis regresi sebelumnya untuk menduga biomassa di Taman Nasional Kerinci Seblat menggunakan tiga model penduga biomassa sebagai berikut.

Tabel 2. Persamaan Regresi Polarisasi HH

Polarisasi	Model	R ² (%)	SE	t _{hitung}	t _{tabel}	Sig
HH	Y = 9.583BS_HH + 797.42	50.05	48.43	-1.449	1.71	0.0
	Y = 10002e ^{0.0634BS_HH}	57.38	41.07	-1.438	1.71	0
	Y = 0.4587BS_HH ² + 72.236_BS_HH + 2925.1	53.31	47.72	-1.373	1.71	0.0
						0
						0.0
Polarisasi	Model	R ² (%)	SE	t _{hitung}	t _{tabel}	Sig
HV	Y = 9.0312_BS_HV + 725.25	50.61	36.16	-1.435	1.71	0.0
	Y = 5809e ^{0.0587BS_HV}	55.98	35.73	-0.241	1.71	0
	Y = 0.8029BS_HV ² + 113.89BS_HV + 4123	62.25	30.84	-0.106	1.71	0.0
						0
						0.0

Sumber: Hasil Pengolahan Statistik (2015)

4.5. Kandungan Biomassa Atas Permukaan dan Cadangan Karbon di Sebagian Taman Nasional Kerinci Seblat

Kandungan karbon tegakan di Taman Nasional Kerinci Seblat dihitung berdasarkan pendekatan biomassa di atas permukaan dimana 50% biomassa merupakan simpanan karbon. Kandungan biomassa di atas permukaan model HH berdasarkan habitat di sebagian Taman Nasional Kerinci Seblat Provinsi Sumatera Barat yaitu hutan daratan rendah terdapat 726,05 ton/ha, hutan perbukitan 680,06 ton/ha dan hutan montana 659,62 ton/ha dengan cadangan karbon pada hutan daratan rendah terdapat 363,89 ton/ha, hutan perbukitan 337,98 ton/ha dan hutan montana 324,15 ton/ha. Berdasarkan hasil estimasi kandungan biomassa

di atas permukaan model HV pada habitat hutan daratan rendah terdapat 726,05 ton/ha, hutan perbukitan 680,06 ton/ha dan hutan montana 659,62 ton/ha dengan cadangan karbon pada hutan daratan rendah terdapat 362,96 ton/ha, hutan perbukitan 340,03 ton/ha dan hutan montana 329,81 ton/ha. Kandungan biomassa atas permukaan disajikan dalam tabel berikut

Tabel 3. Kandungan Biomassa Atas Permukaan

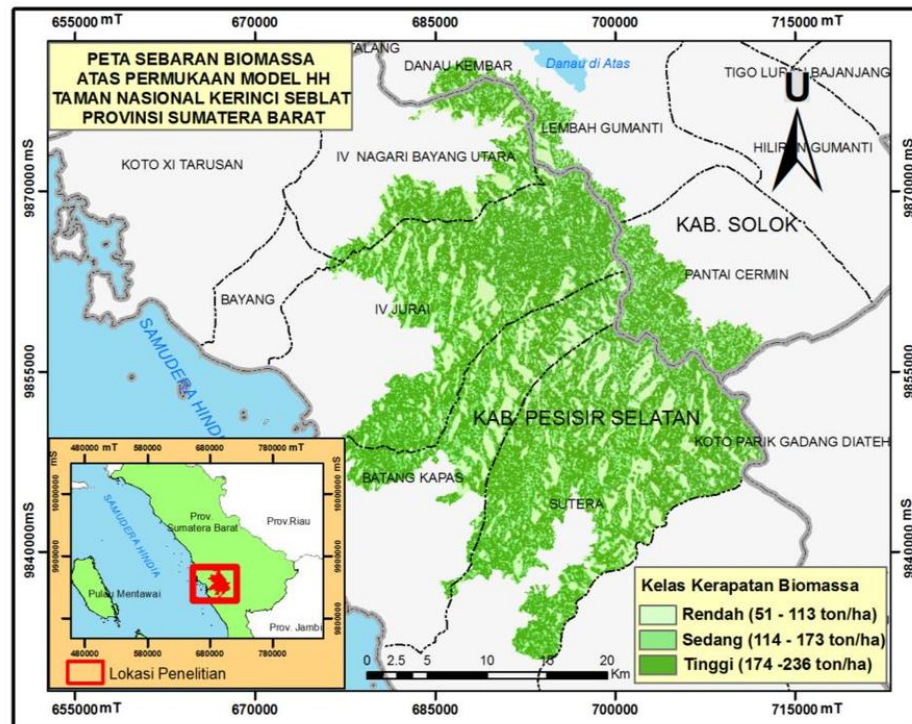
No	Plot Sampel	Koordinat X	Koordinat Y	Habitat	Nilai dB HH	AGB HH	Nilai dB HV	AGB HV
1	SS1	693098.4	9837020	Hutan Dataran Rendah	-72.93	98.17	-61.93	149.05
2	SS2	691830.2	9837534	Hutan Dataran Rendah	-71.81	105.42	-67.95	91.28
3	SS3	690823.3	9838194	Hutan Dataran Rendah	-76.97	75.98	-70.02	84.87
4	SS4	690818.9	9838095	Hutan Dataran Rendah	-70.95	111.3	-63.95	123.18
5	BK1	688105.8	9842301	Hutan Dataran Rendah	-79.02	66.76	-76.97	113.65
6	BK4	686131.3	9848000	Hutan Dataran Rendah	-69.02	125.84	-61.93	149.05
7	P1	676579.5	9848514	Hutan Dataran Rendah	-70.69	113.17	-61.67	152.92
8	P3	679998.9	9852463	Hutan Dataran Rendah	-74.95	86.37	-61.93	149.05
9	AP1	693822.4	9833734	Hutan Perbukitan	-63.13	182.79	-70.63	84.29
10	AP2	693763.7	9833844	Hutan Perbukitan	-69.02	125.84	-67.95	91.28
11	TA1	686275.8	9837100	Hutan Perbukitan	-70.95	111.3	-70.45	84.39
12	SS5	693981.4	9838882	Hutan Perbukitan	-67.81	135.85	-61.36	157.57
13	SS6	694350.6	9840616	Hutan Perbukitan	-64.87	163.71	-67.69	92.59
14	SS8	695618.8	9843666	Hutan Perbukitan	-73.47	94.88	-73.97	91.71
15	BK2	686532.6	9844469	Hutan Perbukitan	-70.95	111.3	-60.91	164.66
16	BK3	682647.7	9846652	Hutan Perbukitan	-69.02	125.84	-63.09	133.4
17	P2	678233	9849718	Hutan Perbukitan	-67.43	139.14	-70.45	84.39
18	T1	681764.8	9853892	Hutan Perbukitan	-66.45	148.05	-64.81	114.19
19	T3	685328.6	9856830	Hutan Perbukitan	-69.02	125.84	-62.45	141.78
20	T4	681283.2	9859784	Hutan Perbukitan	-64.93	163.02	-67.95	91.28
21	T2	686147.3	9855850	Hutan Montana	-61.13	207.46	-62.43	142.07
22	PT1	688132.6	9869454	Hutan Montana	-60.97	209.53	-57.97	218.77
23	PT2	681197.6	9869454	Hutan Montana	-67.43	139.14	-58.81	201.97
24	PT3	689873.5	9874134	Hutan Montana	-61.15	207.23	-60	180.04
25	PT4	688617.8	9875847	Hutan Montana	-61.41	203.8	-58.41	209.84
26	DK1	686819.8	9880143	Hutan Montana	-62.46	190.64	-58.79	202.36
27	DK2	688303.8	9880299	Hutan Montana	-64.93	163.02	-57.14	236.68
28	AD1	706119.1	9869368	Hutan Montana	-62.17	194.26	-57.85	221.42
29	AD2	697978.7	9870624	Hutan Montana	-62.17	194.26	-59.17	195.11
30	AD3	695952.4	9872279	Hutan Montana	-62.79	157.9	-61.93	149.05
31	AD4	694896.4	9874477	Hutan Montana	-59.05	178.51	-59.78	183.79
32	AD5	696095.1	9876360	Hutan Montana	-60.85	190.64	-58.41	209.84
33	LO1	703087.2	9865744	Hutan Montana	-65.85	151.46	-58.89	200.42
34	LO2	704942.2	9863375	Hutan Montana	-77.93	221.86	-58.63	205.54
35	SU1	710792.8	9858381	Hutan Montana	-75.95	190.79	-57.46	229.58
36	SU2	709223.1	9858495	Hutan Montana	-60.67	171.94	-56.78	244.66
37	SU3	705684.3	9859836	Hutan Montana	-79.93	209.81	-57.14	236.68

Sumber: Hasil Pengolahan Citra ALOS PALSAR dan Pengukuran di Lapangan (2015)

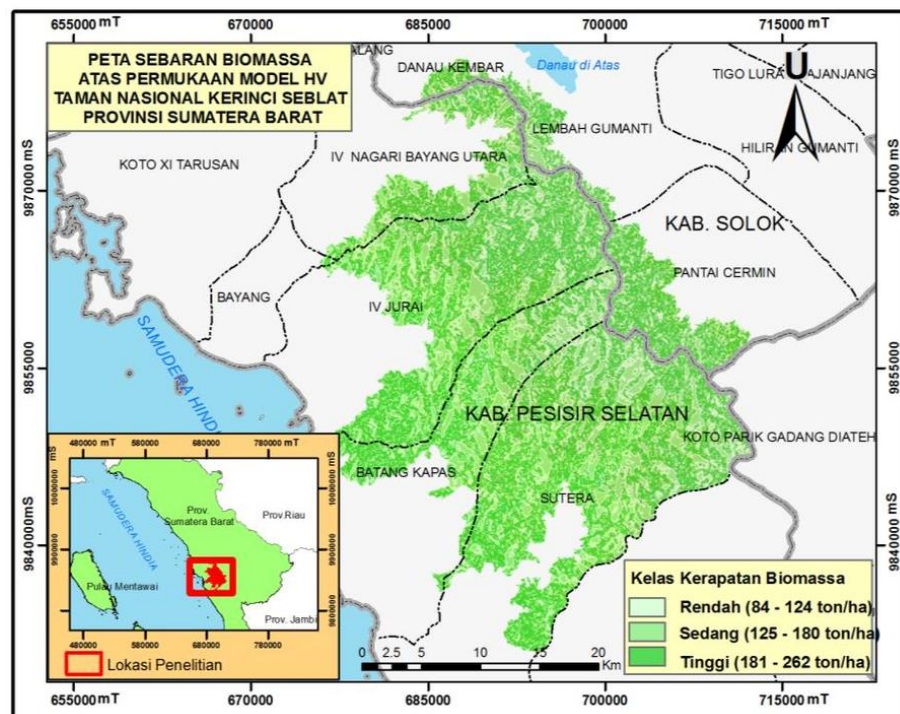
Keterangan: AGB HH: Kandungan Biomassa Hasil Estimasi Model HH

AGB HV: Kandungan Biomassa Hasil Estimasi Model HV

Penyusunan peta kelas kerapatan biomassa atas permukaan diklasifikasikan menjadi tiga kelas kerapatan yaitu kelas kerapatan tinggi, sedang dan rendah. Distribusi kandungan biomassa atas permukaan disajikan pada gambar berikut.



Gambar 6. Sebaran Biomassa Atas Permukaan Model HH



Gambar 7. Sebaran Biomassa Atas Permukaan Model HV

4.6. Akurasi Hasil Estimasi Biomassa Permukaan Tegakan Hutan

Akurasi estimasi biomassa model HH diperoleh akurasi minimum sebesar 51,24% sedangkan akurasi minimum sebesar 62,4%. Hasil uji akurasi estimasi biomassa model HV juga membandingkan nilai biomassa aktual hasil perhitungan di lapangan sehingga diperoleh akurasi minimum sebesar 79,88% sedangkan akurasi minimum sebesar 74,88%.

4.7. Pembahasan Teoretis dalam Pemanfaatan Citra ALOS PALSAR Estimasi Kandungan Biomassa di atas permukaan dan Karbon Berdasarkan Habitat

Berdasarkan hipotesis sebelumnya terbukti bahwa nilai *backscatter* mempunyai hubungan yang kuat terhadap parameter tegakan hutan dengan persentase sebesar 62.25%. Dari hasil analisis tersebut menunjukkan citra ALOS PALSAR dapat dimanfaatkan sebagai dasar penyusunan model penduga biomassa di atas permukaan dan karbon. Hasil penelitian menggunakan citra ALOS PALSAR menunjukkan bahwa untuk polarisasi HV lebih baik karena lebih peka terhadap vegetasi yang dominan tegak dan topografi bergunung (ketinggian >800 mdpl) sehingga nilai yang dihamburkan lebih tinggi sedangkan polarisasi HH lebih peka terhadap wilayah yang datar sehingga nilai *backscatter* lebih rendah. Hasil uji ketelitian kedua model tersebut dapat dilihat bahwa model HV lebih layak digunakan untuk menduga kandungan biomassa di atas permukaan khususnya untuk karakteristik wilayah bergunung. Beberapa kelebihan dan kekurangan pemanfaatan citra ALOS PALSAR untuk estimasi kandungan biomassa di atas permukaan dan karbon di sebagian TNKS. Kelebihan citra ALOS PALSAR untuk estimasi kandungan biomassa yaitu nilai *backscatter* citra ALOS PALSAR dapat digunakan sebagai parameter biofisik pada tegakan hutan karena panjang gelombang L dapat menggambarkan objek yang diteliti khususnya tanaman berkayu. Adapun kekurangan citra ALOS PALSAR untuk estimasi kandungan biomassa adalah resolusi citra yang digunakan relatif rendah untuk menghitung nilai kandungan biomassa sehingga tidak dapat diidentifikasi lebih spesifik.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis, citra ALOS PALSAR dapat digunakan untuk inventarisasi sumber daya hutan yang dapat diterapkan pada cakupan wilayah relatif luas sehingga dapat dijadikan sebagai acuan untuk perhitungan emisi karbon. Jenis polarisasi HV lebih peka untuk estimasi biomassa atas permukaan daripada polarisasi HH.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Prof. Dr. Hartono, DEA, DESS. dan Dr. Sigit Heru Murti BS, M.Si yang telah banyak membantu dan membimbing dalam menyelesaikan penelitian ini serta Balai Taman Nasional Kerinci Seblat yang telah member izin penulis melakukan penelitian di kawasan taman nasional.

DAFTAR PUSTAKA

- Brown, S., Sathaye, J., Canel, M., Kauppi, P., 1996, *Mitigation of Carbon Emission to the Atmosphere by Forest Management*, Commonwealth Forestry Review 75:80-91.
- Brown, S., 1997, *Estimating Biomass and Biomass Change Of Tropical Forests, a premier*, FAO Forestry Paper 134. FAO Rome.
- Chave, J., Andalo, C., Brown, S., Cairns, M. A., Chambers, J. Q., Eamus, D., Folster, H., Fromard, F., Higuchi, N., Kira, T., Lescure, J.P., Nelson B.W., Ogawa, H., Puig, H., Riera, B., Yamakura, T., 2005, *Tree allometry and improved estimation of carbon stocks and balance in tropical forests. Oecologia*, 145:87-99.
- Danoedoro, P., 2012, *Pengantar Penginderaan Jauh Digital*, Yogyakarta: Andi Offset.
- FWI., 2006, *Lembar Informasi. Catatan Singkat: Potret Kondisi Hutan Indonesia dan Kinerja Pelaku di Sektor kehutanan*, Bogor.
- Hansen, Matt., 2013, *High-Resolution Global Maps of 21st-Century Forest Cover Change*, University of Maryland. Science Vol 342 15 November 2013.
- Imhoff, M.L. 2002. *Radar backscatter and biomass saturation: ramifications for global biomass inventory. Geoscience and Remote Sensing: Vol 33 [511-518].*
- JAXA., 2008, *ALOS Data Users Handbook, Earth Observation Research and Application Center Japan Aerospace Exploration Agency*, <http://www.eorc.nasda.go.jp/alos/doc/handbk>. Diakses Tanggal 20 Oktober 2014.
- Jensen, J. R., 2014, *Remote Sensing of the Environment An Earth Resource Perspective*, United States: Pearson Education Limited.
- Shimada, M., Isoguchi, O., Tadono, T., Isono, K., 2009, *PALSAR Radiometric and Geometric Calibration*, IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, VOL. 47, NO. 12, December 2009.

PEMETAAN KEMAMPUAN LAHAN DAN INDEKS POTENSI LAHAN UNTUK ARAHAN PENGGUNAAN LAHAN PERTANIAN DENGAN MENGGUNAKAN PENGINDERAAN JAUH DAN SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS

Trihatmaja Adi Nugraha^{a*}, Rukiyya Sri Rayati Harahap^a, Ainil Mardhiah^a, M. Randy Aswin^a,
Anugerah Ramadhian A.P.^a, Prayoga Try Sagita^a, Azzadiva Ravi Sawungrana^a, Wirastuti
Widyatmanti^b

^aProgram Studi Kartografi dan Penginderaan Jauh, Universitas Gadjah Mada, Bulaksumur Yogyakarta

^bStaf Pengajar Program Studi Kartografi dan Penginderaan Jauh Universitas Gadjah Mada, Bulaksumur
Yogyakarta

*Corresponding author: trihatmaja.adi.n@mail.ugm.ac.id

ABSTRAK

Kajian kemampuan lahan berlokasi di sebagian Kabupaten Lombok yang terdiri dari Kecamatan Labupi, Kecamatan Kediri, Kecamatan Gerung, dan Kecamatan Lembar. Penelitian ini bertujuan untuk (1) memetakan kemampuan lahan dengan menggunakan metode Indeks Potensi Lahan (IPL) dan metode penilaian kualitatif, (2) memberikan arahan penggunaan lahan yang sesuai di daerah kajian. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah penilaian kualitatif kemampuan lahan dan Indeks Potensi Lahan (IPL). Satuan pemetaan dalam pemetaan kemampuan lahan ini menggunakan satuan medan. Peran Penginderaan Jauh (PJ) dan Sistem Informasi Geografis (SIG) dalam penelitian ini yaitu interpretasi visual dalam mengidentifikasi dan menganalisis bentuklahan di area kajian. Interpretasi visual ini dibantu dengan teknik fusi untuk mempermudah dalam interpretasi visual dengan menggunakan citra SPOT 4 dan data DEM. Metode penilaian kualitatif mengacu pada parameter menurut Arsyad (2012) dengan modifikasi pada faktor pembatas. Metode Indeks Potensi Lahan (IPL) mengacu pada Suharsono (1998) dengan modifikasi faktor pembatas bencana. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa kemampuan lahan kemampuan lahan sebagian Lombok Barat berkisar pada kelas II sampai dengan VIII. Lahan yang disarankan untuk penggunaan lahan pemukiman dengan kelas kemampuan lahan II sampai IV sebagian besar terletak pada bagian utara wilayah kajian yang memiliki bentuklahan dataran alluvial, lereng kaki gunung api, bukit gunung api terdenudasi lemah, oxbow lake dan laguna. Lahan dengan kelas kemampuan lahan di atas kelas V tidak disarankan untuk pertanian, sebagian besar terletak pada bagian selatan wilayah kajian. Indeks Potensi Lahan sebagian Lombok Barat berkisar dari rendah sampai tinggi. Kelas tinggi dan Agak tinggi sebagian besar ada di daerah utara penelitian. Indeks potensi lahan dan penilaian kualitatif memiliki hubungan lurus dimana kelas kemampuan lahan metode kualitatif hampir sama dengan indeks potensi lahan yang ada di sebagian Kabupaten Lombok Barat.

KATA KUNCI: penginderaan jauh, kemampuan lahan, indeks potensi lahan, pertanian,

1. PENDAHULUAN

Kabupaten Lombok Barat memiliki tingkat produktivitas hasil pertanian yang tinggi. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik, Kabupaten Lombok Barat tahun 2014 memiliki tingkat produktivitas pertanian yang tinggi dengan luas lahan 5,23% dari luas Kabupaten Lombok Barat. Meskipun memiliki tingkat produktivitas yang tinggi, namun penempatan area pertanian belum sesuai dengan kondisi fisik atau karakteristik lahan yang menunjang pertanian. Karakteristik fisik lahan seperti relief, jenis tanah, batuan permukaan dan kondisi hidrologi merupakan parameter yang perlu diperhatikan dalam pemanfaatan lahan untuk pertanian. Perbedaan karakteristik fisik lahan tersebut menyebabkan perbedaan pula pemanfaatan lahan pertanian yang ada.

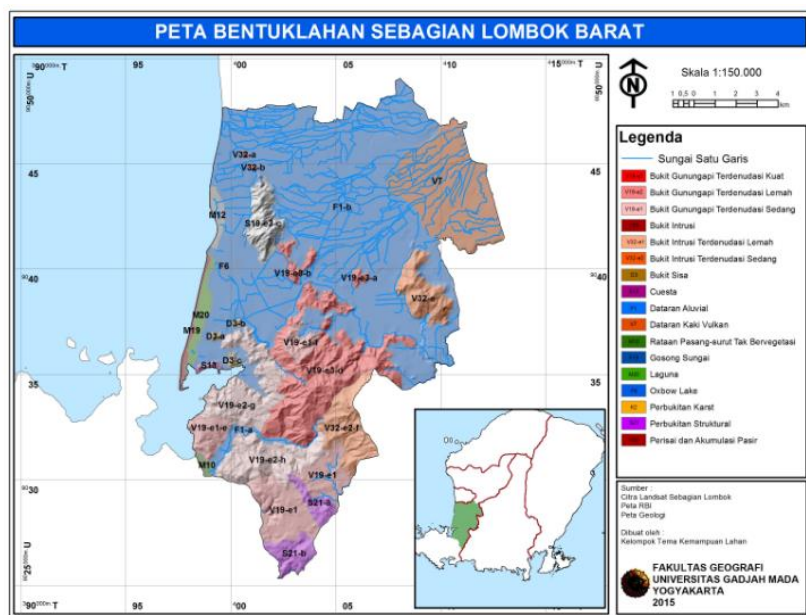
Penginderaan jauh (PJ) dan sistem informasi geografis (SIG) merupakan suatu integrasi dari kemampuan perangkat lunak, software, dan kemampuan user yang digunakan untuk melakukan pengolahan data secara digital maupun manual untuk memberikan hasil terhadap suatu permasalahan yang ada. Pengolahan data tersebut menggunakan pendekatan secara spasial dengan menggunakan parameter pendukung untuk melakukan pemetaan dan rekomendasi arahan yang baik untuk pemecahan suatu masalah. PJ dan SIG dapat digunakan untuk memetakan kemampuan lahan dan indeks potensi lahan. Kemampuan lahan dan indeks potensi lahan dapat digunakan sebagai pertimbangan pemanfaatan lahan berdasarkan karakteristik fisik lahan tersebut. Oleh karena itu, pemetaan kemampuan lahan dan indeks potensi lahan

berbasis PJ dan SIG untuk menghasilkan informasi tentang kemampuan lahan sebagai arahan fungsi pemanfaatan lahan dan tataguna lahan Sebagian Kabupaten Lombok Barat diperlukan.

Pemetaan kemampuan lahan secara penilaian kualitatif dan indeks potensi lahan menggunakan sistem informasi geografis dan penginderaan jauh dapat digunakan sebagai dasar pertimbangan metode mana yang paling sesuai dalam menyajikan kemampuan lahan sebagai penggunaan lahan pertanian di sebagian Lombok Barat. Setiap metode yang berbeda memiliki variabel yang berbeda sehingga kemampuan dalam menghasilkan analisis kemampuan lahan berbeda pula. Kemampuan lahan menggunakan variabel kemiringan lereng, tekstur tanah, salinitas tanah, ketebalan efektif tanah, drainase, batuan permukaan, permeabilitas dan kerawanan bencana. Indeks potensi lahan menggunakan variabel kemiringan lereng, jenis batuan, potensi air, dan kerawanan bencana. Masing-masing metode menggunakan variabel yang berbeda, sehingga hasil dari kedua metode tersebut perlu dianalisis dan dievaluasi.

2. STUDI AREA

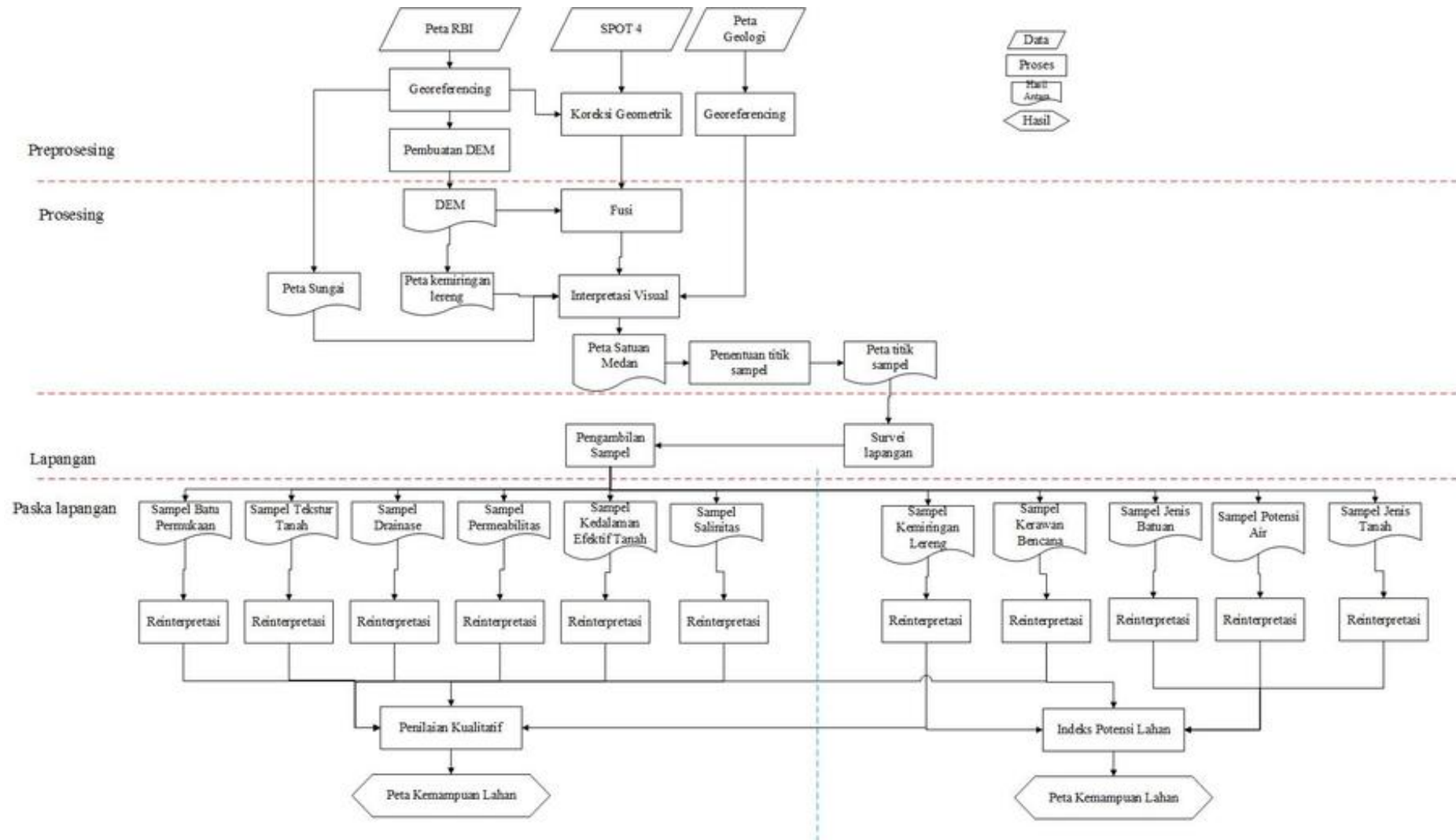
Wilayah yang menjadi kajian pada penelitian ini adalah sebagian kabupaten Lombok Barat yang terdiri dari beberapa kecamatan yaitu kecamatan Gerung, Kecamatan Kediri dan Kecamatan Lembang. Karakteristik fisik dari wilayah ini disusun oleh beberapa bentuklahan diantaranya adalah bukit gunungapi terdenudasi, bukit intrusi, bukit sisa, cuesta, dataran aluvial, dataran kaki vulkan, rataan pasang surut, gosong sungai, laguna, *oxbow lake*, perbukitan karst struktural, perisai dan akumulasi pasir. Bentuklahan ini secara spasial seperti peta bentuklahan berikut (Gambar 1).



Gambar 1. Peta Bentuklahan Sebagian Kabupaten Lombok Barat.

3. DATA DAN METODE

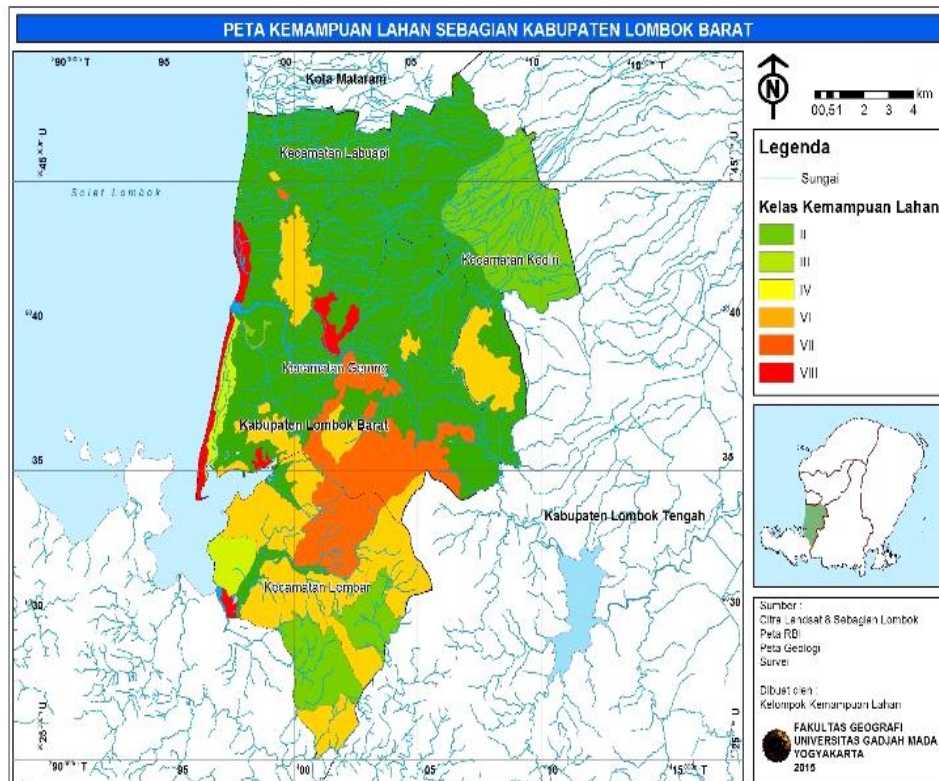
Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Peta RBI Skala 1 : 25.000, citra Landsat 8, Peta Geologi skala 1:100.000 daerah penelitian, ArcGIS 10.1, ENVI 5.1, bor tanah, sekop, plastik transparan, pita ukur, dan Soil Test Kit. Penelitian ini menggunakan teknik penginderaan jauh dengan dipadukan dengan sistem informasi geografis. Data diperoleh dari proses interpretasi citra Landsat 8 secara visual dan analisis Peta Geologi. Citra Landsat 8 digunakan sebagai sumber data utama untuk interpretasi bentuk lahan dibantu dengan data pendukung seperti Peta RBI dan peta geologi. Penelitian ini digambarkan dalam diagram alir penelitian yang disajikan pada Gambar 2. Penilaian tingkat kemampuan lahan dilakukan dengan menggunakan dua metode, yakni metode penilaian kualitatif dan indeks potensi lahan. Metode penilaian kualitatif dilakukan dengan cara mencocokkan tiap parameter pembentuk kemampuan lahan dengan kelas kemampuan lahan. Pencocokkan tiap parameter dilakukan berdasarkan Arsyad (2012). Metode indeks potensi lahan dilakukan dengan cara pengharkatan, yakni menjumlahkan harkat masing-masing parameter pada setiap satuan lahan. Kelas pengharkatan dilakukan dengan menggunakan metode pengharkatan yang dikemukakan oleh Suharsono (1988).



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Kemampuan lahan dalam bidang pertanian di area kajian sebagian Kabupaten Lombok Barat yang dikenali dengan menggunakan parameter-parameter yang ditetapkan oleh Arsyad (2013) dapat dibandingkan dengan menggunakan metode indeks potensi lahan. Parameter yang digunakan dalam metode penilaian kualitatif yaitu kemiringan lereng, kepekaan erosi, kenampakan erosi, kedalaman tanah, tekstur tanah, permeabilitas, drainase, ancaman banjir. Sementara dengan menggunakan parameter indeks potensi lahan yaitu menggunakan parameter relief, litologi, tanah, hidrologi, dan kerawanan bencana. Peta kemampuan lahan ditampilkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Peta Kemampuan Lahan Sebagian Kabupaten Lombok Barat

Lahan yang dapat diarahkan untuk pemanfaatan pertanian dibatasi dari kelas kemampuan lahan I sampai dengan IV dengan pertimbangan memungkinkan untuk ditanami tanaman semusim dengan hambatan yang masih mungkin diatasi. Kelas kemampuan lahan V dan seterusnya tidak disarankan untuk pemanfaatan pertanian karena hambatan yang besar. Berdasarkan peta x.x. kelas kemampuan lahan pada wilayah kajian berkisar dari kelas II sampai dengan kelas VIII, tidak didapati kelas kemampuan lahan I di wilayah kajian. Tidak adanya kelas kemampuan lahan I paling dipengaruhi oleh faktor pembatas bencana berupa banjir dan atau longsor yang didapati pada seluruh wilayah kajian.

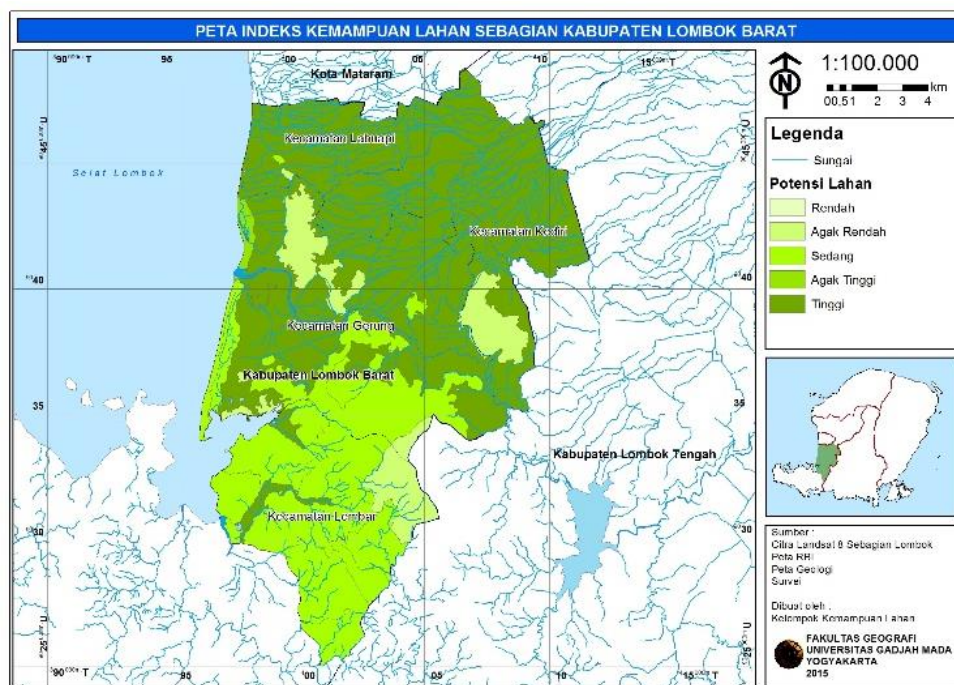
Lahan yang dikategorikan dapat dimanfaatkan untuk pertanian secara spasial terletak pada bagian utara wilayah kajian. Kelas kemampuan lahan II diisi oleh bentuklahan dataran aluvial yang berada pada sebagian besar Kecamatan Labuapi, Kecamatan Labuapi bagian barat, Kecamatan Gerung Bagian utara, serta sebagian kecil wilayah di bagian barat Kecamatan Lembar yang merupakan dataran aluvial diantara perbukitan gunungapi terdenudasi. Dataran aluvial pada seluruh wilayah kajian karakteristik yang sama. Kemiringan lerengnya adalah 1-5%. Tanah pada bentuklahan ini bertekstur halus (t1) hingga sedang (t3), permeabilitas lambat hingga sedang, serta dengan drainase yang agak baik. Faktor pembatas salinitas tidak berpengaruh karena nilainya sangat kecil (g0), sementara faktor pembatas bencana yang teridentifikasi adalah banjir. Lahan ini dapat dimanfaatkan untuk pertanian namun ada penghambat berupa banjir yang seringkali terjadi.

Kelas kemampuan lahan III ada pada dua bentuklahan yaitu dataran kaki Gunungapi Rinjani pada bagian timur Kecamatan Kediri serta berupa perbukitan gunungapi terdenudasi lemah pada bagian selatan Kecamatan Lembar. Karakteristik dataran kaki rinjani pada bagian timur Kecamatan Kediri hampir sama dengan dataran aluvial yang berbatasan dengannya, namun ada beberapa variabel yang berbeda. Tekstur tanah dalam masuk dalam kelas agak kasar (t4), namun drainase pada tanah permukaannya buruk. Tekstur tanah

bawah yang kasar ini kemungkinan karena materialnya berasal dari Gunungapi Rinjani yang masih relatif muda. Faktor pembatas berupa bencana banjir juga ditemui pada wilayah ini. Dibandingkan dengan dataran kaki Gunungapi Rinjani, bentuklahan bukit gunungapi terdenudasi lemah pada bagian selatan Kecamatan Lembar memiliki beberapa karakteristik yang berbeda walaupun dalam klasifikasi kemampuan lahan dalam kelas yang sama. Perbedaannya antara lain adalah kemiringan lerengnya yang lebih terjal yaitu mencapai 15% serta ancaman bencananya yang berupa longsor ringan. Adanya hambatan untuk pengolahan pertanian yang agak berat ini membuat pengolahan lahan untuk pertanian pada lahan ini butuh tindakan yang lebih intensif.

Kelas kemampuan lahan IV ditemukan pada wilayah pesisir berupa laguna dan oxbow lake di bagian barat Kecamatan Gerung serta rataian pasang-surut pada bagian barat Kecamatan Lembar. Hambatan dalam pemanfaatan untuk pertanian pada lahan ini tergolong berat serta pilihan jenis tanaman yang dapat diusahakan pada wilayah ini sangat terbatas. Letaknya yang sangat dekat dengan laut membuat tingkat salinitas tanah pada lahan-lahan ini jauh lebih tinggi dibanding satuan lahan lainnya dan masuk dalam kelas terpengaruh rendah (g1) hingga sedang (g2). Permeabilitas serta kondisi drainasenya buruk. Tanah pada lahan ini sangat sering tergenang oleh air. Hambatan besar yang mengancam pertanian pada wilayah ini adalah adanya bahaya banjir rob.

Lahan dengan kelas kemampuan lahan V hingga VIII tidak disarankan untuk pemanfaatan berupa pertanian. Ditinjau dari bentuklahannya, kelas kemampuan lahan ini diisi oleh bukit gunungapi terdenudasi lemah hingga kuat, bukit gunungapi hasil intrusi magma, horst, bkit sisa, cuesta, dataran alluvial pantai, dan perisai dan akumulasi pasir. Pada wilayah perbukitan hambatan utamanya adalah kemiringan lereng yang curam, kedalaman efektif tanah yang dangkal, serta faktor pembatas berupa bahaya longsor. Hambatan pertanian pada bentuklahan dataran alluvial pantai serta perisai dan akumulasi pasir adalah tekstur tanahnya yang kasar berupa pasir sehingga tidak mampu menahan air, salinitas tanahnya pun tergolong tinggi, serta ancaman bahaya banjir rob.



Gambar 4. Peta Indeks Kemampuan Lahan Sebagian Kabupaten Lombok Barat

Gambar 4 adalah hasil pemetaan dengan menggunakan indeks potensi lahan. Indeks potensi lahan merupakan salah satu metode untuk mengetahui kemampuan lahan dengan pendekatan perngharkatan variabel yaitu variabel relief, litologi, tanah, hidrologi, dan kerawanan bencana. Secara spasial persebaran indeks potensi lahan tinggi dan agak tinggi terletak dominan di sebelah utara daerah kajian sampai tengah daerah kajian. Secara fisik daerah yang memiliki indeks potensi lahan tinggi adalah daerah yang memiliki relief datar seperti dataran aluvial dan dataran kaki vulkan dengan pengaruh fluvial yang dominan. Pengaruh DAS Dodokan yang berada di daerah kajian yang merupakan DAS terbesar di pulau Lombok menambah tinggi nilai untuk harkat hidrologi karena berpengaruh terhadap potensi air tanah yang implikasinya pada nilai indeks potensi lahan akan semakin baik. Terdapatnya relief yang datar dan pengaruh DAS Dodokan inilah yang menyebabkan daerah bagian utara kajian menjadi nilai indeks potensi lahan tinggi.

Persebaran secara administrasi Indeks potensi lahan yang termasuk dalam klasifikasi tinggi ada di Kecamatan Labuapi, Kecamatan Kediri, dan sebagian Kecamatan Gerung. Hal ini mengindikasikan bahwa daerah tersebut termasuk dalam kategori kemampuan lahan yang cocok untuk lahan pertanian. Kecamatan Kediri dan Kecamatan Labuapi menjadi daerah yang memiliki persentase wilayahnya mendekati 100% memiliki indeks potensi lahan tinggi. Dengan hampir seluruh wilayahnya termasuk kelas tinggi, dua kecamatan ini dapat dijadikan sentra lahan pertanian dan lumbung pertanian untuk Kabupaten Lombok Barat lebih umum lagi untuk Provinsi Nusa Tenggara Barat.

Indeks potensi lahan rendah persebarannya terletak di bagian selatan area kajian. Indeks potensi lahan rendah disebabkan oleh relief yang ada didominasi berbukit dengan faktor hidrologi yaitu potensi air tanah yang kurang. Kedalaman tanah yang kurang dari 30 cm ini juga mempengaruhi terhadap faktor hidrologi dan juga jenis tanah. Seperti diketahui jenis tanah yang kurang dari 30 cm menandakan jenis tanah adalah litosol. Dengan kedalaman tanah seperti itu, dilapangan ditemukan banyak terjadi longsor berupa rockfall. Dengan gabungan relief yang berbukit, potensi air tanah yang agak rendah dan bencana rockfall yang sering terjadi menyebabkan indeks potensi lahan daerah Kecamatan Lembar agak rendah.

Perbedaan kedua metode ini untuk mengkaji kemampuan lahan yang cocok untuk lahan pertanian ada di daerah Kecamatan Kediri. Pada metode penilaian kualitatif termasuk dalam kemampuan lahan kelas III, akan tetapi pada metode Indeks Potensi Lahan termasuk dalam klasifikasi tinggi. Hal ini dapat diidentifikasi bahwa kelas tinggi termasuk dalam kelas kemampuan I. Hal ini terdapat perbedaan pada parameter yang dimanakan, dimana metode indeks potensi lahan memperhatikan hidrologi dan litologi sementara pada metode penilaian kualitatif tidak memperhatikan parameter tersebut. Hal ini disebabkan bahwa metode penilaian kualitatif yang mengacu pada Arsyad hanya untuk identifikasi dari aspek tanah.

Berdasarkan dua peta yang dihasilkan dari metode indeks potensi lahan dan penilaian kualitatif kemampuan lahan, terdapat beberapa perbedaan arahan penggunaan lahan untuk pertanian. Metode penilaian kualitatif menunjukkan bahwa sebagian Kecamatan Kediri adalah daerah dengan kemampuan lahan yang dapat dipergunakan bagi tanaman yang memerlukan pengelolaan tanah dan tindakan konservasi tanah yang biasanya lebih sulit diterapkan dan dipelihara. Lahan di Kecamatan Kediri ini termasuk dalam kelas tiga yang dapat dipergunakan untuk tanaman semusim dan tanaman yang memerlukan pengolahan tanah, tanaman rumput, padang rumput, hutan produksi, hutan lindung, dan suaka margasatwa.

Perbedaan dari metode penilaian kualitatif dan indeks potensi lahan secara spasial persebarannya ada di Kecamatan Kediri, Kecamatan Lembar dan Kecamatan Gerung. Perbedaan kemampuan lahan di Kecamatan Kediri terdapat pada kecamatan bagian timur, metode penilaian kualitatif menunjukkan pada daerah timur merupakan daerah yang kelas kemampuan III yang artinya jika dipergunakan untuk pertanian membutuhkan pengolahan tanah yang intensif sedangkan pada metode indeks potensi lahan pada bagian timur Kecamatan Kediri dikategorikan kepada kelas yang tinggi, artinya mampu dijadikan sebagai lahan pertanian secara baik tanpa pengolahan tanah secara intensif. Bentuklahan yang terdapat pada kecamatan ini adalah dataran kaki vulkan dimana penggunaan yang sering digunakan adalah untuk pertanian. Kecamatan lainnya yang mengalami perbedaan yang sangat signifikan adalah Kecamatan Lembar dibagian utara. Bagian utara pada metode penilaian kualitatif adalah cukup beragam mulai dari kelas VI dan VII yang artinya tidak dapat digunakan sama sekali untuk pertanian, sedangkan pada metode indeks penilaian kualitatif adalah kelas sedang dan masih dapat digunakan sebagai lahan pertanian meskipun dengan pengolahan khusus. Secara bentuklahan pada Kecamatan Lembar bagian utara adalah perbukitan gunung api terkikis kuat dan perbukitan gunung api terkikis lemah. Sehingga jika digunakan peruntukan untuk pertanian tidak cukup bagus. Area kajian ini termasuk pada bentuklahan perbukitan gunungapi terdenudasi sedang. Perbedaan ini tidak serta-merta menjadi acuan bahwa metode tersebut yang paling bagus dan paling cocok digunakan.

5. KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

- 1) Peta kemampuan lahan dengan metode penilaian kualitatif dan metode indeks potensi lahan di sebagian Kabupaten Lombok Barat secara spasial memiliki persebaran kelas kemampuan lahan yang berbeda-beda. Ada beberapa daerah yang memiliki lokasi yang sama akan tetapi kelas kemampuan lahannya berbeda. Daerah tersebut adalah daerah Kecamatan Kediri, Kecamatan Gerung, dan Kecamatan Lembar.
- 2) Arahan fungsi pemanfaatan lahan dan tataguna lahan di area kajian berdasarkan peta kemampuan lahan dengan menggunakan metode penilaian kualitatif dan indeks potensi lahan secara umum dapat dijadikan sebagai dasar untuk pembagian kawasan, baik kawasan lindung, kawasan konservasi dan kawasan budidaya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih kami tujukan kepada instansi LAPAN yang telah menyediakan data untuk penelitian ini. Selanjutnya kepada Ibu Wirastuti Widyatmanti dan Bapak Projo Danoedoro selaku dosen pembimbing KKL III kelompok Penginderaan Jauh untuk Geologi, Geomorfologi dan Tanah serta bapak/ibu dosen pembimbing KKL III.

DAFTAR PUSTAKA

- Arsyad, S. 1989. *Konservasi Tanah dan Air*. Bogor: Intitut Pertanian Bogor.
- Arsyad, S. 2012. *Konservasi Tanah dan Air*. Bogor: IPB Press. Edisi Kedua.
- Brinkman, R. And A. J. Smyth. 1973. *Land Evaluation for Rural Purposes. International Institute for Land Reclamation and Improvement*. (ILRI) Publ. Wageningen, The Netherlands.
- FAO. 1976. *A Framework for Land Evaluation*. FAO Soils Bulletin No.32. Rome: Food and Agriculture Organization of The United Nations.
- J. Star and J. Estes. 1990. in *Geographic Information Sitems: An Introduction*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- Klibengiel, A.A. and Montgomery, P.H. 1961. *Land Capability Classification Agricultural*. Handbook No.210 US Dept. Agric Soil Serv Washington DC
- Lillesand T.M. & Kiefer R.W. 1979. *Remote Sensing & Image interpretation (terjemahan)*, Third Edition, John Wiley & Sons
- Suharsono, Prapto. 1998. *Identifikasi Bentuklahan dan Interpretasi Citra untuk Geomorfologi* .Bakosurtanal. Yogyakarta.

PENGARUH RESOLUSI SPASIAL CITRA PENGINDERAAN JAUH TERHADAP ESTIMASI *LEAF AREA INDEX* MANGROVE DI KEPULAUAN KARIMUNJAWA JAWA TENGAH

Muhammad Kamal^{1,2*}, Pramaditya Wicaksono², Dimar Wahyu Anggara³ dan Muhammad Hafizt⁴

¹ Remote Sensing Research Group, The University of Queensland, Australia, 4072

² Prodi Kartografi dan Penginderaan Jauh, Fakultas Geografi UGM, Sekip Utara, Sleman, Yogyakarta 55281

Email: m.kamal@ugm.ac.id, prama.wicaksono@geo.ugm.ac.id

³ Kementerian Energi dan Sumberdaya Mineral Republik Indonesia

Email: dimar@minerba.esdm.go.id

⁴ Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia

Email: muhammadhafizt@gmail.com

*Corresponding author: m.kamal@ugm.ac.id

ABSTRAK

Penyediaan data dan informasi yang akurat mengenai kondisi kesehatan mangrove sangat diperlukan dalam rangka mendukung upaya konservasi dan manajemen ekosistem mangrove. Salah satu aspek dari ekosistem vegetasi yang menjadi tolok ukur kesehatan suatu ekosistem adalah informasi *leaf area index* (LAI). Leaf area index dapat digunakan sebagai indikator status fungsi ekologis suatu ekosistem, karena LAI berkaitan erat dengan jumlah pertukaran energi antara vegetasi dan atmosfer, dan faktor utama penentu *net primary production* ekosistem vegetasi. Sehingga penyediaan informasi agihan spasial LAI secara eksplisit sangat penting untuk mendukung upaya pelestarian hutan mangrove. Banyak penelitian telah dilakukan untuk menggunakan citra penginderaan jauh untuk estimasi LAI, dengan hasil yang bervariasi. Penelitian ini fokus pada perbandingan estimasi LAI melalui citra penginderaan jauh dengan resolusi spasial yang berbeda. Tujuan penelitian ini adalah (1) bagaimana melakukan estimasi dan memetakan LAI secara efektif dari citra penginderaan jauh, dan (2) apakah pengaruh dari perbedaan resolusi spasial citra terhadap hasil estimasi. Metode yang digunakan adalah membangun hubungan semi-empiris antara citra (Landsat TM [30m], ALOS AVNIR-2 [10m], WorldView-2 [2m]) melalui *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) dengan pengukuran LAI di lapangan menggunakan LICOR LAI-2200. Hasil penelitian menunjukkan bahwa koefisien determinasi tertinggi diperoleh pada citra ALOS AVNIR-2, dengan nilai R^2 0.82 ($n=39$, $p<0.001$). Hasil tersebut mengindikasikan bahwa estimasi LAI paling optimum adalah jika resolusi spasial citra yang digunakan mendekati ukuran diameter kanopi rerata pohon yang diukur, dalam hal ini 10m. Uji akurasi model melalui 1:1 plot menunjukkan koefisien determinasi sebesar 0.74. Sehingga estimasi LAI menggunakan pendekatan hubungan semi-empiris yang diterapkan pada citra penginderaan jauh memperoleh hasil yang cukup baik.

KATA KUNCI: Mangrove, leaf area index, resolusi spasial, NDVI, LICOR LAI-2200

1. PENDAHULUAN

Leaf area index (LAI) adalah salah satu parameter biofisik yang penting untuk mengetahui dan menilai kondisi kesehatan hutan mangrove (Jensen et al., 1991; Giri et al., 2007; Heumann, 2011). LAI dapat didefinisikan sebagai luasan ruang satu sisi daun per satuan luas area permukaan tanah (Green et al., 1997), sehingga satuannya adalah m^2/m^2 atau berarti nilainya tanpa unit satuan. Pengukuran atau estimasi LAI merupakan input yang sangat penting untuk pemodelan proses-proses ekologi seperti laju fotosintesis, transpirasi, evapotranspirasi, *net primary production* (NPP), juga merupakan indikator pertukaran gas, air, karbon dan energi dalam suatu ekosistem hutan (Green et al., 1997). Sehingga pengukuran LAI sangat penting sebagai salah satu sumber informasi dalam upaya konservasi, restorasi, dan manajemen hutan mangrove.

Perolehan data LAI dapat dilakukan secara langsung atau tidak langsung. Cara pengukuran langsung dilakukan dengan (1) memotong pohon dan menghitung luas satu sisi daun pada pohon tersebut, (2) mengambil sampel daun yang gugur dengan menggunakan *litter trap* atau perangkap guguran daun, atau (3) menggunakan persamaan allometrik (Breda, 2008). Metode pengukuran langsung ini sangat teliti dan biasanya digunakan sebagai referensi, namun memakan waktu lama, membutuhkan banyak tenaga, dan seringkali bersifat destruktif (Breda, 2003). Cara pengukuran tidak langsung biasanya (1) menggunakan teori *radiative transfer* dengan mengukur proporsi cahaya matahari yang dihalangi daun terhadap yang diteruskan oleh sela-sela daun atau teori *gap fraction*, atau (2) menggunakan citra penginderaan jauh, baik melalui saluran asli maupun citra indeks sebagai proxy (Breda, 2008). Keuntungan penggunaan citra penginderaan jauh adalah (1) efisien untuk estimasi

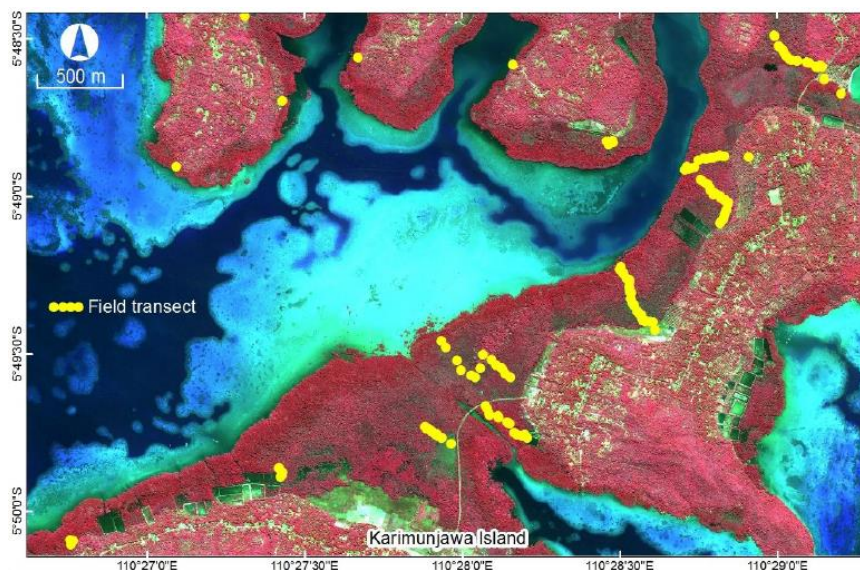
LAI daerah yang luas, (2) pengamatan dapat dilakukan multi-waktu maupun multi-skala, dan (3) dapat menjangkau daerah-daerah yang sulit dikunjungi.

Sebagian besar aplikasi penginderaan jauh untuk estimasi LAI dibangun dengan menggunakan hubungan statistik empiris antara nilai piksel (baik dari saluran asli maupun hasil transformasi) dan nilai pengukuran LAI di lapangan pada lokasi yang bersesuaian. Hubungan statistik empiris yang terbentuk kemudian digunakan untuk estimasi nilai dan distribusi LAI dari citra penginderaan jauh. Namun demikian, sebagian besar aplikasi penginderaan jauh untuk estimasi LAI dilakukan pada ekosistem vegetasi terestris, dan belum banyak yang melakukan estimasi dan pemetaan LAI di ekosistem mangrove. Salah satu contoh adalah penelitian Kovacs et al. (2004) dengan menggunakan citra IKONOS. Mereka menemukan hubungan yang kuat dan signifikan antara LAI dari *red mangrove* dan *white mangrove* dengan citra *simple ratio* (SR) dan *normalised difference vegetation index* (NDVI). Hasil analisis regresi dari data LAI in situ dengan kedua indeks menunjukkan hubungan positif yang kuat pada ukuran plot 8 m dan 15 m, yaitu LAI versus NDVI pada 8 m ($R^2 = 0,71$); LAI versus NDVI pada 15 m ($R^2 = 0,70$); LAI versus SR pada 8 m ($R^2 = 0,73$); LAI versus SR pada 15 m ($R^2 = 0,72$). Meskipun hasil analisis regresi kuat, menurut Heumann (2011) penelitian LAI pada mangrove banyak dilakukan pada ekosistem mangrove yang memiliki jumlah spesies terbatas dan kebanyakan lokasi studi telah terdegradasi. Oleh karena itu metode ini perlu direplikasi pada ekosistem mangrove yang berbeda dengan variasi spesies yang lebih banyak dan vegetasinya lebat, kemudian dinilai konsistensi hasilnya.

Berdasarkan latar belakang di atas, penelitian ini bertujuan untuk (1) mengevaluasi efektivitas citra penginderaan jauh untuk estimasi dan pemetaan LAI di ekosistem mangrove daerah tropis, dan (2) mengetahui efek dari perbedaan resolusi spasial citra penginderaan jauh terhadap hasil estimasi dan pemetaan LAI. Penelitian ini memberikan gambaran bagaimana citra penginderaan jauh (Landsat TM, ALOS AVNIR-2, dan WorldView-2) digunakan untuk estimasi LAI vegetasi pada ekosistem mangrove. Hasil dari penelitian ini bermanfaat untuk menentukan resolusi spasial yang tepat (atau optimal) untuk estimasi LAI mangrove.

2. LOKASI PENELITIAN

Lokasi penelitian ini adalah hutan mangrove di Pulau Karimun dan Kemujan, Taman Nasional Karimunjawa (Gambar 1). Pulau tersebut terletak di Laut Jawa, dengan koordinat antara $110^{\circ}24'10'' - 110^{\circ}30'10''$ BT dan $4^{\circ}47'48'' - 5^{\circ}50'12''$ LS). Lokasi ini adalah kepulauan tropis dengan 22 pulau (lima diantaranya berpenghuni) dengan total luas wilayah 111.625 ha (1.285,50 ha Karimunjawa Island, 222,20 ha Kemujan Island, dan 110.117,30 ha pulau kecil yang lain) (BTNK, 2008). Iklim daerah ini adalah *humid tropical maritime* dengan suhu harian berkisar antara $26-30^{\circ}\text{C}$ dan rerata kelembaban antara 70–85%. Rerata curah hujan tahunan adalah 2.632 mm; curah hujan rerata bulanan pada bulan kering (April hingga September) adalah 60 mm dan pada bulan basah (Oktober hingga Maret) adalah 400 mm.



Gambar 1. Citra WorldView-2 komposisi warna RGB (NIR1, Red, Green) daerah penelitian; titik kuning merupakan posisi pengukuran LAI lapangan.

Kepulauan Karimunjawa merepresentasikan beberapa ekosistem yang berbeda, seperti hutan hujan dataran rendah, paparan lamun dan alga, hutan pesisir, hutan mangrove, dan terumbu karang (BTNK, 2001). Secara umum, daerah pesisir Kepulauan Karimunjawa terdiri dari gugus terumbu karang dan hutan mangrove

yang melindungi pantai dari gelombang dan badai. Mangrove di Taman Nasional Karimunjawa sebagian besar dijumpai di bagian barat dari Pulau Karimun dan Kemujan. Berdasarkan hasil inventarisasi Balai Taman Nasional Karimunjawa (BTNK), terdapat 45 spesies mangrove di daerah ini (27 mangrove sejati dan 18 asosiasi mangrove), dengan *Rhizophora stylosa* sebagai spesies mangrove dominan.

3. DATA DAN METODE

3.1. Data

Data penginderaan jauh yang digunakan pada penelitian ini adalah Landsat TM (TM), ALOS AVNIR-2 (AVNIR), dan WorldView-2 (WV-2); detail karakteristik citra dapat dilihat pada Tabel 1. Citra WV-2 diperoleh dalam format *ortho-rectified*, dan sudah dikoreksi hingga level 3X (LV3X); dengan *root-mean-square error* (RMSE) 2D sebesar 0,00 (DigitalGlobe, 2013). Koreksi geometrik citra TM dan AVNIR-2 dilakukan berdasarkan pada citra WV-2 untuk memastikan akurasi geometri yang tinggi pada kedua citra tersebut. Nilai piksel ketiga citra (dalam *digital numbers*) dikonversi ke *top-of-atmosphere* (TOA) *spectral radiance* (W/cm²sr.nm) menggunakan software ENVI 4.8 (ITT Systems, ITT Exelis, Herndon, VA, USA). Proses konversi ini dilakukan mengikuti prosedur dan koefisien koreksi dari Chander et al. (2009), Bouvet et al. (2007), dan Updike & Comp (2010), untuk citra TM, AVNIR-2 dan WV-2, berturut-turut. Koreksi atmosferik kemudian dilakukan untuk mengkonversi TOA *spectral radiance* ke *at-surface reflectance* menggunakan model koreksi atmosfer *Fast Line-of-sight Atmospheric Analysis of Hypercubes* (FLAASH) untuk citra TM dan WV-2, dengan parameter visibilitas atmosfer diestimasi dari produk aerosol *moderate-resolution imaging spectroradiometer* (MODIS) (LAADS, 2012). Koreksi atmosferik relatif menggunakan metode *dark-object subtraction* (DOS) dilakukan untuk citra AVNIR-2 karena keterbatasan informasi posisi penyiaran satelit. Obyek yang dijadikan referensi benda gelap adalah air tenang dan dalam di perairan Karimunjawa.

Tabel 1. Data penginderaan jauh yang digunakan pada penelitian.

Resolusi spasial citra	Tipe citra	Tanggal perekaman	Ukuran piksel	Atribut spektral (nm)	Atribut geometrik
Menengah	Landsat TM	31 July 2009	30 m	Blue (452-518), green (528-609), red (626-693), NIR (776-904), MIR1 (1567-1784), MIR2 (2097-2349)	Level 1T
	ALOS AVNIR-2	19 Feb 2009	10 m	Blue (420-500), green (520-600), red (610-690), NIR (760-890)	Level 1B2G
Tinggi	WorldView-2	24 May 2012	2 m (multi)	Coastal blue (400-450), blue (450-510), green (510-580), yellow (585-625), red (630-690), red edge (705-745), NIR1 (770-895), NIR2 (860-1040)	Level 3X

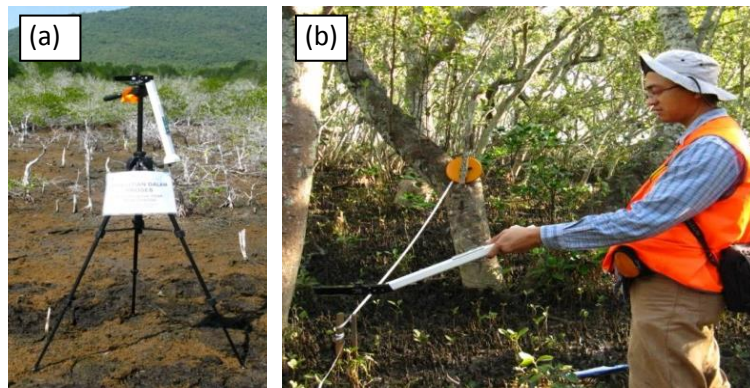
3.2. Metode

3.2.1. Pengukuran LAI lapangan

Kerja lapangan dilakukan pada bulan Juli 2012 agar terpaut tidak terlalu jauh dengan bulan perekaman citra WV-2, yaitu bulan Mei 2012. Kerangka sampling yang digunakan pada penelitian ini adalah *belt transect*, dimana beberapa plot dengan ukuran 10 x 10 meter secara berurutan digunakan sebagai batas pengukuran LAI sepanjang transek dari daratan ke arah laut. Model sampling ini dilakukan untuk merekam perbedaan nilai LAI antar zonasi mangrove dari daratan ke arah laut. Namun demikian, karena kesulitan akses di lapangan, beberapa transek tidak berupa garis lurus, dan beberapa plot tunggal diukur untuk mewakili obyek yang tidak terliput di transek (Gambar 1).

Nilai LAI lapangan diukur dengan menggunakan dua buah alat LI-COR LAI-2200 *Plant Canopy Analyser* (LICOR Inc., Lincoln, NE, USA). Alat ini mengukur radiasi cahaya matahari di bawah kanopi secara simultan dengan sensor fish-eye pada sudut pandang 148° dengan lima cincin konsentrik silikon dengan sudut zenith 7°, 23°, 38°, 53° dan 68° (LI-COR, 2009). Pada penelitian ini, lensa fish-eye alat ditutup dengan penutup 270° untuk mem-blok sudut pembacaan alat agar operator tidak ikut terekam. Salah satu alat LAI-2200 diletakkan pada daerah yang bebas kanopi dan mendapatkan penyinaran matahari penuh untuk merekam

pembacaan *above-canopy* dengan metode log otomatis sekali pembacaan setiap menit (Gambar 2a). Sedangkan alat lainnya digunakan untuk mengukur *below canopy* pada sembilan titik random di setiap plot sepanjang transek (Gambar 2b). Semua pengukuran dilakukan pada ketinggian kurang lebih 1 hingga 1,5 m di atas permukaan tanah, dan lokasi pengukuran ditentukan dengan Garmin eTrex Legend dengan metode pembacaan posisi rerata. Nilai LAI kemudian diestimasi menggunakan software FV2200 LI-COR berdasarkan pengukuran kedua alat tersebut.



Gambar 2. (a) LICOR LAI-2200 untuk *above reading*, (b) LICOR LAI-2200 untuk *below reading*.

3.2.2. Estimasi LAI dari Citra Penginderaan Jauh

Penelitian ini menggunakan metode statistik semi empiris untuk mengetahui hubungan antara nilai piksel citra dan LAI hasil pengukuran lapangan. Nilai piksel citra NDVI digunakan sebagai proxy untuk estimasi LAI, yaitu dengan menghubungkan nilai LAI hasil pengukuran lapangan dengan nilai NDVI pada lokasi yang bersesuaian pada citra. NDVI menggunakan rasio saluran inframerah dekat dan merah untuk menunjukkan karakteristik vegetasi intrinsik (Mather dan Koch, 2011). Algoritma yang digunakan untuk menyusun citra NDVI adalah sebagai berikut:

$$NDVI = \frac{\rho_{nir} - \rho_{red}}{\rho_{nir} + \rho_{red}} \quad (1)$$

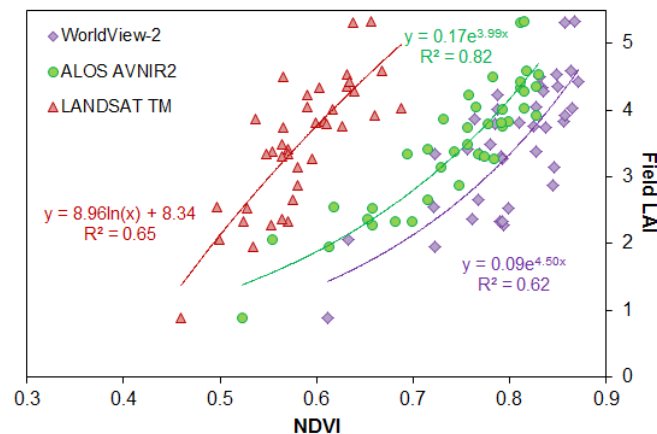
Hubungan semi empiris antara LAI lapangan dan NDVI diteliti menggunakan analisis regresi dan korelasi, mengikuti prosedur estimasi LAI mangrove dari (Green et al., 1997) dan (Kovacs et al., 2004). Nilai rerata 9 pembacaan LAI setiap plot kuadrat di lapangan diplotkan pada citra sesuai dengan posisi yang terekam oleh GPS. Posisi pengukuran lapangan tersebut digunakan untuk mengambil nilai piksel NDVI dari ketiga citra yang diperbandingkan untuk analisis regresi. Dari analisis regresi tersebut dapat diketahui bentuk hubungan antara dua variable (LAI lapangan dan nilai piksel NDVI), dan melalui analisis korelasi dapat diketahui kekuatan dan arah hubungan keduanya. Citra dengan koefisien determinasi (R^2) tertinggi akan dipilih sebagai dasar untuk menyusun peta distribusi LAI di daerah penelitian. Kerja lapangan pada penelitian ini menghasilkan 76 plot sampel, dimana 39 diantaranya diambil secara acak dengan jarak minimal 20 m untuk sampel modelling, dan sisanya untuk sampel validasi model. Prosedur validasi model ini diterapkan untuk mengetahui akurasi model yang terbentuk dan sebagai dasar evaluasi model untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Perbandingan Hasil Analisis Regresi dan Korelasi

Hasil pengukuran LAI di lapangan menunjukkan rentang nilai LAI di Karimunjawa dari seluruh sampel adalah antara 0,88 hingga 5,33 ($n = 76$, mean = 2,98, SD = 1,04). Sejumlah 39 sampel kemudian dipilih sebagai sampel model untuk estimasi LAI berdasarkan nilai NDVI dari ketiga citra yang diperbandingkan. Hasil plotting hubungan antara kedua variabel disajikan dalam Gambar 3. Dari plot tersebut terlihat bahwa sebaran titik hubungan melebar (*scattered*) dan tidak membentuk gugus tertentu (*clustered*). Hal ini berkaitan dengan kondisi mangrove di Karimunjawa yang variasi spesiesnya sangat tinggi (45 spesies). Selain itu, mangrove di Karimunjawa termasuk dalam hutan mangrove dewasa yang memiliki kerapatan kanopi dan variasi struktural yang tinggi. Dengan demikian, maka variasi nilai LAI yang muncul pada Gambar 3 juga menunjukkan variasi yang tinggi. Hasil koefisien determinasi (R^2) untuk masing-masing citra disajikan pada Tabel 2. Semua model regresi memiliki korelasi positif antara LAI lapangan dan NDVI. Perhitungan F-statistic untuk model dan t-

statistic untuk slope menunjukkan bahwa hubungan tersebut signifikan secara statistik pada $p < 0,001$ (dengan $n = 39$).



Gambar 3. Plot antara NDVI dan nilai LAI lapangan untuk estimasi LAI.

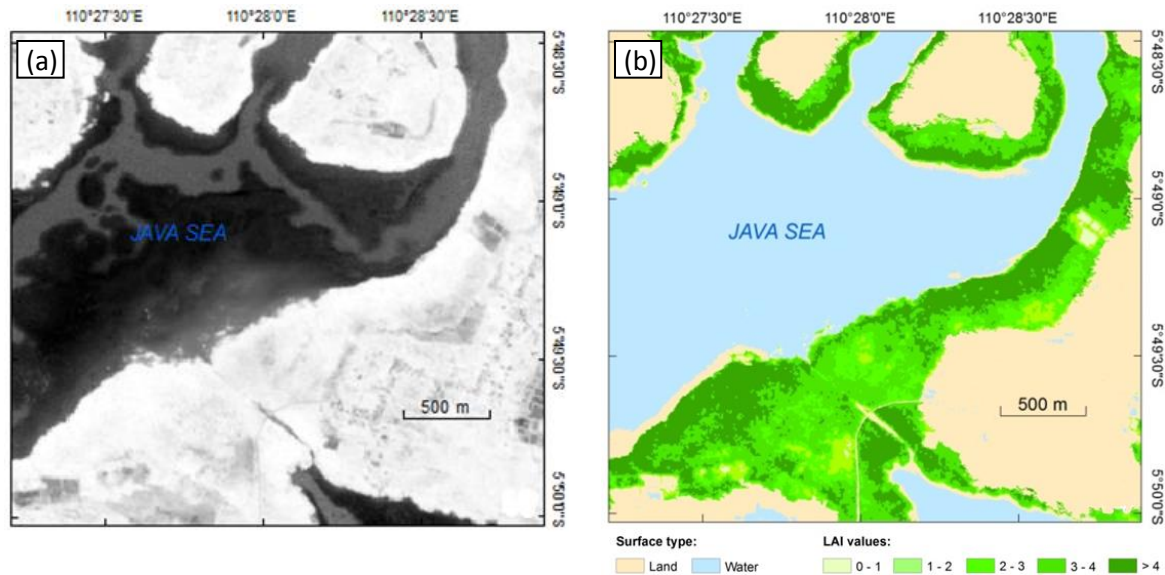
Tabel 2. Perbandingan koefisien determinasi (R^2) antar citra ($n = 39$, $p < 0,001$).

Citra	WV-2	AVNIR-2	TM
Ukuran piksel	2 m	10 m	30 m
NDVI	0,62	0,82	0,65

Hasil perbandingan koefisien determinasi (R^2) antar citra yang diperbandingkan menunjukkan bahwa citra ALOS AVNIR-2 dengan ukuran piksel 10 m memperoleh hasil R^2 yang tertinggi, yaitu 0,82; kemudian diikuti Landsat TM ($R^2 = 0,65$) dan WorldView-2 ($R^2 = 0,62$). Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa ukuran piksel mempengaruhi akurasi estimasi LAI menggunakan citra penginderaan jauh. Berdasarkan observasi lapangan diketahui bahwa rerata diameter kanopi pohon mangrove di Karimunjawa adalah 8 hingga 14 m, sehingga ukuran kanopi dominan vegetasi berpengaruh terhadap pemilihan ukuran piksel citra yang akan digunakan untuk estimasi LAI. Dalam hal ini, ukuran piksel citra yang terlalu besar (i.e. TM, 30 m) akan memberikan hasil yang kurang tepat karena obyek vegetasi teragregasi ke satu nilai piksel pada satuan luas 30 x 30 m. Sedangkan jika ukuran piksel terlalu kecil (i.e. WV-2, 2 m), maka variasi nilai piksel internal pada satu luasan kanopi pohon terlalu besar, sehingga menimbulkan banyak kesalahan estimasi. Hasil yang sama juga didapatkan oleh Laongmanee et al. (2013), yang mengevaluasi perbedaan ukuran piksel citra QuickBird hasil simulasi (2.5 m, 5 m, 10 m, 15 m, 20 m, 25 m dan 30 m) untuk estimasi LAI mangrove di Bangpu restoration project, Samut Prakan, Thailand. Mereka menemukan bahwa estimasi LAI paling optimum diperoleh dari citra dengan ukuran piksel 10 m (dengan nilai adjusted $R^2 = 0.797$ menggunakan *green vegetation index* (GVI)). Dengan demikian, ukuran piksel optimum untuk estimasi LAI memiliki dimensi yang mirip atau mendekati ukuran dominan kanopi di daerah penelitian.

4.2. Estimasi dan Pemetaan LAI

Dengan tanpa memperhitungkan obyek non-mangrove, fungsi regresi NDVI dengan koefisien determinasi terbaik dapat diterapkan pada obyek mangrove di citra AVNIR-2 untuk memetakan distribusi LAI di Pulau Karimun dan Kemujan (Gambar 4a dan 4b). Rentang nilai LAI yang terpetakan pada daerah penelitian adalah antara 0,2 hingga 5,3. Nilai tersebut berada pada rentang nilai LAI dari penelitian sebelumnya, misalnya antara 0,8 hingga 7,0 (Green et al., 1997) dan 0,01 hingga 3,5 (Kovacs et al., 2009).



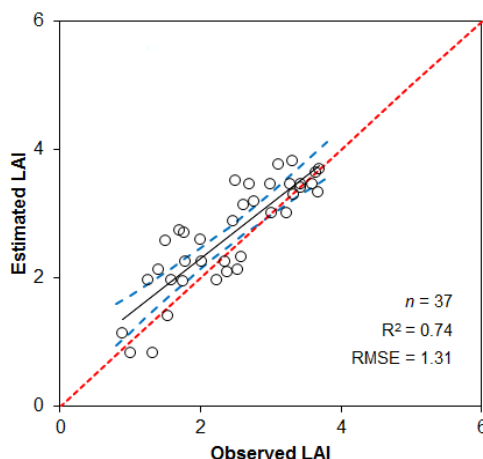
Gambar 4. (a) Citra ALOS AVNIR-2 hasil transformasi NDVI, (b) distribusi LAI hasil estimasi citra ALOS AVNIR-2 dan NDVI.

Gambar 4b menunjukkan distribusi LAI pada pantai bagian barat Pulau Karimun dan Kemujan. Jika dilihat secara visual, pola yang terlihat adalah keberadaan LAI dengan nilai tinggi sebagian besar menempati daerah pinggiran hutan yang berbatasan dengan perairan laut dan semakin ke arah darat nilai LAI semakin kecil. Hal ini berkaitan dengan zonasi mangrove yang terjadi pada daerah penelitian. Pada bagian batas perairan didominasi oleh spesies *Rhizophora stylosa* atau *Rhizophora apiculata* yang lebat dan memiliki ketinggian antara 11 hingga 15 m. Kondisi struktural vegetasi yang demikian menyebabkan tingginya nilai LAI yang terukur di lapangan maupun di citra. Pada bagian tengah spesies sangat bervariasi antara lain *Bruguiera gymnorhiza*, *Bruguiera cylindrica*, *Xylocarpus granatum* dan *Excoecaria agallocha* dengan tutupan kanopi sedang hingga tinggi, dan ketinggian pohon berkisar antara 7 hingga 10 m. Sedangkan pada bagian yang mendekati daratan didominasi oleh spesies *Ceriops tagal* dan *Lumnitzera racemosa* dengan tutupan kanopi jarang hingga sedang, dan ketinggian pohon antara 4 hingga 9 m. Perbedaan struktur vegetasi tersebut menyebabkan variasi nilai LAI yang terekam pada citra.

4.3. Uji Akurasi Model

Hasil estimasi LAI di atas perlu divalidasi untuk mengetahui akurasi model untuk pemetaan LAI menggunakan citra penginderaan jauh. Pada penelitian ini, akurasi model LAI citra AVNIR-2 diuji dengan 37 titik sampel lapangan yang tidak termasuk dalam sampel untuk membangun model. Nilai LAI hasil estimasi pada citra diambil sesuai dengan posisi sampel lapangan tersebut dan kemudian dibandingkan dengan menggunakan 1:1 plot (Gambar 5). Dari plot tersebut akan kelihatan pola persebaran titik hubungan antara kedua variabel. Idealnya, jika model benar dan akurat, maka distribusi titik akan bersesuaian (atau sama) antara sumbu x dan y, atau sejajar dengan garis 1:1 (garis warna merah putus-putus). Jika distribusi titik-titik semakin menjauh dari garis 1:1, maka model yang terbentuk semakin tidak ideal atau tidak akurat. Selain menggunakan plot 1:1, juga digunakan koefisien determinasi (R^2) dan *root-mean-square error* (RMSE) sebagai nilai pembandingan untuk menilai akurasi model. Semakin besar nilai koefisien determinasi atau semakin kecil nilai RMSE berarti model semakin akurat.

Secara umum, model LAI mengikuti garis plot 1:1, sehingga dapat diartikan bahwa model cukup bagus dalam melakukan prediksi nilai LAI. Hasil uji akurasi model menunjukkan bahwa koefisien determinasi sebesar 0,74 dan nilai RMSE sebesar 1,31, atau cukup baik. Namun demikian dapat dilihat dengan jelas bahwa LAI nilai yang diperoleh cenderung berada di atas garis plot 1:1 sepanjang garis tersebut. Pola distribusi ini menandakan bahwa terjadi over estimasi nilai LAI dari model yang dibangun. Hal tersebut dapat dijelaskan sesuai dengan penjelasan dari Green et al. (1997), bahwa over estimasi LAI pada mangrove sangat dimungkinkan dikarenakan adanya detritus organik yang menutupi sedimen permukaan tanah dan adanya tunas mangrove dan akar tunjang maupun pensil pada permukaan. Objek-objek tersebut ikut serta terekam pada sensor dan diterjemahkan sebagai bagian dari vegetasi mangrove, sehingga menyebabkan terjadinya over estimasi.



Gambar 5. Plot LAI lapangan (sumbu x) dan hasil estimasi citra ALOS AVNIR-2 (sumbu y); garis putus-putus merah menunjukkan hubungan 1:1, garis hitam menunjukkan garis regresi, dan garis putus-putus biru menunjukkan interval konfidensi 95%.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan yang dapat dipetik dari penelitian ini adalah:

- Citra penginderaan jauh melalui model regresi semi empiris mampu untuk estimasi LAI mangrove dengan tingkat akurasi yang cukup.
- Citra ALOS AVNIR-2 dengan ukuran piksel 10 m adalah yang paling optimal untuk estimasi LAI di Pulau Karimun dan Kemujan, Karimunjawa
- Ukuran piksel tersebut bersesuaian dengan ukuran dominan diameter kanopi, sehingga pemilihan resolusi spasial citra sebaiknya mempertimbangkan ukuran kanopi dominan pada daerah penelitian.
- Untuk memverifikasi hasil penelitian ini, perlu dilakukan penelitian serupa yang dilakukan pada ekosistem mangrove yang berbeda dengan ukuran kanopi dan variasi spesies yang berbeda.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Australia Awards Scholarships atas dukungan finansial dalam rangka mengikuti program doktorat di University of Queensland (UQ) Australia. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada School of Geography, Planning and Environmental Management UQ dan Fakultas Geografi UGM atas bantuan citra satelit, peralatan (*hardware* dan *software*), dan logistik selama kerja lapangan dan penelitian. Terima kasih kami ucapkan pula kepada Balai Taman Nasional Karimunjawa yang telah memberikan ijin, arahan, dan bantuan selama kerja lapangan.

DAFTAR PUSTAKA

- Bouvet, M, Goryl, P, Chander, G, Santer, R & Saunier, S. (2007) 'Preliminary radiometric calibration assessment of ALOS AVNIR-2', Proceedings of the IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium, 2007. IGARSS 2007., 23-28 July 2007, pp. 2673-2676.
- Bréda, NJJ (2003), 'Ground-based measurements of leaf area index: a review of methods, instruments and current controversies'. *Journal of Experimental Botany*, 54 (392), 2403-2417.
- Bréda, NJJ (2008), Leaf Area Index. In: Editors-in-Chief: Sven Erik, J & Brian, F (eds.), *Encyclopedia of Ecology*, Academic Press, Oxford.
- BTNK (2001), 'Rencana Pengelolaan 25 Tahun Taman Nasional Karimunjawa Periode 2002-2027', Balai Taman Nasional Karimunjawa, Semarang.
- BTNK (2008), 'Statistik Balai Taman Nasional Karimunjawa (BTNK) 2008', BTNK, Dirjen Perlindungan Hutan dan Konservasi Alam, Departemen Kehutanan, Semarang.
- Chander, G, Markham, BL & Helder, DL (2009), 'Summary of current radiometric calibration coefficients for Landsat MSS, TM, ETM+, and EO-1 ALI sensors'. *Remote Sensing of Environment*, 113, 893-903.
- DigitalGlobe. (2013). Available: https://www.digitalglobe.com/downloads/Imagery_Support_Data_Documentation.pdf [Accessed 27 February 2013].

- Giri, C, Pengra, B, Zhu, Z, Singh, A & Tieszen, LL (2007), 'Monitoring mangrove forest dynamics of the Sundarbans in Bangladesh and India using multi-temporal satellite data from 1973 to 2000'. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 73, 91-100.
- Green, EP, Mumby, PJ, Edwards, AJ, Clark, CD & Ellis, AC (1997), 'Estimating leaf area index of mangroves from satellite data'. *Aquatic Botany*, 58, 11-19.
- Heumann, BW (2011), 'Satellite remote sensing of mangrove forests: recent advances and future opportunities'. *Progress in Physical Geography*, 35, 87-108.
- Jensen, JR, Lin, H, Yang, X, Ramsey, E, Davis, BA & Thoenke, CW (1991), 'The measurement of mangrove characteristics in Southwest Florida using SPOT multispectral data'. *Geocarto International*, 6, 13-21.
- Kovacs, JM, Flores-Verdugo, F, Wang, J & Aspden, LP (2004), 'Estimating leaf area index of a degraded mangrove forest using high spatial resolution satellite data'. *Aquatic Botany*, 80, 13-22.
- LAADS. (2012), 'Level 1 and Atmosphere Archive and Distribution System. Website of NASA – Goddard Space Flight Center ' [Online]. Available: <http://ladsweb.nascom.nasa.gov/data/search.html> [Accessed 5 March 2012 2012].
- Laongmanee, W, Vaiphasa, C & Laongmanee, P (2013), 'Assessment of spatial resolution in estimating leaf area index from satellite images: a case study with *Avicennia marina* plantations in Thailand'. *International Journal of Geoinformatics*, 9, 69-77.
- LI-COR (2009), *LAI-2200 Plant Canopy Analyzer*, LI-COR Inc., Lincoln, Nebraska.
- Mather, PM & Koch, M (2011), *Computer Processing of Remotely-Sensed Images: An Introduction*, John Wiley & Sons, Chichester, West Sussex.
- Updike, T & Comp, C (2010), 'Radiometric use of WorldView-2 imagery', DigitalGlobe Inc., Longmont, Colorado, USA.

NOTULENSI DISKUSI SESI KAJIAN VEGETASI DAN KEHUTANAN

Judul Makalah:

KAJIAN HUBUNGAN ANTARA FRACTIONAL VEGETATION COVER (FVC) DENGAN TINGKAT EROSI BERBASIS REVISED UNIVERSAL SOIL LOSS EQUATION (RUSLE) DI DAS GESING MELALUI ANALISIS CITRA LANDSAT-8 OLI DAN SIG RASTER

Diwyacitta Dirda Gupita, Sigit Heru Murti B.S.

Pertanyaan Oleh: Nursidah

USLE berbeda dengan RUSLE. Apakah PVC mempengaruhi faktor C?

Jawaban:

Faktor C tidak menggunakan PVC, factor C menggunakan regresi. Faktor C tidak menggunakan survei rutnes karena waktu dan tenaga yang tidak memungkinkan.

Judul Makalah:

ESTIMASI STOK KARBON HUTAN MANGROVE KAWASAN SEGOROANAK PADA KAWASAN TAMAN NASIONAL ALAS PURWO BANYUWANGI, JAWA TIMUR

Hendry Frananda, Nursida Arif

Pertanyaan Oleh:Erika Dwi Candra

Dari 3 parameter tersebut apakah ada uji akurasi? Setiap kelas diambil 2 sampel per kelas, apakah tidak mempertimbangkan luasan dalam pengambilan sampel?

Jawaban:

tidak ada. Asumsi yang digunakan dalam pengambilan sampel adalah setiap kelas memiliki kesamaan karakteristik (homogen) sehingga hanya diambil 2 sampel setiap kelas.

Pertanyaan Oleh:Atika Cahyani

apakah ada formula khusus untuk jenis mangrove tertentu?

Jawaban:

untuk persamaannya tidak ditampilkan pada slide. Formulasinya untuk mangrove secara umum.

Pertanyaan Oleh:Dominikus

Karakteristik lahan, informasi yang dimasukkan adalah genangan. Apa hubungannya?

Jawaban:

penggenangan berkaitan dengan salinitas → faktor hidupnya mangrove.

Judul Makalah:

KAJIAN HUBUNGAN ANTARA *FRACTIONAL VEGETATION COVER* (FVC) DENGAN TINGKAT EROSI BERBASIS *REVISED UNIVERSAL SOIL LOSS EQUATION* (RUSLE) DI DAS GESING MELALUI ANALISIS CITRA LANDSAT-8 OLI DAN SIG RASTER
Nirmawana Simarmata, Hartono

Pertanyaan Oleh: Suryanti

- Ada pengaruh bayangan, alasan untuk tetap menggunakan alos palsar meskipun ada bayangan? Apakah ada cara untuk meminimalisir?
- Citra alos palsar kan th 2009, sedangkan penelitiannya tahun 2015, apakah bisa dipastikan bahwa tidak ada banyak perubahan yang terjadi?
- Apakah ada perbedaan backscatter antara vegetasi basah dengan vegetasi kering?

Jawaban:

- Dilihat dari lokasi, cara untuk mengurangi bias → nilai hamburan balik = 0. Kandungan biomassa yang ada di bayangan tidak dihitung. Karena di daerah bayangan, nilai backscatternya 0 atau negatif
- Memang ada bias yang ada di nilai biomassa, sehingga bisa menjadi kekurangan dari penelitiannya
- Obyek vegetasi yang lembab (basah) itu akan memiliki backscatter yang lebih tinggi dibandingkan vegetasi kering.

Judul Makalah:

PEMETAAN KEMAMPUAN LAHAN DAN INDEKS POTENSI LAHAN UNTUK ARAHAN PENGGUNAAN LAHAN PERTANIAN DENGAN MENGGUNAKAN PENGINDERAAN JAUH DAN SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS
Trihatmaja Adi Nugraha, Rukiyya Sri Rayati Harahap, Ainil Mardhiah, M. Randy Aswin, Anugerah Ramadhian A.P, Prayoga Try Sagita, Azzadiva Ravi Sawungrana Wirastuti Widyatmanti

Pertanyaan Oleh: Dirda

tujuan kedua, bagaimana dengan hasil peta arahan?

Jawaban:

Peta arahan blm sempat buat karena perlu peta existing landuse. IPL belum ada matrixnya, sehingga blm bisa ditentukan arahnya.

Pertanyaan Oleh: Domi

formula IPL itu ditujukan untuk jenis pertanian apa?

Jawaban:

IPL dikembangkan untuk melihat potensi secara umum, sehingga tidak fokus untuk satu jenis pertanian saja. Ipl ini terlalu general, sehingga untuk berbagai jenis pertanian itu bisa.

Pertanyaan Oleh:Ratri

image to map? Padahal kan landsat 8 sudah terkoreksi secara geometrik level LL1t, kenapa perlu dikoreksi geometrik lagi?

Jawaban:

Untuk memastikan apakah memang sudah terkoreksi, dan memang rmse.nya sangat kecil meskipun sudah dikoreksi.

Judul Makalah:

PENGARUH RESOLUSI SPASIAL CITRA PENGINDERAAN JAUH TERHADAP
ESTIMASI LEAF AREA INDEX MANGROVE DI KEPULAUAN KARIMUNJAWA
JAWA TENGAH

Muhammad Kamal, Pramaditya Wicaksono, Dimar Wahyu Anggara, Muhammad Hafist

Pertanyaan Oleh:Fatmawati

bagaimana pengambialn sampelnya?

Jawaban:

Kelebihan dari metode destrukti adalah bahwa itu sangat akurat. Tergatung dari pola kerapatan pohonnya.

Ada satu cara yang menggunakan kamera fisheye.

