



Editor: Rachma Puspitasari & Suhartati M. Natsir

**Kualitas Lingkungan
untuk Menunjang**

Budi Daya

Biota Laut

di Perairan Lombok Barat

KUALITAS LINGKUNGAN
UNTUK MENUNJANG
BUDI DAYA BIOTA LAUT
DI PERAIRAN LOMBOK BARAT

Dilarang mereproduksi atau memperbanyak seluruh atau sebagian dari buku ini dalam bentuk atau cara apa pun tanpa izin tertulis dari penerbit.

© Hak cipta dilindungi oleh Undang-Undang No. 28 Tahun 2014

All Rights Reserved

KUALITAS LINGKUNGAN
UNTUK MENUNJANG
BUDI DAYA BIOTA LAUT
DI PERAIRAN LOMBOK BARAT

LEMBAGA ILMU PENGETAHUAN INDONESIA
2016

© 2016 Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI)
Pusat Penelitian Oseanografi

Katalog dalam Terbitan (KDT)

Kualitas Lingkungan untuk Menunjang Budi Daya Biota Laut di Perairan Lombok Barat/
Rachma Puspitasari dan Suhartati M. Natsir (Ed.) – Jakarta: LIPI Press, 2016.

xx + 201 hlm., 14,8 x 21 cm

ISBN 978-979-799-865-3

1. Lingkungan

2. Biota Laut

3. Lombok, NTT

177.74 74

<i>Copy editor</i>	: M. Kadapi dan Sarwendah Puspita Dewi
<i>Proofreader</i>	: Risma Wahyu Hartiningsih
Penata Isi	: Erna Rumbiati dan Prapti Sasiwi
Desainer Sampul	: Rusli Fazi
Cetakan Pertama	: Desember 2016



Diterbitkan oleh:

LIPI Press, anggota Ikapi

Jln. Gondangdia Lama 39, Menteng, Jakarta 10350

Telp. (021) 314 0228, 314 6942. Faks. (021) 314 4591

E-mail: press@mail.lipi.go.id

Website: lipipress.lipi.go.id

 LIPI Press

 @lipi_press

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
KATA PENGANTAR.....	xvii

BAB I

KUALITAS LINGKUNGAN UNTUK MENUNJANG BUDI DAYA
BIOTA LAUT DI PERAIRAN LOMBOK

<i>Rachma Puspitasari</i>	1
---------------------------------	---

BAB II

KONDISI OSEANOGRAFI PERAIRAN TELUK KOMBAL DAN TELUK
MEDANA, LOMBOK BARAT-NUSA TENGGARA BARAT (NTB)

<i>Dewi Surinati dan Edi Kusmanto</i>	7
---	---

BAB III

KARAKTERISTIK FISIKA-KIMIA PERAIRAN PESISIR LOMBOK
BARAT, NUSA TENGGARA BARAT (NTB)

<i>Dewi Surinati, Lestari dan Fitri Budiyanto</i>	25
---	----

BAB IV

DISTRIBUSI SENYAWA NITROGEN ANORGANIK DI PERAIRAN
LOMBOK, NUSA TENGGARA BARAT

<i>Hanif Budi Prayitno dan Suci Lastrini</i>	41
--	----

BAB V

KUALITAS PESISIR LOMBOK BARAT DARI SEGI TOKSISITAS,
DALAM KAITANNYA SEBAGAI KAWASAN BUDIDAYA

Rachma Puspitasari dan Triyoni Purbonegoro 55

BAB VI

DISTRIBUSI LOGAM BERAT TERLARUT DI PERAIRAN LOMBOK
BERDASARKAN PERBEDAAN AKTIVITAS ANTROPOGENIK

Fitri Budiyanto 65

BAB VII

KONSENTRASI LOGAM BERAT DALAM SEDIMEN DI PERAIRAN
LOMBOK BARAT

Lestari 81

BAB VIII

KOMPOSISI DAN DISTRIBUSI SEDIMEN DI DASAR LAUT KAITAN-
NYA DENGAN MINERAL DI SEKOTONG DAN LEMBAR, LOMBOK
BARAT, NTB

Yunia Witasari dan Erlangga Herditrianto 97

BAB IX

KONDISI PERAIRAN LOMBOK BARAT DITINJAU DARI INDEKS
FORAM DAN INDEKS AMMONIA-ELPHIDIUM

Ricky Rositasari 121

BAB X

KARAKTERISTIK MAKRO ALGAE BERZAT KAPUR DI PERAIRAN
TANJUNG SIRA LOMBOK-BARAT

Ahmad kadi 137

BAB XI

KOMPOSISI, KELIMPAHAN DAN SEBARAN ZOOPLANKTON DI
PERAIRAN TELUK SEKOTONG, LOMBOK BARAT

Sutomo 153

BAB XII

PENGEMBANGAN KULTUR HIDUP *Skeletonema* sp. YANG DIISOLASI
DARI PERAIRAN LOMBOK, NUSA TENGGARA BARAT, INDONESIA

Diah Radini Noerdjito dan Sutomo 169

BAB XII

CATATAN AKHIR

PENILAIAN KUALITAS LINGKUNGAN PERAIRAN LOMBOK BARAT
SEBAGAI LOKASI BUDIDAYA BIOTA LAUT

Suhartati M Natsir, Ricky Rositasari dan Rachma Puspitasari 183

INDEX 189

GLOSSARY 191

BIODATA EDITOR 199

BIODATA PENULIS 201

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1	Nilai Indeks Polusi	29
Tabel 3.3	Nilai Indeks Pencemaran di Stasiun Penelitian	30
Tabel 3.2	Konsentrasi parameter fisika-kimia perairan Lombok Barat, NTB, April 2012.....	38
Tabel 6.1	Intepretasi nilai indeks polusi.....	75
Tabel 7.1	Konsentrasi logam berat dalam sedimen di perairan Lombok Barat, NTB, April 2012	85
Tabel 7.2	Perbandingan konsentrasi logam berat (mg/kg bobot kering) dalam sedimen di Perairan pesisir Lombok dengan beberapa perairan lainnya di Indonesia	92
Tabel 8.1	Penyebaran mineral di Perairan Lembar dan Sekotong Lombok tahun 2012	113
Tabel 8.2	Mineral yang stabil dan tidak stabil di permukaan bumi (Nelson, 2016).....	114
Tabel 9.1	Formula indeks FoRAM (Ramirez <i>et al.</i> , 2008)	128
Tabel 9.2	Formula indeks A-E (Gupta <i>et al.</i> 1996)	128
Tabel 9.3	Indeks ekologis foraminifera bentik di pesisir Lombok barat.....	129
Tabel 9.4	Pengkatagorian Fatela	130

Tabel 9.5 Jenis foraminifera benthik resen di perairan barat Lombok, 2011	132
Tabel 10.1 Makro algae berzat kapur Paparan Terumbu Karang Pantai Tanjung Sira Perairan Lombok- Nusa Tenggara-Barat	143
Tabel 10.2 Beberapa kandungan kalsium karbonat makro algae berzat kapur (g/m^2) di Paparan Pantai Tanjung Sira Lombok- Nusa Tenggara Barat	149
Tabel 11.1 Komposisi dan kelimpahan zooplankton di perairan Teluk Sekotong, Lombok Barat.....	157
Tabel 11.2 Persentase kepadatan zooplankton di perairan Teluk Sekotong, Lombok Barat.....	157

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Lokasi penelitian 2005-2006, Teluk Kambal dan Teluk Medana, Lombok Barat-NTB	8
Gambar 2.2	Peta kedalaman Teluk Kambal dan Teluk Medana, Lombok Barat-NTB, 2005-2006	9
Gambar 2.3	Lokasi (a) pengukuran karakteristik massa air (stasiun CTD) dan (b) lintasan pengukuran arus dengan ADCP dan Pasang surut.....	10
Gambar 2.4	Seperangkat peralatan pengukur (a) arus (<i>Acoustic Doppler Current Profiler/ADCP</i>), (b) posisi (<i>Global Positioning Sistem/GPS</i>), dan (c) Suhu dan Salinitas (<i>Conductivity Temperature Depth/CTD</i>).....	12
Gambar 2.5	Profil arus perairan Teluk Kambal dan Teluk Medana, Lombok Barat-NTB, Desember 2005	13
Gambar 2.6	Profil arus perairan Teluk Kambal dan Teluk Medana, Lombok Barat-NTB, Februari 2006.....	14
Gambar 2.7	Profil arus perairan Teluk Kambal dan Teluk Medana, Lombok Barat-NTB, April 2006.....	14
Gambar 2.8	(a) Suhu dan (b) Salinitas permukaan perairan Teluk Kambal dan Teluk Medana, Lombok Barat-NTB.....	18

Gambar 2.9	Kondisi Cuaca, pola suhu, salinitas dan pasang surut Teluk Kombal, Lombok Barat, Desember 2005-Februari 2006.....	20
Gambar 3.1	Lokasi penelitian di (a) Teluk Sekotong dan Pelabuhan Lembar dan (b) Teluk Kombal, Lombok, NTB, 2012 ...	27
Gambar 3.2	Grafik Kecerahan, Kekeruhan dan TSS di perairan Pesisir Lombok Barat, NTB, April 2012.....	32
Gambar 3.3	(a) grafik dan (b) sebaran suhu permukaan di perairan Pesisir Lombok Barat, NTB, April 2012.....	33
Gambar 3.4	(a) Grafik dan (b) sebaran Salinitas permukaan di perairan Pesisir Lombok Barat, NTB, April 2012.....	34
Gambar 3.5	(a) Grafik dan (b) sebaran pH di perairan Pesisir Lombok Barat, NTB, April 2012	36
Gambar 3.6	Grafik Oksigen terlarut di perairan Lombok Barat, NTB, April 2012	38
Gambar 4.1	Lokasi pengambilan sampel air laut di Teluk Sekotong dan Pelabuhan Lembar.	44
Gambar 4.2	Lokasi pengambilan sampel air laut di Teluk Kombal	44
Gambar 4.3	Distribusi senyawa nitrit di perairan Teluk Sekotong, Pelabuhan Lembar dan Teluk Kombal.	46
Gambar 4.4	Distribusi senyawa nitrat di perairan Teluk Sekotong, Pelabuhan Lembar dan Teluk Kombal.....	48
Gambar 4.5	Distribusi spasial senyawa nitrat di perairan sekitar Pelabuhan Lembar.....	49
Gambar 4.6	Distribusi senyawa ammonia di perairan Teluk Sekotong, Pelabuhan Lembar dan Teluk Kombal.....	50
Gambar 4.7	Distribusi spasial senyawa ammonia di perairan sekitar Pelabuhan Lembar.....	51
Gambar 5.1	Lokasi penelitian di pesisir Lombok Barat, yaitu daerah Sekotong dan Lembar.	58

Gambar 5.2	Respon fitoplankton <i>C.gracilis</i> terhadap pemaparan sedimen yang diambil dari tiap stasiun. Respon fitoplankton dapat berupa stimulasi pertumbuhan (nilai positif) maupun penghambatan pertumbuhan (nilai negatif) dari <i>C.gracilis</i>	60
Gambar 5.3	Jumlah sel <i>C.gracilis</i> hasil pemaparan sedimen Lombok Barat. Sebagian besar menunjukkan peningkatan pertumbuhan dibanding kontrolnya.	60
Gambar 6.1	Area pengambilan sampel air laut di Teluk Sekotong dan Pelabuhan Lembar.	68
Gambar 6.2	Distribusi Hg terlarut di Teluk Sekotong dan Pelabuhan Lembar.	70
Gambar 6.3	Distribusi kadmium terlarut di Teluk Sekotong dan Pelabuhan Lembar.	72
Gambar 6.4	Distribusi Pb terlarut di Teluk Sekotong dan Pelabuhan Lembar.	74
Gambar 6.5	Indeks polusi di Teluk Sekotong dan Pelabuhan Lembar.	76
Gambar 7.1a	Lokasi penelitian di Teluk Sekotong dan Pelabuhan Lembar, Lombok Barat, NTB, 2012.	83
Gambar 7.1b	Lokasi penelitian di Teluk Kombal dan Gili Air, Lombok Barat, NTB, 2012.	83
Gambar 7.2a	Grafik konsentrasi logam berat Hg, Cd dan Cu (mg/kg) dalam sedimen permukaan di perairan Lombok Barat, NTB, 2012.	89
Gambar 7.2b	Grafik konsentrasi logam berat Ni, Pb dan Zn (mg/kg) dalam sedimen permukaan di perairan Lombok Barat, NTB, 2012.	90
Gambar 8.1	Peta lokasi penelitian dan titik stasiun pengamatan (Herditrianto, 2014) 7.	100
Gambar 8.2	Diagram Shepard (Shepard1954)	101
Gambar 8.3	Perbandingan Komposisi Fragmen di kedua Perairan ..	103

Gambar 8.4	Peta Sebaran Pasir	108
Gambar 8.5	Peta Sebaran Lumpur	109
Gambar 8.6	Perbandingan komposisi fragmen dan ukuran butir Perairan Sekotong	110
Gambar 8.7	Perbandingan komposisi fragmen dan ukuran butir Perairan Lembar	112
Gambar 8.8	Urutan pembentukan mineral dalam pembekuan magma menurut skema Bowen yang mempengaruhi kedewasaan mineral	114
Gambar 8.9	Tekstur sedimen yang terpilah buruk dan baik yang menunjukkan mekanisme transportasi (Nelson, 2016) .	115
Gambar 9.1	Lokasi penelitian, di pesisir Sekotong, Lembar dan Kombal, Lombok barat	123
Gambar 9.2	Sedimen dasar perairan pesisir barat Lombok	125
Gambar 9.3	Foraminifera bentik dari perairan dangkal Sekotong, Lembar dan Kombal, Lombok barat	126
Gambar 9.4	Dendogram berdasarkan indeks kesamaan Horn pada komunitas foraminifera bentik di perairan Sekotong, Lembar dan Kombal, Lombok	132
Gambar 10.1	Peta Perairan Pantai Tanjung Sira, Lombok-Barat	139
Gambar 10.2	Habitat makro algae berzat kapur di rataan terumbu karang Pantai Tanjung Sira Lombok-Barat (Magruder & Jeffrey, 1979).....	142
Gambar 10.3	Struktur kimia kalsium karbonat (Kongwe, J., 2006) ..	145
Gambar 10.4	Halimeda macroloba.....	146
Gambar 10.5	Padina australis	146
Gambar 10.6	<i>Corallina sp.</i> (Kerak)	147
Gambar 10.7	<i>Peysonnalia rubra</i>	147
Gambar 11.1	Lokasi stasiun pengambilan sampel zooplankton di perairan Teluk Sekotong, Lombok Barat	156

Gambar 11.2	Persentase komposisi zooplankton di perairan Teluk Sekotong, Lombok Barat	158
Gambar 11.3	Kelimpahan zooplankton pada setiap stasiun di perairan Teluk Sekotong, Lombok Barat	160
Gambar 11.4	Parameter fisika-kimia di perairan Teluk Sekotong, Lombok Barat	164
Gambar 12.1a	Pembuatan mikropipet dari pipet Pasteur; b Isolasi mikroalga menggunakan mikropipet dari pipet Pasteur	173
Gambar 12.2a	Sel <i>Skeletonema</i> sp.	174
Gambar 12.2b	Kultur <i>Skeletonema</i> sp. Isolat Lombok.....	174
Gambar 12.3	Kurva pertumbuhan <i>Skeletonema</i> sp. Isolat Lombok dan perbandingannya dengan kurva pertumbuhan <i>Skeletonema</i> sp. yang berasal dari daerah lain di Indonesia.....	174
Gambar 12.4	Produksi biomassa <i>Skeletonema</i> sp. Isolat Lombok dibandingkan dengan produksi biomassa <i>Skeletonema</i> sp. yang berasal dari daerah lain di Indonesia	176
Gambar 12.5	Kandungan lipid <i>Skeletonema</i> sp. Isolat Lombok dan perbandingannya dengan kandungan lipid <i>Skeletonema</i> sp. yang berasal dari daerah lain di Indonesia	178
Gambar 12.6	Persentase lipid terhadap biomassa <i>Skeletonema</i> sp. isolat Lombok dan persentase lipid terhadap biomassa <i>Skeletonema</i> sp. yang berasal dari daerah lain di Indonesia	178

KATA PENGANTAR

Dalam Masterplan Percepatan Perluasan Pembangunan Ekonomi Indonesia (MP3EI), pemerintah mencanangkan enam pusat pertumbuhan atau koridor ekonomi untuk meningkatkan pembangunan ekonomi di wilayah Sumatra, Jawa, Kalimantan, Sulawesi, Bali-Nusa Tenggara, dan Papua-Kepulauan Maluku. Kata kunci dari MP3EI yang diluncurkan pada 2011 adalah 'konektivitas' sehingga sektor utama yang terlibat dalam rencana induk ini adalah sektor kelautan. Rencana induk tersebut mengidentifikasi delapan program utama sebagai fokus pembangunan, yaitu pertanian, pertambangan, energi, kelautan, industri, pariwisata, telekomunikasi, dan pengembangan kawasan strategis.

Dengan tujuan mendukung penerapan rencana induk tersebut, pada tahun 2012 kami melaksanakan kajian kualitas lingkungan untuk menunjang budi daya biota laut di perairan Lombok Barat untuk digunakan sebagai *baseline* data dalam kegiatan pemantauan selanjutnya. *Baseline* data tentang status kesehatan perairan ini diharapkan dapat menunjang program-program yang berhubungan dengan perikanan laut, pariwisata, pertambangan, dan pengembangan kawasan strategis. Kompleksitas hubungan timbal balik antara sektor perikanan dan pariwisata dengan pengembangan sektor pertambangan

dan pengembangan kawasan strategis menjadi fokus perhatian dari kajian kesehatan perairan yang kami laksanakan di perairan pesisir barat Lombok pada 2012. Sehubungan dengan hal tersebut, besar harapan kami bunga rampai berjudul *Kualitas Lingkungan untuk Menunjang Budi Daya Biota Laut di Perairan Lombok* ini dapat dimanfaatkan oleh pihak-pihak terkait.

Penelitian ini didanai oleh Kegiatan Program Insentif Riset Peneliti dan Perakayasa LIPI tahun anggaran 2012. Kelancaran pelaksanaan kegiatan ini tidak terlepas dari dukungan Kepala Pusat Penelitian Oseanografi dan Deputi Kebumihan LIPI.

Jakarta, Februari 2016

Editor

BABI

PROLOG : KUALITAS LINGKUNGAN UNTUK MENUNJANG BUDI DAYA BIOTA LAUT DI PERAIRAN LOMBOK BARAT

Indonesia sebagai poros maritim dunia memiliki potensi sumber daya alam yang sangat besar. Wilayah pesisir di seluruh kawasan Indonesia dimanfaatkan sesuai dengan potensinya masing-masing. Sebagian pesisir berkembang menjadi kawasan pelabuhan dan lalu lintas barang antarpulau sedangkan sebagian pesisir lainnya berkembang pada sektor perikanan, baik perikanan tangkap maupun budi daya. Pengembangan sektor budi daya lebih berkembang di kawasan Indonesia tengah dan Indonesia timur. Sebagian faktor penyebabnya adalah kondisi kualitas lingkungan perairan yang relatif lebih baik dibandingkan dengan perairan Indonesia barat. Tak dapat dimungkiri bahwa laju pertumbuhan penduduk membawa tekanan negatif pada lingkungan pesisir Indonesia.

Salah satu kawasan penyangga untuk pengembangan budi daya di Indonesia tengah adalah Provinsi Nusa Tenggara Barat (NTB). Provinsi NTB memiliki dua pulau induk, yaitu Pulau Lombok dan Pulau Sumbawa serta 278 pulau-pulau kecil di sekitarnya. NTB memiliki wilayah perairan laut yang cukup luas, yaitu sekitar 29.159 km² dengan panjang garis pantai 2.333 km. Wilayah NTB pada umumnya masih alami dengan perairan yang bersih, tingkat kecerahan air laut tinggi, dan memiliki banyak teluk yang terlindung dari angin dan

gelombang. Oleh karena itu, provinsi ini mempunyai potensi yang besar sebagai daerah pengembangan budi daya laut, seperti kerang mutiara, ikan kerapu, udang lobster, abalon, teripang, dan jenis-jenis biota laut bernilai ekonomis lainnya (Setyono, 2010). Aunurohim (2013) menyebutkan bahwa Sekotong merupakan salah satu tempat pengembangan budi daya kerang mutiara, yang merupakan komoditas unggulan Indonesia, dengan rata-rata produksi 600 kg/tahun.