TOPIK LAIN TERKAIT SPASIALISASI INFORMASI GEOGRAFI - 1

K5C - RUANG KULIAH 1 PUSPICS,
26 NOVEMBER 2015 (13.00 – 14.15)

013 IDENTIFIKASI KESESUAIAN LAHAN UNTUK
PENGEMBANGAN KOMODITAS PERKEBUNAN DI
PROVINSI JAMBI

Ari Murdimanto

024 IDENTIFIKASI POTENSI KAWASAN KONSERVASI
PERAIRAN DI KABUPATEN MALUKU TENGGARA BARAT
BERDASARKAN ANALISIS MARXAN

Christian Handayani, Dirga Daniel, Estradivari

030 ANALISIS PENGARUH FAKTOR PENDORONG
PERUBAHAN TERHADAP AKURASI MODEL INTEGRASI
CELLULAR AUTOMATA DAN REGRESI LOGISTIK BINER
BERDASARKAN PETA PERUBAHAN SAWAH KLATEN
DAN SEKITARNYA

Dicky Setiady, Projo Danoedoro

055 PEMETAAN POTENSI KEKERINGAN MENGGUNAKAN
TOPOGRAPHIC WETNESS INDEX (TWI) DAN *TASSELED CAP*
LANDSAT 8 DI KECAMATAN PUJUT, KABUPATEN
LOMBOK TENGAH

*Intan Khaeruli F, Atika Cahyawati, Defa Herdianta S, Fajar
Dewangga, Akbar Cahyadhi Pratama Putra, Basuki Rakhmat, Nur
Ramadhan Bayu*

029 REKOMENDASI PENGELOLAAN DAS MENGGUNAKAN
CITRA ALOS AVNIR (STUDI KASUS: DAS KAYANGAN,
KABUPATEN KULONPROGO)

Dian Prabantoro, Nila Ratnasari, Erika Dwi Candra

IDENTIFIKASI KESESUAIAN LAHAN UNTUK PENGEMBANGAN KOMODITAS PERKEBUNAN DI PROVINSI JAMBI

Ari Murdimanto¹

¹SNV Netherlands Development Program - Indonesia
Jl. Kemang Timur No. 66 Jakarta Selatan
Email : amurdimanto@snvworld.org

*Corresponding author: amurdimanto@snvworld.org

ABSTRAK

Permintaan yang meningkat akan komoditas perkebunan tidak bisa dihindari sebagai efek dari bertambahnya jumlah penduduk dunia. Di sisi lain, ekspansi lahan untuk komoditas perkebunan dianggap sebagai salah satu penyebab perubahan lahan dan deforestasi. *Siting Tool* digunakan untuk mengidentifikasi wilayah yang memiliki risiko rendah untuk ekspansi lahan secara berkelanjutan (*Responsible Cultivation Area*). Prinsip, Kriteria, dan Indikator disusun berdasarkan Panduan Evaluasi Kesesuaian Lahan dan Panduan Identifikasi Kawasan Bernilai Konservasi Tinggi untuk kemudian dilakukan Analisa Multi Kriteria. Hasil analisa di Kabupaten Bungo, Kerinci, dan Merangin menunjukkan total luas wilayah yang memiliki risiko rendah untuk dilakukan ekspansi komoditas perkebunan sebesar 494.929 hektar (karet) dan 502.450 hektar (kelapa sawit), sedangkan wilayah yang tidak sesuai untuk pengembangan komoditas sebesar 650.235 hektar (karet) dan 620.812 hektar (kelapa sawit).

KATA KUNCI: kesesuaian lahan, karet, kelapa sawit, *Siting Tool*, *Responsible Cultivation Area*

1. PENDAHULUAN

Jumlah penduduk dunia semakin bertambah dari masa ke masa. Proyeksi PBB (2015), jumlah penduduk akan menjadi 8,5 miliar pada tahun 2030 dan 9,7 miliar pada tahun 2050. Permintaan energi dan pangan sebagai imbas dari bertambahnya populasi tidak dapat dihindari. Salah satu efek dari meningkatnya permintaan tersebut adalah perubahan penggunaan lahan. Ekspansi lahan sebagai salah satu cara untuk menjawab peningkatan permintaan tersebut merupakan penyebab dari perubahan penggunaan lahan tersebut.

Responsible Cultivation Area (RCA) merupakan konsep yang dikembangkan oleh Ecofys (Dehue *et al*, 2010). Konsep tersebut bertujuan untuk mengidentifikasi wilayah yang memiliki potensi untuk dilakukan pengembangan komoditas dengan meminimalkan efek dari perubahan penggunaan lahan (*Low Risk Area*).

Siting Tool merupakan salah satu *knowledge product* SNV yang digunakan untuk melakukan identifikasi awal wilayah potensial untuk pengembangan komoditas perkebunan secara berkelanjutan. Dikembangkan pertama kali untuk mengidentifikasi lahan yang potensial untuk ekspansi lahan kelapa sawit (Smit *et al*, 2013), *Siting Tool* kini dikembangkan untuk identifikasi pengembangan komoditas perkebunan lainnya, seperti kakao, karet, dan kopi (SNV, 2014). *Siting Tool* memiliki prinsip, yakni:

1. Lahan sesuai secara biofisik untuk komoditas sasaran,
2. Nilai-nilai konservasi dipertahankan atau ditingkatkan, dan
3. Hak dan kesejahteraan masyarakat terhadap lahan dihormati.

2. STUDI AREA

Tiga kabupaten di Provinsi Jambi dipilih menjadi wilayah kajian, yakni Bungo, Kerinci, dan Merangin. Keberadaan Wilayah Konservasi dan Lindung, kondisi topografi yang beragam, dan tutupan hutan alami menjadi pertimbangan dalam pemilihan wilayah kajian. Faktor-faktor tersebut akan menjadi tantangan bagi implementasi *Siting Tool* untuk mengidentifikasi wilayah yang sesuai untuk ekspansi lahan komoditas karet dan kelapa sawit. Batas wilayah kajian ditunjukkan pada Gambar 1.

Kemiringan lereng rata-rata di wilayah kajian bervariasi. Bagian utara Kabupaten Bungo dan bagian timur Kabupaten Merangin merupakan wilayah datar. Daerah pertemuan ketiga kabupaten merupakan wilayah curam. Tutupan hutan alami yang terdapat di wilayah kajian seluas 589.037 hektar dengan rincian 142.332 hektar hutan primer dan 446.705 hektar hutan sekunder (Kementerian Kehutanan, 2011). Curah hujan di wilayah kajian berkisar pada rentang 2.000-3.200 mm/tahun, sementara suhu udara berada pada rentang 20-27 °C.



Gambar 1. Batas Wilayah Kajian

3. DATA DAN METODE

Data yang digunakan untuk analisa dalam kajian ini disajikan pada Tabel 1. Data Kementerian Kehutanan berupa tutupan hutan (2011) dan status kawasan hutan (2012) digunakan untuk identifikasi nilai-nilai konservasi, bersama dengan data ekosistem (RePPProT, 1990), curah hujan (WorldClim, 2014), distribusi spesies (IUCN, 2014), dan sebaran titik api (FIRMS NASA, 2014). Untuk analisa kesesuaian lahan secara biofisik digunakan data atribut tanah (RePPProT, 1990), curah hujan dan suhu (WorldClim, 2014), serta DEM SRTM 90 meter (Jarvis *et al*, 2008).

Tabel 1. Referensi Data

Data Spasial	Sumber
Tutupan Lahan	Kementerian Kehutanan, 2011
Status Kawasan Hutan	Kementerian Kehutanan, 2012
Ekosistem	RePPProT, 1990
DEM SRTM 90 meter	Jarvis, A., H. I. Reuter, A. Nelson, and E. Guevara. 2008.
Curah Hujan	WorldClim, 2014
Suhu	WorldClim, 2014
Distribusi Gajah (<i>Elephas maximus</i>)	IUCN Red List, 2014
Distribusi Macan (<i>Panthera tigris</i>)	IUCN Red List, 2014
Hotspot	FIRMS NASA, 2014

Ketiga prinsip *Siting Tool* dijabarkan dalam kriteria dan indikator untuk mempermudah proses analisa spasial. Tabel 2 menunjukkan Prinsip, Kriteria, dan Indikator yang digunakan untuk mengimplementasikan *Siting Tool* pada kajian ini. Bertujuan untuk melakukan identifikasi awal, proses analisa spasial dalam *Siting Tool* bersifat *desktop-analysis*. Dalam kajian ini, prinsip ketiga *Siting Tool* tidak diidentifikasi dengan pertimbangan ketersediaan data terkait sosial dan budaya yang dapat diperoleh dalam waktu relatif singkat.

Tabel 2. Prinsip, Kriteria, dan Indikator *Siting Tool*

Prinsip	Kriteria	Indikator
Lahan sesuai secara biofisik	Iklim	Suhu
		Curah hujan
	Tanah	Drainase
		Tekstur
		Kedalaman
		Kedalaman gambut
	Topografi	Kemiringan lereng
		Tingkat bahaya erosi

Tabel 2 (lanjutan). Prinsip, Kriteria, dan Indikator *Siting Tool*

Nilai-nilai konservasi dipertahankan atau ditingkatkan	Keanekaragaman hayati	Wilayah yang dilindungi dan wilayah konservasi (HCV 1.1)
		Sebaran habitat spesies yang dilindungi atau terancam (HCV 1.2, 1.3, 1.4)
		Hutan alami skala besar (HCV 2)
		Ekosistem jarang dan terancam (HCV 3)
	Jasa ekosistem	Fungsi hidrologi (HCV 4.1)
		Tingkat bahaya erosi (HCV 4.2)
		Penghalang penyebaran api (HCV 4.3)
		Cadangan karbon (HCS)
		Kawasan gambut dalam

3.1. Kesesuaian Lahan secara Biofisik

Kriteria dari Kementerian Pertanian (Djaenudin, 2003) digunakan untuk mengidentifikasi kesesuaian lahan secara biofisik. Kriteria yang digunakan untuk evaluasi kesesuaian lahan disajikan dalam Tabel 3 dan 4. Analisis Multi Kriteria digunakan untuk menghasilkan evaluasi kesesuaian lahan secara biofisik untuk komoditas karet dan kelapa sawit.

Tabel 3. Kriteria Evaluasi Kesesuaian Lahan untuk Tanaman Karet

Kriteria dan Indikator	Kelas Kesesuaian Lahan untuk Tanaman Karet (<i>Hevea brasiliensis</i>)			
	S1	S2	S3	NS
Iklim				
Suhu rerata tahunan (°C)	26 – 30	30 – 34 24 – 26	22 – 24	> 34 < 22
Curah hujan tahunan (mm)	2500 – 3000	2000 – 2500 3000 - 3500	1500 – 2000 3500 - 4000	< 1500 > 4000
Tanah				
Drainase tanah	Well	Moderate	Slightly Poor; Poor	Very Poor; Excessive
Tekstur tanah	Fine; Slightly Fine; Medium	-	Slightly Coarse	Coarse
Kedalaman tanah (cm)	> 100	75 - 100	50 - 75	< 50
Kedalaman gambut (cm)	< 60	60 - 140	140 - 200	> 200
Topografi				
Kemiringan lereng (%)	< 8	8 - 16	16 - 30	> 30
Tingkat Bahaya Erosi	Very Light	Light – Moderate	Heavy	Very Heavy

Tabel 4. Kriteria Evaluasi Kesesuaian Lahan untuk Tanaman Kelapa Sawit

Kriteria dan Indikator	Kelas Kesesuaian Lahan untuk Tanaman Kelapa Sawit (<i>Elais guineensis</i>)			
	S1	S2	S3	NS
Iklim				
Suhu rerata tahunan (°C)	25 – 28	28 – 32 22 – 25	32 – 35 20 – 22	> 35 < 20
Curah hujan tahunan (mm)	1700 - 2500	1450 – 1700 2500 - 3500	1250 – 1450 3500 - 4000	< 1250 > 4000
Tanah				
Drainase tanah	Well; Moderate	Slightly Poor	Poor; Slightly Excessive	Very Poor; Excessive
Tekstur tanah	Fine; Slightly Fine; Medium	-	Slightly Coarse	Coarse
Kedalaman tanah (cm)	> 100	75 - 100	50 - 75	< 50
Kedalaman gambut (cm)	< 60	60 - 140	140 - 200	> 200
Topografi				
Kemiringan lereng (%)	< 8	8 - 16	16 - 30	> 30
Tingkat Bahaya Erosi	Very Light	Light – Moderate	Heavy	Very Heavy

3.2. Nilai Konservasi

Panduan Identifikasi Kawasan Bernilai Konservasi Tinggi (Consortium to Revise High Conservation Values Toolkit in Indonesia, 2008) diadaptasi untuk mengidentifikasi kawasan yang memiliki Nilai Konservasi Tinggi (*High Conservation Values / HCV*). Tabel 5 berisi kriteria HCV yang diidentifikasi dalam kajian ini.

Tabel 5. Kriteria Nilai-nilai Konservasi

Kriteria	Indikator
Keanekaragaman Hayati	Wilayah konservasi dan lindung (HCV 1.1)
	Sebaran habitat spesies yang dilindungi atau terancam (HCV 1.2, 1.3, 1.4)
	Hutan alami skala besar (HCV 2)
	Ekosistem jarang dan terancam (HCV 3)
Jasa ekosistem	Fungsi hidrologi (HCV 4.1)
	Tingkat bahaya erosi (HCV 4.2)
	Penghalang penyebaran api (HCV 4.3)
	Cadangan karbon (HCS)
	Kawasan gambut dalam (> 3 meter)

Keberadaan HCV 1.1 diindikasikan dengan adanya wilayah konservasi dan lindung yang ditetapkan melalui Peraturan Perundang-undangan. HCV 1.2, 1.3, dan 1.4 diidentifikasi dengan melakukan tumpang-susun data sebaran spesies kunci, tutupan hutan, dan ekosistem. Spesies kunci merupakan spesies dengan *home-range* yang luas, diasumsikan spesies dengan *home-range* yang luas ini dapat mewakili spesies lain dengan *home-range* yang lebih sempit. Data sebaran spesies Harimau Sumatra (*Panthera tigris sumatrae*) dan Gajah Asia (*Elephas maximus*) digunakan sebagai *proxy* untuk mengidentifikasi keberadaan HCV 1.2. Data ini kemudian ditumpang-susun dengan tutupan hutan alami untuk mengidentifikasi keberadaan HCV 1.3. Keberadaan HCV 1.4 diidentifikasi menggunakan ekosistem rawa dan lahan basah sebagai *proxy*.

Keberadaan HCV 2 diindikasikan dengan adanya kawasan inti hutan yang diidentifikasi dengan melakukan pembuatan *buffer* ke dalam dari tutupan hutan alami. Kawasan inti hutan didefinisikan sebagai kawasan berupa tutupan hutan seluas > 20.000 hektar yang dikelilingi vegetasi alami sejauh 3 km. Identifikasi HCV 3 dilakukan menggunakan daftar ekosistem yang terdapat pada Panduan Identifikasi HCV Indonesia.

Ekosistem riparian, hutan dataran tinggi, dan lahan basah merupakan indikasi keberadaan HCV 4.1. Ekosistem berupa lahan basah dan tutupan hutan alami yang tidak mengalami kebakaran merupakan indikasi dari keberadaan HCV 4.3. Tingkat bahaya erosi diperoleh dengan melakukan *matching* hasil perhitungan risiko erosi dengan data kedalaman tanah. *Matching* hasil perhitungan risiko erosi dengan kedalaman tanah dicantumkan pada Tabel 6. Wilayah dengan tingkat bahaya erosi tinggi dan sangat tinggi merupakan indikasi keberadaan HCV 4.2. Sebagaimana tercantum dalam HCV Toolkit, risiko erosi dihitung menggunakan formula RUSLE, dengan rumus:

$$A = R \times K \times L \times S \quad (1)$$

A adalah risiko erosi; R adalah faktor curah hujan; K adalah indeks tanah; LS adalah faktor kemiringan dan panjang lereng.

Tabel 6. *Matching* Risiko Erosi dengan Kedalaman Tanah

Kedalaman Tanah (cm)	Risiko Erosi (ton/ha/tahun)				
	< 15	15 - 60	60 - 180	180 - 480	> 480
> 90	Sangat Rendah	Rendah	Sedang	Tinggi	Sangat Tinggi
60 - 90	Rendah	Sedang	Tinggi	Sangat Tinggi	Sangat Tinggi
30 - 60	Sedang	Tinggi	Sangat Tinggi	Sangat Tinggi	Sangat Tinggi
< 30	Tinggi	Sangat Tinggi	Sangat Tinggi	Sangat Tinggi	Sangat Tinggi

Bersama dengan sektor kehutanan, cadangan karbon dan kawasan gambut tercantum dalam Peraturan Presiden Republik Indonesia No. 61 tahun 2011 tentang Rencana Aksi Nasional Pengurangan Emisi Gas Rumah Kaca. Pada tutupan hutan alami, gambut memiliki peran sebagai penyimpan karbon. Kawasan gambut yang dibuka dapat menimbulkan terjadinya penurunan tanah. Bahkan saat hutan gambut dibuka, karbon yang tersimpan akan teroksidasi menjadi CO₂. Cadangan karbon diidentifikasi menggunakan pendekatan tutupan lahan. Nilai cadangan karbon untuk tiap jenis tutupan lahan didasarkan pada penelitian sebelumnya pada bentang lahan yang sama atau serupa. Tabel 7 menampilkan nilai potensi cadangan karbon pada tiap jenis tutupan lahan.

Tabel 7. Nilai Cadangan Karbon untuk tiap Jenis Tutupan Lahan

Tutupan Lahan	Cadangan Karbon (ton/hektar)	Tutupan Lahan	Cadangan Karbon (ton/hektar)	Tutupan Lahan	Cadangan Karbon (ton/hektar)
Hutan Primer	325	Mangrove	65	Rawa	250
Hutan Sekunder	245	Hutan Tanaman	100	Semak/Belukar	20
Savanna	161	Lahan Pertanian	5		

Hasil identifikasi nilai-nilai konservasi dikombinasi menggunakan Analisis Multi Kriteria untuk menghasilkan risiko nilai konservasi. Wilayah Konservasi dan Lindung serta kawasan gambut dengan kedalaman > 3 meter diberikan perhatian lebih pada kajian ini. Kegiatan budidaya dibatasi pada Kawasan Wilayah Konservasi dan Lindung yang telah ditetapkan oleh Peraturan Perundang-undangan. Pada kawasan gambut dengan kedalaman > 3 meter tidak disarankan untuk dilakukan kegiatan budidaya, karena akan berisiko terjadinya kegiatan pembukaan dan pembersihan gambut.

3.3. *Responsible Cultivation Area (RCA)*

Tabel 8 disusun untuk membantu identifikasi tingkat risiko untuk pengembangan komoditas. Wilayah dengan risiko rendah (*Low Risk Area*) merupakan wilayah yang memiliki kesesuaian lahan tinggi dan Sedang secara biofisik serta memiliki risiko nilai konservasi yang rendah atau tidak ditemukan nilai konservasi pada wilayah tersebut. Wilayah yang Tidak Sesuai untuk pengembangan komoditas (*Not Suitable Area*) merupakan wilayah yang tidak sesuai secara biofisik atau memiliki risiko nilai konservasi yang sangat tinggi.

Tabel 8. Matching Kesesuaian Lahan dan Nilai Konservasi

Kesesuaian Lahan	Risiko Nilai Konservasi			
	Rendah	Sedang	Tinggi	Sangat Tinggi
Tinggi (S1)	Low Risk RCA	Sedang Risk RCA	High Risk RCA	Not Suitable RCA
Sedang (S2)	Low Risk RCA	Sedang Risk RCA	High Risk RCA	Not Suitable RCA
Rendah (S3)	Sedang Risk RCA	Sedang Risk RCA	High Risk RCA	Not Suitable RCA
Tidak Sesuai (NS)	Not Suitable RCA	Not Suitable RCA	Not Suitable RCA	Not Suitable RCA

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

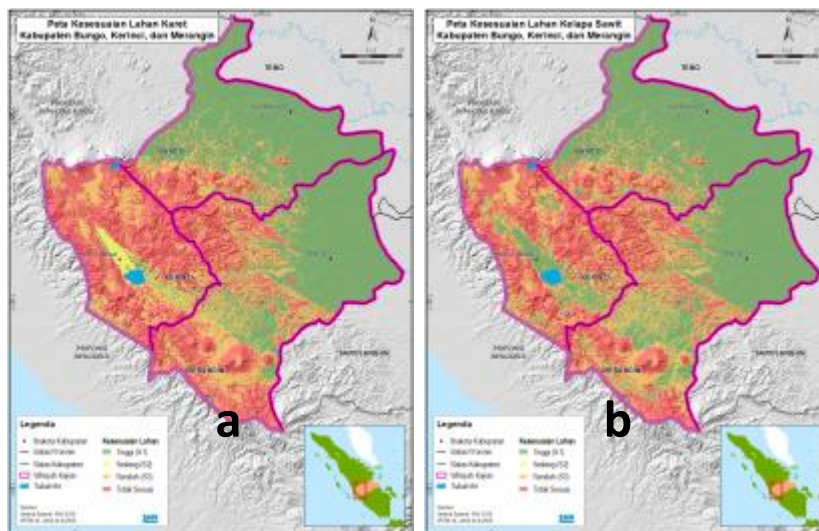
4.1. *Kesesuaian Lahan secara Biofisik*

Identifikasi kesesuaian lahan menggunakan analisa spasial menunjukkan wilayah dengan kesesuaian tinggi (S1) terdapat pada bagian utara Kabupaten Bungo dan bagian timur Kabupaten Merangin. Di Kabupaten Bungo, wilayah yang memiliki kesesuaian tinggi sebesar 337.733 hektar (karet) dan 343.803 (kelapa sawit). Di Kabupaten Merangin, 316.797 hektar (karet) dan 338.305 hektar (kelapa sawit) diidentifikasi sebagai wilayah yang memiliki kesesuaian tinggi.

Sementara itu, wilayah yang tidak sesuai (NS) diidentifikasi terdapat pada daerah dengan kondisi lereng curam (perbukitan di daerah batas antar ketiga kabupaten dan jajaran Bukit Barisan di bagian timur Kabupaten Kerinci dan Merangin). Kesesuaian lahan secara biofisik ditampilkan pada Gambar 2 untuk (a) karet dan (b) kelapa sawit, sedangkan luas wilayah untuk tiap kelas kesesuaian lahan ditampilkan pada Tabel 9.

Tabel 9. Luas Kesesuaian Lahan secara Biofisik per Kabupaten (dalam hektar)

Kabupaten	Kelas Kesesuaian Lahan (Karet)				Kelas Kesesuaian Lahan (Kelapa Sawit)			
	Tinggi	Sedang	Rendah	Tidak Sesuai	Tinggi	Sedang	Rendah	Tidak Sesuai
Bungo	337.733	5.182	57.011	59.928,89	343.803	1.467	63.643	50.942,86
Kerinci	11.801	21.492	92.349	242.230,71	52.473	6.944	104.105	204.351,20
Merangin	316.797	11.975	150.333	208.123,03	338.305	14.656	153.963	180.304,81

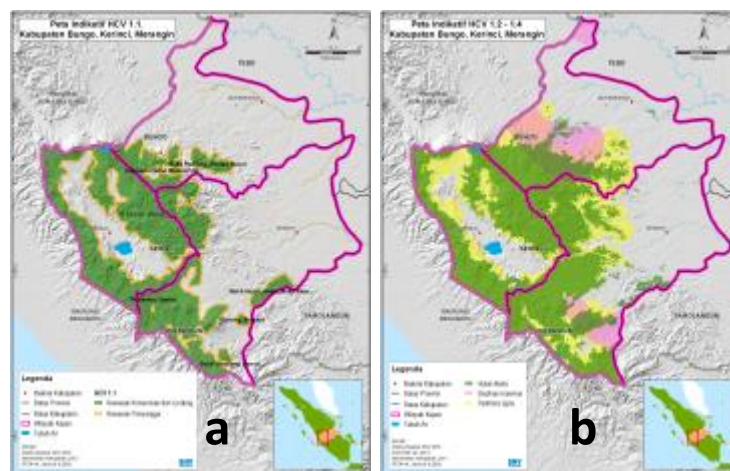


Gambar 2. Peta Kesesuaian Lahan secara Biofisik untuk (a) Karet dan (b) Kelapa Sawit

4.2. Nilai Konservasi

Berdasarkan data Penunjukan Kawasan Hutan (Kementerian Kehutanan, 2012), terdapat 6 wilayah konservasi dan lindung di wilayah kajian. Keenam wilayah yang terkonsentrasi di bagian tengah dan timur wilayah kajian (Gambar 3a), merupakan indikasi untuk HCV 1.1. Taman Nasional Kerinci Seblat merupakan wilayah terbesar dengan luas 402.297 hektar (Tabel 10).

Wilayah sebaran Harimau Sumatra bertampalan dengan tutupan hutan alami pada bagian tengah dan timur wilayah kajian, sementara di bagian tengah Kabupaten Bungo dan selatan Kabupaten Merangin tutupan hutan alami bertampalan dengan sebaran Gajah Asia (Gambar 3b).

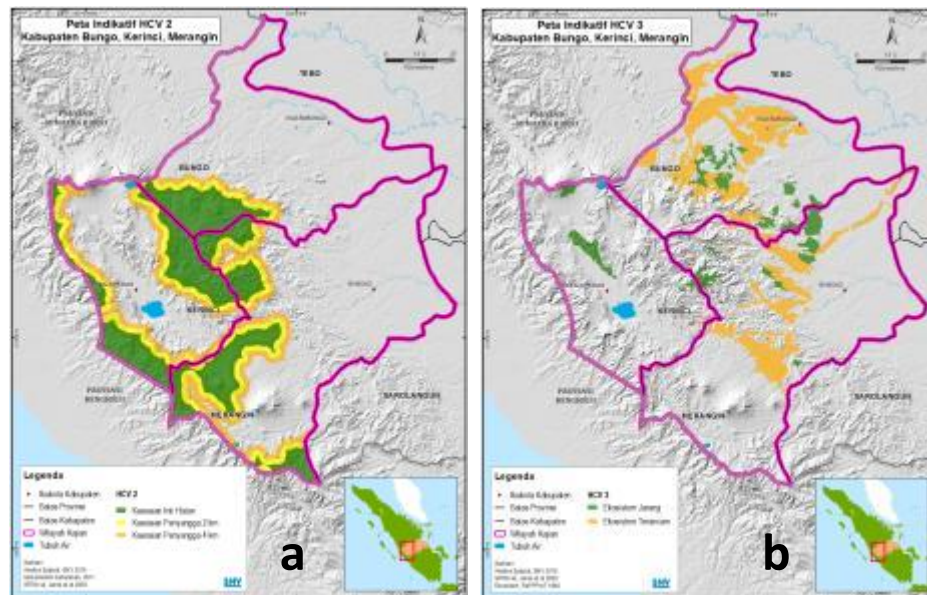


Gambar 3. Peta Indikatif (a) HCV 1.1 dan (b) HCV 1.2-1.4

Tabel 10. Daftar Wilayah Konservasi dan Lindung di Wilayah Kajian

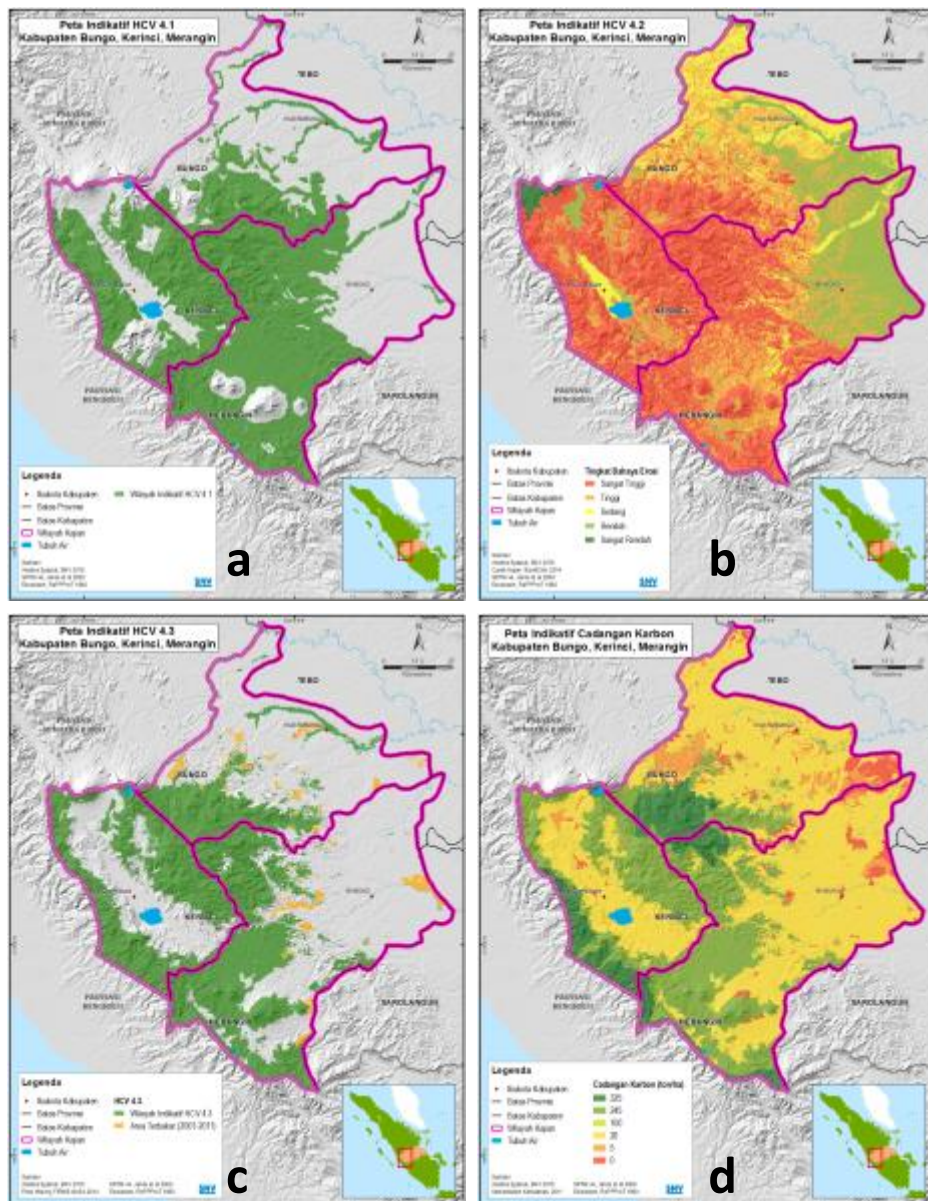
Status	Nama	Dasar Hukum	Luas Wilayah (dalam hektar)
Hutan Lindung	Bukit Hulu Landai - Bukit Pale	SK. 727/Menhut-II/2012	9.537
	Bukit Muncung Gamut	SK. 727/Menhut-II/2012	10.218
	Bukit Panjang Rantau Bayur	SK. 727/Menhut-II/2012	13.276
	Gunung Tungkak	SK. 727/Menhut-II/2012	2.469
	Kawasan Hutan Batang Ule	SK. 727/Menhut-II/2012	8.819
Taman Nasional	Kerinci Seblat	SK. 784/Menhut-II/2012	402.297

Tutupan hutan yang masih alami dan status kawasan konservasi dan lindung di bagian tengah wilayah kajian merupakan faktor terbentuknya kawasan inti hutan (HCV 2) di wilayah tersebut. Jajaran Bukit Barisan yang memanjang dari bagian utara Pulau Sumatra juga membentuk kawasan inti hutan di bagian timur wilayah kajian (Gambar 4a). Sementara itu, ekosistem yang teridentifikasi memiliki nilai HCV 3 terdapat di dataran rendah di bagian utara Kabupaten Bungo dan bagian tengah Kabupaten Merangin (Gambar 4b).



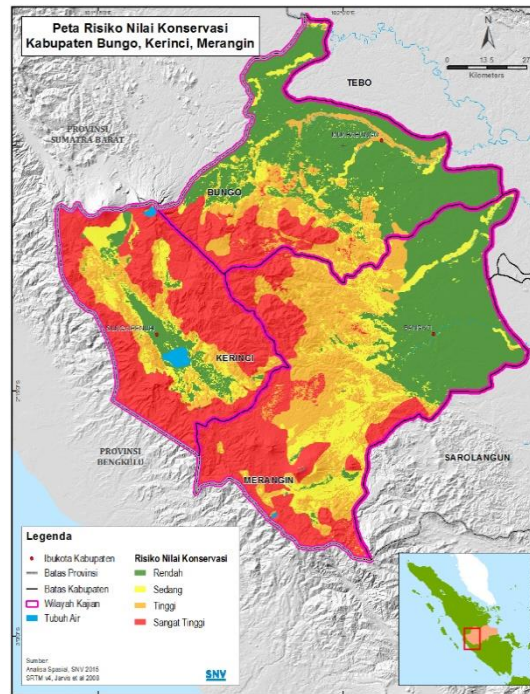
Gambar 4. Peta Indikatif (a) HCV 2 dan (b) HCV 3

Bagian tengah (pertemuan ketiga kabupaten) dan timur wilayah kajian (perbatasan dengan Provinsi Bengkulu) merupakan wilayah yang diidentifikasi memiliki potensi jasa ekosistem (Gambar 5). Wilayah yang memiliki tutupan hutan alami dan kawasan perbukitan yang curam tersebut dapat mendukung tersedianya air bagi wilayah di bawahnya (HCV 4.1) dan mencegah penyebaran kebakaran hutan dan lahan (HCV 4.3). Tingkat bahaya erosi tinggi - sangat tinggi menunjukkan pentingnya menjaga wilayah tersebut untuk meminimalkan efek akibat terjadinya erosi (HCV 4.2). Meski tidak ada lahan gambut yang teridentifikasi pada wilayah ini, potensi cadangan karbon dari hutan alami menunjukkan perannya dalam perubahan iklim. Jika pembukaan lahan dilakukan di wilayah tersebut, pelepasan karbon ke atmosfer akan terjadi dalam jumlah yang besar.



Gambar 5. Peta Indikatif (a) HCV 4.1., (b) HCV 4.2., (c) HCV 4.3., dan (d) Cadangan Karbon

Berdasarkan hasil identifikasi nilai konservasi (HCV 1-4), Analisa Multi Kriteria dilakukan dengan menjadikan Kawasan Konservasi dan Lindung (HCV 1.1) sebagai pertimbangan utama dalam mengidentifikasi risiko nilai konservasi. Bagian tengah dan timur wilayah kajian, dimana Taman Nasional Kerinci Seblat berada, serta Hutan Lindung dan kawasan penyangga di sekitarnya memiliki risiko nilai konservasi sangat tinggi. Indikasi keberadaan spesies Harimau Sumatra dan Gajah Asia (HCV 1.2), kawasan inti hutan (HCV 2), dan jasa ekosistem (HCV 4 dan HCS) menunjukkan pentingnya menjaga wilayah ini. Gambar 6 menunjukkan Peta Risiko Nilai Konservasi di wilayah kajian.



Gambar 6. Peta Risiko Nilai Konservasi

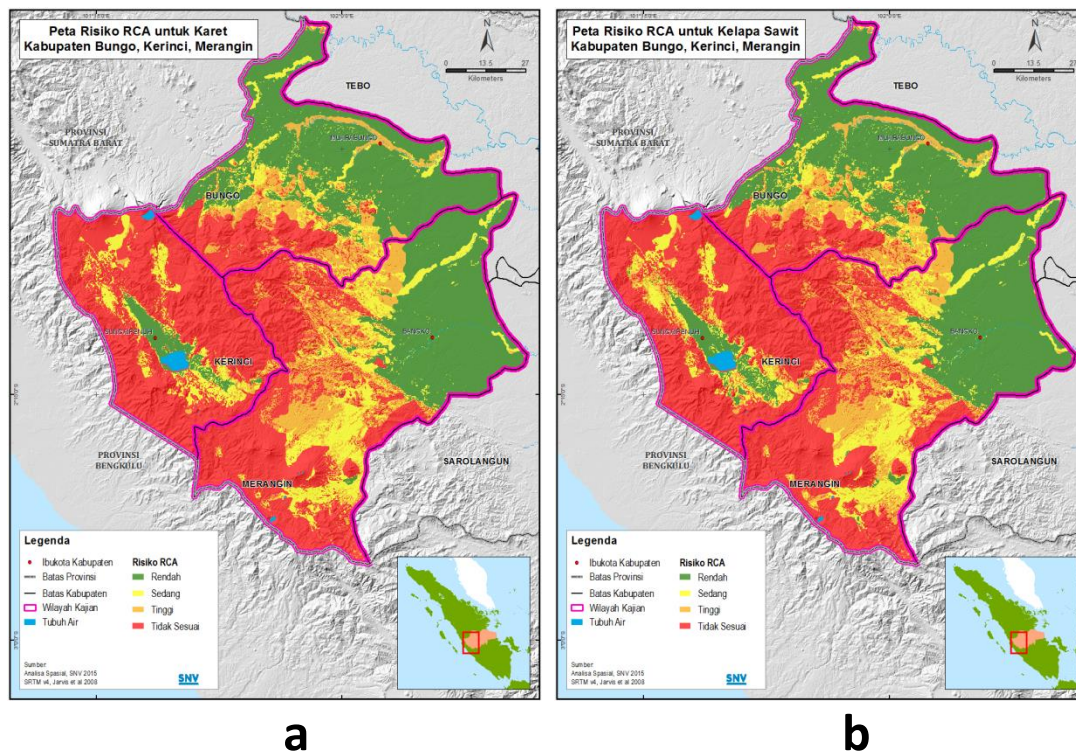
4.3. *Responsible Cultivation Area*

Bagian barat wilayah kajian diidentifikasi sebagai wilayah yang memiliki risiko RCA rendah untuk kedua komoditas (Gambar 7). Kabupaten Bungo diidentifikasi memiliki wilayah berisiko RCA rendah seluas 264.2229 hektar untuk karet dan kelapa sawit. Wilayah risiko RCA rendah lainnya diidentifikasi berada di bagian barat Kabupaten Merangin dengan luas 209.846 hektar untuk karet dan 210.937 hektar untuk kelapa sawit. Di Kabupaten Merangin juga teridentifikasi wilayah yang tidak sesuai untuk RCA seluas 272.212 hektar untuk karet dan 263.116 hektar untuk kelapa sawit di bagian tengah sampai barat daya. Wilayah lain yang diidentifikasi tidak sesuai untuk RCA berada di Kabupaten Kerinci dengan luas 296.075 hektar untuk karet dan 276.805 untuk kelapa sawit (Tabel 11).

Tabel 11. Luas Kesesuaian Lahan Risiko RCA per Kabupaten (dalam hektar)

Kabupaten	Kelas Risiko RCA (Karet)				Kelas Risiko RCA (Kelapa Sawit)			
	Rendah	Sedang	Tinggi	Tidak Sesuai	Rendah	Sedang	Tinggi	Tidak Sesuai
Bungo	264.229	45.366	68.312	81.948	264.229	45.367	69.368	80.891
Kerinci	20.854	42.848	8.095	296.075	27.284	41.790	21.994	276.805
Merangin	209.846	99.710	105.460	272.212	210.937	99.198	113.976	263.116

Siting Tool merupakan *knowledge product* yang dapat digunakan sebagai salah satu instrumen pendukung untuk membantu perencanaan dan pengembangan wilayah. Identifikasi awal dari *Siting Tool* menghasilkan kelas-kelas risiko untuk wilayah penanaman yang bertanggungjawab (*Responsible Cultivation Area*). Tiap kelas risiko dapat menjadi masukan untuk penentuan jenis intervensi. Pada kelas Risiko Rendah, seperti yang ditemukan di wilayah barat kajian ini, kegiatan intensif budidaya dapat dilakukan dengan tetap memperhatikan kaidah-kaidah agronomis. Pada kelas Risiko Sedang dan Tinggi, intervensi dapat berupa pengelolaan zona penyangga atau riparian yang berdampingan dengan kegiatan budidaya berdasar kaidah-kaidah agronomis dan konservasi. Pada kelas Risiko Tidak Sesuai, disarankan untuk melakukan intervensi dalam bidang konservasi. Pengelolaan intensif kawasan hutan maupun kawasan yang mengandung sumber air dapat dilakukan di kawasan ini.



Gambar 7. Peta Risiko RCA untuk (a) karet dan (b) kelapa sawit

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Wilayah yang diidentifikasi memiliki risiko RCA Rendah berada pada bagian barat wilayah kajian. Kegiatan intensif budidaya karet dan kelapa sawit disarankan untuk dilakukan di wilayah ini dengan memperhatikan kaidah-kaidah agronomis untuk mengoptimalkan produksi komoditas.

Pada wilayah yang sama juga terdapat risiko RCA Sedang-Tinggi. Kegiatan budidaya yang berdampak dengan kegiatan konservasi seperti pengelolaan zona penyangga dan riparian dapat dilakukan pada wilayah tersebut dengan menerapkan Better Management Practice.

Pada wilayah yang diidentifikasi sebagai kelas RCA Tidak Sesuai, tidak disarankan untuk melakukan kegiatan budidaya. Kawasan Konservasi dan Lindung serta tutupan hutan alami yang berada pada wilayah tersebut merupakan wilayah yang penting untuk dijaga mengingat fungsi ekologisnya. Selain itu, kegiatan budidaya pada wilayah ini juga dapat menimbulkan efek negatif dari aspek agronomis. Lereng yang curam dan kondisi tanah yang tidak sesuai memerlukan usaha yang tidak sedikit untuk diatasi.

Hasil identifikasi wilayah potensial untuk pengembangan komoditas karet dan kelapa sawit pada kajian ini bersifat kajian awal. Data terkait sosial dan budaya dapat disertakan untuk melengkapi ketiga prinsip Siting Tool. Data temporal prediksi iklim (curah hujan dan suhu) dan informasi nilai ekonomi komoditas juga dapat disertakan dalam analisa untuk dapat memprediksi wilayah yang sesuai secara ekonomi untuk pengembangan komoditas secara berkelanjutan di masa mendatang. Meskipun demikian, diharapkan hasil dalam kajian ini dapat menjadi masukan bagi pihak-pihak yang berkepentingan dalam merumuskan intervensi berupa kebijakan dan aksi terkait tata ruang wilayah.

UCAPAN TERIMA KASIH

SNV Indonesia, atas izin untuk penggunaan data dan dokumen serta dukungan teknis dan non teknis untuk penyusunan kajian ini. Hans Harmen Smit, atas dukungan dan izin untuk penggunaan dan pengembangan *Siting Tool*. Yokyok "Yoki" Hadiprakarsa, atas diskusi dalam penerapan dan pengembangan analisa spasial untuk *Siting Tool*.

DAFTAR PUSTAKA

- Consortium to Revise the HCV Toolkit in Indonesia. 2008. *Toolkit for Identification of High Conservation Values in Indonesia*. Jakarta
- Dehue, B., Meyer, S., van de Staaij, J. 2010. *Responsible Cultivation Areas - Identification and Certification of Feedstock Production with a Low Risk of Indirect Effects*. Ecofys
- Djaenudin D, Marwan, Subagyo H, Hidayat A. 2003. *Petunjuk Teknis Evaluasi Lahan untuk Komoditas Pertanian*. Bogor
- Moore, I.D. and J.P. Wilson. 1992. *Length-slope factors for the Revised Universal Soil Loss Equation: Simplified method of estimation*. Journal of Soil and Water Conservation. 47(5): 423-428
- Murdiyarso, D. and Wasrin, Upik R. 1995. *Estimating Land Use Changes and Carbon Release from Tropical Forests Conversion using Remote Sensing Technique*. Journal of Biogeography. 22(4/5) : 715-721
- SNV, 2014. *Designing Sustainable Development Strategies for Agricultural Commodities across the Landscape*. Jakarta
- Smit, H., et al. 2013. *Breaking the Links between Environmental Degradation and Oil Palm Expansion: A Method for Enabling Sustainable Oil Palm Expansion*. PLOSONe 8(9): e68610. doi: 10.1371/journal.pone.0068610
- United Nations Information Center. 2015. *PBB proyeksikan penduduk dunia capai 8,5 miliar pada tahun 2030, didorong oleh pertumbuhan di negara-negara berkembang*. Diakses pada 12 Oktober 2015 dari <http://unic-jakarta.org/2015/07/30/pbb-proyeksikan-penduduk-dunia-capai-85-miliar-pada-tahun-2030-didorong-oleh-pertumbuhan-di-negara-negara-berkembang/>

IDENTIFIKASI POTENSI KAWASAN KONSERVASI PERAIRAN DI KABUPATEN MALUKU TENGGARA BARAT BERDASARKAN ANALISIS MARXAN

Christian Handayani^{1*}, Dirga Daniel¹ dan Estradivari¹

¹WWF-Indonesia Jl. Letjen TB Simatupang Kav 38. Jakarta Selatan 12540
Email: chandayani@wwf.or.id, daniel.dirga@gmail.com, estradivari@gmail.com
WWF Indonesia

*Corresponding author: chandayani@wwf.or.id

ABSTRAK

Kabupaten Maluku Tenggara Barat merupakan salah satu wilayah terdepan di Indonesia yang berbatasan langsung dengan Australia dengan prioritas pengembangan di bidang kelautan dan perikanan. Terkait dengan kondisi tersebut perlindungan terhadap sumber daya pesisir dan kelautan dengan pembentukan kawasan konservasi perairan mutlak diperlukan untuk menjamin keberlanjutan sumber daya kelautan dan memperkuat pengelolaan berbasis adat. Selain itu, inisiasi pembentukan kawasan konservasi juga membantu kontribusi pemerintah daerah terhadap pencapaian kawasan konservasi di tingkat nasional sebesar 20 juta hektar di tahun 2020. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi area laut yang berpotensi untuk dijadikan sebagai kawasan konservasi perairan melalui analisis spasial yang mengakomodasi habitat penting, ruaya biota laut, pemanfaatan tradisional dan perikanan. Data yang kami gunakan adalah data primer dari survei cepat di Kepulauan Tanimbar yang diperkuat dengan studi pustaka. Kami menggunakan analisis marxan yang memberikan solusi dengan memperoleh area terbaik yang dapat melindungi 30% habitat penting dengan total luas 86109,52 hektar, menyediakan 46% area untuk pemanfaatan tradisional dengan luas total 12059,34 hektar dan area untuk pemanfaatan perikanan ramah lingkungan dengan luas total 54396 hektar. Kami merekomendasikan 3 area kawasan konservasi dengan masing-masing 4 zonasi berbeda yang mengakomodir tujuan dari kawasan konservasi di Maluku Tenggara barat.

KATA KUNCI: Marxan, Kawasan Konservasi Perairan, Maluku Tenggara Barat.

1. PENDAHULUAN

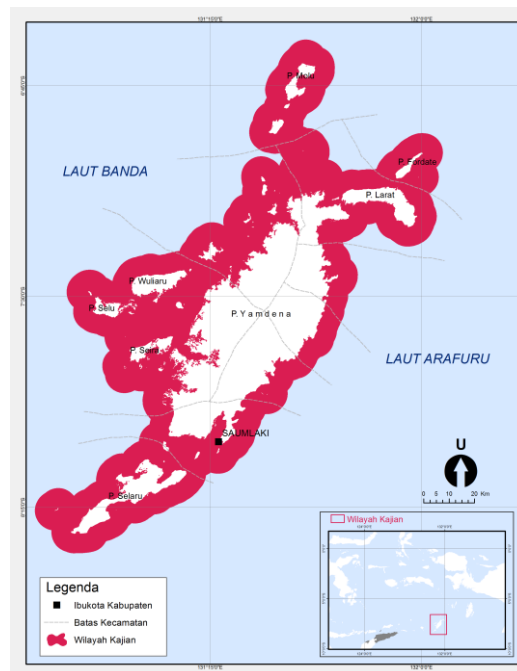
Kawasan Konservasi Perairan (KKP) adalah wilayah pesisir dan pulau-pulau kecil yang mempunyai ciri khas tertentu sebagai satu kesatuan ekosistem yang dilindungi, dilestarikan, dan/atau dimanfaatkan secara berkelanjutan untuk mewujudkan pengelolaan wilayah pesisir dan pulau-pulau kecil secara berkelanjutan (Permen No.17 Tahun 2008 tentang Kawasan Konservasi Di Wilayah Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil). Kementerian Kelautan dan Perikanan Indonesia telah menargetkan 20 juta hektar KKP di tahun 2020 (2,5 % dari total luas perairan Indonesia). Sebagai salah satu kabupaten yang mempunyai wilayah laut yang luas, Kabupaten Maluku Tenggara telah berkomitmen untuk turut berkontribusi terhadap capaian KKP di pemerintah pusat. Kabupaten Maluku Tenggara Barat merupakan kabupaten yang kaya akan sumberdaya laut. Berdasarkan dokumen RTRWP Provinsi Maluku, sumber daya laut merupakan sektor penting dalam perekonomian di Kabupaten Maluku Tenggara Barat yang menopang kehidupan dari masyarakat pesisir di wilayah ini. Perairan Maluku Tenggara Barat merupakan area penting bagi spesies laut yang terancam punah seperti penyu, dugong, paus dan lumba-lumba serta memegang peranan penting dalam konektivitas ekologis perairan secara luas. Penduduk di wilayah ini juga telah lama belajar dan berdampingan dengan sumber daya laut sehingga terbentuk kearifan dan pengelolaan berbasis lokal yang unik. Oleh karena itu, diperlukan suatu alat pengelolaan sumberdaya pesisir dan laut yang efektif yaitu KKP. Pemilihan lokasi KKP harus meliputi aspek ekologi, sosial ekonomi budaya dan aspek lainnya seperti melindungi habitat, ruaya biota laut dan mengakomodasi kearifan-kearifan lokal dalam pengelolaan laut, serta turut juga mengalokasikan sebagian wilayah pesisir untuk pemanfaatan sumberdaya laut secara berkelanjutan seperti perikanan tangkap ramah lingkungan dan pariwisata bahari (Pahala Nainggolan *et al*, 2013).

Marxan adalah salah satu perangkat lunak konservasi secara sistematis yaitu perangkat lunak untuk menemukan lokasi, merancang, dan manajemen kawasan lindung (kawasan konservasi) secara komprehensif mencakup keanekaragaman hayati dalam setiap area (Mace *et al*, 2006). Marxan digunakan sebagai pendukung keputusan yang mencoba menemukan kawasan konservasi potensial dengan target dan biaya yang paling efisien (Possingham *et al*, 2006). Marxan bekerja dengan menganalisis secara algoritmatis fitur-fitur biodiversitas, mempertemukan dengan fitur-fitur sosial ekonomi dan memberikan area solusi terbaik dengan biaya rendah.

Aplikasi Marxan telah banyak digunakan untuk kepentingan konservasi di berbagai negara seperti Great Barrier Reef Marine Park Authority (GBRMPA), dan perencanaan Kawasan Konservasi di Channel Islands National Marine Sanctuary, California. Oleh karena itu analisis Marxan dapat digunakan untuk memperoleh area prioritas dan memberikan area alternatif untuk dijadikan Kawasan Konservasi Perairan di Maluku Tenggara Barat.

2. WILAYAH KAJIAN

Analisis yang kami lakukan meliputi perairan wilayah Kepulauan Tanimbar yaitu perairan Pulau Yamdena, Pulau Wuliaru, Pulau Selu, Pulau Seira, Pulau Selaru, Pulau Larat dan pulau-pulau lainnya yang termasuk dalam gugusan Kepulauan Tanimbar. Wilayah kajian merupakan hasil *buffer* dari garis pantai Kepulauan Tanimbar sejauh 4 mil ke arah laut (disesuaikan dengan kewenangan pengelolaan kabupaten) dan juga meliputi habitat mangrove dan daerah sempadan pantai sejauh 200 meter dari garis pantai. Wilayah kajian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Wilayah kajian

3. METODE PENELITIAN

3.1 Analisis Marxan

Marxan bekerja melalui sistem algoritma yang dinamakan *simulated annealing* yang dikembangkan untuk mendapatkan hasil optimal dengan waktu yang singkat dengan melakukan optimalisasi dalam algoritmanya (Angelis and Stamatellos 2004 dalam Loos, 2011). Secara umum algoritma di dalam Marxan bekerja dalam 4 ketentuan sebagai berikut:

$$\sum \text{Cost} + (\text{BLM}) \sum \text{Boundary Length} + \sum (\text{Species Penalty} \times \text{SPF}) + \text{CTP}$$

(a) (b) (c) (d)

dimana:

- (a) *Planning unit cost* adalah nilai kombinasi dari *cost* social ekonomi setiap *planning units* dalam solusi terpilih
- (b) *Total Boundary Length*. Nilai ini merupakan nilai yang diatur oleh pengguna dan berhubungan dengan tingkat konektivitas setiap *planning units*. Semakin tinggi nilai BL semakin kompak area solusi.
- (c) *Species Penalty* adalah nilai *penalty* yang diberikan apabila target perlindungan biodiversitas tidak tercapai. Sementara Species Penalty Factor (SPF) merupakan nilai yang diatur oleh pengguna yang mana berhubungan dengan seberapa penting tujuan target biodiversitas. Semakin tinggi SPF diberikan pada suatu fitur, maka marxan akan semakin memprioritaskan target fitur tersebut.

- (d) *Cost Threshold Penalty (CTP)* adalah *penalty* solusi yang menghasilkan *cost* walaupun seluruh target fitur tercapai.
(Bruce to Milton Transmission Reinforcement Project, 2010).

Marxan mempunyai dua keluaran sebagai hasil analisis yaitu area terbaik (*best selected area*) dan area solusi (*solution area*). Area terbaik hanya akan memberikan satu opsi yaitu terpilih untuk dikonservasi atau tidak terpilih untuk dikonservasi. Sedangkan area solusi adalah akumulasi dari frekuensi terpilih setiap *planning unit*. Semakin sering *planning unit* terpilih maka semakin berpotensi dijadikan area untuk dikonservasi. Area solusi juga memberikan keleluasaan dan fleksibilitas bagi perencana dalam mendesain kawasan konservasi. Namun dalam penelitian ini kami menggunakan hasil berupa area terbaik karena kami merekomendasikan area-area dengan target yang berbeda-beda. Apabila menggunakan area solusi, maka hasil yang diperoleh tidak memiliki batasan yang jelas dan akan terlalu banyak pilihan area untuk dikonservasi.

3.2. Unit Perencanaan (Planning Unit)

Unit perencanaan merupakan wilayah kajian yang dibagi-bagi menjadi area-area kecil meliputi seluruh wilayah kajian. Unit perencanaan merupakan dasar analisis marxan dimana setiap fitur-fitur yang akan dianalisis diletakkan berdasarkan unit perencanaan. Dalam penelitian ini kami membagi wilayah kajian kedalam 1133 unit perencanaan dengan bentuk heksagonal dengan luas setiap unit perencanaan adalah 1000 ha. Kami mengatur luas unit perencanaan 1000 hektar dengan mempertimbangkan fitur-fitur yang akan dianalisis seperti area jelajah ikan, ruaya spesies-spesies biota laut dan sebaran data yang ada. Selain itu faktor efisiensi juga menjadi pertimbangan untuk menentukan luas unit perencanaan. Semakin kecil luas unit perencanaan, hasil yang diperoleh akan lebih detail tetapi memakan waktu yang sangat lama ketika marxan dijalankan.

3.3. Data Dan Skenario

Kami menggunakan data primer dan data sekunder untuk menyusun skenario yang kemudian digunakan sebagai analisis marxan. Data primer yang kami gunakan merupakan data hasil ekspedisi cepat dan pemetaan partisipatif di Kepulauan Tanimbar, Maluku Tenggara Barat tahun 2013 yang diambil berkolaborasi dengan Universitas Pattimura dan Pemerintah Daerah Kabupaten Maluku Tenggara Barat. Untuk memperkuat data primer, kami juga menggunakan data sekunder dan studi pustaka. Seluruh data akan diterjemahkan kedalam format spasial (*shapefile*) dalam bentuk area (*polygon type*). Persiapan data sangat penting dalam analisis marxan karena penentuan area terpilih berdasarkan sebaran data yang ada. Marxan tidak akan memilih unit perencanaan yang tidak memiliki data. Data yang akan dianalisis oleh marxan juga harus dipersiapkan sesederhana mungkin. Proses generalisasi dapat dilakukan terhadap data yang memiliki kesamaan seperti tema konservasi yang sama, persentase proporsi target yang sama dan resolusi spasial yang sama.

Seluruh data akan dikelompokkan berdasarkan skenario yang dibangun. Kami menyusun skenario untuk mempermudah dalam menjalankan marxan. Kami menyusun tiga skenario yang memiliki target yang berbeda. Skenario pertama memiliki target untuk melindungi habitat penting, ruaya biota laut terancam punah dan wilayah pemijahan ikan. Pada skenario pertama, kami juga melakukan 4 kali analisis marxan dengan melakukan perubahan pada proporsi target. Kami menurunkan secara teratur proporsi target dari 0,5;0,1;0,05 dan 0,01. Hal ini dilakukan untuk menemukan unit perencanaan yang memiliki fitur target paling penting. Skenario kedua memiliki target untuk mengakomodasi pemanfaatan-pemanfaatan dalam Kawasan Konservasi Perairan nantinya. Pemanfaatan ini lebih ditujukan untuk pemanfaatan tradisional seperti pengelolaan laut secara adat. Oleh karena itu kami mengatur nilai proporsi target dan SPF yang tinggi terhadap fitur-fitur pemanfaatan tradisional. Skenario tiga memiliki target untuk mengakomodasi wilayah penangkapan ikan secara berkelanjutan di dalam Kawasan Konservasi Perairan. Kami mengatur proporsi target yang tinggi terhadap alat tangkap yang bersifat tidak merusak, sementara untuk alat tangkap yang bersifat merusak proporsi target diatur sekecil mungkin. Kami mengatur nilai *cost* yang sama untuk setiap skenario yaitu 1. Hal ini dilakukan dengan asumsi bahwa setiap unit perencanaan memiliki *cost* yang menyatakan peluang untuk tidak terpilih yang sama. Data dan skenario dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Skenario Analisis Marxan

Skenario	Tujuan analisis	Fitur	Proporsi target (Prop)	Species Penalty Factor (SPF)	Boundary Length (BLM)
Skenario 1	Melindungi 5% area habitat penting	Terumbu Karang	0.05	0.5	0.1
		Mangrove	0.05	2	0.1
		Padang lamun	0.05	5	0.1
		Kemunculan Biota Laut	0.05	3	0.1
		Area pemijahan ikan (SPAG)	0.05	0.9	0.1
	Melindungi 10% area habitat penting	Terumbu Karang	0.1	0.5	1
		Mangrove	0.1	4	1
		Padang lamun	0.1	4	1
		Kemunculan Biota Laut	0.1	4	1
		Area pemijahan ikan (SPAG)	0.1	4	1
	Melindungi 30% area habitat penting	Terumbu Karang	0.3	0.5	1
		Mangrove	0.3	1	1
		Padang lamun	0.3	2	1
		Kemunculan Biota Laut	0.3	2	1
		Area pemijahan ikan (SPAG)	0.3	1	1
	Melindungi 50% area habitat penting	Terumbu Karang	0.5	0.1	1
		Mangrove	0.5	1	1
		Padang lamun	0.5	2	1
		Kemunculan Biota Laut	0.5	2	1
		Area pemijahan ikan (SPAG)	0.5	1	1
Skenario 2	Mengakomodasi area 50% untuk pemanfaatan tradisional,	Pemanfaatan tradisional	0.5	3	0.5
		Budidaya laut	0.2	1	0.5
		Pariwisata Bahari	0.2	1	0.5
		Area penangkapan ikan	0.3	1	0.5
Skenario 3	Mengakomodasi 50% area tangkap ikan dengan alat tangkap ramah lingkungan	Penyelam kompresor	1	5	0.5
		<i>Handline Fishing gear</i>	0.5	5	0.5
		Alat tangkap selektif rendah	0.1	1	0.5
		<i>Handpicking Fishing gear</i>	0.1	1	0.5

3.4. Perangkat Lunak

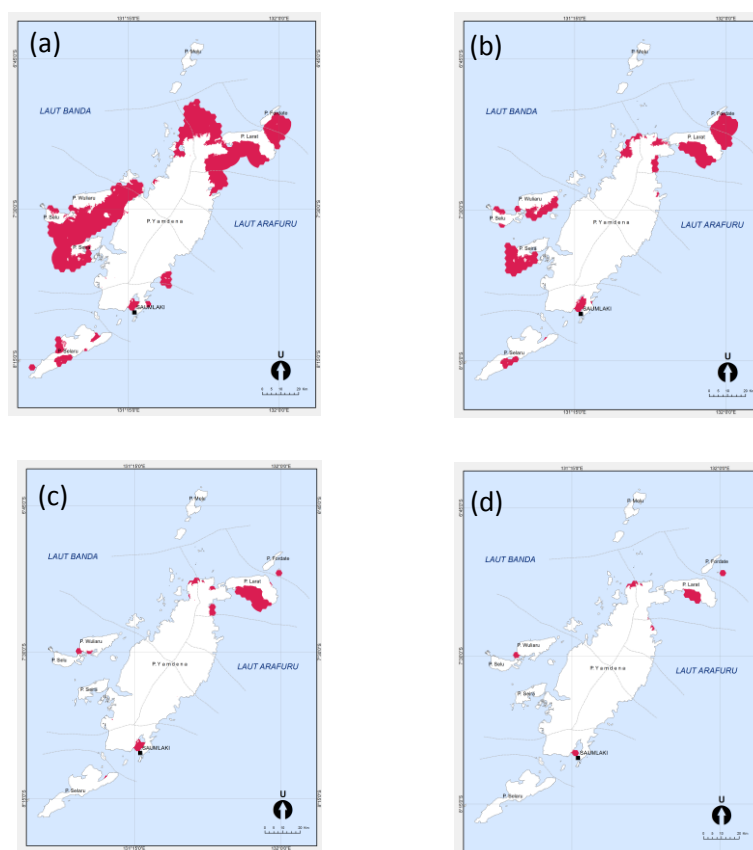
Kami menggunakan beberapa perangkat lunak dalam rangkaian analisis marxan. Kami mempersiapkan seluruh data kedalam format yang dapat dieksekusi oleh marxan melalui perangkat QGIS 1.8 Lisboa. Kami menggunakan fitur *plugin* QMarxan yang terpasang didalam QGIS. Sedangkan proses analisisnya menggunakan Marxan.exe. Kami menggunakan perangkat lunak Zonae Cogito untuk melakukan modifikasi secara lebih leluasa terhadap hasil-hasil yang diperoleh dari proses eksekusi menggunakan Marxan.exe. Zonae Cogito menyediakan fitur untuk melakukan perubahan terhadap SPF, BLM, *Proportion Target* dan *Cost* (Kircher *et al*, 2012). Kami melakukan berulang-ulang pengubahan parameter-parameter tersebut di Zonae Cogito sampai target skenario kami tercapai (*met*).

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Area Prioritas Untuk Habitat Penting

Kami menjalankan 4 kali analisa marxan dengan menurunkan secara teratur proportion of target dari setiap fitur. Hasil analisis marxan dapat dilihat pada Tabel 2. Target konservasi untuk melindungi 50% habitat penting berdasarkan hasil marxan terpilih area seluas 224.083,5 ha (28% dari luas total wilayah kajian). Sedangkan untuk perlindungan 30% habitat penting terpilih area seluas 86.109 (11% dari luas total wilayah kajian). Perlindungan 10% habitat penting terpilih area seluas 25.656,9 ha (3% dari luas total wilayah kajian) dan terpilih seluas 10.521,9 ha (1% dari luas total wilayah kajian) untuk perlindungan 5% habitat penting.

Apabila ditinjau berdasarkan fitur yang dikonservasi, seluruh analisis marxan telah dapat mencapai target tujuan konservasi yaitu telah mencapai minimal persentasi area terpilih untuk setiap fitur konservasi. Dari hasil analisis, dapat dilihat bahwa fitur spesies dan SPAG terpilih melebihi dari target yang akan dilindungi untuk setiap analisis marxan. Hal ini terjadi karena area spesies dan SPAG terletak di area-area yang meliputi terumbu karang yang cukup luas. Oleh karena itu, faktor terpilihnya area dengan fitur konservasi spesies dan SPAG cukup tinggi.



Gambar 2. Perbandingan sebaran spasial area terpilih berdasarkan persentasi target konservasi (a) Target konservasi 50%, (b) Target konservasi 30%, (c) Target konservasi 10%, (d) Target konservasi 5%.

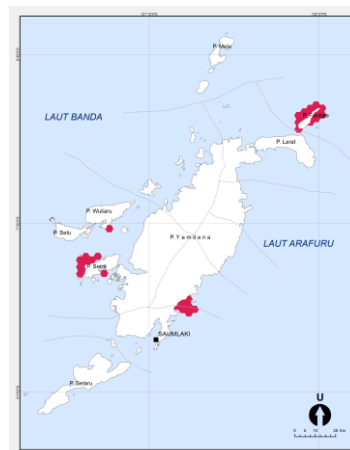
Sebaran spasial area terpilih berdasarkan marxan analisis menunjukkan bahwa area di sekitar Pulau Larat dan Pulau Wuliuru merupakan area yang paling banyak terpilih sebagai area terbaik berdasarkan analisis marxan. Pada analisis marxan untuk perlindungan 50% habitat penting, area terbesar berada di sebelah barat dan utara pulau yamdena. Semakin proporsi target diturunkan (penurunan target untuk dikonservasi), area terpilih semakin mengecil dan fokus pada area-area dengan fitur konservasi tinggi. Dapat dilihat bahwa marxan mempertahankan area di Pulau Larat, Pulau Wuliuru dan area di Saumlaki sampai proporsi target paling kecil. Area-area ini juga selalu terpilih untuk setiap analisis marxan untuk proporsi target berbeda. Maka kami sangat merekomendasikan area yang terpilih pada analisis marxan dengan proporsi target terkecil (0,05 atau analisis marxan untuk tujuan konservasi 5%) untuk dilakukan perlindungan penuh (zona inti) karena area ini mengandung fitur-fitur konservasi penting. Perbandingan sebaran spasial area terpilih berdasarkan persentasi target konservasi dapat dilihat pada Gambar 2.

Tabel 2. Hasil analisis marxan untuk target konservasi yang berbeda.

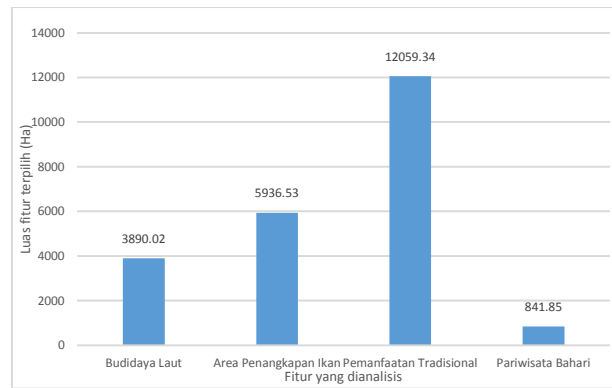
Fitur Konservasi	Perlindungan 50% Habitat Penting		Perlindungan 30% Habitat Penting		Perlindungan 10% Habitat Penting		Perlindungan 5% Habitat Penting	
	Area Terpilih (Ha)	Persentase terpilih (%)	Area Terpilih (Ha)	Persentase terpilih (%)	Area Terpilih (Ha)	Persentase terpilih (%)	Area Terpilih (Ha)	Persentase terpilih (%)
Spesies	24975,7	54%	15596,5	33%	10758,7	23%	4701,6	10%
Terumbu Karang	92499,45	50%	55197,2	30%	300,1	10%	170,5	5%
Mangrove	10824,5	50%	6495,8	30%	2165,2	10%	1081,3	5%
Padang Lamun	1403,5	51%	822,7	30%	300,1	11%	170,5	6%
SPAG	704,9	50%	480,9	34%	309,6	22%	93,2	7%
Total luas unit perencanaan terpilih	224083,5	28%	86109,5	11%	25656,9	3%	10521,9	1%

4.2 Area Prioritas Untuk Pemanfaatan Tradisional

Selain ditujukan untuk melindungi habitat kritis, kawasan konservasi juga harus dapat mengakomodasi pemanfaatan langsung yang memberikan keuntungan ekonomis bagi masyarakat setempat. Namun tentu saja pemanfaatan ini bersifat berkelanjutan dan tidak merusak. Oleh karena itu kami menjalankan analisis marxan untuk mengetahui lokasi terbaik untuk kebutuhan pemanfaatan terbatas terhadap sumberdaya laut. Total luas area terpilih untuk pemanfaatan laut adalah 26049,88 hektar. Kami menentukan proporsi target yang berbeda-beda untuk setiap fitur yang disesuaikan terhadap target konservasi wilayah kajian. Distribusi spasial area terpilih untuk tujuan pemanfaatan tradisional terbesar terletak di 3 area berbeda yaitu di Pulau Fordate, Pulau Seira dan sebelah utara Saumlaki (Gambar 3). Hasil analisis marxan menunjukkan bahwa area terpilih telah mengakomodasi 46% untuk pemanfaatan tradisional dari total luas area terpilih yaitu 12059,34 hektar, 15% untuk budidaya laut (3890,02 Ha) dan 3% untuk pariwisata bahari (841,85 Ha). Hasil pemilihan area berdasarkan marxan juga telah dapat mengurangi area penangkapan ikan yaitu hanya meliputi yaitu 23% dari total area terpilih (5936,53 Ha). Perbandingan analisis marxan untuk skenario 2 dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 3. Sebaran area terpilih berdasarkan analisis marxan skenario 2.

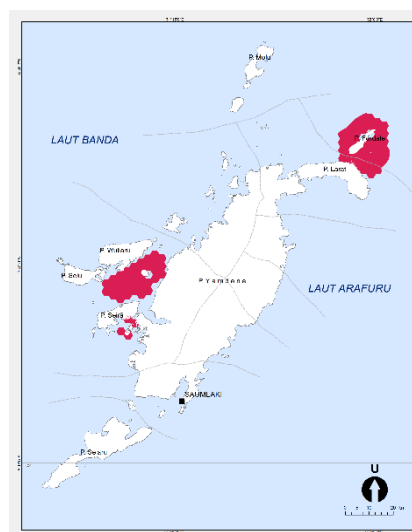


Gambar 4. Perbandingan luas area terpilih berdasarkan fitur yang dianalisis pada skenario 2.

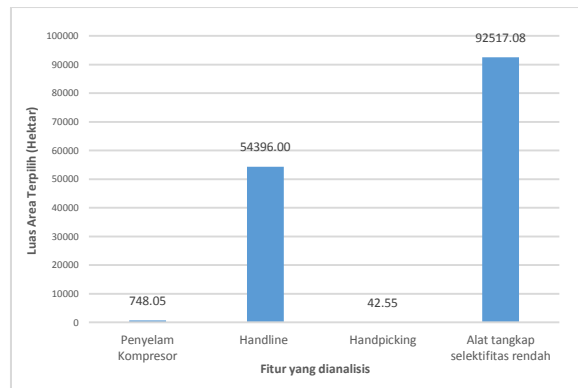
4.3 Area Terpilih Untuk Perikanan

Sektor perikanan sebagai sektor terbesar yang menyumbang kegiatan ekonomi di wilayah kajian dan termasuk salah satu aktifitas tertinggi dalam pemanfaatn laut di wilayah kajian. Kami menginginkan area penangkapan ikan tetap diakomodasi kedalam desain kawasan konservasi. Namun kami menyadari bahwa masih banyak aktifitas penangkapan ikan yang merusak dalam wilayah kajian kami. Oleh karena itu kami sangat berhati-hati dalam menentukan proporsi target dari setiap fitur dan melakukan berkali-kali proses marxan sampai menemukan area terbaik untuk desain kawasan konservasi secara keseluruhan.

Berdasarkan hasil analisis marxan, area terpilih untuk perikanan meliputi area dengan luas 74544,05 hektar. Secara keseluruhan, alat tangkap dengan selektifitas rendah masih meliputi area yang cukup luas yaitu 36007,50 hektar (14% dari total area terpilih) tetapi hasil ini telah berhasil mengurangi area seluas hektar untuk penangkapan ikan dengan tingkat selektifitas rendah saat dibandingkan dengan luas total area penangkapan ikan dengan alat tangkap selektifitas rendah sebelum marxan dijalankan. Alat tangkap lainnya yang bersifat merusak seperti handpicking dan ganco juga hanya terpilih 10% dari total luas sebelum marxan dijalankan. Sementara itu, untuk alat tangkap menggunakan handline dan pancing, walaupun tingkat selektifitasnya rendah, tetapi dampak kerusakan yang ditimbulkan terhadap kerusakan habitat kecil. Oleh karena itu kami mengakomodasi area penangkapan ikan tertinggi untuk fitur alat tangkap *handline*. Marxan analisis mengakomodasi area untuk alat tangkap *handline* dengan luas 54396 hektar dan merupakan area paling luas yang diakomodasi oleh analisis marxan dalam keseluruhan area terpilih. Perbandingan hasil marxan berdasarkan fitur target yang dikonservasi dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 5. Sebaran area terpilih berdasarkan analisis marxan skenario 3.



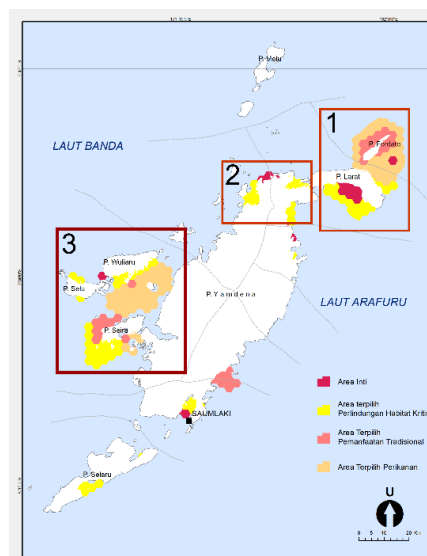
Gambar 6. Perbandingan luas area terpilih berdasarkan fitur yang dianalisis pada skenario 3.

Distribusi spasial area terpilih untuk perikanan mengelompok pada 2 area besar yaitu di Pulau Fordate dan perairan antara Pulau Yamdena dan Pulau-pulau kecil di bagian barat (P.Wuliaru, P.Selu, dan P.Seira). Distribusi area terpilih ini berhubungan dengan data-data yang digunakan untuk analisis dimana hampir sebagian besar sebaran data yang digunakan ada di area terpilih ini. Distribusi spasial area terpilih untuk skenario 3 dapat dilihat pada Gambar 5.

4.4 Rekomendasi Desain Kawasan Konservasi Perairan

Seluruh hasil skenario yang kami jalankan berdasarkan Marxan telah memberikan kami gambaran yang cukup baik untuk melakukan desain kawasan konservasi perairan di wilayah kajian. Secara keseluruhan, hasil Marxan menunjukkan bahwa area-area terbaik untuk dijadikan kawasan konservasi perairan berada di sebelah utara dan barat dari Pulau Yamdena. Oleh karena itu kami menyarankan bahwa pembentukan kawasan konservasi di wilayah Kepulauan Tanimbar mengakomodasi tiga area yaitu kawasan konservasi di sebelah utara dan kawasan konservasi di sebelah barat.

Kami memberikan beberapa pilihan rekomendasi desain kawasan konservasi dengan menggunakan salah satu hasil skenario ataupun mengkombinasikan hasil dari ketiganya. Untuk skenario pertama, kami menyarankan untuk menggunakan hasil analisis Marxan untuk tujuan konservasi perlindungan 30% habitat kritis. Selain area yang terpilih telah mencapai target konservasi, area yang terpilih juga sangat sedikit bersinggungan dengan hasil skenario 2 dan 3. Hal ini sangat penting dilakukan karena semakin banyak area yang bertumpang tindih dengan skenario lain, berarti semakin tinggi usaha yang dibutuhkan untuk menetapkan kawasan konservasi karena pada area ini memiliki banyak kepentingan dan pemanfaatan.



Gambar 7. Rekomendasi area terpilih untuk rekomendasi kawasan konservasi di wilayah kajian.

Hasil dari skenario 1 juga dapat dikombinasikan dengan analisis 5% perlindungan terhadap habitat kritis. Area ini dapat dijadikan sebagai rekomendasi zona inti. Skenario kedua untuk pemanfaatan sumberdaya laut

dapat dijadikan sebagai rekomendasi untuk penentuan zona pemanfaatan terbatas. Pemanfaatan ini kami tujukan terutama untuk mengakomodasi pemanfaatan-pemanfaatan tradisional di wilayah kajian, aktifitas pariwisata bahari dan budidaya laut. Hasil analisis marxan untuk pemanfaatan perikanan (skenario 3) telah dapat mengakomodir kepentingan pemanfaatan perikanan. Mengkombinasikan seluruh hasil skenario juga dapat dilakukan untuk desain kawasan konservasi di wilayah kajian dimana area ini telah dapat melindungi habitat kritis, mengakomodasi berbagai pemanfaatan dengan prinsip keberlanjutan lingkungan didalamnya. Desain kawasan konservasi dan area rekomendasi terpilih berdasarkan analisis marxan untuk 3 skenario dapat dilihat pada Gambar 7.

5. KESIMPULAN

Analisis marxan telah memberikan kami area prioritas untuk desain kawasan konservasi perairan di Kabupaten Maluku Tenggara Barat yang dapat mengakomodasi beberapa tujuan yaitu perlindungan terhadap habitat kritis, pemanfaatan tradisional dan pemanfaatan perikanan. Analisis ini kemudian dapat dijadikan sebagai rekomendasi dan arahan bagi pemerintah, masyarakat dan pihak-pihak lain yang terkait terhadap pembentukan kawasan konservasi di wilayah kajian. Namun hasil analisis ini memerlukan tambahan data dan masukan untuk menyempurnakan desain kawasan konservasi terbaik.

DAFTAR PUSTAKA

- Bruce. (2010), Appendix A: MNR Landscape Conservation Planning Analysis, Bruce to Milton Reinforcement Project, *Biodiversity Initiative Opportunity Evaluation and Ranking*.
- Game, E.T. and H.S. Grantham. (2008). *Marxan User Manual, Version 1.8.10*. University of Queensland, St. Lucia, Queensland, Australia, and Pacific Marine Analysis and research Association, Vancouver, British Columbia.
- Kircher, Matthew.W.L. Game, Eddie. And Segan, Dan. (2012). *Introduction to Marxan Course Manual Day 2*. Centre for Biodiversity & Conservation Science, University of Queensland
- Loos, Sarah Amber. (2001), Exploration of MARXAN for utility in Marine Protected Area Zoning, A Thesis for the Degree of Master of Science, Department of Geography University of Victoria
- Nainggolan, Pahala., Susanto, Handoko Adi., Megawanto, Rony (2013), Pendekatan Kawasan Konservasi Perairan (Marine Protected Area) dalam Pengelolaan Ekosistem Karang, dalam *Coral Governance*, disunting oleh Nikijuluw, Viktor PH., Adrianto Lucky., dan Januarini, Nia., pp. 157-225, IPB Press, Bogor.
- Possingham, H.P et al. (2010), Introduction. In *Marxan Good Practices Handbook Version 2*, Ardron, Jeff A., Possingham, H.P., and Klein, Carrisa J. (eds). Pacific Marine Analysis and Research Association, Victoria, BC, Canada.

ANALISIS PENGARUH FAKTOR PENDORONG PERUBAHAN TERHADAP AKURASI MODEL INTEGRASI *CELLULAR AUTOMATA* DAN REGRESI LOGISTIK BINER BERDASARKAN PETA PERUBAHAN SAWAH KLATEN DAN SEKITARNYA

Dicky Setiady^{1*}, Projo Danoedoro²

¹ Prodi Kartografi dan Penginderaan Jauh, Fakultas Geografi UGM, Sekip Utara, Sleman, Yogyakarta 55281

Email: dicky.setiady.geo@gmail.com

² PUSPICS Fakultas Geografi UGM, Sekip Utara, Sleman, Yogyakarta 55281

Email: projo.danoedoro@geo.ugm.ac.id

*Corresponding author: dicky.setiady.geo@gmail.com

ABSTRAK

Dewasa ini semakin banyak terjadi alih fungsi lahan yang berakibat pada penurunan kualitas maupun kuantitas sumberdaya yang ada. Area persawahan merupakan salah satu sumberdaya yang mengalami banyak perubahan, baik perubahan untuk digunakan sebagai lahan permukiman maupun digunakan sebagai lahan lain yang lebih menguntungkan secara ekonomi. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui besar pengaruh faktor pendorong perubahan terhadap model *Cellular Automata* (CA) prediksi lahan sawah beserta akurasinya. Beberapa hal yang dianggap sebagai faktor pendorong perubahan area persawahan pada penelitian ini antara lain jarak terhadap aksesibilitas, lahan terbangun eksisting, pusat-pusat kegiatan, dan sungai. Semua variabel tersebut diakomodasi dalam model regresi logistik biner untuk dianalisis besar pengaruhnya terhadap kejadian perubahan lahan sawah. Hasil analisis regresi logistik biner ini kemudian diintegrasikan pada model CA sebagai peta sub-model transisi dalam memprediksi lahan sawah. Pemodelan CA-Markov juga dilakukan sebagai pembandingan dalam hal tingkat akurasi yang diperoleh. Hasil penelitian menunjukkan bahwa setiap faktor pendorong perubahan memberikan pengaruh tersendiri terhadap terjadinya perubahan lahan sawah. Jarak terhadap lahan terbangun eksisting dan pusat industri merupakan variabel yang memberikan pengaruh paling besar terhadap perubahan lahan sawah. Integrasi regresi logistik biner dalam model CA menghasilkan akurasi lebih tinggi dibandingkan dengan model CA-Markov. Model CA-Regresi Logistik Biner memiliki akurasi sebesar 86,15% dengan Indeks Kappa 0,2747, sedangkan CA-Markov memiliki akurasi sebesar <84%.

KATA KUNCI: Regresi Logistik Biner, *Cellular Automata*, Area Persawahan

1. PENDAHULUAN

Perkembangan ekonomi yang pesat mampu meningkatkan pertumbuhan suatu wilayah dengan baik tetapi hal tersebut membawa dampak negatif, yaitu tingginya permintaan terhadap lahan untuk menunjang aktivitas ekonomi. Lahan merupakan suatu sumberdaya yang terbatas, sehingga permintaan yang tinggi akan menimbulkan terjadinya perubahan penggunaan lahan, khususnya dari lahan pertanian ke non pertanian. Kabupaten Klaten adalah salah satu penghasil beras utama di Provinsi Jawa Tengah yang terkenal dengan beras Delanggu, di mana wilayahnya berada di koridor penghubung dua kota besar, yaitu Kota Yogyakarta dan Kota Surakarta. Perkembangan yang pesat di kedua kota tersebut mempengaruhi perkembangan internal di Kabupaten Klaten, terutama di wilayah-wilayah yang berada di jalur utama penghubung Kota Yogyakarta dan Kota Surakarta. Terdapat faktor-faktor yang dianggap mempengaruhi perubahan lahan dan dapat digunakan sebagai aturan (*rule*) dalam memprediksi perubahan lahan pada pemodelan *Cellular Automata* (CA).

Terkait dengan Sistem Informasi Geografi (SIG), maka CA diadaptasi sebagai sebuah model yang diaplikasikan untuk membuat simulasi spasial. Hal ini seperti yang diungkapkan oleh Manson (2001), CA yaitu sebagai grid dua dimensi, dimana nilai sel merepresentasikan penggunaan lahan, sedangkan perubahan penggunaan lahannya bergantung pada aturan (*rule*) yang mempertimbangkan penggunaan lahan tetangganya. Integrasi CA dengan model lain, baik model berbasis statistik, visual, maupun kecerdasan buatan bertujuan agar diperoleh *transition rule* yang terbaik dalam menganalisis perubahan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui besar pengaruh faktor pendorong perubahan terhadap model (CA) prediksi lahan sawah beserta akurasinya. Penilaian akurasi dilakukan melalui pengamatan langsung di lapangan dan dibantu oleh citra resolusi spasial tinggi.

2. DAERAH KAJIAN

Daerah kajian penelitian berada di posisi 456892 – 479276 mT dan 9144522 – 9164402 mU dengan luasan 493.852 piksel (ukuran piksel 30 meter) atau sekitar 44.446,68 Ha. Apabila dilihat pada posisinya di lapangan, maka wilayah penelitian ini mencakup jalur utama Kota Yogyakarta dan Kota Surakarta. Lokasi area kajian seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Lokasi Area Kajian

Pemilihan lokasi ini dimaksudkan untuk mengetahui perubahan lahan sawah yang berada di sekitar jalur utama penghubung Kota Yogyakarta dan Kota Surakarta.

3. DATA DAN METODE

3.1 Data

Data utama yang digunakan adalah peta perubahan lahan sawah Kabupaten Klaten dan sekitarnya tahun 2002-2008. Peta ini berisi lokasi-lokasi yang mengalami perubahan kelas dari lahan sawah menjadi lahan non sawah, yang direpresentasikan ke dalam piksel-piksel. Data pendukung pemodelan CA dan sekaligus sebagai variabel independen dalam model regresi logistik biner, antara lain aksesibilitas (jalan kolektor, jalan lokal, jalan lain), lahan terbangun eksisting, dan pusat kegiatan (industri, ekonomi, pelayanan, pendidikan).

3.2 Metode

3.2.1 Analisis Jarak Faktor Pendorong Perubahan

Simulasi perubahan lahan sawah menjadi lahan non sawah dapat ditentukan oleh beberapa parameter tertentu. Variabel (prediktor) perubahan penggunaan lahan dalam penelitian ini diidentifikasi melalui *exploratory analysis* yang berdasar pada dugaan awal (*a priory*). Kombinasi literatur, pengetahuan lokal daerah yang dikaji dan logika berdasarkan pengalaman (empiris) digunakan sebagai dasar untuk pemilihan beberapa variabel yang mungkin digunakan (Susilo, 2006). Variabel yang digunakan dalam simulasi perubahan lahan pertanian sawah di Klaten dan sekitarnya ini yaitu jaringan jalan (jalan utama, jalan lokal, dan jalan lain), lahan terbangun eksisting, pusat kegiatan, dan sungai. Semua parameter perubahan tersebut dilakukan analisis jarak menggunakan *euclidean distance*. *Euclidean distance* merupakan jarak horizontal yang diukur dengan basis raster dari pusat piksel satu ke pusat piksel yang lain. Penggunaan *euclidean distance* ini dengan asumsi bahwa kondisi topografi pada wilayah penelitian relatif datar, sehingga jarak diukur secara linier. Hasil analisis jarak faktor pendorong perubahan perlu dilakukan transformasi dan normalisasi nilai agar memiliki signifikansi yang kuat dalam model regresi logistik biner. Transformasi dilakukan dengan fungsi *Ln* (Logaritma Normal) berikut ini:

$$\text{Transformasi} = \ln(\text{nilai parameter simulasi} + 1) \quad (1)$$

Setelah proses transformasi, kemudian parameter simulasi perubahan lahan dilakukan normalisasi dengan tujuan agar diperoleh nilai dengan rentang 0-1. Normalisasi dapat dilakukan dengan cara:

$$\text{Normalisasi} = \frac{\text{nilai transformasi}}{\text{nilai max transformasi}} \quad (2)$$

3.2.2 Analisis Pengaruh Faktor Pendorong Perubahan

Besarnya pengaruh dari setiap parameter perubahan dapat diketahui dengan melakukan analisis regresi logistik biner terhadap kejadian perubahan lahan sawah menjadi lahan non sawah. Model hasil regresi logistik biner ini kemudian digunakan sebagai peta probabilitas lokasi perubahan (sub-model transisi) dalam model *Cellular Automata*. Regresi logistik menghasilkan rasio peluang (*odd ratio*) yang terkait dengan nilai setiap variabel independen. Peluang (*odd*) dari suatu kejadian diartikan sebagai peluang hasil yang muncul (*p*) dibagi dengan peluang tidak muncul ($1 - p$). Dalam model ini, kejadian yang dimaksud yaitu perubahan dari lahan sawah menjadi lahan non sawah. Probabilitas perubahan dapat diketahui dengan menggunakan eksponensial dari *odd*, secara matematis dapat dituliskan sebagai berikut (Susilo 2006, dalam Wijaya, 2012).

$$\begin{aligned} \text{Logit } p(x_i) &= \ln\left(\frac{p(x_i)}{1 - p(x_i)}\right) = \alpha + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_k X_k \\ \left(\frac{p(x_i)}{1 - p(x_i)}\right) &= \exp. \alpha + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_k X_k \\ p(x_i) &= \exp \frac{(\alpha + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_k X_k)}{1 + (\alpha + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_k X_k)} \end{aligned} \quad (3)$$

Di mana $p(x_i)$: probabilitas terjadinya perubahan
 α : konstanta persamaan regresi linier
 β_1 : koefisien dari variabel independen (prediktor) 1
 X : parameter simulasi perubahan atau variabel prediktor (1,2,...,p)

3.2.3 Pemodelan Cellular Automata Prediksi Lahan Sawah

Pembuatan prediksi perubahan lahan sawah dengan menggunakan *Cellular Automata* di *Software* Idrisi Selva membutuhkan 4 macam input, antara lain:

1. *Basis Land Cover Image*: data yang digunakan adalah peta penggunaan lahan tahun 2008, dimana pada peta tersebut terdiri dari 2 kelas (lahan sawah dan lahan non sawah).
2. *Matriks Area Transisi*: matriks area transisi menggunakan model Markov.
3. *Land Suitability Image Collection*: probabilitas lokasi perubahan ini diperoleh dari hasil regresi logistik biner antara peta perubahan lahan sawah (variabel dependen) dengan parameter-parameter simulasi perubahan (variabel independen). Kemudian sebagai pembanding digunakan pula probabilitas lokasi perubahan berdasarkan model Markov.
4. *Neighborhood*: Penelitian ini menggunakan ketetanggaan Moore dan von Neumann dengan variasi ukuran kernel 3x3, 5x5, dan 7x7

Berdasarkan penggunaan *Land Suitability Image* yang berbeda, maka terdapat 2 (dua) skenario pemodelan CA, yang terdiri dari:

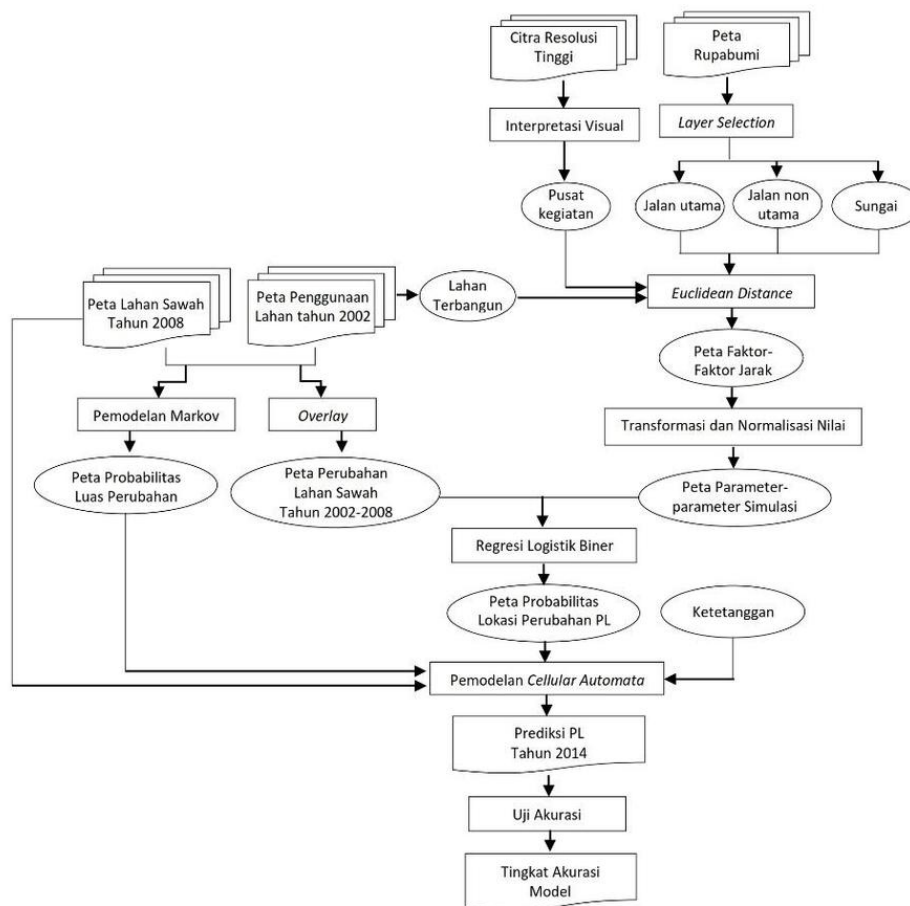
3.2.4 Uji Akurasi Pemodelan

Survei lapangan dilakukan untuk membandingkan hasil pemodelan dengan realita di lapangan. Kegiatan lapangan berupa pengamatan langsung kondisi eksisting berdasarkan sampel yang telah ditentukan dengan menggunakan metode *stratified random sampling*. Metode uji akurasi dalam penelitian ini menggunakan metode *Confussion Matrix* yaitu membandingkan data hasil pemodelan dengan data hasil survei lapangan. Akurasi dinyatakan dalam bentuk persentase, dimana semakin tinggi persentase (mendekati 100%) maka dapat dianggap bahwa akurasi semakin baik. Selain dengan metode *Confussion Matrix* yang menghasilkan nilai *Overall Accuracy*, juga dilakukan perhitungan Indeks Kappa. Indeks Kappa dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$K_{\text{hat}} = \frac{N \sum_{i=1}^r x_{ii} - \sum_{i=1}^r (x_{i+} \times x_{+i})}{N^2 - \sum_{i=1}^r (x_{i+} \times x_{+i})} \quad (4)$$

Keterangan: r : jumlah kategori dalam tabel *confusion matrix*
 x_{ii} : jumlah sel yang ada di baris i dan kolom i
 x_{i+} : jumlah total sel pada baris i
 x_{+i} : jumlah total sel pada kolom i
 N : jumlah total observasi yang masuk di tabel

Gambar 2 berikut menunjukkan secara ringkas langkah kerja dalam penelitian ini.

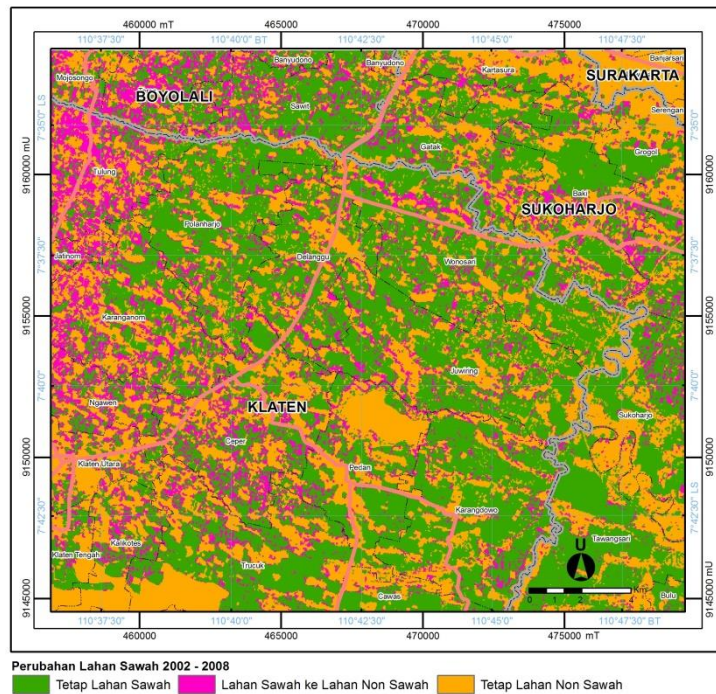


Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Variabel Dependen Perubahan Lahan Sawah

Peta sebaran perubahan lahan sawah tahun 2002-2008 merupakan variabel dependen dalam model regresi logistik biner yang dilakukan pada penelitian ini, sedangkan variabel independennya adalah jarak terhadap paramater-parameter perubahan. Gambar 3 di bawah ini merupakan distribusi perubahan lahan sawah tahun 2002-2008 yang digunakan sebagai variabel dependen dalam model regresi logistik biner.



Gambar 3. Distribusi Perubahan Lahan Sawah Klaten dan Sekitarnya tahun 2002-2008

4.2 Variabel Independen Perubahan Lahan Sawah

Faktor pendorong perubahan sekaligus sebagai parameter simulasi perubahan lahan sawah (variabel independen) yang digunakan dalam penelitian ini yaitu variabel jarak terhadap jaringan jalan (jalan utama, jalan lokal, dan jalan lain), lahan terbangun eksisting, sungai, dan pusat-pusat kegiatan. Tabel 1 dan Tabel 2 di bawah ini adalah hasil analisis *euclidean distance* dari setiap parameter perubahan.

Tabel 1. Jarak Lokasi Perubahan terhadap Parameter Perubahan

Nilai	Jarak (meter)				
	Jalan Utama	Jalan Lokal	Jalan Lain	Sungai	Lahan Terbangun
Maksimal	9840.04	1586.6	1506.6	1548.71	516.14
Rata-rata	2587.32	233.1	109.08	234.29	59.58
Minimal	0	0	0	0	0

Tabel 2. Jarak Lokasi Perubahan terhadap Parameter Perubahan (Lanjutan)

Nilai	Jarak (meter)			
	Pusat Industri	Pusat Ekonomi	Pusat Pelayanan	Pusat Pendidikan
Maksimal	12357.56	12422	12282	9997.25
Rata-rata	3459.11	4270	4521.5	3762.77
Minimal	0	0	0	0

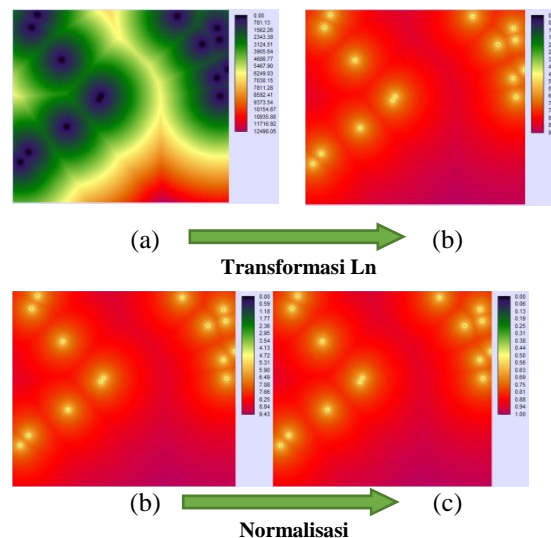
Parameter-parameter perubahan (variabel independen) perlu dilakukan transformasi dan normalisasi nilai agar memiliki nilai signifikansi yang kuat dalam model regresi logistik biner. Transformasi dilakukan dengan fungsi Ln (logaritma normal) berikut ini:

$$Transformasi = Ln(nilai parameter simulasi + 1) \quad (5)$$

Setelah proses transformasi, kemudian parameter simulasi perubahan lahan dilakukan normalisasi dengan tujuan agar diperoleh nilai dengan rentang 0-1. Normalisasi dapat dilakukan dengan cara:

$$Normalisasi = \frac{nilai transformasi}{nilai max transformasi} \quad (6)$$

Gambar4 di bawah ini merupakan contoh transformasi dan normalisasi nilai pada variabel jarak terhadap pusat industri.



(a) Sebelum Transormasi (b) Setelah Transformasi (c) Setelah Normalisasi

Gambar 4. Contoh Transformasi dan Normalisasi Nilai pada Variabel Jarak terhadap Pusat Industri

4.3.1 Persamaan Regresi Logistik Biner

Pada penelitian ini, proses perhitungan regresi logistik biner dilakukan melalui *software* Idrisi Selva. Berdasarkan analisis regresi logistik biner diperoleh persamaan regresi sebagai berikut.

$$Y = 1.4041 - (1.619796 * X1) - (0.540076 * X2) - (0.477997 * X3) + (3.215956 * X4) - (1.805961 * X5) - (3.363845 * X6) + (0.107712 * X7) + (0.893220 * X8) + (0.420181 * X9)$$

Keterangan:

Y : Logit perubahan	X5 : Jarak terhadap sungai
X1 : Jarak terhadap jalan utama	X6 : Jarak terhadap pusat industri
X2 : Jarak terhadap jalan lokal	X7 : Jarak terhadap pusat ekonomi
X3 : Jarak terhadap alan lain	X8 : Jarak terhadap pusat pelayanan
X4 : Jarak terhadap lahan terbangun	X9 : Jarak terhadap pusat pendidikan

Persamaan regresi di atas belum diketahui nilai probabilitas perubahan lahan sawah menjadi lahan non sawah dari setiap piksel penggunaan lahan. Hal ini karena Y (logit perubahan) merupakan rasio antara kemungkinan terjadi perubahan dengan kemungkinan tidak terjadinya perubahan. Oleh karena itu, peta yang diperoleh dari analisis regresi logistik biner dilakukan perhitungan kembali dengan persamaan di bawah ini agar diperoleh peta probabilitas lokasi perubahan.

$$Probabilitas\ Perubahan = \exp \frac{(\logit\ perubahan)}{1 + (\logit\ perubahan)} \quad (7)$$

4.3.2 Validitas Model Regresi Logistik Biner

- Odds Ratio* = 2,8246
Nilai *Odds Ratio* > 1 berarti bahwa persamaan regresi logistik biner yang dihasilkan dapat diterapkan untuk melakukan prediksi perubahan lahan sawah.
- Indeks Kappa = 0,4562
Indeks Kappa dengan nilai 0,4562 menurut klasifikasi Landis dan Koch (1997, dalam Susilo, 2005) termasuk kategori Moderate Agreement.
- ROC = 0,7307
Hal ini berarti terdapat hubungan yang cukup tinggi antara perubahan lahan sawah menjadi lahan non sawah (variabel dependen) dengan parameter perubahan lahan sawah (variabel independen).

4.3.3 Pengaruh Faktor Pendorong Perubahan

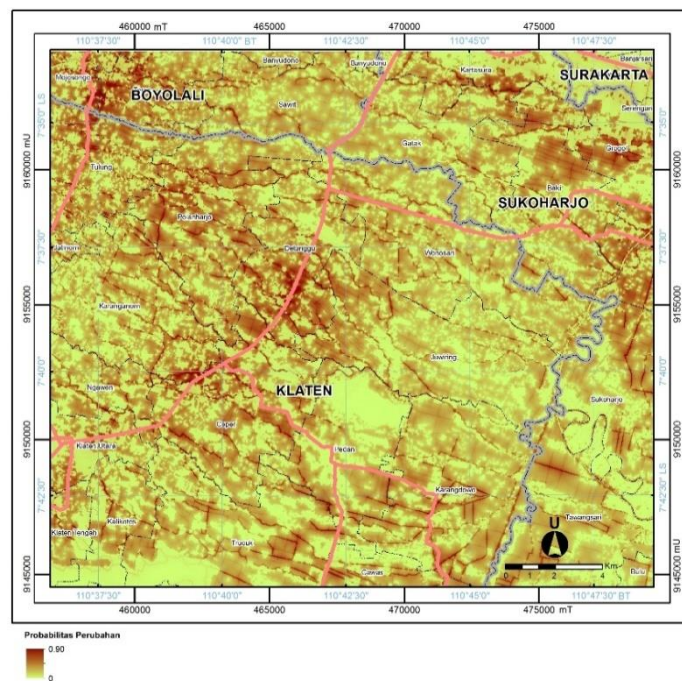
Penggunaan faktor pendorong memberikan pengaruh yang berbeda-beda terhadap perubahan lahan sawah menjadi lahan non sawah di Klaten dan sekitarnya yang ditunjukkan oleh koefisien regresi. Semakin besar koefisien regresi suatu variabel independen maka variabel independen tersebut memberikan pengaruh yang besar pula terhadap perubahan lahan sawah. Berdasarkan hasil regresi logistik biner terdapat 2 variabel

yang berpengaruh paling besar yaitu jarak terhadap lahan terbangun eksisting dan jarak terhadap pusat industri, yang dibuktikan dengan nilai koefisien regresi berturut-turut sebesar 3,2159558 dan -3.3638447. Sedangkan, variabel yang memberikan pengaruh paling rendah adalah jarak terhadap pusat pendidikan.

Koefisien regresi bernilai positif dan negatif mempunyai arti yang berbeda. Apabila koefisien regresi bernilai positif berarti bahwa semakin besar nilai variabel independen maka semakin besar pula probabilitas perubahan lahan sawah menjadi lahan non sawah. Begitu sebaliknya, apabila nilai koefisien regresi bernilai negatif berarti semakin kecil nilai variabel independen maka semakin besar probabilitas perubahan lahan sawah menjadi lahan non sawah.

4.3.4 Probabilitas Lokasi Transisi

Pemodelan regresi logistik biner, selain menghasilkan nilai-nilai statistik juga menghasilkan suatu peta, yaitu peta probabilitas lokasi perubahan lahan sawah tahun 2002-2008. Peta probabilitas perubahan yang dihasilkan memiliki rentang nilai 0 – 0,90. Sebaran probabilitas transisi ditunjukkan pada Gambar 5 di bawah.



Gambar 5. Sebaran Probabilitas Perubahan Lahan Sawah menjadi Lahan Non Sawah

Berdasarkan Gambar 5 di atas, dapat diketahui bahwa probabilitas perubahan cukup menyebar di seluruh wilayah penelitian, tetapi paling besar terdapat di wilayah-wilayah sekitar jalur utama Jogja-Surakarta.

4.4 Pemodelan Cellular Automata Prediksi Lahan Sawah 2014

Pemodelan *Cellular Automata* membutuhkan matriks area transisi sebagai penentu nilai probabilitas luasan perubahan. Matriks ini diperoleh dari model Markov berdasarkan peta lahan sawah 2002 dan 2008 untuk prediksi 2014. Pemodelan perubahan lahan sawah dengan *Cellular Automata* dilakukan pada berbagai skenario berdasarkan input *transition suitability image* dan *neighborhood* yang digunakan. Berikut ini merupakan skenario yang dimaksud.

Skenario I (CA-Regesi Logistik Biner)

Base Land Cover:

- Peta lahan sawah dan non sawah 2008

Matriks Area Transisi:

- Dari model Markov

Transition Suitability Image:

- Peta probabilitas lokasi perubahan berdasarkan hasil dari penambahan data

Skenario II (CA-Markov)

Base Land Cover:

- Peta lahan sawah dan non sawah 2008

Matriks Area Transisi:

- Dari model Markov

Transition Suitability Image:

- Peta probabilitas lokasi perubahan berdasarkan hasil dari model Markov

spasial lain melalui model regresi
logistik biner

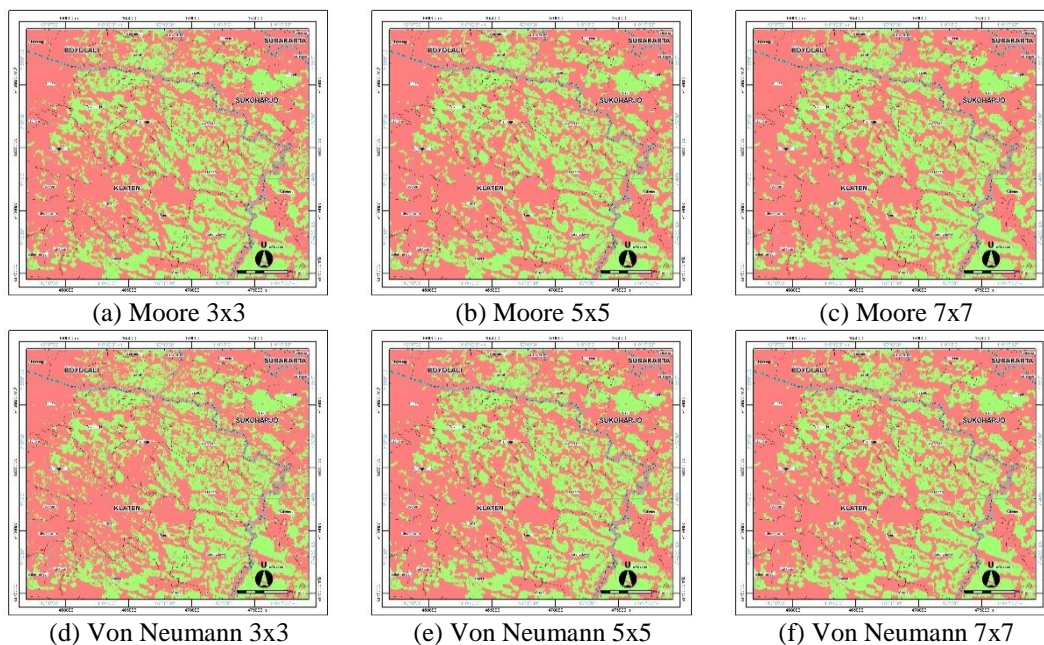
Neighborhood:

- Moore 3x3, 5x5, dan 7x7
- Von Neumann 3x3, 5x5, dan 7x7

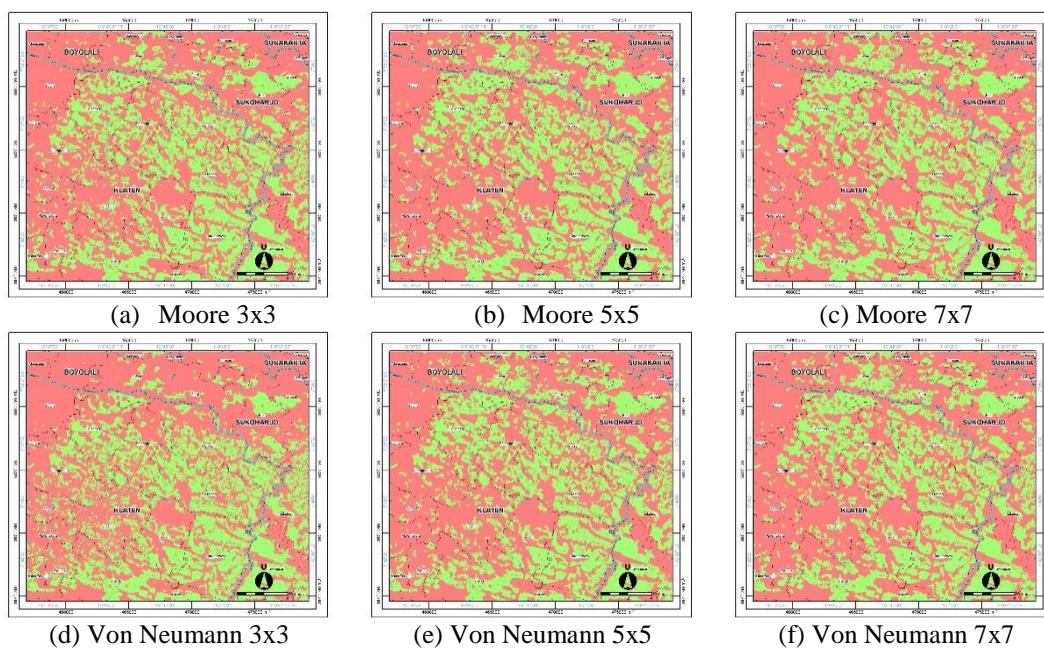
Neighborhood:

- Moore 3x3, 5x5, dan 7x7
- Von Neumann 3x3, 5x5, dan 7x7

Gambar 6 dan Gambar 7 berikut ini merupakan hasil pemodelan CA berdasarkan skenario di atas.



Gambar 6. Hasil Pemodelan CA-Regresi Logistik Biner



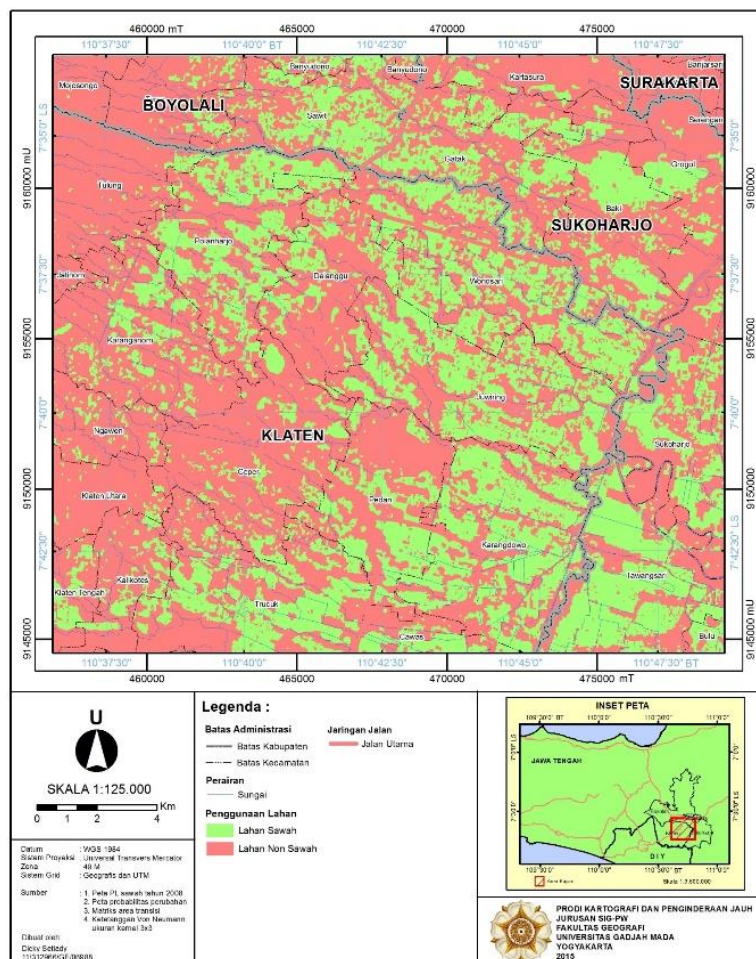
Gambar 7. Hasil Pemodelan CA-Markov

Setiap model yang dihasilkan kemudian dilakukan uji akurasi berdasarkan sampel-sampel lapangan untuk mengetahui perbedaan akurasi antara CA-Regresi Logistik Biner dan CA-Markov. Tabel 3 di bawah ini menunjukkan hasil uji akurasi.

Tabel 3. Rekapitulasi *Overall Accuracy* dan Indeks Kappa Model 2014

Skenario	Kernel	<i>Overall Accuracy (%)</i>		Indeks Kappa	
		Moore	Von Neumann	Moore	Von Neumann
CA-Regresi Logistik Biner	3x3	85,38	86,15	0.27683	0.27470
	5x5	83,08	83,08	0.27470	0.27039
	7x7	83,08	83,08	0.27470	0.27470
CA-Markov	3x3	80.77	83.85	0.28107	0.28107
	5x5	79.23	80.77	0.27683	0.27683
	7x7	78,46	82,31	0.27896	0.28107

Secara keseluruhan dari hasil uji akurasi model terdapat perbedaan akurasi antara pemodelan CA-Regresi Logistik Biner dan pemodelan CA-Markov. Dapat dilihat pada akurasi dengan ketetanggaan Von Neumann 3x3, dimana untuk model CA-Regresi Logistik Biner memiliki akurasi sebesar 86,15%, sedangkan untuk model CA-Markov memiliki akurasi sebesar 83,85%. Dengan demikian, berarti penggunaan data spasial lain yang digunakan sebagai faktor pendorong perubahan (variabel independen) dalam penentuan probabilitas lokasi perubahan lahan sawah memberikan pengaruh yang cukup besar terhadap model yang dihasilkan. Perubahan lahan sawah pada model prediksi akan mempertimbangkan keberadaan variabel-variabel penentu perubahannya, yang secara tidak langsung terdapat pada peta probabilitas lokasi perubahan hasil model regresi logistik biner. Sedangkan pada model CA-Markov hanya berdasarkan pada peta penutup/penggunaan lahan, tanpa memperhatikan faktor lain yang juga berpengaruh terhadap perubahan lahan sawah.



Gambar 8. Prediksi Penggunaan Lahan Sawah dan Non Sawah Klaten dan Sekitarnya Tahun 2014
(Berdasarkan model CA-Regresi Logistik Biner dengan Ketetanggaan Von Neumann 3x3)

5. KESIMPULAN

Penggunaan data spasial lain (aksesibilitas, lahan terbangun eksisting, pusat kegiatan, dan sungai) memberikan pengaruh terhadap perubahan lahan sawah dan akurasi model CA untuk prediksi lahan pertanian sawah sebagian Kab. Klaten dan sekitarnya tahun 2014, dimana akurasi yang dihasilkan adalah sebesar 86,15% dengan indeks kappa 0,2747. Hasil ini lebih tinggi dibandingkan dengan model CA tanpa faktor pendorong perubahan (CA-Markov), dimana akurasinya hanya <84%.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih penulis ucapkan kepada PUSPICS UGM dan juga kepada Drs. Projo Danoedoro, M.Sc, Ph.D yang telah memberikan bimbingan untuk penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Susilo, Bowo. 2005. Model SIG-Binary Logistic Regression Untuk Prediksi Perubahan Penggunaan Lahan (Studi Kasus di Daerah Pinggiran Kota Yogyakarta). *Tesis*. Bandung: Teknik Geodesi dan Geomatika, Institut Teknologi Bandung.
- Susilo, Bowo. 2006. Geokomputasi Berbasis Sistem Informasi Geografi dan Cellular Automata untuk Pemodelan Dinamika Perubahan Penggunaan Lahan di Daerah Pinggiran Kota Yogyakarta. *Laporan Penelitian*. Yogyakarta: Fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada.
- Wijaya, M. S. 2012. Integrasi Model Spasial Cellular Automata dan Regresi Logistik Biner untuk Pemodelan Dinamika Perkembangan Lahan Terbangun (Studi Kasus Kota Salatiga). *Skripsi*. Yogyakarta: Fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada.

PEMETAAN POTENSI KEKERINGAN MENGGUNAKAN *TOPOGRAPHIC WETNESS INDEX (TWI)* DAN *TASSELED CAP* LANDSAT 8 DI KECAMATAN PUJUT, KABUPATEN LOMBOK TENGAH

Intan Khaeruli F¹, Atika Cahyawati¹, Defa Herdianta S¹, Fajar Dewangga¹, Akbar Cahyadhi Pratama Putra¹, Basuki Rakhmat¹, dan Nur Ramadhan Bayu¹

¹Prodi Kartografi dan Penginderaan Jauh, Fakultas Geografi UGM, Sekip Utara, Sleman, Yogyakarta 55281
Email: intankulifathilda@gmail.com, atikacahyawati@gmail.com, defasaputra@gmail.com, fajar.dewangga@mail.ugm.ac.id

*Corresponding author: intankulifathilda@gmail.com

ABSTRAK

Kecamatan Pujut di Kab. Lombok tengah merupakan salah satu wilayah yang kerap mengalami kekeringan. Kekeringan yang terjadi pada lahan pertanian menyebabkan lahan-lahan di wilayah ini sulit ditumbuhi tanaman dan berdampak pada gagal panen. Pemetaan potensi kekeringan pertanian di kec. Pujut, kab. Lombok tengah didukung dengan menggunakan analisis medan dengan algoritma *topographic wetness index (TWI)* yang mempertimbangkan akumulasi aliran sungai dan kemiringan lereng. Transformasi *tasseled cap* citra Landsat 8 juga digunakan untuk mengetahui persebaran kebasahan lahan secara multitemporal. Penelitian ini menggunakan parameter fisik seperti bentuk lahan maupun penggunaan lahan. Bentuklahan merujuk pada kekeringan geomorfologis yang juga mencakup pada kemiringan lereng dan tekstur tanah. Lahan basah merupakan lahan yang selalu tergenang air seperti embung ataupun waduk. Lahan tidak kering menunjukkan lahan tersebut normal pada musim kemarau, kelas rendah adalah lahan dengan kekeringan rendah sehingga panen padi sekali, kelas sedang adalah lahan dengan kekeringan tingkat kekeringan sedang pada musim kemarau dimana hanya tanaman yang memiliki perakaran kuat yang dapat tumbuh, dan kelas tinggi menunjukkan lahan tersebut sulit ditumbuhi tanaman.

KATA KUNCI: Kekeringan, *Tasseled Cap*, *Topographic Wetness Index*

1. PENDAHULUAN

Posisi geografis Indonesia berada diantara Benua Asia dan Benua Australia, Samudra Hindia dan Samudra Pasifik serta terletak pada sekitar garis khatulistiwa menyebabkan Indonesia mengalami iklim monsoon tropis yang sangat sensitif terhadap anomali iklim ENSO (El-Nino Southern Oscillation) (Puspitorukmi, 2014). Jika suhu permukaan air laut di Pasifik Ekuator bagian tengah dan timur menghangat (El-Nino), maka menyebabkan terjadinya kekeringan.

Provinsi Nusa Tenggara Barat (NTB) merupakan salah satu wilayah yang berada di zona peralihan musim monsoon tropis tersebut. Hal ini menyebabkan adanya perbedaan lamanya musim kering dan musim basah. Musim kering di daerah NTB khususnya di bagian Selatan mengalami musim kering yang lebih lama jika dibandingkan dengan musim basah. Penyimpangan musim tersebut menimbulkan fenomena kekeringan. Kekeringan merupakan fenomena yang biasa terjadi di Indonesia, akan tetapi dampak yang ditimbulkan cukup besar dalam bidang pertanian. Kekeringan pertanian di wilayah NTB tersebut menyebabkan terjadinya gagal panen pada tahun 2014 (Dinas Pertanian, 2014). Jumlah kejadian kekeringan pertanian di NTB didominasi di Kabupaten NTB tercatat 10 kejadian kekeringan pertanian. Hal inilah yang mendasarkan dilakukannya identifikasi besarnya potensi kekeringan pertanian di Kabupaten Lombok Tengah, khususnya di Kecamatan Pujut.

Kekeringan yang dikaji dalam hal ini merupakan kekeringan yang berhubungan dengan kurangnya lengas tanah (kandungan air dalam tanah) sehingga tidak mampu memenuhi kebutuhan tanaman tertentu pada rentang waktu tertentu dalam kondisi wilayah yang luas. Pemanfaatan data penginderaan jauh secara *time-series* dapat digunakan untuk mengkaji karakteristik kondisi daerah yang mengalami kekeringan pertanian tersebut secara spasial. Pemanfaatan penginderaan jauh tersebut dapat menghemat dari sisi waktu dan biaya. Selain itu, identifikasi potensi kekeringan pertanian dapat dilakukan dengan menggunakan pendekatan kondisi geomorfologis dan meteorologis untuk menentukan karakteristik kebutuhan hidup tanaman.

Metode pengkajian kekeringan pertanian dalam penelitian ini adalah dengan menggunakan transformasi tasseled-cap dan algoritma topographic wetness index (TWI). Data satelit Landsat 8 OLI dapat digunakan untuk menduga besarnya kelengasan tanah dengan transformasi tasseled-cap sehingga dapat menentukan daerah yang berpotensi kekeringan. TWI digunakan untuk mengidentifikasi kekeringan pertanian dengan melihat akumulasi aliran permukaan dilihat dari kondisi topografi dan curah hujan. Jika semakin sedikit air terakumulasi aliran permukaan maka semakin kecil potensi kekeringan. Agar memperkuat hasil mengenai potensi kekeringan yang ada maka kedua pendekatan tersebut di atas diintegrasikan dengan menggunakan parameter fisik lahan. Parameter fisik yang digunakan adalah bentuklahan, penggunaan lahan dan kadar lempung di wilayah Kecamatan Pujut. Dengan demikian perlu adanya pemetaan potensi kekeringan, karena untuk membantu pemerintah dalam pemberian distribusi bantuan dan distribusi mengenai sebaran secara spasial kekeringan pertanian di kecamatan pujut, kabupaten Lombok tengah.

1.1 Tujuan dan Manfaat

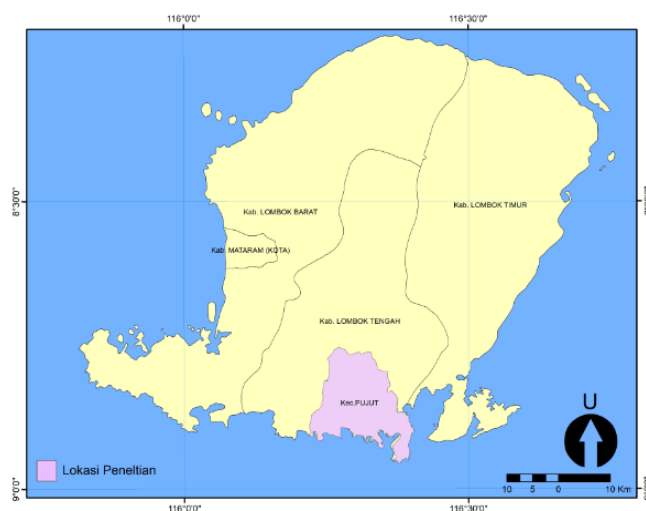
Penelitian yang diangkat ini bertujuan untuk:

- 1) Mengetahui tingkat kekeringan lahan yang juga berdampak pada tanaman pertanian.
- 2) Mengetahui distribusi spasial kekeringan lahan akibat kondisi lengas tanah di kecamatan pujut, kabupaten lombok tengah.
- 3) Mengidentifikasi hubungan antara TWI, bentuklahan dan penggunaan lahan untuk kajian kekeringan.

Manfaat dari hasil penelitian dan tema penelitian yang diangkat ini adalah memberikan kontribusi dengan memanfaatkan analisis penginderaan jauh dan SIG terkait pemecahan masalah kekeringan dan hasil dari penelitian ini berperan untuk menjadikan rekomendasi bagi pemerintah berbagai informasi kekeringan pada kondisi lengas tanah di kecamatan pujut, kabupaten Lombok tengah.

2. DAERAH KAJIAN

Penelitian ini dilakukan di daerah Indonesia bagian tengah yang ada pada Pulau Lombok. Pulau Lombok masih termasuk dalam Provinsi Nusa Tenggara Barat dan spesifik kajian mengambil pada kecamatan Pujut terletak pada sisi selatan pulau. Ukuran wilayah kajian disesuaikan dengan data penginderaan jauh yang digunakan pula dengan resolusi spasial 30m. Area kajian kecamatan Pujut memiliki history kejadian kekeringan pada tahun-tahun sebelumnya hingga merugikan produksi lahan pertanian dan kekurangan air bersih. Selain itu wilayahnya merupakan daerah transisi antara basah dan kering. Hal inilah yang menyebabkan pemilihan lokasi berada di kecamatan Pujut



Gambar 1. Daerah Penelitian

3. DATA DAN METODE

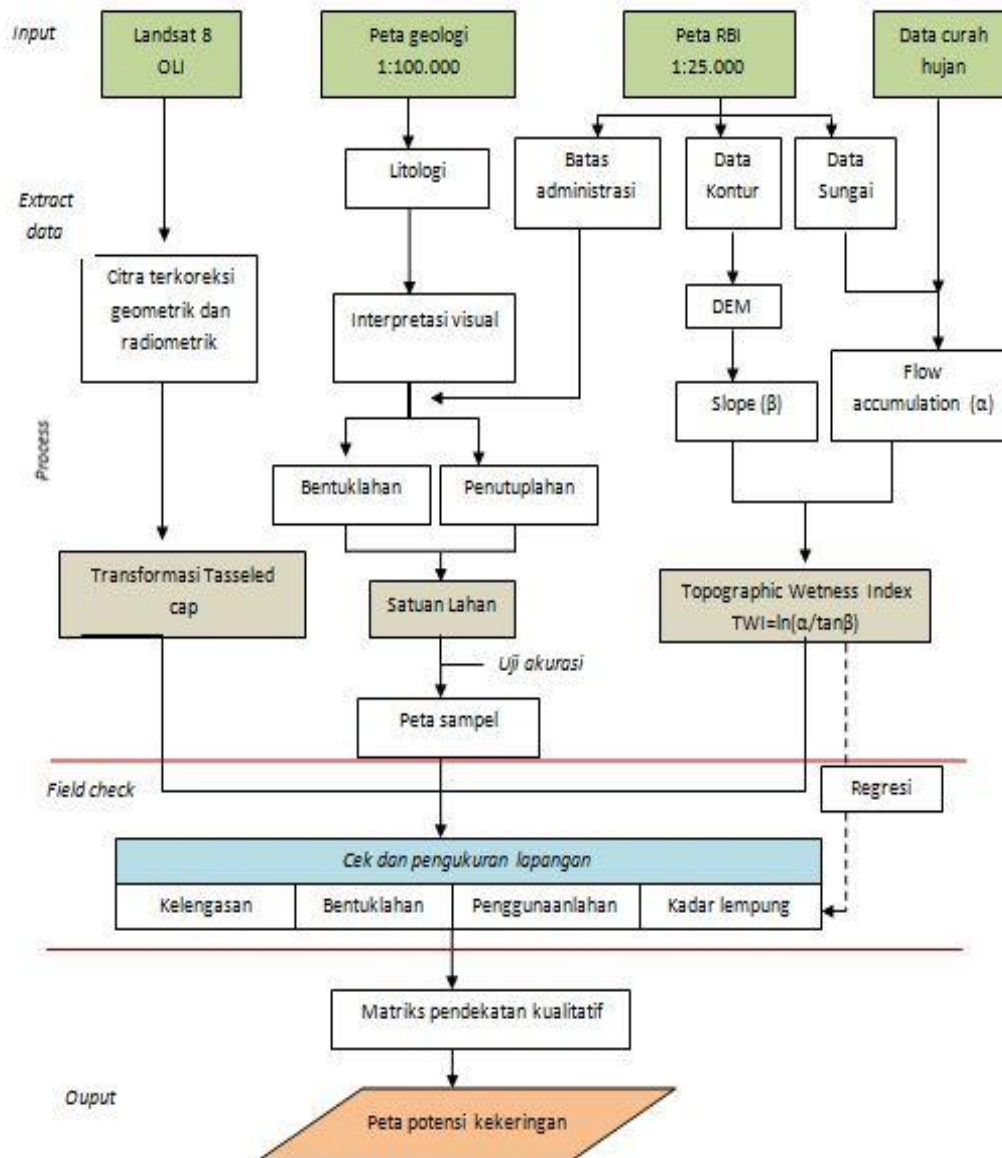
3.1 Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah citra Landsat 8 OLI resolusi 30 m. Selain citra penginderaan jauh data yang diperlukan adalah data sekunder pada peta RBI skala 1: 25.000 dan peta geologi skala 1:100.000 didukung pula pada data curah hujan untuk daerah kajian. Data penginderaan jauh tersebut diekstraksi informasi data yang diperlukan untuk kemudian diolah kembali menghasilkan data baru. Hal tersebut

dilakukan pada peta RBI untuk mendapatkan data ketinggian (kontur), sebaran sungai, dan batas administrasi wilayah kajian serta peta Geologi untuk mengetahui jenis litologi yang ada pada wilayah kajian. Data ketinggian dengan garis kontur dibentuk menjadi data DEM dan diturunkan informasinya menjadi data slope yang digabungkan dengan data sungai dan curah hujan untuk membentuk akumulasi aliran (*Flow accumulation*). Data slope dan akumulasi aliran diolah untuk membentuk TWI (*Topographic Wetness Index*). Citra Landsat 8 OLI perlu dikoreksi radiometric dan geometric dalam kajian ini karena akan dapat mempengaruhi hasil. Interpretasi visual dengan citra Landsat 8 dilakukan untuk mengetahui penutup dan penggunaan lahan yang ada pada rentang waktu kajian ini serta dilakukan transformasi Tasseled cap.

3.2 Metode

Alur pengolahan data Tasseled cap dan TWI untuk potensi kekeringan wilayah adalah sebagai berikut:



Gambar 2. Diagram Alir

3.2.1 Transformasi Tasseled Cap

Pengolahan citra digital yang dilakukan adalah tasseled cap. Tasseled cap merupakan transformasi citra dengan menalukan penajaman citra. Hal tersebut digunakan untuk mempermudah interpretasi dengan melakukan visualisasi pada piksel citra. Transformasi tasseled cap memiliki formula tersendiri bagi tiap sensor satelit. Perubahan visual pada citra dengan transformasi tersebut mengatur pada nilai *Brightness value* (BV) dan nilai lainnya yang terkandung dalam formula tasseled cap. Sehingga hasilnya matriks piksel citra memiliki nilai baru yang berhubungan dengan transformasi *Tasseled cap*. Transformasi *Tasseled Cap* awalnya dikembangkan

dan diuji pada data citra untuk aplikasi dalam bidang pertanian. Sebagai salah satu indeks vegetasi transformasi *Tasseled Cap* yang dikembangkan oleh Kauth dan Thomas (1976) dalam Jensen, (1986) menggunakan *band-band* pada citra Landsat *Multispectral Scanner* (MSS).

Transformasi *Tasseled Cap* mempunyai beberapa keunggulan untuk digunakan dalam studi ini, yaitu:

1. Transformasi *Tasseled Cap* menyediakan informasi yang baik untuk daerah pertanian sebab dapat memberikan pemisahan area vegetasi pada lahan kering dan lahan basah.
2. Transformasi *Tasseled Cap* digunakan pada daerah dimana gangguan atmosfer sangat besar, misalnya kabut, awan, dan bayangan awan.

Selain itu juga Transformasi *Tasseled Cap* dalam Crist dan Cicone (1984) merupakan alat yang berguna untuk mendefinisikan data spektral citra dalam beberapa *band* berhubungan dengan karakteristik fisik obyek di permukaan bumi

Formula yang dikembangkan Kauth dan Thomas dalam Ketut Wikantika dan Ari Agus S.S, (2006). terdiri atas empat bagian, yaitu:

<i>Soil Brightness</i>	: menunjukkan tingkat kecerahan dari obyek-obyek citra terutama pada deteksi tanah.
<i>Green Vegetation</i>	: menunjukkan tingkat kehijauan vegetasi baik untuk pengamatan pertumbuhan vegetasi
<i>Yellow Stuff</i>	: menunjukkan tingkat kekuningan pada vegetasi atau untuk pengamatan tingkat Stress tanaman maupun tanaman yang telah mati
<i>Non-such</i>	: digunakan untuk mengetahui efek atmosfer pada citra

3.2.2 Topographic Wetness Index (TWI)

Selain menggunakan transformasi citra tasseled cap ,untuk mendukung kekeringan digunakan pula algoritma *Topographic Wetness Index* (TWI) atau sering dikenal dengan *Compound Topographic Index* (CTI), didasarkan pada asumsi topografi yang mengontrol pergerakan air di suatu medan pada lokasi dan ukuran kejenuhan sumber area limpasan. TWI adalah indeks kebasahan topografi yang dapat mengukur kontrol topografi lokal selama proses hidrologi dan menunjukkan distribusi spasial kelembaban tanah dan saturasi permukaan (Qin, 2009). TWI dapat mengkuantifikasi pengaruh topografi pada limpasan dan berfungsi sebagai indeks berbasis fisik mendekati lokasi zona kejenuhan permukaan dan distribusi spasial air tanah (Beven & Kirkby, 1979). Menurut Güntner (2004), perhitungan TWI biasanya didasarkan pada grid DEM dan nilai TWI pada suatu titik dihitung sebagai berikut :

$$TWI = \ln A/\tan B \quad (1)$$

dimana :

TWI	:nilai indeks kebasahan topografi
A	:area yang memberikan kontribusi luas per satuan panjang kontur
B	:kemiringan area lokal untuk mencerminkan drainase lokal (dalam derajat)

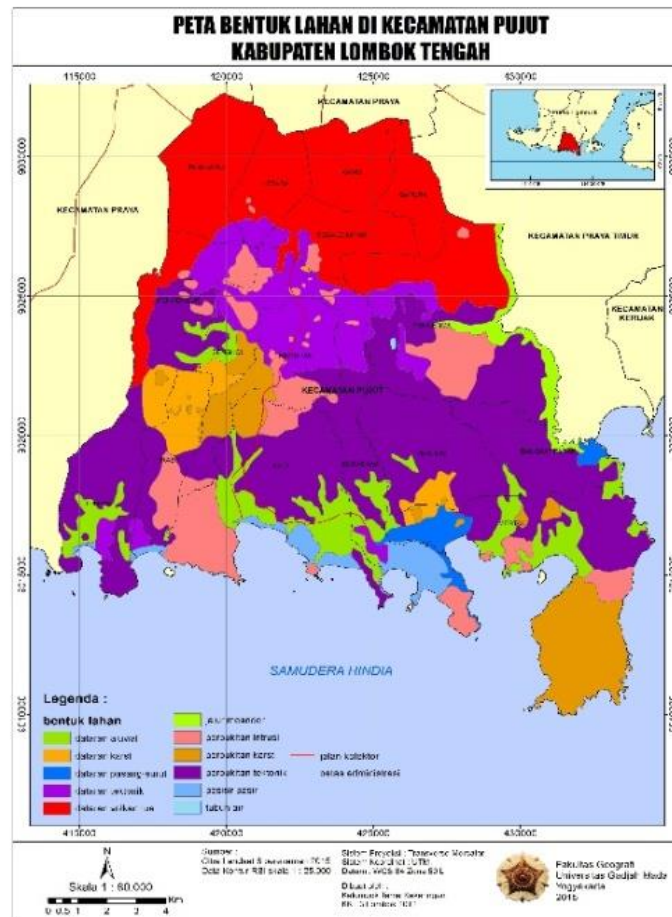
Indeks TWI setidaknya memiliki beberapa keterbatasan yaitu arah aliran diasumsikan dalam kondisi *steady state* yang artinya aliran air bawah permukaan adalah tetap pada setiap perhitungan seluruh area kontribusi (debit dan arah aliran tetap), tingkat pengisian air ke dalam tanah dianggap seragam disetiap titik. Kemiringan lereng sama dengan kemiringan muka air tanah yang berarti kemiringan lereng permukaan dapat digunakan untuk perhitungan arah aliran bawah permukaan, konduktivitas hidrolis jenuh tanah fungsi eksponensial kedalaman, dan pada salah satu persamaan TWI mengasumsikan keseragaman kandungan tanah khususnya transmisifitas.

Terdapat hubungan antara kelembaban tanah dengan TWI. Factor-faktor yang mempengaruhi pada hubungan tersebut adalah: (1) sifat kandungan tanah, (2) akurasi vertical dari data DEM, (3) perhitungan kemiringan lereng, (4) kontribusi yang diberikan dari algoritma DEM dan aliran permukaan, (5) kehalusan hasil TWI (Buchanan et al,2014).

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Kekeringan pertanian merupakan akibat dari kekeringan meteorologis dan kekeringan geomorfologis. Hal ini karena pada area kajian memiliki besar curah hujan yang tergolong rendah serta diikuti dengan kondisi geomorfologi yang tidak mampu menampung cadangan air yang cukup. Kecamatan Pujut memiliki rata-rata curah hujan antar 1000 mm/th hingga 1300 mm/th, dalam hal ini berdasarkan klasifikasi menurut Irianto (1998), dikatakan kering jika curah hujan kurang dari 1500 mm/th. Oleh karena itu, Kecamatan Pujut diasumsikan memiliki persebaran hujan yang merata dan masuk dalam klasifikasi kering. Secara geomorfologis Kecamatan

pujut memiliki kondisi bentuklahan yang bervariasi diantaranya bentuklahan vulkanik dengan sub satuan dataran volkan tua dan perbukitan intrusi. Kemudian bentuklahan struktural dengan sub satuan perbukitan tektonik dan, dataran tektonik. Selain itu untuk bentuklahan fluvial berupa dataran alluvial dan jalur meander sungai. Sedangkan untuk bentuklahan marin berupa pesisir pasir dan dataran pasang surut yang berada diantara fluvial dan marin (fluvio-marin). Masing-masing bentuklahan memiliki karakteristik dalam menentukan tingkat kekeringan.



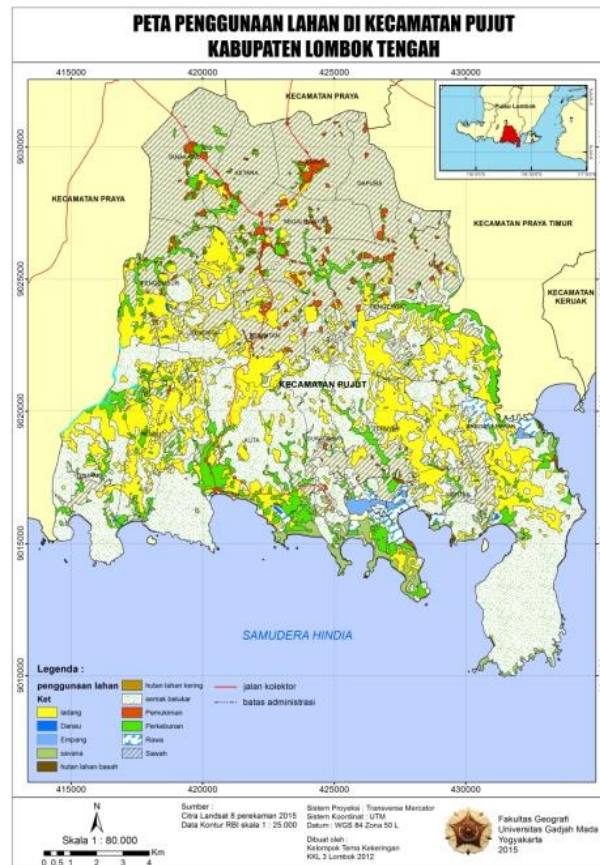
Gambar 3. Peta Bentuklahan

Parameter bentuklahan diklasifikasikan menjadi 4 kelas, kelas I menunjukkan bentuklahan yang memiliki harkat tertinggi terhadap kondisi kekeringan. Bentuklahan yang masuk dalam kategori kelas I yakni perbukitan tektonik dan pesisir pasir. Perbukitan tektonik yang merupakan hasil dari proses tektonik memiliki kondisi litologi yang bermaterial dominan breksi dengan diselingi batu gamping, mineral sulfida, dan urat kuarsa. Sehingga kenampakan pada bentuklahan perbukitan tektonik tampak kering, dan didominasi oleh vegetasi semak belukar maupun tanaman-tanaman liar berakar serabut. Solum tanah nya sangat tipis di bagian bukit-bukitnya sehingga banyak lahan yang tidak bisa dimanfaatkan untuk pertanian serta terlihat banyak singkapan batuan.

Bentuklahan perbukitan karst, perbukitan intrusi, dataran karst, dataran karst dikategorikan ke dalam kelas II. Bentuklahan tersebut memiliki karakteristik yang berpotensi menyebabkan kekeringan, namun tidak sebesar pada kelas I sebelumnya. Pada bentuklahan tersebut sudah tampak penggunaan lahan yang cukup bervariasi seperti tegalan, sawah tadah hujan pada dataran tektonik sampai dengan hutan lahan kering yang merupakan kawasan konsevasi hutan jati milik Kementrian Kehutanan. Tegalan, sawah tadah hujan, maupun jati merupakan penciri tanaman kekeringan. Hutan lahan jati termasuk dalam tanaman yang mampu bertahan dengan kondisi air yang minim.

Kelas III berupa bentuklahan dataran volkan tua. Dataran volkan tua di Kecamatan pujut merupakan hasil dari material volkan dan campuran gamping, sehingga kandungan lempung nya merupakan percampuran velspar dan monmorilonit. Pada bentuklahan ini didominasi oleh pemanfaatan lahan sawah dan beberapa kebun campuran. pada area ini kondisi kekeringannya hanya pada saat musim kemarau, dikarenakan kondisi lengas tanah yang tidak mencukupi untuk pertumbuhan tanaman pertanian terutama padi yang memang membutuh air

yang cukup banyak dibandingkan dengan tanaman pertanian lainnya. Selanjutnya untuk bentuklahan yang dikategorikan masuk dalam Kelas IV yakni dataran alluvial dan area/jalur disekitar meander sungai. Lahan yang berada di daerah tersebut tidak menunjukkan kondisi kering, dengan oenggunaan lahan berupa kebun dan sawah irigasi. Pada bentuklahan tersebut dilakukan pengukuran tekstur tanah yang menghasilkan persentase lempung sebesar >60% pada dataran alluvial, dan sekitar 0 – 20% pada jalur aliran sungai. Kondisi lengas tanah di kedua benuklahan tersebut adalah lembab hingga basah.



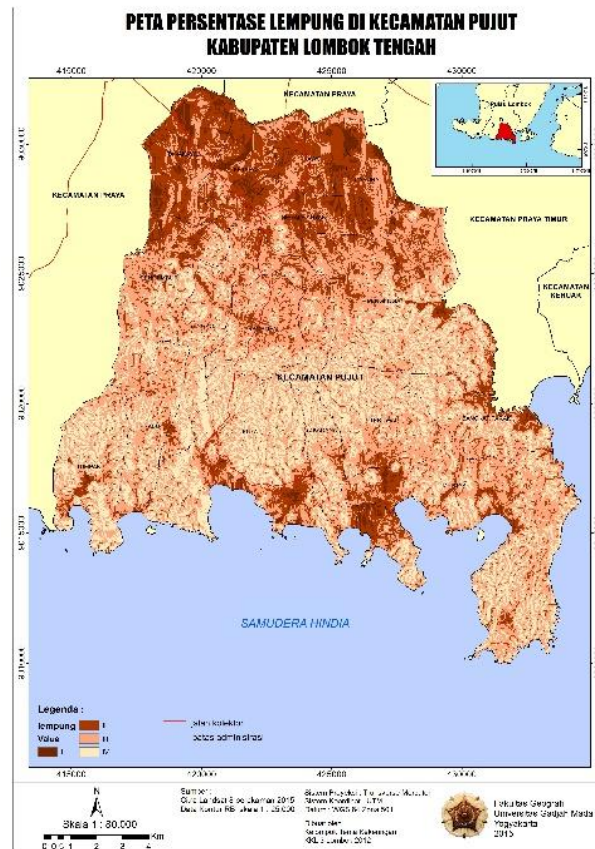
Gambar 4. Peta Penggunaan lahan

Berdasarkan peta penggunaan lahan dari kecamatan pujut terlihat adanya variasi macam penggunaan lahannya. Secara umum penggunaan lahan dominan terbagi menjadi 2 yaitu penggunaan lahan sawah dan semak belukar. Bagian utara dominan penggunaan lahan sawah yang hampir rata diselingi lahan perkebunan, ladang dan pemukiman. Batas penggunaan lahan antara bagian utara dengan selatan dapat terlihat jelas batas perbedaannya. Bagian selatan dominan pada lahan semak belukar, ladang, perkebunan, dan sawah. Lahan sawah di bagian utara yang dominan dan mengalami perkembangan lahan dan penggunaannya memiliki kaitan pada jenis bentuklahan yang ada. Selain itu gambaran penggunaan lahan dipermukaan dipengaruhi kondisi bawah permukaan. Sebagai contoh pada wilayah bagian utara dengan penggunaan lahan sawah memiliki kesesuaian lokasi dengan bentuklahan dataran volkan tua. Lahan sawah yang berada didaerah dataran dan memerlukan ketersediaan air yang tinggi ternyata didukung dengan jenis bentuklahan dibawahnya. Hal tersebut menyebabkan kandungan air pada tanah untuk menunjang pertumbuhan tanaman dibagian wilayah utara kecamatan pujut dapat tersedia cukup.

Berbeda dengan wilayah bagian selatan dengan penggunaan lahan semak belukar yang terdapat banyak di beberapa lokasi. Semak belukar dan ladang merupakan lahan dengan kebutuhan air yang sedikit. Keberadaan jenis lahan yang seperti ini dibagian selatan merupakan salah satu upaya untuk bertahan dari ketersediaan air yang rendah di tanah untuk pertumbuhan tanaman. Jenis lahan yang basah dib again selatan juga ditemui di beberapa tempat antara lain pada lahan sawah, rawa, embung, dan hutan lahan basah. Kondisi ketersediaan air yang didasarkan pada penggunaan lahan diatasnya berada terpencar. Namun, kondisi lahan basah tersebut pada musim kemarau juga mengalami kondisi kering pada ketersediaan air yang berkurang. Hal tersebut terjadi pada lahan rawa yang mengering sehingga yang tampak adalah tanah rawa yang kering. Lahan sawah pada musim kemarau akan berganti jenis tanaman yang ditanam pada lahan. Bentuklahan pada bagian ini terdapat banyak

variasi dibandingkan dengan bagian utara. Variasi bentuklahan tersebut juga terpencah di beberapa lokasi. Variasi dari penggunaan lahan juga terpencah dengan kondisi yang berbeda-beda.

Berbagai penggunaan lahan baik di bagian utara dan selatan memiliki kondisi yang berbeda-beda pada musim kemarau. Hal tersebut karena pada musim kemarau ketersediaan air untuk pertumbuhan tanaman akan semakin sedikit. Dampaknya ekspresi lahan dipermukaan pada penggunaan lahan akan berubah. Sebagai contoh adanya perubahan pola tanam pada jenis tanaman tertentu agar tetap produktif meski dalam kondisi kering. Kondisi dipermukaan didukung pula pada bentuklahan dibagian bawah tanah dalam menampung atau menangkap air sehingga berpengaruh untuk tanaman diatas permukaan pada lahan-lahan tertentu.

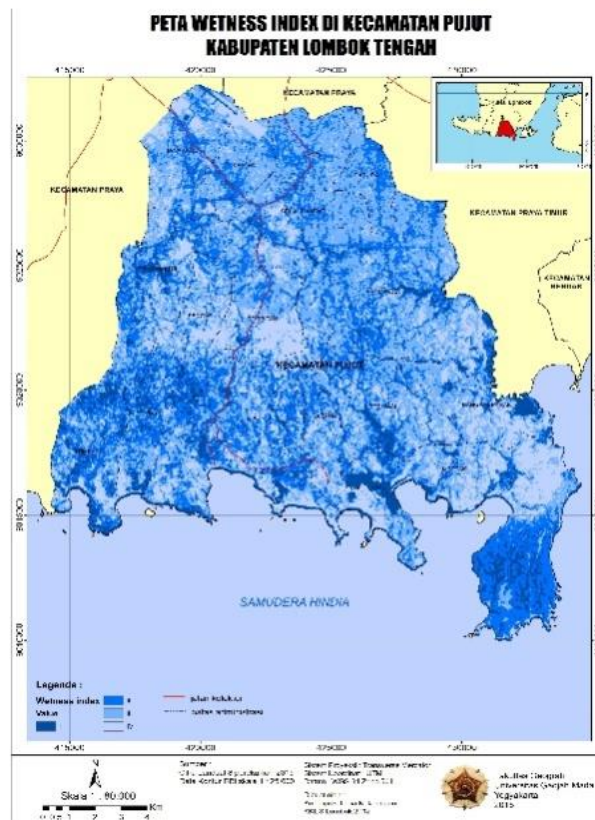


Gambar 5. Peta Presentase lempung

Hasil pengukuran lapangan berupa kadar lengas tanah dan tekstur tanah diregresikan dengan hasil dari pengolahan topographic wetness index. Topographic wetness index menggambarkan pergerakan air yang dipengaruhi oleh topografi dimana air akan terkumpul dan tergenang pada area-area tertentu. Namun informasi tersebut digunakan untuk mendukung asumsi bahwa daerah-daerah dataran atau dimana terbentuk akumulasi aliran yang banyak maka kadar lempung semakin meningkat. Hasil regresi tersebut akan menyajikan informasi baru berupa kadar lempung yang mana menggambarkan persentase lempung pada daerah kajian. Peta kadar lempung menunjukkan bahwa sebagian besar daerah di utara kecamatan Pujut memiliki persentase lempung yang lebih tinggi dibanding dengan daerah di bagian tengah dan selatan. Kadar lempung yang tinggi menggambarkan kemampuan tanah pada daerah tersebut dalam menjaga lengas tanah untuk tanaman lebih baik dibanding daerah dengan kadar lempung yang lebih rendah.

Penggunaan lahan juga berpengaruh pada kondisi kekeringan atau dalam hal ini juga dapat membantu dalam mengidentifikasi tingkat potensi kekeringan, seperti yang telah dijelaskan sebelumnya pada bagian bentuklahan perbukitan tektonik yang memiliki solum tipis dan dicirikan dengan penggunaan lahan berupa semak belukar dikarenakan kemungkinan tidak ada vegetasi lain yang mampu bertahan dalam kondisi solum tanah tipis dan kadar lengas yang sangat rendah. Kecamatan pujut di bagian selatan khususnya pada perbukitan tektonik tentunya memiliki lembah-lembah antar bukit. Pada lembah-lembah tersebut berdasarkan pada cek lapangan memiliki kandungan lempung yang lebih banyak dibandingkan dengan bukit di atasnya. Hal tersebut diakibatkan karena pengaruh gravitasi yang menyebabkan jatuhnya material ke area yang lebih rendah serta menyebabkan terkumpulnya air hasil dari akumulasi di atasnya sehingga kondisi lengas tanahnya pun lebih

tinggi dibandingkan dengan area di atasnya. Lembah-lembah tersebut oleh masyarakat dimanfaatkan untuk menanam jagung, singkong, tebu dan lain sebagainya.

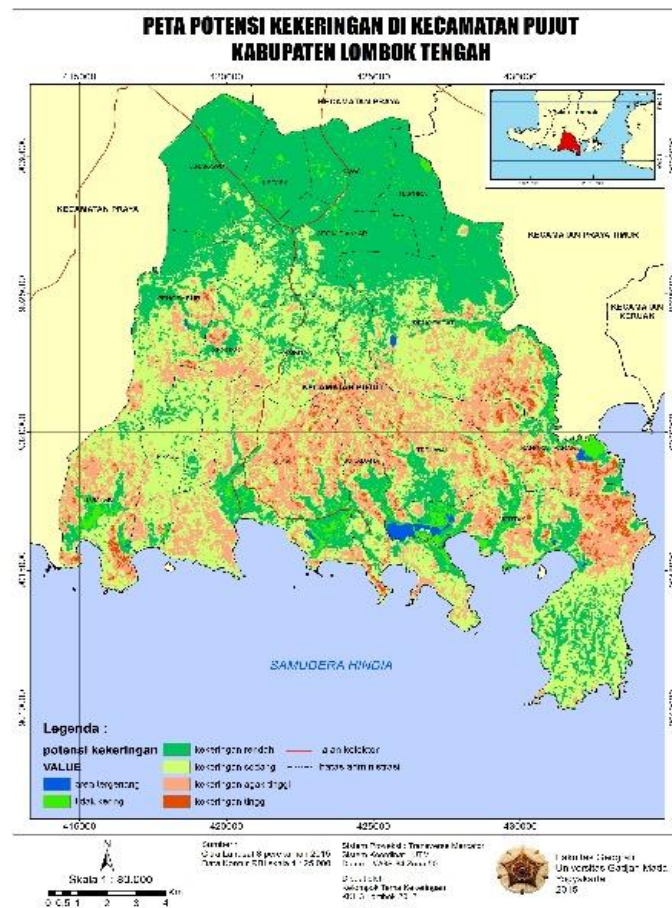


Gambar 6. Peta Wetness Index

Wetness Index atau indeks yang menunjukkan nilai kebasahan didapatkan dari transformasi Tasseled Cap landsat 8 juga digunakan untuk mengidentifikasi tingkat potensi kekeringan. Dalam hal ini, citra yang digunakan menggunakan citra Landsat 8 perekaman 3 November 2013 dengan anggapan bahwa pada bulan tersebut merupakan akhir dari musim kering, dimana kondisi lengas tanah mencapai puncak minimum dan banyak tanaman yang tidak mampu bertahan sehingga kenampakan terlihat didominasi sebagai lahan terbuka. Dari wetness index tersebut dapat dilihat persebaran kebasahan lahan secara spasial. Namun, wetness index tersebut memiliki kelemahan yakni nilai pada tiap pikselnya merupakan nilai kebasahan obyek-obyek penutup lahan sehingga tampak bias. Berdasarkan peta wetness index, nampak bahwa sebagian besar kecamatan Pujut memiliki nilai wetness yang rendah yang digambarkan dengan warna biru cerah. Persebaran nilai wetness yang rendah tersebut berada di kecamatan Pujut bagian tengah dan selatan. Warna biru gelap menunjukkan nilai wetness yang tinggi dimana pada kondisi sebenarnya dilapangan objek bernilai wetness tinggi tersebut merupakan tubuh air berupa rawa ataupun empang.

Sebaran potensi kekeringan yang didapatkan banyak terjadi dibagian tengah dari kecamatan Pujut dengan klasifikasi potensi kekeringan antara kekeringan sedang hingga kekeringan tinggi. kekeringan tinggi diwarnai dengan warna merah namun jumlahnya sangat sedikit sedangkan sebagian besar Lombok tengah bagian tengah dan selatan didominasi dengan tingkat kekeringan sedang yang berwarna hijau kekuningan dan tingkat kekeringan agak tinggi yang berwarna merah mudah. Akibatnya 4 desa di kecamatan Pujut berpotensi terjadi kekeringan yang terdiri dari Desa Sukadana, Desa Kuta, Desa Teruwai, dan Desa Rembitan. Selain itu sisi timur dari kecamatan Pujut yang berpotensi mengalami kekeringan agak tinggi dan kekeringan tinggi meliputi 2 desa pada Desa Bangkat Parak dan Desa Mertak serta sebagian daerah Desa Pengangat. Sisi barat terdapat pada Desa Tumpak yang mengalami potensi kekeringan tinggi dan hanya terdapat sebagian kecil dalam lingkungannya. Namun, dibagian utara potensi kekeringan dominan pada kelas tidak kering dan kekeringan rendah yang mencakupi 5 desa. Desa dengan tingkat potensi tidak kering dan kekeringan rendah terdiri dari Desa Tanakawu, Desa Ketara, Desa Kawo, Desa Gapura, dan Desa Segale anyar. Dalam peta tersebut terlihat daerah-daerah dengan warna hijau dan hijau muda yang merupakan daerah dengan tingkat kekeringan rendah dan tidak kering. Identifikasi potensi kekeringan yang terbagi menjadi beberapa kelas tersebut mempengaruhi pada jenis penggunaan lahan dan vegetasi yang ada. Hal tersebut terjadi pada kelas potensi kekeringan tidak kering dan kekeringan rendah yang ditemui banyak penggunaan lahan sawah, perkebunan, dan ladang dengan

vegetasi kerapatan tinggi. Potensi kekeringan rendah menunjukkan area lahan yang dapat bertahan hingga musim kemarau dan bila pada kelas tidak kering adalah pada lahan yang tidak mengalami kekeringan. Kelas potensi kekeringan sedang dan agak tinggi menunjukkan area lahan cukup sulit ditanami. Jenis tanaman yang dapat dikembangkan hanyalah tanaman-tanaman yang memiliki perakaran kuat. Tingkat kelas potensi kekeringan tinggi merupakan tingkatan kelas yang paling tinggi sehingga area lahan dengan kelas potensi ini akan sangat sulit bertahan dalam kondisi musim kemarau.



Gambar 7. Peta Potensi Kekeringan

5. KESIMPULAN

Kecamatan Pujut bagian tengah hingga ke selatan sebagian besar mengalami kekeringan dari tingkat sedang hingga tinggi. Tingkat kekeringan tersebut ditambah dengan kondisi topografi yang berbukit mengindikasikan bahwa kecamatan Pujut bagian tengah dan selatan cukup sulit untuk dijadikan lahan-lahan pertanian. Kecamatan pujut bagian utara memiliki potensi pertanian yang lebih baik karena tergolong kedalam tingkat kekeringan rendah.

Kondisi topografi serta bentuk lahan saling berhubungan dalam menggambarkan tingkat kekeringan. Kondisi topografi berbukit dengan bentuk lahan karst memiliki potensi kekeringan yang tinggi, bentuk lahan berupa dataran vulkanik memiliki tingkat kekeringan yang rendah. Akumulasi lempung pun juga tergolong tinggi pada daerah-daerah dataran sehingga mampu menahan air secara lebih baik dibanding bentuk lahan dengan topografi yang berbukit.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih merupakan hal yang sangat utama yang ingin kami sampaikan karena tanpa bantuan banyak pihak jurnal yang kami buat ini tidak akan selesai. Puji syukur kami haturkan atas rahmat serta petunjuk Allah SWT. Terima kasih kami sampaikan kepada segenap dosen yang telah memberikan dukungan baik moril serta keilmuan, panitia KKL 3/ Explore Lombok 2012 yang telah mengatur kegiatan lapangan

sehingga berjalan lancar , serta teman-teman KPJ 2012 Fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada yang telah bersama-sama saling mendukung satu sama lain untuk membantu kegiatan lapangan ini. kami akui masih banyak kesalahan dan kekurangan yang kami buat dalam menyusun jurnal ini dan kami berharap kedepan kami serta peneliti selanjutnya dapat menyusun penelitian secara lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Buchanan,B.P et al. 2014. Evaluating topographic wetness indices across central New York agricultural landscapes. *Journal Hydrology and Earth System Sciences*. (18) pp 3279-3299
- Beven,k. dan Kirby,N. (1997). A Physically Based Variable Contributing Area Model of Basin Hydrology: *Hydrological Science Bulletin* 24:43-69
- Crist, E.P. dan Cicone, R.C, (1984), Application of the Tasseled Cap Concept to Simulated Thematic Mapper Data. *Photogrametric Engineering and Remote Sensing* 50 (3):343-352.
- Guntner, A., Seibert, J., and Uhlenbrook, S.(2004), Modeling spatial patterns of saturated areas: an evaluation of different terrain indices, *Journal of Water Resour.*
- Irianto G., Sosiawan , H. dan Karama S. (1998) . Strategi pembangunan pertanian lahan kering untuk mengantisipasi persaingan global. *Prosiding Pertemuan Pembahasan dan Komunikasi Hasil Penelitian Tanah dan Agroklimat. Makalah utama*. Bogor 10-12 Februari 1998. Puslittanak , Bogor
- Jensen, J.R., (1986), *Introductory Digital Image Processing, A Remote Sensing Perspective*. Departement of Geography. University of South Carolina, Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey
- Kauth, R.J. and G.S. Thomas. (1976). "The tasseled Cap A Graphic Description of the Spectral-Temporal Development of Agricultural Crops as Seen by LANDSAT." *Proceedings of the Symposium on Machine Processing of Remotely Sensed Data*. Purdue University of West Lafayette, Indiana. pp. 4B-41 to 4B-51.
- Ketut Wikantika dan Ari Agus S.S (2006). Analisis Perubahan Luas Pertanian Lahan Kering Menggunakan Transformasi Tasseled Cap Studi Kasus : Kawasan Puncak – Jawa Barat. *Jurnal Infrastruktur dan Lingkungan Binaan* Volume II No. 1
- Puspitorukmi, Arum. (2013). *Kajian Geomorfologi Untuk Analisis Potensi Kekeringan Daerah Istimewa Yogyakarta*. Yogyakarta : Fakultas Geografi, UGM
- Qin, Chen-Zhi (2011). An Approach to contributing Topographic Wetness Index Based on Maximum Downslope Gradient. *Presicion Agric* 5: 32-43

REKOMENDASI PENGELOLAAN DAS MENGGUNAKAN CITRA ALOS AVNIR (STUDI KASUS: DAS KAYANGAN, KABUPATEN KULONPROGO)

Dian Prabantoro^{1*}, Nila Ratnasari¹ dan Erika Dwi Candra¹

¹ Prodi Kartografi dan Penginderaan Jauh, Fakultas Geografi UGM, Sekip Utara, Sleman, Yogyakarta 55281
Email: dian.prabantoro3@gmail.com, nila.ratnasari@mail.ugm.ac.id, erikadwic@gmail.com

*Corresponding author: dian.prabantoro3@gmail.com

ABSTRAK

Daerah aliran sungai meliputi semua wilayah yang dibatasi oleh topografi alami dimana didalamnya akan mencerminkan karakteristik proses hidrologi dan terdapat berbagai macam aktivitas manusia. Aktivitas manusia akan memberikan pengaruh negatif dan positif kepada sistem DAS dan dapat mencerminkan potensi hingga permasalahan. Analisis pengelolaan dilakukan di DAS Kayangan Kabupaten Kulonprogo. Penelitian ini bertujuan menganalisis dan permasalahan DAS melalui citra ALOS AVNIR. Berdasarkan hal tersebut dapat dianalisis perencanaan pengelolannya. Data yang digunakan meliputi Citra ALOS AVNIR, Peta RBI Sendangagung dan Wates, data curah hujan, Peta Kawasan, dan Peta RTRW. Pengolahan citra penginderaan jauh untuk mengekstraksi parameter penggunaan lahan, kemiringan lereng, batuan, tanah hingga morfologi DAS. Teknik overlay peta dilakukan untuk menggabungkan parameter terkait hingga dapat dianalisis menjadi Peta Arahan Penggunaan Lahan, Peta Pemanfaatan DAS, hingga Peta Rekomendasi Pengelolaan DAS. Peta RTRW dipaduserasikan dengan Peta Pemanfaatan Lahan untuk menentukan kesesuaiannya. Hasil identifikasi, DAS Kayangan memiliki potensi peruntukan kawasan lindung meliputi kawasan hutan produksi dan kawasan resapan. Rekomendasi pengelolaan DAS Kayangan diharapkan mampu mengurangi permasalahan seperti tanah longsor, erosi tebing sungai, sedimentasi hulu sungai dan pendangkalan sungai di sepanjang hulu hingga hilir sungai. Rekomendasi pengelolaan DAS Kayangan yang perlu dilakukan meliputi pengelolaan air, lahan, pemukiman dan vegetasi.

KATA KUNCI: Pengelolaan, Daerah Aliran Sungai, Alos AVNIR, Sistem Informasi Geografis, DAS Kayangan

1. PENDAHULUAN

Menurut Undang-Undang Nomor 26 Tahun 2007 Tentang Penataan Ruang, yang dimaksud dengan ruang adalah wadah yang meliputi ruang daratan, ruang lautan, dan ruang udara, termasuk ruang didalam bumi sebagai satu kesatuan wilayah tempat manusia dan makhluk lain hidup, melakukan kegiatan, dan memelihara kelangsungan hidupnya. Tata ruang merupakan wujud struktur ruang dan pola ruang, sedangkan penataan ruang adalah suatu sistem proses perencanaan tata ruang, pemanfaatan ruang, dan pengendalian pemanfaatan ruang. Saat ini hampir di semua daerah pada berbagai tingkat baik provinsi maupun kabupaten/kota telah membuat rencana tata ruang. Rencana tata ruang bersifat umum untuk menggambarkan keterkaitan antar kegiatan yang memanfaatkan ruang dan kebijakan mengenai kawasan yaitu kawasan budidaya, penyangga, dan lindung. Rencana tata ruang merupakan suatu rencana yang tak terpisahkan dari rencana pembangunan itu sendiri, yang tentunya harus dipadukan sesuai dengan tahap perencanaan, pelaksanaan maupun pengendaliannya (Wibowo, 2006).

Suatu pembangunan yang berkesinambungan perlu direncanakan cara maupun sistemnya agar sumberdaya dan lingkungan yang dikembangkan dapat tetap terjaga. Pembangunan yang kurang memperhatikan lingkungan dapat berakibat buruk seperti terjadinya kerusakan lingkungan dalam waktu singkat maupun dalam jangka yang lebih panjang. Saat ini, rencana tata ruang banyak disusun lebih cenderung diunggulkan pada segi kebutuhan ruang dan nilai ekonomis sehingga nilai-nilai lingkungan sering terabaikan. Kawasan budidaya seperti pemukiman, kawasan industri maupun kawasan wisata yang memberikan keuntungan ekonomi sering ditempatkan pada kawasan lindung. Fungsi-fungsi lingkungan yang seharusnya berada pada kawasan lindung seperti daerah sebagai resapan air dan pengendali erosi menjadi berkurang. Ketidaksesuaian tatanan ruang seperti ini mengakibatkan kerusakan lingkungan pada daerah sekitarnya.

Perencanaan ruang yang baik perlu untuk memperhatikan dampak bagi daerah di sekitarnya sehingga diperlukan perencanaan yang terpadu. Perencanaan ruang terpadu ini berbasis Daerah Aliran Sungai (DAS) sehingga memperhatikan karakteristik setiap daerah dan dampaknya terhadap daerah di sekitarnya. Pengelolaan

daerah hulu akan memberikan dampak pada kondisi lingkungan daerah hilir pada satu kesatuan sistem DAS. Daerah Aliran Sungai (DAS) adalah suatu wilayah daratan yang secara topografik dibatasi oleh punggung-punggung gunung yang menampung dan menyimpan air hujan untuk kemudian menyalurkannya ke laut melalui sungai utama (Asdak, 2007). Ukuran keberhasilan pengelolaan DAS ini adalah pemanfaatan sumber daya alam yang ada mampu menopang kesejahteraan masyarakat dalam jangka panjang. Pentingnya posisi DAS sebagai unit perencanaan yang utuh merupakan konsekuensi logis untuk menjaga kesinambungan pemanfaatan sumberdaya hutan, tanah dan air (Effendi, 2003). Perencanaan ruang yang sekaligus bertujuan dalam pengelolaan lingkungan dilakukan secara menyeluruh meliputi DAS mulai dari daerah hulu hingga hilir.

Penelitian ini bertujuan untuk membuat peta arahan tata ruang DAS menggunakan data penginderaan jauh dan merencanakan pengelolaan DAS Kayangan secara sederhana. Penginderaan jauh digunakan sebagai teknologi bantu untuk mengenali karakteristik DAS secara menyeluruh. Interpretasi visual dalam penginderaan jauh membantu dalam mengidentifikasi karakteristik-karakteristik fisik DAS maupun suatu daerah. Analisa berbasis DAS untuk memberikan arahan pemanfaatan ruang hingga memberikan arahan tata ruang berbasis DAS menggunakan pendekatan yang komprehensif dari hulu hingga hilir.

2. DAERAH KAJIAN

Daerah Kajian dari penelitian ini difokuskan pada sub DAS Kayangan (Gambar 1) yang merupakan bagian dari DAS Progo. Secara administratif, DAS Kayangan terletak di Kabupaten Kulonprogo dan tercakup dalam tiga kecamatan yaitu: Samigaluh, Girimulyo, dan Nanggulan. Secara astronomis DAS Kayangan termasuk kedalam zona 49 M dengan koordinat 403152.59 - 415460.35 mT dan 9137851.76 - 9149338.15 mU. Secara umum DAS Kayangan mempunyai topografi yang bervariasi dari dataran hingga berbukit. DAS Kayangan membentang dari arah barat laut hingga tenggara dengan relief terjal di bagian barat laut dan berangsur-angsur turun menuju tenggara. Sebagian besar DAS Kayangan didominasi oleh topografi berbukit hingga bergunung yang dapat dijumpai pada bagian hulu dan bagian tengah DAS. Sedangkan topografi datar hingga bergelombang relatif lebih sedikit dan mendominasi di bagian hilir DAS.



Gambar 1. Wilayah Kajian Daerah Aliran Sungai Kayangan

3. METODE PENELITIAN

3.1 Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data citra ALOS AVNIR tanggal 16 Mei 2006, Peta RBI Sendangagung dan Wates 1:25.000, Peta Pola Ruang Kabupaten Kulonprogo, Peta Status Kawasan Hutan Kabupaten Kulonprogo, data curah hujan, informasi jenis tanah dan kemiringan lereng berdasarkan interpretasi visual.

3.2 Metode

Metode yang digunakan dikelompokkan menjadi 4 tahapan, yaitu:

1. Pengumpulan dan pengolahan data primer

- a. Pembuatan Peta Arah Pemanfaatan Lahan yang diperoleh dari hasil overlay Peta Kemiringan Lereng, Peta Curah Hujan dan Peta Tanah.

Informasi lereng diperoleh dari data kontur yang dipadukan dengan citra dan dilakukan interpretasi garis kontur dengan perhitungan matematis (rumus). DEM dihasilkan dari turunan kontur sehingga dapat dijadikan *hillshade* agar kondisi morfologi DAS Kayangan lebih jelas. Pengolahan citra ALOS AVNIR dengan melakukan koreksi geometrik untuk merektifikasi koordinat sehingga citra memiliki koordinat yang sesuai dengan kondisi lapangan. Interpretasi citra ALOS AVNIR (difusikan dengan DEM) untuk menentukan bentuklahan dan diturunkan menjadi peta tanah dengan mempertimbangkan penggunaan lahan, lereng, dan topografi. Peta yang dihasilkan tersebut kemudian disesuaikan dengan data lapangan. Interpolasi data curah hujan menggunakan metode isohyet dengan menggunakan data curah hujan selama 4 tahun (2004, 2005, 2006, dan 2007) pada stasiun hujan Plaosan, Klaijoho, Godean, Gembongan, Kalibawang dan Kenteng. Dilakukan skoring pada data lereng, tanah, dan curah hujan yang dijelaskan pada tabel 1, 2, 3, dan 4.

Tabel 1. Kelas kemiringan lereng

Kelas Lereng	Kemiringan Lereng (%)	Kategori	Bobot
1	0 - 8	Datar	20
2	8 - 15	Landai	40
3	15 - 25	Agak Curam	60
4	25 - 40	Curam	80
5	>40	Sangat Curam	100

Sumber: SK Menteri Pertanian No. 837/KPTS/UM/1980

Tabel 2. Kelas kepekaan tanah pada erosi

Kelas Tanah	Janis Tanah	Kategori	Bobot
1	Alluvial. Gelisol. Planosol, hidromorf kelabu, laterine air tanah, kambisol	Tidak peka	15
2	Latosol	Agak peka	30
3	Brown forest soil, non calcid brown, mediteran	Kurang peka	45
4	Andosol. Laterite, grumusol, podsol, pedsolik	Peka	60
5	Pegisol, latosol, organosol, renzina, regosol	Sangat peka	75

Sumber: SK Menteri Pertanian No. 837/KPTS/UM/1980

Tabel 3. Kelas intensitas hujan

Kelas Intensitas Hujan	Intensitas Hujan (mm/hari hujan)	Kategori	Bobot
1	a/d 13,5	Sangat rendah	10
2	13,6 – 20,7	Rendah	20
3	20,7 – 27,7	Sedang	30
4	27,7 – 34,8	Tinggi	40
5	>34,8	Sangat tinggi	50

Sumber: SK Menteri Pertanian No. 837/KPTS/UM/1980

Tabel 4. Kelas Peruntukan Kawasan

Peruntukan Kawasan	Total Skor	
Kawasan Lindung	>175	
Kawasan Penyangga	125 – 174	
Kawasan Tanaman Tahunan	< 125	Lereng < 15 %
Kawasan Semusim dan Permukiman	< 125	Lereng < 8 %

Sumber: SK Menteri Pertanian No. 837/KPTS/UM/1980

- b. Peta Status Kawasan Hutan Kabupaten Kulonprogo yang diperoleh dari Dinas Kehutanan.
- c. Peta Morfologi DAS dihasilkan dari interpretasi visual dari data kontur, DEM, dan sungai. Perubahan kerapatan sungai dan pola aliran dijadikan dasar dari pembagian DAS bagian hulu, tengah dan hilir.
- d. Peta Pola Ruang Kabupaten Kulonprogo didapatkan dari Dinas Pekerjaan Umum
- e. Peta Eksisting Penggunaan Lahan didapatkan dari interpretasi citra ALOS AVNIR dan dipadukan dengan hasil lapangan.

2. Penyusunan Peta Arahan Pemanfaatan Lahan DAS

Arahan pemanfaatan lahan dihasilkan dari overlay/tumpang susun peta Arahan Pemanfaatan Lahan, Peta Status Kawasan Hutan dan Peta Morfologi. Hasil arahan ditentukan dari perpaduan kesesuaian arahan pemanfaatan lahan yang dijelaskan pada Tabel 5.

Tabel 5. Arahan pemanfaatan lahan DAS

Morfologi DAS	Status Kawasan	Kawasan			
		Lindung	Penyangga	Budidaya tanaman tahunan	Budidaya tanaman semusim
Hulu	Arahan pemanfaatan lain	Kawasan lindung	Kawasan Penyangga	Budidaya tanaman tahunan terbatas	Budidaya tanaman semusim terbatas
Tengah		Kawasan lindung	Kawasan Penyangga	Budidaya tanaman tahunan	Budidaya tanaman semusim
Hilir		Kawasan lindung	Arahan pemanfaatan lain	Arahan pemanfaatan lain	Arahan pemanfaatan lain

3. Penyusunan Peta Tata Ruang DAS

Peta Tata Ruang DAS di peroleh dari hasil overlay dan penentuan kesesuaian antara Peta Pola Ruang dengan Peta Arahan Pemanfaatan Lahan DAS. Penentuan tata ruang DAS di dasarkan dari perpaduan kesesuaian pola ruang dan arahan pemanfaatan lahan DAS yang dapat dilihat pada Tabel. 6.

Tabel 6. Tata Ruang DAS

Tata Ruang	Arahan Pemanfaatan Lahan DAS						
	Lindung	Penyangga	Budidaya Tanaman Tahunan Terbatas	Budidaya Tanaman Semusim Terbatas	Budidaya Tanaman Tahunan	Budidaya Tanaman Semusim	Arahan Pemanfaatan Lain
Hutan Lindung	Kawasan Lindung	Kawasan Lindung	Kawasan Budidaya Tanaman Tahunan	Kawasan Budidaya Tanaman Tahunan	Kawasan Budidaya Tanaman Tahunan	Kawasan Budidaya Tanaman Semusim	Kawasan Budidaya Tanaman Semusim
Resapan Air	Kawasan Lindung	Kawasan Lindung	*	*	*	*	Kawasan Budidaya Tanaman Semusim
Sungai	Sungai	Sungai	Sungai	Sungai	Sungai	Sungai	Sungai
Permukiman	*	*	*	*	*	*	Kawasan Permukiman
Pertanian Kering	*	*	*	*	*	*	Kawasan Budidaya Tanaman Semusim

Pertanian Basah	*	*	*	*	*	*	Kawasan Budidaya Tanaman Semusim
*Tidak terdapat di area kajian							


4. Penyusunan rekomendasi pengelolaan


Peta Tata Ruang DAS dioverlay dengan Peta Eksisting Penggunaan Lahan akan menghasilkan kesesuaian penggunaan lahan. Ketidaksesuaian penggunaan lahan dengan tata ruang perlu ditentukan arahan/rekomendasi pengelolanya. Adapun penentuan pengelolaan dijelaskan pada table 7.


Tabel 7. Tabel Rekomendasi Pengelolaan


Tata Ruang DAS	Eksisting Penggunaan Lahan					
	Perkebunan	Tegalan/Ladang	Sawah Tadah Hujan	Sawah Irigasi	Pemukiman	Sungai
Kawasan Lindung	x	x	x	x	x	x
Kawasan Budidaya Tanaman Tahunan	o	x	x	x	x	x
Kawasan Budidaya Tanaman Semusim	o	o	o	o	x	x
Kawasan Pemukiman	x	x	x	x	o	x
Sungai	x	x	x	x	x	o

Keterangan : o (sesuai, saling mendukung), x (tidak sesuai, saling melemahkan)

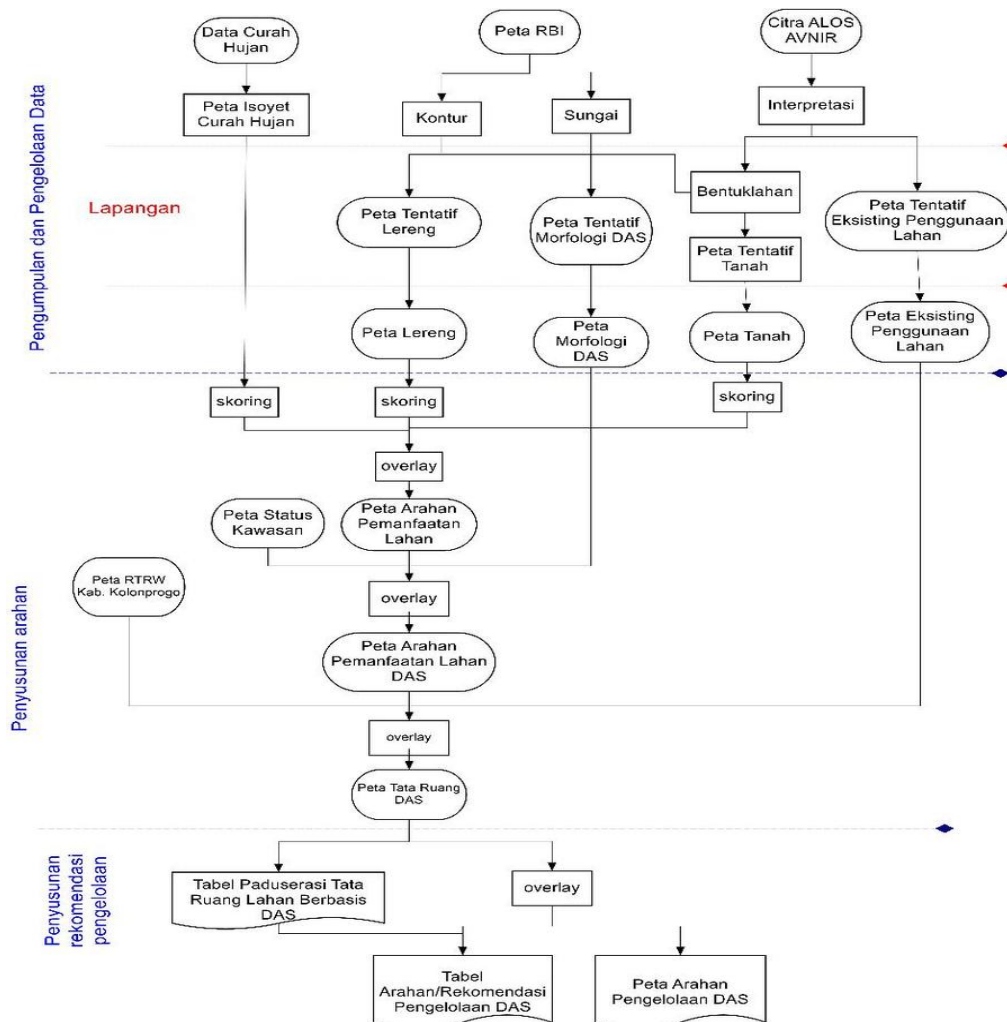
 Pengelolaan Vegetasi

 Pengelolaan Lahan

 Pengelolaan Air

 Pengelolaan Pemukiman

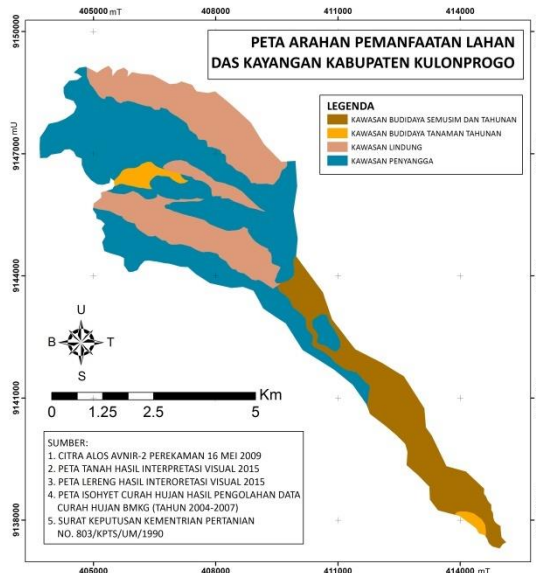
3.3 Diagram Alir



Gambar 2. Diagram alir penelitian

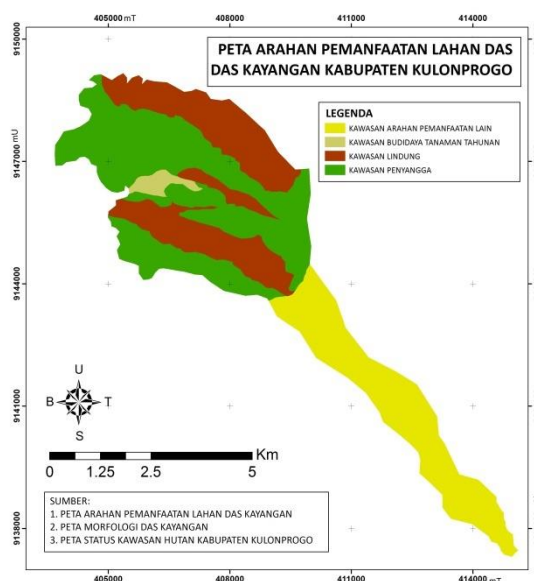
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Arahan pemanfaatan lahan di tentukan berdasarkan parameter lereng, curah hujan dan tanah. Data penginderaan jauh digunakan untuk interpretasi bentuklahan yang ada di DAS Kayangan. Interpretasi bentuklahan ini didasarkan pada identifikasi morfologi, pola aliran, dan elevasi sehingga teridentifikasi beberapa bentuklahan dari asal proses structural, denudasi, dan fluvial. Satuan bentuklahan diturunkan menjadi karakteristik tanah seperti tekstur tanah dan kepekaannya terhadap erosi. Asumsi yang dibangun arahan pemanfaatan lahan mengacu terhadap penentuan kawasan dalam tata ruang. Setiap kelas parameter memiliki skor pengaruh yang menentukan arahan pemanfaatan lahan. Penentuan kawasan terbagi menjadi kawasan lindung dan budidaya. Kawasan lindung terbagi menjadi kawasan lindung, penyangga, dan budidaya (tanaman tahunan dan musiman). Kawasan lindung pada daerah hulu DAS di arahkan untuk daerah yang memiliki lereng yang curam, curah hujan tinggi dan tekstur tanah yang memiliki tingkat erosi yang tinggi sehingga kawasan tersebut dapat menjadi daerah konservasi. Berbeda halnya pada bagian tengah dan hilir arahan pemanfaatannya untuk pembudidayaan karena dari segi lereng yang bergelombang-datar, kepekaan tanah terhadap erosi rendah dan curah hujan yang memungkinkan untuk dilakukan aktivitas budidaya yang intensif.