Kawasan penting di Pulau Lombok salah satunya adalah pesisir Lombok bagian barat. Di wilayah ini terdapat Pelabuhan Lembar yang berbatasan dengan Sekotong. Luas perairan di Kabupaten Lombok Barat adalah 1.382,4 km², dengan panjang garis pantai 1.063,92 km². Potensi hutan mangrove yang dimiliki Sekotong adalah seluas 307,67 ha dengan perincian 302,67 ha dalam kondisi baik dan 5,06 ha dalam tahap rehabilitasi. Potensi lain yang dimiliki oleh daerah ini adalah ekosistem padang lamun seluas 499,84 ha, rumput laut sekitar 5 ha, dan terumbu karang 6.249,59 ha, dengan perincian terumbu karang dalam kondisi baik sekitar 1.070,08 ha, rusak ringan 1.510,7 ha, dan kondisi rusak berat 3.713,81 ha. Selain itu, potensi perikanan tangkap dan budi daya juga berkembang baik. Inventarisasi oleh Dinas Kelautan dan Perikanan pada 2014 menyatakan bahwa kawasan budi daya mutiara seluas 2.294 ha, kerapu, lobster, dan biota lainnya seluas 0,4444 ha, dan rumput laut seluas 9.944,25 ha.

Keberhasilan pengembangan usaha budi daya laut sangat ditentukan oleh penentuan lokasi yang tepat dan layak sebagai tempat budi daya. Ketepatan pemilihan lokasi sangat dipengaruhi dan ditentukan oleh hasil kajian kondisi kualitas perairan dan potensi sumber daya laut yang tersedia sebagai penunjang keberhasilan budi daya (Afan, 2010). Kondisi kualitas perairan untuk usaha budi daya biota laut harus mempertimbangkan banyak faktor, di antaranya kondisi fisiko-kimia, aspek kontaminasi dari cemaran logam berat ataupun organik, aspek sumber daya hayati seperti kelimpahan organisme

dan faktor lainnya. Semua faktor tersebut membentuk suatu daya dukung lingkungan yang menentukan apakah suatu lokasi cocok dikembangkan sebagai lokasi budi daya atau tidak.

Indonesia belum memiliki acuan khusus untuk budi daya di wilayah laut. Namun, Aunurohim (2013) menyebutkan bahwa ada beberapa syarat dalam menentukan lokasi budi daya laut, antara lain (1) terletak di perairan yang tenang dan terlindung dari pengaruh angin musim, gerakan arus, dan gelombang yang besar; (2) terbebas dari kemungkinan adanya pencemaran, baik yang diakibatkan buangan sampah/kotoran kota maupun buangan industri; (3) terbebas dari lalu lintas kapal atau penempatan wadah budi daya tidak mengganggu alur pelayaran; dan (4) penempatan wadah budi daya tidak akan menimbulkan konflik dengan alat tangkap lain yang sudah ada. Namun, syarat-syarat tersebut bersifat umum dan tidak menjelaskan secara spesifik parameter-parameter kualitas lingkungan fisik dan kimia. Oleh karena itu, dalam tulisan ini digunakanlah acuan dari Menteri Negara Lingkungan Hidup tahun 2004 yang menjelaskan persyaratan baku mutu air laut untuk biota laut. Acuan ini menyatakan bahwa nilai baku mutu air laut untuk biota laut untuk parameter fisika antara lain suhu 28–32°C, padatan tersuspensi total <20 mg/l, kekeruhan <5 NTU, sedangkan untuk parameter kimia meliputi pH sekitar 7–8,5, oksigen terlarut >5 mg/l, salinitas 33–34 ppt, nitrat 0,008 mg/l, amonia 0,3 mg/l, merkuri 0,001 mg/l, kadmium 0,001 mg/l, dan timbal 0,008 mg/l.

Lombok, sebagai salah satu kawasan budi daya berkelanjutan di Indonesia, memerlukan monitoring kualitas perairan yang menyeluruh. Faktor-faktor yang mendukung keberhasilan budi daya seperti ketersediaan pakan alami misalnya kelimpahan fitoplankton, kandungan kontaminan logam, dan analisis kondisi kesehatan sedimen memerlukan pembuktian melalui penelitian. Oleh karena itu, buku ini dikemas secara sederhana untuk memberikan gambaran

mengenai kondisi lingkungan perairan Lombok dalam menunjang kegiatan budi daya di Lombok. Informasi awal yang ada diharapkan dapat dimanfaatkan oleh pemerintah daerah setempat dan pemangku kepentingan lainnya untuk pengembangan kawasan budi daya di Lombok.

Ringkasan setiap bab dari buku ini disajikan sebagai berikut: paparan mengenai kondisi oseanografi di perairan Teluk Komba dan Teluk Medana disajikan dalam Bab II. Secara spesifik, Bab III membahas karakteristik fisika-kimia, seperti suhu, kekeruhan (turbiditas), kecerahan (*clarity*), total padatan tersuspensi (TSS), salinitas, pH, dan oksigen terlarut (DO). Analisis mengenai konsentrasi nitrat, nitrit, dan amonia di Perairan Lombok dibahas tuntas dalam Bab IV. Parameter ini menjamin kelayakan budi daya perikanan. Bab V–VII difokuskan pada aspek kualitas air laut dan sedimen ditinjau dari segi kandungan logam berat terlarut, logam pada sedimen, dan aspek toksisitasnya terhadap biota. Tidak dapat dimungkiri bahwa kegiatan pelabuhan, industri, dan pertambangan menjadi penyumbang turunnya kualitas perairan untuk budi daya. Komposisi dan distribusi sedimen dasar laut yang berkaitan dengan mineral di Sekotong dan Lembar disajikan secara detail dalam Bab VIII. Bab ini menguraikan karakteristik dasar perairan serta asal muasal sedimentasi yang terjadi di Sekotong dan Lembar. Bab IX lebih menekankan pada analisis kualitas sedimen menurut indeks foram dan indeks Ammonia-Elphidium. Analisis pada Bab X–XII difokuskan pada aspek sumber daya laut yang mendukung rantai makanan, seperti kelimpahan makroalga yang mengandung kapur, zooplankton, dan fitoplankton.

Bagian akhir buku menekankan pada indikasi perairan Lombok sebagai perairan tercemar ringan, khususnya pada parameter Hg dan Zn yang melebihi konsentrasi alaminya. Adapun kualitas sedimen masih tergolong baik karena masih mendukung pertumbuhan fitoplankton sebagai produsen perairan. Selain itu, keberhasilan mengul-

tur enam isolat mikroalga strain Lombok Barat di laboratorium juga membuka peluang untuk pengembangan pakan alami. Secara umum, ada dua hal yang ingin ditekankan dalam buku ini. *Pertama* adalah menunjukkan bahwa potensi pengembangan budi daya di daerah Lombok masih sangatlah besar dan dapat dikembangkan sebagai sumber daya pesisir. *Kedua* adalah meningkatkan kesadaran masyarakat untuk menjaga kesehatan lingkungan pesisir agar dapat dimanfaatkan secara berkelanjutan karena begitu banyak ancaman kerusakan dari berbagai aktivitas, seperti pelabuhan dan penambangan.

DAFTAR PUSTAKA

- Affan, J. M. (2010). Analisis potensi sumber daya laut dan kualitas perairan berdasarkan parameter fisika dan kimia di Pantai Timur Kabupaten Bangka Tengah. *Spektra* 10(2): 99–113.
- Aunurohim, F. (2013). Kajian komposisi fitoplankton dan hubungannya dengan lokasi budi daya kerang mutiara (*Pinctada Maxima*) di Perairan Sekotong, Nusa Tenggara Barat. *Jurnal Teknik Pomits*, 2(1): 1–6.
- Kementerian Lingkungan Hidup Republik Indonesia. (2004). Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 51 Tahun 2004 tentang Baku Mutu Air Laut. *Himpunan Peraturan di Bidang Pengelolaan Lingkungan Hidup dan Penegakan Hukum Lingkungan*. Jakarta. Hlm. 823–831.
- Dinas Kelautan dan Perikanan. (2014). *Laporan tahunan*. Dinas Kelautan dan Perikanan.
- Setyono, D. E. (2010). Potensi pengelolaan dan pemanfaatan kawasan pesisir dan pulau-pulau kecil di Provinsi Nusa Tenggara Barat. *Pidato Ilmiah*. Disampaikan pada Acara Wisuda Sarjana XXIII Universitas 45 Mataram. Rabu, 29 Desember 2010.

BAB II

KONDISI OSEANOGRAFI PERAIRAN TELUK KOMBAL, LOMBOK BARAT, NUSA TENGGARA BARAT (NTB)

2.1 PENDAHULUAN

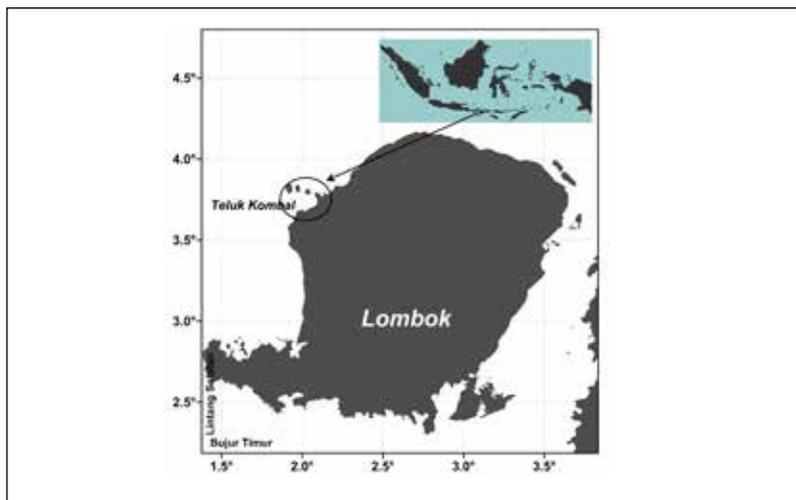
Arus lintas Indonesia (arlindo) atau ITF (*Indonesian throughflow*) yaitu suatu sistem arus di perairan Indonesia yang menghubungkan Samudra Pasifik dengan Samudra Hindia dan melewati perairan Indonesia (Wyrcki, 1961). Gaya penggerak arlindo karena bertiupnya angin pasat tenggara di bagian selatan Pasifik dari wilayah Indonesia. Angin mendorong massa air laut sehingga terjadi penumpukan di Pasifik Barat. Akibatnya terjadi *slope* muka laut antara Pasifik Barat dengan Samudra Hindia bagian timur. Gradien tekanan inilah yang mengakibatkan mengalirnya arus dari Samudra Pasifik ke Samudra Hindia (Wyrcki, 1987). Ketika melewati perairan Indonesia, maka massa air arlindo akan bercampur dengan massa air lainnya sehingga terjadi percampuran massa air dari dua samudra yang berbeda.

Lombok merupakan salah satu pulau yang terletak di sebelah timur wilayah Indonesia yang merupakan bagian dari provinsi Nusa Tenggara Barat. Lombok memiliki selat yang dinamakan dengan Selat Lombok. Letaknya di sebelah barat dari pulau Lombok dan diapit oleh Pulau Bali dan Pulau Lombok itu sendiri. Selat Lombok diketahui merupakan salah satu jalur yang dilalui oleh arlindo. Hal

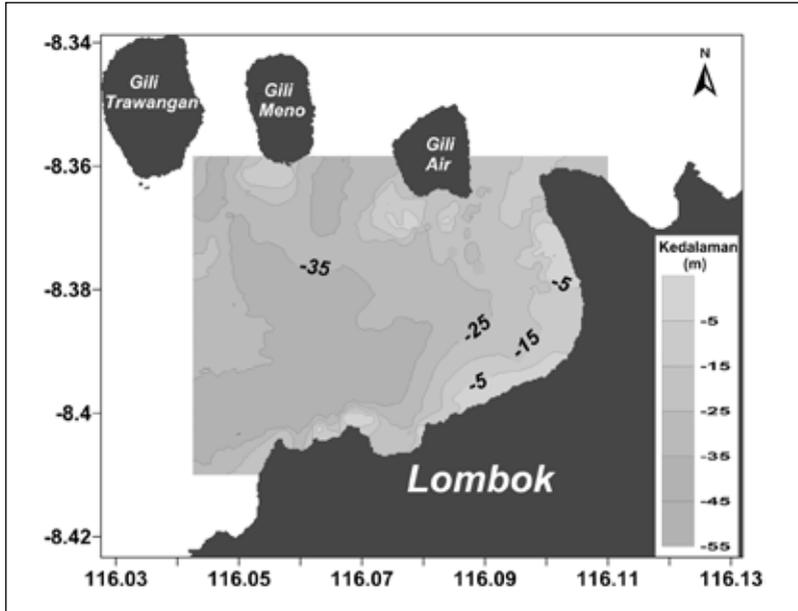
ini menunjukkan betapa pentingnya peran perairan Indonesia, salah satunya Selat Lombok sebagai suatu lintasan dalam mentransfer massa air Samudra Pasifik ke Samudra Hindia. Selat Lombok yang dilalui oleh arlindo menjadikan perairan tersebut subur karena kaya akan nutrien. Selat Lombok terletak di wilayah transisi antara wilayah perairan Indonesia bagian barat dan bagian timur.

Selat Lombok merupakan salah satu kawasan budi daya di Indonesia. Pemantauan kondisi perairan sangat diperlukan untuk mendukung keberhasilan kegiatan budi daya di Lombok. Kajian kondisi oseanografi perairan Selat Lombok, khususnya Teluk Kombal, menjadi penting dalam pengembangan kawasan budi daya di Lombok.

Teluk Kombal merupakan teluk kecil yang berada di sisi timur Selat Lombok. Teluk ini berada di bawah naungan Kecamatan Pemenang, sekitar 12 km ke arah utara daerah wisata Senggigi. Di dalam peta, letak kedua teluk ini ada di posisi $116^{\circ}8'9,9''$ – $116^{\circ}4'24''$ BT dan $8^{\circ}25'20,6''$ – $8^{\circ}8'9,9''$ LS (Gambar 2.1).



Gambar 2.1 Lokasi Penelitian 2005–2006, Teluk Kombal, Lombok Barat, NTB



Gambar 2.2 Peta Kedalaman Teluk Kambal, Lombok Barat, NTB, 2005–2006

Teluk Kambal menghadap ke barat. Pegunungan Rinjani yang berada di belakang teluk ini menjadikan daratan pesisirnya relatif terjal. Di depan teluk, sedikit ke utara Teluk Kambal, terlihat tiga pulau kecil berjajar yang dikenal dengan sebutan gili, yakni Gili Trawangan, Gili Meno, dan Gili Air. Ketiga gili ini menjadi pintu masuk air dari utara, sekaligus menjadi perlindungan untuk Teluk Kambal. Hingga jarak 40 m dari garis pantai, kedalaman Teluk Kambal tidak lebih dari 15 m (Purwati & Syahailatua, 2008). Kontur dasar yang landai sedikit banyak memengaruhi karakter massa airnya (Gambar 2.2).

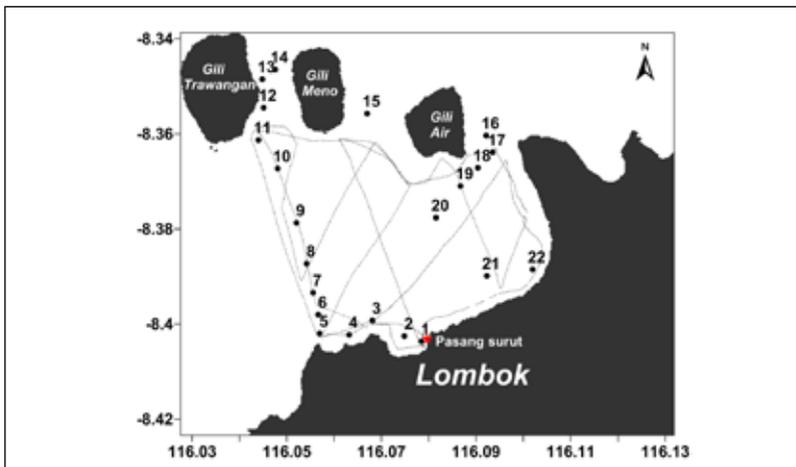
Di Teluk Kambal ada empat macam dasar perairan, yaitu (1) pasir yang agak berlumpur, (2) pasir dengan bebatuan besar, (3) relatif terbuka, lapisan pasir tipis dengan banyak patahan karang, dan (4) merupakan padang lamun yang cukup tebal. Timun laut banyak dijumpai di kedua teluk ini. Tidak kurang dari 22 jenis timun laut

dijumpai di kedua teluk ini, dan beberapa jenis memiliki populasi dengan jumlah individu yang cukup banyak (Purwati, *et al.*, 2010).

Secara umum, perairan Lombok Barat merupakan perairan yang bersih, tingkat kecerahan air laut tinggi, dan memiliki banyak teluk yang terlindung dari angin dan gelombang. Perairan ini berpotensi untuk kegiatan budi daya seperti kerang mutiara, ikan kerapu, udang lobster, abalon, teripang, dan jenis-jenis biota laut bernilai ekonomis lainnya dalam skala kecil dan sedang (Setyono, 2010). Kajian kondisi oseanografi perairan merupakan modal utama yang sangat diperlukan untuk mengetahui kondisi fisika perairan dalam mendukung kegiatan budi daya. Oleh karena itu, telah dilakukan penelitian di perairan Lombok Barat khususnya Teluk Kambal, pada 2005–2006.

2.2 KONDISI OSEANOGRAFI

Selain faktor genetik, keberadaan dan ketahanan biota tertentu pada satu atau lebih habitat bergantung pada daya dukung habitat (Lee &



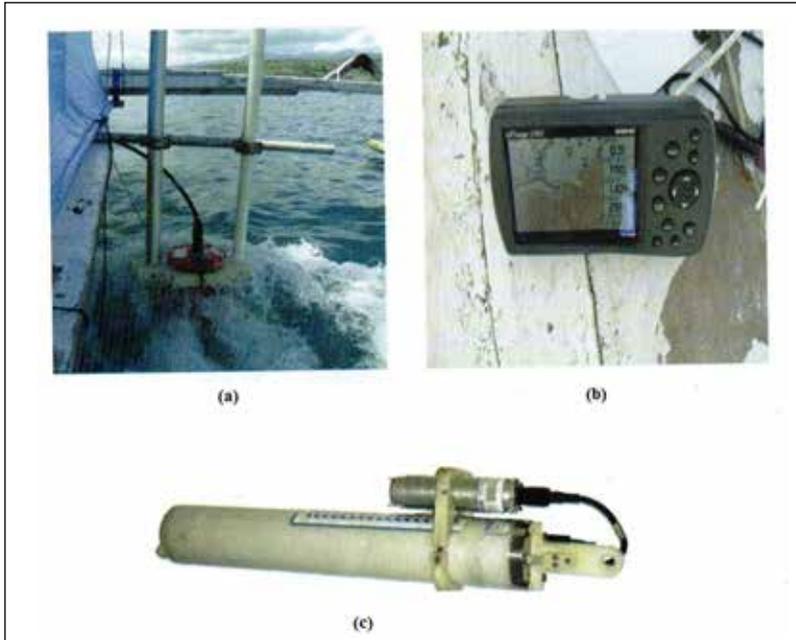
Gambar 2.3 Lokasi (a) Pengukuran Karakteristik Massa Air (Stasiun CTD) dan (b) Lintasan Pengukuran Arus dengan ADCP dan Pasang Surut

Shin, 2013). Habitat dapat memenuhi kebutuhan hidup organisme itu atau tidak. Kondisi oseanografi perairan yang meliputi arus dan karakteristik massa air merupakan daya dukung habitat biota laut. Selain itu, data meteorologi juga diperlukan dalam mendukung data oseanografi.