Gambar 3. Peta Arahkan Pemanfaatan Lahan DAS Kayangan

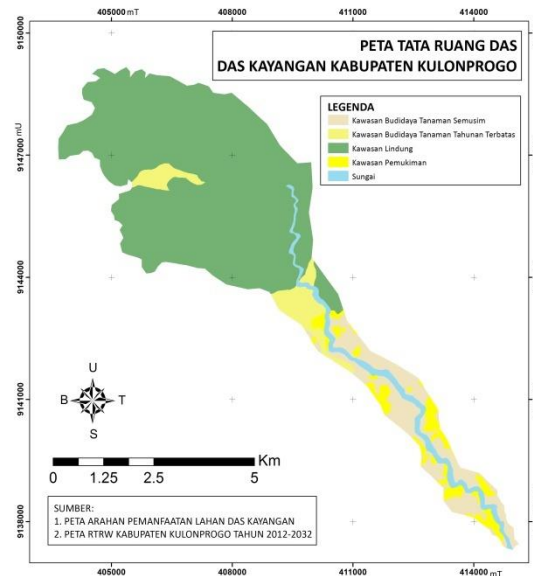
Peta arahan pemanfaatan lahan bersama dengan peta status kawasan hutan yang dikeluarkan oleh pemerintah setempat dan peta morfologi DAS digunakan sebagai dasar analisis untuk menentukan arahan pemanfaatan lahan berbasis DAS. Faktor morfologi DAS berpengaruh besar untuk menentukan arahan yang sesuai dengan karakteristik fisik DAS. Morfologi hulu DAS diutamakan sebagai pemanfaatan kawasan lindung maupun penyangga. Arahan lahan yang terbentuk selain untuk kawasan lindung dan penyangga tetapi terdapat di daerah hulu maka diberikan perhatian khusus. Arahan pemanfaatan lahan budidaya tanaman tahunan yang berada di daerah hulu tidak dapat sepenuhnya menjadi kawasan budidaya. Sistem DAS yang berada di daerah hulu dan tengah yang pengelolaannya berpengaruh pada daerah di bawahnya memiliki peran melindungi dan menyangga kondisi lingkungan seperti air dan tanah agar tidak terjadi kerusakan di daerah bawahnya. Kawasan budidaya tanaman tahunan yang berada di daerah hulu diarahkan menjadi kawasan yang budidaya terbatas. Budidaya terbatas dimaksudkan agar aktivitas pembudidayaan tetap turut serta dalam menjaga kondisi lingkungan.



Gambar 4. Peta Arahkan Pemanfaatan Lahan DAS Kayangan

Pengelolaan daerah dalam cakupan DAS tidak terlepas dari peraturan atau kebijakan pemerintah yang berbentuk peta pola ruang. Peta pola ruang yang ditetapkan pemerintah kerap kali kurang memperhatikan karakteristik DAS. Pola ruang berbasis DAS disusun berdasarkan arahan pemanfaatan lahan DAS dan pola ruang yang disusun pemerintah. Tata ruang Das di tentukan berdasarkan pola ruang DAS dengan arahan

pemanfaatan lahan DAS. Aumsi yang dibangun dimana tata ruang das akan mempertimbangkan kondisi fisik dari suatu DAS sehingga fungsi dan pemanfaatannya dapat sesuai. Seperti halnya pada pola ruang yang termasuk dalam pemukiman namun pada arahan pemanfaatannya untuk kawasan lindung maka tata ruang DAS yang sesuai untuk kawasan lindung, mengingat daerah tersebut sebagai kawasan lindung dan penyangga. berneda halnya apabila kawasan budidaya tanaman akan memiliki jenis penggunaan lahan yang beragam mengingat kawasan budidaya memiliki kesesuaian yang tinggi untuk penggunaan lahan yang beragam. Contohnya kawasan budidaya tanaman semusim akan sesuai dengan penggunaan lahan sawah irigasi, sawah tadah hujan, tegalan/lading, semak, dan sebagainya.



Gambar 5. Peta Tata Ruang DAS Kayangan

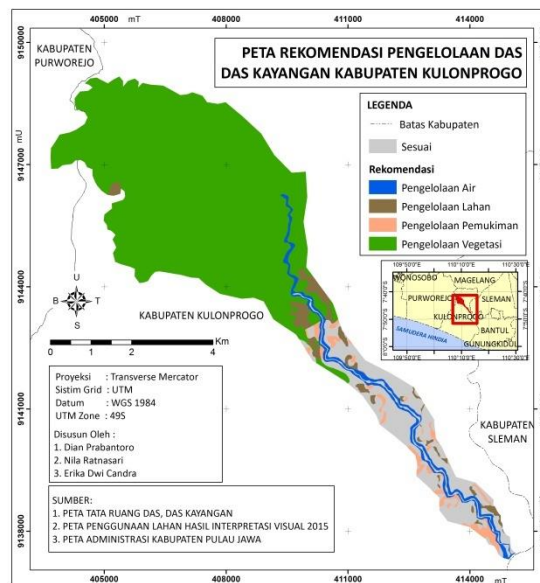
Rekomendasi pengelolaan vegetasi banyak diperlukan di daerah hulu dari DAS Kayangan. Pengelolaan vegetasi yang dimaksud adalah untuk menjaga keberadaan dan kerapatan vegetasi tanaman keras sepanjang tahun. Fungsinya adalah untuk menjaga kondisi lingkungan baik air maupun tanah di daerah tersebut dan daerah di bawahnya. Vegetasi yang rapat pada daerah yang terjal di hulu berfungsi untuk mencegah erosi terjadi. Keberadaan vegetasi akan menghambat laju erosi yang disebabkan oleh limpasan permukaan. Pengendalian erosi di bagian hulu ini menjaga daerah di bawahnya dari kerusakan lingkungan yang menyebabkan terjadinya longsor maupun sedimentasi di bagian hilir. Selain pengendalian erosi, vegetasi di bagian hulu berfungsi untuk menjaga pasokan air tanah. Banyaknya vegetasi akan mempermudah air terinfiltrasi sehingga terbentuk air tanah. Penjagaan keberadaan vegetasi menjamin terjaganya pula pasokan air tanah untuk daerah di bawahnya. Penggunaan lahan yang ada di bagian hulu sebaiknya dikelola agar tetap menjaga keberadaan vegetasi. Kawasan budidaya tanaman tahunan yang berada di bagian hulu sebaiknya terbatas dalam budidayanya. Pengelolaan lahan budidaya tersebut perlu untuk tidak membudidayakan atau memanen seluruh tanamannya pada saat panen. Akan tetapi diusahakan agar tetap terdapat tanaman keras yang berada pada lahan budidaya tersebut.

Pengelolaan lahan banyak dilakukan untuk penggunaan lahan pemukiman yang sudah ada tetapi berada pada kawasan penyangga. Pengelolaan ini dilakukan dengan penanaman vegetasi berkayu keras pada setiap pemukiman atau setiap halaman rumah. Hal ini difungsikan agar lahan atau tanah tetap mampu memiliki fungsi ekologis yaitu untuk menyerap air hujan. Air hujan yang turun perlu terserap ke dalam tanah untuk menjadi pasokan air tanah daerah di bawahnya. Apabila air hujan tidak banyak yang terserap ke dalam tanah dapat mengakibatkan bencana banjir daerah di bawahnya karena banyaknya limpasan air permukaan.

Pengelolaan air merupakan pengelolaan yang dilakukan di sepanjang aliran sungai. Pengelolaan ini bertujuan untuk menjaga kualitas air sungai tetap baik. Kualitas air sungai yang baik seperti tidak adanya sampah atau limbah hingga kapasitas sungai yang tetap mampu menampung air limpasan perlu dijaga untuk menimbulkan dampak buruk bagi masyarakat hilir. Oleh karena itu pengelolaan air perlu dilakukan di sepanjang aliran sungai dan sekitarnya.

Pengelolaan pemukiman merupakan pengelolaan yang dilakukan pada pemukiman yang sudah terlanjur ada pada lokasi yang sebenarnya tidak diperbolehkan. Pemukiman yang berada di sempadan sungai dapat mengganggu kondisi lingkungan karena aktivitas manusia. Pencemaran dan limbah rumah tangga serta menyempitnya kapasitas sungai menjadi penyebab berkurangnya kualitas lingkungan. Pengelolaan yang perlu

dilakukan adalah membuat pemukiman tetapi tidak memberikan dampak buruk bagi lingkungan. Pemukiman di sekitar sempadan sungai sebaiknya memiliki lokasi pembuangan limbah sendiri dan dikelola dengan baik sehingga tidak mencemari lingkungan seperti sungai.



Gambar 6. Peta Rekomendasi Pengelolaan DAS Kayangan

5. KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian ini adalah:

1. Tata ruang DAS dipadukan dari pola ruang yang dibuat oleh pemerintah dengan arahan pemanfaatan DAS yang disusun dengan memperhatikan kondisi fisik DAS dan lingkungan
2. Rekomendasi pengelolaan seperti pengelolaan vegetasi, lahan, air, dan pemukiman diberikan untuk mengelola lahan yang tidak sesuai antara tata ruang berbasis DAS yang disusun dengan penggunaan lahan yang ada

DAFTAR PUSTAKA

- Asdak, Chay. 2007. Pengelolaan Daerah Aliran Sungai dalam Konteks Solidaritas Daerah Hulu dan Hilir. *Kumpulan Jurnal: Pengelolaan DAS dan Wacana Akademis Hingga Praktek Lapangan*. Jakarta: LIPI Press.
- Effendi, Edi. 2003. *Kajian Model Pengelolaan Daerah Aliran Sungai (DAS) Terpadu*. Jakarta: Direktorat Kehutanan dan Konservasi Sumberdaya Air Bappenas.
- Santoso, Sigit Heru M.B., Widayani, Prima. 2013. *Penginderaan Jauh Terapan untuk Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Yogyakarta: Fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada.
- Wibowo, M. 2006. Model Penentuan Kawasan Resapan Air Untuk Perencanaan Tata Ruang Berwawasan Lingkungan. *Jurnal Hidrosfir*. Vol. 1. No. 1. Hal 1-7.
- Surat Keputusan Menteri Pertanian Nomor: 837/Kpts/Um/11/1980 Tentang Kriteria dan Tata Cara Penetapan Hutan Lindung.

NOTULENSI DISKUSI SESI TOPIK LAIN TERKAIT **SPASIALISASI INFORMASI GEOGRAFI – 1**

Judul Makalah:

IDENTIFIKASI KESESUAIAN LAHAN UNTUK PENGEMBANGAN KOMODITAS
PERKEBUNAN DI PROVINSI JAMBI

Ari Murdimanto

Pertanyaan Oleh: Ridho Dwi (mahasiswa geografi UGM)

Berapa skala peta yang digunakan sebagai input tutupan lahan dan berapa skala peta outputnya?

Jawaban:

Input pemetaan diperoleh dari ekstraksi citra Landsat 30 meter (Kemenhut, 2011). Hasilnya bisa lebih bervariasi selama mengikuti kaidah kartografi, tetapi pada penelitian ini menggunakan skala output 1:1.000.000.

Pertanyaan Oleh: Intan (mahasiswa geografi UGM)

Konservasi jati apabila hutan tersebut dibuka apakah ada risiko?

Jawaban:

Misalnya ada kawasan mata air, erosi, dan sekat api.

Judul Makalah:

IDENTIFIKASI POTENSI KAWASAN KONSERVASI PERAIRAN DI KABUPATEN
MALUKU TENGGARA BARAT BERDASARKAN ANALISIS MARXAN

Christian Handayani, Dirga Daniel, Estradivari

Pertanyaan Oleh: Ari Murdimanto (SNV Indonesia – Jakarta)

Apakah sudah berdiskusi dengan KP3K dan Pemda?

Jawaban:

Saat ini sedang sosialisasi bersama KKP dan proses rekomendasi pada Bupati.

Pertanyaan Oleh: Febrian (mahasiswa geografi UGM)

Apa yang dimaksud dengan SPF? Apa dasar penentuan SPF?

Jawaban:

Algoritma SPF (Species Penalty Factor). Jika ditinggikan SPF-nya, maka *Marxan* akan dipaksa untuk memilih area konservasi (*trial & error*). SPF diubah-ubah menyesuaikan satwa endemik yang akan dilindungi. Skor SPF ditentukan oleh ahli spesies tertentu dengan nilai berdasarkan *trial & error* sampai ditemukan nilai yang paling sesuai dengan spesies yang diinginkan.

Judul Makalah:

ANALISIS PENGARUH FAKTOR PENDORONG PERUBAHAN TERHADAP AKURASI MODEL INTEGRASI *CELLULAR AUTOMATA* DAN REGRESI LOGISTIK BINER BERDASARKAN PETA PERUBAHAN SAWAHKLATEN DAN SEKITARNYA

Dicky Setiady, Projo Danoedoro

Pertanyaan Oleh: Candra Adi Putra (Universitas Negeri Malang)

Terkait dengan regresi logistik biner, apakah data-data yang digunakan berdistribusi normal?

Jawaban:

Data-data tidak dilakukan uji normalitas, karena untuk regresi logistik biner tidak menggunakan aturan distribusi normal.

Pertanyaan Oleh: Ridho Dwi (mahasiswa geografi UGM)

Apa data pembandingan yang digunakan dalam uji akurasi?

Jawaban:

Uji akurasi dilakukan berdasarkan sampel-sampel hasil survei lapangan dan wawancara. Selain itu juga digunakan citra resolusi spasial tinggi untuk mengetahui penggunaan lahan dari area yang sulit dijangkau.

Pertanyaan Oleh: Mangku Parasdyo (mahasiswa geografi UGM)

Mengapa hasil *overall accuracy* (akurasinya baik) berbeda dengan Indeks Kappa (kecil)?

Jawaban:

Karena metode perhitungan keduanya berbeda. *Overall Accuracy* menghitung semua sampel yang benar dan salah dibandingkan dengan total sampel, sedangkan Indeks Kappa hanya mengkalkulasi sampel yang benar hasil interpretasi dan sampel benar di lapangan dalam satu kelas dibandingkan dengan total sampel, dimana tidak menghitung sampel yang benar dan salah baik interpretasi maupun lapangan dalam satu kelas penggunaan lahan.

Judul Makalah:

PEMETAAN POTENSI KEKERINGAN MENGGUNAKAN *TOPOGRAPHIC WETNESS INDEX (TWI)* DAN *TASSELED CAP* LANDSAT 8 DI KECAMATAN PUJUT, KABUPATEN LOMBOK TENGAH

Intan Khaeruli F, Atika Cahyawati, Defa Herdianta S, Fajar Dewangga, Akbar Cahyadi, Pratama Putra, Basuki Rakhmat, Nur Ramadhan Bayu

Pertanyaan Oleh: Erika (mahasiswa geografi UGM)

- Pada transformasi TWI tidak memasukkan data penggunaan lahan, lalu bagaimana cara akurasinya?
- Bagaimana cara mendeteksi kandungan lempung dari citra penginderaan jauh?

Jawaban:

- Data penggunaan lahan tidak dimasukkan ke dalam TWI, tetapi hanya sebagai parameter analisis. Uji akurasi dilakukan melalui cek lapangan.
- Ekstraksi kadar lempung menggunakan data DEM dihubungkan dengan tekstur tanah.

Pertanyaan Oleh: Ridho Dwi (mahasiswa geografi UGM)

Apa jenis kekeringan yang difokuskan?

Jawaban:

Peneliti lebih menekankan pada kandungan lengas tanah.

Pertanyaan Oleh: Stella Swastika Putri (mahasiswa geografi UGM)

- Apakah dibedakan antara kekeringan sepanjang tahun dengan kekeringan musiman?
- Bagaimana klasifikasi setiap kelas kekeringan?

Jawaban:

- Daerah kering yang sepanjang tahun dan kering musiman tidak dibedakan, tetapi ternyata hasilnya sesuai dengan kondisi di lapangan
- Klasifikasi deskripsi tingkat kekeringan belum ditentukan karena peneliti belum menemukan referensi yang cocok. Namun, pada setiap tingkat klasifikasi dideskripsikan dengan asumsi ada atau tidaknya satu jenis tanaman pada daerah tersebut.

Judul Makalah:

REKOMENDASI PENGELOLAAN DAS MENGGUNAKAN CITRA ALOS AVNIR
(STUDI KASUS: DAS KAYANGAN, KABUPATEN KULONPROGO)

Dian Prabantoro, Nila Ratnasari, Erika Dwi Candra

Pertanyaan Oleh: Hanif (UIN Surabaya)

Apakah rekomendasi dari DAS ini ada yang menyimpang?

Jawaban:

Rekomendasi yang dibuat hanya subjektif. Peneliti harus mengkaji tata ruang yang berlaku.

ESTIMASI PRODUKSI DAN PENGUNAAN LAHAN

K6A - RUANG SIDANG 1 PUSPICS,
26 NOVEMBER 2015 (15.00 – 16.15)

043 ESTIMASI PRODUKSI PADI UNTUK MENGETAHUI
TINGKAT KEMANDIRIAN PANGAN DI SEBAGIAN
KABUPATEN LOMBOK BARAT

*Faiz Fahmi Baihaqi, Erika Dwi Candra, Yogi Prabowo, Iis Sugiarti
Ari Widayati, Valentian Sidik Wiworo*

ESTIMASI PRODUKSI PADI UNTUK MENGETAHUI TINGKAT KEMANDIRIAN PANGAN DI SEBAGIAN KABUPATEN LOMBOK BARAT

Faiz Fahmi Baihaqi^{1*}, Erika Dwi Candra¹, Yogi Prabowo¹, Iis Sugiarti¹ Ari Widayati¹ dan Valentian Sidik Wiworo¹

¹ Prodi Kartografi dan Penginderaan Jauh, Fakultas Geografi UGM, Sekip Utara, Sleman, Yogyakarta 55281
Email: faiz.fahmi17@gmail.com, erikadwic@gmail.com, yogiprabowo28@gmail.com, valentiansidikw@gmail.com, iis.sugiarti@mail.ugm.ac.id, ariwidayati13@gmail.com

*Corresponding author: faiz.fahmi17@gmail.com

ABSTRAK

Indonesia merupakan salah satu negara agraris dimana lahan pertanian yang ada pada negara tersebut sangat luas. Keadaan demikian seharusnya membuat negara Indonesia dapat melakukan swasembada pangan sendiri. Akan tetapi, pada kenyataannya masih banyak impor beras dilakukan. Kabupaten Lombok Barat merupakan salah satu daerah yang masih memiliki lahan pertanian yang luas. Kajian estimasi produksi perlu dilakukan untuk mengetahui produksi dan produktivitas sehingga dapat diketahui produksi pangan daerah tersebut. Selain itu nilai produksi dan produktivitas tersebut dapat digunakan untuk melakukan perhitungan tingkat kemandirian pangan sehingga dapat diketahui daerah tersebut mampu memenuhi kebutuhannya atau tidak. Pertanian Lombok Barat merupakan pertanian khas Indonesia yang masih dikontrol oleh alam. Penginderaan Jauh dapat digunakan untuk mengidentifikasi potensi pertanian dengan interpretasi visual berupa sebaran lahan pertanian dengan tingkat akurasi yang baik. Penggunaan GIS dan Penginderaan Jauh dapat pula digunakan untuk mengidentifikasi faktor fisik seperti bentuklahan, kemiringan lereng, dan jenis tanah yang mempengaruhi produksi pertanian. Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu menggunakan beberapa parameter fisik yang diambil dengan menggunakan PJ selanjutnya dilakukan survei lapangan dengan teknik proposional random sampling, dimana pengambilan sampel didasarkan atas perbandingan luasan yang dimiliki pada setiap bentuklahan yang berbeda. Berdasarkan estimasi produksi padi di tiga kecamatan yaitu Labuapi, Gerung, dan Lembar diperoleh produksi hasil tiap kecamatan. Kecamatan Gerung memiliki produksi beras sebesar 25.445,462 ton/tahun yang merupakan produksi terbesar dibanding Kecamatan Lembar yaitu sebesar 10.752,350 ton/tahun dan Kecamatan Labuapi sebesar 16.778,58 ton/tahun. Berdasarkan perhitungan kebutuhan pangan dari jumlah penduduk tiga kecamatan di atas dibandingkan dengan produksi beras diketahui tingkat kemandirian pangan setiap kecamatan. Jumlah produksi yang lebih besar dibandingkan dengan jumlah kebutuhan pangannya maka kecamatan tersebut dikatakan mandiri dalam memenuhi kebutuhan pangannya. Kecamatan Labuapi dan Gerung termasuk kecamatan yang sudah mandiri dalam memenuhi kebutuhan pangan sedangkan Kecamatan Lembar masih belum mandiri dalam memenuhi kebutuhan pangannya.

KATA KUNCI: estimasi produksi, kemandirian pangan, padi, PJ dan SIG, Lombok

1. PENDAHULUAN

Program pembangunan pertanian di Indonesia dimulai sejak Pelita Pertama, produksi beras menunjukkan kecenderungan meningkat, puncaknya pada tahun 1984 Indonesia telah menyatakan diri sebagai negara yang berswasembada beras (Triyanto, 2006). Dengan berjalannya waktu, kondisi produksi beras di Indonesia tidak terlalu stabil, mengalami kenaikan dan penurunan. Sejak tahun 1994 Indonesia sudah tidak lagi berswasembada beras (Sapuan, 1999). Meskipun demikian pemenuhan kebutuhan pokok masyarakat yang justru semakin bergantung pada beras menyebabkan Indonesia perlu melakukan berbagai upaya untuk melakukan pemenuhan kebutuhan tersebut. Oleh karena itu, peningkatan produksi sangat perlu diupayakan demi berlangsungnya kehidupan masyarakat yang stabil di Indonesia. Pangan merupakan salah satu kebutuhan pokok yang diperlukan oleh setiap manusia. Jenis pangan yang dikonsumsi amatlah beragam sesuai kondisi wilayah kebiasaan tempat tinggal manusia tersebut. Indonesia yang merupakan negara agraris dengan kondisi persawahan yang sangat luas menjadikan padi sebagai sumber bahan utama bagi masyarakat Indonesia (Widodo, 2002). Kemandirian pangan didefinisikan sebagai kemampuan negara dan bangsa dalam memproduksi pangan yang beraneka ragam dari dalam negeri yang dapat menjamin pemenuhan kebutuhan pangan yang cukup sampai ditingkat perseorangan dengan memanfaatkan potensi sumber daya alam, manusia, sosial, ekonomi, dan kearifan lokal secara bermartabat (UU No 18 Tahun 2012). Melalui kebijakan ini setiap daerah harus mengembangkan pertanian lokal di daerahnya untuk memenuhi kebutuhan pangan masyarakatnya. Pengembangan pertanian lokal ini akan meningkatkan kesejahteraan masyarakat lokal terutama petani.

Berbagai pendekatan dapat dilakukan untuk mengetahui estimasi produksi tanaman padi. Masing-masing pendekatan memiliki cara yang berbeda, dapat disesuaikan dengan waktu melakukan metode dan tingkat kesulitannya. Informasi mengenai estimasi produksi biasanya dapat berupa data primer lapangan atau data yang sudah dispasialkan. Salah satu cara yang dapat digunakan untuk mengetahui informasi mengenai estimasi produksi adalah dengan memanfaatkan teknik penginderaan jauh. Penelitian menggunakan data penginderaan jauh diberbagai bidang sudah berkembang, termasuk bidang pertanian seperti estimasi produksi. Akan tetapi, untuk daerah Lombok Barat belum pernah di aplikasikan, sehingga perlu dilakukan penelitian. Estimasi produksi dapat digunakan untuk mengetahui kemandirian pangan suatu wilayah. Melalui estimasi produksi, paling tidak dapat diketahui apakah suatu daerah telah tercukupi kebutuhan pangan, terutama dalam hal ini kebutuhan beras sebagai makanan pokok. Seperti telah disebutkan pada UU No 18 Tahun 2012, telah diamanatkan bahwa negara wajib menjamin pemenuhan kebutuhan pangan yang cukup sampai di tingkat perseorangan dengan memanfaatkan potensi sumber daya alam, manusia, sosial, ekonomi, dan kearifan lokal secara bermartabat. Setidaknya, bila tidak dapat melakukan ekspor, suatu daerah masih mampu untuk memenuhi kebutuhan pangan di daerahnya sendiri tanpa melakukan impor. Lombok Barat merupakan daerah yang didominasi oleh lahan pertanian namun belum diketahui kemandirian pangan pada daerah tersebut.

Berdasarkan data Kabupaten Lombok Barat Dalam Angka (2014), Kabupaten Lombok Barat memiliki luas daerah 1.053,92 km² atau 5,23% memiliki salah satu komoditi unggulan pertanian. Kondisi tanah yang subur dan areal pertanian yang sangat luas menjadikan kabupaten ini mengandalkan pertanian sebagai sumber penghasilan utama penduduknya. Area persawahan yang luas menjadikan Kabupaten Lombok Barat menjadi salah satu lumbung beras di Provinsi Nusa Tenggara Barat (BPS, 2014). Kabupaten ini terbagi menjadi sepuluh kecamatan yaitu Sekotong, Lembar, Gerung, Labuapi, Kediri, Kuripan, Narmada, Lingsar, Gunungsari, dan Batulayar. Kecamatan yang menjadi wilayah kajian dalam penelitian ini adalah Kecamatan Labuapi, Gerung, dan Lembar. Hal ini didasarkan pada pertimbangan kecamatan tersebut memiliki jumlah penduduk tertinggi di Kabupaten Lombok Barat. Selain itu didasarkan pada luas lahan pertanian yang dimiliki sehingga dapat dibandingkan kemampuan kecamatan tersebut dalam memenuhi kebutuhan pangan penduduknya. Pemilihan variasi luas lahan pertanian diharapkan agar mendapatkan hasil yang berbeda sehingga dapat dikaitkan dan dibandingkan tingkat kedaulatan pangan setiap kecamatan kajian.

Tabel 1.Jumlah PendudukKabupaten Lombok Barat

Kecamatan	Laki-Laki	Perempuan	Jumlah	Rasio Jenis Kelamin
Sekotong	28.936	29.218	58.154	99,03
Lembar	22.491	23.507	45.998	95,68
Gerung	36.450	40.557	77.007	69,87
Labuapi	30.624	32.294	62.918	94,83
Kediri	27.356	28.714	56.070	95,27
Kuripan	17.328	17.887	35.215	96,87
Narmada	44.266	46.775	91.041	94,64
Lingsar	32.067	33.610	65.677	95,41
Gunungsari	40.241	41.117	81.358	97,87
Batu Layar	23.451	23.523	46.974	99,70
Jumlah	303.210	317.202	620.412	95,59
2012	300.364	312.797	613.161	96,03
2011	296.680	309.364	606.044	95,90
2010	293.528	306.458	599.986	95,78
2009	299.255	312.449	611.704	95,78

Sumber: Kab. Lombok Barat Dalam Angka, 2014

Tabel 2.Produksi PertanianKabupaten Lombok Barat

Kecamatan	Luas Panen	Rata-Rata Produksi	Produksi
Sekotong	2.010	48,41	9.730
Lembar	2.528	49,63	12.546
Gerung	4.217	53,42	22.526
Labuapi	3.719	52,20	19.413

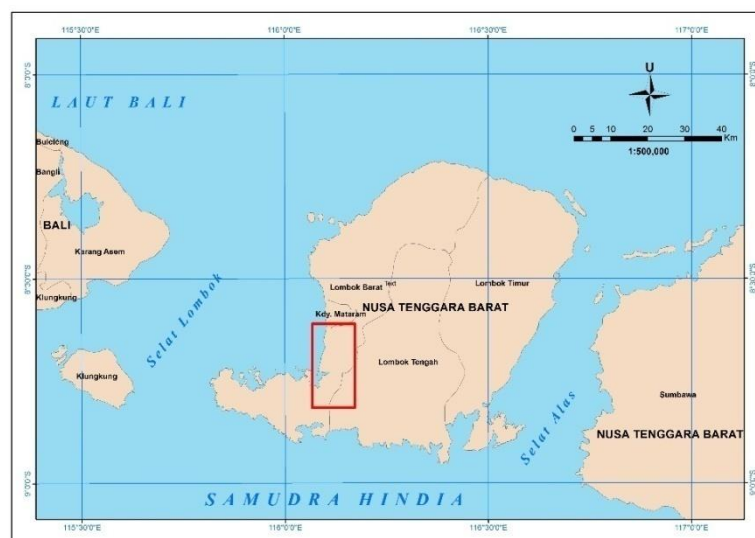
Kediri	3.203	54,46	17.444
Kuripan	2.065	53,44	11.035
Narmada	5.010	58,90	29.509
Lingsar	7.477	57,88	43.277
Gunungsari	2.191	53,76	11.779
Batu Layar	514	53,10	2.637
Jumlah	32.934	54,62	179.897
2012	30.381	49,82	151.353
2011	29.042	49,69	144.315
2010	27.350	52,61	143.899
2009	36.657	50,76	186.067

Sumber: Kab. Lombok Barat Dalam Angka, 2014

Penelitian ini bertujuan untuk melihat potensi pertanian di sebagian daerah Kabupaten di Lombok Barat menggunakan aplikasi penginderaan jauh dan sistem informasi geografis, mengestimasi produksi dan produktivitas padi di sebagian daerah Kabupaten Lombok Barat Tahun 2013/2014 dengan menggunakan citra Penginderaan Jauh Landsat-8, dan mengetahui kemandirian pangan di sebagian daerah Kabupaten Lombok Barat berdasarkan kajian estimasi produksi yang dilakukan. Kegunaan dari penelitian ini adalah memberikan gambaran daerah pertanian di beberapa kecamatan di Lombok Barat sehingga dapat mengetahui gambaran spasial tentang produksi dan produktivitas padi di beberapa kecamatan di Lombok Barat, memberikan informasi mengenai produksi dan produktivitas beberapa Kecamatan sebagian Lombok Barat dengan menggunakan peta estimasi produktivitas dan produksi padi, dan mengetahui kemandirian pangan beberapa kecamatan di Kabupaten Lombok Barat. Kemandirian pangan menunjukkan sudah tercukupi dan belum tercukupinya kebutuhan pangan kecamatan dari hasil produksi pertaniann kecamatan tersebut.

2. DAERAH KAJIAN

Penelitian dilakukan pada sebagian Kabupaten Lombok Barat, Provinsi Nusa Tenggara Barat. Daerah kajian seperti terlihat pada Gambar 1.



Lokasi Penelitian

Gambar 1. Daerah Kajian Penelitian

3. DATA DAN METODE

3.1. Data

Data yang digunakan adalah Peta Rupabumi Indonesia Lembar 1807-231 (Gerung), 1807-233 (Mataram), 1807-213 (Sekotong Tengah), 1807-214 (Mangkung Lauk), 1807-234 (Narmada) dan 1807-232

(Kediri) Skala 1:25.000. Selain peta rupabumi yang dijadikan sebagai data utama, terdapat juga citra yang digunakan sebagai alat bantu dalam meninterpretasi lahan pertanian dan *non* pertanian. Citra yang digunakan adalah citra Landsat-8 OLI Pankromatik dan Multispektral Tahun 2014. Resolusi spasial Landsat-8 OLI Pankromatik adalah 15 m dan resolusi spasial Landsat-8 OLI Multispektral adalah 30 m. Hasil *pansharpening* akan menghasilkan citra dengan resolusi 15 m. Data pendukung lainnya data saluran irigasi Kabupaten Lombok Barat, data jumlah penduduk Kabupaten Lombok Barat Tahun 2014, data konversi gabah menjadi padi Tahun 2014, dan data kebutuhan kalori Tahun 2014.

3.2. Metode

3.2.1. Pra-lapangan

a. Koreksi Geometrik Citra Landsat-8

Koreksi geometrik dilakukan untuk mengetahui posisi sebenarnya di lapangan. Koreksi geometrik perlu dilakukan agar setiap data yang digunakan dalam proses pengolahan data memiliki kesamaan geometri. Hal tersebut dilakukan sebab jika ada penggabungan dari beberapa data tidak terjadi kesalahan hasil yang diperoleh. Koreksi geometrik dilakukan dengan menggunakan peta dasar yaitu RBI agar akurasi yang dihasilkan baik dan dapat digunakan untuk interpretasi selanjutnya.

b. Pembuatan Peta Tentatif Lahan Pertanian

Pembuatan peta tentatif lahan pertanian dilakukan dari interpretasi visual yang dilakukan dengan menggunakan citra Landsat-8. Pembuatan peta ini selanjutnya digunakan untuk penentuan daerah sampel. Dari penentuan daerah sampel tersebut proses selanjutnya yaitu dapat dibuat peta sampel yang dapat digunakan di lapangan. Peta sampel yang dibawa selanjutnya dilakukan estimasi produksinya.

c. Pembuatan Ceklist dan Kuisioner

Ceklist dan kuisioner dibuat untuk membantu pendataan hasil yang telah diperoleh di lapangan baik data yang diperoleh secara langsung dengan melihat parameter fisik yang ada ataupun dengan melakukan wawancara. Ceklist yang dibuat digunakan untuk mengetahui parameter fisik di lapangan seperti luas lahan panen. Sedangkan kuisioner dilakukan untuk mendata informasi tentang luasan lahan panen seperti jumlah produksi, berapa kali produksi dalam satu tahun, dan lain sebagainya.

3.2.2. Lapangan

a. Observasi Lapangan

Observasi lapangan dilakukan untuk melihat gambaran nyata daerah kajian di lapangan. Kegiatan observasi yang dilakukan yaitu cek lapangan daerah kajian merupakan obyek pertanian. Selain itu, kegiatan lapangan yang dilakukan yaitu mengukur parameter luasan panen sawah pada setiap kecamatan di Kabupaten Lombok Barat.

b. Kegiatan Wawancara

Kegiatan wawancara yang dilakukan yaitu untuk mendapatkan informasi pendukung estimasi produksi, seperti informasi tentang jumlah produksi padi per hektar, pola tanam, jenis hama, bencana yang mungkin pernah terjadi, dan cara pengairan lahan pertanian.

3.2.3. Pasca-Lapangan

a. Pengolahan Data Lapangan

Pengolahan data lapangan dilakukan setelah kegiatan lapangan selesai. Perolehan data lapangan yang berkaitan dengan data hasil observasi lapangan dan wawancara. Semua data yang diperoleh tersebut diolah dan dianalisis untuk mendapatkan peta tingkat kedaulatan pangan.

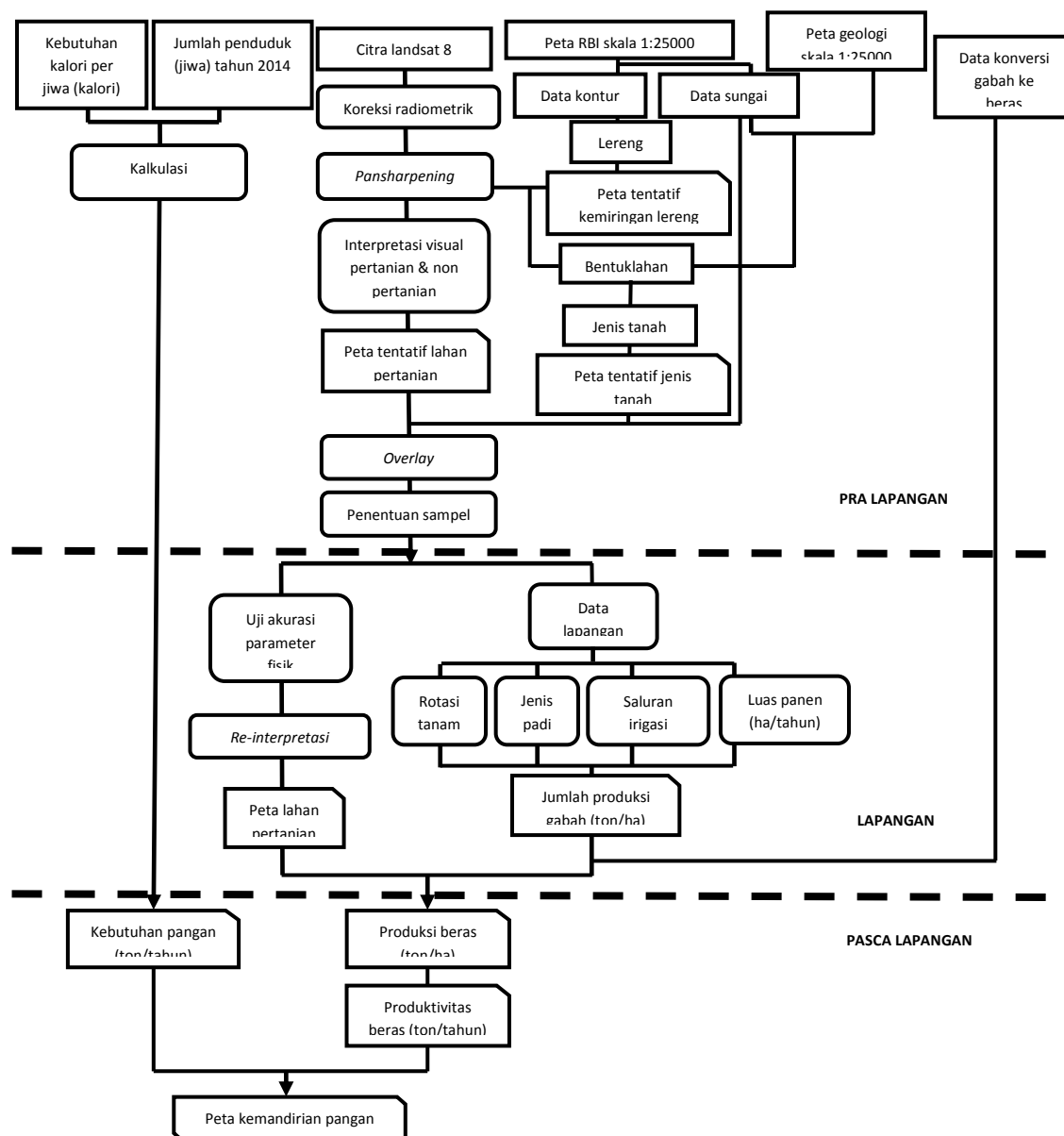
b. Hasil Lapangan

Hasil pengolahan data lapangan diperoleh setelah analisis pasca lapangan dan menghasilkan beberapa keluaran, diantaranya yaitu: peta lahan pertanian, peta produksi beras, dan peta kedaulatan pangan.

c. Laporan Akhir

Penyusunan laporan akhir dilakukan untuk mengumpulkan semua data yang diperoleh. Semua data yang diperoleh, baik data sumber literatur, data sekunder, maupun data lapangan selanjutnya disusun secara sistematis dan berkesinambungan.

Secara umum langkah kerja dalam penelitian ini dapat diilustrasikan dengan Gambar 2 berikut:



Gambar 2. Diagram alir penelitian

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Kabupaten Lombok Barat merupakan daerah yang masih memiliki lahan pertanian yang luas. Kajian estimasi produksi perlu dilakukan untuk mengetahui produksi dan produktivitas sehingga dapat digunakan untuk melakukan perhitungan tingkat kemandirian pangan. Pertanian Lombok Barat merupakan pertanian khas Indonesia yang masih dikontrol oleh alam. Oleh karena itu, kontrol alam dapat digunakan untuk melakukan pendugaan produksi dimasing-masing penciri parameter fisik yang berbeda. Parameter fisik yang berbeda diasumsikan memiliki tingkat produksi yang berbeda pula. Parameter fisik yang digunakan dalam penelitian ini adalah bentuklahan, kemiringan lereng, dan jenis tanah. Selain itu, parameter tersebut juga dijadikan dasar untuk menentukan untuk penentuan lokasi pengambilan sampel.

Hasil pembagian parameter fisik yang diasumsikan akan mempengaruhi tingkat perbedaan perlakuan tanam dan produktivitas pertanian dilakukan overlay sehingga diperoleh satuan pemetaan berdasarkan fisik lahan tersebut. Satuan pemetaan inilah yang sampelnya diambil di lapangan, baik untuk uji parameter fisik dan informasi wawancara untuk memperoleh berbagai informasi mengenai produksi yang tidak dapat diperoleh dari interpretasi fisik lahan dari Penginderaan Jauh. Sampel yang telah diperoleh berisi informasi tentang jumlah produksi, luas lahan pertanian, jenis padi, rotasi tanam, kemungkinan kegagalan panen, perlakuan terhadap pertanian, dan berbagai informasi lainnya. Hasil tersebut diperoleh berdasarkan wawancara yang dilakukan di lapangan terhadap responden yang umumnya merupakan petani (pemilik lahan pertanian) atau penggarap sawah. Selain informasi di atas terdapat juga informasi yang memuat tentang parameter fisik lapangan seperti bentuklahan, kemiringan lereng, dan sifat fisik tanah melalui pengisian checklist. Data parameter fisik tersebut digunakan sebagai uji akurasi parameter yang dibuat sebelum lapangan. Berdasarkan hasil yang diperoleh di lapangan terdapat beberapa parameter fisik yang tidak sesuai dengan interpretasi awal, seperti kemiringan lereng misalnya, pada interpretasi awal memiliki klasifikasi datar, tetapi di lapangan merupakan klasifikasi yang bergelombang. Untuk membuktikan luasan lahan pertanian yang diperoleh dari hasil wawancara maka selanjutnya dilakukan pengukuran secara langsung pada lahan pertanian yang ada. Pengukuran dilakukan dengan tiga cara yaitu dengan menggunakan tracking GPS, langkah kaki, dan menggunakan meteran. Masing-masing penggunaan tersebut memiliki kelebihan yang kekurangan. Penggunaan *tracking* GPS dan langkah kaki dapat dilakukan dengan mudah dan waktu yang singkat, sedangkan pengukuran dengan menggunakan meteran lebih membutuhkan waktu yang lama. Untuk menghemat waktu, biaya, dan tenaga, maka *tracking* GPS dan langkah kaki dilakukan pada lahan pertanian dengan luasan yang cukup besar. Sedangkan pengukuran dengan menggunakan meteran dilakukan pada lahan pertanian dengan luasan yang sempit.

Berdasarkan uji parameter fisik yang dilakukan dengan memperbaiki parameter fisik yang telah diperoleh di lapangan. Maka didapatkan beberapa kesalahan interpretasi misalnya yaitu relief. Berdasarkan interpretasi awal yang dilakukan sebelum ke lapangan daerah yang dianggap datar ternyata di lapangan memiliki relief yang bergelombang. Hal itu dibuktikan dari interpretasi di lapangan, pengukuran ketinggian, dan data sekunder yang menguatkan misalnya merupakan sawah tadah hujan dan hanya mampu sekali panen dalam satu tahun. Berdasarkan hasil informasi yang telah didapatkan di lapangan, maka dapat dilakukan perhitungan menuju tahap selanjutnya, yaitu perhitungan jumlah produksi beras per satuan pemetaan sekaligus per kecamatan kajian, yaitu Kecamatan Labuapi, Gerung, dan Lembar. Kecamatan Labuapi secara umum termasuk dalam pertanian dengan sawah irigasi, dengan dominasi pola tanam tiga (3) kali padi dalam setahun. Perolehan nilai rata-rata produksi dari gabah basah ke gabah kering di Kecamatan Labuapi sebesar 6,45 ton/ha dengan sisa penyusutan sebesar 82.74%. Sehingga dari angka tersebut, didapatkan jumlah produksi beras total seluruh luas sawah di Kecamatan Labuapi sebesar 16.778,58 ton dalam setahun. Perolehan nilai konversi gabah kering ke beras didapatkan melalui data konversi yang didapatkan dari Badan Pusat Statistik yaitu sebesar 62.74%. Berdasarkan angka produksi yang dibandingkan dengan kebutuhan pangan pada kecamatan Labuapi, termasuk kedalam kecamatan yang mandiri dalam memenuhi kebutuhan pangannya. Jumlah penduduk Labuapi sebesar 62.918 jiwa dan diperkirakan memerlukan kebutuhan pangan sebesar 15.897,169 ton/tahun, sehingga produksi berasnya mencukupi kebutuhan pangannya.

Tabel 3. Produksi Gabah dan Beras

Kecamatan	Produktivitas (ton/tahun)		
	Gabah Basah	Gabah Kering Giling	Beras
Gerung	44.823,28	37.086,78	23.268,25
Lembar	20.713,02	17.137,96	10.752,35
Labuapi	32.321,78	26.743,04	16.778,58

Kecamatan Gerung, secara umum termasuk dalam pertanian dengan dominasi pola tanam dua (2) kali padi dalam setahun. Rata-rata produksi gabah basah di Kecamatan Gerung sebesar 44.823,28969 ton/ha. Sehingga dari angka tersebut, didapatkan jumlah produksi beras total seluruh luas sawah di Kecamatan Gerung sebesar 25.445,462 ton dalam setahun. Perolehan nilai konversi gabah kering giling ke beras didapatkan melalui data konversi yang didapatkan dari Badan Pusat Statistik yaitu sebesar 62.74%. Berdasarkan angka produksi yang dibandingkan dengan kebutuhan pangan pada kecamatan Gerung, termasuk kedalam kecamatan yang mandiri dalam memenuhi kebutuhan pangannya. Jumlah penduduk Gerung sebesar 77.707 jiwa diperkirakan memerlukan kebutuhan pangan sebesar 19.394,214 Ton/tahun, sehingga produksi berasnya mencukupi kebutuhan pangan untuk daerahnya sendiri tanpa harus melakukan pembelian atau mengirim dari daerah lain.

Kecamatan Lembar, secara umum termasuk dalam pertanian yang dominasi oleh daerah dengan topografi yang datar sampai dengan bergelombang dengan pola tanam dua (2) kali padi dalam setahun. Rata-rata produksi gabah basah di Kecamatan Lembar sebesar 20.713,02 ton/ha. Sehingga dari angka tersebut, didapatkan jumlah produksi beras total seluruh luas sawah di Kecamatan Lembar sebesar 10.752,350 ton dalam setahun. Perolehan nilai konversi gabah kering ke beras didapatkan melalui data konversi yang didapatkan dari Badan Pusat Statistik. Berdasarkan angka produksi yang dibandingkan dengan kebutuhan pangan pada kecamatan Lembar, termasuk kedalam kecamatan yang tidak mandiri dalam memenuhi kebutuhan pangannya. Jumlah penduduk Lembar sebesar 45.998 jiwa diperkirakan memerlukan kebutuhan pangan sebesar 11.628,312 ton/tahun, sehingga produksi berasnya tidak mencukupi kebutuhan pangannya. Sehingga Kecamatan Lembar harus melakukan pembelian atau pengiriman beras dari daerah lain untuk mencukupi kebutuhan pangannya.

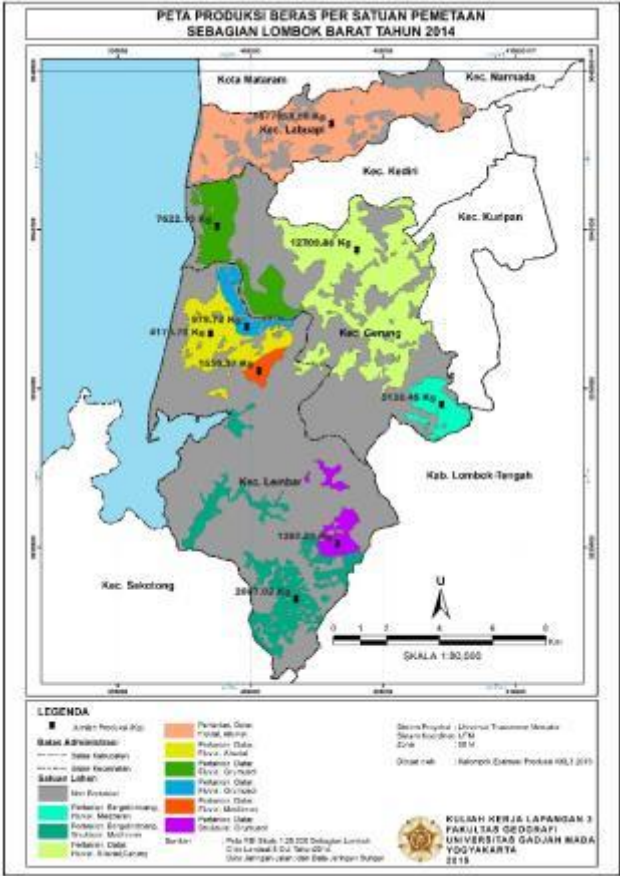
Tabel 4. Tabel Kebutuhan Pangan

Kecamatan	Jumlah Penduduk Laki-laki	Jumlah Penduduk Perempuan	Kalori untuk perempuan	Kalori untuk laki-laki	Kalori total	Kebutuhan Beras Total/Tahun (ton)
Gerung	36.450	40.557	24.784,83	28.350	53.134,83	19.394,21
Lembar	22.491	23.507	14.365,38	17.493	31.858,38	11.628,31
Labuapi	30.624	32.294	19.735,22	23.818,66	43.553,88	15.897,16

Tabel 5. Penentuan Kemandirian Pangan

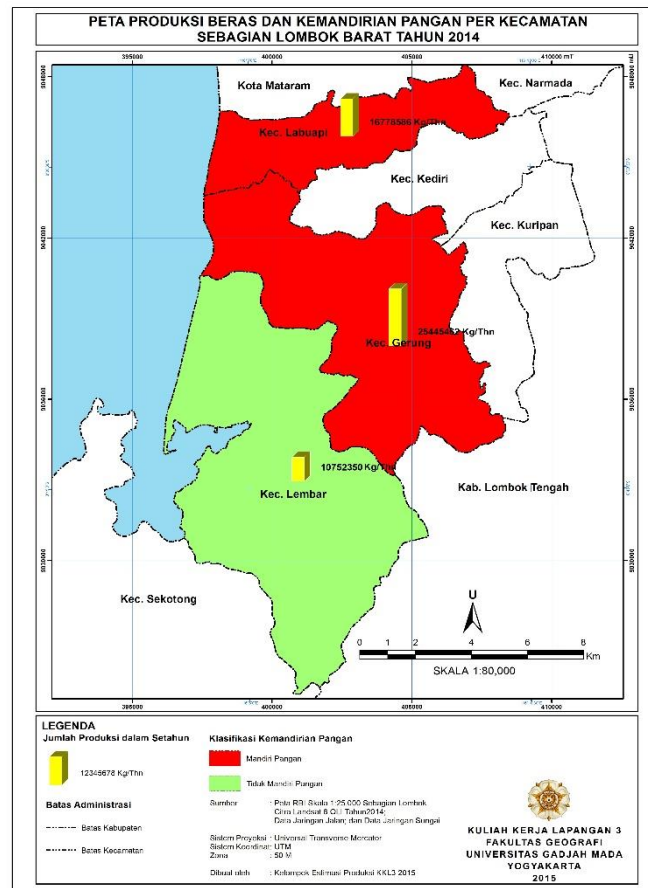
Kecamatan	Luas lahan Pertanian (ha)	Produksi Beras (ton/tahun)	Kebutuhan Pangan (ton/tahun)	Kemandirian
Labuapi	1.670,73	16.778,58	15.897,169	Mandiri
Gerung	2.897,69	25.445,462	19.394,214	Mandiri
Lembar	2.008,43	10.752,350	11.628,312	Tidak Mandiri

Sebagian besar pertanian di Kabupaten Lombok Barat masih dikontrol dengan alam, seperti keberadaan sawah hanya berada pada topografi yang datar sampai dengan bergelombang. Faktor topografi ini sangat mempengaruhi hasil produksi padi di setiap kecamatan. Misalnya Kecamatan Lembar yang memiliki luas lahan pertanian lebih besar memiliki jumlah produksi lebih kecil dibandingkan Kecamatan Labuapi yang luas lahan pertaniannya lebih besar. Hal ini dikarenakan Kecamatan Lembar didominasi oleh topografi yang bergelombang sehingga pola penanaman padi hanya dapat dilakukan satu kali dalam satu tahun. Pola penanaman satu kali padi dalam setahun ini juga dipengaruhi oleh tidak tersedia atau tidak terjangkaunya topografi bergelombang oleh aliran saluran irigasi. Atau banyak pula lahan pertanian yang mendapatkan pasokan air saat turunnya hujan sehingga tidak sepanjang tahun mendapat pasokan air yang baik. Akibatnya lahan pertanian lebih sering dimanfaatkan untuk menanam tanaman kering seperti jagung, kedelai, atau tanaman palawija lain. Berbeda dengan Kecamatan Labuapi yang memiliki topografi datar mendapatkan pasokan air yang melimpah karena terjangkau oleh saluran irigasi dan sungai. Disebabkan oleh teralirnya lahan pertanian oleh air sepanjang tahun Kecamatan Labuapi memiliki pola tiga kali tanam padi dalam setahun. Akibatnya Kecamatan Labuapi memiliki jumlah produksi yang lebih besar dibandingkan Kecamatan Lembar.



Gambar 3. Peta Produksi Beras per Satuan Pemetaan sebagian Kabupaten Lombok Barat Tahun 2014

Selain faktor fisik, faktor lain seperti keberadaan irigasi, jenis tanaman padi, dan pengolahan pertanian sangat mempengaruhi produksi pada suatu daerah. Daerah dengan topografi yang datar dengan kedekatan saluran irigasi maka rotasi tanam padi dapat dilakukan tiga kali dalam setahun. Sedangkan keberadaan daerah pertanian yang jauh dari saluran irigasi hanya dapat dua kali tanam dalam satu tahun. Selain keberadaan irigasi jenis tanaman yang digunakan juga mempengaruhi produksi, setiap jenis padi yang berbeda maka dapat memiliki ketahanan terhadap penyakit yang berbeda-beda. Berdasarkan survei jenis padi yang lebih tahan terhadap serangan penyakit yaitu jenis padi Ciliwung. Dengan penanaman jenis padi tersebut maka rasio kegagalan panen dapat dikurangi. Perlakuan yang berbeda pada tanaman padi dapat mempengaruhi produksi padi. Pertanian yang dipupuk dengan menggunakan pupuk tertentu dapat lebih meningkatkan jumlah produksi dibandingkan pertanian tanpa digunakan pupuk tersebut. Oleh sebab itu, setiap perlakuan yang berbeda dapat memiliki produksi yang berbeda. Hasil lapangan yang telah dikumpulkan selanjutnya dapat digunakan untuk menentukan tujuan utama yaitu untuk mengetahui jumlah produksi dan kemandirian pangan. Hasil produksi diperoleh berdasarkan wawancara, yang kemudian dihitung per satuan pemetaan dalam satuan ton per hektar (ton/ha).



Gambar 4. Peta Produksi Beras dan Kemandirian Pangan per Kecamatan sebagian Kabupaten Lombok Barat Tahun 2014

5. KESIMPULAN

Penginderaan Jauh dan SIG dapat digunakan untuk mendeteksi dan memetakan potensi lahan pertanian dan mengidentifikasi parameter fisik yang mempengaruhi pertanian. Kecamatan Gerung memiliki produksi beras sebesar 25.445,462 ton/tahun yang merupakan produksi terbesar dibanding Kecamatan Lembar yaitu sebesar 10.752,350 ton/tahun dan Kecamatan Labuapi sebesar 16.778,58 ton/tahun. Berdasarkan hasil produksi dibandingkan dengan kebutuhan pangannya Kecamatan Labuapi dan Gerung sudah mandiri dalam memenuhi kebutuhan pangan sedangkan Kecamatan Lembar belum mandiri.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih penulis ucapkan kepada PUSPICS UGM dan juga kepada Drs. Ibnu Rosyadi yang telah memberikan bimbingan untuk pelaksanaan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2015. <http://www.hukumonline.com> (UU No 18 Tahun 2012). Diakses pada tanggal 14 Januari 2015.
- Aronoff, S. 1989. *Geographic Information System a Management Perspective*. Ottawa : WDL Publication.
- Briggs, R. 1999. *Introduction to GIS*. BPPT : Bakosurtanal.
- Elizabeth, R. 2011. *Strategi Pencapaian Diversifikasi dan Kemandirian Pangan: Antara Harapan dan Kenyataan*. Jurnal Iptek tanaman pangan Vol 6. No 2-2011.
- Jaya, I.N. 2002. *Penginderaan Jauh Satelit untuk Kehutanan*. Bogor: Intitut Pertanian Bogor.

- John E. H dan Andersson, S.J. 2003. *Design and Implementation of Geographic Information Systems*. New Jersey : John Wiley and Sons.
- Lillesand dan Kiefer. 1990. *Penginderaan Jauh dan Interpretasi Citra*, (Alih Bahasa oleh Dulbahri). Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada Press.
- Purwadhi. 1998. *Sistem Informasi Geografis (SIG)*. Jakarta : LAPAN.
- Sitanggang, G. 2013. *Kajian Satelit Masa Depan: Sistem Penginderaan Jauh LCDM (Landsat-8)*. Peneliti Bidang Bangfatja, LAPAN.
- Soenarmo, H.S. 2009. *Penginderaan Jauh dan Pengenalan Sistem Informasi Geografi Untuk Bidang Ilmu Kebumihan*. Bandung: Insitute Teknologi Bandung.
- Sutanto. 1999. *Penginderaan Jauh Jilid II*. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada Press.
- United State Geological Survey. 2015. <http://www.usgs.gov>. Diakses pada tanggal 10 Desember 2015.
- Yusuf. 2010. *Teknologi Pengolahan Tanaman Terpadu*. Universitas Sumatera Utara.

NOTULENSI DISKUSI SESI ESTIMASI PRODUKSI DAN PENGUNAAN LAHAN

Judul Makalah:

ESTIMASI PRODUKSI PADI UNTUK MENGETAHUI TINGKAT KEMANDIRIAN PANGAN DI SEBAGIAN KABUPATEN LOMBOK BARAT

Faiz Fahmi Baihaqi, Erika Dwi Candra, Yogi Prabowo, Iis Sugiarti Ari Widayati, Valentian Sidik Wiworo

Saran: Pak Sigit (Moderator + Dosen Geografi)

PJ sudah lama dikenal tp di Lombok barat belum dilakukan penelitian esprod dg citra PJ
Data citra bisa digunakan untuk memetakan produktivitas, menghitung produksi, luas lahan, yang jika digabungkan maka akan menimbulkan kemandirian. 2 mandiri, 1 tidak mandiri dari daerah kejadian yang digunakan. Simbolisasi disesuaikan, yang mandiri hijau, yang tidak mandiri merah (seharusnya)

Pertanyaan Oleh: Ari

Padinya jenis apa ?

data iklim Ch dan suhu digunakan utk analisa tidak ?

Memetakan potensi utk beberapa komoditas pangan yang lain selain padi di Indonesia. Melihat estimasi produksi padi mauun komoditas pangan yang lain kedepannya bagaimana.

Jawaban:

Jenis padi dari citra PJ tidak bisa diidentifikasi, bisa melihat dari hasil wawancara, padi CILIWUNG, taha thd hama. Hama siput banyak disana.

Data iklim tidak digunakan → sawahnya tadah hujan/ irigasi. Data iklim CH/ suhu tidak menggunakan data tsb bisa diakurasi dg peta agroclimate untuk mengetahui berapa akurat peta ini, makanya tidak digunakan data tsb, termasuk kekurangan dr penelitian kami.

Pertanyaan Oleh: Ade (KPJ 2012)

Apakah ada acuan lahan pertanian sekian ada lahannya berapa, yg dimaksud mandiri seberapa ? standar untuk daerah tsb sudah mandiri / blm bagaimana

Jawaban:

Perhitungan dr produksi di Kec tsb jika telah mencukupi kalori. Tidak memperhatikan hal2 lainnya. Lebih menadaarkan pada produksi lokal saja, tidak memperhatikan yg interlokal.

Pertanyaan Oleh: Fitroh (KPJ 2014)

Konfersi dari gabah panen ke beras, dari data statistik atau melakukan perhitungan (dasar perhitungan siapa)?

Kemandirian, apa mendatangkan beras dr tempat lain/ tidak termasuk diperhitungkan atau tidak dalam penelitian ini ?

Jawaban:

Asumsi yg digunakan : produksi padi di lahan kecamatan di lokasi ini, tidak memperhatikan padi masuk maupun keluar.

TOPIK LAIN TERKAIT SPASIALISASI INFORMASI GEOGRAFI - 2

K6B - RUANG SIDANG 2 PUSPICS,
26 NOVEMBER 2015 (15.00 – 16.15)

064 PENGARUH RESOLUSI SPASIAL DIGITAL ELEVATION
MODEL TERHADAP KEMIRINGAN LERENG
Adi Artanto, M. Syahdan A.S.

094 APLIKASI PENGINDERAAN JAUH DAN SISTEM
INFORMASI GEOGRAFIS UNTUK PEMETAAN
KERAWANAN LONGSOR LAHAN DI KABUPATEN
TEMANGGUNG
Suryanti, Nur Mohammad Farda

PENGARUH RESOLUSI SPASIAL DIGITAL ELEVATION MODEL TERHADAP KEMIRINGAN LERENG

Adi Artanto¹, M. Syahdan A.S.²

¹ Prodi Kartografi dan Penginderaan Jauh, Fakultas Geografi UGM, Sleman, Yogyakarta 55281
Email: adi.artanto.kartografi@gmail.com

² Prodi Geofisika, Fakultas MIPA Sleman UGM, Yogyakarta 55281
Email: syahdansurya@gmail.com

ABSTRAK

Kemiringan lereng merupakan bagian dari turunan DEM atau *Digital Elevation Model* yang sering sekali digunakan. Hasil turunan dari DEM dipengaruhi langsung oleh kualitas maupun akurasi dari sebuah DEM. Resolusi spasial merupakan bagian dari faktor yang menentukan kualitas maupun akurasi suatu DEM. Penelitian ini memiliki tujuan untuk melihat pengaruh resolusi spasial dari DEM terhadap hasil turunannya yaitu kemiringan lereng. Data yang digunakan adalah kontur peta rupabumi Indonesia skala 1 : 25.000 sebagian wilayah Kulonprogo. DEM dibuat berdasarkan perbedaan nilai resolusi spasialnya yaitu 10m, 25m, 50m dan 100m. Pengujian akurasi dilakukan melalui pembuatan peta klasifikasi kemiringan lereng dan pengujian dilakukan berdasarkan pengukuran lapangan. Hasil penelitian menunjukkan resolusi spasial DEM mempengaruhi detail topografi yang digambarkan dimana detail topografi merepresentasikan kemiringan lereng suatu wilayah. Semakin tinggi resolusi spasial suatu DEM maka kedetilan topografi suatu wilayah dapat tergambarkan lebih baik dibandingkan dengan DEM dengan resolusi spasial yang rendah sehingga DEM dengan resolusi yang lebih tinggi memiliki nilai akurasi kemiringan lereng yang lebih akurat. DEM dengan resolusi spasial 10 meter memiliki nilai akurasi peta kemiringan lereng sebesar 82%, 25 meter sebesar 71 %, 50 meter sebesar 57 % dan 100 meter sebesar 46 %.

KATA KUNCI : DEM, Resolusi Spasial, Kemiringan Lereng,

1. PENDAHULUAN

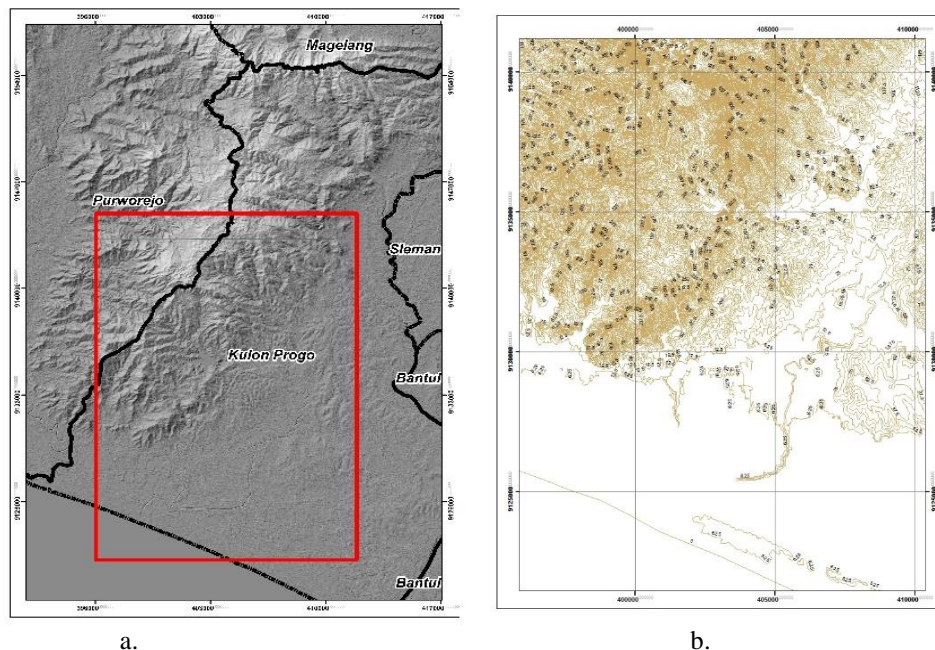
Digital Elevation Model atau yang disingkat DEM merupakan kumpulan data elevasi yang bersifat kontinyu dengan struktur data bersifat grid. Jensen (2013) menegaskan pula bahwa DEM merupakan gambaran permukaan bumi secara digital melalui data elevasi yang bersifat kontinyu. DEM sering digunakan dalam berbagai disiplin ilmu. Penggunaan DEM digunakan sebagai data primer maupun data yang diturunkan untuk menjadi informasi baru. Thompson et al (2010) menjabarkan bahwa kualitas suatu DEM akan sangat berpengaruh pada saat DEM digunakan sebagai pemodelan maupun penggunaan lainnya pada fenomena geografis.

Penjabaran sebelumnya menegaskan bahwa DEM merupakan data spasial yang sering digunakan dimana kualitas dari suatu DEM sangat berpengaruh pada hasil akhir dari output suatu DEM dalam kajian fenomena geografis. Salah satu penggunaan DEM yang sering digunakan adalah penurunan data DEM menjadi nilai kemiringan lereng. Kemiringan lereng sangat erat kaitannya dengan topografi. Binh dan Thuy (2008), Thompson et al (2001) menjelaskan bahwa resolusi spasial dan kompleksitas topografi mempengaruhi kualitas dari data DEM. Pengaruh dari kualitas DEM akan sebanding dengan hasil turunan DEM salah satunya adalah kemiringan lereng.

DEM seringkali digunakan untuk diturunkan sebagai kemiringan lereng dan nantinya digunakan sebagai data pemodelan. Kajian pengaruh resolusi spasial perlu dilakukan untuk melihat bagaimana resolusi spasial mempengaruhi hasil kemiringan lereng dari turunan data DEM. Penelitian ini bertujuan untuk melihat pengaruh resolusi spasial DEM terhadap kemiringan lereng melalui analisis kualitatif dengan melihat profil kemiringan lereng dan hasil 3 dimensi bentuk lereng dan kuantitatif melalui pengujian peta klasifikasi kemiringan lereng dengan hasil lapangan.

2. DAERAH KAJIAN

Penelitian dilakukan pada sebagian perbukitan menoreh daerah Kulonprogo atau lebih tepatnya pada wilayah DAS Serang. Daerah ini diambil karena memiliki kemiringan lereng yang cukup beragam. Daerah kajian terlihat pada gambar 1.a dan gambar 1.b menunjukkan data kontur wilayah kajian penelitian



Gambar 1. Daerah kajian dan data kontur penelitian

3. DATA DAN METODE

3.1 Data

Data yang digunakan dalam pembuatan DEM adalah data kontur peta rupabumi Indonesia dengan skala 1 : 25.000 dan kontur interval sebesar 12,5 meter. Jaringan sungai dan titik tinggi pada skala 1 : 25.000. Pengujian hasil peta kemiringan lereng dilakukan dengan data hasil lapangan melalui hasil pengukuran kemiringan lereng menggunakan abney level

3.2 Metode

3.2.1 Pembuatan DEM

Pembuatan DEM dilakukan dengan menggunakan interpolasi *topo to raster*. Pembuatan DEM dilakukan dengan membaginya menjadi resolusi spasial yang berbeda-beda. Resolusi spasial dibuat menjadi empat yaitu 10 meter, 25 meter, 50 meter dan 100 meter

Perhitungan RMSE

Perhitungan akurasi DEM dilakukan melalui persamaan berikut

$$RMSE = \sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{(Z_{ground\ i} - Z_{dem\ i})^2}{n-1}} \quad 1$$

RMSE = Root Mean Square Error
 $Z_{ground\ i}$ = elevasi ground pada titik i
 $Z_{dem\ i}$ = elevasi DEM pada titik i
 n = jumlah titik

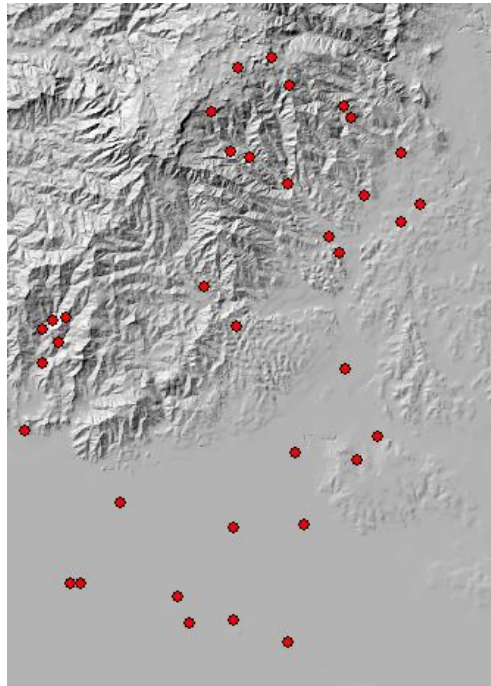
3.2.2 Pembuatan Kemiringan Lereng

Pembuatan kemiringan lereng dilakukan menggunakan software ArcGIS 10.2 dimana nilai output kemiringan lereng yang dihasilkan memiliki unit analisis perhitungan satuan piksel. Kemiringan lereng

kemudian diklasifikasi menggunakan klasifikasi lereng menurut Van Zuidam dan Canclado (1979) sebanyak 9 kelas yaitu, 0-2%, 3-7%, 8-13%, 14-20%, 21-55%, 56-140%, dan >140%

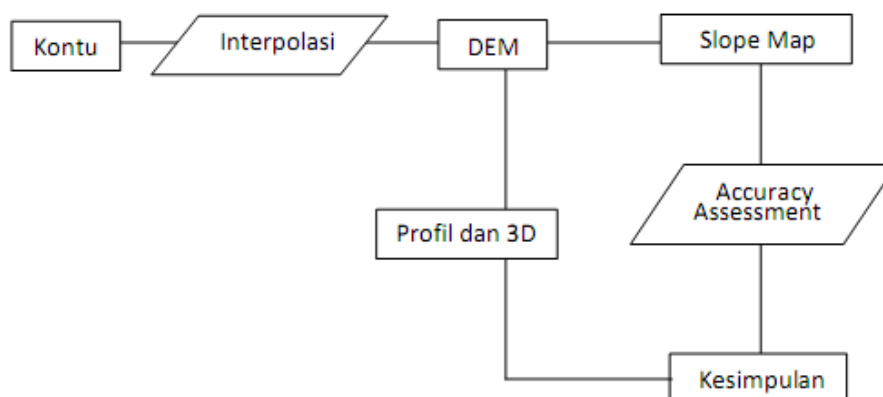
3.2.3 Perhitungan Akurasi Peta Klasifikasi Kemiringan Lereng

Peta kemiringan lereng yang telah dibuat digunakan sebagai data dalam pengujian akurasi. Perhitungan akurasi merujuk pada Mather (2004) dalam perhitungan akurasi keseluruhan.



Gambar 2. Sampel pengukuran lapangan

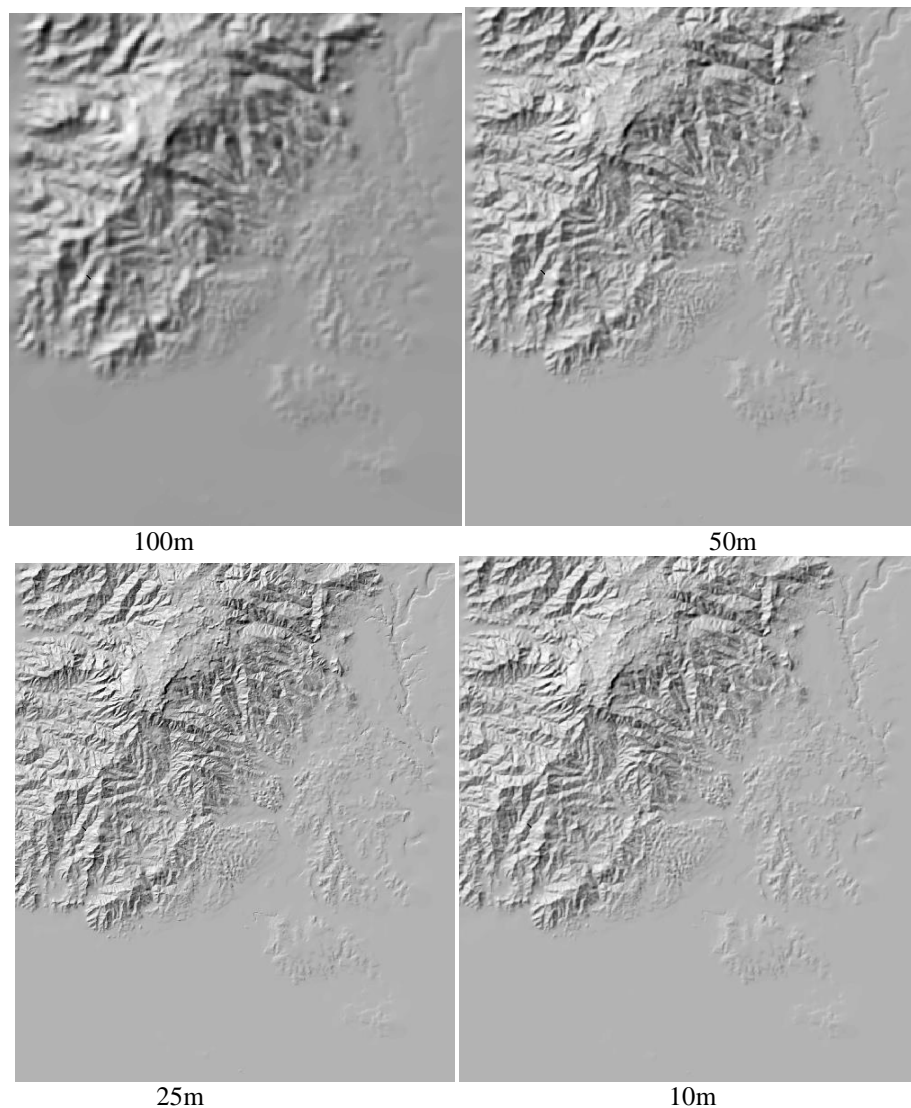
Secara umum langkah kerja dalam penelitian ini diilustrasikan dengan gambar 2 berikut:



Gambar 2. Diagram alir penelitian

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

DEM yang dihasilkan ditunjukkan pada gambar 3. Hasil *hillshade* pada tiap-tiap DEM yang memiliki resolusi spasial memiliki perbedaan dalam menampilkan detail topografi. Pada DEM dengan resolusi spasial yang tinggi atau 10 meter, detail topografi tergambar dengan sangat baik. Semakin rendah nilai resolusi spasial DEMnya maka gambaran topografi wilayah semakin kurang tergambar dengan baik. Pada DEM dengan resolusi spasial 100 m, detail topografi yang tergambar sangat halus dan tidak tergambar dengan sangat jelas.



Gambar 3. Hillshade DEM 4 resolusi spasial berbeda

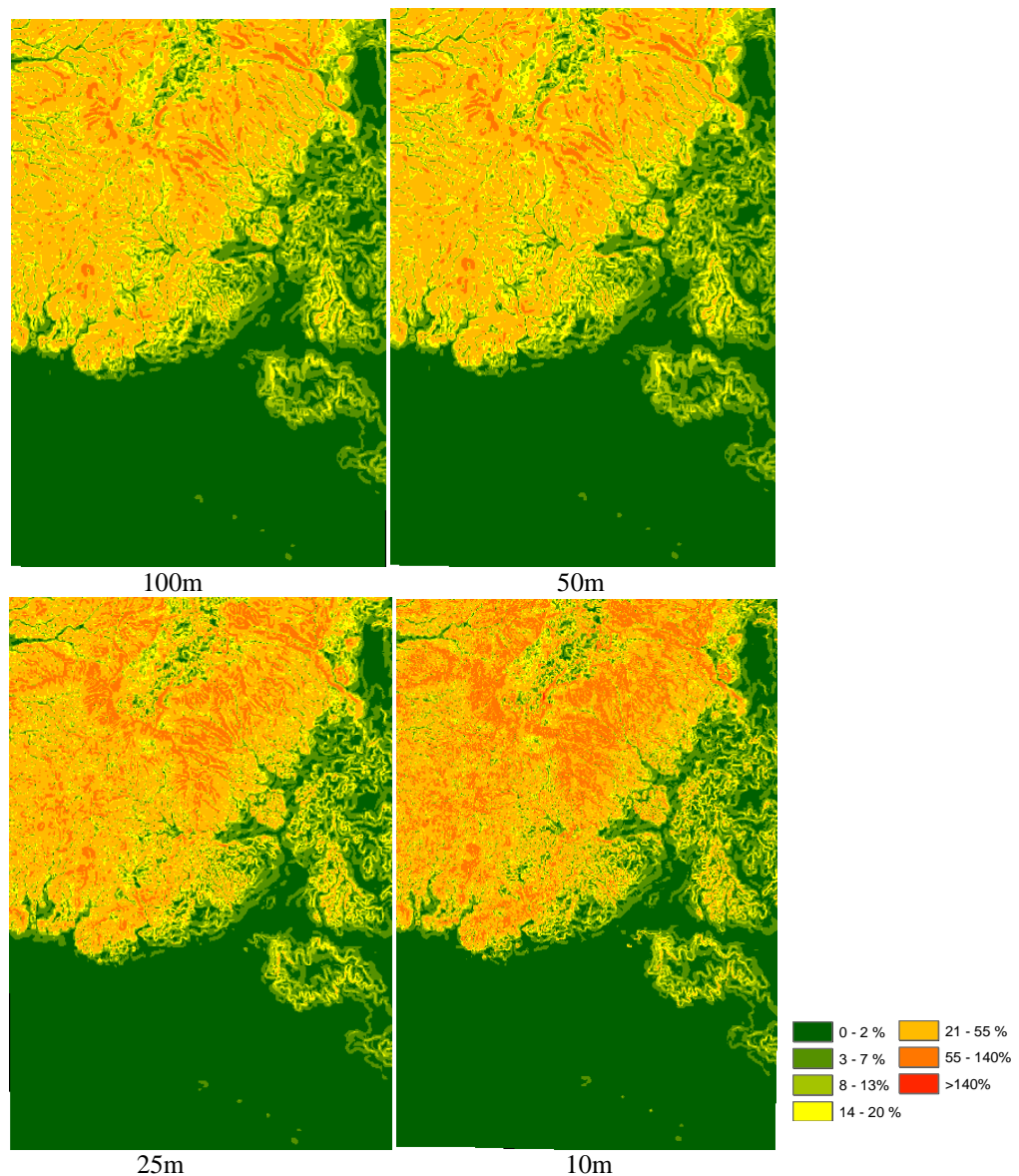
Hasil nilai kemiringan lereng maksimal dan minimal ditunjukkan pada table 2. Semakin tinggi nilai resolusi spasial dalam penelitian nilai lereng maksimumnya akan lebih tinggi. Pada DEM dengan resolusi spasial 10 meter hasil nilai slope maksimal adalah 170 %, 25% bernilai 113 %, 50m bernilai 87%, dan 100m bernilai 67%. Pada hasil pengukuran lapangan nilai kemiringan pada suatu titik sampel didapatkan nilai kemiringan lereng maksimum yaitu 119%. Pada DEM dengan resolusi spasial 87 % dan 67 % tidak mencapai nilai kemiringan lereng hasil pengukuran lapangan.

Tabel 1. Hasil kemiringan lereng

Resolusi	% <i>slope</i> Maks	% <i>slope</i> Min
10m	180%	0
25m	120%	0
50m	87%	0
100m	67%	0

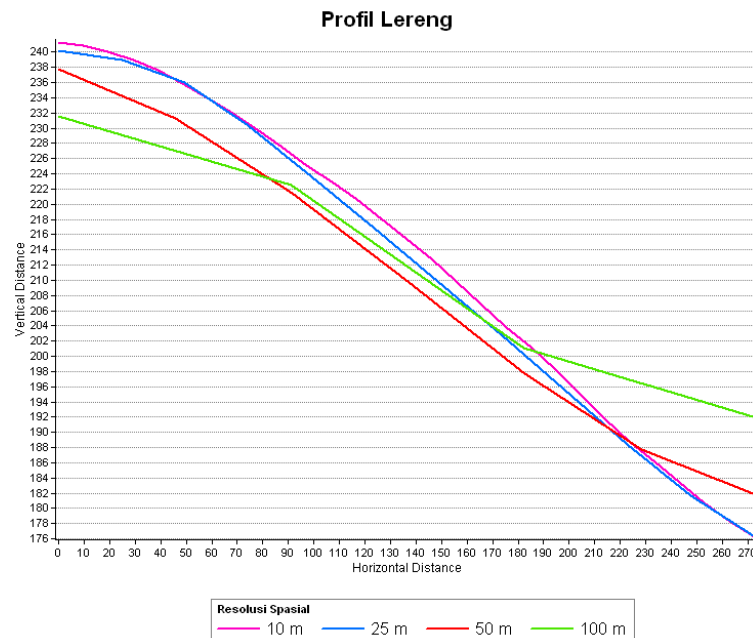
Gambar 4 menunjukkan kemiringan lereng hasil klasifikasi Van Zuidam dan Cancelado (1979) sebanyak 7 kelas kemiringan lereng. Hasil kemiringan lereng pada DEM dengan resolusi 100m dan 50m kemiringan lereng pada bagian utara dan barat didominasi oleh kelas 5 dengan nilai 21-55% dan sedikit kelas 6 yaitu 55 – 140% berbeda dengan hasil kemiringan lereng DEM dengan resolusi spasial 25m dan 10m. Kemiringan lereng kedua nya didominasi oleh kelas 6 pada bagian utara dan timur. DEM dengan resolusi spasial 10 m menggambarkan kemiringan lereng pada kelas 6 terdistribusi dengan banyak.

Bagian selatan didominasi oleh kemiringan lereng pada kelas 1 yaitu 0-2%. Keempat DEM dengan 4 resolusi spasial yang berbeda sama-sama menghasilkan sebaran nilai kemiringan lereng yang serupa yaitu kelas 1. Hasil kemiringan lereng berbanding lurus dengan detil topografi terlihat pada gambar 3 melalui hillshade. Pada DEM dengan resolusi spasial yang rendah informasi topografi tidak tergambar begitu jelas jika dibandingkan DEM dengan resolusi spasial yang tinggi. Kehilangan informasi detil topografi tersebut mengakibatkan kehilangan beberapa bentukan-bentukan topografi yang menggambarkan nilai kemiringan lereng suatu wilayah



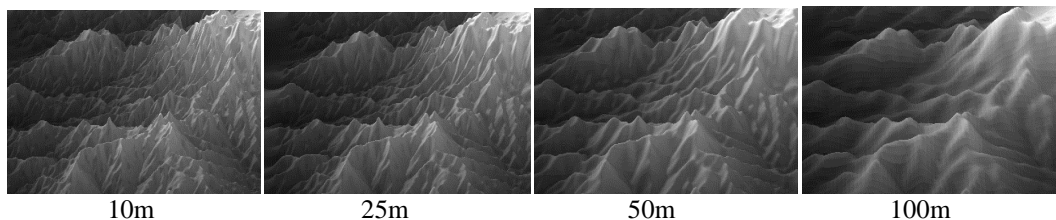
Gambar 4. Kemiringan Lereng 4 DEM resolusi spasial berbeda

Profil penampang melintang salah satu lereng digambarkan pada gambar 5. Pada lereng dengan resolusi spasial 100 dan 50 meter tidak tergambar dengan halus hanya berupa garis-garis patah. Berbeda dengan profil pada lereng dengan resolusi spasial 10 dan 25 meter, lereng tergambar dengan halus. Hal ini disebabkan oleh resolusi yang terlalu besar pada DEM dengan resolusi 100 dan 50 meter dimana nilai elevasi direpresentasikan oleh piksel luasan 100 dan 50 meter berbeda dengan nilai resolusi yang lebih tinggi.



Gambar 5. Profil penampang melintang

Perbedaan resolusi spasial mempengaruhi kedetilan topografi juga dibuktikan dengan hasil 3dimensi. Pada DEM dengan resolusi spasial yang tinggi detil topografi terlihat secara jelas melalui tampilan 3 dimensi gambar 6, semakin kecil nilai resolusinya detil topografi dan lerengnya semakin tergambar secara general atau ada beberapa informasi lereng yang hilang



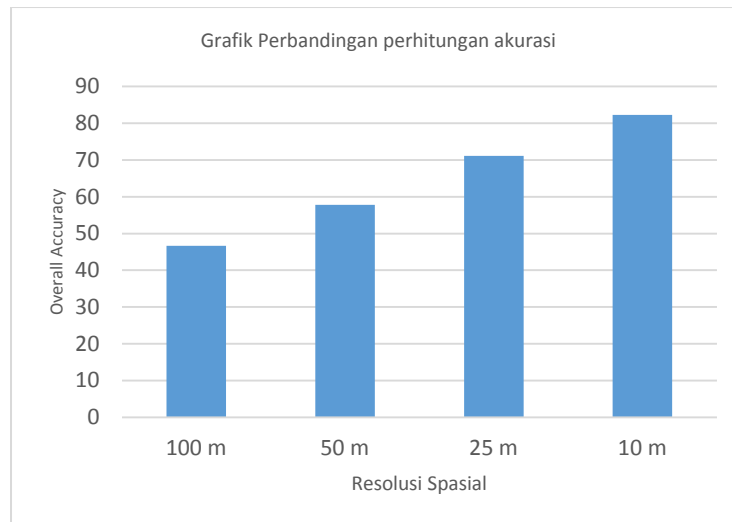
Gambar 6. Hasil 3 dimensi DEM 4 resolusi berbeda

Hasil perhitungan RMSE dari DEM ditampilkan pada table 3. Hasil perhitungan RMSE dilakukan dengan membandingkan 202 titik Z ground. Hasil RMSE menunjukkan semakin tinggi resolusi spasial DEMnya semakin rendah nilai RMSEnya.

Tabel 6. Nilai RMSE

Resolusi DEM	RMSE (meter)
10 m	21,1386
25 m	26,6502
50 m	37,5054
100 m	46,3396

Hasil perhitungan akurasi 36 titik kemiringan lereng melalui pengujian data dilapangan sebanding dengan nilai resolusi spasialnya. Semakin tinggi nilai resolusi spasial nilai akurasi dari peta kemiringan lereng juga menjadi lebih besar. DEM dengan resolusi spasial 10 meter merupakan DEM yang menghasilkan nilai kemiringan lereng dengan nilai akurasi terbaik yaitu 82%, sedangkan DEM dengan resolusi spasial terkecil yaitu 100 meter menghasilkan nilai akurasi terkecil yaitu 46 %. DEM dengan resolusi spasial 50 meter sebesar 57 % dan 25 meter sebesar 71 %.



Gambar 7. Grafik perhitungan hasil akurasi

5. KESIMPULAN

Hasil penilaian menunjukkan resolusi spasial berpengaruh terhadap keakuratan informasi turunan DEM khususnya kemiringan lereng. DEM dengan resolusi spasial yang tinggi memiliki nilai akurasi kemiringan lereng yang lebih tinggi dibandingkan DEM dengan resolusi spasial yang rendah. Semakin rendah resolusi spasial hasil penelitian menunjukkan nilai akurasi akan semakin rendah. Hal ini disebabkan karena resolusi spasial memberikan pengaruh terhadap akurasi suatu DEM. DEM dengan Resolusi spasial yang tinggi memiliki informasi kedetilan topografi yang lebih baik dibandingkan dengan DEM dengan resolusi spasial yang rendah. Kedetilan topografi pada DEM dengan resolusi yang tinggi lebih mendekati bentuk asli permukaan bumi dibandingkan DEM dengan resolusi spasial yang rendah.

DAFTAR PUSTAKA

- Artanto, A. 2015, *Perbandingan Metode Interpolasi terhadap Variansi Relief dalam Pembuatan Digital Elevation Model* sebagian wilayah Jawa Timur, skripsi, Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta
- Binh, T. Q., dan N. T. Thuy, (2008). *Assessment of Techniques on The Accuracy of Digital Elevation Model*, Journal of Scinces, Vol. 24, pp 176-183
- Danoedoro, P. (2012). *Pengantar Penginderaan Jauh Digital*. Penerbit ANDI, Yogyakarta
- Jensen, J dan Jensen R. 2013, *Introductory Geographic Information Systems*, Pearson, United State of America
- Jin Li dan Heap A, 2008. *A Review of Spatial Interpolation Methods for Environmental Scientist*. Geoscience Australia, Canberra
- Li, Z, Zhu, Q dan Gold C. 2004, *Digital Terrain Modelling Principle and Methodology*. CRC Press, Florida
- Thompson, et al (2001), *Digital Elevation Model Resolution: Effect of Terrain Attribute Calculation and Quantitative Soil-Landscape Modeling*. Geoderma 100 (2001) 67-89
- Van Zuidam, R.A. 1986. *Aerial photo-interpretation in terrain analysis and geomorphological mapping*. Smits Publisher, The Hague, 442 pp.

APLIKASI PENGINDERAAN JAUH DAN SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS UNTUK PEMETAAN KERAWANAN LONGSOR LAHAN DI KABUPATEN TEMANGGUNG

Suryanti¹ dan Nur Mohammad Farda²

¹ Prodi Kartografi dan Penginderaan Jauh, Fakultas Geografi UGM, Sekip Utara, Sleman, Yogyakarta 55281
Email: suryanti93@ugm.ac.id

² PUSPICS Fakultas Geografi UGM, Sekip Utara, Sleman, Yogyakarta 55281
Email: farda@geo.igm.ac.id

*Corresponding author: suryanti@ugm.ac.id

ABSTRAK

Longsorlahan merupakan gerakan massa tanah yang menurun lereng akibat gravitasi atau faktor pemicu lain seperti faktor fisik dan faktor manusia. Longsorlahan banyak terjadi karena pengaruh curah hujan, aktivitas manusia dan kondisi lahan (lahan kritis). Lahan kritis yang ada di Jawa Tengah salah satunya berada di Kabupaten Temanggung. Informasi spasial kerawanan longsorlahan di Kabupaten Temanggung yang ada masih general. Penelitian ini bertujuan untuk (1) Mengkaji kemampuan data penginderaan jauh untuk mengekstraksi faktor yang mempengaruhi longsorlahan, (2) Memetakan tingkat kerawanan longsorlahan berdasarkan aspek fisik dengan menggunakan data analisis penginderaan jauh dan sistem informasi geografis, dan (3) Mendeskripsikan faktor dominan yang mempengaruhi kerawanan longsorlahan di Kabupaten Temanggung. Penelitian ini menggunakan metode Anbalagan dengan modifikasi. Parameter longsorlahan yang digunakan antara lain: kemiringan lereng, relief relatif, penutup lahan, kebasahan lahan, litologi dan curah hujan. Data yang digunakan untuk mengekstraksi keenam parameter longsorlahan yaitu Citra SRTM resolusi 30 meter, Citra Landsat 8, Peta Geologi dan data curah hujan Kabupaten Temanggung. Akurasi citra penginderaan jauh yang digunakan masing-masing 80 % untuk Citra SRTM dan 88% untuk Citra Landsat 8. Hasil pemetaan kerawanan longsorlahan di Kabupaten Temanggung terdiri dari 4 pengkelasan utama dominan kerawanan tinggi seluas 63672.6 ha. Tingkat kerawanan longsorlahan di Kabupaten Temanggung dipengaruhi oleh kemiringan lereng.