Lokasi pengukuran karakteristik massa air dan lintasan pengukuran menggunakan *Acoustic Doppler Current Profiler* (ADCP) disajikan pada Gambar 2.3. Pengukuran arus laut dan kedalaman perairan dilakukan dengan menggunakan ADCP 1.200 KHz (Gambar 2.4 [a]). Pengukuran profil vertikal arus dilakukan dengan interval kedalaman 50 cm dengan selang waktu pengukuran maksimum 3,75 detik mulai dari permukaan hingga kedalaman 21 m (Anonim, 2001). Pengukuran dilakukan sepanjang *track* perahu yang bergerak dengan kecepatan 5–6 knot. Penentuan posisi dilakukan dengan menggunakan *global positioning system* (GPS) Garmin 276C (Gambar 2.4 [b]) dan *bottom tracking* dari alat ukur ADCP. Karakteristik massa air perairan (suhu dan salinitas) diukur menggunakan *conductivity temperature depth* (CTD) 19 Seacat Profiler (Gambar 2.4 [c]). Data meteorologi yang digunakan berasal dari Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) Mataram, Lombok Barat, NTB. Parameter yang dikumpulkan meliputi kecepatan dan arah angin, suhu dan tekanan udara, penyinaran matahari, kelembapan, dan curah hujan.

2.2.1 Arus

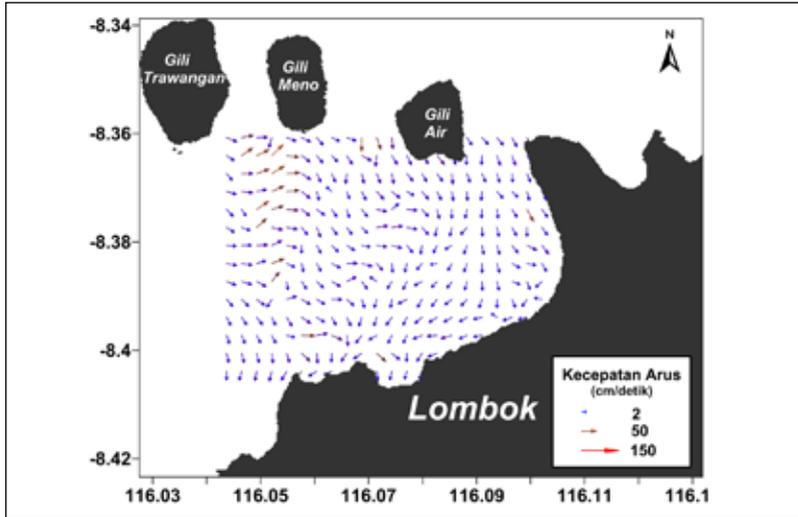
Keadaan arus di perairan pesisir Teluk Kambal sangat variatif. Daerah penelitian merupakan daerah yang dipengaruhi oleh tiga sistem arus yang besar, yaitu sistem arus musiman, arus pasang surut, dan arus arlindo. Ketiga sistem arus tersebut berperan dalam subsistem arus Teluk Kambal, pesisir timur Selat Lombok. Di samping itu, perairan ini dipengaruhi topografi dasar perairan yang kuat. Pada



Gambar 2.4 Seperangkat Peralatan Pengukur (a) Arus (*Acoustic Doppler Current Profiler/ADCP*), (b) Posisi (*Global Positioning System/GPS*), dan (c) Suhu dan Salinitas (*Conductivity Temperature Depth/CTD*)

kontur kedalaman 15 m atau lebih hingga daerah pesisir pasang surut merupakan gaya penggerak (*driving force*) yang utama secara umum, sedangkan untuk kedalaman 15 lebih ke arah laut lepas, sistem arus musiman dan arlindo yang banyak berperan (Purwati *et al.*, 2006).

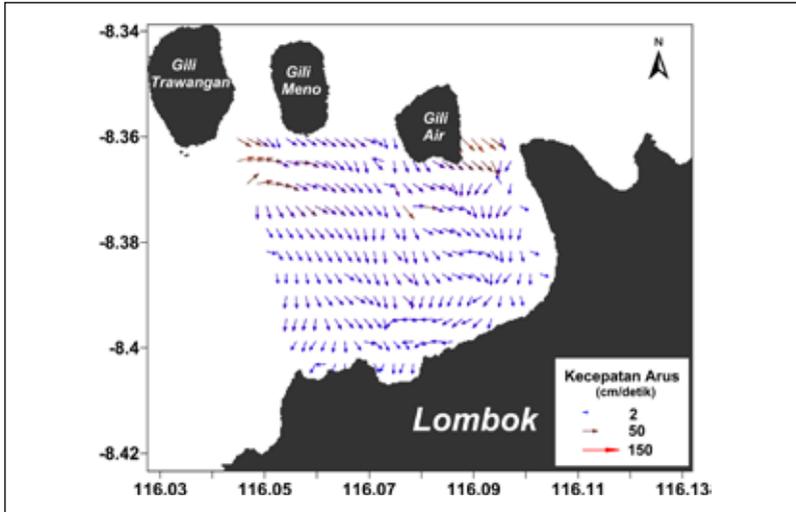
Hasil perekaman secara spasial pada Desember 2005 serta Februari dan April 2006 diperoleh bahwa arah yang dominan adalah ke selatan karena hal ini lebih dipengaruhi oleh kondisi aliran arus utama (*main stream*) Selat Lombok. Pada penelitian Desember yang dilakukan saat kondisi menuju surut diperoleh data kecepatan arus



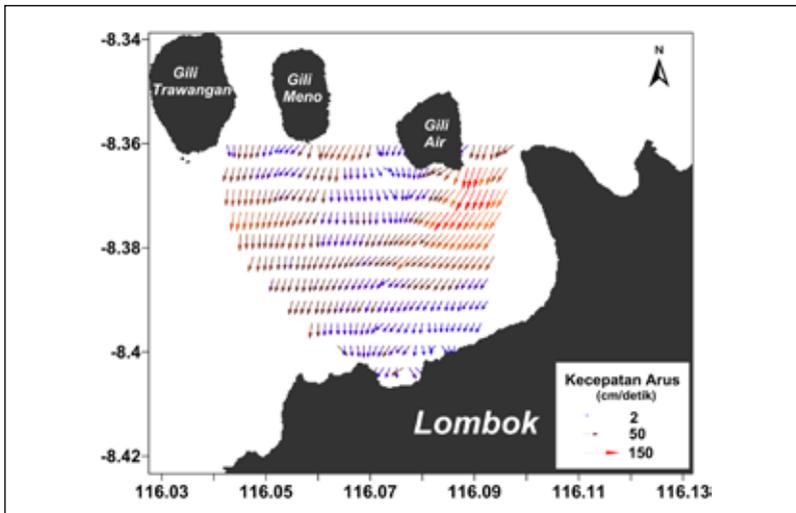
Gambar 2.5 Sebaran Spasial Arus Permukaan di Perairan Teluk Komba, Lombok Barat, NTB, Desember 2005

maksimum 119 cm/detik dengan arah ke selatan hampir di setiap lokasi di Teluk Komba (Gambar 2.5). Pada Februari 2006 ditemukan arus yang menuju ke timur laut di perairan selatan Gili Trawangan, pesisir timur Gili Air. Kecepatan maksimum yang terekam 120 cm/detik (Gambar 2.6). Kecepatan arus melemah saat menuju ke pesisir daratan Lombok. Pada saat menuju pasang arah arus menuju ke timur laut pada bulan Februari tidak ditemukan pada bulan April walaupun pengambilan datanya dilakukan pada saat menuju pasang. Pada April, dominasi arus ke selatan sangat kuat hampir untuk seluruh perairan Teluk Komba. Arus maksimum yang tercatat maksimum 150 cm/detik (Gambar 2.7).

Sistem arlindo yang berpengaruh di Selat Lombok akibat adanya gradien tekanan antara dua lautan (Laut Flores dan Samudra Hindia) dari kedua ujung selat yang berlawanan. Perairan Laut Flores dengan



Gambar 2.6 Sebaran Spasial Arus Permukaan di Perairan Teluk Komal, Lombok Barat, NTB, Februari 2006



Gambar 2.7 Sebaran Spasial Arus Permukaan di Perairan Teluk Komal, Lombok Barat, NTB, April 2006

tekanan tinggi dan level laut lebih tinggi. Sebaliknya, pada perairan Samudra Hindia dengan tekanan rendah dengan level laut rendah. Untuk Selat Lombok, ujung selat bagian utara berhubungan dengan Laut Flores sedangkan bagian selatan terhubung dengan Samudra Indonesia. Level muka air Samudra Hindia lebih rendah dibandingkan dengan perairan barat Samudra Pasifik maka secara pasti arus air mengalir dari utara ke selatan melalui Selat Makassar dan Laut Flores. Hal ini termasuk bagian dari perairan Indonesia yang merupakan perlintasan air dari Samudra Pasifik ke Samudra Hindia (Gordon, 2005). Dalam periode Juli–Agustus terjadi arus yang paling kuat ke arah selatan di Selat Lombok. Berkaitan dengan musim timur di Perairan Indonesia, angin bertiup dari timur ke barat (Wyrтки, 1961). Medan angin skala besar bergerak dari lintang 30° selatan ataupun utara menuju ke arah khatulistiwa bersama dengan gaya *Coriolis*. Hal ini dapat menyebabkan perubahan muka laut bagian barat Samudra Pasifik dengan level yang lebih tinggi dengan Samudra Indonesia dibandingkan dengan bulan-bulan yang lain (Arief, 1992). Secara keseluruhan pola sirkulasi arus Selat Lombok dari kedua periode musim, yaitu musim barat dan timur, cenderung arus mengalir ke selatan. Kondisi ini sangat berpengaruh terhadap kondisi dan sifat fisik air beserta komponen-komponennya. Selain itu, pola aliran yang terjadi juga mempunyai pengaruh yang besar terhadap wilayah pesisir yang mengapit Selat Lombok.

Teluk Komba berada di barat laut Pulau Lombok atau pesisir timur laut Selat Lombok. Dilihat dari posisi maka sistem dan sifat fisik air teluk ini merupakan bagian dari sistem Selat Lombok secara umum. Namun jika ditinjau secara mikro, akan diperoleh subsistem tersendiri yang dipengaruhi oleh kondisi lokal ataupun oleh sistem Selat Lombok. Sistem utama Selat Lombok tidak dipengaruhi oleh musim serta kondisi meteorologi dan arus dominan dari utara ke

selatan, sedangkan subsistem Teluk Komba dipengaruhi kedua faktor tersebut dan ditambah dengan kondisi lokal.

Arus air di Selat Lombok juga istimewa jika dibandingkan dengan daerah lain di Indonesia. Perbedaan level muka air yang berbeda antara Samudra Pasifik dan Samudra Hindia menyebabkan air yang lebih asin dan lebih hangat yang berasal dari Samudra Pasifik bergerak ke selatan, mengalir ke Indonesia melalui Selat Makassar, Laut Flores, dan terus ke Samudra Hindia melalui Selat Lombok (Ilahude & Gordon, 1996). Pergerakan massa air ini yang dikenal dengan sebutan arlindo. Pola aliran demikian memengaruhi dinamika wilayah pesisir yang mengapit Selat Lombok, termasuk Teluk Komba.

Pergerakan massa air di kedua teluk ini tidak lepas dari pengaruh arus utama lalu lintas air di Selat Lombok. Bentuk teluknya yang kecil merupakan jebakan bagi massa air yang masuk. Kecepatan arus yang cukup tinggi, yakni 100 hingga 120 cm/detik mempercepat pergantian air di dalam teluk, sehingga air di daerah ini cenderung jernih. Topografi dasar perairan mempunyai peran penting pada sistem arus di daerah penelitian dengan kontur kedalaman 15 m hingga bibir pantai. Di daerah pesisir kecepatan arus rata-rata melemah pada periode pasang ataupun surut karena adanya gesekan dasar perairan. Kisaran kecepatan arus yang terekam di pesisir tidak lebih dari 30 cm/detik.

Pada Desember 2005 arus bergerak dari selatan ke utara. Hujan deras menyebabkan salinitas dan suhu turun, sehingga air di Teluk Komba teraduk dan menjadi sangat keruh. Kondisi ini mengancam kehidupan tiram mutiara yang ada di Teluk Komba tetapi tidak berpengaruh pada habitat timun laut.

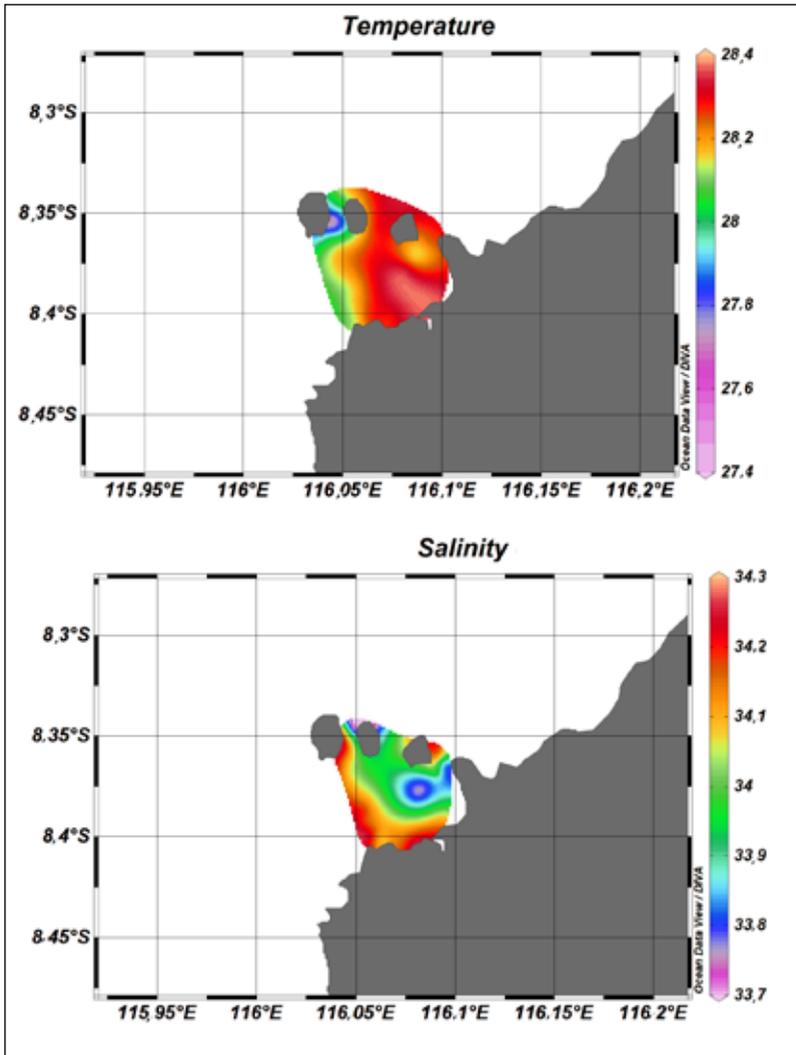
2.2.3 Karakteristik Massa Air

Suhu air laut di Indonesia biasanya berkisar 27–28°C dan 27–30°C untuk perairan pesisir dan salinitasnya berkisar 33–34 psu. Berdasarkan hasil penelitian, variabilitas suhu ataupun salinitas di Teluk Kombal relatif besar. Variasi nilai suhu sebesar 25,70°C–30,34°C atau perbedaan suhu antara maksimum dan minimum sebesar 4,66°C dan variasi salinitas 31,78–34,25 psu atau perbedaan salinitas antara maksimum dan minimum sebesar 2,47 psu (Gambar 2.8).

Perbedaan suhu 4,66°C dan salinitas 2,47 psu merupakan perbedaan suhu dan salinitas yang sangat tinggi untuk perairan Indonesia yang rata-rata 2–3°C. Angka-angka ini menunjukkan besarnya kemampuan beradaptasi suatu biota laut di area tersebut. Perubahan suhu dan salinitas mendadak mengharuskan penyesuaian organisme yang hidup di dalamnya.

Hasil penelitian Hamzah dan Nababan (2009) memperlihatkan bahwa kematian massal anakan kerang mutiara rerata sebesar 68,57% bersamaan dengan kenaikan kondisi suhu harian hingga mencapai level 31°C di perairan Teluk Kapontori, Pulau Buton, Sulawesi Tenggara. Di perairan Teluk Kombal, NTB tercatat kematian massal sebesar 85% bersamaan dengan penurunan kondisi suhu musiman dari level 28,5°C (suhu optimum) menjadi 26,5°C dan bahkan kadang turun hingga mencapai level 24,5°C dengan gradien suhu antara 2–4°C (Hamzah *et al.*, 2005).

Selanjutnya, Hamzah (2008) mengemukakan bahwa kadar salinitas terlalu rendah, yaitu 16–22 psu yang sering terjadi di perairan Teluk Kodek, Lombok Utara, yang bertepatan dengan musim hujan barat dan dapat mengakibatkan kematian massal anakan kerang mutiara hingga mencapai 40.000 ekor. Dijelaskan pula bahwa kadar salinitas normal untuk pertumbuhan dan kelangsungan hidup anakan kerang mutiara adalah 30–34 psu.



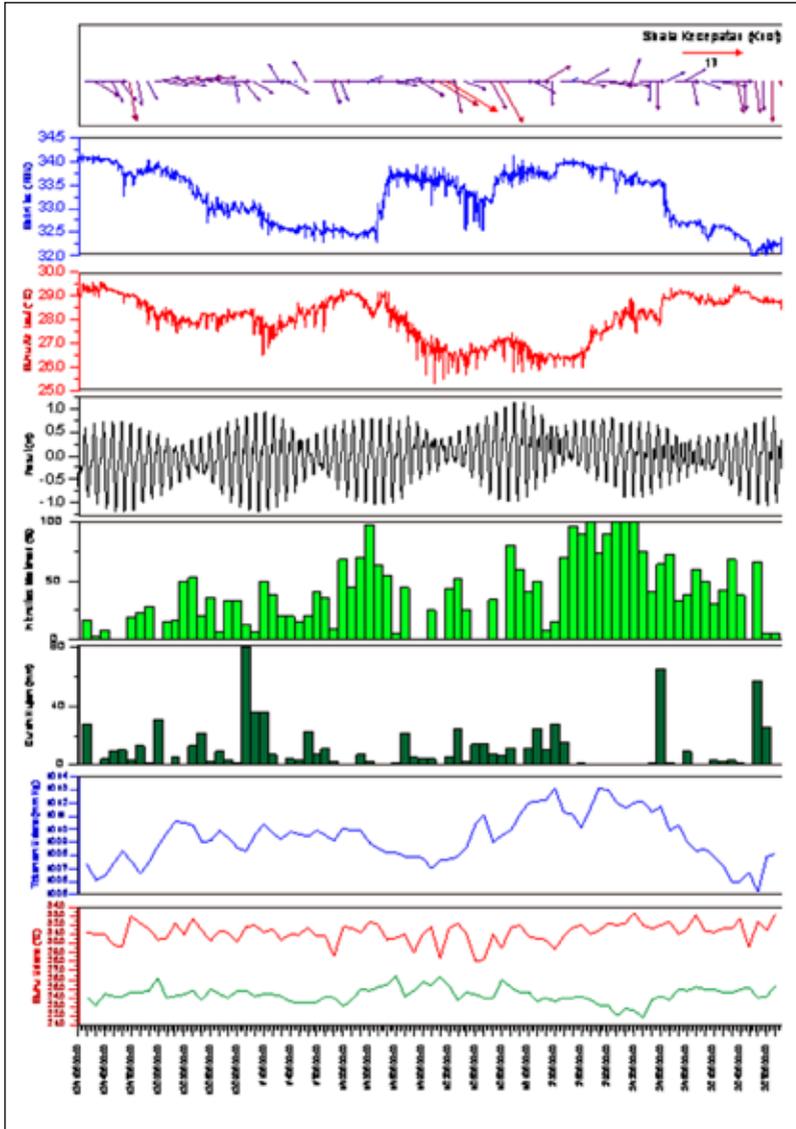
Gambar 2.8 (a) Suhu dan (b) Salinitas Permukaan Perairan Teluk Komal, Lombok Barat, NTB

Perubahan suhu air laut permukaan di Selat Lombok dipengaruhi oleh proses frekuensi rendah, bukan oleh pemanasan matahari harian. Periode 46 harian, yang merupakan variansi kedua terbesar, dikenal dengan frekuensi Madden-Julian yang disebabkan oleh perubahan skala besar di atmosfer. Periode 23 harian telah diidentifikasi disebabkan oleh penjalaran gelombang internal Kelvin dari daerah khatulistiwa Samudra Hindia (Arief & Murray, 1996).

2.2.4 Iklim

Iklim lokal berpengaruh pada karakter massa air Teluk Kombal, terutama curah hujan. Hujan yang terjadi secara terus-menerus mulai 1 hingga 4 Januari 2006 berpengaruh terhadap suhu dan salinitas perairan Teluk Kombal (Gambar 2.9). Sementara itu, tekanan udara diperkirakan mempunyai pengaruh yang signifikan tetapi belum terlihat jelas dalam penelitian ini karena jumlah data masih belum tersedia secara lengkap. Intensitas matahari, kecepatan serta arah angin, dan suhu udara tidak mempunyai pola yang mengikuti pola massa air Teluk Kombal. Surut yang rendah digunakan oleh biota laut seperti timun laut untuk membenamkan diri ke dalam pasir atau bersembunyi di bawah batu agar tidak terekspos ke permukaan, sedangkan pada saat pasang memberi kesempatan bagi biota laut untuk berpindah tempat ataupun mendapatkan nutrisi segar agar dapat bertahan hidup (Purwati & Syahailatua, 2008).

Tinggi pasang surut di wilayah penelitian adalah 2,351 m yaitu antara -1,206 m sampai 1,145 m. Tipe pasang surut selama penelitian adalah campuran dengan dominasi pasang surut diurnal. Pola pasang surut di teluk ini bersifat campuran. Surut terjadi dua kali dalam sehari pada bulan terang dan bulan gelap, dan satu kali di antaranya. Pasang perbani atau pasang tertinggi terjadi antara Desember dan



Gambar 2.9 Kondisi Cuaca, Pola Suhu, Salinitas, dan Pasang Surut Teluk Komblu, Lombok Barat, Desember 2005–Februari 2006

Februari. Perbedaan tinggi muka air saat surut dan pasang mencapai 2,5 m (Gambar 2.9).

Komponen meteorologi memberi warna pada kondisi perairan setempat. Air yang mengalir dari pegunungan di sekitar teluk ke pesisir, baik sebagai *run-off* maupun *ground water* sangat berpengaruh pada kondisi perairan, terutama pada daya tahan biota laut seperti timun laut terhadap perubahan salinitas. Curah hujan yang tinggi pada musim hujan, biasanya dimulai pada akhir November hingga Februari, membawa tidak hanya air tawar tetapi juga lumpur dari daratan ke teluk sehingga permukaan perairan menjadi keruh.

2.3 PENUTUP

Sistem dan sifat fisik air laut perairan Teluk Kombal, Lombok Barat, NTB, merupakan bagian dari sistem perairan Selat Lombok secara umum ditambah oleh komponen lokal wilayah setempat. Melalui pengukuran karakter massa air seperti arah dan kuatnya arus, kedalaman, tinggi muka air pada saat pasang dan surut, fluktuasi suhu dan salinitas, cuaca, dan curah hujan dapat diketahui potensi suatu biota laut dalam beradaptasi terhadap lingkungannya. Biota yang hidup di daerah pasang surut seperti timun laut di Teluk Kombal harus memiliki kemampuan bertahan terhadap variasi perubahan suhu dan salinitas yang lebih besar. Teluk Kombal secara umum masih cukup baik untuk dijadikan lokasi budi daya tetapi perlu diwaspadai bahwa pada saat tertentu terjadi perubahan kondisi perairan yang mendadak (suhu dan salinitas turun secara drastis) dapat mengakibatkan kematian bibit-bibit komoditas yang dibudidayakan.

PERSANTUNAN

Data yang digunakan dalam tulisan ini merupakan hasil kegiatan Penelitian dan Pengembangan Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Riset Kompetitif, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia Tahun Anggaran 2005–2006. Ucapan terima kasih kami sampaikan kepada Muhadjirin, A.Md. yang telah membantu dalam pengambilan data di lapangan.

DAFTAR PUSTAKA

- Arief, D. (1992). *A Study on low frequency variability in current and sea-level in the Lombok Strait and adjacent region*. A Dissertation. LSU.
- Arief, D. & Murray, S. P. (1996). Low-frequency fluctuations in the Indonesian throughflow through Lombok Strait. *J. Geophys. Res.*, 101(C5): 12.455–12.464.
- ASEAN Sub-Committee on Climatology. (1982). *The ASEAN climatic atlas*. Kuala Lumpur: Directorate of National Mapping Malaysia.
- Gordon, A. L. (2005). The oceanography of the Indonesian seas and their throughflow. *Oceanography*, 18: 14–27.
- Hamzah, M. S. (2008). Pertumbuhan dan kelangsungan hidup anakan kerang mutiara (*Pinctada maxima*) pada kondisi salinitas yang berbeda. *Prosiding Seminar Nasional Perikanan Indonesia 2008*. Teknologi Budi daya Perikanan, Sosial Ekonomi Kelautan dan Perikanan. Jakarta: Pusat Penelitian dan Pengabdian Masyarakat, Sekolah Tinggi Perikanan.
- Hamzah, M. S. & Nababan, B. (2009). Studi pertumbuhan dan kelangsungan hidup anakan kerang mutiara (*Pinctada maxima*) pada kedalaman berbeda di Teluk Kapontori-Pulau Buton. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 1(2): 22–32.

- Hamzah, M. S., Kaplale, A. B., Sangkala, & Rustam. (2005). Kelangsungan hidup anakan kerang mutiara (*Pinctada maxima*) dan fenomena arus dingin di perairan Teluk Kambal, Lombok Barat. Dalam Nontji, A., Setyawan, W. B., Setiono, D. E. D., Purwati, P., & Supangat, A. (eds.), *Prosiding Pertemuan Ilmiah Tahunan I ISOI*, Jakarta 10–11 Desember 2004. Ikatan Sarjana Oseanologi Indonesia (ISOI). Jakarta. Hlm. 171–178.
- Ilahude, A. G. & Gordon, A. L. (1996). Thermocline stratification within the Indonesian Seas. *J. Geophys. Res.*, *101*(C5): 12.401–12.409.
- Lee, T. & Shin, S. (2013). Echinoderm fauna of Kosrae, the Federation States of Micronesia. *Journal of Animal Systematics, Evolution and Diversity*, *29*(1): 1–17.
- Purwati, P. & Syahailatua, A. (2008). *Timun Laut Lombok Barat*. Ikatan Sarjana Oseanologi Indonesia (ISOI). Jakarta. 71 Hlm.
- Manual Direct Reading ADCP. (2001). *Work horse sentinel ADCP user's guide*. RDI Inc.
- Purwati, P., Widianwary, P., & Dwiono, S. A. P. (2006). Teripang, biodiversitas, dan permasalahannya di Indonesia. Laporan Kumulatif Program Penelitian dan Pengembangan Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Riset Kompetitif. Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia Tahun Anggaran 2005–2006. Jakarta: Pusat Penelitian Oseanografi, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia.
- Purwati, P., Widianwary, P., & Dwiono, S. (2010). Timun Laut Teluk Medana, Lombok Barat: pola sebaran dan kelimpahan. *J. Ilmu Kelautan*, *13*(4): 219–226.
- Setyono, D. E. D. (2010). *ABALON: Teknologi pembenihan*. Ikatan Sarjana Oseanologi Jakarta: Indonesia (ISOI).
- Wyrtki, K. (1961). Physical Oceanography of the Southeast Asian Waters. *NAGA Report*. Univ. California. Vol. 2: 195 Hlm.
- Wyrtki, K. (1987). Indonesian throughflow and the associated pressure gradient. *Journal of Geophysical Research*. *92*(C12): 12.941–12.946.

BAB III

KARAKTERISTIK FISIKA-KIMIA PERAIRAN PESISIR LOMBOK BARAT, NUSA TENGGARA BARAT

3.1 PENDAHULUAN

Wilayah pesisir Indonesia memiliki berbagai fungsi penting, yaitu sebagai sumber makanan, wahana transportasi dan pelabuhan, kawasan industri, agroindustri, pariwisata, kawasan permukiman industri, dan perikanan budi daya (Dahuri *et al.*, 2001). Konsep dasar pemikiran pembangunan perikanan budi daya adalah pembangunan berkelanjutan nasional Indonesia yang di dalamnya termasuk perlindungan sumber daya alam dan lingkungannya (Bejo *et al.*, 2008).

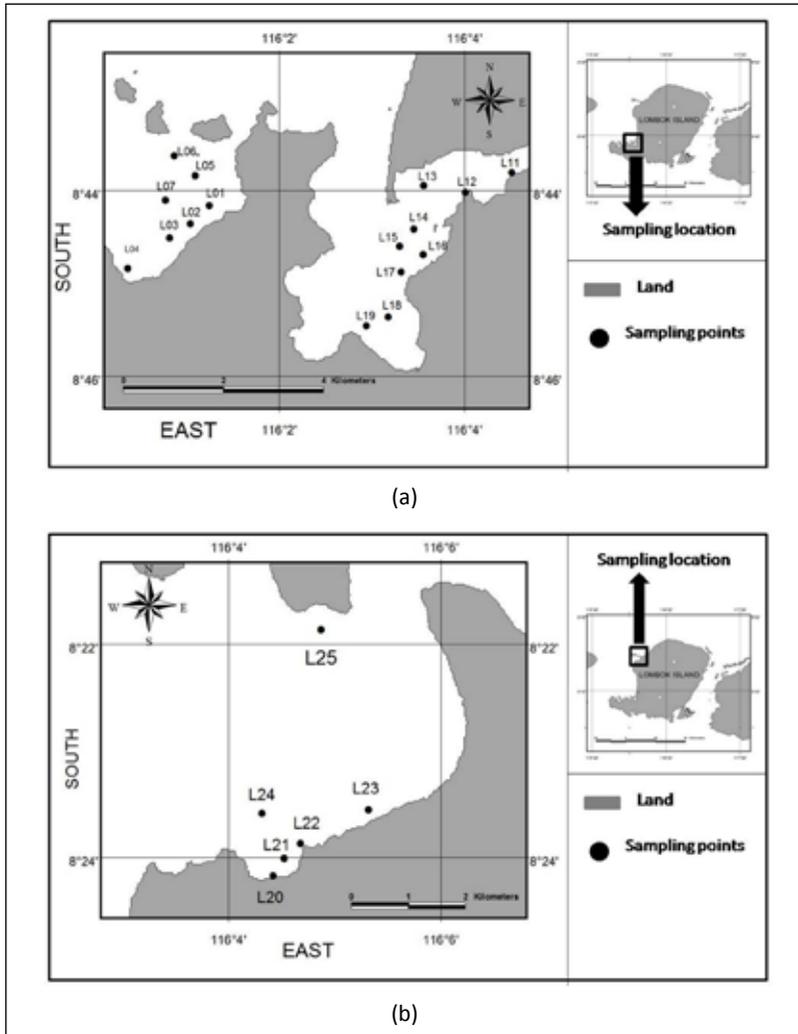
Kabupaten Lombok Barat merupakan salah satu daerah kepulauan di Nusa Tenggara Barat dengan pulau-pulau yang memiliki potensi sumber daya alam yang cukup besar. Dalam satu dekade ini, laju pemanfaatannya cukup intensif sehingga terjadi degradasi lingkungan. Sebagian besar wilayah pesisir yang rusak akibat pencemaran lingkungan secara signifikan memengaruhi perikanan budi daya. Oleh karena itu, pengendalian pencemaran perairan merupakan kebutuhan yang mendesak dalam pengelolaan perikanan yang ada. Selain itu, diperlukan pula pengelolaan sumber daya perairan lain yang berkelanjutan.

Ekosistem perairan terdiri atas komponen biotik dan abiotik yang saling berinteraksi satu sama lain. Komponen biotik meliputi semua makhluk hidup yang tinggal di suatu habitat, sedangkan komponen abiotik merupakan habitat atau tempat tinggal makhluk hidup tersebut dengan berbagai karakteristik fisika dan kimia di dalamnya. Dalam rangka pengelolaan sumber daya hayati perairan laut, pemahaman terhadap faktor-faktor fisika-kimia laut merupakan suatu kebutuhan yang mutlak. Faktor fisika-kimia laut merupakan faktor abiotik pada ekosistem laut yang memiliki banyak kegunaan dalam proses keberlangsungan hidup biota laut, seperti pertumbuhan dan distribusinya. Bertolak pada uraian di atas, perlu diketahui karakteristik fisika-kimia perairan yang dapat menentukan baik buruknya suatu perairan dalam menunjang kegiatan budi daya di perairan Lombok Barat, Nusa Tenggara Barat (NTB).

3.2 KARAKTERISTIK FISIKA-KIMIA PERAIRAN PESISIR LOMBOK BARAT, NUSA TENGGARA BARAT

Penelitian dilakukan di Teluk Sekotong (Stasiun L01–L07), Pelabuhan Lembar (Stasiun L11–L19), Teluk Komba (Stasiun L20–L24), dan Gili Air (Stasiun L25) yang termasuk Kabupaten Lombok Barat (Gambar 3.1). Waktu pelaksanaan penelitian pada April 2012.

Parameter fisika-kimia perairan antara lain meliputi suhu, salinitas, kekeruhan (*turbidity*), kecerahan (*transparency*), total padatan tersuspensi (*total suspended solid*/TSS), keasaman (pH), dan oksigen terlarut (*dissolved oxygen*/DO). Pengukuran *in situ* meliputi parameter suhu, salinitas, kekeruhan, kecerahan, dan keasaman. Suhu dan salinitas diukur menggunakan alat *Salinity Conductivity and Temperature-meter Yellow Spring Instrument* (SCT YSI). Pengukuran kekeruhan menggunakan turbidimeter. Kecerahan diukur dengan *Secchi Disk*. Derajat keasaman air (pH) diukur dengan menggunakan pH meter



Gambar 3.1 Lokasi Penelitian di (a) Teluk Sekotong dan Pelabuhan Lembar dan (b) Teluk Kambal, Lombok, NTB, 2012

merek Methrom. Pengambilan sampel air permukaan ($\pm 0,5-1$ m) menggunakan *water sampler* yang telah dicuci dan dibilas dengan air bebas mineral sebanyak 1 liter, kemudian dimasukkan ke botol yang

berbeda untuk tiap parameter dan selanjutnya disimpan dalam *ice box* dengan suhu kurang dari 4°C untuk dianalisis di laboratorium. Pengukuran TSS menggunakan metode gravimetri dan pengukuran DO dengan menggunakan metode Winkler.

Hasil pengukuran parameter *in situ* fisika dan kimia air laut dibandingkan dengan baku mutu air laut untuk biota laut menurut Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 51 Tahun 2004 Lampiran III. Untuk mengetahui tingkat pencemaran setiap stasiun pengamatan dilakukan penilaian parameter fisika-kimia perairan pesisir Lombok Barat dengan menggunakan indeks polusi/IP atau *pollution index*/PI sebagai kajian awal kondisi perairan (Tabel 5.1).

Penentuan status pencemaran ditentukan dengan menggunakan indeks pencemaran persamaan 1 menurut Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 115 Tahun 2003 tentang Pedoman Penentuan Status Mutu Air.

Hasil penilaian parameter fisika-kimia perairan atas dasar indeks pencemaran ini dapat dijadikan acuan untuk memberi masukan kepada pengambil keputusan. Tujuannya adalah agar kondisi perairan dapat terjaga dan jika terjadi penurunan kualitas perairan akibat kehadiran senyawa pencemar dapat segera ditangani. IP mencakup berbagai kelompok parameter kualitas yang independen dan bermakna.

Hasil analisis parameter fisika-kimia *in situ* di perairan pesisir Lombok Barat, Nusa Tenggara Barat, pada April 2012 disajikan dalam Tabel 3.2.

3.2.1 Kecerahan (Transparency), Kekeruhan (Turbidity), dan Total Padatan Tersuspensi (Total Suspended Solid)

Kecerahan air merupakan ukuran kejernihan suatu perairan, semakin tinggi suatu kecerahan perairan semakin dalam penetrasi

Tabel 3.1 Nilai Indeks Polusi

Nilai PI	Kategori
$0 \leq PI_j \leq 1,0$	Memenuhi baku mutu/kondisi baik (<i>normal standard water quality</i>)
$1,0 < PI_j \leq 5,0$	cemar ringan (<i>weak pollution</i>)
$5,0 < PI_j \leq 10,0$	cemar sedang (<i>middle pollution</i>)
$PI_j > 10,0$	cemar berat (<i>strong pollution</i>)

(KMNLH, 2003)

cahaya ke dalam air. Kecerahan air yang berkurang akan mengurangi kemampuan fotosintesis tumbuhan air dan dapat memengaruhi kegiatan fisiologi biota air (Effendi, 2003). Kedalaman penetrasi cahaya ke dalam air sangat dipengaruhi oleh intensitas dan sudut datang cahaya, tingkat kekeruhan perairan serta bahan-bahan yang terlarut dan tersuspensi di dalam air (Adhi, 2009). Kekeruhan adalah suatu ukuran biasan cahaya di dalam air. Padatan tersuspensi adalah padatan yang menyebabkan kekeruhan, tidak larut dan tidak dapat mengendap langsung. Padatan tersuspensi terdiri atas partikel-partikel yang ukurannya bervariasi dari ukuran koloid sampai dispersi kasar, seperti tanah liat, lumpur, bahan-bahan organik terlarut, bakteri, dan plankton (Alaerts & Santika, 1987).

Padatan tersuspensi akan mengurangi penetrasi cahaya ke dalam air. Bagi organisme perairan, intensitas cahaya matahari yang masuk berfungsi sebagai alat orientasi yang akan mendukung kehidupan organisme di habitatnya. Nilai kecerahan dan kekeruhan pada perairan alami merupakan faktor penting untuk mengontrol produktivitas. Pengaruh ekologis kekeruhan adalah penurunan daya penetrasi cahaya matahari ke dalam perairan yang selanjutnya menurunkan produktivitas primer akibat penurunan fotosintesis fitoplankton (Satino, 2010).