KATA KUNCI: kerawanan, longsorlahan, Anbalagan dengan modifikasi

1. PENDAHULUAN

Longsorlahan merupakan perpindahan material pembentuk lereng berupa batuan, bahan rombakan, tanah atau mineral campuran tersebut, bergerak ke bawah atau keluar lereng akibat adanya gangguan (Dikau, 1996). Longsorlahan banyak terjadi baik karena faktor internal dan faktor eksternal. Faktor internal misalnya kondisi lahan seperti lahan kritis, faktor eksternal misalnya curah hujan.

Lahan kritis di Provinsi Jawa Tengah seluas 484.742,60 Ha. Salah satu wilayah di Jawa Tengah yang termasuk ke dalam lahan kritis yaitu Kabupaten Temanggung, letaknya di lereng Gunung Sindoro dan Gunung Sumbing. Kejadian longsorlahan banyak terjadi di Kabupaten Temanggung memasuki musim awal. Longsorlahan banyak melanda daerah perbukitan di tropis basah (Hary Christady H, 2006). Bencana tersebut biasanya terjadi di lereng gunung Sindoro-Sumbing dan Prau.

Penelitian ini bertujuan untuk (1) Mengkaji kemampuan data penginderaan jauh untuk mengekstraksi faktor yang mempengaruhi longsorlahan, (2) Memetakan tingkat kerawanan longsorlahan berdasarkan aspek fisik dengan menggunakan data analisis penginderaan jauh dan sistem informasi geografis, dan (3) Mendeskripsikan faktor dominan yang mempengaruhi kerawanan longsorlahan di Kabupaten Temanggung.

Rawan bencana adalah kondisi atau karakteristik geologis, biologis, hidrologis, klimatologis, geografis, sosial, budaya, politik, ekonomi, dan teknologi pada suatu wilayah untuk jangka waktu tertentu yang mengurangi kemampuan mencegah, meredam, mencapai kesiapan, dan mengurangi kemampuan untuk menanggapi dampak buruk bahaya tertentu (UU No. 24 Tahun 2007). Berbagai macam metode untuk pemetaan kerawanan longsorlahan diantaranya: metode Anbalagan, metode Geolistrik, metode Geodetik, metode Fuzzy Logic, metode analisis statistik multivariate, dan lain-lain. metode yang dianggap cocok untuk pemetaan kerawanan longsorlahan adalah Anbalagan dengan modifikasi. Parameter yang digunakan antara lain: kemiringan lereng, relief relatif, penutup lahan, kebasahan tanah, litologi dan curah hujan.

a. Kemiringan Lereng

Sudut kemiringan lereng merupakan sudut yang terbentuk antara bidang normal dengan bidang permukaan tanah. Besar kecilnya kemiringan lereng di suatu tempat dipengaruhi oleh sejarah proses geomorfologi. Longsorlahan umumnya dapat terjadi pada wilayah berlereng (Sumiyatinah dan Yohanes (2000). Makin tinggi kemiringan lerengnya akan semakin besar potensi longsorlahannya. Parameter kemiringan lereng diekstraksi dari data penginderaan jauh berupa citra SRTM dengan resolusi spasial 30 meter. Pengkelasan kemiringan lereng menurut Anbalagan (1992) seperti pada tabel 1.

b. Relief Relatif

Relief relatif merupakan besaran yang menunjukkan kekasaran morfologi permukaan suatu daerah. Nilai relief relatif di dasarkan selisih antara puncak tertinggi dengan lembah. Satuan relief relatif berupa facet-facet kecil. Penentuan facet-facet kecil berdasarkan perbedaan face slope dan face elevation. Face elevation adalah bidang permukaan datar dan miring yang dibatasi face slope. Sedangkan face slope adalah permukaan dari tekuk lereng. Parameter relief relatif diekstraksi dari citra penginderaan jauh yaitu citra SRTM resolusi spasial 30 meter. Pengkelasan relief relatif yang digunakan menurut Anbalagan (1992) seperti tabel 2.

Tabel 1. Pengkelasan Kemiringan Lereng

Kemiringan (°)	Harkat	Keterangan
> 45	2,00	Sangat terjal
36-45	1,70	Terjal
26-35	1,20	Sedang
16-25	0,80	Landai
< 16	0,50	Sangat landai

Tabel 2. Pengkelasan Relief Relatif

Kelas Reliaf	Relief Relatif (m)	Harkat
Rendah	<100	0,3
Sedang	100-300	0,6
Tinggi	>300	1,0

c. Penutup Dan Penggunaan Lahan

Karnawati (2003) menyatakan bahwa pemanfaatan lahan dapat menjadi faktor pengontrol gerakan tanah dan meningkatkan resiko gerakan tanah karena pemanfaatan lahan akan berpengaruh pada tutupan lahan (land cover) yang ada. Tutupan lahan dalam bentuk tanaman-tanaman hutan akan mengurangi erosi. Adapun tutupan lahan dalam bentuk permukiman, sawah dan kolam akan rawan terhadap erosi, lebih-lebih lahan tanpa penutup akan sangat rawan terhadap erosi yang akan mengakibatkan gerakan tanah. Pengkelasan penutup dan penggunaan lahan seperti tabel 3.

Faktor vegetasi berpengaruh terhadap longsorlahan melalui akar dan kegiatan biologis yang berhubungan dengan pertumbuhan vegetatif dan pengaruhnya terhadap stabilitas struktur dan porositas tanah, dan transpirasi yang mengakibatkan kandungan air tanah berkurang. Suatu vegetasi penutup tanah yang baik seperti rumput yang tebal atau rimba yang lebat akan menghilangkan pengaruh hujan dan topografi terhadap longsorlahan. Oleh karena kebutuhan manusia akan pangan, sandang dan pemukiman semua tanah tidak dapat dibiarkan tertutup hutan dan padang rumput (Arsyad, 1989). Parameter penutup lahan diekstraksi dari data penginderaan jauh berupa citra Landsat 8 dengan transformasi NDVI (Normalized Differece Vegetation Index).

d. Kebasahan Tanah

Kebasahan tanah (soil wetness) diartikan sebagai bagian air di dalam tanah yang dinyatakan per massa atau volume tanah. Jenis kebasahan tanah yang biasa digunakan antar lain kering, lembab, basah, jenuh dan merembes. Parameter kebasahan tanah diekstraksi dari data penginderaan jauh berupa citra Landsat 8 dengan metode transformasi NDWI (Normalized Differece Wetness Index). Pengkelasan kebasahan lahan menurut Anbalagan (1992) seperti tabel 4.

Tabel 3. Pengkelasan Penutup Lahan

Penutup lahan	Harkat
Tanah pertanian dan permukiman	0,65
Area tertutup hutan lebar	0,8
Area tertutup tumbuhan tidak terlalu lebat	1,2
Area jarang tertutup tumbuhan	1,5
Lahan kosong	2,0

Tabel 4. Pengkelasan Kebasahan tanah

Kebasahan Tanah	Harkat
Kering	0,0
Lembab	0,2
Basah	0,5
Jenuh	0,8
Merembes	1,0

e. Litologi

Litologi atau tipe batuan sangat penting untuk mengontrol kestabilan lereng. Kondisi litologi menggambarkan jenis batuan yang ada di suatu wilayah. Jenis litologi berpengaruh terhadap kemungkinan suatu lereng untuk longsor. Misalnya batu gamping, kuarsa dan batuan beku termasuk ke dalam jenis batuan yang resisten dan kompak sehingga sulit terjadi longsor. Berbeda dengan batu pasir yang lebih mudah tererosi dan juga mudah longsor.

Litologi adalah faktor yang sangat berperan dalam mempengaruhi kejadian longsor di suatu daerah. Faktor yang berperan dalam litologi adalah kekerasan dan kesolidan dari material yang menyusun litologi tersebut. Parameter litologi diekstraksi dari Peta Geologi Lembar Magelang-Semarang. Pengkelasan litologi menurut Anbalagan (1992) seperti tabel 5.

f. Curah Hujan

Curah hujan merupakan faktor eksternal yang sangat berpengaruh terhadap longsor. Pengaruh curah hujan dalam mengasikkan longsor adalah sesuatu yang jelas, meskipun sangat sulit untuk menjelaskan secara tepat (Blong dan Dunkerley, 1976). Kesulitan ini muncul karena curah hujan hanya mempengaruhi stabilitas lereng secara tidak langsung terhadap kondisi air-pori di dalam material pembentuk lereng. Kemudian Caine (1980) menggunakan istilah “pengaruh memicu” curah hujan terhadap longsor. Pengkelasan curah hujan menurut Anbalagan et.al (2008) dengan modifikasi seperti tabel 6. Parameter curah hujan diturunkan dari data curah hujan tahunan Kabupaten Temanggung tahun 2011-2013.

Tabel 5. Pengkelasan Litologi

Litologi	Harkat
Kuarsit dan batugamping	0,2
Granit, gabbro	0,3
Gneiss	0,4
Batuan sedimen dominan batu pasir tersemen dengan baik	1,0
Batuan sedimen dominan batu pasir tidak tersemen dengan baik	1,3
Sabak dan filit	1,2
Sekis	1,3
Serpih berselingan dengan batu lempung	1,8
Serpih, filit dan sekis yang sudah lapuk	2,0

Tabel 6. Pengkelasan Curah Hujan

Rata-rata curah hujan (cm)	Harkat
<50	0,8
51 – 100	1,2
101- 150	1,6
>150	2,0

Tabel 7. Pengkelasan Kerawanan longsor

Tingkat Kerawanan	Nilai TEHD
I	< 3,5
II	3,5 – 5
III	5,1 – 6
IV	6,1 – 7,5
V	> 7,5

Keenam parameter yang digunakan yaitu kemiringan lereng, relief relatif, penutup lahan, kebasahan tanah, litologi dan curah hujan kemudian dilakukan pengkelasan LHEF (Land hazard Evaluation Factor). Pengkelasan LHEF akhir untuk mendapatkan tingkat kerawanan longsor lahan di Kabupaten Temanggung berdasarkan metode Anbalagan (1992) seperti pada tabel 7.

2. STUDI AREA

Penelitian ini dilakukan di seluruh Kabupaten Temanggung, Provinsi Jawa Tengah. Wilayah kajian seperti pada gambar 1.



Gambar 1. Lokasi Penelitian

3. METODE PENELITIAN

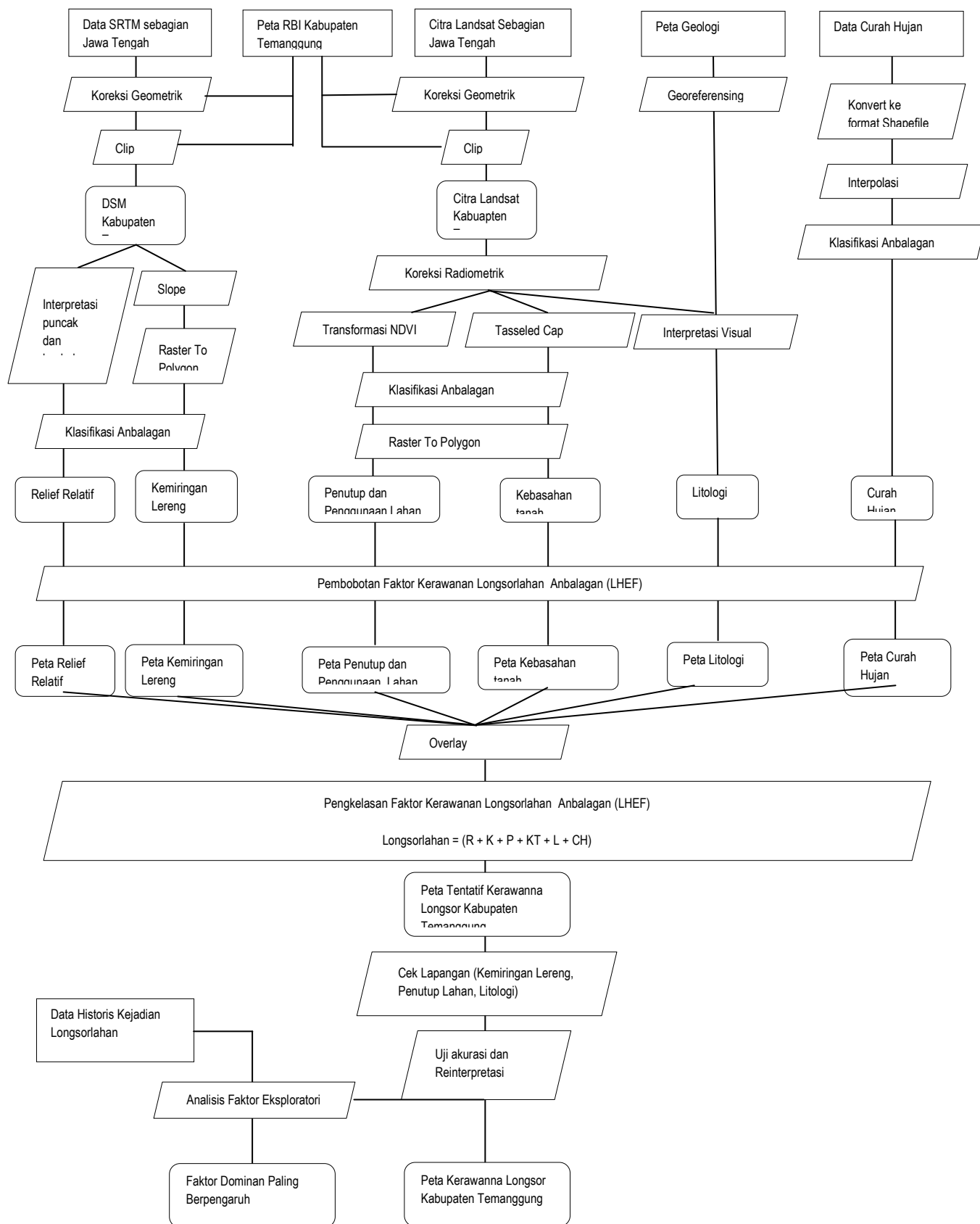
Metode yang digunakan untuk pemetaan kerawanan longsorlahan di Kabupaten Temanggung yaitu Anbalagan dengan modifikasi. Secara umum terdapat 4 tahap penelitian yaitu tahap persiapan, tahap pengolahan, tahap lapangan dan tahap pascalapangan.

Tahap persiapan meliputi persiapan alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini. Bahan utama yang digunakan dalam penelitian yaitu: citra landsat 8, citra SRTM resolusi spasial 30 meter, peta geologi dan data curah hujan. Tahap pengolahan meliputi ekstraksi data input menjadi parameter longsorlahan. Sumber data dan cara pengolahan dapat dilihat pada tabel 8.

Tabel 8. Tabel Sumber Data dan Pengolahan

Parameter	Penginderaan Jauh	Data Sekunder	Lapangan	SIG
Kemiringan	√		√	√
Lereng				
Relief Relatif	√			√
Penutup Lahan	√		√	√
Kebasahan tanah	√			√
Litologi		√	√	√
Curah hujan		√		√

Secara keseluruhan diagram alir penelitian yang digunakan dalam penelitian seperti pada gambar 2.



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Kontribusi penginderaan jauh untuk pemetaan kerawanan longsorlahan di Kabupaten Temanggung adalah mengekstraksi parameter kemiringan lereng, relief relatif, penutup lahan dan kebasahan tanah. data penginderaan jauh yang digunakan berupa citra landsat dan citra SRTM resolusi 30 meter. Hasil akurasi citra Landsat 8 dan citra SRTM resolusi 30 meter masing-masing 80% dan 88% seperti tabel 9 dan tabel 10. Hasil akhir parameter kerawanan longsor lahan sebagai berikut:

Tabel 9. Akurasi Citra SRTM dari data kemiringan lereng

		Lapangan					Jumlah	Producer Accuration (%)	Erros Ommision (%)
		< 15	15 - 25	25 - 35	35 - 45	>45			
Citra	< 15	15	3	2			20	75	25
	15 - 25		6			2	8	75	25
	25 - 35			4	1		5	80	20
	35 - 45				7	2	9	77.77778	22.22222
	>45					8	8	100	0
Jumlah		15	9	6	8	12	50		
User Accuration (%)		100	66.66667	66.66667	87.5	66.66667		80	
Error Commision (%)		0	33.33333	33.33333	12.5	33.33333			

Tabel 10. Akurasi Citra Landsat 8 dari data penutup dan penggunaan lahan

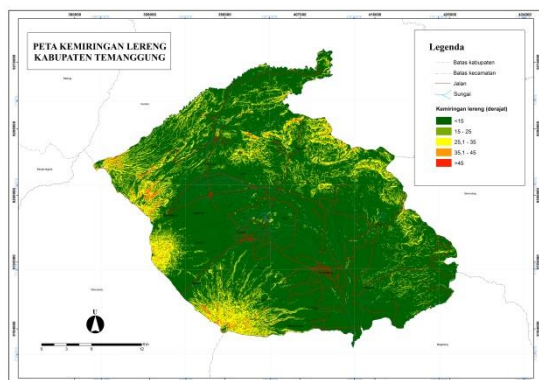
		Lapangan				Jumlah	Producer Accuration (%)	Erros Ommision (%)
		Pemukiman dan Pertanian	Area Jarang Tertutup Tumbuhan	Area Tertutup Tumbuhan Tidak Terlalu Lebat	Area Tertutup Hutan Lebat			
Citra	Pemukiman dan Pertanian	4				4	100	0
	Area Jarang Tertutup Tumbuhan		2			2	100	0
	Area Tertutup Tumbuhan Tidak Terlalu Lebat	1		24		25	94	4
	Area Tertutup Hutan Lebat				5	14	73.68421	26.31479
	Jumlah	5	2	29	14	50		
User Accuration (%)		80	100	82.75862	100		88	
Error Commision (%)		20	0	17.24138	0			

a. Kemiringan Lereng

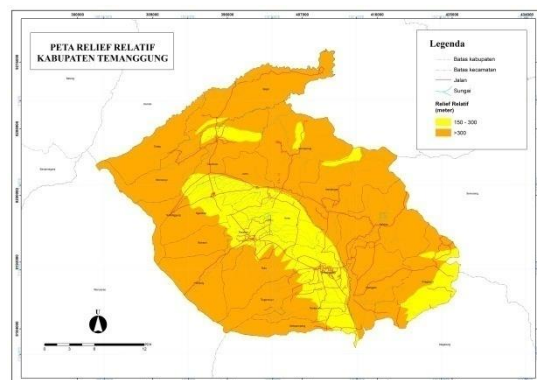
Kemiringan lereng di kabupaten Temanggung di dominasi <15° yang merata di bagian tengah Kabupaten Temanggung seperti pada gambar 3. Selain itu lereng terjal berada di lereng Gunung Sindoro dan Gunung Sumbing serta perbukitan yang ada di bagian timur dan utara wilayah Kabupaten Temanggung. Akurasi Citra SRTM sebesar 80%.

b. Relief Relatif

Hasil pengkelasan relief relatif dengan memperhatikan face slope dan face elevation, Kabupaten Temanggung termasuk ke dalam 2 kelas yaitu relief relatif 150-300 meter dan >300 meter seperti gambar 4. Kabupaten Temanggung di dominasi oleh relief relatif > 300 meter.



Gambar 3. Peta Kemiringan Lereng



Gambar 4. Peta Relief Relatif

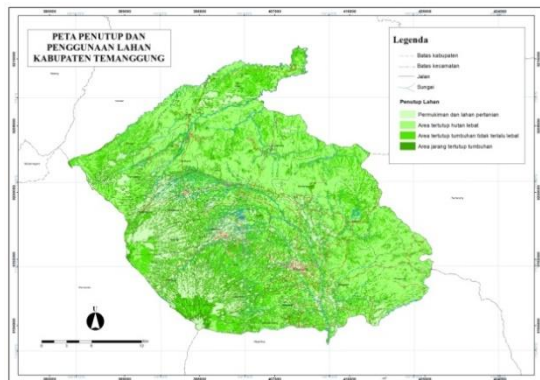
c. Penutup dan Penggunaan Lahan

Penutup dan Penggunaan lahan yang dominan di Kabupaten Temanggung adalah area tertutup vegetasi sedang berupa kebun seperti gambar 5. Penutup dan penggunaan lahan diekstraksi dari citra Landsat 8 dengan menggunakan metode transformasi NDVI. Alasan menggunakan metode ini karena pengkelasan penutup lahan

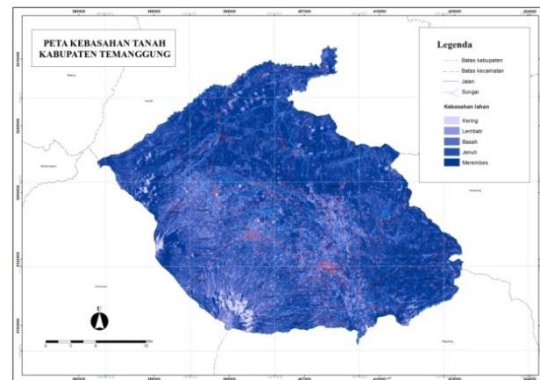
berdasarkan kerapatan vegetasi dan transformasi ini mampu membedakan tingkat kerapatan vegetasi. Tingkat akurasi Citra Landsat 8 untuk ekstraksi parameter penutup dan penggunaan lahan sebesar 88 %.

d. Kebasahan Tanah

Kebasahan tanah menggambarkan kandungan air di dalam tanah. Metode yang digunakan untuk mendapatkan nilai kebasahan tanah yaitu transformasi NDWI yang kemudian dikelaskan dengan menggunakan metode klasifikasi unsupervised. Peta kebasahan tanah Kabupaten Temanggung seperti pada gambar 6.



Gambar 5. Peta Penutup dan Penggunaan Lahan



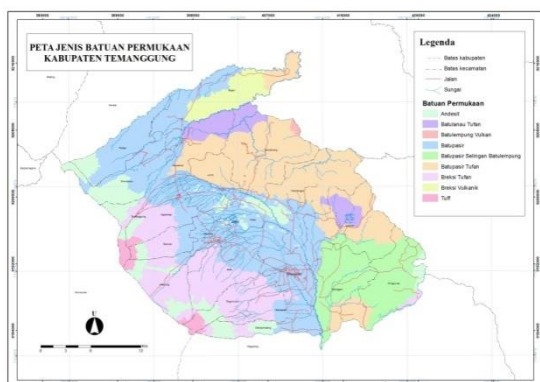
Gambar 6. Peta Kebasahan Tanah

e. Litologi

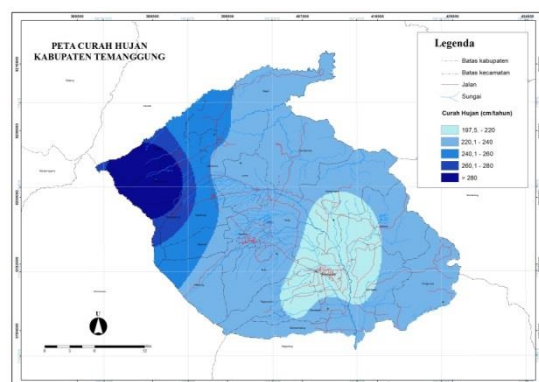
Kabupaten Temanggung di dominasi oleh litologi jenis batuan permukaan berupa batupasir vulkanik gunung api baik yang terkonsolidasi dengan baik yang belum terkonsolidasi dengan baik seperti pada gambar 7. Tingkat kerawanan longsorlahan dipengaruhi oleh kekerasan dan kesolidan batuan. Semakin keras dan solid maka batuan semakin tidak rawan longsorlahan. Berikut peta litologi wilayah Kabupaten Temanggung.

f. Curah Hujan

Curah hujan merupakan faktor eksternal yang menjadi penggerak terjadinya longsorlahan. Hasil pengkelasan Kabupaten Temanggung termasuk ke dalam kelas dengan curah hujan >150cm/tahun. Curah hujan tinggi di Kabupaten Temanggung karena pengaruh ketinggian tempat dan juga topografi wilayahnya. Peta curah hujan Kabupaten Temanggung ditunjukkan pada gambar 8.



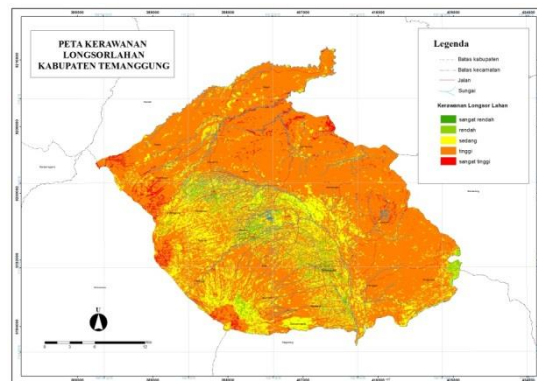
Gambar 7. Peta Batuan Permukaan



Gambar 8. Peta Curah Hujan

Ke enam parameter yang digunakan kemudian dilakukan pengkelasan LHEF untuk mendapatkan peta tingkat kerawanan longsorlahan seperti gambar 9. Hasil pengkelasan kerawanan longsor lahan, Kabupaten Temanggung di dominasi oleh kerawanan tinggi pada bagian utara dan timur yang merupakan wilayah perbukitan. Selain itu juga berada di lereng Gunung Sindoro dan lereng Gunung Sumbing. Berikut masing-masing tingkat kerawanan longsorlahan dengan luasnya: tingkat kerawanan rendah dengan luas 3324.7 Ha yang tersebar di Kecamatan Ngadirejo, Jumo, Parakan, Temanggung, Selopampang, dan bagian timur Pringsurat; tingkat kerawanan sedang 18202.3 Ha yang tersebar di Kecamatan Ngadirejo, Bansari, Kledung, Parakan, Kedu, Tlogomulyo, Bulu, Tembarak, Temanggung, Selopampang dan Kandangan; tingkat kerawanan tinggi seluas 63672.6 Ha yang tersebar di Kecamatan Tretep, Wonoboyo, Candoroto, Bejen, Jumo, Gemawang,

Kandangan, Kaloran, Kranggan, Pringsurat; dan tingkat kerawanan sangat tinggi seluas 1714.62 Ha yang tersebar di Kecamatan Wonobojo, Bejen, Gemawang dan Kecamatan Kaloran.



Gambar 9. Peta Kerawanan Longsorlahan

Salah satu dari enam parameter yang digunakan merupakan faktor yang dominan mempengaruhi longsorlahan di Kabupaten Temanggung. Berdasarkan analisis statistik yang digunakan yaitu analisis faktor, parameter kemiringan lereng merupakan faktor dominan yang mempengaruhi longsorlahan di Kabupaten Temanggung. Penentuan parameter kemiringan lereng sebagai parameter yang paling berpengaruh berdasarkan tabel 9 dimana nilai *loading* paling tinggi yaitu kemiringan lereng.

Tabel 9. Tabel Communalities dan tabel Component Matrix

Communalities			Component Matrix ^a	
	Initial	Extraction		Component
				1
Litologi	1.000	.561	Lereng	.815
KI	1.000	.560	Litologi	.749
Lereng	1.000	.664	KI	-.748

Extraction Method:
Principal Component
Analysis.
a. 1 components
extracted.

5. KESIMPULAN

1. Hasil akurasi citra yang digunakan yaitu: 80% untuk akurasi citra SRTM resolusi 30 meter dan 88% untuk Citra Landsat 8.
2. Kabupaten Temanggung termasuk ke dalam 4 pengkelasan kerawanan longsorlahan yaitu: tingkat kerawanan rendah dengan luas 3324.7 Ha yang tersebar di Kecamatan Ngadirejo, Jumo, Parakan, Temanggung, Selopampang, dan bagian timur Pringsurat; tingkat kerawanan sedang 18202.3 Ha yang tersebar di Kecamatan Ngadirejo, Bansari, Kledung, Parakan, Kedu, Tlogomulyo, Bulu, Tembarak, Temanggung, Selopampang dan Kandangan; tingkat kerawanan tinggi seluas 63672.6 Ha yang tersebar di Kecamatan Tretep, Wonobojo, Candoroto, Bejen, Jumo, Gemawang, Kandangan, Kaloran, Kranggan, Pringsurat; dan tingkat kerawanan sangat tinggi seluas 1714.62 Ha yang tersebar di Kecamatan Wonobojo, Bejen, Gemawang dan Kecamatan Kaloran.
3. Parameter yang dianggap dominan mempengaruhi longsor lahan di Kabupaten Temanggung yaitu kemiringan lereng.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih penulis ucapkan kepada PUSPICS UGM dan juga BMKG Provinsi Jawa Tengah, BAPPEDA Kabupaten Temanggung, BPBD Kabupaten Temanggung yang telah memberikan data sekunder demi kelancaran penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Anbalagan, R. 1992, *Landslide hazard evaluation and zonation mapping in mountainous terrain*, Engineering Geology 32, 269–277.
- Anbalagan, R. Chakraborty, D and Kohli, A., 2008, Landslide Hazard Zonation (LHZ) Mapping on Meso-Scale for Systematic Town Planning in Mountainous Terrain , *Jurnal of Scientific and Industrial Research* Vol. 77, 486–497.
- Anwar, H.Z., dan Kesumadhama, S., 1991, Konstruksi Jalan di daerah Pegunungan tropis, Makalah Ikatan Ahli Geologi Indonesia, PIT ke-20, hal 471-481.
- Dikau, R., 1996, *Landslide Recognition*, New York: John Willey & Sons.
- Hardiyatmo, Hary Christiady., 2006, *Penanganan Tanah Longsor dan Erosi*, Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Sumiyatinah dan Yohanes. 2000. Pemodelan SIG untuk menentukan daerah rawan erosi akibat longosran di Propinsi Jawa Barat, dalam Prosiding “Forum Ilmiah Tahunan Ikatan Surveyor Indonesia, Ikatan Surveyor Indonesia: Bandung”.

NOTULENSI DISKUSI SESITOPIK LAIN TERKAIT SPASIALISASI INFORMASI GEOGRAFI – 2

Judul Makalah:

PENGARUH RESOLUSI SPASIAL DIGITAL ELEVATION MODEL TERHADAP KEMIRINGAN LERENG

Adi Artanto, M. Syahdan A.S.

Pertanyaan Oleh: Adi (Geografi UGM)

- Apakah jika data lain (titik tinggi, sungai) dimasukkan topo to raster, hasil akurasi apakah
- Apakah menggunakan uji akurasi RMSE ?
- Untuk akurasi berupa peta lereng dianggap *validate*?

Jawaban:

- Kemungkinan sama karena kontur sudah mewakili daerah – daerah dengan ketinggian tertentu.
- RMSE hanya untuk titik, dipenelitian ini hanya menggunakan overall accuracy, karena hasil penelitian harus dicek dengan kondisi di lapangan.
- Peneliti hanya mencoba dari satu sumber data elevasi

Pertanyaan Oleh: Dirda (Geografi UGM)

Penentuan sampel akurasi menggunakan metode apa ?

Jawaban:

Penentuan sampel berdasarkan satuan lahan. Tapi di lapangan ada pengurangan dan penambahan karena faktor akses.

Judul Makalah:

APLIKASI PENGINDERAAN JAUH DAN SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS UNTUK PEMETAAN KERAWANAN LONGSOR LAHAN DI KABUPATEN TEMANGGUNG

Suryanti, Nur Mohammad Farda

Pertanyaan Oleh: Iwan (BNPB)

- Hasil akurasi modelnya bagaimana ?
- Metode sampling ?

Jawaban:

- Hasil akurasi model 100 %
- Metode sampling yang digunakan adalah purposive sampling, di lapangan dilakukan sampling berkelompok.

Pertanyaan Oleh: Stella (Geografi UGM)

Mengapa harus purposive sampling ?

Jawaban:

Karena banyak parameter yang harus dipakai

TOPIK LAIN TERKAIT SPASIALISASI INFORMASI GEOGRAFI - 3

K6C - RUANG KULIAH 1 PUSPICS,
26 NOVEMBER 2015 (15.00 – 16.15)

023 PENGARUH KONTEKSTUALITAS DATA ATRIBUT
TERHADAP HASIL BELAJAR SISWA DALAM
PEMBELAJARAN GEOGRAFI

Chandra Adiputra

085 PENILAIAN KUALITAS AIR MENGGUNAKAN CITRA
PENGINDERAAN JAUH DAN SIG DI SEBAGIAN PESISIR
KECAMATAN SEKOTONG DAN GERUNG, LOMBOK
BARAT

*Ruslisan, Nur Hafizul Kalam, Aglis Cahya Dwininta, Muhammad,
Hasnan Habibi, Ernawati Tri Rahayu, Nurkhovia Dewi, Eleonora
Easter Henny K, Wirastuti Widyatmanti,*

082 PEMETAAN LAHAN POTENSIAL MANGROVE
MENGGUNAKAN CITRA LANDSAT OLI DAN SISTEM
INFORMASI GEOGRAFIS DI DELTA MAHAKAM,
KALIMANTAN TIMUR

Ratri Ma'rifatun Nisaa', Nurul Khakhim

120 PERBANDINGAN AKURASI METODE BAND TUNGGAH
DAN BAND RASIO UNTUK PEMETAAN BATIMETRI PADA
LAUT DANGKAL OPTIS

Pramaditya Wicaksono

PENGARUH KONTEKSTUALITAS DATA ATRIBUT TERHADAP HASIL BELAJAR SISWA DALAM PEMBELAJARAN GEOGRAFI

Chandra Adiputra

Dosen Program Studi Pend. IPS, FPIP, Universitas Islam Raden Rahmat (Unira) Malang
Jalan Raya Mojosari No. 2, Kec. Kepanjen, Kab. Malang, Jawa Timur 65163
Email: pesonapink@yahoo.co.id

ABSTRAK

Hasil penelitian sebelumnya memberikan informasi bahwa pembelajaran kontekstual berpengaruh positif terhadap hasil belajar siswa. Keunggulan utamanya ialah siswa mampu menghubungkan materi pembelajaran dengan kehidupan nyata di lapangan berdasarkan pengalaman dan/atau kemampuan kognitif siswa. Tujuan penelitian ini ialah untuk menganalisis pengaruh kontekstualitas data atribut terhadap hasil belajar siswa. Pengontekstualitasan data atribut dalam pembelajaran geografi diterapkan melalui penggunaan data terbaru kualitas penduduk Malang Raya (Kota Malang, Kabupaten Malang, dan Kota Batu), ditinjau berdasarkan tingkat pendidikan, kesehatan, dan ekonomi serta kondisi sosial dan mata pencaharian. Sebab, penelitian ini dilakukan di Kota Malang serta Kabupaten Malang dan Kota Batu merupakan wilayah sekitar Kota Malang. Hasil uji hipotesis membuktikan bahwa nilai $t_{hitung} > t_{tabel} (18; 0,01)$ ($6,15851 > 2,87844$). Artinya, kontekstualitas data atribut berpengaruh positif (sangat signifikan) terhadap hasil belajar siswa. Hasil penelitian ini dapat digeneralisasikan karena data hasil belajar siswa bersifat homogen.

KATA KUNCI: Kontekstualitas data atribut, hasil belajar siswa, pembelajaran geografi.

1. PENDAHULUAN

Berdasarkan hasil studi dokumentasi dari tesis Adiputra yang berjudul "*Penerapan Pembelajaran Kooperatif Modifikasi Model Jigsaw untuk Meningkatkan Hasil Belajar Siswa Kelas XI-IPS di SMA Kristen Petra Malang*", diperoleh rata-rata Ujian Tengah Semester (UTS) mata pelajaran Geografi yang diperoleh siswa kelas X-IPS pada tahun pelajaran 2013/2014 semester genap hanya 53,37 (Adiputra, 2015: 186). Data pertama itu ialah data sebelum penelitiannya dilaksanakan. Selain itu, diperoleh juga rata-rata hasil belajar mata pelajaran Geografi yang diperoleh siswa kelas XI-IPS pada tahun pelajaran 2014/2015 semester genap pada materi pembelajaran dinamika dan masalah kependudukan (antroposfer) mencapai 88,32 (Adiputra, 2015: 484). Data kedua tersebut ialah data sesudah penelitiannya dilaksanakan.

Penelitiannya itu dapat diterapkan pada kelas dan siswa yang sama, meskipun ada perbedaan tahun pelajaran. Sebab, di SMA Kristen Petra Malang hanya ada satu kelas X-IPS pada tahun pelajaran 2013/2014. Oleh karena itu, komposisi siswa dalam kelas XI-IPS pada tahun pelajaran 2014/2015 pasti sama dengan komposisi siswa dalam kelas X-IPS pada tahun pelajaran 2013/2014. Artinya, tidak ada perubahan komposisi siswa dalam kelas, meskipun siswa kelas X-IPS pada tahun pelajaran 2013/2014 telah naik kelas ke kelas XI-IPS untuk tahun pelajaran 2014/2015.

Berikutnya berdasarkan hasil telaah dari tesis mahasiswa S-2 Pendidikan Geografi, Pascasarjana, Universitas Negeri Malang tersebut, dapat disimpulkan bahwa penerapan pembelajaran kooperatif modifikasi model *Jigsaw* yang diterapkan oleh Adiputra di kelas XI-IPS SMA Kristen Petra Malang pada tahun pelajaran 2014/2015 semester genap, ternyata secara bersamaan telah menerapkan pembelajaran kontekstual. Sebab, pola pembelajarannya mengimplementasikan pola pembelajaran kontekstual seperti yang disampaikan oleh Sanjaya (2008: 270, 271), yaitu adanya: a) penyampaian kompetensi yang akan dicapai dan manfaatnya dalam kehidupan sehari-hari; b) pembagian kelompok siswa; c) pemberian kesempatan bagi siswa untuk bertanya kepada guru maupun siswa terkait tugas kelompok; d) pemberian kesempatan bagi setiap kelompok siswa untuk melakukan observasi, berdiskusi, dan melaporkan hasil diskusi berdasarkan data-data yang ada pada lembar kerja siswa di dalam kelas; e) pemberian kesempatan bagi siswa untuk mencatat materi pembelajaran yang disampaikan oleh kelompok lain; serta f) pembuatan ringkasan/kesimpulan mengenai materi pembelajaran yang sedang dipelajari. Selain itu, data atribut yang dijadikan sebagai bahan lembar kerja siswa, kuis, dan ulangan harian dalam pembelajaran materi dinamika dan masalah kependudukan (antroposfer) sangat kontekstual, baik ditinjau dari segi ruang maupun waktu. Berikut bukti empirisnya.

Tabel 1. Kualitas Penduduk Kota Malang, Kabupaten Malang, dan Kota Batu
Ditinjau Berdasarkan Tingkat Pendidikan pada Tahun 2010 (Bahan Lembar Kerja Siswa)

No.	Kota/Kabupaten	Lulusan Pendidikan Menurut Jenjang (%)			
		SD	SMP	SMA	S1/S2/S3
1.	Kota Malang	20,41	15,92	28,99	10,33
2.	Kabupaten Malang	37,72	17,14	11,92	2,38
3.	Kota Batu	31,64	18,68	17,71	4,72

Sumber: Adiputra (2015: 323)

Tabel 2. Kualitas Penduduk Kota Malang, Kabupaten Malang, dan Kota Batu
Ditinjau Berdasarkan Tingkat Kesehatan pada Tahun 2012 (Bahan Lembar Kerja Siswa)

No.	Kota/ Kabupaten	Kondisi Kesehatan			
		Jumlah Pengidap HIV/AIDS per Kecamatan	Gizi Buruk Balita (%)	Jumlah Dokter Umum, Spesialis, dan Gigi di Rumah Sakit per Kecamatan	Jumlah Puskesmas per Kecamatan
1.	Kota Malang	98	0,50	76	8
2.	Kabupaten Malang	6	0,81	13	1
3.	Kota Batu	4	0,78	34	2

Sumber: Adiputra (2015: 327)

Tabel 3. Kualitas Penduduk Kota Malang, Kabupaten Malang, dan Kota Batu
Ditinjau Berdasarkan Tingkat Ekonomi (Bahan Lembar Kerja Siswa)

No.	Kota/ Kabupaten	Kondisi Perekonomian			
		Indeks Keparahan Kemiskinan Tahun 2011 (%)	Jumlah Nasabah/ Kecamatan Tahun 2011	Perkembangan Besarnya Omzet (Pendapatan) Tahun 2011	Penge-luaran Perkapita dalam Sebulan (di atas 1 juta) Tahun 2013 (%)
1.	Kota Malang	0.17	50.091	Rp 745.738.417.013,00	33.25
2.	Kabupaten Malang	0.35	4.569	Rp 382.283.648.000,00	9.02
3.	Kota Batu	0.1	8.311	Rp 65.605.903.500,00	20.14

Sumber: Adiputra (2015: 331)

Tabel 4. Kualitas Penduduk Kota Malang, Kabupaten Malang, dan Kota Batu
Ditinjau Berdasarkan Kondisi Sosial (Bahan Lembar Kerja Siswa)

No.	Kota/ Kabupaten	Kondisi Sosial (%)			
		Ketidak-mampuan Berbahasa Indonesia Tahun 2010	Tingkat Kemudahan Mengingat/ Berkonsentrasi/ Berkomunikasi Tahun 2010	Perceraian Tahun 2011	Perkawinan di Bawah Umur (17 Tahun) Tahun 2012
1.	Kota Malang	2,22	97,74	1,68	10,82
2.	Kabupaten Malang	9,36	97,61	2,07	23,60
3.	Kota Batu	4,97	98,65	2,00	24,72

Sumber: Adiputra (2015: 335)

Tabel 5. Kualitas Penduduk Kota Malang, Kabupaten Malang, dan Kota Batu
Ditinjau Berdasarkan Mata Pencapaian pada Tahun 2010 (Bahan Lembar Kerja Siswa)

No.	Kota/ Kabupaten	Mata Pencapaian Penduduk (%)			
		Pertanian	Perdagangan	Informasi dan Komunikasi	Keuangan dan Asuransi
1.	Kota Malang	1,95	27,47	1,54	3,05
2.	Kabupaten Malang	21,85	15,39	0,38	0,68
3.	Kota Batu	7,64	19,89	0,68	1,00

Sumber: Adiputra (2015: 339)

Tabel 6. Data Kependudukan Kota Malang, Kabupaten Malang, dan Kota Batu
(Bahan Kuis dan Ulangan Harian)

No.	Kota/ Kabupaten	Data Kependudukan				
		Lulusan S1/S2/S3 (%) Tahun 2010	Jumlah Puskesmas per Kecamatan Tahun 2012	Perkembangan Besarnya Omzet (Pendapatan) Tahun 2011	Perce- raian Tahun 2011 (%)	Mata Pencapaian Penduduk: Informasi dan Komunikasi Tahun 2010 (%)
1.	Kota Malang	10,33	8	Rp 745.738.417.013,00	1,68	1,54
2.	Kabupaten Malang	2,38	1	Rp 382.283.648.000,00	2,07	0,38
3.	Kota Batu	4,72	2	Rp 65.605.903.500,00	2,00	0,68

Sumber: Adiputra (2015: 343, 345)

Data atribut mulai dari **Tabel 1** hingga **Tabel 6** dinilai sangat kontekstual ditinjau dari segi ruang karena datanya menggambarkan kualitas penduduk Malang Raya (Kota Malang, Kabupaten Malang, dan Kota Batu), ditinjau berdasarkan tingkat pendidikan, kesehatan, dan ekonomi serta kondisi sosial dan mata pencapaian. Sebab, Kota Malang merupakan daerah pelaksanaan penelitian serta Kabupaten Malang dan Kota Batu merupakan daerah sekitar tempat penelitian. Selain itu, data atribut tersebut dinilai sangat kontekstual ditinjau dari segi waktu karena datanya merupakan data terbaru kualitas penduduk Malang Raya. Oleh karena itu, tujuan penelitian ini ialah untuk menganalisis pengaruh kontekstualitas data atribut terhadap hasil belajar siswa.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian *ex post facto* terhadap hasil penelitian Adiputra, mahasiswa S-2 Pendidikan Geografi, Pascasarjana, Universitas Negeri Malang. Judul penelitiannya ialah "Penerapan Pembelajaran Kooperatif Modifikasi Model Jigsaw untuk Meningkatkan Hasil Belajar Siswa Kelas XI-IPS di SMA Kristen Petra Malang". Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini ialah metode survey, khususnya metode survey analitik terhadap hasil penelitian tersebut.

Subjek penelitian dalam penelitian ini ialah seluruh siswa kelas XI-IPS di SMA Kristen Petra Malang pada tahun pelajaran 2014/2015 semester genap dengan jumlah 19 siswa. Variabel penelitian dalam penelitian ini ialah hasil belajar siswa pada mata pelajaran Geografi, baik sebelum maupun sesudah pembelajaran kontekstual diterapkan oleh Adiputra di kelas XI-IPS SMA Kristen Petra Malang pada tahun pelajaran 2014/2015 semester genap.

Uji normalitas menggunakan uji kesesuaian Kolmogorov-Smirnov. Uji homogenitas menggunakan uji Levene. Uji hipotesis menggunakan uji t berpasangan (karena data berdistribusi normal dan penelitian dilaksanakan pada subjek yang sama), untuk menguji perbedaan hasil belajar siswa pada mata pelajaran Geografi, antara sebelum dan sesudah pembelajaran kontekstual diterapkan oleh Adiputra di kelas XI-IPS SMA Kristen Petra Malang pada tahun pelajaran 2014/2015 semester genap.

3. DATA YANG DIGUNAKAN

Data yang digunakan dalam penelitian ini ialah data hasil belajar sebelum dan sesudah pembelajaran kontekstual diterapkan oleh Adiputra di kelas XI-IPS pada tahun pelajaran 2014/2015 semester genap. Data hasil belajar sebelum pembelajaran kontekstual diterapkan ialah data UTS mata pelajaran Geografi yang pernah diraih oleh siswa kelas X-IPS pada tahun pelajaran 2013/2014 semester genap (X_1). Data hasil belajar sesudah pembelajaran kontekstual diterapkan ialah data hasil belajar siswa kelas XI-IPS pada tahun pelajaran 2014/2015 semester genap pada materi pembelajaran dinamika dan masalah kependudukan (antroposfer), khususnya kualitas penduduk ditinjau berdasarkan tingkat pendidikan, kesehatan, dan ekonomi serta kondisi sosial dan mata pencaharian (X_2).

Tabel 7. Hasil Belajar Sebelum (X_1) dan Sesudah (X_2) Pembelajaran Kontekstual Diterapkan di Kelas XI-IPS SMA Kristen Petra Malang pada Tahun Pelajaran 2014/2015 Semester Genap

No. Sampel	Sebelum (X_1)	Sesudah (X_2)
1	30	78
2	30	7
3	75	93
4	30	100
5	70	96
6	85	98
7	90	94
8	30	76
9	70	97
10	60	78

No. Sampel	Sebelum (X_1)	Sesudah (X_2)
11	30	95
12	65	98
13	30	87
14	40	91
15	40	98
16	50	97
17	89	100
18	70	98
19	30	97
Rata-rata	53,37	88,32

Sumber: Adiputra (2015: 186, 424)

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil

Hasil uji normalitas data hasil belajar sebelum pembelajaran kontekstual diterapkan menghasilkan nilai $D_{hitung} \leq D_{tabel (19; 0,05)}$ ($0,2238 \leq 0,3010$). Begitu juga hasil uji normalitas data hasil belajar sesudah pembelajaran kontekstual diterapkan menghasilkan nilai $D_{hitung} \leq D_{tabel (19; 0,05)}$ ($0,2843 \leq 0,3010$). Artinya, data hasil belajar sebelum dan sesudah pembelajaran kontekstual diterapkan sama-sama berdistribusi normal, sehingga perbedaannya bisa dianalisis dengan menggunakan statistik parametrik, yaitu uji t berpasangan.

Hasil uji homogenitas data hasil belajar sebelum pembelajaran kontekstual diterapkan menghasilkan nilai $F_0 \leq F_{tabel (4; 14; 0,05)}$ ($1,06 \leq 3,11$). Begitu juga hasil uji homogenitas data hasil belajar sesudah pembelajaran kontekstual diterapkan menghasilkan nilai $F_0 \leq F_{tabel (4; 14; 0,05)}$ ($0,65 \leq 3,11$). Artinya, data hasil belajar sebelum dan sesudah pembelajaran kontekstual diterapkan sama-sama bersifat homogen, sehingga hasil penelitian ini dapat digeneralisasikan.

Hasil uji hipotesis membuktikan bahwa nilai $t_{hitung} > t_{tabel (18; 0,01)}$ ($6,15851 > 2,87844$). Artinya, kontekstualitas data atribut berpengaruh positif (sangat signifikan) terhadap hasil belajar siswa. Buktinya ialah rata-rata hasil belajar sebelum (53,37) lebih besar dari rata-rata hasil belajar sesudah (88,32) pembelajaran kontekstual diterapkan oleh Adiputra di kelas XI-IPS pada tahun pelajaran 2014/2015 semester genap.

4.2. Pembahasan

Kontekstualitas data atribut dapat terjadi karena dalam pembelajaran mata pelajaran Geografi di kelas XI-IPS SMA Kristen Petra Malang pada tahun pelajaran 2014/2015 semester genap, guru Geografi menggunakan lembar kerja siswa, kuis, dan ulangan harian dengan bahan berupa data atribut yang sangat kontekstual, baik ditinjau dari segi ruang maupun waktu. Data atribut dinilai sangat kontekstual ditinjau dari segi ruang karena data atribut yang digunakan oleh guru Geografi dalam pembelajaran tersebut merupakan: a) data kualitas penduduk Kota Malang, yang notabene merupakan daerah pelaksanaan penelitian; serta b) data kualitas penduduk Kabupaten Malang dan Kota Batu, yang notabene merupakan daerah sekitar tempat penelitian. Selain itu, data atribut dinilai sangat kontekstual ditinjau dari segi waktu karena data atribut yang digunakan oleh guru Geografi dalam pembelajaran tersebut merupakan data terbaru kualitas penduduk Malang

Raya (Kota Malang, Kabupaten Malang, dan Kota Batu), ditinjau berdasarkan tingkat pendidikan, kesehatan, dan ekonomi serta kondisi sosial dan mata pencaharian.

Berdasarkan hasil penelitian mengenai hal itu, telah terbukti bahwa kontekstualitas data atribut berpengaruh positif dan sangat signifikan terhadap hasil belajar siswa. Hal ini dapat terwujud melalui pembelajaran kontekstual dalam pembelajaran mata pelajaran Geografi materi dinamika dan masalah kependudukan (antroposfer), khususnya pada materi kualitas penduduk ditinjau berdasarkan tingkat pendidikan, kesehatan, dan ekonomi serta kondisi sosial dan mata pencaharian. Artinya, pembelajaran kontekstual berpengaruh positif (sangat signifikan) terhadap hasil belajar siswa.

Hasil penelitian tersebut senada dengan hasil penelitian Darhim (2005), Suryanti et al. (2006), Amir (2007), Hartoyo (2009), Kristiyani (2009), Pramono (2009), Sulianto (2009), Honggowiyono (2010), Yulianti et al. (2010), Rusydi dan Anwar (2011), Singgih (2011), Burhanuddin (2012), Dewi et al. (2012), Ferlin et al. (2012), Hady dan Muliarta (2012), Yulia et al. (2012), Yurnelis (2012), Dewi et al. (2013), Dewi et al. (2013), Djarwati dan Soegino (2013), Gafrani dan Mulyanratna (2013), Guniati et al. (2013), Indawati (2013), Indrayana dan Munoto (2013), Mahadiani et al. (2013), Mahendra et al. (2013), Merta (2013), Nopiani et al. (2013), Oktaviansa dan Yunus (2013), Partiwati et al. (2013), Patmawati et al. (2013), Rahayu et al. (2013), Rusditya et al. (2013), Sawitri (2013), Sigit dan Pramukantoro (2013), Sucitawati et al. (2013), Sugiantari et al. (2013), Wahyuni et al. (2013), Wijayanti (2013), Yurnelis et al. (2013), Agustin dan Kusri (2014), Eni dan Julianto (2014), Hakim dan Aritonang (2014), Kindarto dan Gafur (2014), Lestari (2014), Murniati dan Sugiharsono (2014), Sujiati dan Wahjudi (2014), Syahraini et al. (2014), Zabiburrohmah et al. (2014), serta Suprpto (2015) yang menyatakan bahwa pembelajaran kontekstual berpengaruh positif terhadap hasil belajar siswa. Hal itu didukung pula oleh Enoch (2004) yang menyatakan bahwa pembelajaran geografi harus kontekstual. Oleh karena itu, kontekstualitas data atribut dalam pembelajaran mata pelajaran Geografi materi dinamika dan masalah kependudukan (antroposfer), khususnya pada materi kualitas penduduk ditinjau berdasarkan tingkat pendidikan, kesehatan, dan ekonomi serta kondisi sosial dan mata pencaharian, sangat penting untuk diimplementasikan oleh guru Geografi melalui pembelajaran kontekstual di dalam kelas.

5. KESIMPULAN

Hasil penelitian membuktikan bahwa kontekstualitas data atribut berpengaruh positif (sangat signifikan) terhadap hasil belajar siswa. Kontekstualitas data atribut dapat diterapkan oleh guru Geografi dalam pembelajaran materi dinamika dan masalah kependudukan (antroposfer), baik ditinjau dari segi ruang maupun waktu. Caranya, yaitu guru Geografi membuat lembar kerja siswa, kuis, dan ulangan harian materi pembelajaran kualitas penduduk ditinjau berdasarkan tingkat pendidikan, kesehatan, dan ekonomi serta kondisi sosial dan mata pencaharian, yang data atributnya: a) sesuai dengan daerah pelaksanaan pembelajaran dan sekitar tempat pelaksanaan pembelajaran, misalnya guru Geografi yang mengajar di Kota Bandung, dapat membuat lembar kerja siswa, kuis, dan ulangan harian, yang data atributnya berasal dari daerah Bandung Raya (Kota Bandung, Kabupaten Bandung, Kabupaten Bandung Barat, dan Kota Cimahi); serta b) merupakan data terbaru, misalnya jika guru Geografi mengajar pada tahun pelajaran 2015/2016 semester genap, maka data atribut yang waktunya paling dekat untuk digunakan ialah data atribut tahun 2015 atau 2014 (bila ada). Seandainya data atribut tahun 2015 atau 2014 tidak ada, maka guru Geografi bisa menggunakan data atribut tahun 2013, 2012, 2011, atau mundur seterusnya hingga ditemukan data atribut pada tahun yang paling dekat dengan tahun pelaksanaan pembelajaran kontekstual.

DAFTAR PUSTAKA

- Adiputra, C. (2015), *Penerapan Pembelajaran Kooperatif Modifikasi Model Jigsaw untuk Meningkatkan Hasil Belajar Siswa Kelas XI-IPS di SMA Kristen Petra Malang*. Studi kasus: Kota Malang, Provinsi Jawa Timur, Indonesia, tesis M.Pd, Universitas Negeri Malang, Malang.
- Agustin, R.H. dan Kusri. (2014). *Penerapan Strategi React dengan Menggunakan Pendekatan Kontekstual pada Materi Teorema Pythagoras di SMPN 1 Wonoayu Kelas VIII-H* [Internet]. *Jurnal Mathedunesa*, 3(2) [diakses 10 November 2015]. Tersedia di <http://ejournal.unesa.ac.id/index.php/mathedunesa/article/view/8720>.
- Amir. (2007). *Pengaruh Pembelajaran Kontekstual dan Kecakapan Motorik terhadap Hasil Belajar Kertakes Siswa Kelas V SD* [Internet]. *Jurnal Pendidikan dan Pembelajaran*, 14(1) [diakses 10 November 2015]. Tersedia di <http://journal.um.ac.id/index.php/pendidikan-dan-pembelajaran/article/view/803>.

- Burhanuddin, A.G. (2012). *Penguasaan Konsep dan Hasil Belajar Kalkulus Mahasiswa Jurusan Pendidikan Fisika dengan Pembelajaran Kontekstual Melalui Pemecahan Masalah* [Internet]. *Jurnal Peluang*, 1(1) [diakses 10 November 2015]. Tersedia di <http://www.jurnal.unsyiah.ac.id/peluang/article/view/1292>.
- Darhim. (2005). *Pengaruh Pembelajaran Matematika Kontekstual terhadap Hasil Belajar Siswa Sekolah Dasar* [Internet]. *Jurnal Pendidikan, tanpa volume* (2) [diakses 10 November 2015]. Tersedia di <http://jurnal.upi.edu/mimbar-pendidikan/view/353/Pengaruh%20Pembelajaran%20Matematika%20Kontekstual%20Terhadap%20Hasil%20Belajar%20Siswa%20Sekolah%20Dasar>.
- Dewi, D.A.P., Asri, I.G.A.A.S., dan Wiyasa, I.K.N. (2013), Penerapan Pendekatan Pembelajaran Kontekstual untuk Meningkatkan Keaktifan dan Hasil Belajar IPSSiswa Kelas IV SDN 7 Kemenuh Tahun Ajaran 2012/2013, *Jurnal Mimbar PGSD*, 1(-), 1-9.
- Dewi, I.G.A.A.T.K., Dantes, N., dan Sulastrri, M. (2013), Pengaruh Implementasi Pendekatan Kontekstual Berbantuan Asesmen Portofolio terhadap Hasil Belajar IPA Siswa Kelas IV SD di Desa Anturan, *Jurnal Mimbar PGSD*, 1(-), 1-11.
- Dewi, R.M., Rachmadiarti, F., dan Wisanti. (2012), *The Development of Teaching and Learning (CTL)-Based Ecosystem Module for Learning Biology in X-Class of Senior High School*, *Jurnal Bioedu*, 1(1), 10-14.
- Djarwati, I. dan Soegino. (2013). *Penerapan Model Pembelajaran Kontekstual dalam Pembelajaran IPA untuk Meningkatkan Hasil Belajar Siswa Sekolah Dasar* [Internet]. *Jurnal Penelitian Pendidikan Guru Sekolah Dasar*, 1(2) [diakses 10 November 2015]. Tersedia di <http://ejournal.unesa.ac.id/index.php/jurnal-penelitian-pgsd/article/view/2229>.
- Eni, D.C. dan Julianto. (2014). *Upaya Meningkatkan Hasil Belajar IPA dengan Menerapkan Model Pembelajaran Kontekstual pada Siswa Sekolah Dasar* [Internet]. *Jurnal Penelitian Pendidikan Guru Sekolah Dasar*, 2(3) [diakses 10 November 2015]. Tersedia di <http://ejournal.unesa.ac.id/index.php/jurnal-penelitian-pgsd/article/view/12174>.
- Enoh, M. (2004). *Implementasi Contextual Teaching and Learning (CTL) dalam Kurikulum Berbasis Kompetensi Mata Pelajaran Geografi SMU/MA* [Internet]. *Jurnal Ilmu Pendidikan*, 11(1) [diakses 10 November 2015]. Tersedia di <http://journal.um.ac.id/index.php/jip/article/view/85>.
- Ferlin, D., Atmazaki, dan Amir, A. (2012), Perbedaan Keterampilan Menulis Deskripsi dengan Menggunakan Pendekatan Kontekstual dan Metode *Quantum Learning* Siswa Kelas XI Sekolah Menengah Analisis Kimia Padang, *Jurnal Pendidikan Bahasa dan Sastra Indonesia*, 1(1), 618-627.
- Gafrani, N.W. dan Mulyanratna, M. (2013). *Penerapan Pembelajaran Kontekstual Berbasis Lingkungan dengan Keterampilan Proses terhadap Hasil Belajar Siswa Kelas XI pada Materi Fluida Statis di SMA Negeri 2 Tanggul-Jember* [Internet]. *Jurnal Inovasi Pendidikan Fisika*, 2(3) [diakses 10 November 2015]. Tersedia di <http://ejournal.unesa.ac.id/index.php/inovasi-pendidikan-fisika/article/view/3550>.
- Guniati, N.N., Yudana, I.M., dan Pursika, I.N. (2013), Penerapan Model Pembelajaran Kontekstual untuk Meningkatkan Aktivitas dan Hasil Belajar PKn Siswa, *Jurnal Pendidikan Pancasila dan Kewarganegaraan*, 1(3), 1-10.
- Hady, A.S.S. dan Muliatna, I.M. (2012). *Penerapan Model Pembelajaran Kontekstual pada Praktikum Sistem Kelistrikan Body Otomotif untuk Meningkatkan Hasil Belajar Mahasiswa D3 Teknik Mesin Unesa* [Internet]. *Jurnal Pendidikan Teknik Mesin*, 1(2) [diakses 10 November 2015]. Tersedia di <http://ejournal.unesa.ac.id/index.php/jurnal-pendidikan-teknik-mesin/article/view/952>.
- Hakim, A. dan Aritonang, E.S.E.B. (2014), Pengaruh Model Pembelajaran Kontekstual terhadap Hasil Belajar Siswa pada Materi Perpindahan Kalor dan Asas *Black* di Kelas X Semester II SMA St. Thomas 3 Medan T.A. 2013/2014, *Jurnal Inpafi*, 2(3), 11-19.
- Hartoyo. (2009), Penerapan Model Pembelajaran Kontekstual Berbasis Kompetensi untuk Meningkatkan Efektivitas Pembelajaran, *Jurnal Kependidikan*, 39(1), 67-78.
- Honggowiyono, P. (2010). *Pengaruh Penerapan Pembelajaran Kontekstual Berbasis Kooperatif dan Metode Ceramah Bervariasi terhadap Hasil Belajar TIK* [Internet]. *Jurnal Teknologi Elektro dan Kejuruan*, 13(1) [diakses 10 November 2015]. Tersedia di <http://journal.um.ac.id/index.php/teknol/article/view/3358>.
- Indawati, T. (2013). *Upaya Meningkatkan Hasil Belajar IPA dengan Pendekatan Pembelajaran Kontekstual pada Siswa Kelas I SD Putra Indonesia Kecamatan Gununganyar Kota Surabaya* [Internet]. *Jurnal Penelitian Pendidikan Guru Sekolah Dasar*, 1(1) [diakses 10 November 2015]. Tersedia di <http://ejournal.unesa.ac.id/index.php/jurnal-penelitian-pgsd/article/view/1068>.
- Indrayana dan Munoto. (2013). *Studi Komparasi antara Hasil Pembelajaran Kontekstual dengan Konvensional pada Materi Rangkaian Listrik di SMK Negeri 2 Surabaya* [Internet]. *Jurnal Pendidikan Teknik Elektro*, 2(3) [diakses 10 November 2015]. Tersedia di <http://ejournal.unesa.ac.id/index.php/jurnal-pendidikan-teknik-elektro/article/view/7110>.

- Kindarto, S. dan Gafur, A. (2014), Pembelajaran Kontekstual dengan Strategi *React* Berbantuan Media untuk Meningkatkan Aktivitas dan Hasil Belajar IPS, *Jurnal Harmoni Sosial*, 1(2), 213-230.
- Kristiyani, A. (2009), Penerapan Pendekatan Kontekstual untuk Meningkatkan Keterampilan Menulis Laporan Siswa Kelas VIII SMP, *Jurnal Litera*, 8(1), 1-10.
- Lestari, S. (2014). *Contextual Learning Mediated with Real Objects on Multiplication and Division to Improve Motivation and Learning Outcomes* [Internet]. *Jurnal Pendidikan Sains*, 2(4) [diakses 10 November 2015]. Tersedia di <http://journal.um.ac.id/index.php/jps/article/view/4539>.
- Mahadiani, N.M.W., Wiyasa, I.K.N., dan Kristiantari, M.G.R. (2013), Pengaruh Pendekatan Kontekstual Berbantuan *Mnemonic* terhadap Hasil Belajar IPS Siswa Kelas IV SD Gugus III Sukawati, *Jurnal Mimbar PGSD*, 1(-), 1-10.
- Mahendra, I.G.O., Pursika, I.N., Adnyani, N.K.S. (2013), Penerapan Pembelajaran Kontekstual Berbantuan Media Gambar untuk Meningkatkan Prestasi Belajar PKn pada Siswa Kelas XI IPB 2 SMA Negeri 1 Kubu Kabupaten Karangasem, *Jurnal Pendidikan Pancasila dan Kewarganegaraan*, 1(4), 1-10.
- Merta, L.M. (2013), Pengaruh Model Pembelajaran Kontekstual terhadap Penguasaan Konsep Koloid dan Sikap Ilmiah Siswa, *Jurnal Pendidikan dan Pengajaran*, 46(1), 9-19.
- Murniati, W. dan Sugiharsono. (2014), Penerapan Pendekatan Kontekstual Berbantuan Media untuk Peningkatan Kualitas Pembelajaran IPS, *Jurnal Ilmu-Ilmu Sosial*, 11(1), 87-103.
- Nopiani, N.W.S., Sujana, I.W., dan Suardika, I.W.R. (2013), Pengaruh Pembelajaran Kontekstual Berbasis Karakter terhadap Hasil Belajar PKn Siswa Kelas V SDN Gugus 2 Kecamatan Bangli Kabupaten Bangli, *Jurnal Mimbar PGSD*, 1(-), 1-9.
- Oktaviansa, W.A. dan Yunus. (2013), Pengaruh Model Pembelajaran CTL (*Contextual Teaching And Learning*) terhadap Motivasi dan Hasil Belajar Siswa SMKN 1 Sidoarjo, *Jurnal Pendidikan Teknik Mesin*, 2(1), 34-43.
- Partiwi, D.A.P.O., Dantes, N., dan Rasana, I.D.P.R. (2013), Pengaruh Model Pembelajaran *Quantum* Berbasis Kontekstual terhadap Hasil Belajar IPA Siswa Kelas IV SD di Gugus II Kecamatan Buleleng, *Jurnal Mimbar PGSD*, 1(-), 1-11.
- Patmawati, D., Johar, R., dan Zubaidah, T. (2013), Pembelajaran Segitiga dengan Pendekatan Kontekstual Berbasis Karakter di Kelas VII SMP Negeri 3 Banda Aceh Tahun Pelajaran 2012/2013, *Jurnal Pendidikan Matematika Paradikma*, 6(2), 120-129.
- Pramonoadi. (2009). *Implementasi Pembelajaran Penemuan Terbimbing dengan Pendekatan Kontekstual terhadap Hasil Belajar* [Internet]. *Jurnal Penelitian Pendidikan Matematika dan Sains*, 16(1) [diakses 10 November 2015]. Tersedia di http://ejournal.unesa.ac.id/index.php/jurnal_pmipa/article/view/5314.
- Rahayu, S., Rasna, I.W., dan Artawan, G. (2013), Penerapan Model Pembelajaran Kontekstual dalam Pembelajaran Menulis pada Siswa Kelas XI SMKN 1 Denpasar, *e-Journal Program Pascasarjana Universitas Pendidikan Ganesha, Program Studi Pendidikan Bahasa dan Sastra Indonesia*, 2(-), 1-13.
- Rusditya, P.W.P., Suara, M., dan Sujana, I.W. (2013), Pengaruh Pendekatan Pembelajaran Kontekstual Berbasis Kelompok Kecil terhadap Hasil Belajar IPS Siswa Kelas V SD Gugus I Blahbatuh Gianyar, *Jurnal Mimbar PGSD*, 1(-), 1-10.
- Rusydi, R. dan Anwar, A.R. (2011). *Peningkatan Hasil Belajar Siswa Melalui Pembelajaran Kontekstual Konsep Reproduksi Manusia Siswa MTs Negeri 1 Matanglumpangdua* [Internet]. *Jurnal Biologi Edukasi*, 3(1) [diakses 10 November 2015]. Tersedia di <http://www.jurnal.unsyiah.ac.id/JBE/article/view/452>.
- Sanjaya, W. (2008), *Strategi Pembelajaran Berorientasi Standar Proses Pendidikan*, Kencana Prenada Media Group, Jakarta.
- Sawitri, N.P.E. (2013), Penerapan Pendekatan Pembelajaran Kontekstual untuk Meningkatkan Keaktifan dan Hasil Belajar PKn Kelas V SD Negeri 3 Sebatu Gianyar, *Jurnal Mimbar PGSD*, 1(-), 1-10.
- Sigit, D.D. dan Pramukantoro, J.A. (2013). *Pengaruh Pendekatan Contextual Teaching and Learning (CTL) Model Kooperatif Tipe Think-Pair-Share terhadap Hasil Belajar pada Standar Kompetensi Memperbaiki Radio Penerima* [Internet]. *Jurnal Pendidikan Teknik Elektro*, 2(1) [diakses 10 November 2015]. Tersedia di <http://ejournal.unesa.ac.id/index.php/jurnal-pendidikan-teknik-elektro/article/view/1242>.
- Singgih, A. (2011). *Penggunaan Media Konkret dengan Menarapkan Model Pembelajaran Kontekstual untuk Meningkatkan Hasil Belajar IPA* [Internet]. *Jurnal Pendidikan Sekolah Dasar*, 6(4) [diakses 10 November 2015]. Tersedia di http://ejournal.unesa.ac.id/index.php/jurnal_wacana/article/view/5245.
- Sucitawati, M.D.R., Syahrudin, dan Sumantri, M. (2013), Pengaruh Pendekatan Pembelajaran Kontekstual terhadap Prestasi Belajar IPA Siswa Kelas IV Tahun Pelajaran 2012/2013 di SD Gugus 3 Kecamatan Banjar, *Jurnal Mimbar PGSD*, 1(-), 1-11.
- Sugiantari, N.M., Suarni, N.K., dan Margunayasa, I.G. (2013), Pengaruh Model Pembelajaran Kontekstual terhadap Hasil Belajar IPA Kelas V SDN di Kelurahan Kaliuntu, *Jurnal Mimbar PGSD*, 1(-), 1-10.

- Sujiati, E. dan Wahjudi, E. (2014). *Studi Perbedaan Hasil Belajar Siswa Menggunakan Pendekatan Kontekstual dengan Model Pembelajaran Inkuiri dan Model Pembelajaran Kooperatif Tipe STAD di Kelas XI IPS SMA Negeri 1 Kamal* [Internet]. *Jurnal Pendidikan Akuntansi*, 2(2) [diakses 10 November 2015]. Tersedia di <http://ejournal.unesa.ac.id/index.php/jpak/article/view/9414/0>.
- Sulianto, J. (2009), Keefektifan Model Pembelajaran Kontekstual dengan Pendekatan *Open Ended* dalam Aspek Penalaran dan Pemecahan Masalah pada Materi Segitiga di Kelas VII, *Jurnal Pythagoras*, 5(2), 73-86.
- Suprpto, E. (2015). *Pengaruh Model Pembelajaran Kontekstual, Pembelajaran Langsung, dan Motivasi Berprestasi terhadap Hasil Belajar Kognitif* [Internet]. *Jurnal Pendidikan Teknologi Kejuruan*, 11(1) [diakses 10 November 2015]. Tersedia di <http://jurnal.upi.edu/invotec/view/3041/Pengaruh%20Model%20Pembelajaran%20Kontekstual,%20Pembelajaran%20Langsung%20dan%20Motivasi%20Berprestasi%20terhadap%20Hasil%20Belajar%20Kognitif>.
- Suryanti, Widodo, W., dan Rokhim, A. (2006), Pembelajaran Kontekstual sebagai Upaya Mengatasi Kesulitan Siswa Kelas V SD Laboratorium Unesa dalam Memahami Materi Panas, *Jurnal Pendidikan Dasar*, 7(1), 50-60.
- Syahraini, E., Atmazaki, dan Faizah, H. (2014), Peningkatan Keterampilan Menulis Teks Berita Melalui Pendekatan Kontekstual Siswa Kelas VIII HSMP Negeri 4 Tambang Kabupaten Kampar, *Jurnal Bahasa, Sastra, dan Pembelajaran*, 2(2), 88-100.
- Wahyuni, S.A.S., Ganing, N.N., dan Suara, I.M. (2013), Pengaruh Pembelajaran Kontekstual Bermuatan Klarifikasi Nilai terhadap Hasil Belajar PKn Siswa Kelas IV SD Gugus 8 Kecamatan Mengwi, Kabupaten Badung Tahun Ajaran 2012/2013, *Jurnal Mimbar PGSD*, 1(-), 1-9.
- Wijayanti, N.M.R. (2013), Peningkatan Keterampilan Berbicara (Pidato) Melalui Media Pemodelan Berdasarkan Pendekatan Kontekstual pada Siswa Kelas XII Multimedia SMK TIBali Global Singaraja, *Jurnal Jurusan Pendidikan Bahasa dan Sastra Indonesia*, 1(5), 1-15.
- Yulia, D., Syahrul, R., dan Ratna, E. (2012), Peningkatan Keterampilan Menulis Argumentasi Siswa Kelas X SMKN 1 Batusangkar dengan Pendekatan Kontekstual, *Jurnal Pendidikan Bahasa dan Sastra Indonesia*, 1(1), 339-345.
- Yulianti, D., Lestari, M., dan Yulianto, A. (2010), Penerapan *Jigsaw Puzzle Competition* dalam Pembelajaran Kontekstual untuk Meningkatkan Minat dan Hasil Belajar Fisika Siswa SMP, *Jurnal Pendidikan Fisika Indonesia*, 6(-), 84-89.
- Yurnelis. (2012), Peningkatan Keterampilan Menulis Naskah Drama Melalui Pendekatan Pembelajaran Kontekstual Siswa Kelas VIII RSBI-1 SMPN 12 Padang, *Jurnal Bahasa dan Seni*, 13(2), 205-219.
- Yurnelis, Hasanuddin, dan Ermanto. (2013), Peningkatan Keterampilan Menulis Naskah Drama Melalui Pendekatan Pembelajaran Kontekstual Siswa Kelas VIII RSBI-1 SMPN 12 Padang, *Jurnal Bahasa, Sastra, dan Pembelajaran*, 1(2), 27-37.
- Zabiburrohman, Mulyaningsih, S., dan Qosyim, A. (2014). *Upaya Meningkatkan Hasil Belajar Materi Gaya, Gerak, dan Energi dengan Pendekatan Kontekstual di Kelas V MI Thoriqul Huda Juwet Ngronggot Nganjuk* [Internet]. *Jurnal Pendidikan Sains*, 2(1) [diakses 10 November 2015]. Tersedia di <http://ejournal.unesa.ac.id/index.php/pensa/article/view/7178>.

PENILAIAN KUALITAS AIR MENGGUNAKAN CITRA PENGINDERAAN JAUH DAN SIG DI SEBAGIAN PESISIR KECAMATAN SEKOTONG DAN GERUNG, LOMBOK BARAT

**Ruslisan¹, Nur Hafizul Kalam¹, Aglis Cahya Dwininta¹, Muhammad
Hasnan Habibi¹, Ernawati Tri Rahayu¹, Nurkhovia Dewi¹, Eleonora Easter Henny K¹, Wirastuti
Widyatmanti²,**

Email: ruslisan@mail.ugm.ac.id

¹Mahasiswa Prodi Kartografi dan Penginderaan Jauh, ²Staff Pengajar Fakultas Geografi UGM,
Sekip Utara, Bulaksumur, Sleman, Yogyakarta 55281

*Corresponding author: ruslisan@mail.ugm.ac.id

ABSTRAK

Wilayah perairan pesisir diketahui sangat rentan terkena dampak dari pencemaran lingkungan baik dari hulu maupun daerah aliran sungai di sekitarnya, melalui aliran sungai yang terakumulasi di wilayah estuaria perairan Pesisir Utara Kecamatan Sekotong dan Gerung, Lombok Barat. Tujuan penelitian ini adalah menilai kualitas air secara umum dan membandingkan kualitas air yang berada di pesisir tertutup dan terbuka di wilayah pesisir Sekotong, Lombok Barat. Penelitian ini dilakukan di pesisir utara Kecamatan Sekotong dan Gerung, khususnya pada Teluk Lembar dengan perairan tertutup dan muara Sungai Dodokan dengan perairan terbuka langsung menuju Selat Lombok yang dipengaruhi aktivitas yang ada dalam satuan daerah aliran sungai/DAS. Metode yang digunakan adalah analisis citra Landsat 8 OLI dengan ekstraksi suhu dan klorofila di laboratorium dan pengukuran langsung di lapangan serta mengumpulkan berbagai sampel untuk pengujian hasil interpretasi pada citra penginderaan jauh yang diintegrasikan dengan Sistem Informasi Geografis. Penilaian kualitas air pada perairan pesisir utara Kecamatan Sekotong dan Gerung ini menggunakan 6 parameter sebagai dasar penentuan terhadap kualitas perairan di pesisir ini yaitu Suhu, Total Suspended Solid (TSS), Klorofila, pH, Salinitas, dan Oksigen Terlarut (DO). Hasil pengolahan citra sebagai model untuk penentuan titik sampel di lapangan dan hasil lapangan akan dianalisis menggunakan regresi linear sederhana dengan hasil pengolahan melalui citra penginderaan jauh. Penelitian ini menghasilkan peta kesesuaian perairan untuk biota laut di Muara Sungai Dodokan dan Kelep. Kualitas perairan Muara Sungai Dodokan sesuai untuk perikanan laut, sementara Muara Sungai Kelep sesuai untuk biota laut seperti coral, lamun, mangrove, dan perikanan laut.

KATA KUNCI: Muara Sungai Kelep dan Dodokan, Kualitas Air, Landsat 8, SIG.

1. PENDAHULUAN

Sumberdaya yang ada di wilayah laut dan pesisir mencakup sumberdaya hayati maupun non hayati, yang berupa ikan-ikan, terumbu karang, dan lainnya. Setiap wilayah di Indonesia memiliki potensi yang besar di bidang pesisir namun dibalik potensi tersebut, wilayah pesisir juga sangat rentan dan sangat mudah terkena dampak dari pencemaran lingkungan melalui muara sungai (estuari) yang dibawa oleh aliran sungai, salah satunya adalah di Wilayah Pesisir Utara Kecamatan Sekotong, Lombok Barat.

Wilayah pesisir merupakan wilayah yang sangat dinamis dan memiliki masalah yang kompleks terutama dalam hal kondisi perairan. Kondisi perairan di wilayah pesisir dapat ditunjukkan oleh tingkat kualitas air. Menurut Kementerian Lingkungan Hidup (2004), kualitas air merupakan kondisi kualitatif air yang diuji berdasarkan parameter-parameter dan metode tertentu berdasarkan peraturan perundangan yang berlaku. Kualitas air pada suatu wilayah dapat menunjukkan tingkat kualitas lingkungan dan keadaan pencemaran yang berkaitan dengan kondisi perairan yang terdapat di wilayah itu.

Putra (2007) menyatakan, bahwa pesisir yang terletak di Kecamatan Sekotong merupakan *outlet*/muara Daerah Aliran Sungai (DAS) Dodokan dan DAS Kelep yang mengalami pencemaran sehingga berpengaruh pada kualitas air di muara sungai sebagai akibat adanya peralihan beberapa penggunaan lahan diantaranya penggunaan bantaran sungai sebagai tempat mukim dan usaha, berkurangnya tutupan tanah dan vegetasi, dan juga adanya erosi parsial pinggir sungai Dodokan dan Sungai Kelep. Muara Sungai Dodokan yaitu pada pesisir yang terbuka dan langsung bertemu dengan perairan yang ada di Selat Lombok sedangkan untuk DAS Kelep bermuara pada tipe pesisir tertutup yaitu pada Teluk Lembar. Selain adanya perubahan atau peralihan

penggunaan lahan, juga adanya indikasi lain yaitu berupa limbah merkuri dan logam berat (*Daily Archives*, 2011).

Pemerintah Provinsi Nusa Tenggara Barat (NTB) mengkhawatirkan dampak dari limbah merkuri dan logam berat yang ditimbulkan dari aktivitas penambangan emas tradisional di Pegunungan Sekotong, Kabupaten Lombok Barat yang diperkirakan juga akan mempengaruhi kualitas air di wilayah perairan pesisir dari DAS Dodokan tersebut. Untuk itu, tujuan dari penelitian kami ini yaitu: 1) Menilai kondisi kualitas air secara umum di Wilayah Pesisir Sekotong, Kabupaten Lombok Barat, dan 2) Membandingkan kualitas air yang berada di pesisir tertutup dan pesisir terbuka pada daerah Sekotong, Lombok Barat.

Kualitas air dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor yakni berupa aktivitas manusia, parameter fisik dan parameter kimia pada suatu perairan (Ketchum, 1971). Aktivitas manusia dalam pengaruhnya terhadap kualitas air berkaitan dengan proses pencemaran perairan pesisir seperti disebabkan oleh adanya limbah pemukiman, industri, transportasi, dan pertanian. Ketchum (1971) lebih jauh menegaskan bahwa pencemaran disebabkan oleh masuknya zat-zat asing ke dalam lingkungan, sebagai akibat dari tindakan manusia, yang merubah sifat-sifat fisik, kimia, dan biologis lingkungannya. Berikut ini merupakan beberapa parameter yang berpengaruh terhadap kualitas air:

1) Parameter Fisik

Suhu permukaan laut merupakan salah satu parameter penting dalam menentukan kualitas air terutama yang ada kaitannya dengan wilayah pesisir dan laut yang umumnya bersifat kompleks. Menurut Monoarfa (2002) suhu air dapat mempengaruhi kehidupan biota perairan karena berkaitan dengan tingkat kelarutan oksigen, proses respirasi biota perairan dan kecepatan degradasi bahan pencemar. Menurut Monoarfa (2002), total padatan tersuspensi adalah padatan yang tersuspensi (melayang) di dalam air. Padatan tersuspensi terdiri dari bahan organik maupun anorganik dengan partikel-partikel yang berukuran $>0.45\mu\text{m}$, misalnya: lumpur, pasir halus, bahan-bahan organik lain (Hardjojo dan Djokosetiyanto, 2005).

2) Parameter Kimia

Salinitas dapat diartikan sebagai ukuran jumlah garam terlarut dalam suatu volume air (Herawati, 2008). Salinitas dapat berpengaruh terhadap pertumbuhan fitoplankton di lautan. Menurut Hutabarat (2000) fitoplankton akan tumbuh baik pada salinitas 25‰-40‰ dengan kisaran temperatur 25°C - 30°C . pH (derajat keasaman) sangat berpengaruh terhadap ekosistem perairan terutama bagi kehidupan hewan dan tumbuhan di dalamnya. Derajat keasaman dapat digunakan untuk menilai kondisi suatu perairan sebagai lingkungan tempat hidup (Odum, 1996). Oksigen terlarut (*Dissolved Oxygen*) merupakan salah satu parameter kimia air yang berperan pada kehidupan biota perairan. Sumber oksigen terlarut dapat berasal dari difusi oksigen di atmosfer dan aktivitas fotosintesis oleh tumbuhan air dan fitoplankton. Oksigen terlarut umumnya memiliki distribusi vertikal yang menurun dengan meningkatnya kedalaman perairan, begitu pula sebaliknya (Simanjuntak, 2012).

3) Parameter Biologi

Klorofil-a umumnya digunakan dalam pengukuran dan *monitoring* kualitas air maupun tubuh air pada wilayah pesisir. Disamping itu, klorofil-a merupakan salah satu indikator banyaknya fitoplankton dalam air (Rundquist, 2010).

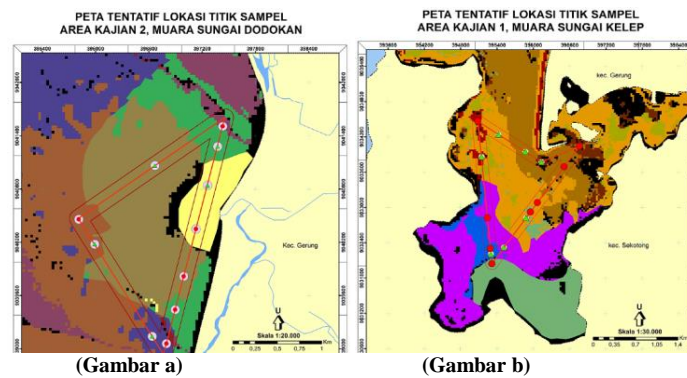
Citra Landsat 8 memiliki resolusi spasial yang sama dengan Landsat 7 ETM+ yakni 30 meter. Sensor OLI mempunyai kanal spektral yang berbeda dari Landsat 7 ETM+ yakni pada kanal 1 ialah 443 nm untuk perekaman aerosol garis pantai dan kanal 9 dengan panjang 1375 nm untuk deteksi *cirrus*. Sensor OLI tidak memiliki kanal inframerah termal (USGS, 2015). Sistem Informasi Geografis (SIG) adalah suatu komponen yang terdiri dari perangkat keras, perangkat lunak, data geografis dan sumber daya manusia yang bekerja bersama secara efektif untuk memasukkan, menyimpan, memperbaiki, memperbarui, mengelola, manipulasi, menganalisis, mengintegrasikan dan menampilkan data dalam suatu informasi berbasis geografis (Hartoyo, 2010).

2. METODE PENELITIAN

Pemilihan lokasi kajian kualitas air dilakukan dengan melihat area pesisir yang terdapat muara sungai besar yang riskan mengalami proses sedimentasi yang berdampak pada suspensi di perairan yang akan mempengaruhi kualitas air pesisir di sekitar muara tersebut. Selain itu lokasi yang dikaji dengan melihat tipe pesisir dari dua muara sungai besar yaitu Sungai Dodokan dan Sungai Kelep yang berbeda, satu tipe terbuka dan sungai kelep cenderung mempunyai pesisir dengan tipe tertutup. Area kajian ini terbatas pada wilayah *in-shore marine* Kecamatan Sekotong, Lombok Barat bagian Utara.

Peralatan yang digunakan pada kegiatan penelitian ini diantaranya adalah: GPS 1 (buah), Seperangkat komputer/laptop, Software ENVI 4.5, Software ArcGis 10.1, 26 Botol sampel, *Cool box*, Refraktometer, pH meter, DO meter. Sedangkan bahan-bahan yang dipakai adalah Peta Lingkungan Pantai Indonesia Skala

1:50.000 Lembar Sekotong Tengah, Peta Rupabumi Indonesia Skala 1:25.000 Lembar Gerung dan Lembar Sekotong Tengah, Citra Landsat 8 Perekaman Bulan Mei 2013, 2014, dan 2015 serta *Cecklist*.



Gambar 1. Peta Lokasi Titik Tempat Pengambilan Sampel Muara Sungai Dodokan (a) dan Muara Sungai Kelep (b)

2.1 Tahapan Pra-lapangan

Citra yang digunakan adalah citra Landsat 8 hasil perekaman Bulan Mei tahun 2013, 2014, dan 2015. Proses pengolahan citra dengan cara koreksi radiometrik yang dibantu oleh *software* ENVI 4.5. Koreksi ini dilakukan untuk mengurangi pengaruh atmosfer, dan mengubah DN (*Digital Number*) citra menjadi nilai energi radian dan nilai pantulan objek sebenarnya di permukaan bumi dengan bantuan algoritma.

Koreksi geometrik citra Landsat 8 dilakukan dengan memanfaatkan berbagai algoritma sebagai berikut (USGS, 2013; Chander, *et al.*, 2007; Chander, *et al.*, 2009):

- a. Konversi nilai digital citra (DN) ke radiance:

$$L_{\lambda} = M_L Q_{cal} + A_L \quad (1)$$

- b. *Digital Number* ke TOA *reflectance*:

$$\rho_{\lambda}' = M_{\rho} Q_{cal} + A_{\rho} \quad (2)$$

- c. Koreksi sudut *Sun Zenith*:

$$\rho_{\lambda} = \frac{\rho_{\lambda}'}{\cos(\theta_{sz})} = \frac{\rho_{\lambda}'}{\sin(\theta_{se})} \quad (3)$$

Suhu merupakan salah satu parameter yang dapat di ekstraksi dari citra, namun informasi yang diperoleh hanya terbatas pada area permukaan air saja sehingga kurang dapat gambaran secara ideal dari suhu air laut secara keseluruhan dan pengambilan data dari penginderaan jauh tidak hanya dilakukan dalam satu pengamatan karena jika satu kali hanya menggambarkan suhu pada saat perekamannya citra saja sehingga perlu dibandingkan dengan suhu hasil survei lapangan. Proses ekstraksi suhu menggunakan algoritma sebagai berikut:

- a. Ekstraksi Suhu Permukaan Laut

Proses ekstraksi suhu permukaan laut dimulai dari pengkonversian nilai radian menjadi nilai kecerahan (*Brightness Temperature*) pada *band thermal* dengan menggunakan algoritma sebagai berikut:

$$T = \frac{K_2}{\ln\left(\frac{K_1}{L_{\lambda}} + 1\right)} \quad (4)$$

Keterangan nilai K1 dan K2 terdapat header landsat 8. Hasil dalam satuan kelvin ini harus diubah terlebih dahulu ke dalam satuan derajat Celcius dengan menggunakan algoritma sebagai berikut:

$$T \text{ } ^{\circ}\text{C} = T \text{ Kelvin} - 273 \quad (5)$$

- b. Ekstraksi Klorofil-a (Chl-a) menggunakan algoritma sebagai berikut (Kashino *et. al.*, 1998):

$$\text{Chl} = 0.2818 \left(\frac{L_4 + L_5}{L_3} \right)^{3.497} \quad (6)$$

Pengamatan secara visual (*visual interpretation*) juga dilakukan untuk mendapatkan kenampakan parameter Material Tersuspensi (TSS) yang terkandung dalam air di muara Sungai Kelep dan Sungai Dodokan.

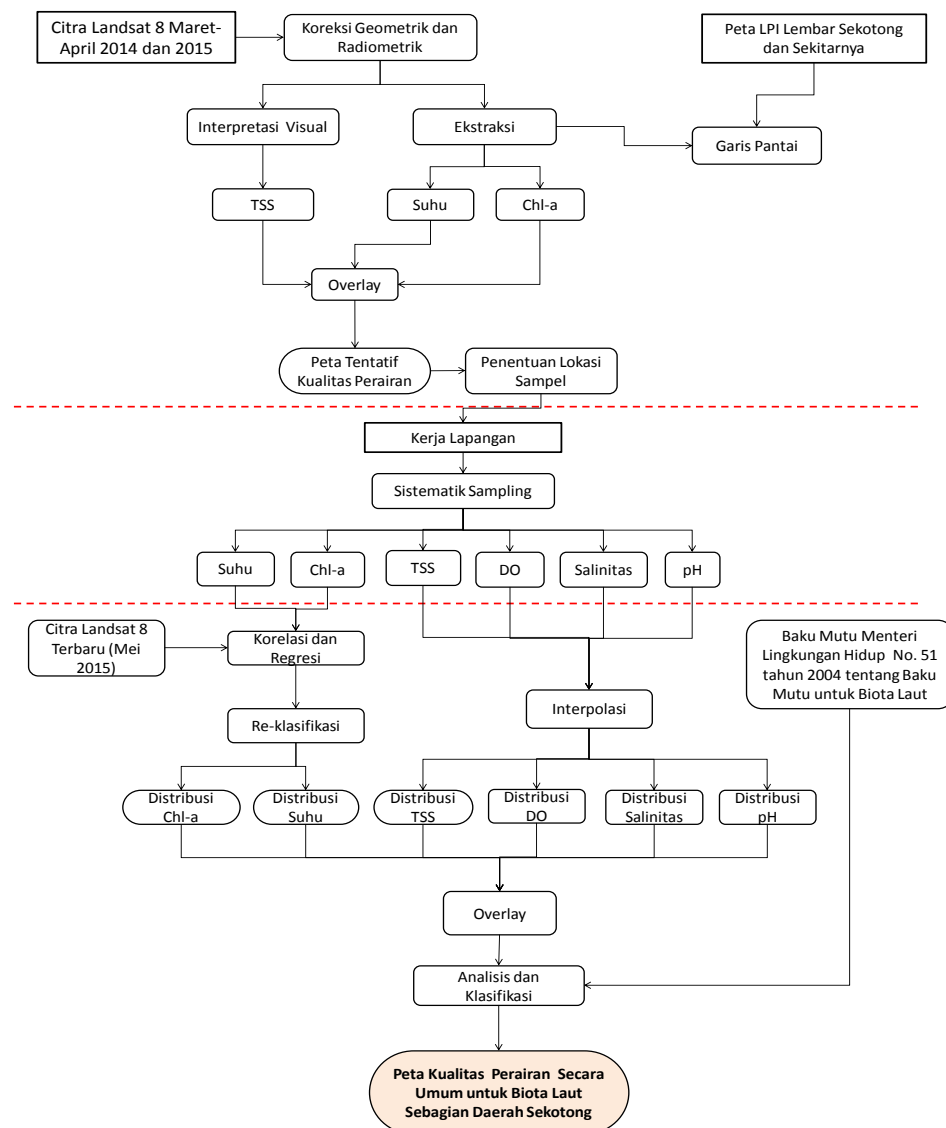
2.2 Tahap Lapangan

Teknik pengampilan sampel yang digunakan adalah sistematis sampling dengan interval tertentu. Metode Transek Garis merupakan metode pengambilan sampel dari populasi dengan pengambilan sampel sepanjang garis yang ditarik dari wilayah daratan menuju wilayah lautan. Metode ini seringkali

digunakan pada area laut yang dinamis dan tidak ada batas fisik yang bisa dikenali. Penentuan sampel yang digunakan berupa pembuatan garis transek pada area kajian dengan menggunakan metode multi-transek. Sampel lapangan ini digunakan untuk mengecek hasil ekstraksi parameter kualitas air dari citra dan seberapa besar tingkat akurasi parameter tersebut dapat diekstraksi dari citra.

2.3 Pasca-lapangan

Pengolahan data lapangan yaitu pengolahan data sampel lapangan yang kemudian di hubungkan kedalam data citra yang di download sesuai waktu lapangan atau yang mendekati waktu lapangan. Hasil nilai data lapangan dan citra dilakukan uji Regresi dan korelasi untuk menganalisis tingkat akurasi data penginderaan jauh dalam menilai kualitas air. Analisis hasil peta kondisi perairan dilakukan sesuai baku mutu air yang ada untuk menilai kondisi perairan tersebut dalam kondisi baik atau kondisi tercemar. Pembuatan peta parameter kualitas air laut dibuat setiap parameter sebagai gambaran awal kondisi Chl-a, Suhu, Suspensi dan Kekeruhan yang berguna untuk menentukan acuan sampel wilayah kajian. Perhatikan alur detail penelitian dan metode sebagai berikut untuk penjelasan lebih lanjut:



Gambar 2. Diagram alir penelitian

Tabel 1. Acuan kualitas air untuk Biota Laut menurut Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 51 tahun 2004

No	Parameter	Satuan	Baku Mutu
Fisika			
1	Suhu	$^{\circ}\text{C}$	28-32
2	Padatan tersuspensi total	mg/l	20
3	pH	-	7-8.5
Kimia			
1	Salinitas	%0	Umum: alami Lamun :33-34 Coral : 33-34 Mangrove : sd 34
2	Oksigen terlarut	mg/l	>5
3	Klorofil-a (plankton)	Sel/100 ml	Tidak bloom

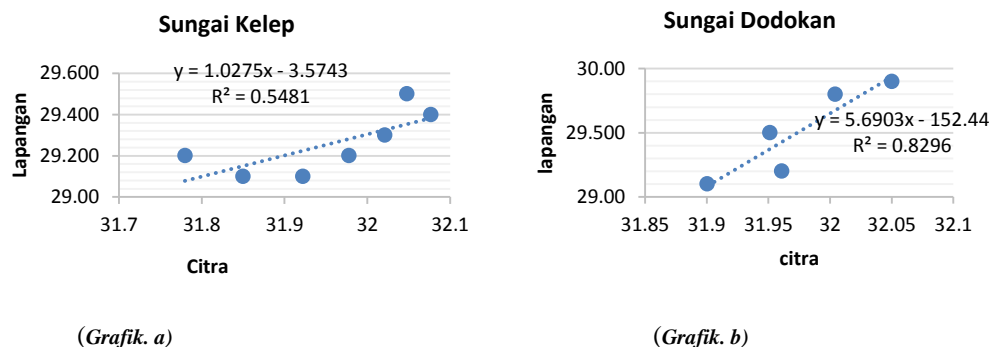
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Kondisi perairan di Pesisir Utara Kecamatan Sekotong, Lombok Barat mendapat pengaruh yang cukup besar dari beberapa aktivitas di atasnya yang tercakup dalam DAS. Terdapat dua DAS utama yang mempengaruhi kondisi perairan yaitu DAS Kelep yang bermuara di Teluk Lembar dan DAS Dodokan yang bermuara di Selat Lombok. Berdasarkan karakteristik dan penjelasan dari BP DAS Kota Mataram (2014) dan Dinas Pekerjaan Umum Bagian Pengelolaan Sungai (2014), bahwa Daerah Aliran Sungai Dodokan dan Kelep mempunyai sifat dan karakteristik yang hampir sama dimana dominasi penggunaan lahan berupa pertanian lahan kering (tegalan dan sawah tadah hujan) dan perkebunan (hutan lahan kering) serta kedua DAS ini masih berada dalam satu wilayah pengelolaan oleh BP DAS Kota Mataram.

Pembuatan model melalui citra penginderaan jauh menghasilkan sebaran unit pemetaan yang merupakan hasil dari overlay beberapa parameter yang diekstraksi dari citra Landsat 8 OLI yaitu suhu, klorofil-a, suspensi yang akan diuji dengan mengambil beberapa sampel. Dari total 14 sampel lapangan yang diambil pada dua tempat (muara) yaitu muara sungai Kelep dan sungai Dodokan dapat terlihat sebaran parameter suhu yaitu berkisar antara nilai 29-30,1 $^{\circ}\text{C}$ sedangkan suhu hasil ekstraksi citra menunjukkan nilai berkisar antara 31,7-32,4 $^{\circ}\text{C}$. Parameter klorofil-a hampir semuanya mengalami perbedaan yg cukup jauh baik 14 total sampel di lapangan

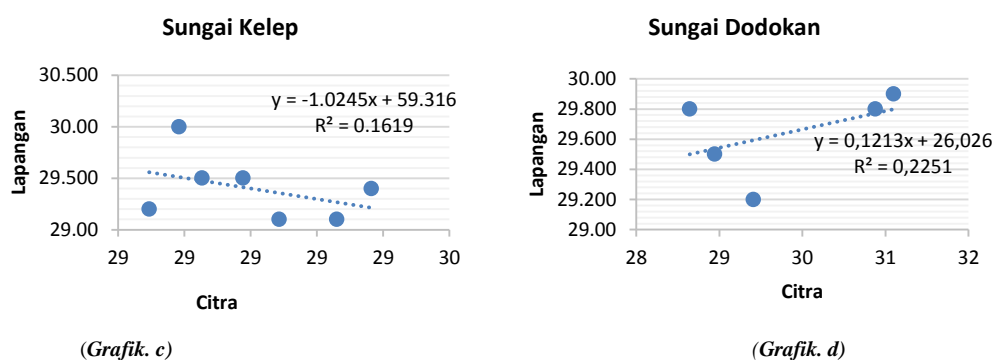
Parameter yang digunakan dalam analisis regresi ini adalah klorofil-a dan suhu. Analisis regresi hanya kedua parameter tersebut karena keduanya yang dapat diolah pada citra, sedangkan parameter lainnya seperti pH, salinitas, DO (*Dissolved Oxygen*), dan TSS (*Total Suspended Solid*) tidak dapat diolah pada citra dan data tersebut hanya diperoleh berdasarkan pengukuran langsung di lapangan. Regresi dilakukan untuk pengujian sampel interpretasi dan uji akurasi sampel sendiri. Sampel yang digunakan berbeda antara sampel interpretasi dan sampel untuk uji akurasi tetapi masih dalam satu-satuan.

Analisis regresi yang dilakukan menggunakan variabel dependen suhu pada citra sedangkan variabel independennya yaitu suhu yang diperoleh pada saat lapangan. Hasil regresi yang diperoleh untuk parameter suhu dari sampel interpretasi pada wilayah pesisir Kelep diketahui nilai R^2 sebesar 0.548. nilai regresi ini menunjukkan hubungan yang kuat. Hubungan antar variabel ini dapat diketahui melalui grafik regresi yang dihasilkan. Grafik hasil regresi tersebut menunjukkan hubungan yang erat dengan banyaknya titik-titik dari kedua sampel yang dekat dengan garis, dibandingkan titik yang jauh dari garis.



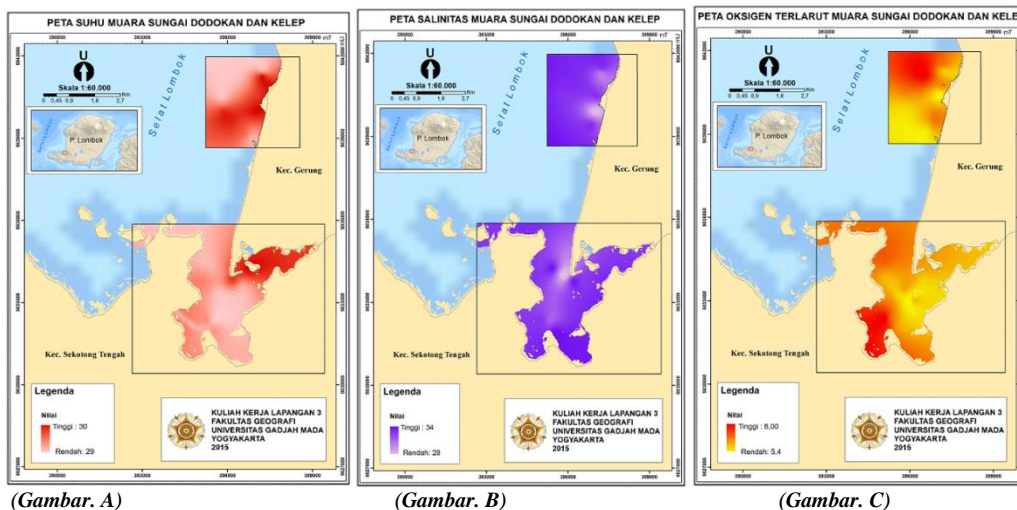
Gambar 3. Grafik hasil regresi untuk sampel Suhu lapangan dengan hasil pengolahan citra pada Muara Sungai Kelep(a) dan pada Muara Sungai Dodokan(b)

Hasil regresi suhu sampel interpretasi di wilayah pesisir Dodokan memiliki nilai R^2 0,829. Hasil ini menunjukkan bahwa hubungan kedua variabel tersebut lebih erat dibandingkan hasil regresi di wilayah pesisir Kelep, dikarenakan nilai R^2 pada Dodokan lebih mendekati 1, semakin mendekati 1 maka semakin kuat hubungan kedua variabel. Grafik hasil regresi pun menunjukkan hampir seluruh titik mendekati atau sejajar dengan garis regresi. Sedangkan Hasil regresi untuk sampel uji akurasi untuk suhu di daerah pesisir Kelep dan Dodokan mempunyai hasil yang berbeda-beda. R^2 untuk kelelep memiliki nilai 0,161 sedangkan di Dodokan 0,225. Ini menunjukkan hubungan antara hasil sampel uji akurasi dengan citra rendah. Grafik yang dihasilkan antara kelelep dengan dodokan sangat berbeda. Grafik regresi untuk pesisir Kelep berbanding terbalik sedangkan pada Dodokan berbanding lurus. Perbedaan grafik tersebut dikarena faktor perbedaan waktu pengambilan sampel. Sampel di wilayah Dodokan memiliki grafik berbanding lurus karena pengambilan sampel dilakukan pada waktu yang hampir sama dengan waktu perekaman citra yang digunakan. Berbeda dengan wilayah Dodokan, wilayah Kelep berbanding terbalik karena waktu pengambilansampel tidak sesuai dengan waktu perekaman citra.



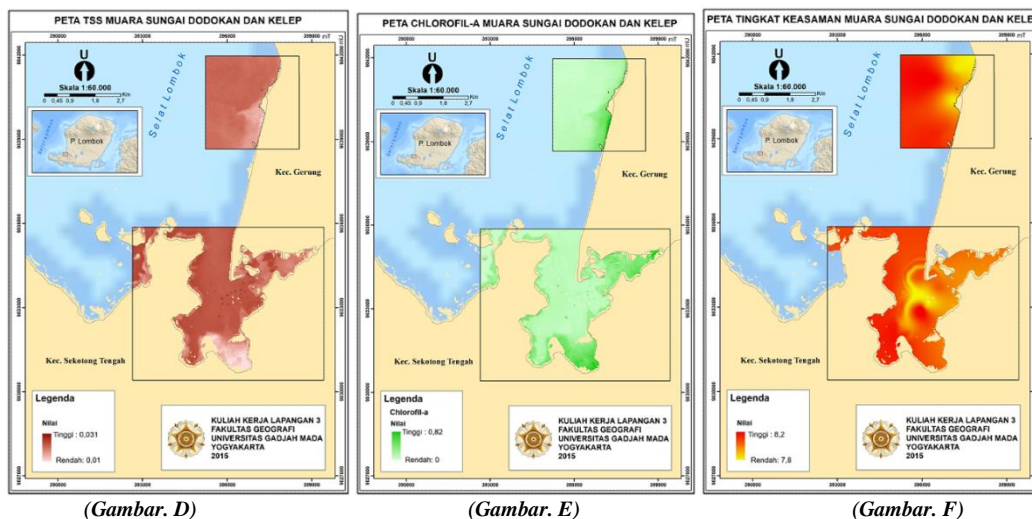
Gambar 4. Grafik hasil regresi untuk sampel uji akurasi Suhu lapangan dengan hasil pengolahan citra pada Muara Sungai Kelep (c) dan pada Muara Sungai Dodokan (d).

Suhu merupakan salah satu parameter yang digunakan untuk penilaian kualitas air. Menurut Balai Budidaya Laut Lombok, suhu yang baik untuk kehidupan biota laut berkisar 20^0 sampai 30^0 C. Fitoplankton dapat hidup pada rentang suhu tersebut sehingga ikan banyak berada diperairan dengan suhu tersebut karena fitoplankton yang merupakan sumber makanan bagi ikan. Hasil lapangan menunjukkan suhu di muara DAS Dodokan memiliki suhu berkisar 28^0 – 30^0 .



Gambar 5. Sebaran suhu permukaan laut (A), Salinitas (B), dan Oksigen terlarut (C) pada area kajian Muara Sungai Kelep (Bagian Selatan) dan Muara Sungai Dodokan (Bagian Utara)

Keadaan suhu hasil pengukuran lapangan tidak jauh berbeda dengan hasil dari ekstraksi citra landsat 8 dikarenakan pada saat pengukuran dilapangan waktu pengambilan sampel hampir sama dengan waktu perekaman citra. Sedangkan untuk DAS Kelep memiliki rentang suhu 24°C . Rentang suhu yang diperoleh dari hasil ekstraksi citra di daerah muara DAS Kelep berbeda dengan hasil pengukuran lapangan, disebabkan waktu pengambilan sampel yang tidak sesuai dengan waktu perekaman citra tetapi mundur dari waktu perekaman citra. Untuk hasil lapangan salinitas berkisar antara 28-34 ppt. Nilai salinitas untuk perairan laut berkisar 30-40 ppt, sehingga nilai salinitas hasil di lapangan yang kurang dari 30 kemungkinan masih terpengaruh oleh air sungai yang bermuara di daerah tersebut sehingga airnya menjadi payau. Sedangkan hasil pengukuran lapangan menunjukkan nilai oksigen terlarut berkisar antara 5,4-8 mg/l. Menurut Simanjuntak (2012) nilai DO yang baik untuk biota laut >5 mg/l sehingga hasil DO yang diperoleh pada pengukuran lapangan ini sesuai untuk biota laut karena memiliki nilai >5 mg/l. Apabila nilai DO sebesar <5 mg/l dapat menyebabkan kematian bagi biota laut.

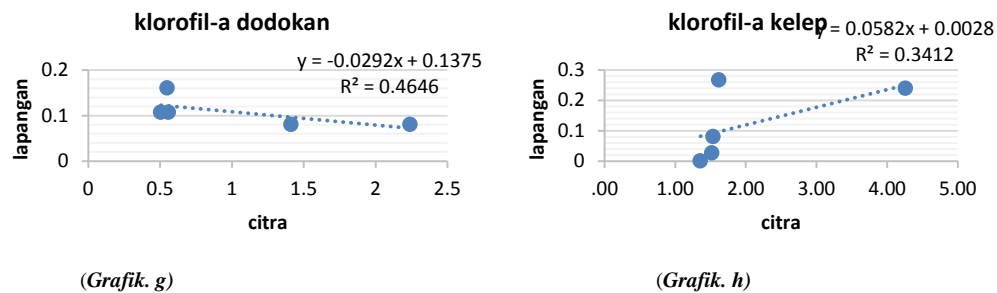


Gambar 6. Sebaran suspensi (D), klorofil-a (E), dan PH (F) pada area kajian Muara Sungai Kelep (Bagian Selatan) dan Muara Sungai Dodokan (Bagian Utara)

Luasan suspensi dapat diketahui melalui citra penginderaan jauh tetapi untuk mengetahui nilai TSS harus dilakukan pengukuran lapangan dan uji laboratorium. TSS memiliki peranan penting untuk penilaian kualitas air. Semakin sedikit suspensi yang terkandung maka kualitas air yang ada juga semakin baik. Daerah perairan yang memiliki nilai TSS < 25 mg/l tidak berpengaruh terhadap kondisi biota laut yang ada didalamnya. Dengan demikian, biota laut yang ada di kedua muara DAS tersebut tidak terpengaruh oleh kandungan suspensi di daerah perairan, hal ini dibuktikan dengan hasil nilai uji laboratorium yang memiliki nilai berkisar antara 0,01 sampai 0,06 mg/l.

Klorofil hasil sampel pada pesisir Kelep dan Dodokan masing-masing memiliki nilai R^2 dari hasil regresi sebesar 0,341 untuk muara sungai kelep dan 0,464 Untuk sungai dodokan. Hasil tersebut menunjukkan

bahwa kedua parameter baik citra maupun hasil pengukuran lapangan memiliki hubungan yang lemah. Grafik yang dihasilkan pun dapat diketahui bahwa lebih banyak titik yang tersebar.



Gambar 9. Grafik hasil regresi klorofil-a lapangan dengan hasil pengolahan citra pada Muara Sungai Dodokan(g) dan muara sungai Kelep (h)

Regresi hasil sampel lapangan dan nilai hasil ekstraksi citra menunjukkan nilai kurang baik dengan hubungan belum terlalu kuat hal ini terpengaruh oleh kondisi pengambilan sampel yang tidak semuanya sesuai dengan jam perekaman citra yang berpengaruh terhadap kandungan klorofil-a bedanya cukup jauh dan berbanding terbalik nilainya. Hal ini terpengaruh kondisi laut yang dinamis, seperti pengaruh arus laut yang menghempas klorofil-a dan mengubah kandungannya pada suatu titik sampel yang menyebabkan nilainya berbeda antar citra dan lapangan. Pengambilan sampel di muara sungai dodokan memiliki range pengambilan yang cukup jauh yaitu ada titik yang diambil di pagi dan sore hari karena pengambilan diselingi dengan pengambilan di muara sungai kelep.

Hasil regresi pada klorofil-a pada muara DAS kelep cenderung memiliki grafik yang berbanding lurus nilai antar citra dan lapangan memiliki trend nilai yang mirip, namun terdapat perbedaan yang cukup signifikan antara data lapangan dan citra yang menyebabkan nilai hubungannya tidak terlalu kuat. Hal ini terjadi karena jumlah sampel yang terlalu sedikit, yaitu berjumlah 5 titik sampel untuk tiap lokasi kajian sehingga kurang representatif untuk mewakili area kajian. Nilai klorofil-a diperoleh dari hasil uji sampel di laboratorium seperti halnya perolehan nilai pada parameter DO dan salinitas. Keberadaan klorofil-a di wilayah perairan sangat berpengaruh terhadap biota laut yang ada. Nilai klorofil-a yang semakin tinggi menunjukkan kecenderungan ikan yang ada di perairan tersebut semakin banyak atau meningkat. Hal ini dipengaruhi oleh jumlah fitoplankton sebagai sumber makanan yang ada tinggi. Ekstraksi klorofil-a di atas menggunakan algoritma yang diterapkan di Jepang dengan menggunakan Satellite ADEOS dimana hasil algoritma tersebut diperoleh dari beberapa pendekatan yaitu pendekatan empiris, analitik, dan matematis yang menghasilkan bahwa *band visible* menghasilkan nilai korelasi yang cukup kuat hubungannya dengan nilai klorofil-a di lapangan. Sehingga dari algoritma tersebut coba diterapkan pada Citra Landsat 8 dan menghasilkan nilai yang berbeda jauh dengan keadaan di lapangan. Hal ini disebabkan oleh adanya perbedaan lokasi kajian dan kondisi perekaman citra pada saat penelitian.

pH menunjukkan tingkat keasaman air laut. Sebagian besar biota akuatik sensitif dengan nilai pH karena sedikit saja berubah nilainya sangat mempengaruhi kehidupan biota yang ada. Sebagian besar biota akuatik menyukai pH 7 sampai 8,5. pH ini tergolong memiliki sifat air yang netral sampai sedikit basa. Berdasarkan peta hasil interpolasi terlihat bahwa nilai sebaran pH di Muara Dodokan dan Kelep mempunyai rentang antara 7,9 hingga 8,2. Dari nilai pH tersebut dapat menunjukkan bahwa di kedua muara memiliki pH netral dan sesuai untuk kehidupan biota akuatik.

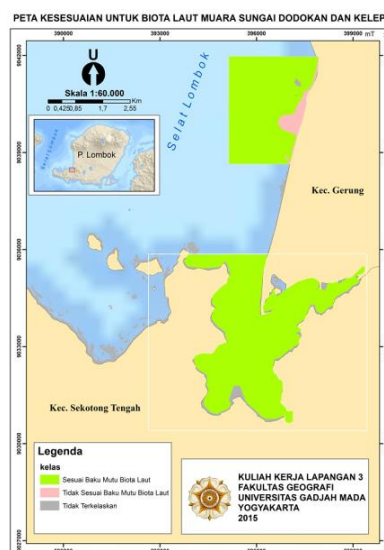
Tabel 2 akan menunjukkan semua nilai parameter yang dilakukan pengecekan lapangan berdasarkan titik sampel yang telah ditentukan sebelumnya dan juga berdasarkan hasil dari interpretasi citra penginderaan jauh.

Tabel 2. Nilai setiap parameter berdasarkan hasil ekstraksi citra penginderaan jauh dan hasil kegiatan lapangan di Muara Sungai Kelep dan Muara Sungai Dodoka.

No. sampel	Waktu pengambilan (WITA)	Cek Lapangan			Cek Laboratorium		
		Suhu	Ph	Salinitas	Chl-a	TSS	DO
1	10.04	29	7.85	32	0.1067	0.0146	6.71
2	10.24	29.2	8.2	32	0.1068	0.0154	7.56
3	10.34	29.1	8.17	32	0.1602	0.0151	6.61
4	10.45	29.8	8.13	32	-	-	6.14
5	11.05	29.5	8.17	32	-	-	6.05
6	11.5	29.2	8.14	33	0.2668	0.0151	6.91
7	12.04	29.5	8.13	33	-	-	6.13

8	12.18	29.5	8.14	32	-	-	7.03
9	12.3	29.4	8.16	33	0.0801	0.0149	7.97
10	12.39	29.4	8.15	34	-	-	6.5
11	12.43	29.2	8.16	33	0.2402	0.0148	7.11
12	12.55	29.1	8.01	32	-	-	6.55
13	13.04	29.1	7.96	32	-	-	6.21
14	13.06	29.1	8.3	33	-	-	5.44
15	13.09	29.1	7.96	33	0.0001	0.0162	6.06
16	13.24	29.3	8.13	33	-	-	5.77
17	13.3	30.1	8.07	33	-	-	6.23
18	13.33	30	8.06	34	-	-	6.25
19	13.38	29.5	8.13	28	0.0267	0.06	6.4
20	13.42	29.2	8.1	34	-	-	6.58
21	14.17	29.2	8.11	32	-	-	6.24
22	14.21	29.5	8.13	32	-	-	6.78
23	14.24	29.9	8.04	28	-	-	6.57
24	14.29	29.8	7.88	32	0.0149	0.0149	5.85
25	14.3	29.8	8.04	31	0.0148	0.0148	6.61
26	14.35	29.9	8.01	30	-	-	6.15

Hasil kajian ini juga disesuaikan dengan beberapa standar yang telah ditetapkan pemerintah mengenai kualitas perairan laut. Untuk hasil kajian jika dilihat dari kacamata Baku Mutu menteri untuk kualitas perairan adalah menghasilkan distribusi sebagai berikut:



Gambar 10. Kesesuaian perairan berdasarkan Baku Mutu Menteri pada area kajian Muara Sungai Kelep (Bagian Selatan) dan Muara Sungai Dodokan (Bagian Utara)

Hasil peta akhir dari overlay parameter *Dissolve Oxygen*, suhu, *chlorophyll-a*, suspensi, pH, dan salinitas yang diperuntukan biota laut yang mengacu pada baku mutu sesuai peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 26 tahun 2004 yang diterapkan pada dua lokasi yaitu muara Sungai Dodokan dan Kelep yang berada di Kecamatan Gerung dan Kecamatan Sekotong, Lombok Barat. Pada Muara Dodokan menunjukkan hasil pada bagian dekat dengan muara sungai memiliki kondisi biofisik yang tidak sesuai untuk biota laut, karena dari segi suplai suspensi yang tinggi dari Sungai Dodokan ditambah dengan kondisi salinitas yang berdasarkan pengukuran lapangan bernilai 28 ppt yang berarti memiliki kondisi air yang payau, sedangkan biota laut yang pada umumnya membutuhkan kondisi perairan yang asin berkisar 30-34 ppt.

Muara Dodokan terdapat kelas yang sesuai untuk biota laut dengan kondisi perairan yang memiliki salinitas 30-32 ppt, dengan PH 8.17, DO 6,61 mg/l, suspensi 0,151 mg/l yang tidak keruh dan tidak melampaui batas ambang baku mutu dan memiliki kandungan klorofil-a sebesar 0,1602 µg/l yang termasuk sedang dan cukup sebagai pemenuh kebutuhan ikan-ikan laut. Sedangkan di muara Sungai Kelep dari pengamatan lapangan menunjukkan kondisi biota laut yang lebih beragam seperti mangrove, lamun, coral dan ikan-ikan laut yang menunjukkan pada kelas biota laut menunjukkan kandungan klorofil-a yang tinggi 0,2402 µg/l karena ada suplai dari mangrove yang ada di sekitarnya dan memiliki kondisi DO 7,11 mg/l, pH 8,16 dan kondisi suspensi yang

tidak terlalu keruh yaitu 0,0148 mg/l. Perbedaan dari ekspektasi awal pada wilayah ini memiliki tingkat suspensi yang tinggi, namun pada saat lapangan memiliki suspensi yang rendah terpengaruh karena pengambilan yang pada musim kemarau, sehingga kondisi perairan yang lebih jernih dari pada musim penghujan. Sedangkan untuk salinitas dimana kondisi salinitasnya sebesar 33 ppt yang sesuai perairan laut pada umumnya. Sedangkan apabila di lihat untuk perikanan laut memiliki perairan kurang baik karena banyak dilalui kapal-kapal komersil yang melintas di pelabuhan, dimana pada lokasi kajian yang terdapat Pelabuhan Lembar yang termasuk pelabuhan besar yang tentu berpengaruh pada tingkat kualitas air pada sekitar pelabuhan yang dari survei lapangan tercium bau bahan bakar seperti solar yang merusak dan bersifat pencemar bagi biota laut jika kandungannya berlebihan.

4. KESIMPULAN

Sebaran suhu di muara Dodokan dan Kelep berkisar 28°C hingga $29,8^{\circ}\text{C}$; sebaran salinitas berkisar dari 28 hingga 34 promil; sebaran oksigen terlarut berkisar 5,4 hingga 8,0 mg/l; sebaran suspensi antara 0,01 hingga 0,06 mg/l; nilai klorofil berkisar dari 0 hingga 0,818 mg/l; dan sebaran pH berkisar antara 7,9 hingga 8,22.

Kualitas perairan di Muara Sungai Dodokan sesuai untuk perikanan laut, sementara yang dekat muara tidak sesuai untuk biota laut. Kualitas perairan di Muara Sungai Kelep sesuai untuk biota laut yang beragam seperti mangrove, lamun, coral dan ikan-ikan laut.

DAFTAR PUSTAKA

- BPDAS Kota Mataram. 2014. Karakteristik DAS Dodokan Moyosari, Kabupaten Lombok Barat.
- Chander, G., L. B. & Barsi, J. A., 2007. Revised Landsat-5 Thematic Mapper Radiometric Calibration. IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters, 4(3), pp. 490-494.
- Chander, G., Markham, B. L. & Helder, D. L., 2009. Summary of current radiometric calibration coefficients for Landsat MSS, TM, ETM+, and EO-1 ALI sensors. Remote Sensing of Environment, Volume 113, pp. 893-903.
- Dinas Pekerjaan Umum Kabupaten Lombok Barat Bagian Pengelolaan Sungai. 2014. Data Pemantauan Kualitas Air Sungai di DAS Dodokan Moyosari.
- Hartoyo, G. Manjela Eko, dkk. 2010. Modul Pelatihan Sistem Informasi Geografis (SIG) Tingkat Dasar. Bogor: Tropenbos International Indonesia Programme.
- Hardjojo dan Djokosetiyanto. 2005. Pengukuran dan Analisis Kualitas Air. Edisi Kesatu, Modul 1-6. Universitas Terbuka, Jakarta.
- Herawati, V.E. 2008. Thesis: Analisis Kesesuaian Perairan Segara Anakan Kabupaten Cilacap sebagai Lahan Budidaya Kerang Totok (Polymesoda erosa) Ditinjau dari Aspek Produktivitas Primer menggunakan Penginderaan Jauh. Semarang: Program Pasca Sarjana Universitas Diponegoro.
- Hutabarat, S. 2000. Produktivitas Perairan dan Plankton. Telaah Terhadap Ilmu Perikanan dan Kelautan. Semarang: Badan Penerbit Universitas Diponegoro.
- Ketchum, B.H. 1971. Pollution, Natural Resources, and Biological Effects of Pollution of Estuaries and Coastal Waters. The Massachusetts Institute of Technology: Massachusetts.
- Kementerian Lingkungan Hidup (KLH). 2004. Keputusan Kantor Menteri Negara Kependudukan dan Lingkungan Hidup No. 51 Tahun 2004 Tentang Baku Mutu Air Laut. Kementerian Lingkungan Hidup. Jakarta.
- Kishino, et. al., 1998. In-Water Algorithms for ADEOS/OCTS. Journal of Oceanography, Vol. 54, pp. 431 to 436.
- Lilliesand and Kiefer. 1997. Penginderaan Jauh dan Interpretasi Citra. Terjemahan Fakultas Geografi. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Lung, W.S., 1993. Water Quality Modeling; Application to Estuaria. Vol. II CRC Press. Florida.
- Monoarfa, Winarni. 2002. Dampak Pembangunan bagi Kualitas Air di Pesisir. Pantai Losari, Makassar. Sci&Tech, Vol. 3 No. 3 Desember 2002: 37-44.
- Odum. 1996. Dasar-dasar Ekologi. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Putra, Ida Bagus Giri. 2007. Kajian DAS Jangkak serta Alternatif Penanganannya. Jurnal Kualitas Air Volume 8, No. 2 tahun 2007.
- Rundquist. 2010. Application of Hyperspectral Remotely Sensed Data for Water Quality Monitoring: Accuracy and Limitation. Accuracy 2010 Symposium, Page 349 to 352.
- Sudarmadji. 2013. Mata Air, Perspektif Hidrologis dan Lingkungan. Yogyakarta: Sekolah Pascasarjana Universitas Gadjah Mada.

- Simanjuntak, M. 2012. Kualitas Air Laut Ditinjau Dari Aspek Zat Hara, Oksigen Terlarut dan pH Di Perairan Banggai, Sulawesi Tengah. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, Vol. 4, No. 2, Hlm. 290-303.
- Sitanggang, G. 2010. Kajian Pemanfaatan Satelit Masa Depan: Sistem Penginderaan Jauh Satelit LDCM (LANDSAT-8). Jakarta: LAPAN.
- USGS, 2015. Using the USGS Landsat 8 Product. Available at: http://landsat.usgs.gov/Landsat8_Using_Product.php, diakses tanggal 14 April 2015.
- Wahib, A., dkk. 2007. Profil Geologi Lingkungan Pulau Lombok, Provinsi Nusa Tenggara Barat. Badan Geologi, Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral.

PEMETAAN LAHAN POTENSIAL MANGROVE MENGGUNAKAN CITRA LANDSAT OLI DAN SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS DI DELTA MAHAKAM, KALIMANTAN TIMUR

Ratri Ma'rifatun Nisaa', Nurul Khakhim

Prodi Kartografi dan Penginderaan Jauh, Fakultas Geografi UGM, Sekip Utara, Sleman, Yogyakarta 55281

Email: ratri.marifatun@gmail.com, nurulkhakhim7@gmail.com

*Corresponding author: ratri.marifatun@gmail.com

ABSTRAK

Mangrove merupakan suatu tipe hutan tropik dan subtropik yang khas, tumbuh disepanjang pantai atau muara sungai yang dipengaruhi air laut. Hutan mangrove memiliki berbagai fungsi ekologis dan ekonomi. Secara ekologis, hutan mangrove berfungsi sebagai daerah mencari makan, daerah pemijahan, dan daerah asuhan berbagai jenis ikan, udang dan biota laut lainnya. Secara ekonomi, hutan mangrove dapat dimanfaatkan kayunya untuk bahan bangunan dan arang, dikembangkan untuk lahan pertambakan dan pertanian, serta kawasan ekowisata. Penelitian ini bertujuan untuk memetakan lahan potensial mangrove menggunakan citra Landsat OLI dan SIG di Delta Mahakam, Kalimantan Timur. Penelitian ini menggunakan citra Landsat OLI perekaman 1 Mei 2015, Peta Geologi, Peta Rupabumi dan data sekunder. Klasifikasi penutup lahan dilakukan dengan interpretasi visual dari citra Landsat OLI. Peta potensial mangrove yang didapatkan dari *overlay* parameter penutup lahan, tekstur tanah, salinitas, dan frekuensi genangan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa lahan potensial mangrove terbagi menjadi tiga klasifikasi, yakni sangat potensial, potensial, dan kurang potensial. Klasifikasi sangat potensial memiliki luas sebesar 14.991 ha atau 13,69%, klasifikasi potensial memiliki luas 69.276 ha atau 63,24% dan klasifikasi kurang potensial memiliki luas 25.279 ha atau 23,08% dari luas Delta Mahakam.

KATA KUNCI: lahan potensial mangrove, Landsat OLI, SIG

1. PENDAHULUAN

Mangrove merupakan suatu tipe hutan tropik dan subtropik yang khas, tumbuh disepanjang pantai atau muara sungai yang dipengaruhi air laut. Mangrove banyak dijumpai di wilayah pesisir yang memiliki topografi landai dan terlindung dari terpaan ombak (Dahuri, 2003). Hutan mangrove memiliki berbagai fungsi ekologis dan ekonomi. Secara ekologis, hutan mangrove berfungsi sebagai daerah mencari makan, daerah pemijahan, dan daerah asuhan berbagai jenis ikan, udang dan biota laut lainnya dan ekonomi, hutan mangrove dapat dimanfaatkan kayunya untuk bahan bangunan dan arang, dikembangkan untuk lahan pertambakan dan pertanian, serta kawasan ekowisata.

Luas hutan mangrove di seluruh Indonesia diperkirakan sekitar 4,25 juta ha atau 3,98% dari seluruh hutan Indonesia (Nontji, 1987). Kementerian Kelautan dan Perikanan (KKP) memperkirakan luas hutan mangrove telah berkurang sebesar 2,15 juta ha sehingga tersisa 2,1 juta ha. Berdasarkan data dari FAO (2005), luas hutan mangrove di Indonesia dari tahun 1980 hingga 2005 terus mengalami penurunan, yaitu dari 4,2 juta ha menjadi 2,9 juta ha. Diperkirakan laju kerusakan hutan mangrove di Indonesia mencapai 200.000 ha/tahun. Kerusakan hutan mangrove terus berlangsung lebih cepat dibandingkan dengan kemampuan untuk merehabilitasi (Agussalim, 2012). Mengingat hutan mangrove memiliki fungsi yang sangat penting, maka diperlukan pengelolaan hutan mangrove yang optimal agar kerusakan dan berkurangnya luas hutan mangrove dapat diminimalisir.

Berkurangnya luas hutan mangrove juga terjadi di Delta Mahakam, Kalimantan Timur. Delta Mahakam merupakan delta terbesar di Indonesia dengan luas yang diestimasi sebesar 109.000 ha. Delta Mahakam ditutupi oleh jenis mangrove dominan yakni jenis Nipah (*Nypa fruticans*) seluas sekitar 66.000 ha yang merupakan salah satu jenis mangrove terluas di dunia. Hutan mangrove di Delta Mahakam mengalami kerusakan akibat dari konversi mangrove menjadi tambak. Luas hutan mangrove yang berkurang diestimasi 60.000 ha atau sekitar 55% dari total luas Delta Mahakam.

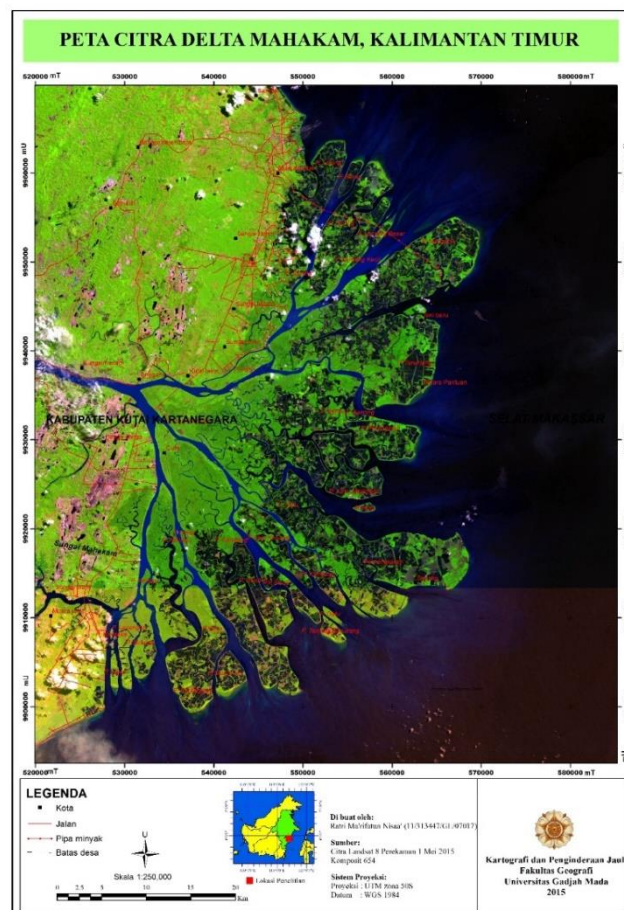
Hopley (1999) dalam Sidik (2008) menyatakan bahwa adanya pertambakan udang di Delta Mahakam dimulai pada tahun 1992 dengan luas hanya 2.800 ha, tetapi pada tahun 1998 luas pertambakan udang meningkat menjadi 13.000 ha. Sumber yang lain (Bapedda Kukar, 2003) menyebutkan bahwa berdasarkan citra

Landsat, area pertambahan udang pada tahun 1991 diestimasi hanya 3.628 ha, tetapi meningkat menjadi 14.480 ha pada tahun 1996 dan 69.454 ha pada tahun 2001. Hal ini disebabkan karena terjadinya krisis moneter dimana harga udang meningkat dan harga rupiah melemah. Sejak tahun 1999, konversi tersebut telah mengakibatkan berkurangnya luasan mangrove sebanyak lebih dari 50%. Hal ini menunjukkan menurunnya kualitas dan potensi sumberdaya pesisir dan hilangnya fungsi lingkungan dari mangrove tersebut.

Salah satu upaya untuk mengembalikan fungsi dan manfaat hutan mangrove adalah mengetahui lahan yang berpotensi sebagai tumbuhnya mangrove. Lahan potensial mangrove nantinya dapat digunakan sebagai penentuan untuk lahan rehabilitasi mangrove dengan melihat kerusakan mangrove yang ada. Perolehan informasi di Delta Mahakam tidak mudah karena wilayahnya yang luas. Pengukuran terestrial akan membutuhkan waktu dan biaya yang banyak. Salah satu data penginderaan jauh yang banyak digunakan dalam kajian hutan mangrove adalah citra Landsat. Landsat memiliki banyak saluran (multispektral) yang mampu membedakan vegetasi mangrove dan bukan mangrove berdasarkan karakteristik spektralnya. Penelitian ini bertujuan untuk memetakan lahan potensial mangrove menggunakan citra Landsat OLI dan SIG di Delta Mahakam, Kalimantan Timur.

2. WILAYAH KAJIAN

Daerah yang dipilih sebagai lokasi kajian adalah Delta Mahakam yang mencakup tiga kecamatan di Kabupaten Kutai Kartanegara yakni Kecamatan Muara Badak, Kecamatan Anggana dan Kecamatan Muara Jawa. Batas kajian yang digunakan adalah batas fisik dari Delta Mahakam (Gambar 1).



Gambar 1. Peta citra wilayah kajian

3. DATA DAN METODE

3.1 Data

Penelitian ini menggunakan Citra Landsat OLI Path 116 Row 60 dan 61 perekaman 1 Mei 2015. Selain itu, penelitian ini juga menggunakan Peta RBI, Peta Geologi, dan data pasang surut.

3.2 Metode

3.2.1 Pemrosesan Citra

1. Koreksi Radiometrik
Terdapat perbedaan koreksi radiometrik pada tiap tipe data. Pada citra Landsat OLI, koreksi radiometrik dilakukan dengan konversi nilai piksel langsung ke TOA *reflectance*.
2. Masking Citra
Citra Landsat OLI yang diperoleh memiliki cakupan area yang sangat luas, untuk itu perlu di-mask cakupan areanya yang disesuaikan dengan daerah penelitian. *Mask file* daerah penelitian ini menggunakan data vektor daerah penelitian yakni batas fisik Delta Mahakam.
3. Interpretasi Penutup Lahan
Klasifikasi penutup lahan dilakukan secara visual dengan menggunakan komposit 654. Komposit ini merupakan kombinasi dari saluran merah, saluran inframerah dekat, dan saluran inframerah tengah. Kombinasi saluran ini dianggap mampu untuk membedakan vegetasi mangrove dan non mangrove serta kenampakan penutup lahan lainnya.

3.2.2 Uji Akurasi Peta Penutup Lahan

Hasil klasifikasi citra yang berupa peta tutupan lahan mempunyai tingkat akurasi tertentu yang dapat diukur secara kuantitatif. Uji akurasi citra dilakukan untuk mengetahui kebenaran klasifikasi yang terkait aspek tepatnya tidaknya jenis penutup lahan yang diberi label (kelas tertentu) pada suatu koordinat tertentu. Uji akurasi Peta Penutup Lahan menggunakan tabel *confusion matrix*. Tabel *confusion matrix* merupakan tabel matriks yang menghubungkan piksel hasil klasifikasi dengan kebenaran di lapangan.

3.3.3 Klasifikasi Parameter Lahan Potensial Mangrove

Parameter lahan potensial mangrove merupakan parameter kondisi fisik suatu lahan yang dianggap sesuai sebagai tempat tumbuhnya mangrove. Parameter ini terdiri dari penutup lahan, tekstur tanah, salintas, dan frekuensi genangan yang masing-masing dikelaskan diberi harkat pada tabel berikut ini.

1. Klasifikasi Penutup/Penggunaan Lahan

Tabel 1. Tabel klasifikasi Penutup/Penggunaan Lahan

No.	Penutup/Penggunaan Lahan	Harkat
1.	Lahan kosong/endapan baru	5
2.	Semak belukar	5
3.	Mangrove	5
4.	Rumput	4
5.	Tambak	3
6.	Sawah	2
7.	Tegal	2
8.	Kebun campuran	2
9.	Permukiman	1

Sumber: Hartono (1995, dalam Iryadi, 2011)

2. Klasifikasi Tekstur Tanah

Tabel 2. Tabel klasifikasi tekstur tanah

No.	Tekstur tanah	Harkat
1.	Lempung	5
2.	Lempung debuan	5
3.	Geluh debuan	4
4.	Geluh lempungan	4
5.	Lempung pasir	3
6.	Geluh	3
7.	Pasir	1

Sumber: Hartono (1995, dalam Iryadi, 2011)

3. Klasifikasi Sanilitas

Tabel 3. Tabel klasifikasi sanilitas

No.	Salinitas (‰)	Harkat
1.	<5	1
2.	5-15	3
3.	15-25	4
4.	25-40	5
5.	>40	1

Sumber: Hartono (1995, dalam Iryadi, 2011)

4. Klasifikasi Frekuensi Genangan

Tabel 4. Tabel klasifikasi frekuensi genangan

No.	Frekuensi Genangan (kali/bulan)	Harkat
1.	57-62	5
2.	46-56	4
3.	21-45	3
4.	2-20	2
5.	<2	1

Sumber: Hartono (1995, dalam Iryadi, 2011)

3.3.4 Pembuatan Peta Lahan Potensial Mangrove Menggunakan Sistem Informasi Geografis

Pembuatan peta lahan potensial mangrove menggunakan metode skoring (pengharkatan) atau metode kuantitatif berjenjang yakni pemberian nilai pada masing-masing satuan lahan sesuai dengan karakteristiknya. Pada penelitian ini, masing-masing variabel lahan potensial mangrove dianggap memiliki bobot yang sama, sehingga proses pengharkatannya dirumuskan sebagai berikut:

$$Harkat\ Total = H.\ Penutup\ Lahan + H.\ Tekstur\ Tanah + H.\ Sanilitas + H.\ Genangan \quad (1)$$

Klasifikasi lahan potensial mangrove yang dihasilkan dibedakan menjadi empat kelas yaitu lahan sangat potensial, lahan potensial, lahan kurang potensial, dan lahan tidak potensial melalui perhitungan berikut:

$$Interval\ Kelas = \frac{Harkat\ total\ maks - harkat\ total\ min}{4} \quad (2)$$

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pemrosesan Citra

4.1.1 Koreksi Radiometrik

Koreksi radiometrik merupakan proses koreksi yang berhubungan dengan kualitas radiometrik dan spektral suatu citra. Koreksi radiometrik ditujukan untuk memperbaiki nilai piksel agar sesuai dengan yang seharusnya dan untuk menghilangkan atau meminimalisir kesalahan radiometrik akibat gangguan atmosfer pada saat proses perekaman. Biasanya gangguan atmosfer ini dapat berupa serapan, hamburan, dan pantulan yang menyebabkan nilai piksel pada citra hasil perekaman tidak sesuai dengan nilai piksel obyek sebenarnya di lapangan. Kesalahan radiometrik pada citra dapat menyebabkan kesalahan interpretasi terutama jika interpretasi dilakukan secara digital yang berdasarkan pada nilai piksel.

Pada citra Landsat OLI, koreksi radiometrik absolut mencakup konversi nilai DN (*digital number*) ke nilai TOA (*top of atmospheric*) *reflectance*. Koreksi ini memerlukan input dari header citra yang didalamnya adalah konstanta *rescaling* (REFLECTANCE_ADD_BAND), konstanta penambah (REFLECTANCE_ADD_BAND), dan sudut azimuth matahari.

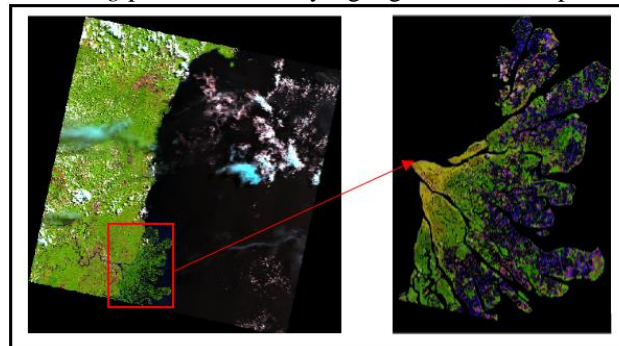
Tabel 5. Hasil nilai minimum dan maksimum pada DN dan *Reflectance* pada tiap band.

Band	DN		Reflectance	
	Min	Max	Min	Max
Band 2	0	65535	-0.115574	1.399256
Band 3	0	65535	-0.115574	1.399256
Band 4	0	65535	-0.115574	1.399256
Band 5	0	65535	-0.115574	1.399256
Band 6	0	57709	-0.115574	1.218359
Band 7	0	59085	-0.115574	1.250166

Koreksi radiometrik diperlukan saat citra akan dilakukan proses lebih lanjut seperti transformasi NDVI. Secara umum, kenampakan citra saat belum dikoreksi dan setelah dikoreksi memiliki kenampakan yang sama. Hanya saja, nilai pikselnya berubah. Pada nilai DN, nilai piksel memiliki rentang antara 0 hingga 65535, dikarenakan citra Landsat memiliki resolusi radiometrik sebesar 16 bit atau 2^{16} . Nilai piksel yang sudah terkoreksi *reflectance* memiliki nilai piksel dengan rentang -0.115574 hingga 1.399256.

4.1.2 Masking Wilayah Penelitian

Batas wilayah yang digunakan dalam penelitian ini adalah batas fisik dari Delta Mahakam itu sendiri. Proses masking wilayah penelitian dilakukan untuk mempersempit area kajian pada citra agar lebih terfokus pada wilayah tersebut. Pembuatan *file mask* dilakukan dengan memasukkan *file* batas wilayah dengan format vektor yang telah dibuat sebelumnya. Dengan *Import EVFs* yang telah ditampilkan pada citra, dilakukan *Export layer to ROI* agar format *EVF* diubah menjadi *ROI*. Pemotongan dilakukan dengan *tools Subset data via ROI* sehingga didapatkan *file* yang telah dipotong sesuai area kajian. Pembatasan wilayah kajian ini dilakukan pada semua band yang telah di-*stacking* pada kedua citra yang digunakan dalam penelitian.



Gambar 2. Citra Landsat sebelum dimasking (kiri) dan setelah di masking (kanan)

4.2 Interpretasi Citra dan Penggunaan SIG untuk Parameter Lahan Potensial Mangrove

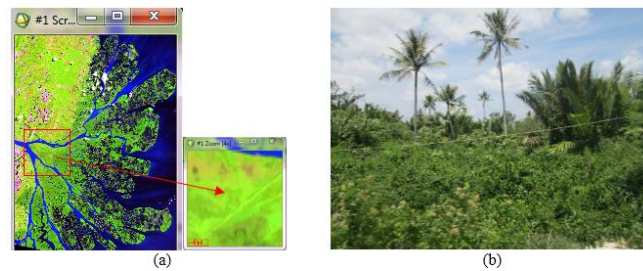
4.2.1 Penutup Lahan

Citra Landsat diinterpretasi secara visual dalam pembuatan peta penutup lahan ini. Penggunaan kunci interpretasi sangat dibutuhkan dalam penentuan objek. Komposit yang digunakan adalah komposit 654 yakni kombinasi dari saluran inframerah tengah, saluran inframerah dekat, dan saluran merah. Penggunaan komposit 654 memberikan kenampakan yang dapat membedakan antara vegetasi mangrove dan *non* mangrove. Kelebihan interpretasi visual adalah objek dapat dibedakan berdasarkan *local knowledge* dari interpreter dan hasil dari klasifikasi akan lebih bagus dan lebih halus.

Objek penutup lahan awalnya diklasifikasikan menjadi 4 kelas yakni hutan (1) lahan kering berupa hutan campuran yang merupakan campuran antara mangrove, palma, dengan tanaman hutan tropis, (2) hutan lahan basah (mangrove), (3) lahan terbuka (lahan kosong), dan (4) tambak. Hutan lahan basah (mangrove) kemudian diklasifikasikan dengan melihat zonasi ekosistemnya menjadi 2 kelas, yakni hutan nipah (*Nypa fruticans*) yang merupakan vegetasi dominan di Delta Mahakam dan mangrove yang didalamnya adalah *Sonneratia sp.*, *Avicennia sp.*, *Rhizophora sp.*, *Bruguiera sp.*, dan *Xylocarpus granatum*. Peta penutup lahan Delta Mahakam Tahun 2015 dapat dilihat pada Gambar 8(a).

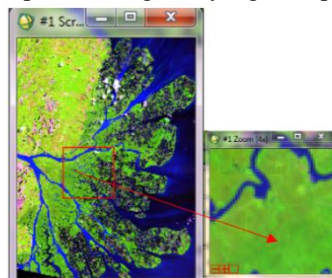
Penutup lahan yang perlu dicek adalah penutup lahan hasil interpretasi yang terdiri dari hutan campuran, mangrove, tambak, dan lahan kosong. Pertama adalah kenampakan hutan campuran. Kenampakan hutan campuran pada citra berwarna hijau cerah dan tekstur yang tidak teratur. Warna yang cerah disebabkan karena kondisi genangan di wilayah ini termasuk kategori jarang. Di lapangan, hutan campuran memiliki banyak variasi vegetasi penyusunnya. Seperti pada Gambar 3, di dalam hutan campuran terdapat beberapa jenis

palma seperti nibung (*Oncosperma tigillarum*), paku-pakuan (*Acrostichum aureum*) beberapa jenis mangrove nipah, dungun (*Heritiera littoralis*), dan semak belukar.

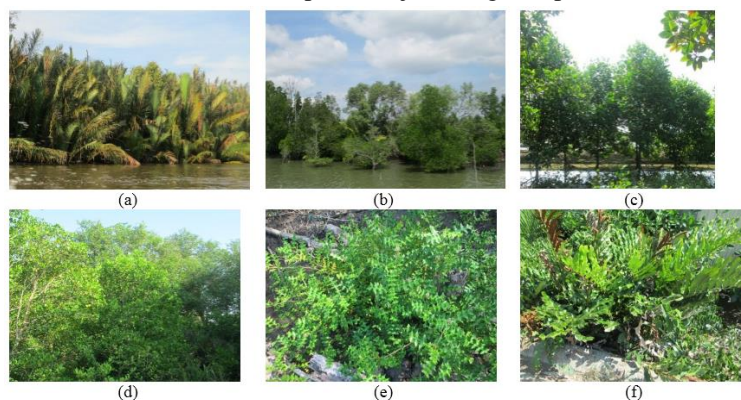


Gambar 3. Kenampakan hutan campuran pada citra (kiri) dan di lapangan (kanan)

Kedua adalah cek penutup lahan mangrove. Penutup lahan mangrove pada citra terlihat berwarna hijau tua (lihat Gambar 4), hal ini disebabkan karena vegetasi mangrove tumbuh pada lahan yang selalu tergenang hingga kadang tergenang. Kandungan air pada tanah dimana mangrove tumbuh menyebabkan menyebabkan warna gelap karena air terserap pada saluran inframerah. Pada Gambar 5 ditampilkan beberapa jenis mangrove diantaranya *Nypa fruticans*, *Avicennia alba*, *Rhizophora mucronata*, *Sonneratia alba*, *Acanthus ebracteatus*, dan *Acrostichum aureum*. Masih banyak lagi spesies mangrove yang terdapat di Delta Mahakam.



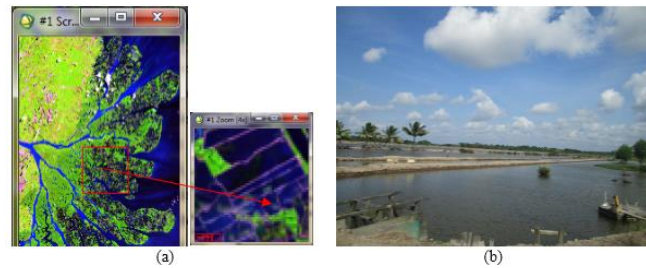
Gambar 4. Kenampakan objek mangrove pada citra



Gambar 5. Berbagai jenis mangrove yang terdapat di Delta Mahakam (a) *Nypa fruticans*, (b) *Avicennia alba*, (c) *Rhizophora mucronata*, (d) *Sonneratia alba*, (e) *Acanthus ebracteatus*, (f) *Acrostichum aureum*

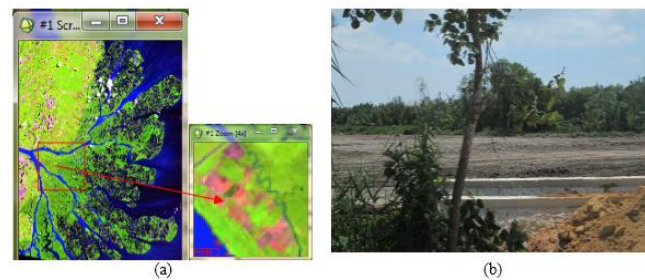
Telah disebutkan sebelumnya bahwa objek mangrove kemudian diklasifikasikan dengan melihat zonasi ekosistemnya menjadi 2 kelas, yakni hutan nipah (*Nypa fruticans*) dan mangrove. Hutan nipah (*Nypa fruticans*) diklasifikasikan sendiri karena sebagian besar Delta Mahakam ditumbuhi oleh mangrove dengan jenis ini. Dengan kata lain, *Nypa fruticans* merupakan vegetasi dominan di Delta Mahakam. Objek mangrove sendiri merupakan mangrove yang didalamnya adalah *Sonneratia sp*, *Avicennia sp*, *Rhizophora sp*, *Bruguiera sp*, dan *Xylocarpus granatum*.

Ketiga adalah cek penutup lahan tambak. Penutup lahan tambak paling mudah dikenali pada citra karena warnanya yang biru hingga biru tua dan bentuknya yang kotak-kotak yang terlihat pada Gambar 6(a). Di lapangan, tambak memiliki luas minimal 1 hektar, dengan jenis tambak adalah tambak udang. Pada Gambar 6(b) dapat dilihat kenampakan tambak di lapangan. Di sekitar tambak biasanya tumbuhan mangrove. Sebagian petani tambak menggunakan sistem *silvofishery*, dimana terdapat mangrove di didalam tambak. Namun, sistem ini masih kurang peminatnya bagi petani tambak di Delta Mahakam.



Gambar 6. Kenampakan penutup lahan tambak pada citra (a) dan di lapangan (b)

Keempat adalah cek kenampakan lahan kosong. Kenampakan lahan kosong pada citra dicirikan dengan dengan warna merah muda (lihat Gambar 7(a)) untuk lahan terbangun, lahan dibangun untuk tambak, atau lahan yang sengaja diuruk oleh perusahaan disekitarnya dan warna ungu muda untuk lahan kosong bekas tambak. Bentuknya ada yang kotak ada ada yang tidak teratur. Gambar 7(b) merupakan kenampakan lahan kosong di lapangan.



Gambar 7. Kenampakan lahan kosong pada citra (a) dan kenampakan dilapangan (b)

4.2.2 Tekstur Tanah

Delta Mahakam memiliki bentuklahan berupa delta yang merupakan bentuklahan yang sesuai dengan habitat tumbuhnya mangrove karena dipengaruhi oleh pasang surut. Bentuklahan delta memiliki karakteristik tanah tersendiri. Pembuatan peta tekstur tanah dilakukan dengan dengan menurunkan informasi dari Peta Geologi dan informasi jenis tanah di Delta Mahakam. Dari informasi peta geologi, Delta Mahakam merupakan endapan permukaan (alluvium-Qa) dengan material yang terendapkan adalah pasir dan lumpur. Jenis tanah di Delta Mahakam adalah tanah alluvial dengan tekstur dominannya adalah bertekstur lempung. Pengukuran tekstur tanah di lapangan dilakukan dengan mengambil sampel tanah, lalu dibasahi dan dipilin untuk dirasakan kasar, halus, dan komposisi dominannya. Komposisi dominan hasil lapangan adalah tanah dengan tesktur lempung. Hasil klasifikasi tekstur tanah ada dua, yakni lempung dan lempung debu. Kedua tekstur tanah ini merupakan tekstur tanah yang sesuai untuk tumbuhnya mangrove. Peta tekstur tanah dapat dilihat pada Gambar 8(b).

4.2.3 Salinitas

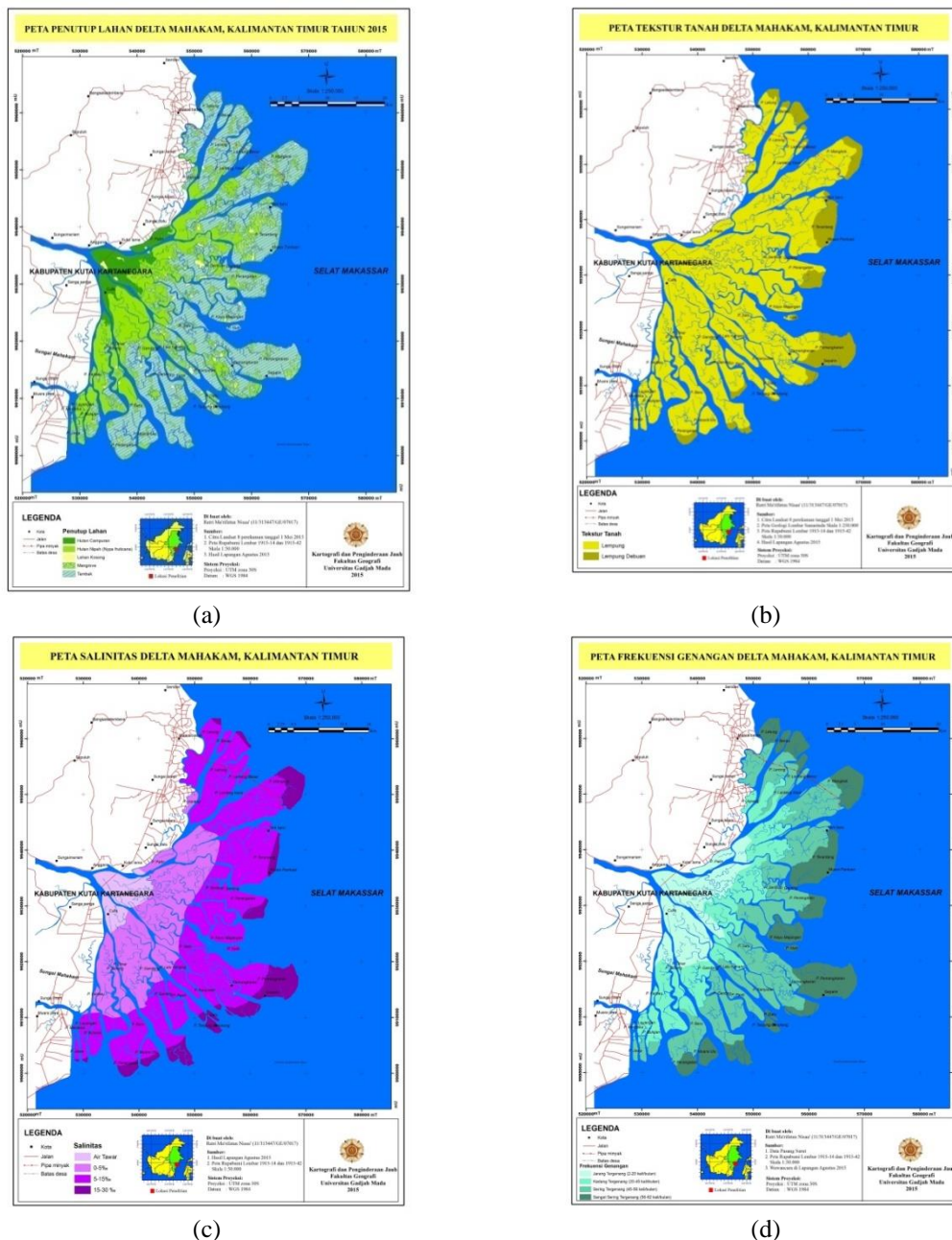
Mangrove pada umumnya dapat tumbuh baik pada kondisi salinitas 5‰-30‰. Pada penelitian ini, pembuatan peta salinitas didasarkan pada data sekunder yang telah didapat dari penelitian sebelumnya. Namun, diperlukan data validasi di lapangan untuk mengetahui sejauh mana kebenaran dari data sekunder tersebut. Pengukuran di lapangan menggunakan alat *salinity meter* dengan satuan persen (%) sehingga perlu dilakukan konversi untuk mendapatkan nilai dengan satuan permil (‰) atau *parts per thousand* (ppt). Hasil pengukuran di lapangan menggunakan *salinity meter* menunjukan nilai salinitas di Delta Mahakam memiliki rentang dari 0‰ hingga 27,4 ‰ pada kondisi pasang dan nilai salinitas 0‰ hingga 20,5 ‰ pada kondisi surut. Pengukuran di lapangan dilakukan pada musim kemarau (bukan penghujan). Salinitas dapat dilihat pada Gambar 8(c).

Pada peta tersebut, salinitas di Delta Mahakam dibagi menjadi 4 kelas yakni air tawar, salinitas 0-5‰, salinitas 5-15‰, dan salinitas 15-30 ‰. Kondisi air tawar berada di dekat daratan dan airnya masih terpengaruhi oleh air sungai Mahakam. Pada zona selanjutnya, kondisi air terdapat kandungan garam sedikit (payau) dengan kisaran 0-5‰ yang disebabkan adanya muara sungai yang mengarah ke Delta Mahakam. Zona berikutnya, kondisi air memiliki nilai salinitas 5-15‰ (payau) dengan lebih banyak kandungan garamnya. Zona terakhir adalah zona yang behadapan langsung dengan Selat Makassar (laut lepas) dengan kondisi salinitas 15-30 ‰ yang termasuk dalam kategori air asin.

4.2.4 Frekuensi Genangan

Pembuatan peta frekuensi genangan dilakukan dengan mengolah data pasang surut dan informasi dari wawancara di lapangan. Data pasang surut yang digunakan adalah data pasang surut pada Bulan Agustus 2015 yang sesuai dengan waktu saat lapangan. Dalam data tersebut ditampilkan setiap jam dan menunjukkan data pasang tertinggi dan surut terendah. Pengolahan data dilakukan dengan melihat ketinggian pasang tertinggi dan surut terendah setiap harinya. Hasil pengolahan data, didapatkan surut terendah adalah 0,2 m dan pasang tertinggi adalah 2,8 m, sedangkan rata-rata surut terendah adalah 0,6 m dan rata-rata surut tertinggi adalah 2,13 m. Hasil ini digunakan sebagai penentuan batas kelas pasang surut yang telah dibuat sebelumnya. Di lapangan sendiri, ketinggian pasang antara 0,2 m – 0,6 m dengan melihat bekas genangan pada patok kayu pondasi rumah dan frekuensi pasang sehari dua kali yakni pagi dan sore menjelang malam (sesuai dengan bulan).

Penentuan tingkat genangan dilakukan secara kualitatif dengan kelas genangan jarang tergenang, kadang tergenang, sering tergenang, dan sangat sering tergenang. Dari klasifikasi tersebut, digunakan sebagai pendekatan untuk menentukan frekuensi genangan. Frekuensi genangan dibagi menjadi 4 kelas yakni 56-62 kali/bulan (sangat sering tergenang), 45-56 kali/bulan (sering tergenang), 20-45 kali bulan (kadang tergenang), dan 2-40 kali/perbulan (jarang tergenang) dengan visualisasi peta yang dapat dilihat pada Gambar 8(d).



Gambar 8. Peta Penutup Lahan (a), Peta Tekstur Tanah (b), Peta Salinitas (c), Peta Frekuensi Genangan (d).

4.3 Uji Akurasi Penutup Lahan

Data penginderaan jauh banyak digunakan sebagai penyadapan informasi tanpa kontak langsung dengan objek atau fenomena tersebut. Untuk penyadapan informasi penutup lahan, objek diinterpretasi secara visual dengan menggunakan komposit. Uji akurasi penutup lahan dilakukan untuk mengetahui seberapa besar kebenaran hasil interpretasi setelah dilakukan cek lapangan. Pengujian hasil interpretasi visual dilakukan dengan menggunakan tabel *confusion matrix* yang menghubungkan antara area hasil klasifikasi dengan hasil informasi yang didapatkan dari lapangan. Akurasi keseluruhan (*overall accuracy*) menunjukkan banyaknya area yang terklasifikasi benar pada tiap kelas dibanding jumlah sampel yang digunakan untuk uji akurasi pada semua kelas. Pada Tabel 6 menunjukkan bahwa akurasi keseluruhan menunjukkan nilai 87,88% yang berarti terdapat 87,88% area yang terklasifikasi benar.

Tabel 6. Tabel *confusion matrix* untuk uji akurasi penutup lahan.

Hasil Interpretasi citra	Lapangan						Total	User Accuracy	Error Commision
	Objek	Hc	Np	Mg	Lk	Tb			
	Hc	3	3				6	50 %	50 %
	Np		7				7	100 %	0 %
	Mg			5			5	100 %	0 %
	Lk				1	1	2	50 %	50 %
	Tb					13	13	100 %	0 %
	Total	3	10	5	1	14	33		
	Producer Accuracy	100 %	70 %	100 %	100 %	93 %	Overall Accuracy		87.88%
	Error Omission	0 %	30 %		0 %	7 %	Kappa		0.8132

Nilai *user* dan *producer accuracy* yakni akurasi pengguna dan akurasi pembuat dihitung pada tiap kelas yang ada dalam klasifikasi. Pada objek mangrove, akurasi pengguna adalah sebesar 100% yang artinya 100% area yang terklasifikasikan sebagai mangrove adalah benar mangrove pada kenyataan di lapangan, sedangkan untuk nilai akurasi pembuat pada objek mangrove adalah 70% yang artinya terdapat 70% mangrove di lapangan diklasifikasikan secara benar.

Nilai kappa menunjukkan perbandingan antara hasil klasifikasi yang diuji dengan hasil klasifikasi acak. Nilai kappa menunjukkan konsistensi akurasi pada klasifikasi. Pada tabel diatas, nilai kappa menunjukkan angka 0.8132 yang berarti hasil klasifikasi tersebut mampu menghindari 81,32% kesalahan yang akan muncul pada klasifikasi acak. Nilai kappa selalu lebih rendah dibandingkan dengan nilai akurasi keseluruhan. Pada umumnya, besaran nilai kappa adalah antara 0 hingga 1. Apabila nilai kappa adalah negatif, artinya klasifikasi yang dilakukan sangatlah jelek.

Kelemahan dari pengujian hasil interpretasi ini adalah pengecekan penutup lahan di lapangan menggunakan objek titik. Hal ini mengakibatkan akurasi dari penutup lahan menjadi tinggi. Penilaian akurasi yang benar adalah menggunakan objek poligon dengan benar-benar mengetahui bentuk objek penutup lahan di lapangan dan menampilkan (*overlay*) dengan penutup lahan hasil interpretasi. Setelah itu, akan diketahui selisih poligon dan diketahui luasan poligon yang salah dan luasan poligon yang benar. Perhitungan dilakukan dengan menghitung berapa piksel yang termasuk dalam poligon benar dan berapa piksel yang termasuk dalam poligon salah.

4.4 Analisa Lahan Potensial Mangrove

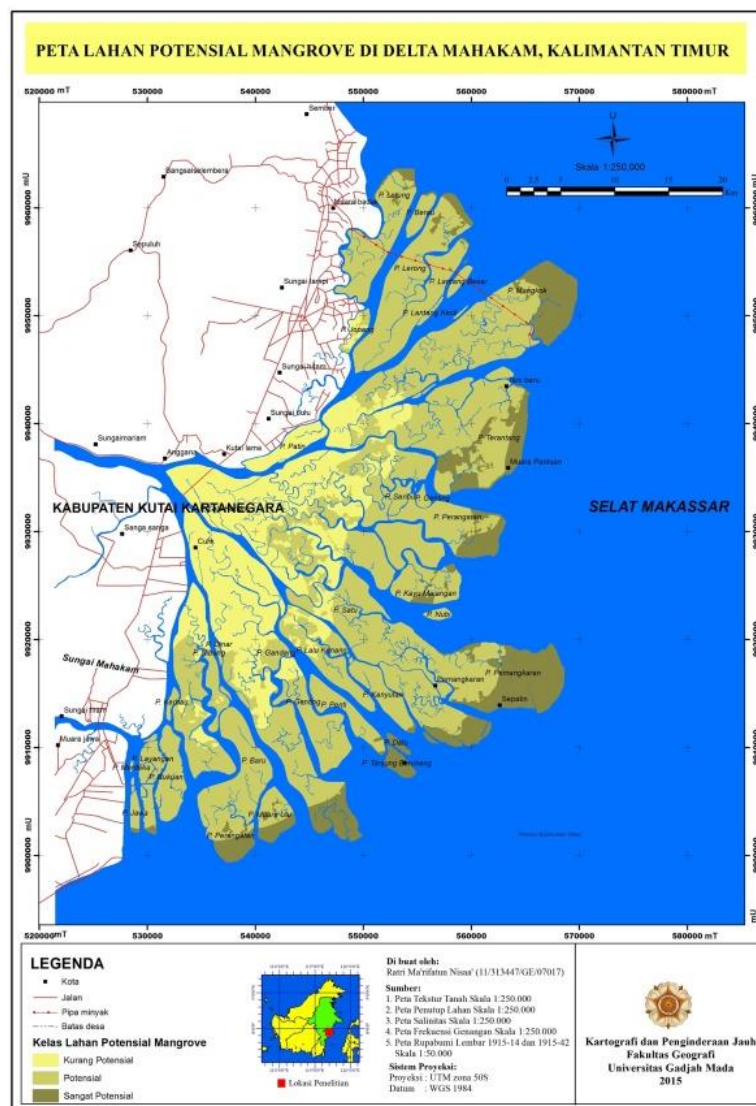
Penentuan lahan potensial mangrove ditunjukan untuk melihat sebaran secara spasial area yang cocok untuk tumbuhnya mangrove. Lahan potensial mangrove didapatkan dari *overlay* dari parameter lahan potensial mangrove meliputi penutup lahan, tekstur tanah, salinitas, dan frekuensi genangan. Keempat parameter tersebut dilakukan pengharkatan dengan rentang harkat 1 hingga 5. Semakin tinggi harkat, maka kondisi tersebut cocok untuk tumbuhnya mangrove. Parameter tersebut dilakukan *overlay* dan dilakukan pengharkatan total.

Lahan potensial mangrove dibagi menjadi 3 klasifikasi. Klasifikasi kurang potensial dengan luas 25.279 ha atau 23,08%, klasifikasi potensial dengan luas 69.276 ha atau 63,24%, dan klasifikasi sangat potensial dengan luas 14.991 ha atau 13,69% dari luas keseluruhan Delta Mahakam. Peta lahan potensial mangrove dapat dilihat pada Gambar 9.

Tabel 7. Klasifikasi lahan potensial mangrove dan luasannya.

Kelas Potensial	Luas (ha)	Persentase (%)
Kurang Potensial	25279.29	23.08
Potensial	69276.55	63.24
Sangat Potensial	14991.94	13.69
Total	109547.77	100

Kendala dari pembuatan peta lahan potensial mangrove adalah ketidakpastian yang terjadi yang diakibatkan hasil *overlay* dari parameter penyusun lahan potensial mangrove. *Overlay* dari parameter tersebut berpengaruh terhadap hasil akhir, bisa berupa kesalahan dalam klasifikasi peta hasil skoring seperti peta penutup lahan, peta tekstur tanah, peta salinitas, maupun peta frekuensi genangan. Teknik pengharkatan yang dilakukan belum sepenuhnya benar, teknik ini hanya digunakan sebagai pendekatan untuk menentukan lahan potensial mangrove.



Gambar 9. Peta Lahan Potensial Mangrove

5. KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa lahan potensial mangrove terbagi menjadi tiga klasifikasi, yakni sangat potensial, potensial, dan kurang potensial. Klasifikasi sangat potensial memiliki luas sebesar 14.991 ha atau 13,69%, klasifikasi potensial memiliki luas 69.276 ha atau 63,24% dan klasifikasi kurang potensial memiliki luas 25.279 ha atau 23,08% dari luas Delta Mahakam.

DAFTAR PUSTAKA

- Agussalim, A. (2012), Pemanfaatan citra Landsat ETM dan TM+ dan sistem informasi geografis untuk kajian kerusakan hutan mangrove di daerah pesisir Banyuasin, Provinsi Sumatera Selatan, *tesis*, Yogyakarta, Fakultas Geografi UGM.
- Bapedda Kukar. (2003), Rencana Detil Tata Ruang Kawasan Delta Mahakam. Kerjasama antara Bapedda Kutai Kartanegara dengan LAPI ITB, Tenggarong, Bapedda Kutai Kartanegara.
- Dahuri. (2003), *Keanekaragaman Hayati Laut: Aset Pembangunan Berkelanjutan Indonesia*, Jakarta, Gramedia Pustaka Utama.
- FAO. (2005), *Global Forest Resources Assessment 2005, Thematic Study on Mangroves Indonesia*, Roma, Italia, FAO of the United Nations.
- Hopley, D. (1999), *Assesment of the Environmental Status and Prospects ff Aquaculture in Mahakam Delta, East Kalimantan, Indonesia*, Balikpapan, Total Indonesia.
- Iryadi, R. (2011), Integrasi Penginderaan Jauh Multitemporal dan Sistem Informasi Geografis untuk Penyusunan Zonasi Arah Konservasi Mangrove Pesisir Sidoarjo, *skripsi*, Yogyakarta, Fakultas Geografi UGM.
- Nontji, A. (1987), *Laut Nusantara*, Jakarta, PT Djambatan.
- Sidik, A. S. (2008), The Change of Mangrove Ecosystem in Mahakam Delta, Indonesia: A complex social environment pattern of linkages in resources utilization, Paper presented at The South China Sea Conference 2008.

PERBANDINGAN AKURASI METODE BAND TUNGGAL DAN BAND RASIO UNTUK PEMETAAN BATIMETRI PADA LAUT DANGKAL OPTIS

Pramaditya Wicaksono

Kartografi dan Penginderaan Jauh Fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada Yogyakarta 55281

*Corresponding author email: prama.wicaksono@geo.ugm.ac.id

ABSTRAK

Isu utama dalam pemetaan batimetri menggunakan data penginderaan jauh pasif adalah kondisi tutupan dasar perairan yang sangat heterogen, antara lain adanya tutupan terumbu karang, padang lamun, maupun pasir. Variasi tutupan dasar perairan ini akan mendistorsi hubungan antara pantulan spektral laut dangkal optis dengan kedalaman perairan. Salah satu cara untuk menormalisasi variasi tutupan dasar perairan tersebut adalah dengan menggunakan band rasio. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan akurasi pemetaan batimetri hasil pemodelan band tunggal dan band rasio. Citra yang digunakan adalah Worldview-2 dan penelitian dilakukan di Pulau Kemujan, Kepulauan Karimunjawa. Koreksi atmosferik dan *sunlint* diterapkan pada citra Worldview-2 sebelum dilakukan pemodelan. Nilai piksel asli dan nilai piksel hasil *log-transformed* digunakan sebagai input dalam pemodelan batimetri. Total ada 12 band tunggal dan 30 kombinasi band rasio yang digunakan dalam pemodelan batimetri. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa: 1) Band rasio mampu menormalisasi variasi tutupan dasar perairan dalam pemetaan batimetri, ditunjukkan dengan nilai SE yang lebih rendah dibandingkan nilai SE dari hasil band tunggal, 2) meskipun perbedaan nilai SE relatif kecil, namun perbedaan distribusi spasial kedalaman perairan antara hasil band rasio dengan band tunggal sangat signifikan, terutama pada area <2 m yang cenderung *overestimate* dan >4 m yang cenderung *underestimate*, 3) peta batimetri paling akurat dimodelkan dari rasio Biru/Kuning dengan SE 1,01 m, menunjukkan bahwa pemetaan batimetri pada laut dangkal optis tidak hanya bisa dilakukan oleh band biru, namun menyesuaikan dengan variasi kedalaman di wilayah kajian dan kemampuan penetrasi tubuh air maksimum dari panjang gelombang yang digunakan.

KATA KUNCI: batimetri, Worldview-2, band rasio, Kemujan, pemetaan

1. PENDAHULUAN

Nilai pantulan spektral citra penginderaan jauh pada laut dangkal optis dapat digunakan untuk memprediksi kedalaman perairan pada laut dangkal optis (Jupp, 1988; Stumpf *et al.* 2003; Gianinetto & Lechi, 2004; Wicaksono, 2010). Ini disebabkan karena pantulan spektral yang terekam oleh sensor (*water-leaving radiance*, R_w) merupakan fungsi dari pantulan dasar perairan (A_d), besarnya koefisien pelemahan kolom air (k), kedalaman perairan (z), dan pantulan spektral tubuh air (R_∞) (Lyenga, 1978) (Eq.1). Dalam model analitik, apabila nilai R_w , A_d , k , dan R_∞ diketahui, maka z dapat diketahui (Wicaksono, 2010). Namun, perolehan informasi k secara aktual sesuai kondisi perairan saat citra direkam cukup sulit dan memerlukan banyak sampel informasi kedalaman perairan dari survei lapangan. Oleh karena itu, model batimetri perlu dikembangkan sedemikian rupa sehingga tanpa perlu menggunakan informasi k , antara lain dengan menggunakan pemodelan empiris.

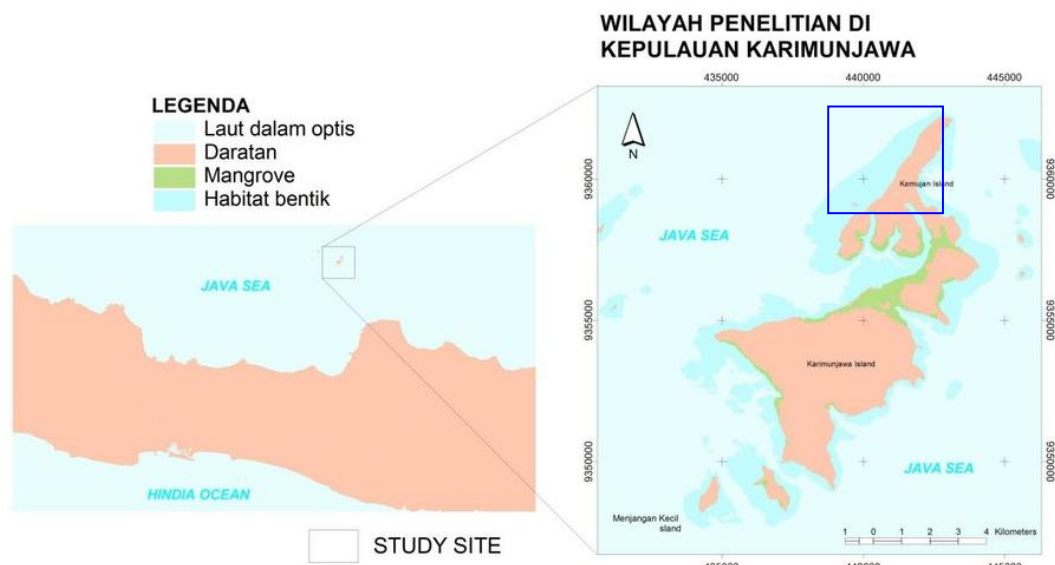
$$R_w = (A_d - R_{pw})\exp(-gz) + R_{pw} \quad (1)$$

Metode pemetaan batimetri menggunakan data penginderaan jauh awalnya dikembangkan oleh Jupp (1988). Metode tersebut menggunakan asumsi hubungan linear antara pantulan spektral dan kedalaman, dan hasilnya adalah nilai rentang kedalaman, dimana rentangnya tergantung pada jumlah band yang digunakan sebagai input. Metode ini cukup rumit karena nilai k harus diketahui, dan diperoleh melalui integrasi nilai piksel citra dan data kedalaman. Meskipun demikian, metode ini mempunyai kelemahan tidak sesuai diterapkan untuk area dengan tutupan dasar perairan yang bervariasi. Selain itu karena hasilnya adalah data kategori (ordinal), akurasi pemetaan batimetri tidak dapat dikuantifikasikan secara akurat karena rentang kedalaman sangat lebar sesuai dengan DOP (*Depth of Penetration*) dari tiap band yang digunakan. Uji akurasi data kategori menggunakan *confusion matrix* (Congalton, 1991; Foody, 2004) hasilnya cenderung *overestimate*. Informasi batimetri pada level ordinal tidak dapat digunakan secara efektif untuk analisis yang membutuhkan informasi batimetri secara kontinyu, antara lain navigasi lokal, lokasi wisata, kesesuaian lokasi budidaya *aquaculture*, perubahan topografi dasar laut, konservasi, dan estimasi nilai k yang dibutuhkan dalam koreksi kolom air (Wicaksono, 2010).

Permasalahan lain adalah pada laut dangkal optis umumnya tutupan dasar perairannya tidak seragam, sehingga pemodelan batimetri menggunakan band tunggal sistem penginderaan jauh pasif menjadi tidak efektif (Jupp, 1988). Nilai z pada persamaan Lyzenga (1978) tersebut independen terhadap variasi tutupan dasar perairan, sedangkan pantulan spektral yang terekam oleh sensor pada laut dangkal optis utamanya merupakan fungsi A_d baik dari pasir, terumbu karang, maupun padang lamun. Karenanya, pemodelan batimetri menggunakan pantulan spektral laut dangkal optis akan dikacaukan dengan bervariasinya tutupan dasar perairan, karena perubahan nilai piksel tidak hanya disebabkan oleh perubahan kedalaman namun juga karena perubahan A_d . Asumsi umum yang digunakan adalah semakin dalam suatu perairan maka pantulan spektralnya akan semakin rendah (Green *et al.* 2000), namun hanya jika tutupan dasar perairannya seragam. Untuk mengakomodasi variasi tutupan dasar perairan tersebut, beberapa pendekatan telah dikembangkan, antara lain oleh Stumpf *et al.* (2003), Hogrefe (2005), dan Mishra *et al.* (2006). Ketiga metode tersebut mampu mengakomodasi kelemahan dari metode linear band tunggal yang dikembangkan Jupp (1988).

Ketiga metode diatas mampu menghasilkan informasi batimetri yang bersifat kontinyu, dimana tiap piksel mempunyai nilai kedalaman yang unik. Hogrefe (2005) dan Stumpf *et al.* (2003) menggunakan band rasio untuk mengurangi efek variasi pantulan spektral dasar perairan, dengan asumsi bahwa perubahan pantulan spektral karena perbedaan objek akan mempengaruhi tiap panjang gelombang relatif seragam, namun perubahan akibat kedalaman akan mempengaruhi panjang gelombang yang lebih panjang dengan jauh lebih kuat, sehingga, nilai rasio pada kedalaman yang sama akan relatif sama meskipun tutupannya berbeda-beda. Hasilnya, tiap kedalaman yang berbeda, nilai pikselnya akan lebih berbeda dibanding perbedaan nilai piksel akibat variasi tutupan dasar perairan. Keduanya menggunakan band biru dan hijau. Perbedaan utama dari kedua metode tersebut adalah Hogrefe (2005) menggunakan nilai piksel band asli pada level *radianse* dan Stumpf *et al.* (2003) menggunakan band hasil *log-transformed* (ln) untuk me-linear-kan hubungan antara pantulan spektral dan kedalaman perairan yang bersifat eksponensial. Mishra *et al.* (2006) memilih untuk melakukan pemodelan linear band tunggal pada objek yang homogen dengan *masking* masing-masing tutupan dasar perairan yang berbeda. Pemodelan batimetri dilakukan untuk tiap-tiap tutupan dasar perairan.

Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan metode band tunggal dan band rasio pada pemodelan empiris batimetri. Perbandingan dengan metode band tunggal perlu dilakukan karena: 1) nilai piksel laut dangkal optis pada suatu band tunggal merupakan fungsi dari kedalaman, dan 2) nilai piksel laut dangkal optis pada suatu band tunggal juga merupakan fungsi dari A_d , akibatnya pemodelan batimetri menjadi terdistorsi dan perlu diketahui sejauh mana band rasio mampu mengurangi pengaruh A_d .



Gambar 1. Lokasi penelitian Pulau Kemujan di Kepulauan Karimunjawa

Citra yang digunakan adalah citra Worldview-2 (WV2) perekaman 24 Mei 2012. Citra ini mempunyai 8 band multispektral (6 band *visible* dan 2 band inframerah dekat) dengan resolusi spasial 2 meter dan resolusi radiometrik 11-bit yang tersimpan dalam data 16-bit. Band tunggal yang digunakan adalah 6 band *visible* citra WV2 asli dan hasil *log-transformed*. Input band rasio adalah seluruh band pada WV2, baik nilai asli maupun hasil *log-transformed*. Tujuannya adalah untuk melihat bagaimana performa masing-masing band dalam pemodelan batimetri dalam hubungannya dengan variasi kedalaman laut dangkal optis, karena selama ini band biru dianggap yang paling baik dalam pemodelan batimetri.

Penelitian dilakukan di Pulau Kemujan Karimunjawa (Gambar 1). Batas kedalaman yang diambil adalah 7 meter (m), dengan mempertimbangkan batas kedalaman laut dangkal optis efektif yang terekam oleh citra WV2 setelah dicocokkan dengan data kedalaman hasil survei lapangan. Laut dangkal optis di sekitar Pulau ini memiliki variasi geomorfologi habitat benthik yang lengkap, sehingga variasi kedalaman dalam rentang kedalaman 0-7 meter pun tinggi.

2. METODE

2.1 Koreksi Citra

Koreksi citra mencakup koreksi atmosferik dan koreksi *sunglint*. Koreksi kolom air tidak dilakukan karena pada pemodelan batimetri justru pengaruh perbedaan pantulan spektral akibat pelemahan kolom air yang dimanfaatkan. Koreksi atmosferik dilakukan dengan mengkonversi nilai piksel WV2 ke nilai *at sensor reflectance* (Updike & Comp, 2010) dan kemudian menghilangkan *path radiance* dengan metode *Dark Subtract* (Armstrong, 1993). Beberapa metode koreksi *sunglint* membutuhkan bantuan band inframerah (Kay *et al.* 2009). Metode koreksi *sunglint* yang diterapkan pada penelitian ini dikembangkan oleh Hedley *et al.* (2005). Citra terkoreksi atmosfer dan *sunglint* ini yang digunakan sebagai input dalam pemodelan empiris batimetri. Koreksi geometrik tidak dilakukan karena tidak ada *Ground Control Points* (GCPs) lapangan yang dapat dijadikan referensi, yang mempunyai akurasi geometrik lebih baik daripada *geolocal error* dari citra WV2 yang digunakan.

2.2 Metode Band Tunggal

Metode ini dilakukan dengan menggunakan band tunggal dalam pemodelan empiris batimetri. Metode band tunggal ini memanfaatkan pelemahan energi yang merambat pada kolom air, dimana dengan semakin bertambahnya kedalaman maka energinya semakin kecil dan panjang gelombang yang lebih panjang akan dilemahkan jauh lebih kuat dibandingkan panjang gelombang yang lebih pendek (Bukata *et al.* 1995; Goodman *et al.* 2013).

Dalam penerapan metode band tunggal ini, hal yang penting untuk dipertimbangkan adalah variasi kedalaman dari wilayah kajian, pemilihan band, dan karakteristik pelemahan kolom air. Variasi kedalaman dapat menentukan band yang paling efektif dalam melakukan pemodelan batimetri karena berhubungan dengan cepat lambatnya energi dilemahkan hingga dasar perairan. Apabila ada perbedaan signifikan antar nilai piksel karena perbedaan kedalaman, maka pemodelan batimetri dapat dijalankan. Pemodelan empiris band tunggal yang masih bersifat eksponen akan dibandingkan dengan pemodelan empiris band tunggal hasil *log-transformed* untuk mengetahui sejauh mana proses linearisasi hubungan pantulan spektral dan kedalaman perairan mempengaruhi akurasi pemodelan batimetri.

2.3 Metode Band Rasio

Isu utama dalam persamaan Lyzenga (1978) adalah variabel kedalaman tidak memperhatikan variasi tutupan dasar perairan. Hal ini benar karena k merupakan fungsi dari kualitas air dan panjang gelombang, bukan fungsi dari tutupan dasar perairan (Green *et al.* 2000; Wicaksono, 2010). Namun, kedalaman perairan akan meng-intensify kekuatan pelemahan kolom air tersebut. Informasi kedalaman dalam persamaan tersebut independen terhadap variabel lainnya, sehingga ketika akan melakukan pemodelan batimetri dengan memanfaatkan pantulan spektral, perbedaan pantulan spektral akibat variasi tutupan dasar perairan menjadi masalah. Karenanya, pemodelan batimetri memerlukan suatu solusi untuk mengakomodasi isu tersebut, antara lain dengan menggunakan band rasio (Hogrefe 2005; Stumpf *et al.* 2003; Wicaksono, 2010). Pada penelitian ini, metode band rasio dilakukan pada seluruh kombinasi rasio dari band asli maupun band hasil *log-transformed*. Total ada 30 kombinasi dari 6 band *visible* WV2.