Kisaran nilai kecerahan, kekeruhan, dan total padatan tersuspensi di perairan pesisir Lombok Barat pada April 2012 (Gambar 3) masih

Tabel 3.2 Konsentrasi Parameter Fisika-Kimia Perairan Lombok Barat, NTB, April 2012

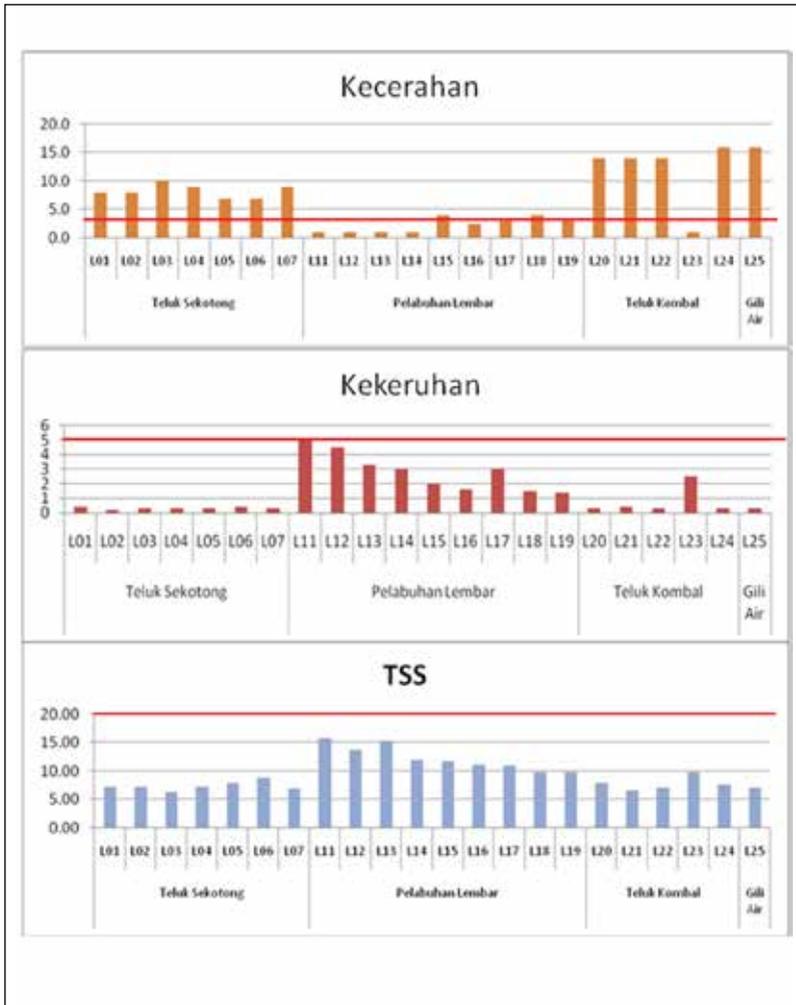
Stasiun	Kedalaman (m)	Kekeruhan (NTU)	Suhu (C)	pH	Salinitas (ppt)	Kecerahan (m)	TSS (mg/l)	DO (mg/l)
Teluk Sekotong (n=7)	14-30	0,20-0,40	29,10-29,50	8,21-8,26	32,10-32,60	7,00-10,00	6,40-8,80	5,85-6,94
		0,30±0,10	29,30±0,13	8,23±0,22	32,30±0,21	8,00 ±1,10	7,40±0,760	6,36±0,34
Pelabuhan Lembar (n=9)	1,5-16	1,40-5,00	29,90-31,40	8,18-8,31	31,00-32,00	1,00-4,00	9,90-15,80	6,43-7,58
		2,81±1,31	30,70±0,52	8,24±0,04	31,70±0,24	2,00±1,30	12,30±2,19	6,98±0,37
Teluk Kambal (n=4)	1,0-37	0,30-2,50	29,50-30	8,25-8,37	30,90-32,2	1,00-16,00	6,60-9,9	6,21-6,77
		0,80±0,97	29,60±0,21	8,30±0,05	31,80±0,54	11,80±6,10	7,8±1,26	6,39±0,22
Gili Air (n=1)	28	0,30	29,40	8,22	31,60	16,00	7,10	6,15
Baku Mutu								
c: coral		< 5	c: 28-30	7-8,5	c: 33-34	c: > 5	c: 20	> 5
m: mangrove			m: 28-32		m: 34	m: -	m: 80	
l: lamun			l: 28-30		l: 33-34	l: > 3	l: 20	

(KMNLH, 2004)

memenuhi baku mutu air laut untuk biota laut, seperti terumbu karang dan lamun (KMNLH, 2004). Nilai maksimum kekeruhan (mencapai 5) dan total padatan tersuspensi (15,8 mg/L) di Pelabuhan Jelambar paling tinggi. Hal ini disebabkan adanya aktivitas manusia dan pelayaran. Namun, nilai ini masih berada di bawah baku mutu air laut menurut KMNLH (2004) yaitu <20 mg/L. Nilai minimum kekeruhan dan total padatan tersuspensi (15,8 mg/L) di Gili Air paling kecil karena posisi perairan jauh dari aktivitas manusia, permukiman, industri, dan pertanian. Padatan tersuspensi dan kekeruhan memiliki korelasi positif, yaitu semakin tinggi nilai padatan tersuspensi maka semakin tinggi pula nilai kekeruhan. Akan tetapi, tingginya padatan terlarut tidak selalu diikuti dengan tingginya kekeruhan. Air laut memiliki nilai padatan terlarut yang tinggi tetapi tidak berarti kekeruhannya tinggi pula (Effendi, 2003). Tingkat kekeruhan air di perairan memengaruhi tingkat kedalaman pencahayaan matahari, semakin keruh suatu badan air maka semakin menghambat sinar matahari masuk ke air.

3.2.2 Suhu

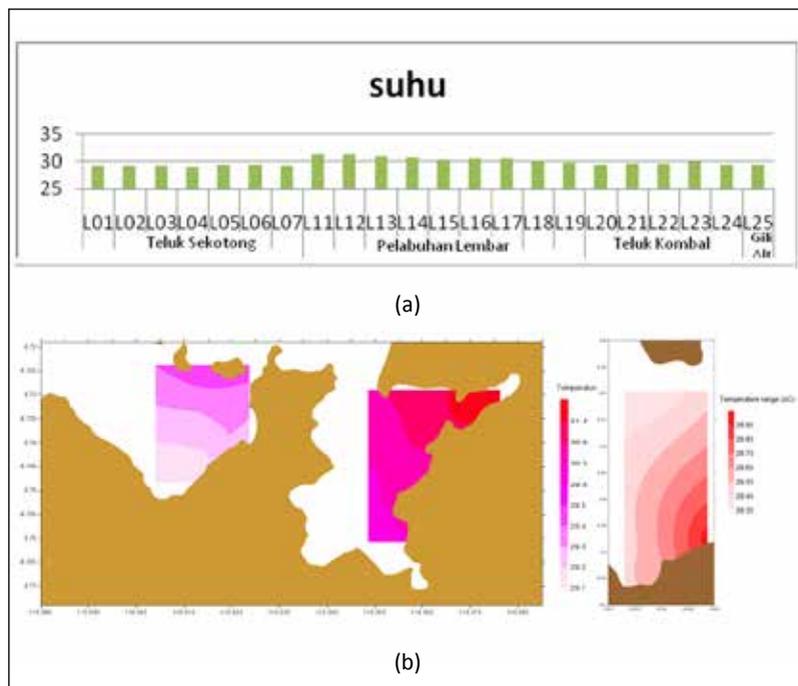
Pada umumnya makhluk hidup di perairan sangat sensitif terhadap perubahan suhu air. Suhu sangat terkait dengan proses metabolisme dalam tubuh, yaitu memengaruhi kerja enzim dalam tubuh makhluk hidup. Oleh karena itu, suhu merupakan faktor penting dalam kehidupan organisme perairan. Suhu di ekosistem perairan mudah berubah. Perubahan suhu baik musiman maupun harian terjadi pada bagian permukaan dari perairan sedangkan bagian dalam biasanya akan lebih konstan. Suhu menjadi faktor pembatas dalam ekosistem perairan, baik secara langsung maupun tidak langsung (Sina & Muntalif, 2005).



Gambar 3.2 Grafik Kecerahan, Kekeruhan, dan TSS di Perairan Pesisir Lombok Barat, NTB, April 2012 (Garis merah merupakan ambang batas baku mutu air laut menurut KMNHLH)

Suhu perairan di pesisir Lombok Barat menunjukkan nilai yang hampir seragam, yaitu berkisar 29–30°C (Gambar 3.3). Nilai tersebut masih dalam kisaran normal suhu perairan Indonesia secara umum.

Kisaran suhu di pesisir Lombok Barat masih berada di batas baku mutu air laut menurut Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 51 Tahun 2004 untuk biota laut yang hidup di ekosistem koral, mangrove, dan lamun, kecuali di Pelabuhan Lembar. Pada beberapa stasiun di Pelabuhan Lembar terdapat nilai suhu yang sedikit lebih tinggi daripada nilai baku. Hal ini disebabkan aktivitas antropogenik di pelabuhan yang mengakibatkan suhu perairan lebih tinggi dibandingkan dengan lokasi lain.

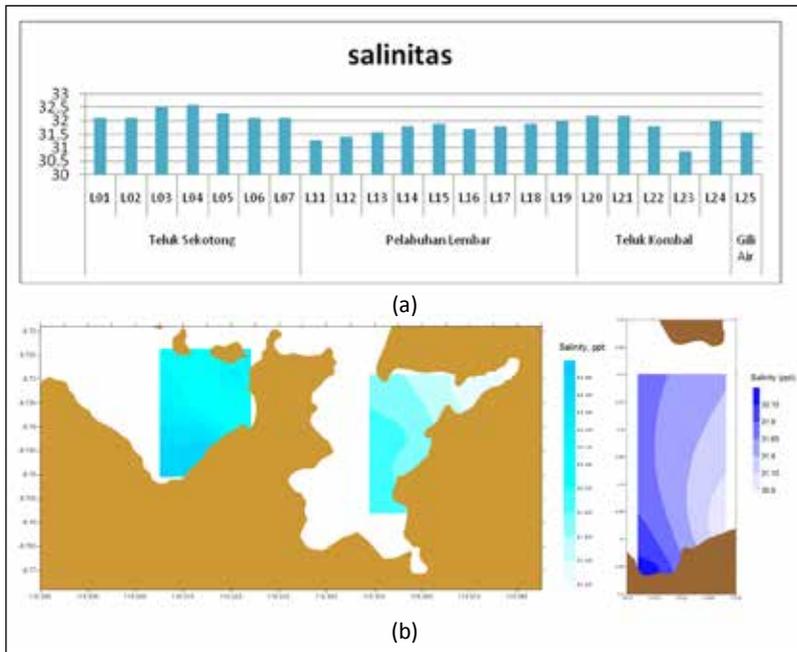


Gambar 3.3 (a) Grafik dan (b) Sebaran Suhu Permukaan di Prairan Pesisir Lombok Barat, NTB, April 2012

3.2.3 Salinitas

Salinitas merupakan garam-garam terlarut yang dapat berpengaruh terhadap pengaturan osmosis pada tumbuhan dan hewan, dan zat-zat hara yang terkandung di dalamnya memengaruhi sifat komunitas jasad tersebut. Fluktuasi salinitas dapat disebabkan oleh adanya gradien salinitas pada saat tertentu yang polanya bervariasi bergantung pada topografi estuaria, musim, pasang surut, dan jumlah air tawar (Nybakken, 1992).

Menurut Romimohtarto & Thayib (1982), salinitas di perairan Indonesia umumnya berkisar 30–35 ppt. Untuk daerah pesisir, salinitas berkisar 32–34 ppt. Baku mutu salinitas untuk kualitas air laut berdasarkan Kepmen LH No. 51 Tahun 2004 adalah sebesar



Gambar 3.4 (a) Grafik dan (b) Sebaran Salinitas Permukaan di Perairan Pesisir Lombok Barat, NTB, April 2012

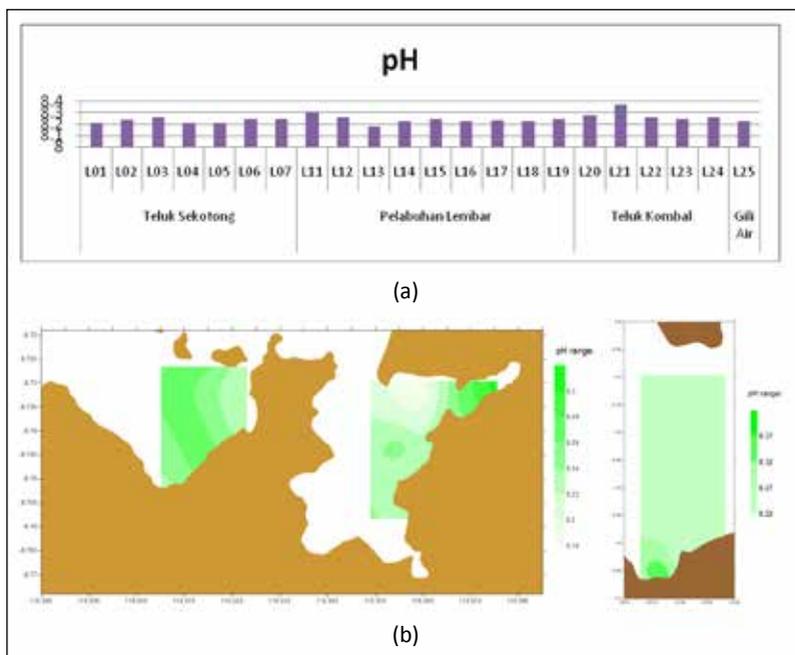
salinitas alami yang mampu mendukung kehidupan organisme, yaitu 33–34 ppt. Kisaran salinitas di lokasi Teluk Sekotong, Pelabuhan Lembar, Teluk Kombat, dan Gili Air (Gambar 5.4) masih baik untuk kehidupan organisme laut, khususnya ikan. Nilai salinitas yang rendah di L23 dimungkinkan terjadi karena masukan dari sungai pada saat air laut surut. Selain itu, lokasinya paling dekat dengan daratan.

3.2.4 Derajat Keasaman (pH)

Salah satu faktor yang memengaruhi sifat kimia air adalah nilai derajat keasaman (pH). Nilai pH merupakan salah satu parameter kimia yang penting dalam memantau kestabilan perairan (Simanjuntak, 2012). Nilai pH berfluktuasi karena adanya penambahan bahan-bahan organik yang dapat membebaskan karbon dioksida sehingga terjadi peningkatan dan penurunan bilangan pH akibat terbentuknya garam karbonat dari ikatan antara CO_2 dan molekul air (Sina & Muntalif, 2005). Nilai pH pada suatu perairan mempunyai pengaruh yang besar terhadap organisme perairan sehingga sering dijadikan petunjuk untuk menyatakan baik atau buruknya suatu perairan (Odum, 1993).

Organisme perairan dapat hidup ideal dalam kisaran pH asam lemah sampai dengan basa lemah. Kondisi perairan yang bersifat asam kuat ataupun basa kuat akan membahayakan kelangsungan hidup biota karena akan mengganggu proses metabolisme dan respirasi. Perairan dengan kondisi asam kuat akan menyebabkan logam berat seperti aluminium memiliki mobilitas yang meningkat dan karena logam ini bersifat toksik maka dapat mengancam kehidupan biota. Sementara itu, keseimbangan amonium dan amoniak akan terganggu apabila pH air terlalu basa. Kenaikan pH di atas netral akan meningkatkan konsentrasi amoniak yang juga toksik terhadap biota (Satino, 2010).

Nilai pH di lokasi penelitian berkisar 8,22–8,37 (Gambar 3.5). Nilai tersebut menunjukkan kadar pH di perairan bersifat basa sebagaimana umumnya kadar pH normal di perairan laut (Susana, 2009). Nilai pH air tercemar berbeda-beda bergantung pada zat pencemarnya. Air limbah industri bahan anorganik biasanya mengandung asam mineral yang cukup tinggi sehingga keasamaannya juga tinggi atau pH-nya rendah. Berdasarkan nilai pH-nya, perairan pesisir Lombok Barat masih memenuhi baku mutu air untuk biota laut berdasarkan Kepmen LH No. 51 Tahun 2004, yaitu berkisar 7–8,5.



Gambar 3.5 (a) Grafik dan (b) Sebaran pH di Perairan Pesisir Lombok Barat, NTB, April 2012

3.2.5 Oksigen Terlarut (*Dissolved Oxygen/DO*)

Oksigen terlarut dalam air dan tidak bereaksi dengan air secara kimiawi. Tingkat kelarutan oksigen dalam perairan alami dan air limbah bergantung pada aktivitas fisik, biologi, dan biokimia dalam badan air (APHA, 2005). Konsentrasi dari oksigen terlarut merupakan salah satu parameter penting sebagai indikator pencemaran di perairan. Oksigen yang terlarut dalam air dipengaruhi oleh suhu, tekanan parsial gas yang ada di udara ataupun di dalam air, kadar garam serta senyawa atau unsur yang mudah teroksidasi air (Sina & Muntalif, 2005). Oksigen terlarut memegang peranan sangat penting dalam perairan karena salah satu fungsinya menentukan kuantitas organisme suatu perairan. Oksigen terlarut merupakan salah satu unsur pokok sebagai regulator pada proses metabolisme organisme, terutama untuk proses respirasi dan dibutuhkan sebagai petunjuk kualitas air (Odum, 1993). Sebagai indikator kualitas perairan, oksigen terlarut berperan dalam proses oksidasi dan reduksi bahan organik dan anorganik. Menurut Nybakken (1992), sumber utama oksigen dalam suatu perairan berasal dari suatu proses difusi dari udara bebas dan hasil fotosintesis organisme yang hidup dalam perairan tersebut.

Nilai oksigen terlarut di perairan pesisir Lombok Barat berkisar 5,85–7,58 mg/L (Gambar 3.6). Kisaran tersebut secara umum menunjukkan nilai normal dan berada di atas baku mutu air laut untuk biota laut berdasarkan Kepmen LH No. 51 Tahun 2004, yaitu >5 mg/L. Semua kadar DO pada tiap stasiun mendukung untuk kehidupan biota di laut.

3.3 INDEKS PENCEMARAN

Perhitungan status mutu dengan metode indeks pencemaran ini berdasarkan Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 115 Tahun 2003. Hasil perhitungan dalam analisis laboratorium untuk

rata-rata konsentrasi setiap parameter yang diteliti pada semua titik *sampling* disajikan dalam Tabel 3.3.

Dari hasil perhitungan nilai indeks pencemaran didapatkan status mutu air pada semua segmen lokasi penelitian. Sesuai dengan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 115 Tahun 2003, nilai indeks pencemaran yang berada di antara $1,0 < Pij \leq 5,0$ dikategorikan statusnya menjadi tercemar ringan.

3.4 PENUTUP

Berdasarkan hasil pengukuran parameter fisika-kimia, perairan pesisir Lombok Barat masih memenuhi baku mutu air laut untuk mendukung kehidupan biota yang ada di dalamnya dan dapat dijadikan lokasi



Gambar 3.6 Grafik Oksigen Terlarut di Perairan Lombok Barat, NTB, April 2012

Tabel 3.3 Nilai Indeks Pencemaran di Stasiun Penelitian

Lokasi	Nilai PI
Teluk Sekotong	2,16
Pelabuhan Lembar	2,81
Teluk Kambal	2,61
Gili Air	2,84

PERSANTUNAN

Penelitian ini didanai oleh PKPP Ristek tahun 2012. Ucapan terima kasih kami sampaikan kepada Abdul Rozak A.Md. dan M. Taufik Kaisupy yang telah membantu untuk analisis di Laboratorium Logam Berat Pusat Penelitian Oseanografi-LIPI.

DAFTAR PUSTAKA

- Adhi, S. (2009). Studi komunitas plankton di Goa Toto, Wediutuh, Ngeposari, Semanu, Gunungkidul. *Skripsi*. Yogyakarta: FMIPA-UNY.
- Alaerts, G. & Santika, S.S. (1987). *Metoda Penelitian Air*. Surabaya: Penerbit Usaha Nasional.
- APHA. (2005). *Standard Methods for The Examination of Water and Waste Water (21st ed)*. New York: American Public Health Association Inc.
- Bejo, S., Artha, I. W., & Suyasa, I. W. B. (2008). Studi kualitas lingkungan perairan di daerah budi daya perikanan laut di Teluk Kaping dan Teluk Pegamatan, Bali. *Ecotrophic*, 3(1): 16–20.
- Dahuri, R. (2001). *Pengelolaan sumber daya wilayah pesisir dan lautan secara terpadu*. Bogor: Pradnya Paramita.
- Effendi, H. (2003). *Telaah kualitas air bagi pengelolaan sumber daya dan lingkungan perairan*. Yogyakarta: Kanisus Press.
- KMNLH. (2003). Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 115 Tahun 2003 tentang Penetapan Status Mutu Air. Dari <http://www.menlh.go.id>, diakses 28 Januari 2014.
- KMNLH. (2004). Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 51 Tahun 2004 tentang Baku Mutu Air Laut untuk Kehidupan Biota Laut. Jakarta. Dari <http://www.menlh.go.id>, diakses 28 Januari 2014.
- Nybakken, J. W. (1992). Biologi laut: Suatu pendekatan ekologis. Eidman, M., Koesoebiono, Begen, D. G., Hutomo, M., & Sukardjo, S. (Penerjemah). Terjemahan dari: *Marine Biology: An Ecological Approach*. Jakarta: PT Gramedia Pustaka.

- Odum E. P. (1993). *Dasar-dasar ekologi*. Edisi ketiga. Diterjemahkan oleh Tjahjono Samingan. Yogyakarta: Gajah Mada University Press.
- Romimohtarto, K. & Thayib, S. S. (1982). *Kondisi lingkungan dan laut di Indonesia*. Jakarta: LON-LIPI.
- Satino. (2010). *Handout limnologi*. Yogyakarta: FMIPA UNY.
- Simanjuntak, M. (2012). Kualitas air laut ditinjau dari spek zat hara, oksigen terlarut dan pH di Perairan Banggai, Sulawesi Tengah. *J. Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 4(2): 290–303.
- Sina, A. & Muntalif, B.S. (2005). Makrozoobenthos sebagai bioindikator kualitas air (Studi kasus: Sungai Cipeles, Kabupaten Sumedang). *Prosiding Seminar II Penelitian Masalah Lingkungan di Indonesia*.
- Susana, T. (2009). Tingkat keasaman (pH) dan oksigen terlarut sebagai indikator kualitas perairan sekitar muara Sungai Cisadane. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 5: 33–39.