2.4 Pemodelan Empiris

Pemodelan empiris batimetri dilakukan dengan mencari hubungan antara R_w WV2 dan z . Data z diperoleh melalui survei lapangan menggunakan GPS *echo sounder* GPSmap 178c. Total sampel hingga kedalaman 7 meter adalah 194. Sebanyak 96 sampel digunakan untuk pemodelan dan sisanya untuk uji akurasi. Survei batimetri dilakukan pada tahun 2009 dan 2013. Pemodelan diawali dengan melakukan analisis korelasi *Pearson product moment* untuk memperoleh nilai koefisien korelasi (r). Hanya band atau band rasio yang mampu melewati batas signifikansi nilai r pada jumlah sampel (n) yang digunakan untuk melakukan pemodelan empiris menggunakan analisis regresi. Taraf signifikansi yang digunakan adalah 95%. Band dan band rasio yang memiliki hubungan signifikan dengan kedalaman perairan dijadikan input dalam pemodelan empiris batimetri melalui analisis regresi. *Resultant regression function* dari analisis regresi masing-masing band atau band rasio digunakan untuk mengubah nilai piksel citra menjadi nilai kedalaman.

2.5 Uji Akurasi

Nilai koefisien determinasi dari analisis regresi (R^2) tidak dapat digunakan untuk menilai akurasi dari pemodelan batimetri. Karenanya, nilai *Standard Error of Estimate* (SE) digunakan untuk menilai akurasi dari masing-masing model batimetri. Sampel yang digunakan untuk uji akurasi adalah sampel yang tidak digunakan dalam pemodelan, yaitu sebanyak 98 sampel. Perbandingan akurasi juga akan dilihat dari profil melintang hasil pemodelan batimetri pada beberapa transek yang dipilih untuk mewakili berbagai macam kedalaman perairan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Band tunggal

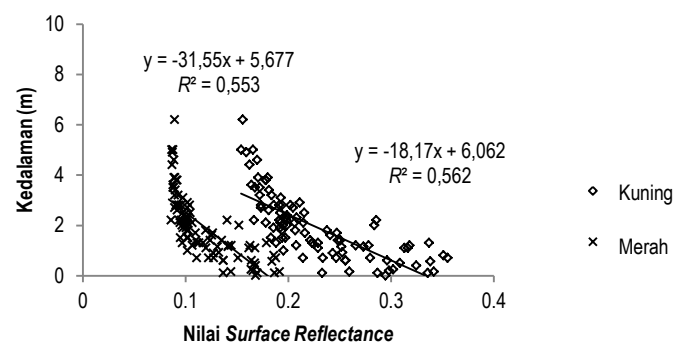
Pemodelan menggunakan band tunggal menunjukkan bahwa semua band WV2 mempunyai hubungan signifikan dengan kedalaman perairan (Tabel 1). Dengan kata lain, semua band WV2 mampu digunakan sebagai input dalam pemodelan batimetri. Semua band menghasilkan korelasi negatif yang bermakna bahwa meningkatnya kedalaman diiringi dengan semakin rendahnya pantulan spektral dari laut dangkal optis. Proses linearisasi hubungan antara nilai pantulan spektral dengan kedalaman melalui *log-transforming* berhasil meningkatkan nilai r dari semua band WV2. Peningkatan terbesar adalah pada band *Red-Edge*, dimana awalnya memiliki nilai r sebesar -0,334, setelah mengalami linearisasi menjadi -0,641. Nilai r tertinggi untuk band asli adalah -0,750 dari band Kuning sedangkan untuk band *log-transformed* adalah (ln) band Kuning dengan nilai r -0,791. Rata-rata nilai r dari band tunggal adalah $-0,531 \pm 0,177$ sedangkan untuk band tunggal *log-transformed* adalah $-0,599 \pm 0,165$.

Tabel 1. Nilai r antara kedalaman (m) dengan nilai *surface reflectance* pada band tunggal citra WV2

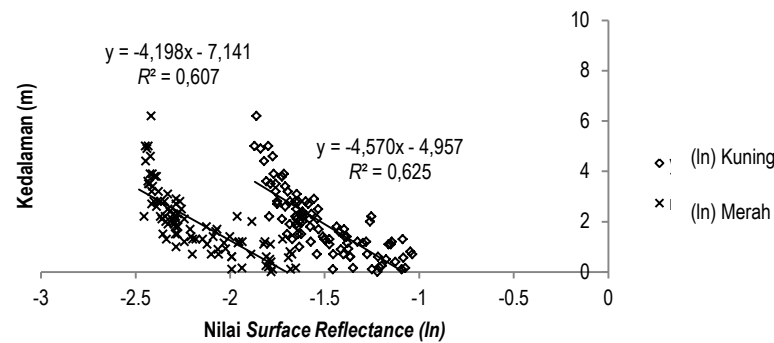
Band	Kedalaman (m)	Band (ln)	Kedalaman (m)
Cyan	-0,463*	Cyan	-0,468*
Biru	-0,386*	Biru	-0,390*
Hijau	-0,507*	Hijau	-0,525*
Kuning	-0,750*	Kuning	-0,791*
Merah	-0,744*	Merah	-0,779*
<i>Red-Edge</i>	-0,334*	<i>Red-Edge</i>	-0,641*

*signifikan pada CL95%

Meskipun semua band dapat digunakan dalam pemodelan empiris, pada penelitian ini dipilih dua band dengan nilai r tertinggi untuk digunakan sebagai input dalam pemodelan batimetri. Dua band dengan nilai r tertinggi, baik pada data asli maupun *log-transformed*, adalah band kuning dan band merah. *Scatter plot* dari model regresi kedua band tersebut ditampilkan pada Gambar 2 dan Gambar 3.

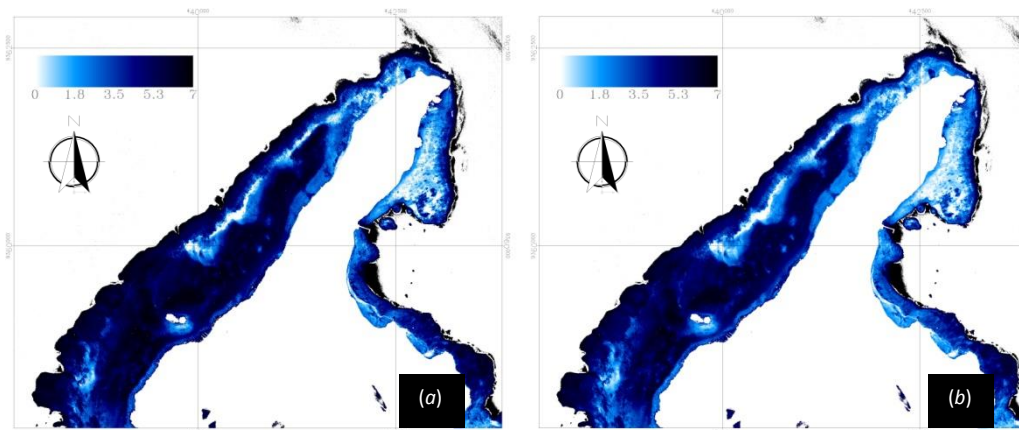


Gambar 2. Model regresi antara band Kuning dan Merah WV2 dengan kedalaman (m). Band Kuning dan band Merah merupakan band dengan nilai r dan R^2 tertinggi.



Gambar 3. Model regresi antara (ln) band Kuning dan (ln) band Merah dengan kedalaman perairan (m).

Resultant regression function dari model regresi batimetri tersebut, nilai piksel citra WV2 diubah menjadi nilai kedalaman perairan. Peta batimetri hasil pemodelan band Kuning dan (ln) band Kuning pada dilihat pada Gambar 4. Peta batimetri hasil (ln) band Kuning sedikit lebih akurat dengan nilai SE 1,05 m dibandingkan hasil dari band Kuning dengan nilai SE 1,08 m (Tabel 2). Nilai tersebut menunjukkan bahwa ada perbedaan $\pm 1,05$ m antara nilai kedalaman hasil pemodelan (ln) band Kuning dengan kedalaman aktual dilapangan. Turunnya nilai SE ini merupakan salah satu keuntungan proses linearisasi hubungan. Meskipun demikian, beda akurasi antara band normal dan hasil *log-transformed* sangat rendah dan secara umum distribusi spasial kedalaman perairan pada kedua hasil relatif seragam. Rendahnya pengaruh linearisasi terhadap akurasi pemodelan disebabkan karena wilayah kajian yang relatif dangkal sehingga fungsi eksponen dari pelemahan kolom air belum begitu bekerja.



Gambar 4. Peta batimetri hasil pemodelan (a) band kuning, dan (b) (ln) band kuning

Tabel 2. Nilai SE untuk pemodelan batimetri menggunakan band tunggal

Band	Kuning	Merah	(ln) Kuning	(ln) Merah
SE (m)	1,08	1,09	1,05	1,05

3.2 Band rasio

Hasil pemodelan menggunakan band rasio menunjukkan bahwa tidak semua rasio digunakan untuk pemodelan batimetri. Beberapa kombinasi band rasio tidak mempunyai hubungan signifikan dengan kedalaman perairan (Tabel 3). Pada rasio nilai asli, semua kombinasi yang melibatkan band *Cyan* tidak dapat digunakan. Sedangkan pada rasio band *log-transformed*, kombinasi yang tidak dapat mempunyai hubungan signifikan adalah rasio *Cyan/Biru*, *Cyan/Red-Edge*, *Biru/Red-Edge* dan *Hijau/Merah*.

Proses linearisasi pada band rasio tidak mampu meningkatkan nilai *r*. Nilai *r* tertinggi dari band rasio asli adalah sebesar 0,881 dari rasio band biru/kuning, dan masih lebih tinggi dibanding nilai *r* tertinggi dari band rasio *log-transformed* yaitu sebesar -0,826 dari rasio (ln) *Cyan*/ (ln) Kuning. Meskipun demikian, nilai *r* rata-rata dari band rasio asli lebih rendah dibandingkan (ln) band rasio, yaitu $0,347 \pm 0,269$ berbanding $0,531 \pm 0,265$. Pada saat rata-rata hanya dihitung dari nilai *r* yang memenuhi taraf signifikansi, nilai *r* rata-rata band rasio asli juga tetap lebih rendah ($0,507 \pm 0,234$) dibandingkan (ln) band rasio ($0,671 \pm 0,125$). Dengan demikian, performa

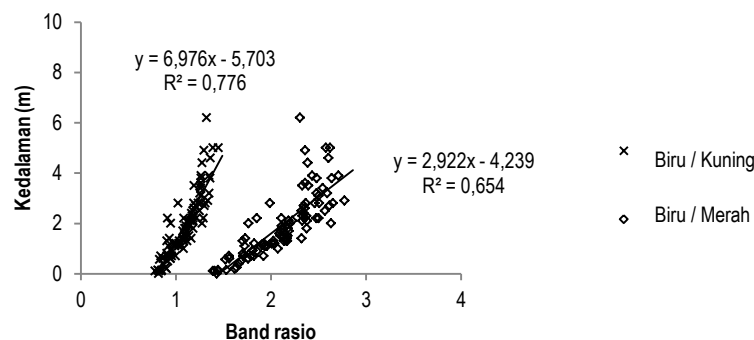
band-band multispektral dalam pemodelan batimetri akan jauh lebih stabil apabila telah dilakukan proses linearisasi.

Tabel 3. Nilai r antara band rasio dengan kedalaman perairan

Band Asli				Band Log-Transformed			
Band Rasio	Depth	Band Rasio	Depth	(ln) Band Rasio	Depth	(ln) Band Rasio	Depth
Cyan/Biru	0.034	Biru/Red-Edge	-0.305*	Cyan/Biru	-0.102	Biru/Red-Edge	0.189
Cyan/Hijau	0.113	Hijau/Kuning	0.665*	Cyan/Hijau	-0.507*	Hijau/Kuning	-0.509*
Cyan/Kuning	0.130	Hijau/Merah	0.582*	Cyan/Kuning	-0.826*	Hijau/Merah	-0.124
Cyan/Merah	0.125	Hijau/Red-Edge	-0.338*	Cyan/Merah	-0.775*	Hijau/Red-Edge	0.459*
Cyan/Red-Edge	-0.128	Kuning/Merah	0.242*	Cyan/Red-Edge	0.169	Kuning/Merah	0.685*
Biru/Hijau	0.123	Kuning/Red-Edge	-0.369*	Biru/Hijau	-0.616*	Kuning/Red-Edge	0.757*
Biru/Kuning	0.881*	Merah/Red-Edge	-0.373*	Biru/Kuning	-0.822*	Merah/Red-Edge	0.733*
Biru/Merah	0.809*			Biru/Merah	-0.694*		

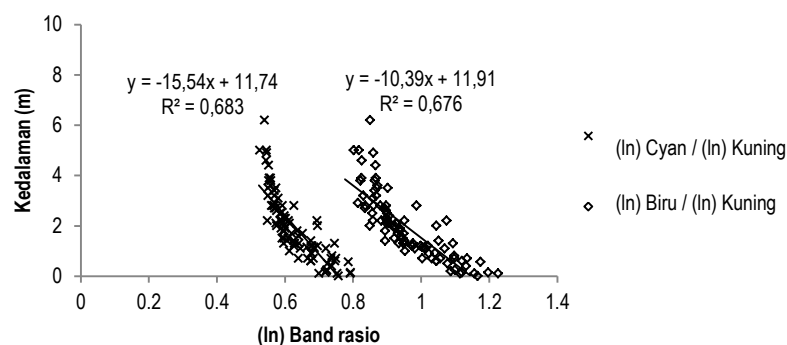
*signifikan 95%CL

Model regresi batimetri terbaik dari metode band rasio dapat dilihat pada Gambar 5 dan Gambar 6. Nilai SE untuk pemodelan batimetri menggunakan band rasio ditampilkan pada Tabel 4.



Gambar 5. Model regresi antara rasio Biru/Kuning dan Biru/Merah WV2 dengan kedalaman perairan (m).

Pada Gambar 5, dapat dilihat bahwa hubungan antara rasio Biru/Kuning dengan kedalaman relatif linear, berbeda dengan band tunggal maupun band rasio lain yang cenderung eksponen meskipun telah mengalami proses linearisasi. Gradien dari hubungan tersebut juga paling curam dibandingkan input lainnya, yang menunjukkan bahwa tiap kecil perubahan kedalaman secara signifikan mengubah nilai rasio.



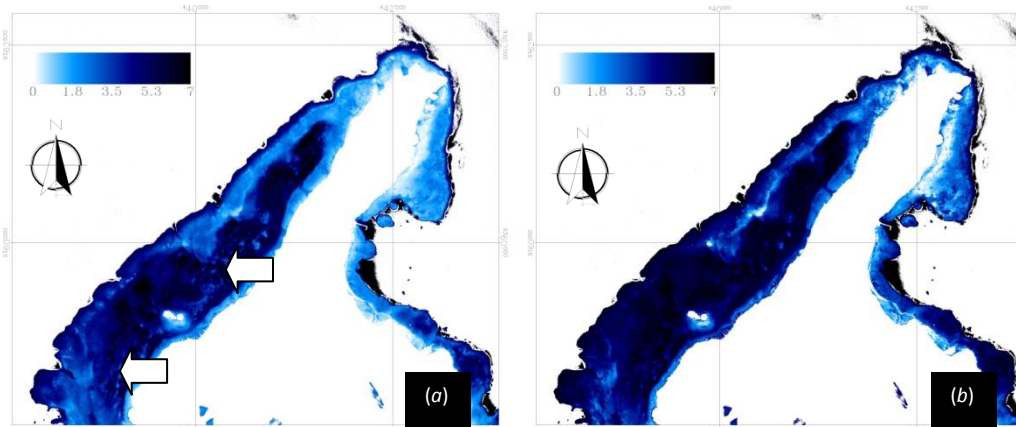
Gambar 6. Model regresi antara rasio (ln) Cyan/(ln) Kuning dan (ln) Biru/(ln) Kuning WV2 dengan kedalaman perairan (m).

Tabel 4. Nilai SE untuk pemodelan batimetri menggunakan band rasio

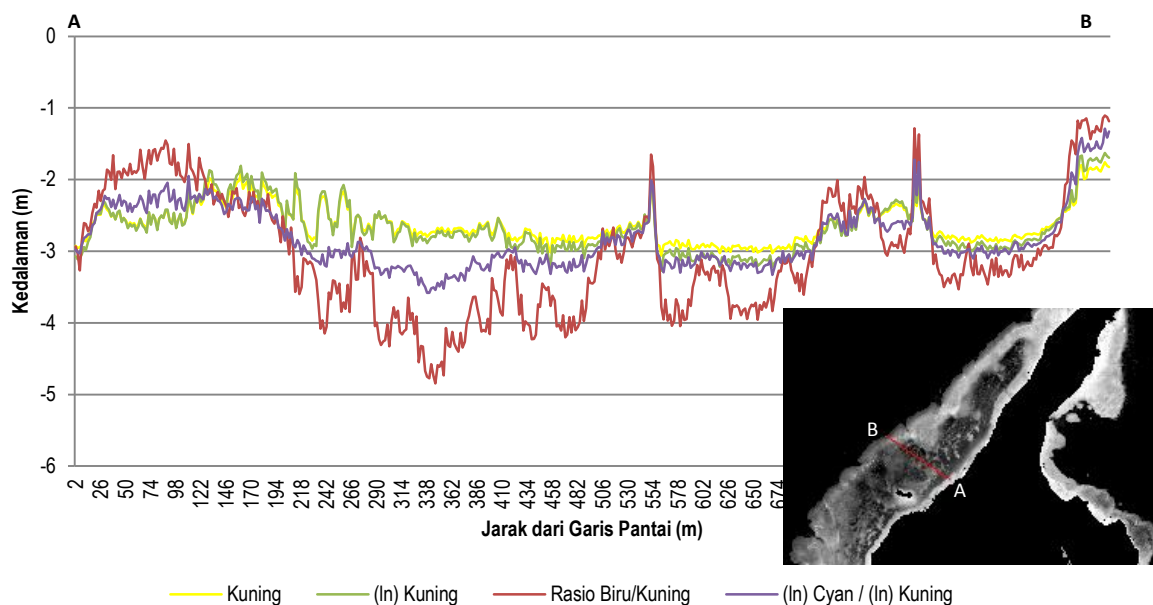
Band rasio (ln)	Biru/Kuning	Biru/Merah	(ln)Cyan/ (ln) Kuning	(ln) Biru / (ln) Kuning
SE (m)	1,01	1,06	1,03	1,06

Dari model regresi pada Gambar 5 dan Gambar 6 diperoleh prediksi distribusi spasial kedalaman perairan dari band rasio (Gambar 7 dan Gambar 8). Hasil dari rasio Biru/Kuning menunjukkan distribusi spasial kedalaman yang jauh lebih representatif dibandingkan (ln) band rasio Cyan/Kuning. Hasil dari (ln) Cyan/Kuning relatif sama dengan hasil pemodelan dari band tunggal dimana variasi akibat perubahan tutupan dasar perairan masih cukup nampak, terutama pada area lebih dangkal dari 2 m dan lebih dalam dari 4 m.

Akibatnya, pada perairan yang dangkal terdeteksi area yang lebih dalam dan pada perairan yang lebih dalam area yang dangkal menghilang. Berbeda dengan hasil pada rasio Biru/Kuning dimana distribusi spasial wilayah dangkal dan dalam direpresentasikan dengan baik. Bukti yang paling jelas adalah pada daerah *lagoon* yang berisi *patch reefs* dan pasir (Anak panah pada Gambar 7a). Hanya hasil pemodelan rasio Biru/Kuning yang mampu menggambarkan dengan jelas bahwa pada *lagoon* tersebut terdapat *patch reefs* yang lebih dangkal dibandingkan pasir disekitarnya. Perbandingan variasi kedalaman di wilayah *lagoon* tersebut dapat dilihat dengan lebih jelas pada profil melintang kedalaman pada Gambar 8. Kenampakan tiga dimensi dari kondisi topografi dasar perairan Pulau Kemujan dapat disajikan pada Gambar 9.



Gambar 7. Peta batimetri hasil pemodelan (a) band rasio Biru/Kuning dan (b) band rasio (ln) Cyan/(ln) Kuning. Anak panah pada Gambar 7a menunjukkan *lagoon* yang didalamnya terdapat *patch reefs* yang lebih dangkal dibandingkan pasir disekitarnya. Pada rasio (ln) Cyan/(ln) Kuning, *patch reefs* yang dangkal tersebut tidak terdeteksi, sama seperti pada hasil pemodelan batimetri band tunggal. Area dangkal di bagian utara Pulau Kemujan yang seharusnya dangkal termodelkan lebih dalam pada hasil (ln) band rasio maupun band tunggal.



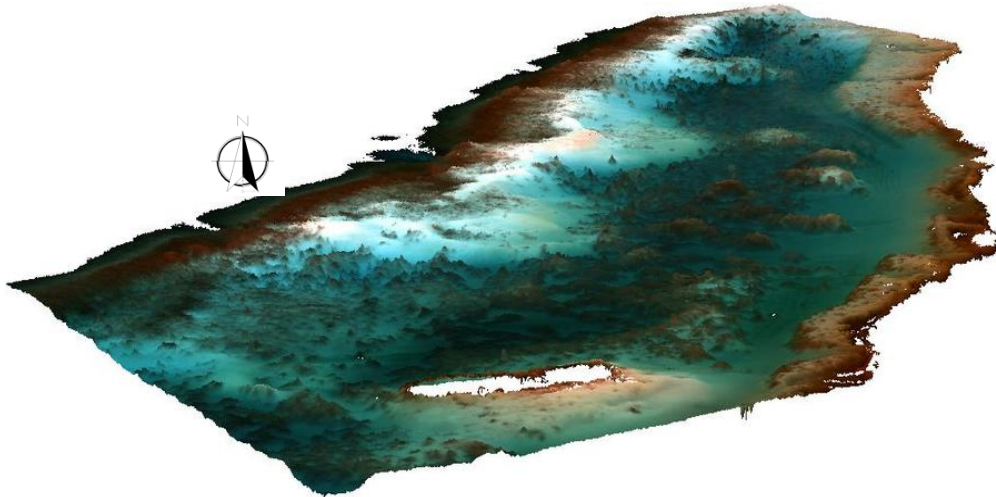
Gambar 8. Profil batimetri dari transek A-B untuk hasil pemodelan dari band Kuning, (ln) Kuning, rasio Biru/Kuning, dan (ln) Cyan/(ln) Kuning. Rasio Biru/Kuning mampu merepresentasikan kedalaman paling mendekati kondisi lapangan, dimana area dangkal dan dalam terpetakan dengan baik.

Penelitian ini juga menunjukkan bahwa band biru tidak selalu menjadi band yang paling baik dalam melakukan pemetaan batimetri. Untuk rentang kedalaman ini, pada metode band tunggal, band biru justru mempunyai nilai r yang rendah dibandingkan band lain (Tabel 1). Hal ini dikarenakan pada rentang kedalaman ini pelemahan energi band biru oleh kolom air belum signifikan, sehingga hubungan antara nilai piksel band biru dengan perubahan kedalaman belum terbentuk dengan baik, ditunjukkan dengan nilai r yang tidak berbeda jauh antara band biru asli dan band biru *log-transformed*. Dengan kata lain, band biru secara individu akan

cocok memodelkan batimetri pada perairan dengan rentang kedalaman yang lebih tinggi, misalnya 0-15 m atau 0-25 m.

Untuk perairan yang relatif dangkal, band dengan pelemahan energi yang besar mampu menjelaskan variasi kedalaman dengan lebih efektif karena band tersebut sangat sensitif terhadap setiap kecil perubahan kedalaman. Band kuning dan band merah mempunyai DOP maksimal pada kedalaman 5-7 m, sehingga sangat efektif untuk menjelaskan variasi kedalaman di wilayah kajian. Kedua band tersebut selalu terlibat dalam model batimetri terbaik, baik pada band tunggal maupun band rasio. Karenanya, saat melakukan pemodelan batimetri, pemilihan band dapat disesuaikan dengan variasi kedalaman dari laut dangkal optis yang akan dipetakan. Absennya band biru pada citra lama seperti Landsat MSS, SPOT 1-4, dan ASTER tidak menutup kemungkinan mereka untuk melakukan pemetaan batimetri, terutama pada laut dangkal optis hingga DOP maksimum dari band hijau.

Aplikasi band rasio mampu meningkatkan akurasi dari pemodelan batimetri. Meskipun nilai SE hanya terpaut sekitar 20 cm, namun kualitas secara keseluruhan berbeda secara signifikan. Terutama pada tutupan dasar perairan seperti terumbu karang dan padang lamun, metode band tunggal cenderung untuk memberikan nilai yang *overestimate* (lebih dalam) dibanding yang seharusnya. Ini karena pantulan spektral terumbu karang atau padang lamun lebih rendah dibanding pasir atau substrat terbuka lainnya, sehingga piksel tersebut dianggap lebih dalam. Pada jarak 0-100 m dari garis pantai, pada area yang didominasi oleh padang lamun, band tunggal memprediksi kedalaman hingga mendekati 3 m (Gambar 8). Kenyataannya, wilayah tersebut sangatlah dangkal dan hanya band rasio yang mampu mendekati nilai kedalaman yang sebenarnya. Bahkan (ln) band rasio juga memberikan informasi kedalaman yang *overestimate* (2-3 m). Band rasio asli memprediksi di wilayah tersebut mempunyai kedalaman antara 1-2 m. Diperkirakan proses *log-transformed* tidak efektif dalam pemetaan batimetri pada rentang kedalaman ini karena fungsi eksponen pada beberapa band, terutama band dengan panjang gelombang pendek, belum berpengaruh secara signifikan. Perlu kajian khusus untuk melihat pada kondisi seperti apa *log-transformed* dapat meningkatkan akurasi pemetaan batimetri secara signifikan.



Gambar 9. Kenampakan 3D dari topografi habitat bentik Pulau Kemujan bagian barat. Data kedalaman diambil dari hasil pemodelan batimetri band rasio biru/kuning. *Vertical Exaggeration* (VE) = 20x.

4. KESIMPULAN

Beberapa kesimpulan yang diperoleh dari penelitian ini adalah:

1. Band rasio mampu menormalisasi variasi tutupan dasar perairan dalam pemetaan batimetri, ditunjukkan dengan nilai SE yang lebih rendah (1,01 m) dibandingkan nilai SE dari hasil band tunggal (1,05 m).
2. Meskipun perbedaan nilai SE relatif kecil, namun perbedaan distribusi spasial kedalaman perairan antara hasil band rasio dengan band tunggal sangat signifikan, terutama pada area <2 m yang cenderung *overestimate* dan >4 m yang cenderung *underestimate*.
3. Peta batimetri paling akurat dimodelkan dari rasio Biru/Kuning dengan SE 1,01 m, menunjukkan bahwa pemetaan batimetri pada laut dangkal optis tidak hanya bisa dilakukan oleh band biru, namun menyesuaikan dengan variasi kedalaman di wilayah kajian dan kemampuan penetrasi tubuh air maksimum dari panjang gelombang yang digunakan.

4. Proses linearisasi hubungan antara pantulan spektral laut dangkal optis dengan kedalaman belum efektif karena pada rentang kedalaman ini.

Untuk meningkatkan kualitas pemodelan batimetri, beberapa langkah berikut akan diterapkan:

1. Menggunakan integrasi *segmented empirical model* dan *decision tree analysis* untuk menekan nilai SE dibawah 1 m (Wicaksono, 2010).
2. Menggunakan data lapangan batimetri yang lebih baik (seperti LiDAR batimetri dan *Side Scan SONAR (SSS)*) untuk membangun model batimetri dan uji akurasi yang lebih detail.
3. Melakukan penelitian pada daerah dengan rentang kedalaman dan variasi tutupan dasar perairan yang berbeda, terutama untuk menilai lebih jauh efektifitas proses *log-transformed* pada input band.
4. Menggunakan data pasang surut kontinyu untuk koreksi kedalaman antara tanggal perekaman citra dan tanggal survei lapangan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Digital Globe dan Prof. Stuart Phinn dari Biophysical Remote Sensing Group University of Queensland Australia atas penggunaan citra Worldview-2 sebagian Kepulauan Karimunjawa. Terima kasih juga penulis sampaikan kepada DKP Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta atas penggunaan GPS Echo Soundernya selama survei lapangan.

DAFTAR PUSTAKA

- Armstrong, R. A. (1993). Remote sensing of submerged vegetation canopies for biomass estimation. *International Journal of Remote Sensing*, 14, 10-16.
- Bukata, R. P., Jerome, J. H., Kondratyev, K. Y., & Pozdnyakov, D. V. (1995). *Optical Properties and Remote Sensing of Inland and Coastal Waters*. New York: CRC.
- Congalton, R. G., & Green, K. (2008). *Assessing the Accuracy of Remotely Sensed Data: Principles and Practices. Mapping Science*. Boca Rotan FL: CRC Press.
- Foody, G. M. (2004). Thematic Map Comparison: Evaluating the Statistical Significance of Differences in Classification Accuracy. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 70 (5), 627–633.
- Gianinetto, M., & Lechi, G. (2004). A DNA Algorithm for the Batimetric Mapping in the Lagoon of Venice Using Quick Bird Multispectral Data. *XXth ISPRS Congress on Geo-Imagery Bridging Continents, The International Archive of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, XXXV(B)* (pp. 94-99). Istanbul, Turkey: ISPRS.
- Goodman, J. A., Purkis, S. J., & Phinn, S. R. (2013). *Corel Reef Remote Sensing A Guide for Mapping, Monitoring and Management*. (S. R. Phinn, Ed.) Springer.
- Green, E. P., Mumby, P. J., Edwards, A. J., & Clark, C. D. (2000). *Remote Sensing Handbook for Tropical Coastal Management. Coastal Management Sourcebooks 3*. (A. J. Edwards, Ed.) Paris: UNESCO.
- Hedley, J. D., Harborne, A. R., & Mumby, P. J. (2005). Simple and Robust Removal of Sunlint for Mapping Shallow-Water Benthos. *International Journal of Remote Sensing*, 26 (10), 2107-2112.
- Hogrefe, K. R. (2005). *Deriving Shallow Water Bathymetric Data from Ratios of Blue and Green λ Radiance Values*. Oregon: Department of Geosciences, Oregon State University.
- Jupp, D. L. (1988). Background and extensions to depth of penetration (DOP) mapping in shallow coastal waters. *Proceedings of the Symposium on Remote Sensing of the Coastal Zone*. Gold Coast, Queensland.
- Kay, S., Hedley, J. D., & Lavender, S. (2009). Sun Glint Correction of High and Low Spatial Resolution Images of Aquatic Scenes: a Review of Methods for Visible and Near-Infrared Wavelengths. *Remote Sensing*, 1, 697-730.
- Lyzenga, D. R. (1978). Passive Remote-Sensing Techniques for Mapping Water Depth and Bottom Features. *Applied Optics*, 17, 379-383.
- Mishra, D., Narumalani, S., Rundquist, D., & Lawson, M. (2006). Benthic Habitat Mapping in Tropical Marine Environments Using QuickBird Multispectral Data. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 72 (9), 1037-1048.
- Stumpf, R. P., Holderied, K., & Sinclair, M. (2003). Determination of water depth with high-resolution satellite imagery over variable bottom types. *Limnology and Oceanography*, 48 (1), 547-556.
- Wicaksono, P. (2010). *Integrated Model of Water Column Correction Technique for Improving Satellite-based Benthic Habitat Mapping, A Case Study on Part of Karimunjawa Islands, Indonesia*. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta: Faculty of Geography, Universitas Gadjah Mada.

NOTULENSI DISKUSI SESI TOPIK LAIN TERKAIT SPASIALISASI INFORMASI GEOGRAFI – 3

Judul Makalah:

PENGARUH KONTEKSTUALITAS DATA ATRIBUT TERHADAP HASIL BELAJAR SISWA DALAM PEMBELAJARAN GEOGRAFI

Chandra Adiputra

Pertanyaan Oleh: Lailatus Syukriah

- belum menangkap apa kaitan dari penelitian ini dengan geoinformasi?
- Kontekstual data atribut, data atribut macam apa?
- Guru-guru geografi minim menjelaskan pelajaran secara kontekstual. Kebanyakan tekstual tanpa kontekstual. Guru-guru banyak belum menguasai. Data atribut itu data yang real, yang menunjang pembelajaran. Apakah hasilnya sudah diaplikasikan, bagaimana implementasinya?

Jawaban:

- Geoinformasi merupakan informasi tentang geografi (kewilayahan). Data-data tentang wilayah digunakan untuk pembelajaran.
- Data atribut, misal membuka map info maka ada data atribut. Ketika pembelajaran tidak menggunakan peta tetapi menggunakan data atribut. Dalam pembelajaran, siswa bisa mengetahui. Data atribut → data tabel. Kontekstual → sesuai daerah pembelajaran dan terbaru.
- sudah diterapkan, di SMA Kristen di Malang. Hasilnya berpengaruh terhadap pembelajaran terkait dengan data atribut (tesis candra).

Judul Makalah:

PEMETAAN LAHAN POTENSIAL MANGROVE MENGGUNAKAN CITRA LANDSAT OLI DAN SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS DI DELTA MAHAKAM, KALIMANTAN TIMUR

Ratri Ma'rifatun Nisaa', Nurul Khakhim

Pertanyaan Oleh: Andriansyah

kesesuaian lahan mangrove, kesesuaian mangrove jenis apa yang diteliti?

Jawaban:

mangrove secara umum, namun di lapangan banyak lahan yang ditanam mangrove jenis rhizophora.

Pertanyaan Oleh: Nur Hafizul Kalam

bagaimana penarikan batas peta salinitas atau bagaimana cara men-spasialkan salinitas dan tekstur tanah?

Jawaban:

untuk salinitas, di lapangan membuat transek dari darat ke laut dan setiap jarak tertentu diambil sampel salinitasnya, kemudian hasilnya diinterpolasi untuk spasial. Tekstur tanah menggunakan peta geologi untuk pendekatan pembuatannya, penyusunan peta tekstur tanah perlu mengetahui material dasar atau bentuklahannya.

Pertanyaan Oleh: Rahardian

Klasifikasi penutup menggunakan interpretasi visual, apakah sudah dicoba menggunakan klasifikasi digital?

Jawaban:

Sudah menggunakan klasifikasi digital, namun hasilnya banyak *miss* antara kenampakan tambak dan tubuh air. Untuk kedepannya bisa digunakan klasifikasi digital untuk pemetaan mangrove.

Judul Makalah:

PENILAIAN KUALITAS AIR MENGGUNAKAN CITRA PENGINDERAAN JAUH DAN SIG DI SEBAGIAN PESISIR KECAMATAN SEKOTONG DAN GERUNG, LOMBOK BARAT

Ruslisan, Nur Hafizul Kalam, Aglis Cahya Dwininta, Muhammad, Hasnan Habibi, Ernawati Tri Rahayu, Nurkhovia Dewi, Eleonora Easter Henny K, Wirastuti Widyatmanti

Pertanyaan Oleh: Hafidz

baku mutu kesesuaian biota laut, bisakah dispesifikkan?

Jawaban:

Kesesuaian berdasarkan baku mutu menteri LH, pembedanya hanya salinitas saja. Tidak bisa dispesifikkan.

Pertanyaan Oleh: BIG

Mengapa hasil peta anda suspensi rendah pada dekat darat, dan suspensi tinggi diperairan?

Jawaban:

Pengambilan sampel yang salah, hanya mengambil sampel pada permukaan, ada suspensi di air yang tidak terambil.

Judul Makalah:

PERBANDINGAN AKURASI METODE BAND TUNGGAH DAN BAND RASIO UNTUK PEMETAAN BATIMETRI PADA LAUT DANGKAL OPTIS

Pramaditya Wicaksono

Pertanyaan Oleh: Hafidzul Kalam

World-View 2 ada tambahan band baru, menggunakan band baru itu atau tidak? Apakah menggunakan model tersebut bisa diterapkan pada citra relosui spasial lain atau tidak?

Jawaban:

semua band digunakan untuk model tersebut. Metode tersebut bisa diterapkan di citra lain, pernah dicoba di citra Quickbird.

POSTER SESSION – 2

010 PEMANTAUAN KONDISI PILAR CBDRF PERBATASAN INDONESIA - TIMOR LESTE

Andriyana Lailissaum, Muhammad Nurman

032 KAJIAN PEMANFAATAN CITRA NOAA UNTUK PENDUGAAN POTENSI IKAN DI WILAYAH PENGELOLAAN PERIKANAN (WPP) 573

Dwi Sri Wahyuningsih, Th. Retno Wulan

098 PEMODELAN SPASIAL BANJIR ROB DI PESISIR PEKALONGAN DENGAN MEMANFAATKAN DEM RESOLUSI 10M DARI ALGORITMA ANUDEM

Trida Ridho Fariz, Dwi Fathimah Zahra

115 KAJIAN KRITERIA PENENTUAN ZONA INTI TAMAN NASIONAL BERBASIS GEOFISIK MENGGUNAKAN TEKNIK PENGINDERAAN JAUH DAN SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS (Studi Kasus di Taman Nasional Bogani Nani Wartabone)

Nawir N. Sune

PEMANTAUAN KONDISI PILAR CBDRF PERBATASAN INDONESIA - TIMOR LESTE

Andriyana Lailissaum dan Muhammad Nurman

Badan Informasi Geospasial

Jl. Raya Jakarta-Bogor KM 46 Cibinong 16911

Email : Andriyana.lailissaum@gmail.com, pmtaswil@gmail.com

*Corresponding author: Andriyana.lailissaum@gmail.com

ABSTRAK

Pada dasarnya setiap negara memiliki referensi pemetaan masing masing, begitupula dengan Indonesia dan Timor Leste. Jika batas negara diukur menggunakan referensi pemetaan masing masing negara maka dapat menimbulkan ketidaksesuaian hasil pengukuran. Dalam pengukuran batas negara diperlukan sebuah referensi bersama yang disetujui oleh kedua negara yang berbatasan. Berdasarkan hal tersebut maka pada tahun 2002 dan tahun 2003 dibuatlah Pilar CBDRF (*Common Border Datum Reference Frame*) yang mempunyai referensi ITRF 2000 (*International Terrestrial Reference Frame*) sebagaimana telah disepakati oleh kedua negara. Pilar CBDRF digunakan sebagai titik ikat terhadap pengukuran pilar batas negara, delineasi garis batas negara dan pengukuran GCP (*Ground Control Point*) pada kegiatan pemotretan udara atau *orthorektifikasi* citra satelit di wilayah perbatasan RI-RDTL. Mengingat pentingnya keberadaan pilar CBDRF maka perlu dilakukan survey pemantauan kondisi pilar CBDRF untuk menentukan kelayakan kondisi pilar CBDRF dalam pengukuran batas negara. Kondisi pilar CBDRF dapat dilihat dari berbagai aspek, diantaranya adalah aspek keberadaan, fisik dan posisi. Aspek keberadaan menerangkan tentang masih ada atau tidaknya pilar CBDRF mengingat pilar tersebut dibangun pada tahun 2002 dan 2003 serta tidak pernah dilakukan pemantauan hingga tahun 2015. Aspek fisik menerangkan tentang kondisi fisik pilar CBDRF, ada indikasi bahwa pilar CBDRF telah retak, pecah atau bahkan hancur. Aspek posisi menerangkan tentang posisi pilar CBDRF yang telah bergeser, dipindah atau masih berada pada posisi aslinya. Berdasarkan hal tersebut maka perlu dilakukan pengukuran GNSS pada pilar CBDRF untuk dibandingkan dengan data koordinat hasil pengukuran pada tahun 2002 dan 2003.

KATA KUNCI : Pilar Batas Negara, CBDRF, ITRF 2000

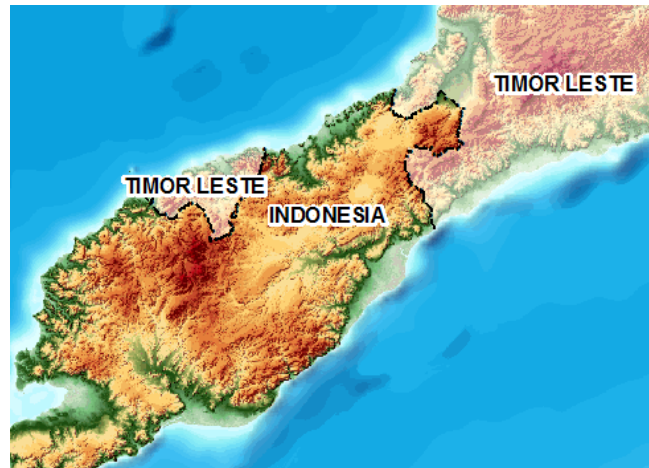
1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Persetujuan sementara antara Pemerintah Republik Indonesia dan Pemerintah Republik Demokratik Timor Leste mengenai Perbatasan Darat dituangkan dalam Provisional Agreement yang disepakati di Dili tanggal 8 April 2005. PA 2005 dibuat berdasarkan Konvensi Perbatasan antara Portugis dan Kerajaan Belanda di Pulau Timor atau disebut Traktat/Treaty 1904 yang ditandatangani di Den Haag pada Tanggal 1 Oktober 1904, Arbitral Award Rendered in Execution of the compromis yang ditandatangani di Den Haag tanggal 3 April 1913, antara Belanda dan Portugal mengenai masalah perbatasan yang menjadi bagian kepemilikan kedua negara terhadap Pulau Timor yang ditandatangani di Paris pada tanggal 25 Juni 1914. Persetujuan sementara ini ditandatangani oleh Menteri Luar Negeri Pemerintah Republik Indonesia Dr. N. Hassan Wirajuda dan Menteri Luar Negeri Pemerintah Republik Demokratik Timor Leste Dr. Jose Ramos Horta.

Batas negara antara Indonesia dan Timor leste terbagi menjadi 2 sektor yaitu sektor barat dan sektor timur. Hingga tahun 2015 penyelesaian perbatasan di wilayah sektor timur lebih maju dari pada sektor barat. Hal tersebut dibuktikan dengan jumlah Pilar batas negara dan Border Sign Post yang telah dibangun di sektor timur. Pembuatan Pilar batas negara dan border sign post di sektor barat masih terhambat karena masih ada beberapa segmen unresolved dan unsurvey.

Garis batas negara dalam Provisional Agreement 2005 merupakan hasil delineasi lapangan yang dilakukan pada tahun 2004. Delineasi lapangan bertujuan untuk menentukan garis batas negara RI-RDTL berdasarkan penelusuran langsung di lapangan mengacu pada Traktat/Treaty 1904 antara portugis dan belanda. Pada kegiatan delineasi lapangan dilakukan pengukuran GNSS untuk menentukan garis batas negara yang lebih akurat, sesuai dengan kondisi lapangan dengan tetap berpedoman kepada traktat 1904. Pengukuran GNSS dilakukan menggunakan metode differensial static dengan titik ikat pilar CBDRF yang dibangun pada tahun 2002 dan 2003.



Gambar 1. Perbatasan RI-RDTL

Garis batas negara hasil delineasi tahun 2004 dijadikan garis batas negara resmi yang disepakati pada Provisional Agreement 2005. Selanjutnya dilakukan penegasan batas wilayah dengan pemasangan dan pengukuran pilar batas negara beserta dengan pemasangan Border Sign Post. Hingga tahun 2015 telah terpasang 587 pilar batas negara di sepanjang perbatasan RI-RDTL. Pilar batas negara diukur menggunakan GNSS dengan metode differensial static terikat pada pilar CBDRF terdekat. Seluruh pilar CBDRF orde-0, orde-1 dan orde-2 bisa digunakan sebagai titik ikat dalam pengukuran pilar batas negara.

Dilihat dari sejarahnya keberadaan pilar CBDRF sangat penting sebagai referensi dalam pengukuran batas negara. Pilar CBDRF digunakan sebagai titik ikat terhadap pengukuran pilar batas negara, delineasi garis batas negara dan pengukuran GCP (Ground Control Point) pada kegiatan pemotretan udara. Terdapat indikasi bahwa beberapa pilar CBDRF sudah tidak layak lagi digunakan sebagai titik ikat dalam pengukuran batas negara. Informasi tersebut didapatkan dari pihak Satgas Pamantas perbatasan RI-RDTL yang selalu melakukan patroli terhadap kondisi fisik pilar CBDRF di wilayah perbatasan RI-RDTL. Beberapa Pilar CBDRF mengalami berbagai kerusakan fisik seperti retak, tumbang atau bahkan hilang. Perlu dilakukan kajian untuk mengidentifikasi kemungkinan bahwa pilar CBDRF juga telah bergeser dari tempatnya. Jika pilar CBDRF bergeser cukup jauh dari lokasi aslinya maka ada indikasi bahwa pilar tersebut telah dipindahkan oleh oknum yang tidak bertanggungjawab sehingga wajib direlokasi pada posisi aslinya atau direkonstruksi dan dilakukan pengukuran ulang.

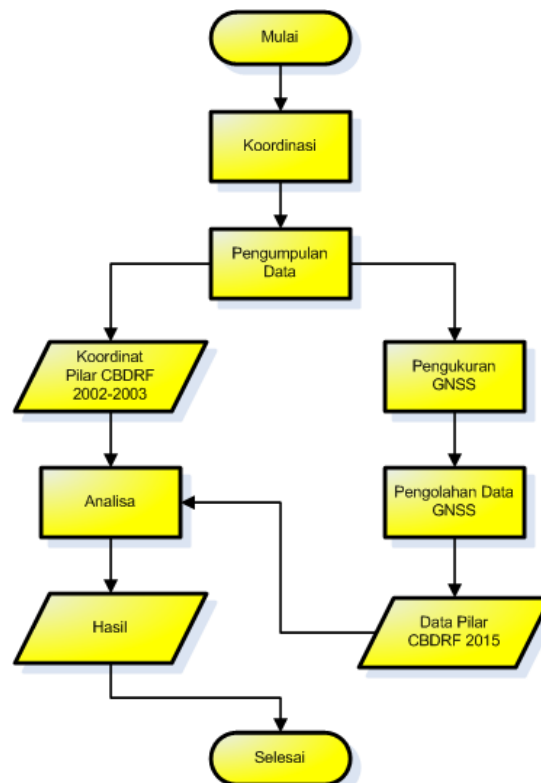
1.2 Batasan Kajian

Ruang lingkup kajian ini adalah sebagai berikut :

1. Investigasi kondisi pilar CBDRF di wilayah perbatasan RI-RDTL sektor timur dan sektor barat dalam rangka pemantauan kondisi fisik dan lingkungan pilar CBDRF.
2. Dilakukan pengukuran GNSS dalam rangka pemantauan posisi pilar CBDRF
3. Membandingkan hasil pengukuran GNSS tahun 2015 dengan koordinat hasil pengukuran tahun 2002 dan tahun 2003

1.3 Metodologi

Alur kerja diterangkan dengan metodologi sebagai berikut :



Gambar. Metodologi

2. DATA DAN METODE

2.1 Spesifikasi Teknis Pilar CBRF

Berdasarkan ketelitiannya Pilar CBRF dibagi menjadi 3 jenis, yaitu Pilar CBRF orde-0, orde-1 dan orde 2. Pilar CBRF yang paling teliti adalah Orde-0 kemudian disusul oleh pilar CBRF orde-1 dan pilar CBRF orde-2. Masing masing orde memiliki spesifikasi teknis pengukuran yang berbeda satu sama lain. Tidak ada aturan khusus yang mengatur tentang spesifikasi fisik pilar CBRF Orde-0, orde-1 dan orde-2.

a. CBRF Orde-0

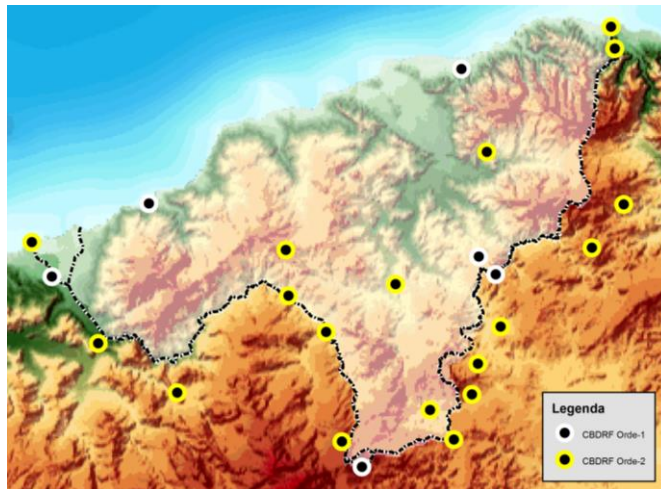
Pilar CBRF Orde-0 hanya berjumlah 4 buah, 3 di wilayah Indonesia dan 1 di wilayah Timor Leste. Pilar CBRF Orde-0 diukur secara *differensial*, terikat dengan stasiun IGS (*International GNSS Service*). Stasiun IGS yang digunakan adalah BAKO, KARR, TID2, TOW2, USUD dan YAR2. Pengukuran dilakukan selama 20 hari *non stop*. Pengolahan data dilakukan dengan *software Bernese*. Ketelitian horisontal tidak lebih dari 0.03 Meter dan ketelitian Vertikal tidak lebih dari 0.075 Meter.



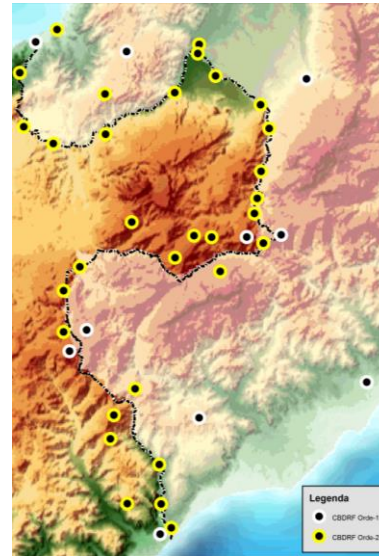
Gambar 2. Persebaran CBRF Orde-0

b. CBDRF Orde-1

Pilar CBDRF Orde-1 berjumlah 16 pilar dengan pembagian 7 pilar berada di wilayah Indonesia dan 9 pilar berada di wilayah Timor Leste. Spesifikasi pengukuran pilar CBDRF Orde-1 hampir sama dengan pilar CBDRF Orde-0 hanya saja lama pengamatannya lebih singkat, yaitu 2 hari. Stasiun IGS yang digunakan sebagai titik ikat sama dengan stasiun IGS yang digunakan sebagai titik ikat pada pengukuran pilar CBDRF Orde-0. Pengolahan data dilakukan dengan software ilmiah *Bernese*. Ketelitian horisontal tidak lebih dari 0.04 Meter dan ketelitian Vertikal tidak lebih dari 0.100 Meter.



Gambar 3. Persebaran CBDRF Sektor Barat



Gambar 4. Persebaran CBDRF Sektor Timur

c. CBDRF Orde-2

Pilar CBDRF Orde-2 berjumlah 49 pilar dengan pembagian 39 berada di wilayah Indonesia dan 10 berada di wilayah RDTL. Pengukuran pilar CBDRF Orde-2 dilakukan secara differensial, terikat dengan pilar CBDRF orde-0 dan orde-1. Lama pengamatan pada pengukuran pilar CBDRF Orde-2 minimal 2 jam. Pengolahan data dilakukan dengan software komersial. Ketelitian horisontal tidak lebih dari 0.05 Meter dan ketelitian Vertikal tidak lebih dari 0.125 Meter

2.2 Spesifikasi Fisik Pilar CBDRF

Pilar CBDRF dibuat dari beton, tidak ada aturan khusus yang mengatur tentang spesifikasi fisik pilar CBDRF. Pada bagian atas pilar CBDRF terdapat *brass tablet* sebagai titik pusat pilar CBDRF yang digunakan sebagai *centering* ketika melakukan pengukuran GNSS. Tidak terdapat nama atau kode CBDRF pada bangunan fisik pilar sehingga untuk mengetahui spesifikasi detailnya harus melihat dokumen *Interim Report on The Land Border Delineation between Republic of Indonesia and Democratic Republic of Timor-Leste tahun 2004*.

Pada beberapa pilar CBDRF *Brass Tablet* telah hilang sehingga tidak bisa digunakan sebagai pengukuran karena tidak ada titik yang digunakan untuk *centering* alat GNSS. Beberapa pilar juga mengalami kerusakan fisik seperti retak, pecah atau bahkan hancur. Pilar CBDRF yang fisiknya telah rusak tidak layak lagi digunakan sebagai titik ikat dalam pengukuran batas negara. Harus ditemukan solusi untuk menangani pilar CBDRF yang telah rusak secara fisik.

2.3 Pengukuran CBDRF

Untuk melakukan pemantauan pergeseran posisi pilar CBDRF Orde-1 dan Orde-2 secara teliti pengukuran harus dilakukan secara differensial, terikat dengan Stasiun IGS yang sekarang mempunyai referensi ITRF 2008. Kemudian dilakukan transformasi ke ITRF 2000 dan dilakukan perbandingan terhadap hasil pengukuran pilar CBDRF pada tahun 2002 dan 2003. Lama pengukuran pilar CBDRF Orde-0 dan Orde-1 harus cukup agar mampu menghasilkan ketelitian yang sesuai dengan spesifikasi teknis yang telah disepakati. Sebagai gambaran rata rata ketelitian pengukuran pilar CBDRF orde-0, orde-1 dan orde-2 pada pengukuran tahun 2002 dan 2003 diterangkan sebagai berikut :

Tabel 1. Ketelitian CBDRF

No	CBDRF	Geocentric		
		ΣdX (m)	ΣdY (m)	ΣdZ (m)
1	Orde-0	0.0006	0.0008	0.0003
2	Orde-1	0.0012	0.0016	0.0005
3	Orde-2	0.0186	0.0212	0.0088

Kegiatan kali ini bukan merupakan pengukuran ulang pilar CBDRF melainkan hanya sebatas kegiatan pemantauan posisi pilar CBDRF. Pemantauan tersebut digunakan untuk mengetahui apakah pilar CBDRF masih berada pada tempatnya atau sudah bergeser dari tempat awalnya. Jika pilar CBDRF bergeser cukup jauh maka ada indikasi bahwa pilar tersebut telah dipindah oleh oknum-oknum yang tidak bertanggung jawab sehingga harus direlokasi ke tempat semula. Pengukuran ulang CBDRF Orde-2 dilakukan secara differensial, terikat dengan pilar CBDRF Orde-0 dan Orde-1.

Pengukuran pilar CBDRF dilakukan selama 3 jam dengan *sampling rate* 5 detik. Dalam satu sesi pengukuran minimal terdapat 2 buah CBDRF orde-0 atau orde-1 yang digunakan sebagai *base*. Pilar CBDRF yang diukur hanya sebatas pilar CBDRF orde-2. Pengolahan data GNSS dilakukan dengan software komersial Leica Geo Office. Pengukuran ulang pilar CBDRF dilakukan selama 3 jam dengan *sampling rate* 5 detik. Sementara itu pengukuran ulang pilar CBDRF Orde-0 tidak dilakukan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pemantauan Kondisi Fisik Pilar CBDRF

Berdasarkan kondisi fisik pilar CBDRF dikelompokkan menjadi 3 jenis, yaitu baik, cukup dan buruk. Pilar CBDRF dinyatakan baik apabila kondisi fisiknya masih utuh seperti sediakala, dinyatakan cukup apabila pilar CBDRF mengalami sedikit cacat seperti pecah atau retak, dinyatakan buruk apabila pilar CBDRF mengalami kerusakan parah seperti hancur atau hilang. Potensi kerusakan yang dialami oleh pilar CBDRF cukup besar mengingat pilar tersebut dibangun pada tahun 2002 dan 2003 serta tidak pernah dilakukan perawatan hingga tahun 2015. Kondisi pilar CBDRF orde-0, orde-1 dan orde-2 dijelaskan sebagai berikut :

Tabel 2. Kondisi Pilar CBDRF Orde-2

No	CBDRF	Kondisi Fisik	No	CBDRF	Kondisi Fisik	No	CBDRF	Kondisi Fisik
1	AILALA	Cukup	14	HASLOT	Cukup	27	NAIBABAN	Baik
2	APLAL	Buruk	15	HENES	Buruk	28	NETEMENANU	Baik
3	ASULAIT	Cukup	16	INBATE	Cukup	29	NUNPO	Cukup
4	AUREN	Baik	17	KEWAR	Baik	30	NUNURA	Cukup
5	BAKITOLAS	Baik	18	KOTAFOHUN	Cukup	31	OEP PANTAI	Baik
6	DAVALA	Baik	19	LAKMARAS2	Buruk	32	OEP SUNGAI	Baik
7	DILOMIL	Hilang	20	LAKUS	Hilang	33	OLBINOSE	Baik
8	FATUBESI A	Cukup	21	LIATOTI	Cukup	34	SALORE	Cukup
9	FATUBESI B	Hilang	22	LONUNA	Cukup	35	SONO	Hilang
10	FATUHA	Baik	23	LOOKEU	Hilang	36	TURISCAIN	Hilang
11	FOHUK	Cukup	24	MAKIR	Hilang	37	WENEBABI	Hilang
12	FOHULULIK	Baik	25	MAUBUSA	Cukup	38	WINI 1	Baik
13	HALIBETE	Buruk	26	NAEKAKE	Buruk	39	WINI 2	Baik

Tabel 3. Kondisi Pilar CBRDF Orde-2

No	Orde	CBDRF	Kondisi Fisik
1	0	MTMS	Baik
2	0	WINI	Baik
1	1	LMRS	Baik
2	1	LTTS	Cukup
3	1	MANU	Baik
4	1	MTMN	Hilang
5	1	MTAO	Cukup
6	1	NPAN	Hilang
7	1	OPKK	Baik



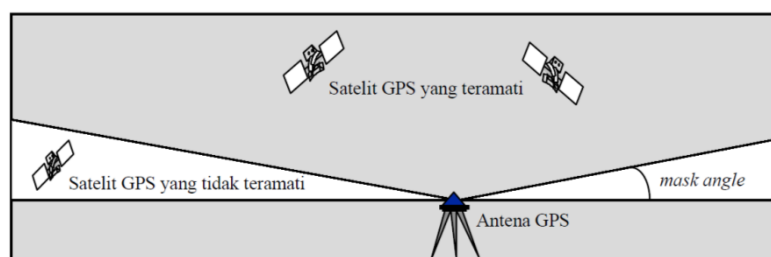
Gambar 5. CBRDF Henes **Gambar 6.** CBRDF Lakmaras

Jumlah Pilar CBRDF Orde-2 dengan kondisi baik, cukup baik, buruk dan hilang berturut turut adalah 13 pilar, 13 pilar, 5 pilar dan 8 pilar. Berdasarkan hasil pemantauan kondisi pilar CBRDF maka perlu dilakukan kegiatan perawatan pilar CBRDF mengingat banyak pilar CBRDF yang kondisinya sudah mulai rusak. *Pilar yang Kondisinya Baik dan Cukup Baik* perlu dilakukan perbaikan fisik untuk mengatasi kerusakan kecil seperti retak serta pengecatan ulang agar terlihat rapi dan bersih. Pilar yang *hilang* dan pilar yang kondisinya sudah *sangat buruk*. Perlu dilakukan pembangunan ulang. Pilar dapat dibangun kembali di posisi yang sama dengan menggunakan metode *Stake Out*. Apabila tidak memungkinkan membangun pilar di posisi yang sama maka pilar bisa dibangun pada tempat yang lain dengan mempertimbangkan beberapa hal seperti kondisi tanah, lingkungan hingga keamanan.

Sebelum dilakukan perawatan pilar CBRDF maka perlu dibuat spesifikasi teknis pembangunan dan pengukuran GNSS. Spesifikasi fisik pilar CBRDF perlu diseragamkan antara pilar CBRDF yang dibuat oleh Indonesia dan Timor Leste. Hal ini perlu dipertegas mengingat ada beberapa pilar CBRDF yang spesifikasi fisiknya tidak seragam. Spesifikasi teknis pengukuran pilar CBRDF yang terdapat pada dokumen *Interim Report on The Land Border Delineation between Republic of Indonesia and Democratic Republic of Timor-Leste tahun 2004* juga perlu dikaji ulang mengingat kemajuan teknologi pengukuran yang semakin berkembang.

3.2 Pemantauan Kondisi Lingkungan Pilar CBRDF

Pengukuran GNSS juga harus memperhitungkan kondisi lingkungan disekitar pilar yang diukur. Jika pilar berada di lingkungan yang terlalu lebat maka signal satelit yang ditangkap oleh alat GNSS akan terhambat oleh pepohonan. Semak belukar atau pohon yang terletak di dekat pilar CBRDF dapat dihilangkan untuk mendapatkan ruang terbuka. Yang menjadi permasalahan adalah adanya pembangunan objek permanen di sekitar pilar CBRDF seperti tembok, pagar, pemancar atau jalan. Bangunan permanen tersebut secara tidak langsung akan mengganggu pengukuran GNSS pada pilar CBRDF. Pilar harus terletak di tempat yang mempunyai ruang pandang langit yang bebas ke segala arah diatas elevasi 15° dan jauh dari objek objek yang bisa memantulkan signal GPS sehingga mengakibatkan *multipath* (SNI Jaring Kontrol Horisontal). Berdasarkan spesifikasi teknis pengukuran GNSS yang dituangkan dalam dokumen "*Interim Report on The Land Border Delineation between Republic of Indonesia and Democratic Republic of Timor-Leste tahun 2004*" pengukuran GNSS pada pilar CBRDF minimal mempunyai *elevation mask angle* 10° . Berdasarkan hal tersebut maka lingkungan pilar CBRDF yang tidak memenuhi syarat tersebut dinyatakan tidak layak dan harus segera ditangani.



Gambar 7. Mask Angle

Salah satu pilar yang terkena dampak pembangunan objek permanen adalah pilar CBRF Orde-0 Motamasin. Perluasan pos satgas motamasin membuat pilar CBRF berada terlalu dekat dengan bangunan pos. Jarak pilar CBRF dengan pos satgas motamasin hanya sekitar 1 meter. Pilar lain yang membutuhkan penanganan adalah pilar CBRF orde-2 Inbate dan pilar CBRF orde-2 Aplal yang terletak di tepian jalan. Kendaraan yang lewat dapat mengganggu pengukuran GNSS pada pilar CBRF. Pilar pilar tersebut juga berpotensi hilang jika terjadi pembangunan atau perluasan jalan. Penanganan yang perlu dilakukan bagi pilar CBRF yang terdapat pada lingkungan yang tidak memungkinkan adalah dengan cara pemindahan posisi. Pilar bisa dibangun pada tempat yang lain dengan mempertimbangkan beberapa hal seperti kondisi tanah, lingkungan hingga keamanan



Gambar 8. CBRF Motamasin



Gambar 9. CBRF Inbate

3.3 Pemantauan Posisi Pilar CBRF

Pemantauan posisi pilar CBRF dilakukan dengan pengukuran GPS geodetic. Pengukuran dilakukan dengan metode *differential*, pilar CBRF yang digunakan sebagai referensi adalah pilar CBRF Orde-0 Motamasin dan pilar CBRF Orde-1 Laktutus. Hasil ukuran tersebut akan dibandingkan dengan koordinat hasil pengukuran pada tahun 2002 dan tahun 2003. Hasil pengukuran dijelaskan dalam table berikut :

Tabel 4. Koordinat Cartesian Pemantauan pilar CBRF 2015 (Orde-2)

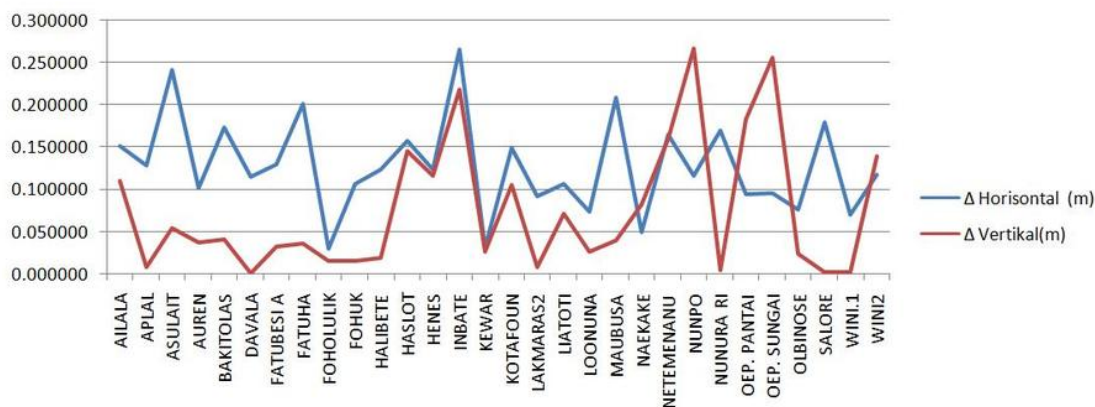
No	Station	Status	X	Y	Z	ΔX	ΔY	ΔZ	ΔR
1	Ailala	Orde-2	-3613331.62120	5154617.04040	-1028001.45890	0.0089	0.0105	0.0053	0.0147
2	Aplal	Orde-2	-3543190.78640	5201154.69450	-1035390.40200	0.0240	0.0325	0.0134	0.0426
3	Asulait	Orde-2	-3610356.13130	5162086.98070	-997952.87800	0.0081	0.0092	0.0036	0.0128
4	Auren	Orde-2	-3613390.83780	5152126.80880	-1037694.12800	0.0459	0.0594	0.0233	0.0786
5	Baen	Orde-2	-3552133.80560	5194517.26210	-1040213.80150	0.0088	0.0120	0.0065	0.0162
6	Bakitolas	Orde-2	-3564575.91450	5188826.47940	-1024922.06490	0.0524	0.0597	0.0336	0.0862
7	Dafala	Orde-2	-3611663.83690	5158814.86280	-1011605.68760	0.0321	0.0473	0.0189	0.0602
8	Fatubesi	Orde-2	-3609701.33590	5159167.65630	-1018837.57930	0.0186	0.0231	0.0108	0.0316
9	Fatuha	Orde-2	-3616588.54980	5150494.96210	-1033354.06030	0.0124	0.0186	0.0072	0.0235
10	Fohuk	Orde-2	-3624177.84200	5151218.29040	-1008408.67200	0.0513	0.0635	0.0287	0.0865
11	Fohululik	Orde-2	-3620754.75880	5153378.66530	-1010687.82710	0.0432	0.0545	0.0272	0.0747
12	Halibete	Orde-2	-3615167.70000	5158867.18740	-996923.66630	0.0137	0.0215	0.0082	0.0268
13	Haslot	Orde-2	-3616310.32710	5149744.95690	-1037690.52250	0.0873	0.1548	0.0965	0.2022
14	Haumeniana	Orde-2	-3551359.59130	5194385.89500	-1044319.60080	0.0238	0.0365	0.0204	0.0481
15	Henes	Orde-2	-3628828.37920	5147833.09440	-1009059.15630	0.0098	0.0118	0.0059	0.0164
16	Inbate	Orde-2	-3553412.44460	5193888.97290	-1038040.03740	0.0330	0.0526	0.0273	0.0678
17	Kewar	Orde-2	-3629043.23600	5148596.41250	-1001059.75930	0.0503	0.0703	0.0319	0.0921
18	Kotafoun	Orde-2	-3612661.92870	5154362.01420	-1030590.58210	0.0431	0.0518	0.0273	0.0727
19	Liatoti	Orde-2	-3562122.04340	5189928.92310	-1028504.69860	0.0138	0.0140	0.0095	0.0218
20	Lonuna	Orde-2	-3622629.42910	5152409.84980	-1008253.71870	0.0501	0.0603	0.0287	0.0835

21	Maubusa	Orde-2	-3621831.78990	5154988.06840	-992307.30370	0.0068	0.0095	0.0043	0.0124
22	Naekake	Orde-2	-3540863.77440	5203291.03870	-1032398.73980	0.0416	0.0547	0.0236	0.0727
23	Netemenanu	Orde-2	-3532545.58340	5207391.71010	-1040378.61830	0.0392	0.0335	0.0171	0.0543
24	Nunura	Orde-2	-3624311.02550	5154057.81340	-987989.21800	0.0092	0.0094	0.0052	0.0141
25	Oelbinose	Orde-2	-3543936.07840	5199940.13260	-1044558.11770	0.0221	0.0495	0.0180	0.0571
26	Oepoli Pantai	Orde-2	-3523546.07320	5215553.44800	-1027945.20130	0.0425	0.0571	0.0311	0.0777
27	Oepoli Sungai	Orde-2	-3527371.53380	5211419.38640	-1036279.64140	0.1095	0.1213	0.0548	0.1724
28	Salore	Orde-2	-3607851.74370	5164242.19900	-996111.08830	0.0691	0.0871	0.0389	0.1178
29	Wini-1	Orde-2	-3564870.07190	5190585.50140	-1012019.64870	0.0117	0.0171	0.0082	0.0223
30	Wini-2	Orde-2	-3564773.53850	5190969.26850	-1010228.39990	0.0432	0.0585	0.0324	0.0796
Rata Rata						0.0342	0.0454	0.0223	0.0613

Ketelitian posisi diwakili oleh nilai Δr yang diturunkan dari rumus berikut :

$$\Delta r = [\Delta X^2 + \Delta Y^2 + \Delta Z^2]^{1/2}$$

Δr merupakan Ketelitian Geometris (3D) yang didapatkan dari nilai ΔX (Ketelitian Sumbu X), ΔY (Ketelitian Sumbu Y) dan ΔZ (Ketelitian Sumbu Z). Menurut dokumen *Interim Report on The Land Border Delineation between Republic of Indonesia and Democratic Republic of Timor-Leste tahun 2004* nilai Δr max yang diijinkan adalah **0.0808 m** untuk CBDRF orde-0, **0.1077 m** untuk CBDRF orde-1 dan **0.1346 m** untuk CBDRF orde-2. Berdasarkan tabel diatas koordinat pilar dengan ketelitian paling rendah adalah pilar CBDRF **Haslot** dengan nilai Δr 0.2022 m. Sedangkan Rata rata nilai Δr secara keseluruhan adalah 0.0606 m. Setelah itu dilakukan perbandingan dengan data hasil ukuran tahun 2002 dan 2003.



Gambar 10. Grafik Perbedaan posisi CBDRF Orde-2

Δ Horizontal mewakili selisih jarak yang dihasilkan dari koordinat CBDRF hasil pengukuran tahun 2002 dan 2003 yang dibandingkan dengan koordinat hasil pengukuran tahun 2015. Δ Vertikal mewakili selisih tinggi yang dihasilkan dari koordinat CBDRF hasil pengukuran tahun 2002 dan 2003 yang dibandingkan dengan koordinat hasil pengukuran tahun 2015. Nilai Δ Horizontal terbesar terdapat pada pilar CBDRF INBATE dengan nilai 0.265793 meter. Rata rata nilai Δ Horizontal adalah 0.141244 meter. Nilai Δ Vertikal terbesar terdapat pada pilar CBDRF NUNPO dengan nilai 0.266500 meter. Rata rata nilai Δ Vertikal adalah 0.073203 meter.

Berdasarkan tabel diatas maka koordinat pilar CBDRF perlu di *update* karena sudah tidak sesuai dengan posisi pilar saat ini. Rata rata nilai Δ Horizontal sebesar 0.141244 meter dinilai sudah terlalu jauh dengan koordinat hasil ukuran tahun 2002 dan 2003 yang dijadikan koordinat *definitive* pada saat pengolahan data pengukuran pilar batas negara hingga saat ini. Koordinat hasil pengukuran tahun 2015 tidak bisa dijadikan bahan untuk *updating* koordinat pilar CBDRF karena terdapat beberapa nilai yang tidak memenuhi toleransi ketelitian yang telah ditentukan. Selain itu pengukuran ulang harus dilakukan setelah pilar CBDRF dilakukan perawatan karena dalam proses perawatan tersebut dimungkinkan beberapa pilar CBDRF akan direlokasi ke

tempat yang lain. Jikapun pembangunan CBDRF dilakukan pada posisi yang sama maka koordinat pilar CBDRF yang baru juga berpotensi mengalami perubahan.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1 Kesimpulan

1. Hanya sebagian kecil Pilar CBDRF yang Kondisi Fisiknya masih baik. Beberapa pilar CBDRF mengalami kerusakan kecil, kerusakan parah atau bahkan hilang.
2. Beberapa pilar CBDRF terletak di dekat bangunan permanen yang dapat mengganggu kegiatan pengukuran.
3. Koordinat hasil pengukuran pilar CBDRF Orde-2 tahun 2015 berbeda dengan koordinat hasil pengukuran tahun 2002 dan 2003. Rata rata perbedaanya adalah sebesar 0.141244 meter (Horisontal)

4.2 Saran

1. Perlu dilakukan kegiatan perawatan pilar CBDRF yang berupa pengecatan pilar, perbaikan pilar, rekonstruksi pilar dan relokasi pilar
2. Setelah kegiatan perawatan perlu dilakukan pengukuran ulang pilar CBDRF untuk mendapatkan koordinat yang lebih akurat.
3. Sebelum dilakukan kegiatan pengukuran ulang perlu dilakukan kajian terhadap spesifikasi teknis pengukuran pilar CBDRF orde-0, orde-1 dan orde-2. Perkembangan teknologi yang ada dapat digunakan sebagai pertimbangan untuk revisi spesifikasi teknis pilar CBDRF.
4. Perlu dilakukan kajian mendalam tentang persebaran pilar CBDRF karena ada beberapa segmen yang tidak terjangkau pilar CBDRF.

DAFTAR PUSTAKA

- Republik Indonesia (2002). Standar Nasional Indonesia : Jaring Kontrol Horisontal. Jakarta
- Interim Report on The Land Border Delineation between Republic of Indonesia and Democratic Republic of Timor-Leste (2004)
- Gurandhi, M.F., Rudianto B (2013). Evaluasi spesifikasi teknis pada survey GPS, Institut Teknologi Nasional. Bandung
- Standar Operating Procedures For The Densification Of The CBDRF Between Malaysia (Sabah and Serawak) and Indonesia (Kalimantan Timur and Kalimantan Barat (2006)
- Sari Sai, S., Abidin, HZ., Sutisna, S (2005). Aspek Geodetic Penegasan Batas Darat Indonesia dan Papua New guinea : Status dan Permasalahanya, Jurnal PROC. ITB Sains & Tek. Vol. 37 A, No. 2, 2005, 131-154
- Sutisna, S. Handoyo, S (2006). Delineation and Demarcation Survey Of The Land Border In Timor : Indonesian Perspective. Paper presented at "the International Symposium on Land and River Boundaries Demarcation and Maintenance in Support of Borderland Development " Bangkok, Thailand, 6-11 November 2006
- Fernandes, R.M.S., D. Fahrurrazi, J. Matos, S. Handoyo (2005): "The Common Border Datum Reference Frame (CBDRF) between Indonesia and Timor-Leste: Implementation and Processing", Cartografia e Geodesia 2005: Actas da IV Conferência Nacional de Cartografia e Geodesia, isbn 972-757-370-3, Março 2005, Lidel-Edições Técnicas, Lda., Lisabon, Portugal, pp. 471-479.
- Abidin, HZ (2007). Modul : Kesalahan dan Bias GPS. Institut Teknologi Bandung.

KAJIAN PEMANFAATAN CITRA NOAA UNTUK PENDUGAAN POTENSI IKAN DI WPP 573

Dwi Sri Wahyuningsih¹, Th. Retno Wulan¹

¹Parangtritis Geomaritime Science Park
e-mail: geografi_dwi@yahoo.com, noibako@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini dilakukan di Perairan Selatan Pulau Jawa, berfokus pada wilayah kajian di Tempat Pelelangan Ikan (TPI) dusun Depok, Desa Parangtritis, Kecamatan Depok, Kabupaten Bantul. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk membuat peta pendugaan potensi ikan di perairan selatan Jawa berdasarkan peta suhu permukaan laut. Diharapkan dari adanya peta pendugaan potensi ikan dapat meningkatkan perolehan ikan nelayan dari tahun ke tahun. Metode penelitian ini menggunakan metode analisis data penginderaan jauh dan pengolahan data sekunder data ikan hasil tangkapan nelayan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa suhu permukaan laut memiliki hubungan positif terhadap potensi keberadaan ikan. Suhu permukaan laut menggambarkan keberadaan nutrisi yang dibutuhkan oleh ikan. Ikan berada pada titik-titik dengan konsentrasi nutrisi yang berlimpah. Selain memperhatikan suhu permukaan laut, diperhatikan juga mengenai arus yang terjadi di titik-titik potensi ikan. Nelayan dalam menangkap ikan tidak menuju pada titik-titik pendugaan tetapi berada di titik potensi keberadaan ikan. Diharapkan dari kajian ini dapat meningkatkan hasil tangkapan ikan, khususnya di Pantai Depok.

KATA KUNCI:Suhu permukaan laut, Pendugaan ikan, Citra NOAA

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Satelit NOAA (*National Oceanic and Atmospheric Administration*) merupakan satelit milik Amerika Serikat yang diluncurkan pertama kali pada tahun 1970-an. Satelit ini merupakan seri satelit meteorologi generasi ketiga setelah TIROS (1960-1965) dan ITOS (1970-1976). Satelit NOAA mempunyai orbit *polar sunsynchronous*, berorbit pada ketinggian 833 km (NOAA-12) dengan sudut inklinasi terhadap equator 98,9°, dan periode orbitalnya 101,4 menit. Satelit NOAA dapat mengamati daerah yang sama dua kali sehari. Satelit NOAA mempunyai lima sensor utama yaitu AVHRR (*Advance Very High Resolution Radiometer*) untuk pengamatan lingkungan dan cuaca, TOVS (*TIROS Operation Vertical Sounder*), SEM (*Space Environment Monitor*) untuk pengamatan partikel yang memasuki atmosfer dari luar angkasa, DCLS (*Data Collection and Location System*) merupakan relay bagi pengukuran parameter meteorologi dengan menggunakan wahana di permukaan bumi, SARSAT (*Search and Rescue System Satellite Aided Teaching*) untuk membantu mengatasi penyimpangan laju satelit dan orbitnya (Robinson, 1991).

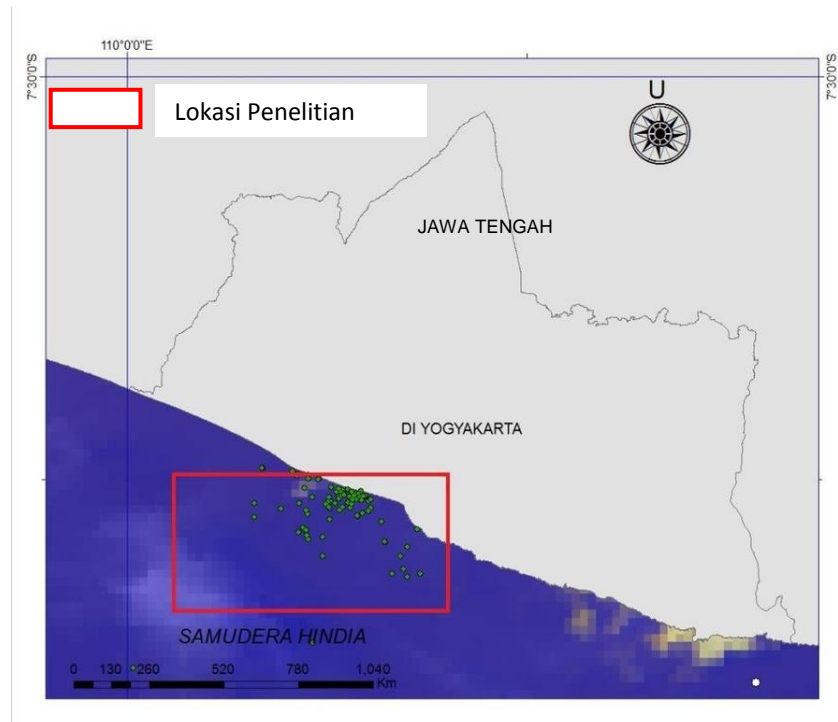
Salah satu manfaat dari citra satelit NOAA adalah melakukan pendugaan potensi ikan melalui pendekatan peta suhu permukaan laut. Pendekatan potensi ikan dilihat dari suhu permukaan karena diperkirakan jenis ikan berbeda-beda mempunyai tempat hidup berbeda pula. Pola dari perubahan suhu permukaan laut untuk satu tahun dapat terbaca dengan menggabungkan berbagai citra selama setahun terakhir dan setahun berikutnya.

Wilayah Pengelolaan Perikanan Negara Republik Indonesia (WPP NRI) sesuai dengan peraturan menteri kelautan dan perikanan Republik Indonesia Nomor 18/Permen-KP/2014 terbagi atas sebelas wilayah pengelolaan perikanan. Salah satu wilayah pengelolaan perikanan yang meliputi perairan Samudera Hindia sebelah Selatan Jawa hingga sebelah Selatan Nusa Tenggara, Laut Sawu, dan Laut Timor bagian Barat yakni WPP NRI 573. Fokus kajian berlokasi pada sebagian wilayah Samudera Hindia.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis suhu permukaan laut dengan titik penangkapan ikan oleh nelayan untuk membuat peta pendugaan potensi ikan. Suhu permukaan didapat dari analisis penginderaan jauh citra satelit NOAA. Area penangkapan ikan oleh nelayan memiliki hubungan positif atau negatif terhadap suhu permukaan laut. Diharapkan dengan adanya penilaian ini dapat menjadi masukan positif kepada nelayan untuk meningkatkan hasil tangkapan ikan.

2. DAERAH PENELITIAN

Penelitian dilakukan di Perairan Selatan Jawa dengan didukung oleh hasil tangkapan ikan nelayan Pantai Depok, Parangtritis, Kretek, Bantul. Letak astronomis daerah penelitian adalah $8^{\circ}00'$ LS- $9^{\circ}00'$ LS dan $109^{\circ}30'$ BT- $110^{\circ}00'$ BT.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

3. DATA DAN METODE PENELITIAN

3.1 Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah citra NOAA tahun 2007 sampai 2012 dan data perolehan ikan tahun 2010-2011. Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah GPS (*Global Positioning System*) untuk mengetahui posisi keberadaan potensi ikan, kapal untuk menangkap ikan, dan radio komunikasi.

3.2 Metode

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah analisis citra penginderaan jauh dan pengolahan data sekunder. Citra satelit NOAA yang sudah dikumpulkan pada perekaman tahun 2007, 2011, dan 2012 kemudian diolah menggunakan perangkat lunak Er Mapper. Pengolahan citra yang dimaksud adalah melakukan koreksi geometrik dan radiometrik. Hasil pengolahan citra NOAA menghasilkan Peta Pengkelasan Suhu Permukaan Laut. Peta Pengkelasan Suhu Permukaan Laut kemudian dianalisis dengan peta titik penangkapan ikan oleh nelayan. Peta suhu permukaan laut dan titik penangkapan ikan kemudian dijadikan analisis untuk menentukan pendugaan lokasi potensi keberadaan ikan.

3.2.1. Koreksi Geometrik

Proses ini merupakan suatu cara untuk memberikan informasi data citra sesuai dengan keberadaan di bumi. Terdapat dua tahapan yang dilakukan pada koreksi geometrik yaitu relokasi posisi piksel ke posisi yang seharusnya dan proses resampling nilai piksel (interpolasi spektral).

3.2.2. Koreksi Radiometrik

Koreksi radiometrik dimaksudkan untuk memperbaiki nilai piksel supaya sesuai dengan yang seharusnya. Efek atmosfer menyebabkan nilai pantulan obyek di permukaan bumi yang terekam oleh sensor menjadi lebih besar karena adanya hamburan atau lebih kecil karena proses serapan. Untuk mengubah nilai digital piksel menjadi nilai albedo pada kanal 1 dan 2, langkah-langkahnya yaitu:

a. Menghitung Nilai Radiansi

Nilai digital tiap kanal diubah menjadi nilai radiansi menggunakan persamaan kalibrasi berdasarkan NESS (1978) dan Planet (1988) sebagai berikut:

$$N_i = G_i \times X_i^F + I_i$$

dimana:

- N_i = radiansi kanal ke-i
- G_i = koefisien *slope (gain)* data kanal ke-i
- X_i = data radiometer-count (digital) setiap piksel kanal ke-i
- I_i = koefisien intercept data kanal ke-i
- I = kanal radiometer 4 dan 5
- F = konstanta penyetara data AVHRR dengan tingkat keabuan berbeda ($F=1$ untuk data 10 bit dan $F=4$ untuk data 8 bit)

b. Konversi ke Nilai Albedo

Konversi ke nilai albedo dihitung pada kanal 1 dan kanal 2 dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

Kanal 1: if ($i1 < 498$ then $100 \times (S_{ia} \times i1) + I_{ia}$) else $100 \times (S_{ib} \times i1) + I_{ib}$)

Kanal 2: if ($i1 < 500$ then $100 \times (S_{ia} \times i1) + I_{ia}$) else $100 \times (S_{ib} \times i1) + I_{ib}$)

dimana:

- G_{ia} = koefisien *slope (gain)* data kanal ke-ia
- I_{ia} = koefisien *intercept* data kanal ke-ia
- G_{ib} = koefisien *slope (gain)* data kanal ke-ib
- I_{ib} = koefisien intercept data kanal ke-ib
- X_i = data radiometer-count (digital) setiap piksel kanal ke-i

c. Menghitung Suhu Kecerahan (Brightness Temperature)

Suhu kecerahan dihitung untuk kanal 3, 4 dan 5 menggunakan persamaan invers fungsi Planck sebagai berikut:

$$T_b = \frac{C_2 V_1}{\ln \left(1 + \left(C_1 \frac{V_1}{N} \right) \right)}$$

Keterangan:

- T_b = suhu kecerahan (derajat Kelvin)
- C_1 = konstanta ($1,1910659 \times 10^{-5} \text{ m}^{-1} \text{ W sr}^{-1} \text{ cm}^{-2}$)
- C_2 = konstanta (1,438833 cm K)
- V = bilangan gelombang pusat (*central wave number*)

3.2.3. Penentuan Suhu Permukaan Laut

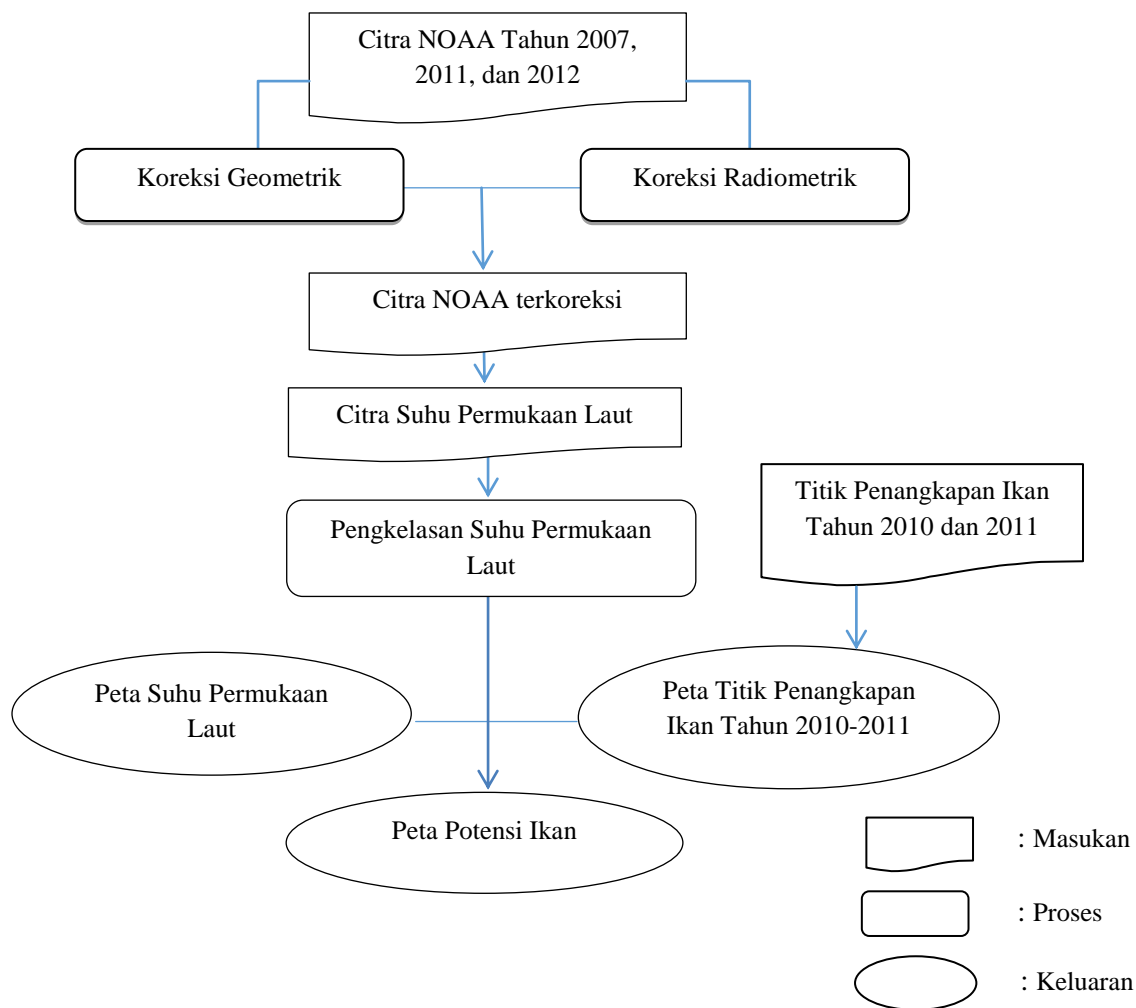
Penentuan Suhu Permukaan laut adalah dengan menggunakan algoritma McMillin dan Crosby sebagai berikut:

$$SPL = T_{b4} + 2.702(T_{b4} - T_{b5}) - 0.582 - 273.0$$

Keterangan:

SPL : Suhu Permukaan Laut
Tb4 : Suhu kecerahan kanal 4
Tb5 : Suhu kecerahan kanal 5

Adapun langkah-langkah penelitian secara umum dapat dijelaskan pada Gambar 2 sebagai berikut:

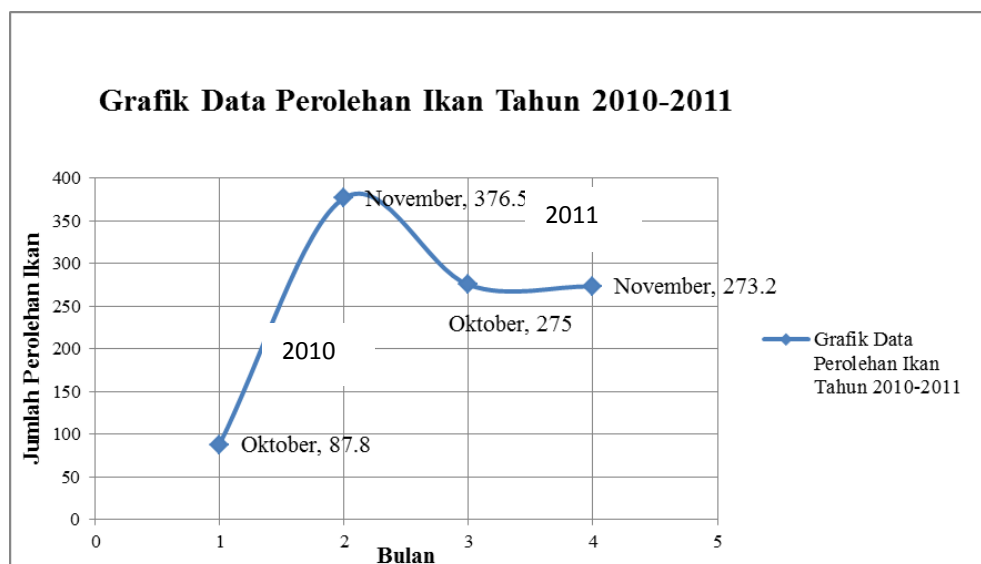


Gambar 2.Diagram Alir Penelitian

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Grafik Data Perolehan Ikan Tahun 2010 sampai 2011

Grafik perolehan ikan yang diperoleh nelayan tahun 2010 sampai tahun 2011 menunjukkan bahwa perolehan ikan pada bulan Oktober tahun 2011 mengalami peningkatan, sedangkan pada bulan November tahun 2011 mengalami penurunan. Perolehan jumlah ikan dipengaruhi oleh perubahan musim, arus laut, suhu permukaan laut, dan nutrisi di dalam laut. Setiap bulan nelayan memiliki perubahan posisi dalam penangkapan ikan. Kenaikan dan penurunan perolehan ikan nelayan tergantung pada musim yang sedang terjadi. Terkadang perolehan nelayan sangat banyak, akan tetapi seringkali perolehan yang didapatnya sangat sedikit.