BAB IV

DISTRIBUSI SENYAWA NITROGEN ANORGANIK DI PERAIRAN LOMBOK BARAT, NUSA TENGGARA BARAT

4.1 PENDAHULUAN

Perairan Lombok di Provinsi Nusa Tenggara Barat terkenal dengan potensi wisatanya, salah satu contoh adalah Pantai Gili Trawangan. Pantai ini merupakan tujuan utama bagi wisatawan domestik ataupun mancanegara apabila berkunjung ke Pulau Lombok. Selain memiliki potensi untuk kegiatan wisata, perairan Lombok juga memiliki potensi lain yang memberikan kontribusi terhadap pendapatan daerah, yaitu potensi perikanan laut. Potensi perikanan laut di perairan Lombok tidak terbatas hanya pada perikanan tangkap tetapi juga meliputi budi daya laut seperti kerang mutiara, abalone, dan teripang. Terkait budi daya kerang mutiara, Lombok bahkan terkenal sebagai sentra penghasil mutiara laut dan barang kerajinan berbahan mutiara.

Khusus untuk wilayah Kabupaten Lombok Timur, potensi perikanan tangkap yang dimiliki tercatat sebesar 18.242,0 ton/tahun sedangkan potensi areal budi daya kerang mutiara dan abalonya mencapai 2.355,0 ha (Dinas Kelautan dan Perikanan Provinsi Nusa Tenggara Barat, 2015). Sementara itu, Kabupaten Lombok Barat memiliki potensi perikanan tangkap sebesar 21.474,7 ton/tahun

dan potensi areal budi daya kerang mutiara dan abalone sebesar 5.000,0 ha. Kedua kabupaten tersebut bahkan ditetapkan sebagai kawasan Minapolitan, yaitu ‘suatu bagian wilayah yang mempunyai fungsi utama ekonomi yang terdiri atas sentra produksi, pengolahan, pemasaran komoditas perikanan, pelayanan jasa, dan/atau kegiatan pendukung lainnya’ (Kementerian Kelautan dan Perikanan, 2010; Kementerian Kelautan dan Perikanan, 2011).

Hal menarik yang teramati di perairan Lombok adalah beberapa lokasi budi daya kerang mutiara dan area penangkapan ikan cukup dekat dengan lokasi pelabuhan. Sebagai contoh adalah lokasi penangkapan ikan di Pelabuhan Lembar dan lokasi budi daya kerang mutiara di Teluk Komba. Padahal, dalam Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 51 Tahun 2004 kualitas air laut untuk pelabuhan dan biota laut telah dibedakan. Artinya, aktivitas pelabuhan dan aktivitas penangkapan ataupun budi daya perikanan laut seharusnya tidak dilakukan di lokasi yang sangat berdekatan karena pasti akan memengaruhi kualitas dan kuantitas perikanan hasil penangkapan ataupun budi daya.

Aktivitas pelabuhan dapat memengaruhi kualitas air laut dengan limbah yang dihasilkan di daratan ataupun dari limbah buangan kapal. Limbah buangan kapal bisa berupa limbah cair ataupun gas hasil pembakaran bahan bakar fosil. Limbah cair yang dihasilkan dari kapal dikenal dengan istilah *black water* dan *grey water*. *Black water* merujuk pada limbah yang berasal dari toilet dan fasilitas medis sehingga mengandung bakteri dan zat hara, sedangkan *grey water* merujuk pada limbah yang dihasilkan aktivitas mandi, cuci, dan bersih-bersih sehingga mengandung limbah makanan, minyak dan pelumas, detergen, sampo, pestisida, logam berat, dan lain-lain (Clark, 1986; The Ocean Conservancy, 2002). Sedangkan limbah yang dihasilkan dari pembakaran bahan bakar fosil berupa oksida belerang (SO_x), oksida nitrogen (NO_x), karbon monoksida (CO),

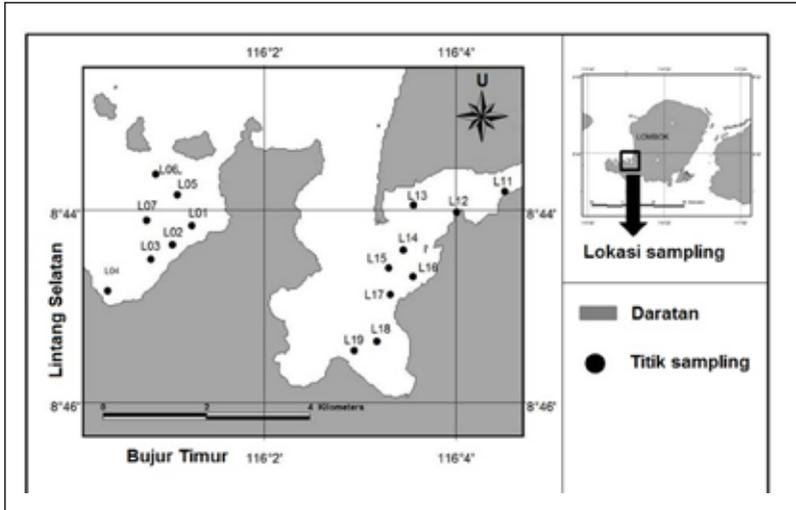
karbon dioksida (CO₂), dan gas ataupun partikulat hidro karbon lainnya (The Ocean Conservancy, 2002).

Tulisan ini membahas pengaruh aktivitas pelabuhan terhadap distribusi senyawa nitrogen anorganik (nitrit, nitrat, dan amonia) di perairan Lombok mengingat nitrogen merupakan salah satu unsur yang terdapat dalam limbah buangan kapal. Jumlah nitrogen yang dihasilkan dalam limbah cair kapal khususnya *black water* mencapai 12–15 g/orang/hari (Huhta *et al.*, 2007). Nitrogen juga merupakan unsur pembatas produktivitas primer di air laut (Maestrini *et al.*, 1999; Larned, 1998) yang tentu secara tidak langsung akan berpengaruh terhadap kelimpahan ikan ataupun hasil budi daya laut. Sebagai contoh, Moullac *et al.* (2013) menyebutkan bahwa ketersediaan pakan (mikroalga) berpengaruh terhadap aktivitas reproduksi kerang mutiara *Pinctada margaritifera*.

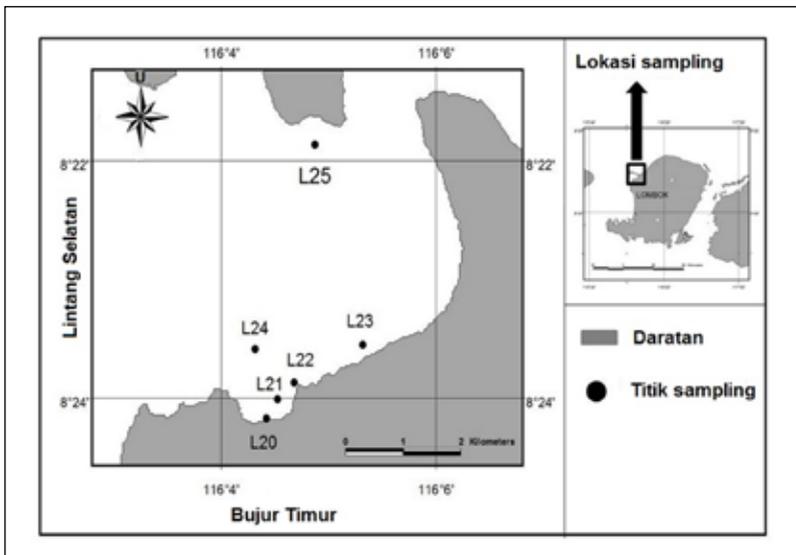
4.2 KONSENTRASI SENYAWA NITROGEN ANORGANIK DI PERAIRAN

Pengamatan distribusi senyawa nitrogen anorganik berupa nitrit, nitrat, dan amonia di perairan Lombok dilakukan pada April 2012. Lokasi yang dipilih adalah Teluk Sekotong, Pelabuhan Lembar, dan Teluk Kombal. Lokasi ini merupakan perairan yang digunakan sebagai daerah tangkapan ikan dan budi daya kerang mutiara. Pemilihan ketiga lokasi ini didasarkan pada perbedaan jarak lokasi bagan penangkapan ikan ataupun lokasi budi daya kerang mutiara dengan pelabuhan.

Lokasi di Pelabuhan Lembar mewakili lokasi penangkapan ikan ataupun budi daya kerang mutiara yang sangat dekat dengan pelabuhan kapal-kapal besar atau sangat dipengaruhi oleh aktivitas pelabuhan. Lokasi di Teluk Kombal mewakili lokasi budi daya kerang mutiara yang dekat dengan pelabuhan kapal-kapal kecil nelayan atau sedikit dipengaruhi aktivitas pelabuhan. Sementara itu, lokasi



Gambar 4.1 Lokasi Pengambilan Sampel Air Laut di Teluk Sekotong dan Pelabuhan Lembar



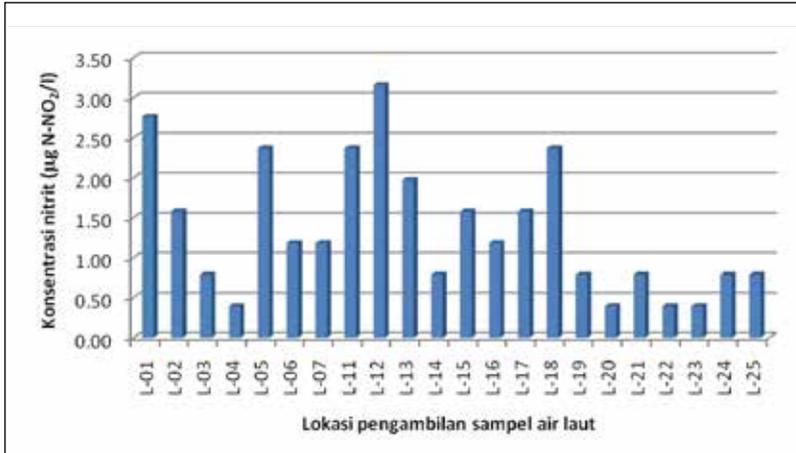
Gambar 4.2 Lokasi Pengambilan Sampel Air Laut di Teluk Kambal

di Teluk Sekotong mewakili lokasi penangkapan ikan ataupun budi daya kerang mutiara yang jauh dari pelabuhan atau tidak dipengaruhi aktivitas pelabuhan. Dengan mengamati distribusi senyawa nitrit, nitrat, dan amonia di tiga lokasi yang memiliki perbedaan jarak dengan pelabuhan, pengaruh aktivitas pelabuhan terhadap distribusi senyawa nitrogen anorganik dapat diketahui.

Sampel air laut lapisan permukaan untuk analisis senyawa nitrit, nitrat, dan amonia dikoleksi dalam botol polietilena volume 500 ml. Sebelum dianalisis, sampel lebih dulu disaring menggunakan kertas saring berbahan nitroselulosa dengan ukuran pori 0,45 μm . Analisis dilakukan kurang dari 12 jam setelah sampel dikoleksi dari lapangan. Analisis dilakukan secara spektrofotometri menggunakan spektrofotometer Shimadzu UV-1201V. Nitrogen (N) dalam bentuk senyawa nitrit (NO_2) dianalisis berdasarkan metode sulfanilamid dalam larutan asam dan nitrogen dalam bentuk senyawa nitrat (NO_3) dianalisis sebagai nitrit setelah direduksi dalam kolom Cd-Cu (Parsons *et al.*, 1984). Sementara itu, amonium dianalisis dengan metode fenol hipoklorit (Solorzano, 1969).

4.2.1 Nitrit

Konsentrasi senyawa nitrit di ketiga lokasi pengamatan (Teluk Sekotong, Pelabuhan Lembar, dan Teluk Kombal) berkisar 0,39–3,16 $\mu\text{g N-NO}_2/\text{l}$ dengan rata-rata 1,35 $\mu\text{g N-NO}_2/\text{l}$ (0,001 ppm). Konsentrasi rata-rata nitrit sebesar itu menunjukkan karakteristik perairan dengan konsentrasi oksigen yang tinggi sesuai dengan informasi Lewis & Morris (1986) yang menyatakan bahwa konsentrasi nitrit di perairan dengan konsentrasi oksigen yang melimpah umumnya kurang dari 0,002 ppm. Hal ini dibuktikan dengan data pengukuran oksigen terlarut yang menunjukkan konsentrasi rata-rata sebesar 6,6 ppm, lebih tinggi daripada baku mutu oksigen dalam air laut untuk biota



Gambar 4.3 Distribusi Senyawa Nitrit di Perairan Teluk Sekotong, Pelabuhan Lembar, dan Teluk Kombal

laut yang dikeluarkan oleh Kementerian Lingkungan Hidup Republik Indonesia (KLH) Nomor 51 Tahun 2004 sebesar 5 ppm.

Konsentrasi rata-rata nitrit yang didapatkan dalam penelitian ini juga sama dengan konsentrasi nitrit yang diperoleh oleh Muchtar (1994) pada September 1993 di perairan Teluk Kuta, Lombok Selatan. Namun, saat itu konsentrasi oksigen yang terukur adalah sebesar 4,97 ppm. Kementerian Lingkungan Hidup Republik Indonesia tidak menetapkan baku mutu untuk nitrit. Namun, dalam *review* yang dipublikasikan Camargo & Alonso (2006) disebutkan bahwa kisaran konsentrasi yang disarankan untuk melindungi biota air yang sensitif terhadap toksisitas nitrit adalah 8–350 µg N-NO₂/l. Jika informasi ini dijadikan acuan, konsentrasi nitrit di perairan Pulau Lombok berada dalam tingkat normal.

Distribusi senyawa nitrit di tiga lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 4.3. Dari grafik tersebut terlihat bahwa senyawa nitrit dengan konsentrasi yang relatif rendah berada di Teluk Kombal sedangkan konsentrasi nitrit di Teluk Sekotong dan Pelabuhan

Lembar secara umum tidak jauh berbeda. Jika aktivitas pelabuhan berpengaruh terhadap distribusi senyawa nitrit, seharusnya konsentrasi nitrit di Teluk Sekotong adalah yang relatif paling rendah karena lokasinya yang tidak berdekatan dengan pelabuhan meskipun di sebelah utara lokasi ini merupakan jalur pelayaran. Faktor biologi berupa aktivitas bakteri nitrifikasi sepertinya lebih berperan terhadap distribusi senyawa ini karena nitrit merupakan senyawa antara dalam reaksi nitrifikasi, yaitu proses oksidasi amonia menjadi nitrat. Selain itu, lokasi antara Teluk Sekotong dan Pelabuhan Lembar yang saling berdekatan memungkinkan keduanya memiliki karakteristik aktivitas biologi yang sama sehingga memiliki konsentrasi nitrat yang relatif serupa.

4.2.2 Nitrat

Konsentrasi nitrat yang terukur di tiga lokasi pengamatan berkisar 13,07–46,45 $\mu\text{g N-NO}_3/\text{l}$. Kisaran konsentrasi nitrat tersebut lebih besar dibandingkan dengan baku mutu nitrat air laut untuk biota laut ataupun wisata bahari sebesar 8 $\mu\text{g N-NO}_3/\text{l}$ (Kementerian Lingkungan Hidup Republik Indonesia, 2004). Namun, konsentrasi tersebut mendekati kisaran konsentrasi nitrat di Teluk Kuta, Lombok Selatan, yang terukur oleh Muchtar (1999) pada Desember 1996 dengan kisaran 12–22 $\mu\text{g N-NO}_3/\text{l}$. Selain itu, konsentrasi nitrat yang tinggi tersebut belum berpotensi memberikan efek toksik bagi biota laut karena toksisitas nitrat untuk biota laut adalah 200 $\mu\text{g N-NO}_3/\text{l}$ (Camargo *et al.*, 2005). Meski demikian, apabila kondisi kimia-fisika lainnya mendukung, konsentrasi nitrat yang tinggi patut diwaspadai karena dapat memicu pertumbuhan fitoplankton ataupun makroalga dalam jumlah besar atau berlebih.

Distribusi senyawa nitrat di tiga lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 4.4. Data ini memberikan gambaran yang jelas bahwa

perairan yang lokasinya semakin dekat dengan aktivitas pelabuhan memiliki konsentrasi nitrat yang semakin tinggi. Hal ini dapat dimengerti mengingat semakin dekat dengan aktivitas pelabuhan maka perairan akan semakin banyak mendapatkan masukan limbah yang mengandung unsur nitrogen, baik limbah yang berasal dari aktivitas di darat maupun dari buangan kapal. Konsentrasi nitrat di Teluk Kambal berada di pertengahan antara konsentrasi nitrat di Pelabuhan Lembar dan Teluk Sekotong karena lokasi pengambilan sampel di Teluk Kambal sangat dekat dengan pelabuhan kapal-kapal kecil nelayan, sehingga meskipun konsentrasi nitrat di perairan ini dipengaruhi oleh aktivitas pelabuhan, pengaruhnya tidak begitu besar.

Jika diperhatikan dengan lebih saksama, terlihat bahwa tidak semua lokasi pengambilan sampel di Pelabuhan Lembar memiliki konsentrasi nitrat yang tinggi. Beberapa di antaranya memiliki konsentrasi yang serupa dengan konsentrasi nitrat di Teluk Sekotong, bahkan lebih rendah dibandingkan dengan konsentrasi nitrat di Teluk Kambal. Hal ini menunjukkan bahwa pengaruh aktivitas pelabuhan

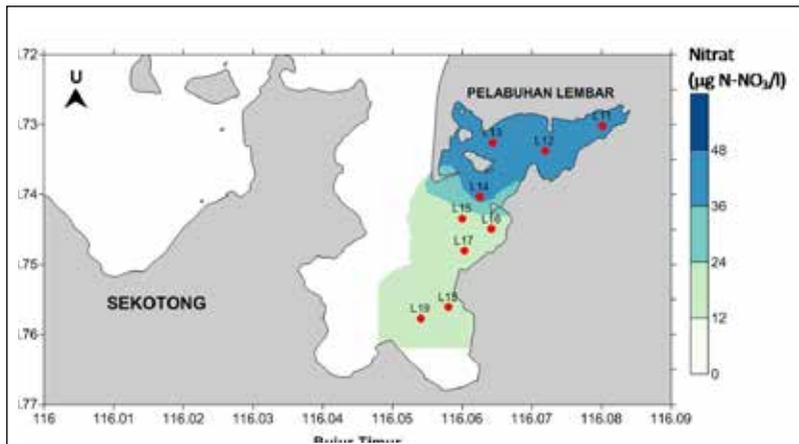


Gambar 4.4 Distribusi Senyawa Nitrat di Perairan Teluk Sekotong, Pelabuhan Lembar, dan Teluk Kambal

terhadap konsentrasi nitrat tidak sampai ke lokasi tersebut. Selain itu, data ini juga semakin menegaskan hipotesis awal bahwa konsentrasi nitrat di perairan akan semakin tinggi dengan semakin dekat jaraknya dengan pelabuhan. Gambar 4.5 memperlihatkan distribusi nitrat di Pelabuhan Lembar.