Gambar 3. Grafik Data Perolehan Ikan oleh nelayan Tahun 2010-2011

Jenis ikan yang diperoleh nelayan berupa ikan teri, sembilang, kakap merah, kakap putih, remang, pari, hiu, bawal, manyung, tengiri, tongkol, caru, tombol, layur, bentong, banyar, dan jahan. Beberapa ikan yang diperoleh nelayan termasuk ke dalam kelompok ikan pelagis kecil, ikan pelagis besar, dan kelompok ikan demersal. Ikan pelagis adalah ikan yang hidup di permukaan laut sampai kolom perairan laut, sedangkan ikan demersal adalah jenis ikan yang habitatnya berada di bagian dasar perairan. Jenis ikan pelagis kecil yaitu ikan teri, banyar, jahan, caru, tombol, dan bentong. Ikan pelagis besar yaitu ikan hiu, pari, tongkol, dan tengiri. Ikan demersal yaitu kakap merah, kakap putih, sembilang, layur, banyar, jahan, manyung, dan bawal. Berdasarkan dari jenis ikan hasil tangkapan nelayan, jenis ikan yang tertangkap berasal dari beragam habitat, yakni permukaan laut, kolom perairan laut, dan dasar laut. Berikut ini disajikan tabel jenis ikan yang ditangkap nelayan pada Tahun 2010 dan 2011

Tabel 1. Jenis Ikan yang ditangkap nelayan pada tahun 2010 dan 2011

Tahun	Bulan	Pelagis Kecil (kali)	Pelagis Besar (kali)	Demersal (Kali)
2010	Agustus	5	1	6
	Oktober	5	2	2
	November	10	5	10
2011	April	9	4	22
	Mei	-	-	1
	Oktober	2	1	16
	November	1	-	8
	Desember	-	-	4
Jumlah		32	13	69

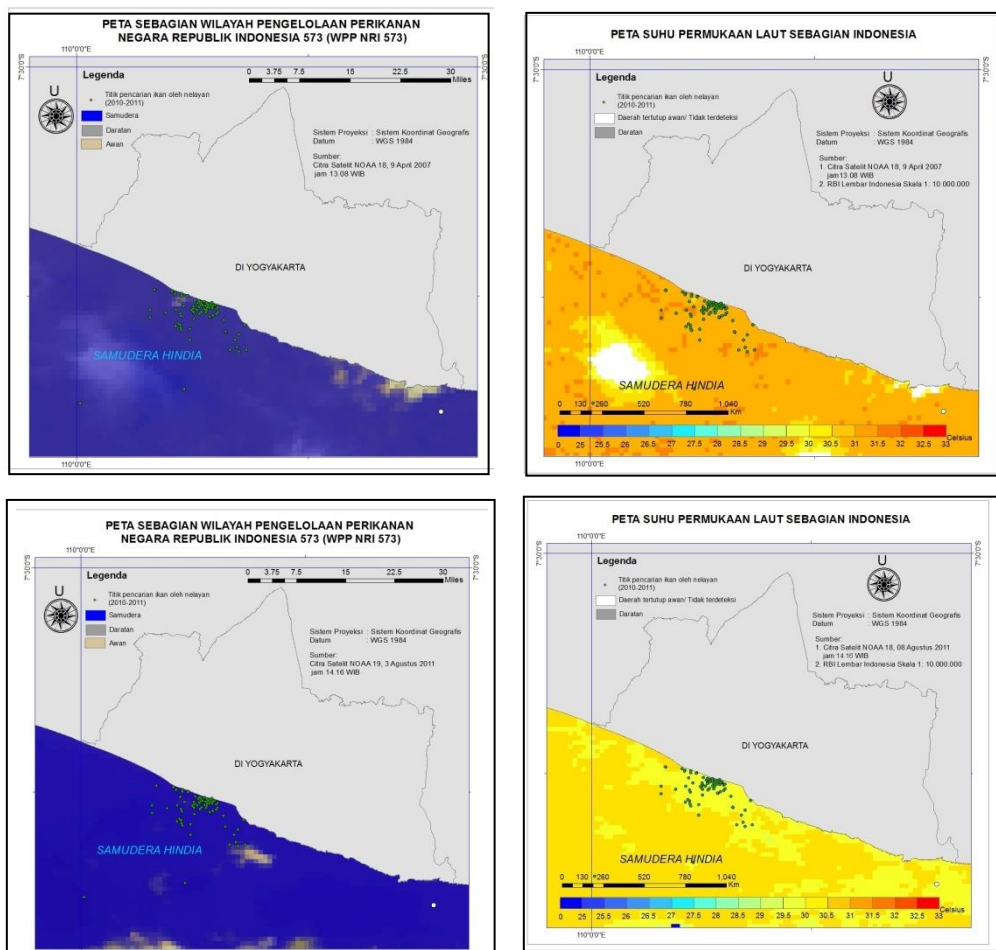
Tabel di atas merupakan jenis ikan yang ditangkap di Wilayah Pengelolaan Perikanan 573. Jangkauan nelayan dalam menangkap ikan mempengaruhi jenis ikan yang ditangkap. Jenis ikan yang paling banyak ditangkap nelayan adalah jenis ikan demersal, sedangkan jenis ikan yang paling sedikit ditangkap adalah ikan pelagis besar. Perbandingan bulan yang dapat dilakukan untuk tahun 2010 dan 2011 adalah bulan Oktober dan November. Penangkapan ikan pelagis kecil dan pelagis besar pada bulan Oktober 2010 lebih banyak dibandingkan dengan bulan Oktober 2011. Ikan demersal paling banyak ditangkap pada bulan Oktober 2011, yakni sebanyak 16 kali penangkapan. Penangkapan ikan pelagis kecil, ikan pelagis besar, dan demersal untuk bulan November 2010 lebih dominan dibandingkan bulan November 2011. Jenis ikan yang ditangkap nelayan dipengaruhi oleh kondisi laut yang berubah-ubah. Nelayan di Pantai Depok memiliki siklus berlayar harian. Pergi berlayar pada pagi hari kemudian pulang pada waktu siang atau sore hari. Jangkauan penangkapan ikan oleh nelayan dari Pantai Depok sejauh sekitar 5 mil laut, akan tetapi lokasi penangkapan terbanyak berada pada jarak kurang dari 5 mil.

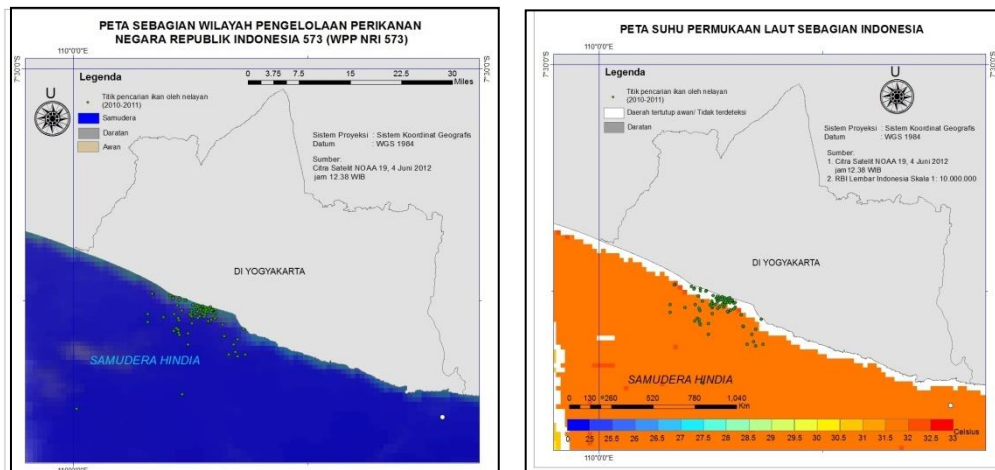
4.2. Peta Suhu Permukaan Laut Sebagian Wilayah Pengelolaan Perikanan Negara Republik Indonesia 573 (WPP NRI 573)

Pemrosesan citra NOAA sebelumnya melalui tahap koreksi radiometrik, geometrik, masking untuk wilayah daratan dan lautan, kemudian melalui tahap perhitungan suhu permukaan laut menurut Mc Millin dan Crosby. Suhu permukaan laut wilayah kajian secara umum memiliki suhu yang relatif sama setiap tahunnya. Belum ditemukan suhu permukaan laut yang sangat signifikan perubahannya. Perlu diingat kembali bahwa citra satelit NOAA memiliki resolusi spasial sebesar 1, 1 km. Secara umum untuk membuat peta pendugaan potensi ikan diperlukan beberapa syarat-syarat dan ketentuan untuk mendapatkan peta pendugaan yang akurat. Resolusi citra satelit yang kecil berdampak pada jangkauan pencarian ikan yang luas. Jangkauan pencarian ikan minimal oleh nelayan sejauh minimal 3 mil laut sampai 12 mil laut. Pencarian ikan yang mendekati daratan akan memiliki banyak kendala, terutama masalah lingkungan yang terdapat di daratan. Pencemaran air sungai, pencemaran air laut, dan pendangkalan merupakan beberapa penyebab perolehan ikan nelayan dipengaruhi oleh degradasi lingkungan di daratan. Perolehan jumlah ikan beberapa musim tertentu banyak, akan tetapi di musim yang berbeda perolehannya jauh di bawah perkiraan.

Suhu permukaan laut yang terjadi di pesisir Selatan Jawa (WPP NRI 573) dicontohkan dengan tiga citra satelit NOAA dengan tahun dan bulan yang berbeda, yakni tahun 2007, 2011, dan 2012. Bulan yang diambil untuk analisis adalah bulan pada musim kemarau, yaitu bulan April, Juni, dan Agustus. Musim kemarau dipilih karena tutupan awan di Samudera Hindia relatif sedikit. Cakupan wilayah kajian yang tertutup awan menyebabkan suhu permukaan laut yang dihasilkan menjadi tidak akurat.

Informasi titik-titik penangkapan ikan dari nelayan yang diambil tahun 2010-2011 dipergunakan untuk melihat jangkauan penangkapan ikan nelayan. Rata-rata jangkauan nelayan menangkap ikan sejauh 4 sampai 5 mil laut. Jarak tersebut adalah rata-rata jangkauan terjauh nelayan. Jenis ikan yang paling banyak didapatkan pada jarak 4 sampai 5 mil tersebut adalah ikan pelagis besar, sedangkan ikan yang didapat pada jarak kurang dari 5 mil adalah ikan pelagis kecil dan demersal. Kekuatan kapal yang tidak memungkinkan nelayan untuk menjangkau pencarian ikan sampai 12 mil menyebabkan jumlah ikan yang didapatkan tidak stabil dari waktu ke waktu. Berikut ini disajikan perbandingan peta dari citra satelit NOAA yang sudah terolah dan belum terolah:



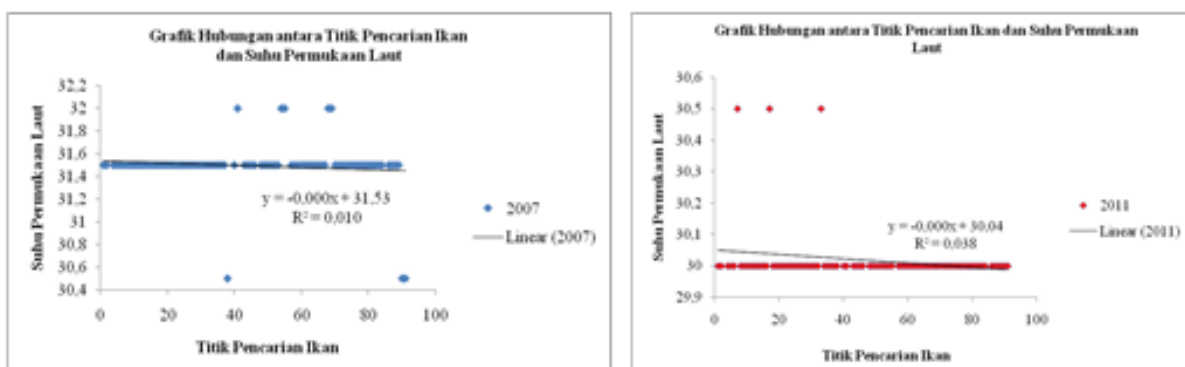


Gambar 4. Peta Sebagian Wilayah Pengelolaan Perikanan Negara Republik Indonesia 573 (WPP 573) dan Peta Suhu Permukaan Laut Sebagian Pengelolaan Perikanan Negara Republik Indonesia 573 (WPP573) Tahun 2007 sampai Tahun 2012.

Peta-peta yang ditampilkan tersebut adalah peta yang sudah terolah maupun belum dari citra satelit NOAA. Rata-rata suhu permukaan pada bulan April 2007 adalah 31,5 °C, bulan Agustus 2011 rerata suhu permukaan laut mencapai 30 °C, sedangkan bulan Juni 2012 rerata suhunya mencapai 32°C. Beberapa citra yang tertutup awan suhunya tidak akurat karena dipengaruhi oleh tutupan awan di atasnya. Suhu rata-rata wilayah yang memiliki potensi mengalami *upwelling* berkisar antara 27°C sampai 30°C. Banyak biota dan beberapa ikan hidup pada suhu tersebut.

Data perolehan ikan yang diperoleh tahun 2010 sampai 2011 menunjukkan bahwa nelayan dalam mencari ikan berada pada perairan dengan suhu permukaan laut sebesar 30°C. Titik koordinat yang diterapkan untuk citra satelit NOAA pada perekaman tahun 2007 dan 2012 tidak menunjukkan pengaruh positif. Suhu permukaan laut pada daerah cakupan yang sama rata-rata berkisar 31,5°C dan pada tahun 2012 rata-rata sebesar 32°C.

Kondisi permukaan laut mempunyai kondisi yang dinamis, sehingga informasi yang didapatkan merupakan kondisi yang sama dengan waktu perekaman citra. Citra satelit yang terekam pada tanggal 8 Agustus 2011, jam 14.16 WIB menggambarkan kondisi suhu permukaan laut pada tanggal 8 Agustus 2011 pada jam 14.16 WIB. Analisis yang dilakukan untuk meningkatkan akurasi data adalah dengan membaca pola dari setiap informasi suhu permukaan laut yang dihasilkan. Distribusi perubahan suhu dan pengaruh perubahan suhu terhadap penangkapan ikan dapat dilihat pada grafik di bawah ini:

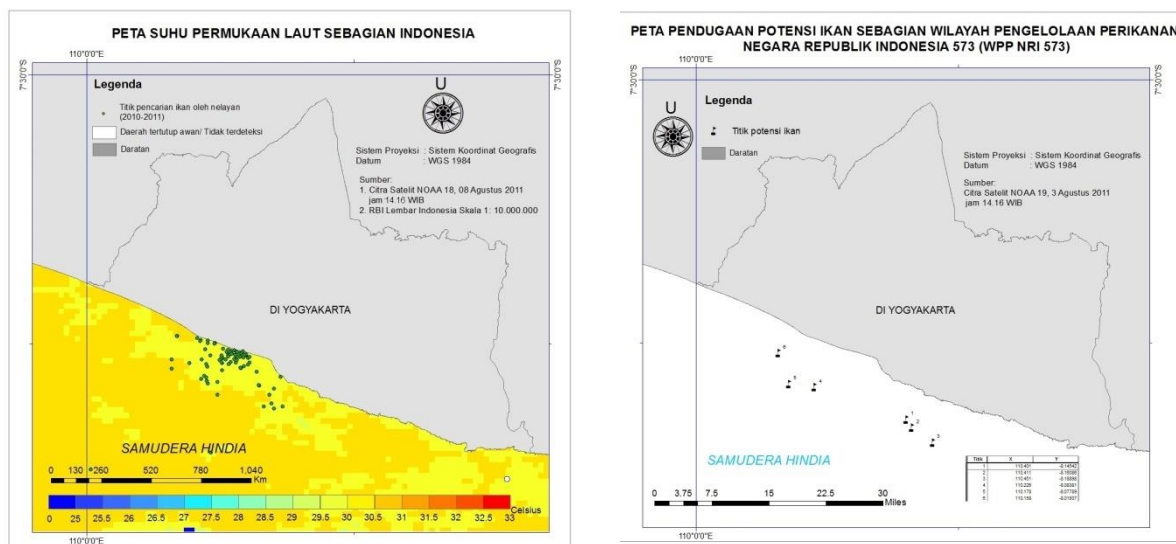




Gambar 5. Grafik Hubungan antara Titik Penangkapan ikan dan Suhu Permukaan Laut

4.3. Peta Pendugaan Potensi Ikan

Setiap peta yang dihasilkan untuk pendugaan ikan memerlukan informasi suhu permukaan laut. Suhu permukaan laut akan menggambarkan kondisi nutrisi dalam perairan. Penelitian menunjukkan bahwa suhu permukaan laut berhubungan positif dengan informasi lokasi penangkapan ikan oleh nelayan. Setiap nelayan memiliki intuisi yang tepat dalam menangkap ikan. Beberapa data titik pendugaan ikan memerlukan variabel jarak terhadap garis pantai. Jarak minimal untuk penangkapan ikan sejauh 3 mil, sehingga faktor pencemaran dan pendangkalan dari daratan dapat diminimalisir. Arus permukaan laut juga diperhatikan dalam penangkapan ikan. Nelayan dalam menangkap ikan tidak menuju pada titik-titik pendugaan tetapi berada di titik potensi keberadaan ikan.



Gambar 6. Peta Suhu permukaan laut Sebagian Indonesia dan Peta Pendugaan Potensi Ikan Sebagian Wilayah Pengelolaan Perikanan Negara Republik Indonesia 573 (WPP NRI 573)

5. KESIMPULAN

Suhu permukaan laut memiliki hubungan positif terhadap potensi keberadaan ikan. Suhu permukaan laut menggambarkan keberadaan nutrisi yang dibutuhkan oleh ikan. Ikan berada pada titik-titik dengan konsentrasi nutrisi yang berlimpah. Selain memperhatikan suhu permukaan laut, diperhatikan juga mengenai arus yang terjadi di titik-titik potensi ikan. Nelayan dalam menangkap ikan tidak menuju pada titik-titik pendugaan tetapi berada di titik potensi keberadaan ikan. Diharapkan dari kajian ini dapat meningkatkan hasil tangkapan ikan, khususnya di Pantai Depok.

DAFTAR PUSTAKA

- Darpono, Agus. (2012). *Pemanfaatan Citra NOAA-AVHRR untuk Penentuan Suhu Permukaan Laut Guna Prediksi Daerah Potensi Penangkapan Ikan*. Jurnal Spectra, X (19), 69-79
- Suwargana, Nana dan Muchlisin Arief. (2004). *Penentuan Suhu Permukaan Laut dan Konsentrasi Klorofil untuk pengembangan Model prediksi SST/ Fishing Ground dengan menggunakan data Modis. Jurnal Penginderaan Jauh dan Pengolahan Citra Digital*, I (1).
- Lasmana, Yudi.-. *Suhu Permukaan Laut dan Hubungannya dengan Hasil Tangkapan Madidihang (Thunnus Albacares) di Perairan Selatan Sulawesi Tenggara*.
- Sudiana, Dodi. (2009). *Klasifikasi Tutupan Awan Menggunakan Data Sensor Satelit NOAA/ AVHRR APT*. Depok: Pada Seminar Intelligent Technology and Its Applications I

PEMODELAN SPASIAL BANJIR ROB DI PESISIR PEKALONGAN DENGAN MEMANFAATKAN DEM DARI ALGORITMA ANUDEM

Trida Ridho Fariz¹, Dwi Fathimah Zahra²

^{1,2}Mahasiswa Jurusan Geografi Fakultas Ilmu Sosial Universitas Negeri Semarang

Email: ¹trfariz@gmail.com, ²dwi.fzahra@gmail.com

*Corresponding author : trfariz@gmail.com

ABSTRAK

Salah satu dampak dari perubahan iklim pada wilayah pesisir adalah banjir rob yang disebabkan oleh meningkatnya muka air laut. Penelitian ini bertujuan untuk 1) Mengetahui wilayah genangan banjir rob di pesisir Pekalongan; 2) Mengetahui luasan penggunaan lahan tergenang banjir rob 3) Memprediksi wilayah genangan banjir rob di pesisir Pekalongan pada tahun 2050 dan 2100 berdasarkan skenario peningkatan muka air laut dari IPCC (2007). Penelitian ini menggunakan data DEM resolusi spasial 10 meter hasil re-interpolasi dari data kontur dari citra DEM SRTM 1 Arc-Second dan data titik ketinggian dari peta RBI. Pemodelan spasial banjir rob didapat dari proses aplikasi *neighbourhood operation* berupa perhitungan raster piksel pada nilai DEM dengan model iterasi. Dan data penggunaan lahan didapat dari interpretasi manual citra satelit Quickbird. Hasil penelitian menunjukkan bahwa wilayah pesisir Pekalongan yang tergenang banjir rob dengan ketinggian 1,136 meter adalah seluas 3013,78 Ha yang meliputi Kecamatan Tirta, Kecamatan Wonokerto, Kecamatan Siwalan, Kecamatan Pekalongan Utara dan sebagian kecil Kecamatan Pekalongan Timur. Wilayah tergenang banjir rob pada pemodelan ini sesuai dengan berita dan data yang ada. Hal itu menunjukkan bahwa DEM hasil re-interpolasi bisa digunakan dalam pembuatan model banjir rob karena dinilai mampu merepresentasikan fitur di wilayah pesisir pekalongan dengan baik. Penggunaan lahan yang terendam antara lain didominasi oleh sawah irigasi 1308,47 Ha wilayah yang terendam. Luasan genangan banjir rob pada tahun 2050 adalah seluas 3174,45 Ha dan menjadi seluas 3292,77 Ha pada tahun 2100.

KATA KUNCI: Banjir Rob, DEM 10m, SRTM 1 Arc-Second, Re-Interpolasi, Pesisir Pekalongan

1. PENDAHULUAN

Fenomena perubahan iklim telah menjadi perhatian utama negara-negara di seluruh dunia saat ini. Walaupun banyak pro kontra dari kalangan para ahli mengenai sebab fenomena perubahan iklim ini, tetapi yang pasti dampak dari perubahan iklim telah kita rasakan sekarang. Salah satu dampak dari perubahan iklim pada wilayah pesisir adalah banjir rob yang disebabkan oleh meningkatnya muka air laut. IPCC (2007) menyebutkan bahwa kenaikan muka air laut di dunia pada Tahun 2100 akan

bertambah sekitar 18 cm sampai dengan 59 cm. Hal ini berarti muka air laut akan meningkat berkisar 0,21 cm/tahun sampai dengan 0,68 cm/tahun, atau dengan rata-rata tinggi sekitar 0,44 cm/tahun.

Wilayah pesisir pekalongan adalah salah satu wilayah pesisir yang terdampak banjir rob. Banjir rob mengakibatkan terendahnya permukiman, fasilitas dan sawah sehingga menyebabkan kerugian materil. Selain itu, banjir rob mengakibatkan tercampurnya air tanah di daerah pantai oleh air laut, sehingga tidak layak pakai untuk kehidupan sehari-hari.

Salah satu upaya yang dilakukan untuk mengurangi dan memperkecil dampak bencana banjir rob adalah dengan mengetahui wilayah genangan banjir rob dan prediksi kedepannya. Hal ini dapat dilakukan melalui pembuatan model spasial genangan banjir rob dari integrasi data penginderaan jauh dan sistem informasi geografis. Pemodelan spasial genangan banjir rob ini bisa dijadikan basis data dalam perencanaan pembangunan wilayah pesisir.

Dalam pembuatan pemodelan spasial banjir rob, faktor ketinggian permukaan bumi suatu wilayah pesisir sangat mempengaruhi tingginya muka air banjir rob. Ketinggian permukaan bumi dipresentasikan dalam bentuk digital atau dikenal dengan DEM (Digital Elevation Model). Data DEM sendiri dapat diperoleh secara gratis, data DEM yang bisa diperoleh secara cuma-cuma salah satunya adalah DEM SRTM Arc second yang merupakan data DEM terbaru dengan resolusi spasial sebesar 30m. Selain itu, data DEM dapat dibuat dari interpolasi data titik ketinggian.

Semakin detail data DEM yang digunakan dalam suatu pemodelan, maka semakin meningkatkan akurasi model. Di Indonesia data DEM yang dapat diperoleh dengan gratis adalah DEM SRTM dengan resolusi spasial 90m dan juga ASTER GDEM dengan resolusi spasial 30m, selain itu pada September 2015 NASA, NGA dan USGS melaunching produk DEM terbaru dengan resolusi 30m secara gratis juga. Data DEM dengan resolusi spasial diatas 30m sangat dibutuhkan dalam analisis bentuk lahan dan kebencanaan, oleh karena itu dilakukan pembuatan DEM dengan resolusi yang lebih detail dengan cara interpolasi ulang data kontur dan titik ketinggian. Data DEM tersebut merupakan data utama dalam pemodelan spasial genangan banjir rob.

Penelitian ini bertujuan untuk 1) Mengetahui wilayah genangan banjir rob di pesisir Pekalongan; 2) Mengetahui luasan penggunaan lahan tergenang banjir rob 3) Memprediksi wilayah genangan banjir rob di pesisir Pekalongan pada tahun 2050 dan 2100 berdasarkan skenario peningkatan muka air laut dari IPCC (2007).

2. LOKASI, DATA DAN METODE PENELITIAN

2.1 Lokasi dan Data Dalam Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Pesisir Pekalongan yang secara administratif terdiri dari Kota Pekalongan dan Kabupaten Pekalongan. Sedangkan data yang digunakan dalam pembuatan model spasial ini adalah data DEM SRTM 1 Arc Second yang diunduh dari <http://earthexplorer.usgs.gov/> dan data titik ketinggian dari peta Rupa Bumi Indonesia (RBI) lembar Blendung, Panjang Wetan dan Pekalongan serta peta penggunaan lahan Provinsi Jawa Tengah.

2.2 Metode

2.2.1 Re-interpolasi DEM

Proses re-interpolasi DEM guna mendapatkan hasil DEM dengan tingkat kedetilan yang lebih baik dengan menggunakan analisis Topo To Raster yang terdapat pada software ArcMap 10.1. Topo To Raster dikembangkan dari program ANUDEM yang dikembangkan oleh Hutchinson (2011). Dalam proses re-interpolasi menggunakan data, antara lain: (1) data garis kontur interval 10 meter hasil ekstraksi DEM SRTM 1 Arc Second, (2) data ketinggian dari hasil digitasi peta Rupabumi Indonesia, (3) data garis pantai dari hasil digitasi peta Rupabumi Indonesia, (4) data jaringan sungai dari hasil digitasi peta Rupabumi Indonesia. Untuk garis pantai diasumsikan memiliki elevasi 0. Untuk sungai yang didigitasi adalah sungai besar antara lain Kali Pekalongan, Kali Banger, Kali Weduri, Kali Pencongan, Kali Bedahan dan Kali Sragi.

2.2.2. Pemetaan Persebaran Genangan Banjir

Pemetaan persebaran genangan banjir rob di pesisir Pekalongan menggunakan operasi ketetanggaan/tetangga terdekat berupa proses iterasi (*iteration*). Proses iterasi dilakukan menggunakan *software* ILWIS 3.3 Academic version. Pemodelan yang dilakukan dalam penelitian ini berbasis data raster (Marfai, 2003; 2004). Perhitungan iterasi dimulai dari perambatan air ke daratan melalui garis pantai. Garis pantai pada peta digunakan sebagai batas antara daratan dan lautan dengan nilai elevasi 0 meter di atas permukaan air laut. Proses perambatan air laut akan berhenti ketika mencapai pada batas elevasi yang ditentukan (Marfai, dkk, 2013:247). Jadi yang merupakan wilayah tergenang banjir rob dalam model spasial ini adalah wilayah pesisir yang memiliki elevasi tak lebih dari tinggi muka air laut. Pemodelan ini tidak memasukkan faktor curah hujan, penurunan tanah, jenis tanah dan penggunaan lahan sebagai parameter penentuan wilayah banjir rob dan juga faktor lain seperti adanya tanggul dan polder.

Proses pemodelan spasial banjir rob ini mirip dengan yang pernah dilakukan oleh Marfa'i dkk (2013) dan juga lokasi penelitiannya. Perbedaan dengan penelitian ini adalah penelitian ini tidak menggunakan DEM dari hasil interpolasi titik ketinggian saja. Tetapi menggunakan data kontur dari ekstraksi DEM SRTM 1 Arc Second, data garis pantai dan data sungai. Data sungai digunakan mengingat bahwa sungai sendiri adalah pintu masuk banjir rob.

2.2.3. Penggunaan Lahan Tergenang Banjir Rob

Untuk mengetahui penggunaan lahan yang tergenang banjir rob adalah dengan melakukan tumpang susun peta genangan banjir rob dengan peta penggunaan lahan. Peta penggunaan lahan yang digunakan adalah peta penggunaan lahan Provinsi Jawa Tengah.

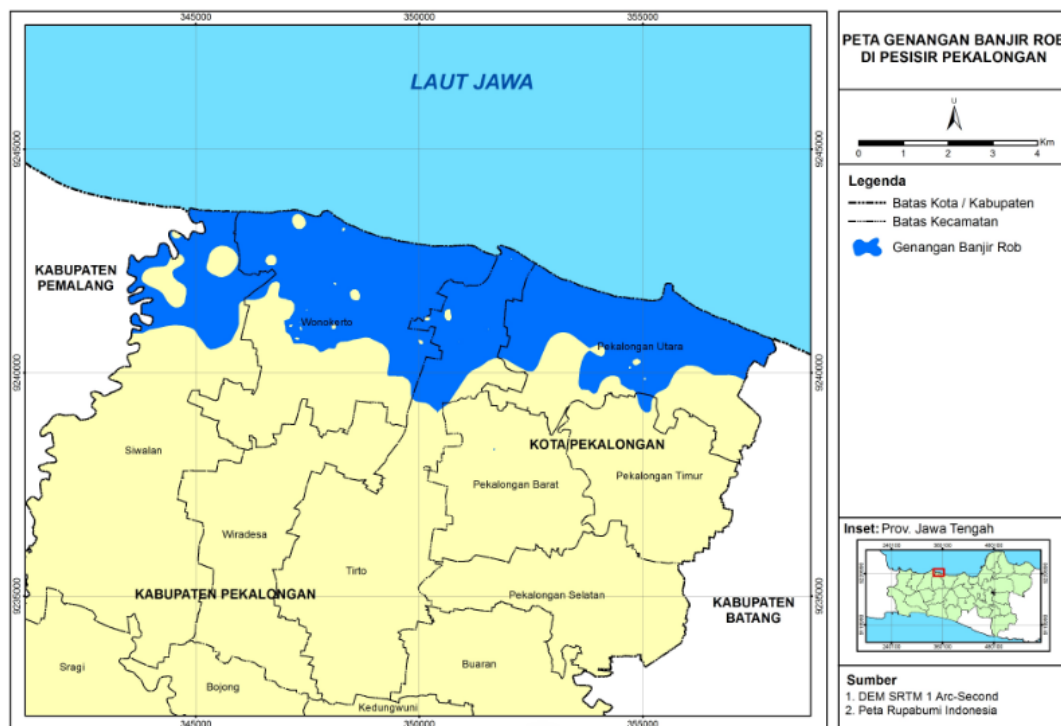
2.2.4. Prediksi Wilayah Tergenang Banjir Rob

Prediksi wilayah genangan banjir rob berdasarkan skenario peningkatan muka air laut dari IPCC (2007) yaitu sebesar 6 mm/tahun. Berdasarkan data Dinas Kelautan dan Perikanan, pasang tertinggi di Pekalongan adalah 1,1 m pada tahun 2009 (Dalam Marfa'i 243:2013). Jadi tinggi muka air laut pada tahun 2050 diprediksi sebesar 1,346 m dan pada tahun 2100 adalah sebesar 1,646 m.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pemodelan Banjir Rob

Pesisir pekalongan merupakan salah satu kawasan pesisir utara pulau jawa yang saat ini selalu menghadapi banjir dan genangan. Pemodelan spasial banjir rob adalah wilayah pesisir yang tergenang banjir rob adalah wilayah dengan elevasi dibawah 1,136 m. Elevasi tersebut didapat berdasarkan skenario peningkatan muka air laut dari IPCC (2007).



Gambar 1. Peta genangan banjir rob di pesisir pekalongan

Berdasarkan Perda Kota Pekalongan No 30 Tahun 2011 tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Kota Pekalongan Tahun 2009-2029 kawasan rawan bencana rob seluas kurang lebih 60 (enam puluh) Ha terdapat disebagian wilayah Kecamatan Pekalongan Utara meliputi Kelurahan Degayu, Kelurahan Krapyak Lor, Kelurahan Pajang Wetan, Kelurahan Panjang Baru, Kelurahan Kandang Panjang dan Kelurahan Pandegaran. Untuk wilayah Kabupaten Pekalongan berdasarkan suaramerdeka.com tanggal 6 April 2015 ada tiga kecamatan yang menjadi daerah langganan banjir rob atau terkena dampak meluapnya air laut. Ketiga kecamatan itu meliputi Kecamatan Tirto, Kecamatan Wonokerto dan Kecamatan Siwalan. Berdasarkan info terbaru dari radartegal.com pada 2 November 2015, beberapa wilayah di pesisir Kabupaten Pekalongan terendam banjir rob walaupun kekeringan masih melanda wilayah tersebut. Salah satunya di Desa Jeruksari, Kecamatan Tirto dengan merendam sekitar 600 rumah di wilayah tersebut.

Wilayah tergenang banjir rob pada pemodelan ini sesuai dengan berita dan data yang ada. Dimana pada Kabupaten Pekalongan pada Kecamatan Tirto, Kecamatan Wonokerto dan Kecamatan Siwalan dan Kota Pekalongan banjir rob melanda Kecamatan Pekalongan Utara dengan jumlah kelurahan yang tergenang sama antara di peta dengan yang tercantum pada Rencana Tata Ruang Wilayah Kota Pekalongan Tahun 2009-2029, walaupun pada peta Kecamatan Pekalongan Timur termasuk wilayah tergenang dan tidak ada data maupun berita yang menyatakan bahwa terdapat genangan pada Kecamatan Pekalongan Timur. Uji validasi dilakukan dengan survey lapangan dan wawancara pada setiap wilayah pesisir kecamatan yang terdampak banjir rob.

Dari hasil uji validasi diketahui bahwa metode ini memiliki akurasi sebesar 85%. Hal itu menunjukkan bahwa DEM hasil re-interpolasi yang digunakan dalam pembuatan model banjir rob mampu merepresentasikan fitur di wilayah pesisir pekalongan dengan baik.

Tabel 1. Wilayah dan luasan banjir rob di pesisir pekalongan

Kota/Kabupaten	Kecamatan	Luas Wilayah (Ha)	Luas Wilayah Rob (Ha)	Persentase (%)	Desa Terdampak
Kota Pekalongan	Pekalongan Timur	995,69	11,28	1,13	Klego
	Pekalongan Utara	1500,87	937,68	62,48	Bandengan, Degayu, Kandang Panjang, Krapyak Kidul, Krapyak Lor, Panjang Baru, Panjang Wetan
Kabupaten Pekalongan	Siwalan	2836,27	448,17	15,80	Blacanan, Boyoteluk, Depok
	Tirto	2124,82	445,03	20,94	Jeruksari, Karangjampo, Mulyorejo, Tegaldowo
	Wonokerto	2000,34	1170,81	58,53	Api-api, Pecakaran, Pesanggrahan, Semut, Sijambe, Tratebang, Wonokertokulon

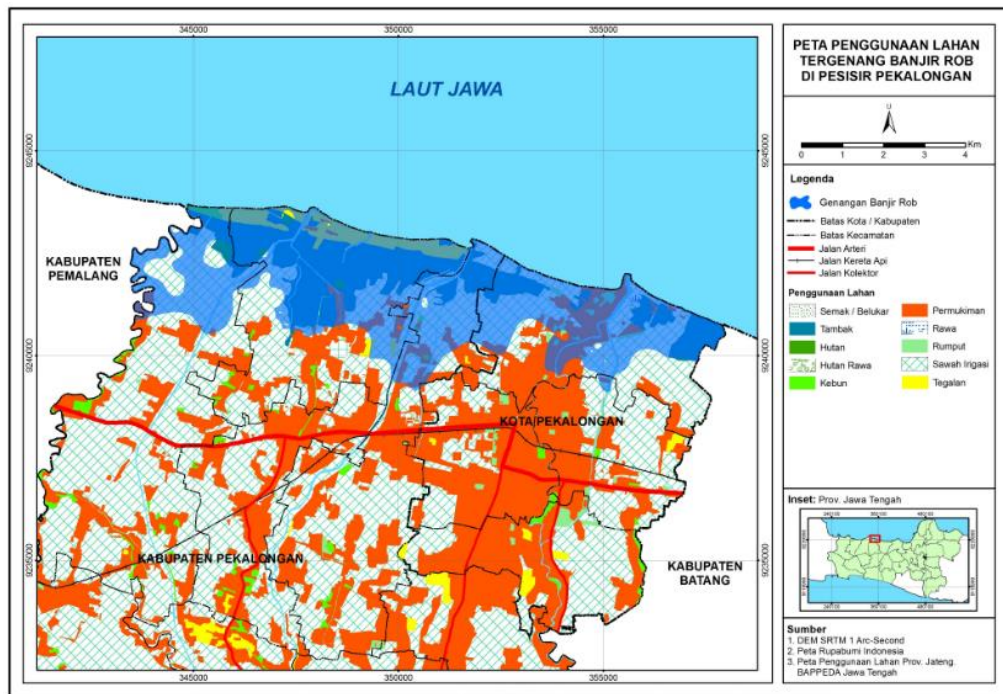
Sumber: Analisis Data, 2015

Berdasarkan Gambar 1 dan Tabel 1 wilayah Kota Pekalongan yang terkena genangan banjir adalah Kecamatan Pekalongan Utara dan Pekalongan Timur, wilayah Kecamatan Pekalongan Timur dengan luas wilayah 995,69 ha telah tergenang banjir rob dengan luas 11,28 ha atau 1,13%. Desa yang terdampak genangan di pekalongan timur hanya Desa Klego dan Kecamatan Pekalongan Utara mempunyai luas 1500,87 Ha dengan wilayah yang tergenang banjir rob seluas 937,68 ha atau 62,48% yang meliputi Desa Bandengan, Desa Degayu, Desa Kandang Panjang, Desa Krapyak Kidul, Desa Krapyak Lor, Desa Panjang Baru dan Desa Panjang Wetan.

Kabupaten pekalongan mempunyai 8 kecamatan dimana dari 8 kecamatan itu terdapat 3 kecamatan yang desanya tergenang oleh banjir rob, ketiga kecamatan itu diantaranya adalah kecamatan wonokerto, tirto dan siwalan. Kecamatan wonokerto dengan luas wilayah 2000,34 ha dan daerah yang tergenang banjir seluas 1170,81 ha atau 58,53% , terdapat 7 desa yang terdampak banjir rob di kecamatan wonokerto yaitu Desa Api-api, Desa Pecakaran, Desa Pesanggrahan, Desa Semut, Desa Sijambe, Desa Tratebang, Desa Wonokertokulon, desa yang terdampak genangan ini berada tepat dipesisir sehingga sering terdampak genangan. Selain dikarenakan lokasi desa yang berada dekat pantai dan memiliki elevasi yang rendah, faktor lain penyebab genangan banjir rob adalah sungai. Kecamatan Tirto adalah Kecamatan dengan jarak genangan banjir rob paling jauh ke daratan. Berdasarkan pengukuran jarak dengan tool measure di Arc Map 10.1, jarak genangan banjir rob di Kecamatan Tirto adalah sekitar 4 Km kearah daratan. Hal ini dikarenakan Kecamatan Tirto diapit oleh 2 (dua) sungai besar yaitu Sungai Meduri dan Sungai Breml.

3.2 Penggunaan Lahan Tergenang Banjir Rob

Berdasarkan Peta Penggunaan Lahan Provinsi Jawa Tengah. Penggunaan lahan di Kota Pekalongan didominasi oleh penggunaan lahan berupa permukiman dengan luas 2156,04 Ha Sedangkan di Kabupaten Pekalongan didominasi oleh penggunaan lahan berupa sawah irigasi dengan luas 26697,05 Ha.



Gambar 2. Peta Penggunaan Lahan Tergenang Banjir Rob

Dari pekalongankab.go.id lahan pertanian di kawasan pesisir Kabupaten Pekalongan di wilayah Kecamatan Tirto, Kecamatan Wonokerto dan Kecamatan Siwalan yang terkena rob semakin luas Tahun 2012 hanya 100 Ha, sedangkan tahun 2013 mencapai 197,5 Ha. Adapun sebarannya berada di tiga kecamatan, meliputi Kecamatan Tirto, Wonokerto dan Siwalan.

Tabel 2. Luasan dan persentase penggunaan lahan tergenang banjir rob

Kota/Kabupaten	Penggunaan Lahan	Luasan PL (Ha)	Luasan PL Tergenang Rob (Ha)	Persentase (%)
Kota Pekalongan	Tambak	215,86	213,47	98,89
	Permukiman	2156,04	218,43	10,13
	Sawah Irigasi	1943,54	447,72	23,04
	Penggunaan Lainnya	78,14	70,16	89,79
	Kebun	35,75	-	0
	Semak Belukar	100,17	-	0
	Tegalan	49,75	-	0
Kabupaten Pekalongan	Tambak	797,54	762,8	95,64
	Permukiman	10438,72	136,36	1,31
	Sawah Irigasi	26697,05	860,75	3,22
	Kebun	22091,59	18,89	0,08
	Tegalan	6074,21	198,23	3,26
	Penggunaan Lainnya	865,66	86,99	10,05
	Semak/Belukar	4406,76	-	0
	Sawah Tadah Hujan	4944,91	-	0
	Hutan	12624,26	-	0

Sumber: Analisis Data, 2015

Berdasarkan Gambar 2 dan Tabel 2 penggunaan lahan berupa tambak adalah penggunaan lahan dengan persentase tertinggi dalam luasan yang terdampak banjir rob. Tambak banyak dijumpai di dekat pantai, budidaya yang dilakukan para petani ini yaitu seperti budidaya bandeng, udang, nila dan lain-lain. Pengembangan perikanan budidaya baik budidaya air payau ataupun air tawar ini menjadi perhatian khusus bagi

pemerintah karena merupakan suatu kebijakan alternatif pengembangan perikanan, hal ini disebabkan karena berdasarkan oss.pekalongankota.go.id dalam 5 tahun terakhir mengalami penurunan produksi dan produktivitas yang signifikan. Penurunan ini dapat dilihat dari jumlah tangkapan ikan sebesar 32.099 ton pada tahun 2006 menjadi 13.689.36 ton pada tahun 2010.

Luas dan presentase penggunaan lahan yang tergenang disajikan dalam Tabel 2 penggunaan lahan yang mengalami genangan paling luas pada Kota dan Kabupaten Pekalongan adalah sawah irigasi dengan luas 447,72 Ha. Genangan banjir rob pada area sawah irigasi dapat berpengaruh terhadap kesuburan tanah dan pertumbuhan tanaman padi yang selanjutnya dampak dari genangan ini akan mempengaruhi penurunan produktivitas pertanian di Kota Pekalongan dan Kabupaten Pekalongan yang pada akhirnya dapat mengancam ketahanan pangan sehingga akan terjadi banyak masalah yang muncul seperti kelaparan, kenaikan harga-harga sembako dan lain-lain.



Gambar 3a. Genangan Banjir pada permukiman di **Gambar 3b.** Genangan Banjir pada permukiman Kel. Krapyak Lor, Kec Pekalongan Utaradi Desa Tegaldowo, Kec. Tirto

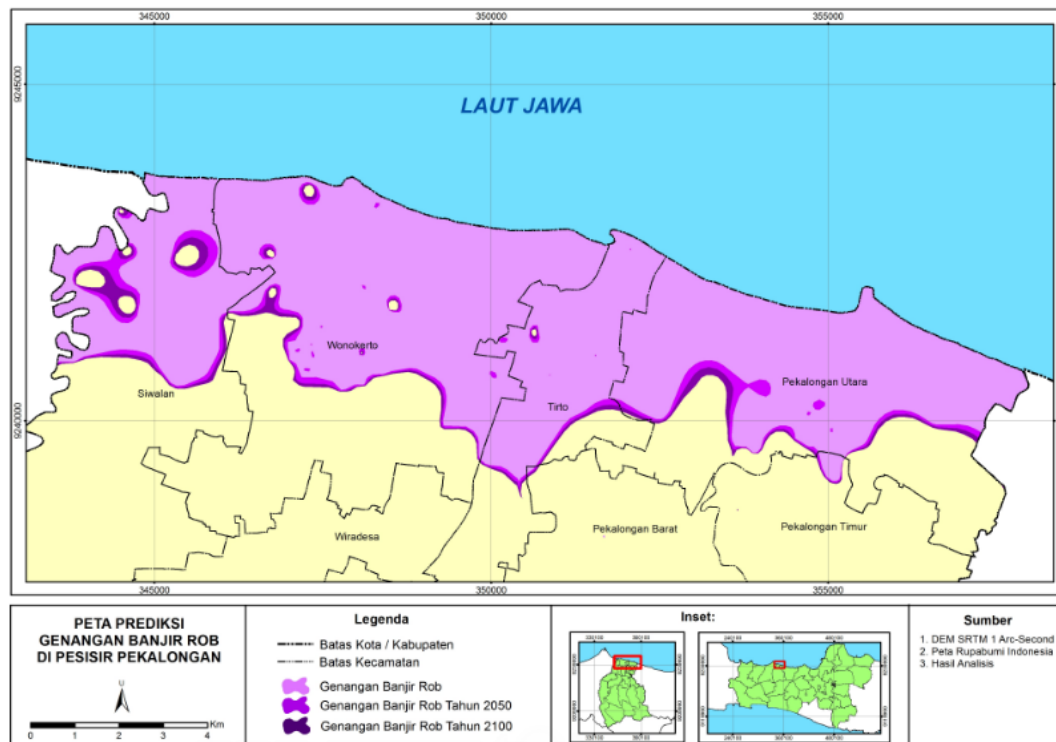


Gambar 4a. Genangan banjir pada permukiman di **Gambar 4b.** Genangan banjir pada sawah di Desa Wonokertokuloon, Kec. WonokertoDesa Depok, Kec. Siwalan

Penggunaan lahan yang memiliki genangan terluas kedua pada Kabupaten Pekalongan adalah penggunaan lahan berupa tegalan dan pada Kota Pekalongan adalah permukiman, akibat dari genangan ini dapat mengganggu aktivitas manusia, memberikan dampak buruk bagi kesehatan dan kebersihan lingkungan akan terjadi banyak penyakit kulit, diare dan demam berdarah yang muncul akibat genangan rob ini.

3.3 Prediksi Wilayah Tergenang Banjir Rob

Seperti dijelaskan sebelumnya bahwa prediksi wilayah tergenang banjir rob pada penelitian ini adalah berdasarkan skenario perubahan iklim dari IPCC(2007). Tinggi muka air laut pada tahun 2050 adalah sebesar 1,346 m dan pada tahun 2100 adalah sebesar 1,646 m. Meningkatnya tinggi muka air laut akan menyebabkan semakin mudahnya air laut masuk ke daratan melalui laut maupun melalui sungai.



Gambar 3. Peta Prediksi Genangan Banjir Rob

Hasil pemodelan banjir rob dengan skenario tinggi muka air laut 1,35 m ini memiliki hasil yang berbeda dengan penelitian Marfa'i dkk (2013) yang dilakukan di Kota Pekalongan. Dalam penelitian ini luasan genangan pada Kota Pekalongan jauh lebih kecil dan juga jarak genangan terjauh hanya 2,94 Km dibandingkan dengan hasil penelitian Marfa'i dkk (2013) yang menunjukkan bahwa jarak genangan terjauh di Kota Pekalongan adalah 4,7 Km.

Tabel 3. Jarak genangan tertinggi banjir rob.

Tahun	Luasan Wilayah Tergenang (Ha)	Jarak Genangan Tertinggi	
		Kota Pekalongan	Kab. Pekalongan
2015	3013,78	Kec. Pekalongan Utara: 2,89 Km	Kec. Tirto: 4,02 Km
2050	3174,45	Kec. Pekalongan Utara: 2,94 Km	Kec. Tirto: 4,10 Km
2100	3292,77	Kec. Pekalongan Utara: 3,01 Km	Kec. Tirto: 4,27 Km

Sumber: Analisis Data, 2015

Untuk mengurangi kerugian akibat banjir rob dapat dengan mengurangi faktor kerentanannya. Mediansyah dan Adjie (2014) ada beberapa cara dalam mitigasi dan mengurangi faktor kerentanan bencana banjir rob pada Kota Surabaya yang mungkin bisa diadopsi pada wilayah Kota dan Kabupaten Pekalongan. Cara-cara tersebut selain penyediaan peta wilayah rawan banjir rob dan penyediaan konsep tata ruang berbasis bencana adalah: membangun tanggul dan pintu air, membangun rumah pompa, penyediaan konsep rumah panggung, pengembangan kawasan hutan bakau, penataan bangunan di sekitar pantai, upaya penataan bangunan di daerah pesisir maupun pinggir sungai, pembentukan organisasi pemerintah dan non pemerintah terkait bencana.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian maka dapat ditarik beberapa kesimpulan, banjir rob di wilayah pesisir Pekalongan adalah 3013,78 Ha. Genangan berada pada Kota Pekalongan meliputi Kecamatan Pekalongan Timur dengan luas wilayah tergenang banjir rob dengan luas 11,28 ha atau 1,13% dari luas kecamatan dan Kecamatan Pekalongan Utara dengan wilayah yang tergenang banjir rob seluas 937,68 ha atau 62,48% dari luas kecamatan. Sedangkan Kabupaten Pekalongan yang terkena banjir rob melanda pada 3 Kecamatan, yaitu:

Kecamatan Wonokerto, Tirto dan Siwalan. Kecamatan Wonokerto dengan luas wilayah yang tergenang banjir seluas 1170,81 ha atau 58,53% , Kecamatan Tirto dengan luas wilayah yang tergenang banjir seluas 445.03 ha atau 20.94% dan Kecamatan Siwalan dengan luas wilayah yang tergenang banjir seluas 448.17 Ha atau 15.80% . Wilayah tergenang banjir rob pada pemodelan ini sesuai dengan berita dan data yang ada dan hasil uji validasi adalah sebesar 85%. Hal itu menunjukkan bahwa DEM hasil re-interpolasi bisa digunakan dalam pembuatan model banjir rob karena dinilai mampu merepresentasikan fitur di wilayah pesisir pekalongan dengan baik. Selain itu penggunaan lahan yang mengalami genangan paling luas pada Kota dan Kabupaten Pekalongan adalah sawah irigasi dengan luas 447,72 ha. Genangan banjir rob pada area sawah irigasi dapat berpengaruh terhadap kesuburan tanah dan pertumbuhan tanaman padi yang selanjutnya dampak dari genangan ini akan mempengaruhi penurunan produktivitas pertanian di Kota Pekalongan dan Kabupaten Pekalongan.

Luasan genangan banjir rob pada tahun 2050 adalah seluas 3174,45 Ha dengan jarak genangan tertinggi adalah pada Kecamatan Tirto yaitu 4,1 Km kearah daratan sedangkan pada tahun 2100 luasan genangan mencapai 3292,77 Ha dengan dengan jarak genangan tertinggi juga pada Kecamatan Tirto dengan 4,27 Km kearah daratan. Untuk mengurangi kerugian akibat banjir rob dapat dengan mengurangi faktor kerentanannya. Pembangunan tanggul dan pintu air serta pengembangan kawasan hutan bakau adalah beberapa contohnya. Oleh karena itu pemodelan spasial prediksi genangan banjir rob bermanfaat dalam memberi rekomendasi dalam menentukan lokasi pembangunan tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- www.berita.suaramerdeka.com/smcetak/rob-diusulkan-masuk-kategori-bencana.html
www.radartegal.com/news/360-rumah-tergenang-rob.html
www.oss.pekalongankota.go.id/index.php/id/data-sda/383-tanikebun.html
- Hutchinson, M.F., Xu, T. and Stein, J.A. (2011). *Recent Progress in the ANUDEM Elevation Gridding Procedure*. <http://geomorphometry.org/>.
- International Panel for Climate Change (IPCC). (2007). *Climate Change 2007: The Physical Science Basis*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Marfai, Muh Aris dkk. (2013). *Pemodelan Spasial Bahaya Banjir Rob Berdasarkan Skenario Perubahan Iklim dan Dampaknya Pada Pesisir Pekalongan*. Jurnal Bumi Lestari, Volume 13 No. 2, Agustus, hlm. 244-256.
- Pemerintah Kota Pekalongan. Peraturan Nomor 30 Tahun 2011 tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Kota Pekalongan Tahun 2009-2029.
- Prawira, Medhiansyah Putra dan Pamungkas, Adjie. *Mitigasi Kawasan Rawan Banjir Rob di Kawasan Pantai Utara Surabaya*. Jurnal Teknik Pomtis Vol. 3, No. 2, (2014) ISSN: 2337-3539 (2301-9271 Print).

KAJIAN KRITERIA PENENTUAN ZONA INTI TAMAN NASIONAL BERBASIS GEOFISIK MENGGUNAKAN TEKNIK PENGINDERAAN JAUH DAN SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS (STUDI KASUS DI TAMAN NASIONAL BOGANI NANI WARTABONE)

Nawir N. Sune

Jurusan Ilmu dan Teknologi Kebumihan Universitas Negeri Gorontalo

Corresponding author: nawirsune@gmail.com

ABSTRAK

Zona inti merupakan salah satu zonasi taman nasional yang mutlak dilindungi dan tidak diperbolehkan perubahan apapun dikarenakan adanya aktivitas manusia. Zona inti dialokasikan untuk memenuhi fungsi perlindungan keterwakilan keanekaragaman hayati yang asli, khas, langka dan atau endemik serta pelestarian plasma nutfah. Olehnya itu penetapannya harus memperhatikan kepentingan ekologis dalam rangka pengelolaan dan pelestarian sumberdaya alam yang berkelanjutan. Penelitian ini bertujuan untuk menyusun kriteria dan indikator penentu zona inti kawasan taman nasional berbasis geofisik dengan menggunakan teknik penginderaan jauh dan Sistem Informasi Geografis (SIG). Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode survei dalam hal pengumpulan dan analisis data yang dilakukan dengan cara integrasi data penginderaan jauh dengan sistem informasi geografis dalam penentuan zona inti taman nasional. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kriteria dan indikator zona Inti taman nasional dapat dihasilkan dari formulasi parameter geofisik yang meliputi ketinggian tempat (E), kemiringan lereng (S), penutupan/ penggunaan lahan (PL), bentuklahan (BL), dan jenis tanah (Jt) di samping parameter biotik (B), dengan persamaan zona inti taman nasional $Z(I) = f(E, S, PL, BL, Jt, B)$. Dengan menggunakan parameter geofisik luas zona inti hasil simulasi memiliki kesamaan atau bertampalan dengan zona inti hasil penetapan sesuai perundang-undangan seluas 168.370,80 ha atau 93,10 %.

KATA KUNCI: Kriteria zona inti, penginderaan jauh, SIG

1. PENDAHULUAN

Zona inti merupakan salah satu zonasi Taman Nasional (TN) yang mutlak dilindungi dan tidak diperbolehkan adanya perubahan apapun dikarenakan adanya aktivitas manusia. Zona inti suatu TN adalah bagian TN yang mempunyai kondisi alam, baik biota maupun fisiknya masih asli dan tidak atau belum diganggu oleh manusia yang mutlak dilindungi, berfungsi untuk melindungi keterwakilan keanekaragaman hayati yang asli dan khas. Kenyataan menunjukkan bahwa di beberapa bagian zona inti TN sudah mulai terganggu oleh aktivitas manusia yang berdampak pada terganggunya fungsi zona inti yang tidak optimal, karena akan mengganggu stabilitas dan kelestarian keanekaragaman hayati dan ekosistem yang terdapat didalam zona inti di kawasan tersebut.

Ada beberapa permasalahan yang mendasar yang perlu diangkat dalam penetapan zonasi kawasan TN khususnya zona inti Taman Nasional Bogani Nani Wartabone (TNBNW) sehingga tidak berfungsi secara optimal yaitu 1) batas antara zona inti dengan zonasi lainnya secara fisik tidak secara tegas di peta maupun di lapangan, karena parameter atau kriteria yang digunakan dalam penentuan batas dalam mendelineasi zonasi kawasan secara fisik sulit dibedakan di lapangan; 2) ketidak jelasan tata batas di beberapa bagian TN zona inti dengan zona lainnya yang sangat imajiner di lapangan berakibat pada pemanfaatan lainnya oleh masyarakat sudah sampai pada kawasan zona inti ; 3) pada beberapa bagian zona inti, tidak dibatasi dengan zona penyangga (*buffer zone*) berupa zona rimba, sehingga sangat resisten terhadap ancaman langsung pada kerusakan zona inti ; 4) kriteria penetapan zona inti sesuai Permenhut No. P.56 tahun 2006, belum mengakomodir karakteristik geofisik lahan, antara lain ketinggian tempat, kemiringan lereng dan yang lainnya, yang secara operasional dapat digunakan sebagai acuan dalam mendelineasi zona inti secara spasial di peta dan mengenalinya di lapangan; 5) kriteria penetapan zona inti kawasan yang sudah ada terkesan harus dilakukan survei lapangan secara terestrial, yang pada gilirannya sangat membutuhkan waktu, tenaga dan biaya yang relatif cukup banyak. Untuk itu perlu dicarikan solusi penetapan parameter dan metode yang lebih operasional, efektif, efisien dan aplikatif untuk memodifikasi kriteria yang telah digunakan dalam penetapan zonasi kawasan.

Adapun yang menjadi tujuan penelitian ini adalah menyusun kriteria dan indikator sebagai penentuan zona inti kawasan TNBNW berbasis geofisik dengan menggunakan teknik penginderaan jauh dan sistem informasi geografis.

2. LOKASI PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan pada TNBNW yang terletak di dua provinsi yaitu Provinsi Gorontalo dan Provinsi Sulawesi Utara, seluas 287.115 ha, terdiri dari 177.115 ha di wilayah Kabupaten Bolaang Mongondow Provinsi Sulawesi Utara dan 110 ha terletak di Kabupaten Bone Bolango Provinsi Gorontalo.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

3. METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode survei dalam hal pengumpulan dan analisis data yang dilakukan dengan cara integrasi data penginderaan jauh dengan sistem informasi geografis, dalam penentuan zona inti taman nasional.

3.1 Variabel Penelitian

Variabel dalam penelitian ini adalah zona inti TN didasarkan pada dua hal, yaitu 1) Parameter geofisik yaitu ketinggian tempat, penutupan/penggunaan lahan, bentuklahan, jenis tanah, kemiringan lereng, dan kerapatan vegetasi dan 2) parameter biotik terdiri atas derajat keanekaragaman yang tinggi, dan terdapat terdapat tumbuhan dan atau satwa langka/endemik.

3.2 Teknik Pengumpulan Data

Data primer, dikumpul berdasarkan pengamatan langsung di lapangan meliputi keberadaan flora dan atau fauna langka/endemik, ketinggian tempat, kemiringan lereng, kerapatan vegetasi, penutupan/ penggunaan lahan, dan bentuklahan. Sedangkan data sekunder berupa penelusuran kepustakaan, hasil-hasil penelitian, hasil pertemuan ilmiah atau seminar maupun melalui internet, juga penyiapan pengadaan peta-peta baik peta dasar maupun peta tematik, citra satelit digital, dan laporan-laporan.

3.3 Analisis Data Penelitian

Analisis spasial zona inti TN dilakukan terhadap parameter geofisik yaitu dengan cara menganalisis data nilai numerik yang tersebar diseluruh kawasan TNBNW dibagi atas dua bagian, yaitu data nilai yang tersebar pada zona inti penetapan (*eksisting*) dan data nilai yang tersebar pada non zona inti penetapan (*eksisting*). Data hasil dari reclass dianalisis statistik dengan menggunakan Microsoft Excel. Hasil analisis dari masing-masing parameter diberi harkat yang sama untuk nilai karakteristik data yang sama yaitu skor (1) untuk nilai yang tertinggi pada setiap parameter dan skor (0) untuk nilai parameter yang terrendah.

Skenario atau Simulasi model dengan menggunakan berbagai parameter-parameter geofisik yaitu ketinggian tempat (E), kemiringan lereng (S), bentuklahan (BL), penutupan/penggunaan lahan (PL), jenis tanah (Jt) dan dikontrol oleh parameter biotik (B). Dalam proses analisis data spasial, menggunakan 4 skenario yaitu:

1. Jika **Model A** = $f(E, S, BL, PL, Jt, B)$, dengan menggunakan formulasi: ("SKOR_DEM" = 1 OR "SKOR_LRNG" = 1) AND ("SKOR_BL" = 1 OR "SKOR_TANAH" = 1 OR "SKOR_PL" = 1) AND "SKOR_TOTAL" ≥ 4 .
2. Jika **Model B** = $f(E, K_v, BL, Jt, B)$, dengan menggunakan formulasi: ("SKOR_KRPTN" = 1 OR "SKOR_LRNG" = 1) AND ("SKOR_BL" = 1 OR "SKR_TANAH" = 1) AND "SKOR_TOTAL" ≥ 3 .

3. Jika **Model C** = $f(S, K_v, BL, J_t, B)$, dengan menggunakan formulasi: (SKOR_KRPTN" = 1 OR SKOR_LRNG" = 1) AND (" SKOR_BL = 1 OR "SKOR_TANAH = 1) AND "SKOR_TOTAL" >= 3.
4. Jika **Model D** = $f(E, S, K_v, BL, J_t, B)$, dengan menggunakan formulasi: ("SKOR_DEM" = 1 OR "SKOR_LRNG" = 1 OR "SKOR_KRPTN" = 1) AND ("SKOR_BL" = 1 OR "SKOR_TANAH" = 1) AND "SKOR_TOTAL" >= 4.

Dalam menentukan model mana yang dipilih dari keempat model yang dihasilkan, maka dilakukan verifikasi, optimasi dengan jarak dari permukiman dengan batas terluar zona inti model (± 2 km) sebagai *buffer* dan validasi model yang dimaksudkan untuk mengetahui tingkat pemenuhan indikator model yang dihasilkan dari segi: 1) luasan zona inti model yang dihasilkan dibandingkan dengan luasan zona inti sesuai perundang-undangan; 2) luasan yang saling bertampalan antara zona inti model dengan zona inti sesuai perundang-undangan; 3) visualisasi kenampakan sebaran piksel hasil pemodelan; dan 4) indikator-indikator yang diperoleh dengan merujuk pada kriteria penentuan zona inti TN sesuai perundang-undangan, serta mempertimbangkan aspek biotik yang diperoleh dari sebaran flora dan atau fauna langkah/endemik.

4. HASIL PENELITIAN

Hasil analisis **Model A** merupakan salah satu alternatif hasil pemodelan spasial zona inti TN dengan parameter geofisik sebagai data masukannya dan dikontrol oleh parameter biotik, sebagaimana disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Perbandingan Luasan Model A Dengan Zona Inti Eksisting TN

Kelas Zonasi	Model A		Zona Inti Eksisting		Zona Inti Bertampalan	
	Luas (ha)	Luas (%)	Luas (ha)	Luas (%)		
Zona Inti	204.903,29	69,45	180.737,86	61,26	Luas (ha)	Luas (%)
Non Zona Inti	90.153,19	30,55	114.318,62	38,74		
Jumlah	295.056,48	100	295.056,48	100		

Sumber: Hasil Analisis

Hasil analisis model A menunjukkan bahwa luas zona inti sebesar 204.903,29 ha atau 69,45 % dari total luas TN, sedangkan seluas 90.153,19 ha atau 30,55 % dari total luas TN merupakan kelas non zona inti. Total Luasan zona inti model yang dihasilkan dari skenario zona inti model A tersebut, bila dibandingkan dengan total luas zona inti TN sesuai perundang-undangan yang sebesar 180.737,86 ha atau 61 %, maka perbedaan keduanya hanya terdapat selisih lebih kurang 24.165,75 ha atau 8,19 %. Artinya luas zona inti hasil model A yang terindikasi lebih luas 8,19 % dibandingkan dengan luas zona inti TN sesuai perundang-undangan. Luasan skenario hasil model A dibandingkan dengan zona inti *eksisting* TN, terdapat pertampalan antara keduanya sebesar 168.370,80 ha atau 93,10 %. Secara spasial sebaran piksel di dalam kawasan TN sebagaimana pada Gambar 2.

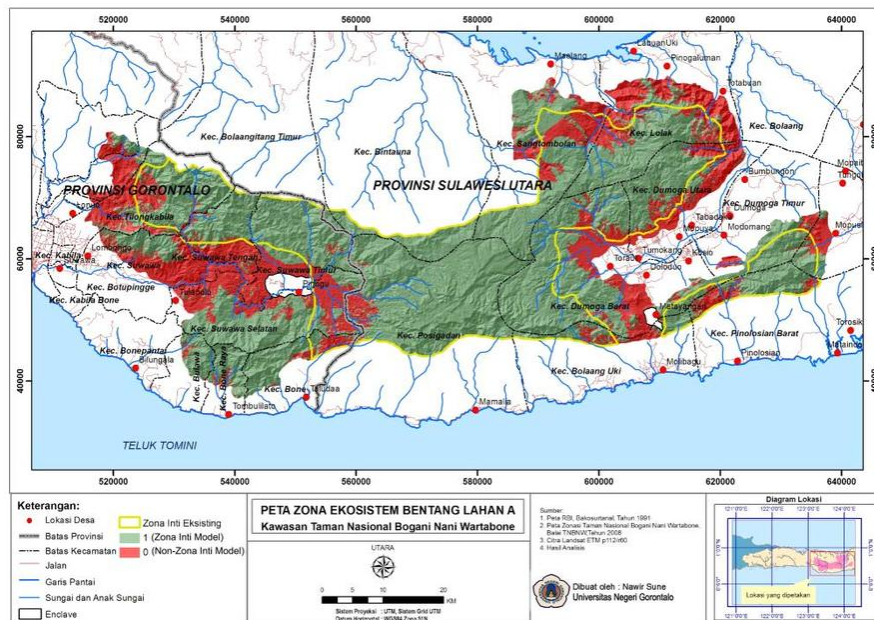
Hasil analisis **Model B** merupakan salah satu alternatif hasil pemodelan spasial zona inti TN dengan parameter geofisik sebagai data masukannya seperti pada Tabel 2.

Tabel 2. Perbandingan Luasan Skenario Model B Dengan Zona Inti Eksisting TN

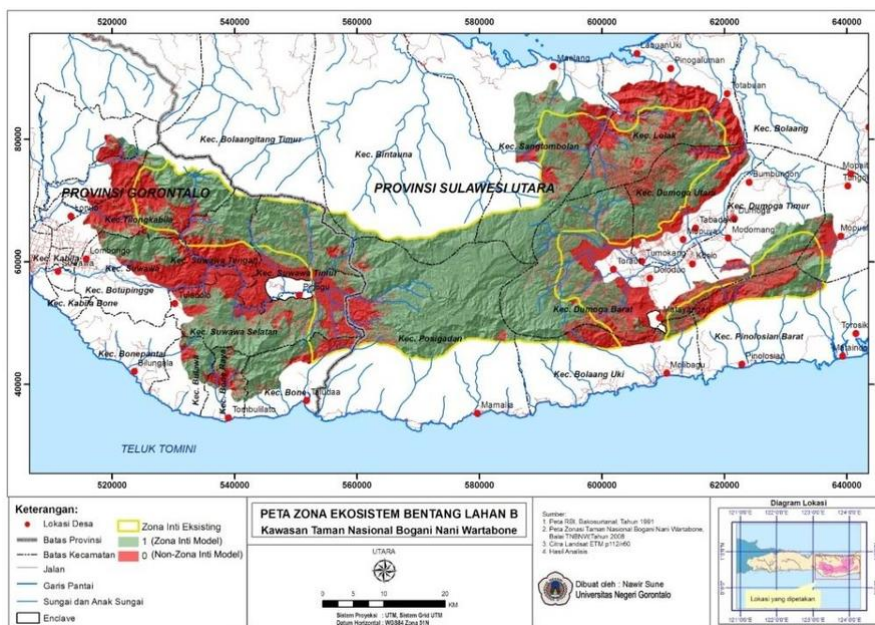
Kelas Zonasi	Model B		Zona Inti Eksisting		Zona Inti Bertampalan	
	Luas (ha)	Luas (%)	Luas (ha)	Luas (%)		
Zona Inti	199.503,05	67,62	180.737,86	61	Luas (ha)	Luas (%)
Non Zona Inti	95.553,43	32,38	114.318,62	39		
Jumlah	295.056,48	100	295.056,48	100		

Sumber: Hasil Analisis

Pada Tabel 2 di atas menunjukkan bahwa luasan hasil skenario model B yang dapat diindikasikan sebagai zona inti model sebesar 199. 503,05 atau 67,62 % dari total luas taman nasional, sedangkan seluas 95.553,43 ha atau 32,38 % dari total luas TN sebagai kelas non zona inti model. Besarnya luasan yang saling bertampalan antara model B dengan zona inti *eksisting* adalah sebesar 156.059,79 ha atau 86,35 % dari total luas total zona inti *eksisting*. Secara spasial sebaran piksel di dalam kawasan TN yang terdapat pada zona inti dan non zona inti model B ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 2. Peta hasil analisis bentang lahan model A



Gambar 3. Peta Hasil Model B Taman Nasional

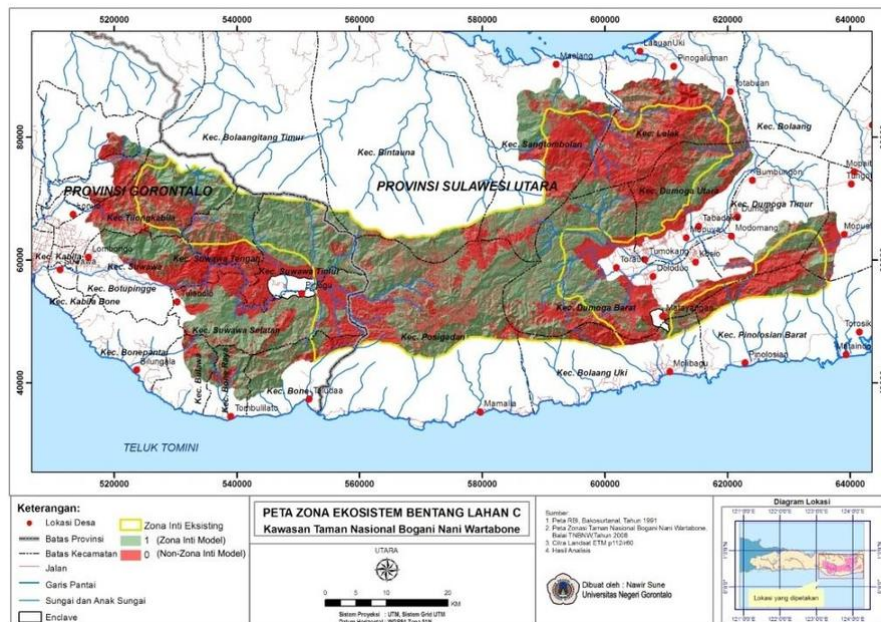
Hasil analisis **Model C**, merupakan salah satu alternatif hasil pemodelan spasial zona inti TN dengan parameter geofisik sebagai data masukannya seperti pada Tabel 3.

Tabel 3. Perbandingan Luasan Skenario Model C Dengan Zona Inti Eksisting TN

Kelas Zonasi	EBL Model C		Zona Inti Eksisting		Zona Inti Bertampalan	
	Luas (ha)	Luas (%)	Luas (ha)	Luas (%)		
Zona Inti	202.478,26	68,62	180.737,86	61	150.0687,08	83,03
Non Zona Inti	92.578,22	31,38	114.318,62	39		
Jumlah	295.056,48	100	295.056,48	100		

Sumber: Hasil Analisis

Tabel 3 menunjukkan bahwa luasan hasil skenario model C yang termasuk pada zona inti model sebesar 202. 478,26 atau 68,62 % dari total luas TN, dan seluas 92.578,22 ha atau 31,38 % dari total luas TN merupakan kelas non zona inti model. Secara spasial ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Peta Hasil Model C Taman Nasional

Total Luasan zona inti model yang dihasilkan dari skenario model C ini, bila dibandingkan dengan total luas zona inti penetapan TN *eksisting* sebesar 180.737,86 ha atau 61 %, maka perbedaan keduanya hanya terdapat selisih lebih kurang 21.740,70 ha atau 7,37 %.. Luasan yang saling bertampalan antara kelas zonasi model C yang dihasilkan dengan zona inti *eksisting* taman nasional hanya sebesar 150.068,08 atau 83,03 %.

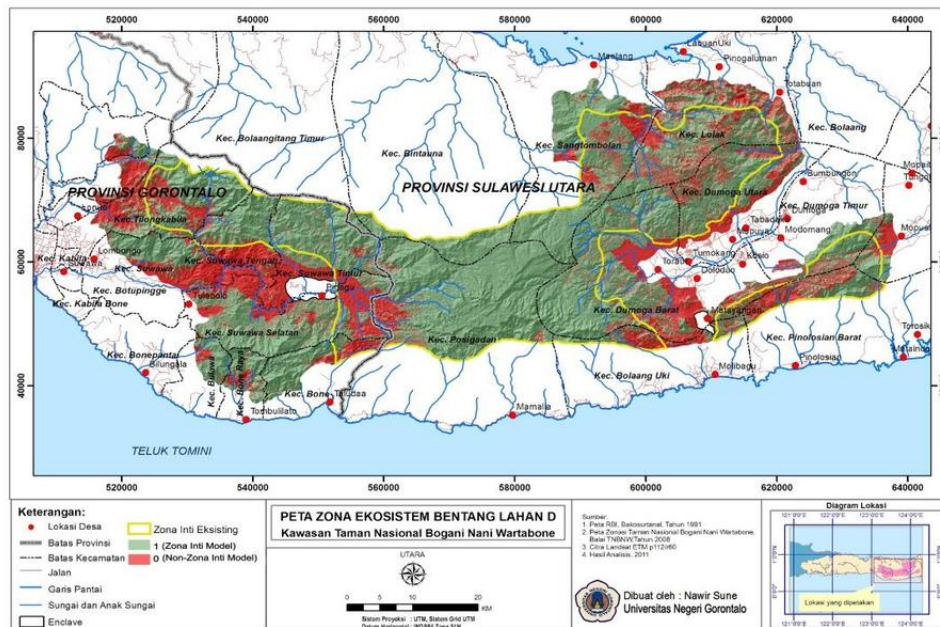
Hasil Analisis **Model D** merupakan salah satu alternatif hasil pemodelan spasial zona inti TN dengan parameter geofisik sebagai data masukannya sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Perbandingan Luasan Skenario Model D dengan Zona Inti Eksisting TN

Kelas Zonasi	Model D		Zona Inti Eksisting		Zona Inti Bertampalan	
	Luas (ha)	Luas (%)	Luas (ha)	Luas (%)		
Zona Inti	191.114,02	64,77	180.737,86	61	136.349,81	75,44
Non Zona Inti	103.942,46	35,23	114.318,62	39		
Jumlah	295.056,48	100	295.056,48	100		

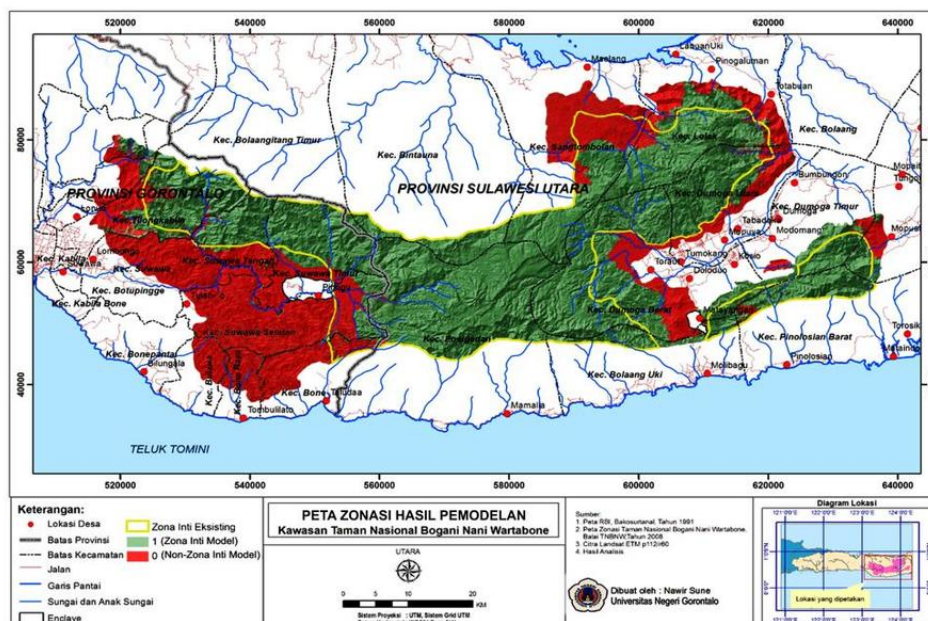
Sumber: Hasil Analisis

Pada Tabel 4 di atas menunjukkan bahwa luasan hasil skenario model D yang dapat diindikasikan sebagai zona inti model sebesar 191.114,02 atau 64,77 % dari total luas TN dan seluas 103.942,46 ha atau 35,23 % dari total luas TN adalah kelas non zona inti model. Luasan yang saling bertampalan antara zona ekosistem bentang lahan model D dengan zona inti *eksisting* taman nasional sebesar 136.349,81 ha atau 75,44 % dari total zona inti eksisting taman nasional. Secara spasial peta hasil model D ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Peta Hasil Model D Taman Nasional

Memperhatikan hasil dari ke empat zona ekosistem bentang lahan pemodelan di atas, maka model A yang perlu dipertimbangkan untuk diverifikasi/ evaluasi lebih lanjut karena: 1) luasan zona inti model A yang dihasilkan lebih luas dibandingkan dengan luasan zona inti *eksisting* TN maupun dengan luasan luasan zona inti hasil model B, C dan model D; 2) luas zona inti hasil dari model A memiliki kesamaan luasan sebesar 168.370,80 Ha atau 93,84 % dengan zona inti *eksisting* TN, sedangkan ketiga model lainnya hanya memiliki kesamaan luas masing-masing yaitu model B sebesar 156.059,79 ha atau 86,35 %, model C sebesar 150.068,08 atau 83,03 % dan model D sebesar 136.349,81 ha atau 75,44 % dengan zona inti *eksisting* TN hasil penetapan sesuai perundang-undangan ; 3) visualisasi kenampakan pada peta sebaran piksel di keempat model yang dihasilkan, maka sebaran piksel pada model A, memperlihatkan pola persebaran piksel yang mengelompok, kompak dan sangat kontras dibandingkan dengan sebaran piksel yang terdapat pada zona ekosistem bentang lahan model , B, C dan model D. Peta model spasial ekologis zona inti taman nasional dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Peta Zonasi Hasil Pemodelan Kawasan Taman Nasional

Visualisasi kenampakan sebaran piksel ini akan memudahkan dalam merezoning kembali kedua batas yang dikategorikan sebagai zona inti dan non zona inti model dan secara teknis memudahkan dalam mengoptimasi untuk dijadikan model spasial zona inti TN. Berdasarkan tiga alasan di atas maka model A yang dipilih sebagai zona ekosistem bentang lahan hasil pemodelan.

Model yang terpilih, selanjutnya divalidasi dengan kriteria penetapan zona inti TN yang terdapat pada Permenhut No. P.56 tahun 2006, maka tersusunlah kriteria dan indikator sebagai penentu model spasial zona inti TN sebagaimana pada Tabel 5 berikut ini.

Tabel 5. Kriteria dan Indikator Penentu Hasil Pemodelan Zona Inti TN

No.	Kriteria	Indikator
1	Mempunyai keanekaragaman jenis tumbuhan dan satwa beserta ekosistemnya	1) derajat keanekaragaman tinggi 2) Terdapat tumbuhan dan satwa Langka
2	Mewakili formasi biota tertentu dan atau unit-unit penyusunnya yang merupakan ciri khas ekosistem dalam kawasan taman nasional yang kondisi fisiknya masih asli dan belum diganggu oleh manusia	1) penutupan lahan hutan lahan kering primer; 2) ketinggian tempat; 3) bentuklahan
3	Mempunyai kondisi alam, baik biota maupun fisiknya yang masih asli dan tidak atau belum diganggu manusia	1) penutupan lahan hutan lahan kering primer; 2) Jaraknya dari permukiman 2 km
4	Mempunyai luas yang cukup dan bentuk tertentu yang cukup untuk menjamin kelangsungan hidup jenis-jenis tertentu untuk menunjang pengelolaan yang efektif dan menjamin berlangsungnya proses ekologis secara alami,	1) bentuklahan; 2) kemiringan lereng lebih besar $\geq 20\%$; 3) penutupan lahan hutan lahan kering primer; 4) jenis tanah
5	Mempunyai ciri khas potensinya dan dapat merupakan contoh yang keberadaannya memerlukan upaya konservasi	1) penutupan lahan hutan lahan kering primer; 2) terdapat tumbuhan atau satwa yang langka/endemik
6	Mempunyai komunitas tumbuhan dan atau satwa liar beserta ekosistemnya yang langka yang keberadaannya terancam punah	1) habitat flora dan atau fauna yang dilindungi, langka/endemik
7	Merupakan habitat satwa dan atau tumbuhan tertentu yang prioritas dan khas/endemik	1) terdapat tumbuhan atau satwa yang langka/endemik; 2) bentuklahan; 3) jenis tanah
8	Merupakan tempat aktivitas bagi satwa migran	1) penutupan lahan hutan lahan kering primer; 2) bentuklahan

Tabel 5 di atas memperlihatkan indikator-indikator yang dapat digunakan dalam pemodelan spasial ekologis zona inti TN. Bila ditelaah lebih jauh, maka terdapat enam parameter utama biogeofisik yang menjadi indikator penentu model zona inti TN yaitu ketinggian tempat, kemiringan lereng, penutupan lahan/ penggunaan lahan, bentuklahan, jenis tanah dan parameter biotik (derjat keanekaragaman hayati dan keberadaan flora dan atau fauna unik, langka/endemik), sedangkan indikator lainnya yang bukan merupakan indikator utama tetapi secara komprehensif dapat bersama-sama memberi kontribusi dalam mengoptimasi model adalah jaraknya dari permukiman ± 2 km. Secara operasional dapat menjadi penentu zona inti taman nasional di lapangan, dengan formula matematis:

$$Z(I) = f(E, S, PL, BL, Jt, B),$$

dimana: $Z(I)$ = zona inti model yang dihasilkan; E = ketinggian; S = kemiringan lereng;

PL = Penutupan/penggunaan lahan; BL = Bentuklahan; Jt = Jenis tanah; B = Biotik .

Hasil analisis peta model spasial ekosistem bentang lahan model A yang terpilih kemudian dilakukan aglomerasi terhadap peta tersebut diperoleh bahwa luasan zona inti yang dihasilkan dari pemodelan spasial ekologis sebesar 204.903,29 ha atau 69,45 % dari total luas Taman Nasional Bogani Nani Wartabone, sedangkan luasan non zona inti 94.154, 47 ha atau 31 % dari total luas TNBNW yang dihasilkan dari pemodelan ini bila dibandingkan dengan luasan zona inti eksisting taman nasional yang hanya sebesar 180.737,93 Ha atau 61 % dari total luas Taman Nasional Bogani Nani Wartabone, maka terjadi peningkatan luas zona inti taman nasional sebesar 24.165, ha atau 8,19 %.

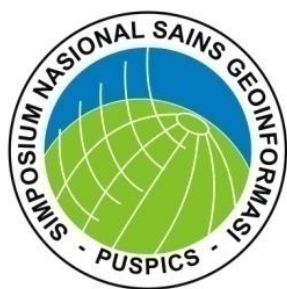
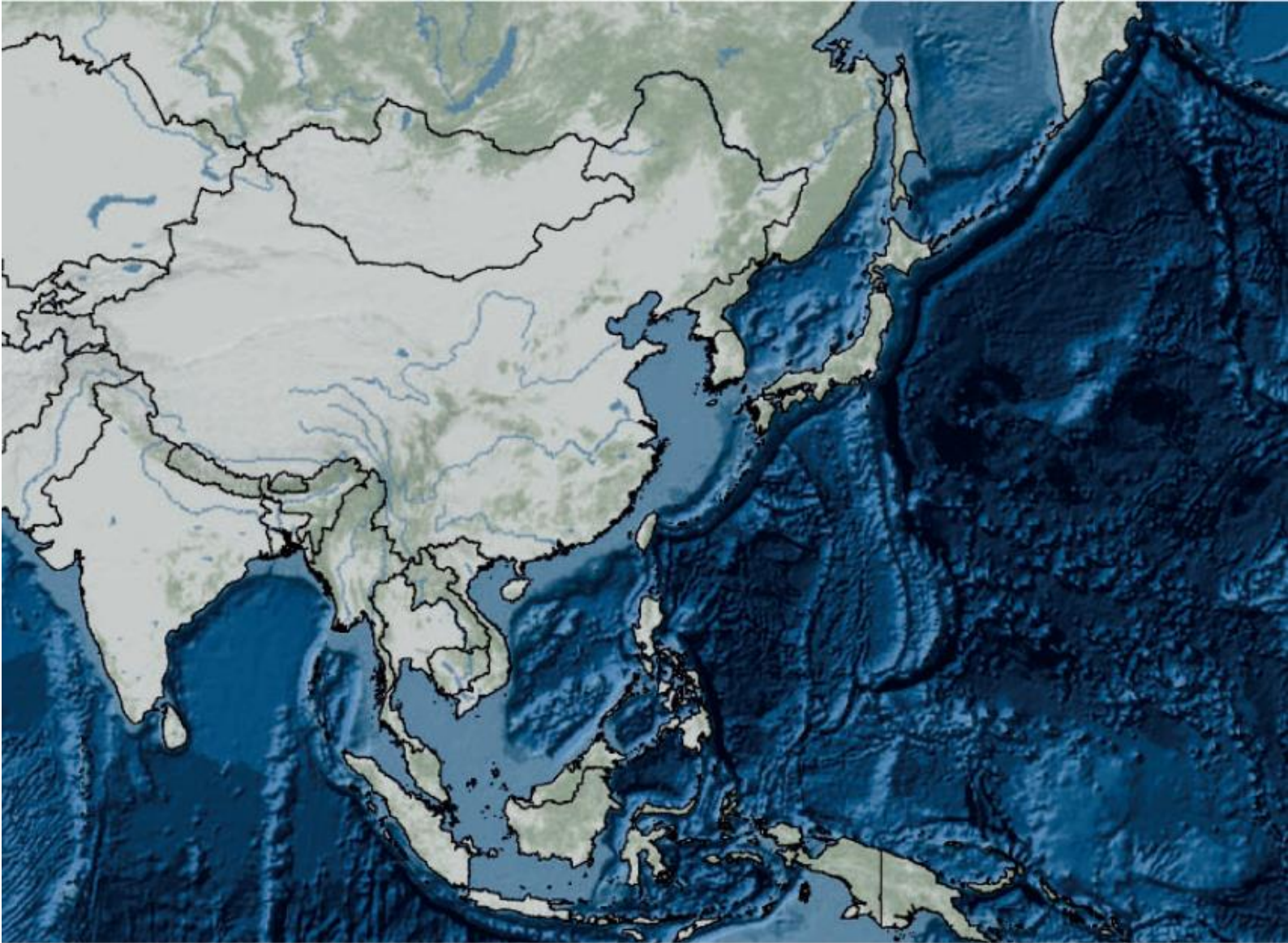
5. KESIMPULAN

Adapun kesimpulan dari penelitian ini sebagai berikut:

1. Model zona inti $Z(I)$ yang dihasilkan dari formulasi parameter biogeofisik yang meliputi ketinggian tempat (E), kemiringan lereng (S), penutupan/ penggunaan lahan (PL), bentuklahan (BL), dan jenis tanah (Jt) yang dilengkapi dengan parameter biotik berupa keanekaragaman hayati dan keberadaan flora dan atau fauna langka /endemik, paling cocok digunakan dalam pemodelan zona inti TN dengan hubungan fungsional $Z(I) = f(E, S, PL, BL, Jt, B)$. Komponen geofisik tersebut merupakan komponen ekosistem bentang lahan yang sesuai dengan syarat dan tempat hidup habitat flora dan atau fauna langka/ endemik, sehingga hal ini dapat menunjang pengelolaan kawasan dan pelestarian sumberdaya alam yang berkelanjutan.
2. Dengan memperhatikan parameter geofisik (ketinggian, lereng, penutupan lahan, bentuklahan dan jenis tanah) yang dikontrol oleh parameter biotik, maka luas zona inti hasil pemodelan memiliki kesamaan luasan sebesar 168.370,80 ha atau 93,84 % dengan zona inti hasil penetapan sesuai perundang-undangan. Terdapat perbedaan luas zona inti hasil pemodelan dengan zona inti *eksisting* sesuai perundang-undangan, yaitu luas zona inti hasil pemodelan sebesar 204.903,29 ha atau 69,45 %, lebih luas bila dibandingkan dengan luas zona inti penetapan sesuai perundang-undangan yang hanya sebesar 180.737,86 ha atau 61 % dari total luas TNBNW. Beda keduanya dapat dimasukkan menjadi bagian integral zona inti.

DAFTAR PUSTAKA

- Bridgewater, P.B. *Landscape Ecology, Geographic Information Systems and Nature Conservation- Landscape Ecology and GIS*. Taylor and Francis Ltd., London (1993)
- Hartono, *Penginderaan Jauh dan Aplikasinya Untuk Sumberdaya dan Lingkungan*. Pidato Pengukuhan Jabatan Guru Besar dalam Ilmu Penginderaan Jauh pada Fakultas Geografi UGM. Yogyakarta (2012)
- Keputusan Menteri Kehutanan No. 731/Kpts/II Tahun 1991. *Tentang Perubahan Fungsi Suaka Marga satwa Dumoga, Suaka Marga satwa Bone dan Cagar Alam Bulawa menjadi Kawasan Taman Nasional Bogani Nani Wartabone*.
- Keputusan Menteri Kehutanan Nomor:P.56/Menhut-II tahun 2006. *Tentang Pedoman Zonasi Taman Nasional*.
- Riyanto, H.D., Paimin, Haryadi B., Purwanto, Supangat A.B., Wuryanto A., Sudimin, Sudirman, Bambang R., Yulianto D.. Laporan, *Kajian Kriteria dan Indikator Penetapan Zonasi Taman Meru Betiri*. Departemen Kehutanan Badan Penelitian dan Pengembangan, BP2TP DAS –Kawasan Barat Indonesia (2004)
- Sugardjito, J., Southwick, C. H., Supriatna, J., Kohlhaas, A., Baker, S., Erwin, J., Froelich, J. and Lerche, N.. Population survey of macaques in northern Sulawesi. *American Journal of Primatology* 18: 285-301 (1989).
- Undang-Undang Nomor 41 Tahun 1999, *tentang Kehutanan*
- Warnata, I.Wayan., Lugrayasa I N., Suja I.M., *Eksplorasi dan Penelitian Flora Pegunungan Gunung Gambuta- Taman Nasional Bogani Nani Wartabone di Pinogu-Suwawa-Gorontalo*, UPT Balai Konservasi Tumbuhan Kebun Raya “Eka Karya”Bali-LIPI (2008).



PUSPICS ©2015