4.2.3 Amonia

Menurut Koroleff (1976), kadar amonia di perairan yang tidak tercemar dan mengandung banyak oksigen sangat jarang lebih dari $70 \mu\text{g N-NH}_3/\text{l}$. Dalam penelitian ini, konsentrasi amonia di semua lokasi pengamatan berkisar $6,58\text{--}45,75 \mu\text{g N-NH}_3/\text{l}$. Dengan demikian dapat dianalogikan bahwa perairan Teluk Sekotong, Pelabuhan Lembar, dan Teluk Kombal merupakan perairan yang belum tercemar. Konsentrasi amonia yang didapat juga masih berada dalam batasan baku mutu konsentrasi amonia untuk biota laut sebesar $300 \mu\text{g N-NH}_3/\text{l}$ (Kementerian Lingkungan Hidup Republik Indonesia, 2004). Sebagai perbandingan, konsentrasi amonia pada penelitian ini tidak

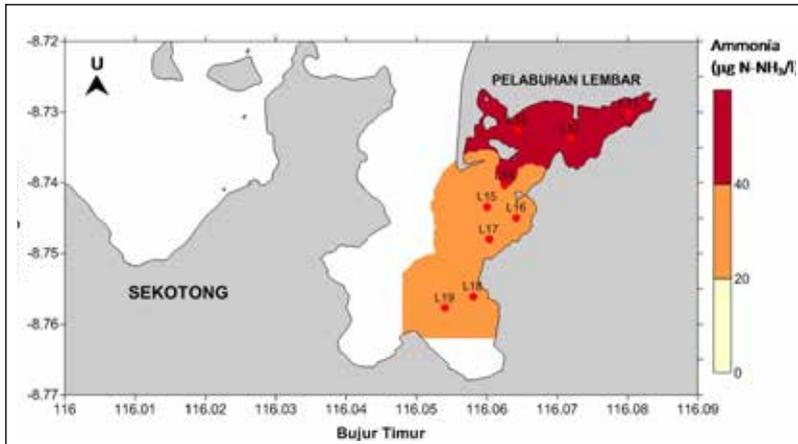


Gambar 4.5 Distribusi Spasial Senyawa Nitrat di Prairan Sekitar Pelabuhan Lembar



Gambar 4.6 Distribusi Senyawa Amonia di Perairan Teluk Sekotong, Pelabuhan Lembar, dan Teluk Kambal

jauh berbeda dengan konsentrasi amonia yang didapat oleh Muchtar (1999) pada Desember 1996 di Teluk Kuta, Lombok Selatan, yaitu $<36 \mu\text{g N-NH}_3/\text{l}$. Konsentrasi amonia di Pelabuhan Lembar paling tinggi dibandingkan dengan dua lokasi lainnya (Gambar 4.6) karena lokasi ini merupakan perairan yang paling rentan tercemar senyawa organik ataupun nitrogen anorganik, tidak terkecuali amonia. Hal ini tidak mengherankan karena di sekitar lokasi ini permukiman penduduk cukup padat dan aktivitas pelabuhan cukup tinggi. Seperti halnya distribusi nitrat, konsentrasi amonia di Pelabuhan Lembar tidak semua tinggi. Beberapa lokasi pengamatan menunjukkan bahwa konsentrasi amoniannya relatif serupa dengan konsentrasi amonia di Teluk Sekotong yang diasumsikan tidak mendapatkan pengaruh aktivitas pelabuhan. Hal ini menunjukkan bahwa pengaruh aktivitas pelabuhan terhadap konsentrasi amonia juga tidak sampai hingga ke lokasi tersebut. Gambar 4.7 memperlihatkan distribusi nitrat di Pelabuhan Lembar.



Gambar 4.7 Distribusi Spasial Senyawa Amonia di Perairan Sekitar Pelabuhan Lembar

Hal yang menarik adalah rendahnya konsentrasi amonia di Teluk Kombal. Lokasi pengambilan sampel di Teluk Kombal dekat dengan pelabuhan kapal-kapal kecil nelayan. Secara teori, perairan ini akan mendapatkan sedikit pengaruh dari aktivitas pelabuhan sehingga seharusnya konsentrasi amonianya lebih tinggi daripada konsentrasi amonia di Teluk Sekotong yang merupakan perwakilan dari perairan yang jauh dari pelabuhan dan diasumsikan tidak mendapatkan pengaruh aktivitas pelabuhan. Namun, pada kenyataannya konsentrasi amonia di Teluk Sekotong lebih tinggi daripada konsentrasi amonia di Teluk Kombal. Sepertinya proses nitrifikasi sangat efektif terjadi di Teluk Kombal, sehingga sebagian besar amonia diubah menjadi nitrat yang pada akhirnya menyebabkan konsentrasi amonia di perairan Teluk Kombal relatif rendah tetapi konsentrasi nitratnya relatif tinggi.

4.3 PENUTUP

Konsentrasi nitrat dan amonia memiliki kecenderungan semakin tinggi dengan semakin dekat jaraknya dari pelabuhan. Aktivitas pelabuhan

dapat meningkatkan konsentrasi senyawa nitrogen anorganik di perairan melalui limbah yang dihasilkan, baik dari kegiatan operasional di darat maupun dari limbah buangan kapal. Pengecualian terjadi untuk konsentrasi amonia di perairan Teluk Kombal. Konsentrasi amonia di perairan yang dekat dengan pelabuhan kapal-kapal kecil nelayan ini lebih rendah dibandingkan dengan konsentrasi amonia di perairan Teluk Sekotong yang jauh dari pengaruh aktivitas pelabuhan. Sepertinya proses nitrifikasi berlangsung sangat efektif di perairan Teluk Kombal sehingga sebagian besar amonia dikonversi menjadi nitrat menyebabkan konsentrasi amonia di perairan Teluk Kombal rendah tetapi konsentrasi nitratnya tinggi.

Secara umum, konsentrasi nitrogen anorganik di perairan Teluk Sekotong, sekitar Pelabuhan Lembar, dan Teluk Kombal, Nusa Tenggara Barat, terbilang normal. Konsentrasi nitrit masih di bawah 0,002 ppm yang menunjukkan karakteristik perairan yang kaya akan oksigen. Konsentrasi amonia masih memenuhi baku mutu air laut untuk biota laut sehingga perairan tersebut masih kondusif untuk lokasi penangkapan ikan ataupun budi daya kerang mutiara. Namun, konsentrasi nitrat terdeteksi lebih tinggi daripada baku mutu, walaupun masih berada dalam kisaran konsentrasi yang didapatkan dalam penelitian serupa di perairan Lombok Selatan sekitar dua dasawarsa sebelumnya. Selain itu, konsentrasi nitrat yang tinggi tersebut juga belum bersifat toksik bagi biota laut.

PERSANTUNAN

Penelitian ini didanai oleh PKPP Ristek tahun 2012. Ucapan terima kasih kami sampaikan kepada Lestari, M.Si. sebagai koordinator tim dan kepada Fitri Budiyanto, S.T. atas iiznnya untuk menggunakan gambar peta lokasi penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Camargo, J. A. & Alonso, A. (2006). Ecological and toxicological effects of inorganic nitrogen pollution in aquatic ecosystems: a global assessment. *Environment International*, 32: 831–849.
- Camargo, J. A., Alonso, A., & Salamanca, A. (2005). Nitrate toxicity to aquatic animals: a review with new data for freshwater invertebrates. *Chemosphere*, 58: 1.255–1.267.
- Clark, R. B. (1986). *Marine Pollution*. Oxford: Clarendon Press.
- Dinas Kelautan dan Perikanan Provinsi Nusa Tenggara Barat. (2015). Dokumen laporan statistik. Dari <http://dislutkan.ntbprov.go.id/dokumen-statistik>, diakses 21 April 2016.
- Huhta, H-K., Rytkönen, J., & Sassi, J. (2007). *Estimated nutrient load from waste waters originating from ships in the Baltic Sea area*. VTT Tiedoteita-Research Notes 2370. VTT. Espoo.
- Kementerian Kelautan dan Perikanan. (2010). Keputusan Menteri Kelautan dan Perikanan Republik Indonesia Nomor KEP.32/MEN/2010 tentang Penetapan Kawasan Minapolitan. Dari [http://www.djpb.kkp.go.id/download/KEPMEN%202010-32%20ttg%20 Penetapan%20 Kawasan%20Minapolitan.pdf](http://www.djpb.kkp.go.id/download/KEPMEN%202010-32%20ttg%20Penetapan%20Kawasan%20Minapolitan.pdf), diakses 23 Juni 2014.
- Kementerian Kelautan dan Perikanan. (2011). Keputusan Menteri Kelautan dan Perikanan Republik Indonesia Nomor KEP.18/MEN/2011 tentang Pedoman Umum Minapolitan. Dari [http://www.djpb.kkp.go.id/download/KEPMEN%202011-18%20ttg%20Pedoman%20 Umum%20 Minapolitan.pdf](http://www.djpb.kkp.go.id/download/KEPMEN%202011-18%20ttg%20Pedoman%20Umum%20Minapolitan.pdf), diakses 23 Juni 2014.
- Kementerian Lingkungan Hidup Republik Indonesia. (2004). Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 51 Tahun 2004 tentang Baku Mutu Air Laut. *Himpunan Peraturan di Bidang Pengelolaan Lingkungan Hidup dan Penegakan Hukum Lingkungan*. KLH, Jakarta. Hlm. 823–831.

- Koroleff, F. (1976). Determination of ammonia. Grasshoff, K. (Ed.) *Methods of Seawater Analysis*. Verlag chemie, Weinheim and New York. Hlm. 126–133.
- Larned, S. T. (1998). Nitrogen-versus phosphorus-limited growth and sources of nutrients for coral reef macroalgae. *Marine Biology*, 132: 409–421.
- Lewis, W. M. & Morris D. P. (1986). Toxicity of nitrite to fish: a review. *Transactions of the American Fisheries Society*, 115: 183–195.
- Maestrini, S. Y., Balode, M., Bechemin, C., Purina I., & Botva, U. (1999). Nitrogen as the nutrient limiting the algal growth potential, for summer natural assemblages in the Gulf of Riga, eastern Baltic Sea. *Plankton Biol. Ecol.*, 46(1): 1–7.
- Moullac, G. L., Soyez, C., Sham-Koua, M., Levy, P., Moriceau, J., Vonau, V., ... & Cochard, J. C. (2013). Feeding the pearl oyster *Pinctada margaritifera* during reproductive Conditioning. *Aquaculture Research*, 44(3): 404–411.
- Muchtar, M. (1994). Karakteristik dan sifat-sifat kimia padang lamun di Lombok Selatan. Kiswara, W., Moosa, M. K., & Hutomo, M. (Eds.) *Struktur Komunitas Biologi Padang Lamun di Pantai Selatan Lombok dan Kondisi Lingkungannya*. Jakarta: Puslitbang Oseanologi LIPI.
- Muchtar, M. (1999). Zat hara dan kondisi fisik Teluk Kuta, Lombok. Soemodihardjo, S., Arinardi, O. H., & Aswandy, I. (Eds.) *Dinamika Komunitas Biologis pada Ekosistem Lamun di Pulau Lombok, Indonesia*. Jakarta: Puslitbang Oseanologi LIPI.
- Parsons, T. R., Maita, Y., & Lalli, C. M. (1984). *A manual of chemical and biological methods for seawater analysis*. Oxford: Pergamon Press.
- Solorzano, L. (1969). Determination of ammonia in natural water by the phenylhypochlorite method. *Limnol. Oceanogr.*, 14: 799–801.
- The Ocean Conservancy. (2002). *Cruise control: A report of on how cruise ships affect the marine environment*. Washington DC: The Ocean Conservancy.

BAB V

KUALITAS PESISIR LOMBOK BARAT DARI SEGI TOKSISITAS, DALAM KAITANNYA SEBAGAI KAWASAN BUDI DAYA

5.1 PENDAHULUAN

Lombok merupakan salah satu daerah pengembangan budi daya seperti mutiara dan lobster. Kegiatan budi daya dapat membawa sisi negatif dan positif bagi kehidupan manusia. Dampak positifnya adalah terpenuhinya kebutuhan masyarakat, baik pangan maupun ekonomi sedangkan dampak negatif dari kegiatan budi daya seperti penggunaan obat, penyubur (*fertilizer*), dan pakan dapat menurunkan kualitas lingkungan pesisir contohnya di pesisir Lombok Barat, Sekotong, dan Lembar. Selain itu, pesatnya kegiatan di daratan, baik aktivitas pelabuhan, industri, maupun aktivitas domestik di wilayah ini juga dapat memberi tekanan negatif pada kawasan pesisir dan memengaruhi kualitas lingkungan. Oleh karena itu, pemantauan kualitas pesisir Lombok Barat penting dilakukan secara kontinu. Pemantauan (*monitoring*) kualitas lingkungan tidak hanya cukup dilakukan dengan mengukur kadar air tetapi juga perlu dilakukan di sedimen. Hal ini sejalan dengan penelitian *monitoring* lingkungan di Indonesia yang juga mengalami perkembangan dari waktu ke waktu. Pada periode 1970–1990, *monitoring* kontaminasi difokuskan pada pengukuran konsentrasi logam berat di air laut, pada 1990–2000

penelitian berkembang ke arah pengukuran konsentrasi di biota dan sedimen, dan pada 2000 hingga sekarang penelitian difokuskan pada metode pengujian (*bioassay*) dan geokimiawi dari logam (Arifin *et al.*, 2012). Mengacu pada perkembangan penelitian itu, *monitoring* kualitas pesisir Lombok Barat menitikberatkan pada aspek *bioassay* sedimen dan didukung oleh data pengukuran logam dalam sedimen. Tujuan penelitian ini adalah mengkaji kualitas sedimen Lombok Barat ditinjau dari aspek toksisitasnya terhadap pertumbuhan fitoplankton, *Chaetoceros gracilis*.

5.2 TOKSISITAS SEDIMEN TERHADAP MIKROALGA

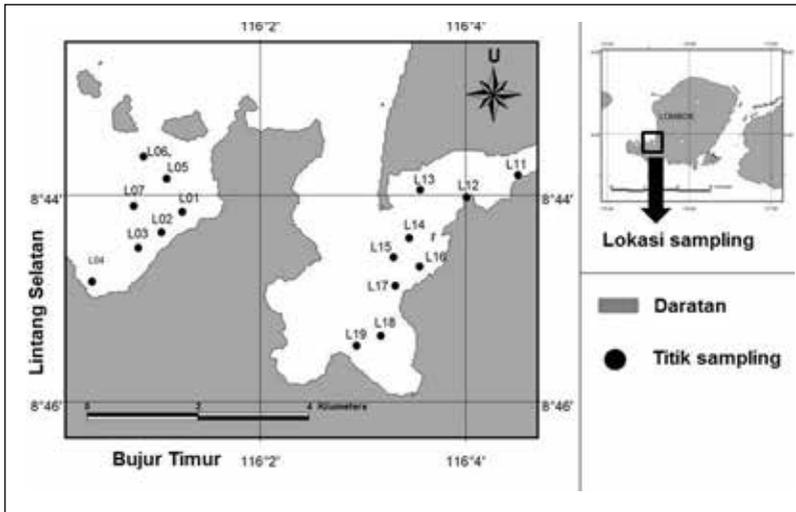
Sedimen suatu perairan dapat berperan sebagai perekam atau penyimpan kontaminan dalam lingkungan perairan. Selain itu, sedimen merupakan habitat bagi banyak organisme bentik dan epibentik (CCME, 1995). Adanya pengadukan dari faktor arus dan *upwelling* menyebabkan zat-zat yang terikat dalam sedimen dapat terlepas dan memengaruhi biota yang ada, baik yang bersifat bentik maupun planktonik. Oleh karena itu, kajian kesehatan sedimen penting dilakukan untuk menilai kesehatan sedimen pesisir Lombok Barat untuk mendukung kegiatan budi daya.

American Standard for Testing Material mengembangkan sebuah metode pengujian (*bioassay*) untuk menilai kesehatan sedimen pesisir terhadap biota tertentu, seperti bivalvia dan fitoplankton. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah *sediment elutriate method*, yaitu pengujian menggunakan air dari bagian atas campuran sedimen-air yang telah diendapkan dalam waktu tertentu terhadap mikroalga (ASTM, 2006). *Bioassay* sedimen dapat digabungkan dengan metode lain, misal pengukuran kontaminan logam berat dalam sedimen untuk mengevaluasi kesehatan sedimen di suatu lokasi, seperti yang telah dilakukan di Teluk Kelabat, Bangka (Hindarti *et al.*, 2008; Puspitasari

& Hindarti, 2009), pesisir Cirebon (Puspitasari, 2011a; Puspitasari 2011b), dan Teluk Jakarta (Hindarti *et al.*, 2010).

Mikroalga adalah komponen produsen dari ekosistem akuatik yang memproduksi oksigen dan substansi organik melalui proses fotosintesis yang sangat dibutuhkan bagi organisme lainnya, antara lain ikan dan invertebrata (Berard, 1996). Mikroalga berperan penting dalam keseimbangan ekosistem akuatik karena berada pada tingkat pertama dalam rantai makanan yang memproduksi bahan organik dan oksigen melalui fotosintesis. *Chaetoceros gracilis* merupakan genus dengan anggota terbanyak dari kelas Bacillariophyceae yang berperan sebagai produsen primer serta merupakan makanan penting bagi biota lain terutama udang (Panggabean, 1997). Jenis diatom ini dapat digunakan sebagai bioindikator pencemaran air karena mampu bertahan di perairan tercemar. Hal ini disebabkan diatom ini memiliki kemampuan melekat pada substrat lebih baik daripada mikroalga lain. Kemampuan melekat disebabkan diatom memiliki material berupa lendir atau organel berupa *setae* (Aunurohim *et al.*, 2008).

Sampel sedimen diambil dari pesisir Lombok Barat sebanyak 7 titik di daerah Sekotong dan 9 di daerah Pelabuhan Lembar. Budi daya yang utama di wilayah ini adalah pembesaran ikan kerapu dan pembesaran kerang mutiara. Sampel sedimen diambil menggunakan Grab *Smith Mc-Intyre* 0,05 m² sebanyak 3 kali ulangan untuk setiap stasiun. Sampel sedimen dicuplik dari lapisan permukaan kemudian diambil sedimen lapisan atas setebal 1–5 cm, dikomposit dan dimasukkan dalam botol 1 L sesuai dengan standar. Sampel sedimen disimpan dalam suhu 4°C dalam keadaan gelap sampai saat dilakukan pengujian toksisitas (ASTM, 2006). Jika terdapat kandungan bahan toksik yang berbahaya di dalam sedimen, pertumbuhan *C. gracilis* akan terganggu ditandai dengan adanya penghambatan pertumbuhan dan rata-rata jumlah selnya akan berkurang dibandingkan dengan jumlah sel pada kontrol.



Gambar 5.1 Lokasi Penelitian di Pesisir Lombok Barat, yaitu Sekotong dan Lembar

Kultur murni *C. gracilis* berumur 4 hari diperoleh dari laboratorium Marikultur-Puslit Oseanografi LIPI. Sedimen ditimbang sebanyak 18 gram kemudian diaduk kira-kira 10 detik dengan 900 ml air laut yang sudah disaring dengan kertas saring ukuran $0,45 \mu\text{m}$ dan disteril dengan autoklaf. Campuran dibiarkan 4 jam sampai sedimen mengendap, dan lapisan atas (*overlying water*) diambil sebanyak 100 ml untuk uji toksisitas sedimen dan dimasukkan ke erlenmeyer 250 ml. Larutan kontrol sedimen dan kontrol kadmium disiapkan dan berisi air laut steril saja. Larutan toksikan acuan kadmium disiapkan dengan volume yang sama (100 ml). Kemudian 1 ml larutan kultur *C. gracilis* dengan kepadatan satu juta sel/ml diinokulasikan ke dalam erlenmeyer berisi 100 ml larutan uji, sehingga kepadatan sel menjadi 10.000 sel/ml. Setiap perlakuan memiliki tiga pengulangan. Lama pemaparan dengan kadmium dan sedimen adalah 96 jam. Titik akhir pengamatan adalah pertumbuhan (jumlah sel) diatom pada perlakuan dibandingkan dengan kontrol setelah 96 jam yang dihitung dengan

haemocytometer. Uji dianggap valid apabila jumlah sel pada kontrol mencapai 2×10^5 sel/ml (ASTM, 2006).

Nilai persentase penghambatan/*inhibition* (I) dan stimulasi (S) dari rata-rata jumlah sel tiap perlakuan (P) dibandingkan dengan rata-rata jumlah sel pada kontrol air laut (K) setelah 96 jam pemaparan dihitung berdasarkan persamaan berikut:

$$I = \frac{K - P}{K} \times 100\% \dots\dots\dots(1)$$

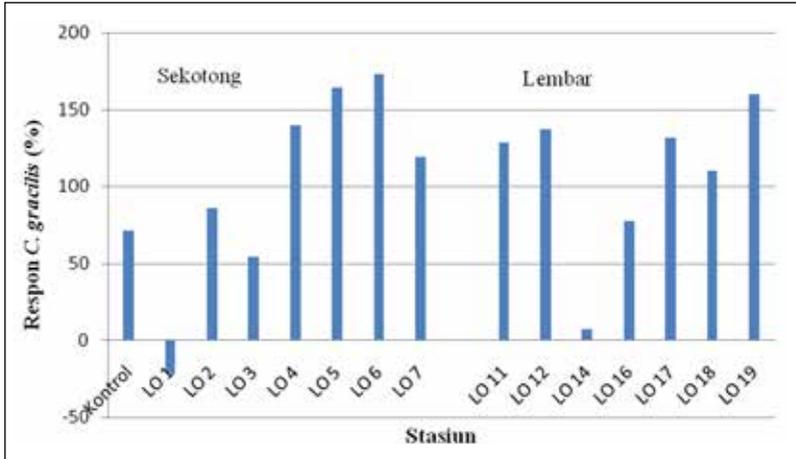
$$S = \frac{P - K}{K} \times 100\% \dots\dots\dots(2)$$

Parameter kualitas air yang dipantau selama uji adalah oksigen terlarut yang diukur menggunakan DO meter YSI 55, salinitas menggunakan refraktometer, pH dan suhu menggunakan pH meter Eijkelkamp.

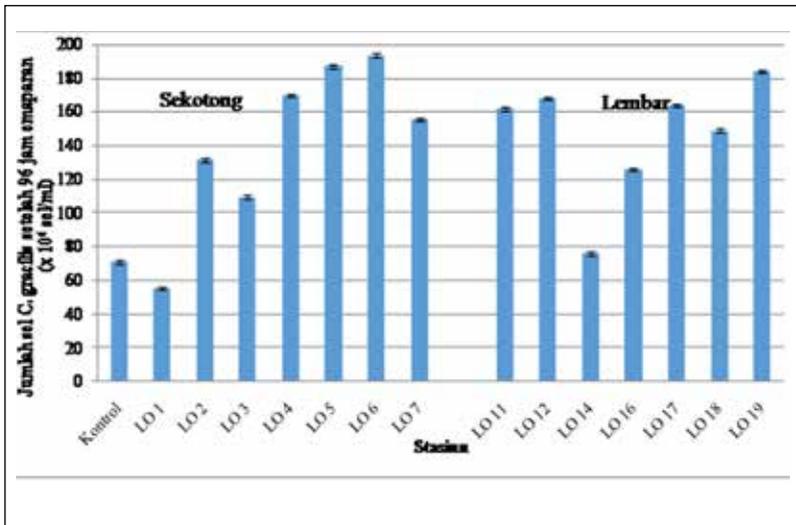
Untuk memenuhi kriteria validitas uji, jumlah sel *C. gracilis* pada kontrol harus mencapai jumlah minimum 2×10^5 sel/ml. Pengujian ini memenuhi kriteria tersebut dengan jumlah sel pada kontrol mencapai $7,09 \times 10^5$ sel/ml. Hal ini untuk memastikan bahwa biota uji yang digunakan dalam kondisi normal dan layak uji sehingga respons yang terukur dapat dipercaya.

Berikut ini adalah rata-rata sel *C. gracilis* hasil pemaparan dengan sedimen pesisir Sekotong dan Lembar, Lombok Barat.

Secara umum, sebagian besar wilayah Lombok Barat, baik di Sekotong maupun Lembar masih menunjukkan stimulasi pertumbuhan fitoplankton (Gambar 5.2), artinya ada peningkatan jumlah sel *C. gracilis* setelah dipaparkan dengan sedimen selama 96 jam (Gambar 5.3). Kondisi abnormal dijumpai di stasiun L01 berupa penghambatan pertumbuhan dan di stasiun L14 (Gambar 5.2) berupa kondisi



Gambar 5.2 Respons fitoplankton *C. gracilis* terhadap pemaparan sedimen yang diambil dari tiap stasiun. Respons fitoplankton dapat berupa stimulasi pertumbuhan (nilai positif) ataupun penghambatan pertumbuhan (nilai negatif) dari *C. gracilis*.



Gambar 5.3 Jumlah sel rata-rata *C. gracilis* hasil pemaparan sedimen Lombok Barat. Sebagian besar menunjukkan peningkatan pertumbuhan dibanding kontrolnya (n = 3).

pertumbuhan fitoplankton yang tidak optimal dibandingkan dengan kondisi normal (kontrolnya). Hal ini dapat disebabkan oleh kondisi sedimen setempat yang dipengaruhi berbagai faktor, seperti curah hujan, buangan kontaminan dari daratan, arah dan pola arus yang mengakibatkan pengadukan sedimen, dan terlepasnya komponen-komponen dalam sedimen termasuk kontaminan. Oleh karena itu, perlu dilakukan *monitoring* berkala pada setiap musim untuk dapat memastikan status dan pengaruh sedimen terhadap fitoplankton secara menyeluruh.

Pertumbuhan fitoplankton selama pemaparan di laboratorium sangat bergantung pada komposisi sedimen yang diuji. Adapun komposisi sedimen di suatu lokasi sangat dipengaruhi oleh kandungan kontaminan di sedimen dan air. Pengadukan dan turbulensi dapat menyebabkan lepasnya kontaminan dalam sedimen serta memengaruhi kolom air dan organisme yang hidup di dalamnya seperti fitoplankton. Kadar logam berat (Cd, Cu, Pb, Zn, dan Hg) dan pestisida organoklorin terlarut di Sekotong dan Lembar pada 2012 masih memenuhi baku mutu air laut untuk biota laut tahun 2004 dari KMNLH. Konsentrasi logam Cu, Pb, dan Cd dalam sedimen juga masih berada di bawah baku mutu sedangkan logam Hg dan Zn melewati ambang batas yang ditetapkan oleh Selandia Baru dan Kanada (Lestari *et al.*, 2012).

Nilai IC_{50} 96 jam merkuri terhadap *Odontella mobiliensis* Bailey yang telah diteliti oleh Veerapandiyan *et al.* (2012) sebesar 28,59 $\mu\text{g/L}$. Nilai ini menunjukkan bahwa pada konsentrasi merkuri 28,59 $\mu\text{g/L}$ maka populasi diatom akan berkurang sebanyak 50%-nya. Konsentrasi merkuri terlarut di Lombok berkisar 1,2–1,7 $\mu\text{g/L}$ tetapi di dalam sedimen sudah mencapai 0,3–0,45 mg/L di beberapa lokasi (Lestari *et al.*, 2012). Ditinjau dari sifat *C. gracilis* yang bersifat planktonik, tergantung arus, dan lebih banyak berinteraksi di kolom air, kadar merkuri terlarut tentu lebih besar pengaruhnya diband-

ingkan dengan kadar merkuri dari sedimen. Pengadukan sedimen dapat menyebabkan lepasnya partikel merkuri dalam sedimen dan berpotensi meningkatkan kadar merkuri terlarut. Pada penelitian ini kadar merkuri terlarut di air belum memengaruhi pertumbuhan diatom, *C. gracilis*.

Selain itu, hasil analisis parameter *in situ* meliputi kecerahan, kekeruhan, suhu, pH, salinitas, dan oksigen terlarut di lokasi yang sama masih menunjukkan kondisi alami. Konsentrasi amoniak, fosfat, dan detergen dalam air laut masih berada di bawah baku mutu, sedangkan nitrat telah melewati baku mutu air laut dari KMNLH No. 51 Tahun 2004 (Lestari *et al.*, 2012). Nitrat, sebagai salah satu faktor pembatas kelimpahan fitoplankton, juga terukur tinggi di daerah ini. Faktor penyumbang nitrat ke badan perairan dapat berasal dari penggunaan *fertilizer* (pupuk) dalam kegiatan budi daya. Ancaman yang dapat terjadi adalah pengayaan nutrien yang berasal dari penguraian bahan organik yang tinggi. Di dalam penelitian yang sama juga ditemukan foraminifera, *Ammonia beccarii* di daerah Lembar yang memperkuat terjadinya pengkayaan nutrien di Lombok Barat. *A. beccarii* merupakan jenis yang ditemukan secara luas di perairan yang telah mengalami eutrofikasi, contohnya Teluk Jakarta (Lestari *et al.*, 2012). Ancaman yang dapat terjadi dari eutrofikasi adalah turunnya kadar oksigen terlarut (*hypoxia*) yang bisa menyebabkan kematian hewan-hewan budi daya.

4.3 PENUTUP

Hasil pemaparan sedimen Lombok Barat di laboratorium menunjukkan efek positif berupa penambahan jumlah sel dalam 96 jam pemaparan, artinya fitoplankton *C. gracilis* masih dapat tumbuh dengan baik dalam kondisi sedimen tersebut. Hal ini mengindikasikan bahwa kandungan bahan-bahan dalam sedimen belum memengaruhi

pertumbuhan *C. gracilis* dalam penelitian ini. Dengan demikian, ketersediaan fitoplankton sebagai produsen perairan dan sumber pakan alami bagi biota masih terpenuhi. Selain itu, Sekotong dan Lembar masih dapat dikembangkan menjadi kawasan budi daya.

PERSANTUNAN

Kegiatan ini didanai oleh PKPP Ristek tahun 2012. Ucapan terima kasih kami sampaikan kepada Lestari, M.Si. sebagai koordinator tim dan kepada Fitri Budiyanto, S.T. atas izinnya menggunakan gambar peta lokasi penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Arifin, Z. R. Puspitasari & Miyazaki, N. (2012). Heavy metals contamination in Indonesian coastal marine ecosystem: A historical perspective. *Journal Coastal Marine Research* 35(1): 227–233.
- Aunurohlim, D. S. & Yanthi, D. (2008). *Fitoplankton penyebab harmful Algae blooms (HABs) di Perairan Sidoarjo*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh November.
- ASTM. (2006). *Standard guide for conducting 10-day static sediment toxicity tests with marine and estuarine amphipods*. ASTM E 1367-03. West Conshohocken, PA, USA: American Society for Testing and Materials.
- Berard, A. (1996). Effect of organic four solvents on natural phytoplankton assemblages: Consequences for ecotoxicological experiments on herbicides. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 57: 183–190.
- Canadian Council Ministry of the Environment. (1995). Protocol for derivation of Canadian sediment quality guidelines for the protection of aquatic life. *Report CCME-EPC 98 E*. Ottawa: Environmental Canada.
- Hindarti, D., Arifin, Z., Puspitasari, R., & Rochyatun, E. (2008). Sediment contaminants and their toxicity in Kelabat Bay, Bangka Belitung Province, Indonesia. *Mar. Res. in Indonesia.* 33(1): 203–212.

- Hindarti, D., Puspitasari, R., & Arifin, Z. (2010). Preliminary study the response of amphipod, *Grandidierella sp.* to contaminated sediment of Jakarta Bay. *Mar. Res. In Indonesia*, 35(2): 31–37.
- KMNLH. (2004). Keputusan Menteri Negara dan Lingkungan Hidup No. 51 tentang Baku Mutu Air Laut untuk Kehidupan Biota Laut.
- Lestari, Rositasari, R., Fahmi, Munawir, K., & Puspitasari, R. (2012). Identifikasi Kualitas Lingkungan untuk Menunjang Budidaya Biota Laut di Perairan Lombok, Nusa Tenggara Barat. Jakarta: Pusat Penelitian Oseanografi-LIPI.
- Puspitasari, R. & Hindarti, D. (2009). Korelasi antara logam berat dalam sedimen dan toksisitasnya terhadap diatom, *Chaetoceros gracilis*. *Oseanologi dan Limnologi di Indonesia*, 35(2): 131–149.
- Puspitasari, R. (2011a). Aspek toksisitas sedimen Pesisir Cirebon terhadap abnormalitas larva kerang hijau *Perna viridis*. *Oseanologi dan Limnologi di Indonesia*, 37(2): 235–245.
- Puspitasari, R. (2011b). Uji toksisitas sedimen Cirebon terhadap pertumbuhan diatom planktonik *Chaetoceros gracilis*. *Segara*, 7(1): 57–64.
- Panggabean, L. M. G. (1997). *Toxicity of hexavalent chromium and cadmium to green mussels (Perna viridis) embryo*. Pp. X-38-43. Dalam Vigers, G. A, Ong, K. S., McPherson, C., Millson, N., Watson, I., & Tang, A. (Eds.). *ASEAN Marine Environmental Management: Quality Criteria and Monitoring for Aquatic Life and Human Health Protection*. Prosiding untuk ASEAN-Canada Technical Conference on Marine Science (24–28 Juni 1996), Penang, Malaysia. EVS Environment Consultants, North Vancouver and Departement of Fisheries Malaysia.
- Setyono, D. E. (2010). Potensi pengelolaan dan pemanfaatan kawasan pesisir dan pulau-pulau kecil di Provinsi Nusa Tenggara Barat. *Disampaikan pada acara wisuda sarjana XXIII Universitas 45 Mataram*, Rabu, 29 Desember 2010.
- Veerapandiyan, N., Karthikeyan, P., Manimaran, K., Ashokkumar, S., Sampathkumar, P. & Ashokprabu, V. (2012). Toxicity of mercury on marine diatom, *Odontella Mobilienis* Bailey. *Asian Journal of Biochemical and Pharmaceutical Research*. Issue 2, 2: 140–147.

BAB VI

DISTRIBUSI LOGAM BERAT TERLARUT DI PERAIRAN LOMBOK BERDASARKAN PERBEDAAN AKTIVITAS ANTROPOGENIK

6.1 PENDAHULUAN

Aktivitas antropogenik merupakan salah satu faktor yang menyebabkan perubahan lingkungan perairan (Wadajanti *et al.*, 2004; Rochyatun & Rozak, 2007; Elliot & Quintino, 2007). Salah satu aktivitas antropogenik adalah pembuangan limbah berbahaya seperti logam berat (Lestari & Edward, 2004). Logam berat dapat masuk ke perairan laut melalui berbagai cara. Pembuangan langsung bahan yang mengandung logam berat ataupun *input* dari sungai menjadi faktor penting yang memengaruhi kelimpahan logam berat di perairan (Adams, 2010). Logam seperti merkuri ataupun timbal dapat masuk ke perairan melalui desposisi logam dari atmosfer ke permukaan air laut ataupun presipitasi melalui air hujan (Gutierrez-Galindo *et al.*, 2007; Luoma & Rainbow, 2008). Jarak perairan dengan pusat aktivitas antropogenik akan berpengaruh pada kelimpahan logam dalam perairan. Semakin dekat dengan pusat aktivitas biasanya akan memiliki konsentrasi logam yang semakin tinggi (Edwards *et al.*, 2001).

Dalam lingkungan perairan, logam berat dapat berada di fase terlarut dalam air, terserap dalam *suspended particle* ataupun terikat

dalam sedimen (Canli & Atli, 2003). Dalam fase terlarut, logam berat dapat terserap ke dalam tubuh organisme melalui permukaan kulit, melalui organ pernapasan seperti insang ikan, ataupun melalui serapan di organ pencernaan (Luoma & Rainow, 2008). Masuknya logam berat ke dalam tubuh ini bergantung pada jenis logam itu. Selain itu, tingkat toksisitas logam berat dipengaruhi oleh banyak faktor. Selain spesiasi logam, kondisi fisika-kimia seperti pH dan salinitas memengaruhi tingkat toksisitas logam (Eggleton & Thomas, 2004).

Logam berat memiliki karakter unik, yaitu dapat mengalami bioakumulasi dalam tubuh organisme dan biomagnifikasi ke rantai makanan (Turkmen *et al.*, 2005). Karakter ini menyebabkan predator yang berada di tingkat tropik paling atas berpotensi memiliki konsentrasi logam berat yang tinggi (Romeo *et al.*, 1999). Mekanisme ini akan berdampak besar pada manusia sebagai konsumen tingkat atas yang menjadikan makanan laut sebagai bagian dari diet hariannya (Dural *et al.*, 2007).

Perairan Lombok menyimpan banyak potensi luar biasa yang dapat digali, seperti di bidang pariwisata dan budi daya perikanan. Selain dari pariwisata dan budi daya, Lombok juga memiliki kekayaan mineral seperti emas (BPS, 2012). Meski demikian, berdasarkan pemantauan di lapangan, penambangan emas masih dilakukan secara tradisional dan sporadis oleh masyarakat. Pengelolaan limbah buangan hasil pemurnian emas ini menjadi perhatian dalam kesehatan lingkungan. Penambangan tradisional tersebut ditengarai masih menggunakan merkuri dalam proses amalgamasi emas sedangkan limbah yang masih banyak mengandung merkuri langsung dibuang ke perairan tanpa melewati pengolahan lebih dulu. Metode penambangan ini dikhawatirkan merusak perairan. Oleh karena itu, penelitian ini ditujukan untuk mengetahui distribusi logam berat merkuri (Hg), kadmium (Cd), dan timbal (Pb) terlarut di perairan Lombok

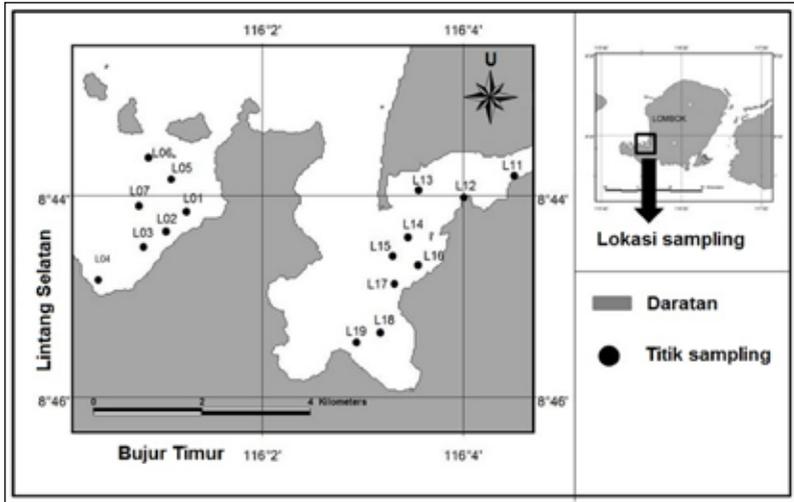
kemudian menilai status kesehatan perairan ditinjau dari parameter logam tersebut.

Logam Cd dan Pb dipilih sebagai parameter yang diukur karena lokasi aktivitas antropogenik, seperti pelabuhan dan perkotaan, ditemukan di perairan Lombok bagian barat. Logam Cd dan Pb secara alami ada dalam bahan bakar minyak. Dalam pembakaran bahan bakar tersebut logam berat akan dilepaskan ke lingkungan (Darmono, 2005). Penambangan emas tradisional yang banyak di perairan Lombok berpotensi memberikan masukan logam Hg yang tinggi ke perairan, sehingga distribusi ketiga logam tersebut perlu diketahui.

Deskripsi lokasi penelitian

Pengambilan sampel air laut untuk pengukuran logam berat Hg, Cd, dan Pb dilakukan April 2012. Sampel air laut diambil sebanyak satu kali di setiap stasiun kecuali beberapa titik diambil dua kali sebagai duplikasi. Area pengambilan sampel air laut dibagi menjadi tiga lokasi dan penentuan titik pengambilan sampel menggunakan *global positioning system* (GPS). Area pengambilan sampel tersebut adalah:

- Teluk Sekotong mewakili area perairan Lombok bagian barat. Secara geografis area penelitian dibatasi pada posisi 8°43'38" LS s.d. 8°44'51" LS dan 116°0'40" BT s.d. 116°1'33" BT. Sebanyak 7 titik pengambilan sampel dipilih di area ini, mulai dari L01–L07 (Gambar 6.1). Area ini digunakan masyarakat untuk area budi daya dan area perikanan tangkap. Akan tetapi, di area ini juga masyarakat melakukan penambangan emas tradisional.
- Pelabuhan Lembar berada di sebelah timur Teluk Sekotong dan area penelitian dibatasi pada 8°43'49" LS s.d. 8°45'28" LS dan 116°3'15" BT s.d. 116°4'49" BT. Pengambilan sampel air laut



Gambar 6.1 Area Pengambilan Sampel Air Laut di Teluk Sekotong dan Pelabuhan Lembar

dilakukan di 9 titik, mulai dari L11–L19 (Gambar 6.1). Area ini lebih berfungsi sebagai area pelabuhan tetapi pengamatan di lapangan menunjukkan masih aktifnya perikanan tangkap di area ini, dibuktikan dengan masih banyaknya bagan.

Sampel air laut dikoleksi menggunakan *Van dorn water sampler*. Satu liter air laut disaring menggunakan kertas saring *whatmann* ukuran pori 0,45 μm . Kemudian filtrat yang didapat dipisah menjadi dua bagian. Setengah liter untuk analisis merkuri dan sisanya untuk analisis Cd dan Pb. Selama di lapangan, air laut yang akan digunakan untuk pengujian merkuri ditambahkan larutan $\text{KMnO}_4\text{-H}_2\text{SO}_4$, sedangkan air laut untuk analisis Cd dan Pb diasamkan dengan HNO_3 hingga pH kurang dari 2.

Analisis Hg terlarut mengadopsi metode SNI 19-6964.2-2003. Sampel air laut didestruksi dengan $\text{H}_2\text{SO}_4\text{-HNO}_3\text{-KMnO}_4\text{-K}_2\text{S}_2\text{O}_8$

dengan pemanasan di atas *water bath* pada suhu 90°C. Pengukuran sampel menggunakan alat serapan atom tanpa nyala secara uap dingin tipe varian jenis SpectrAA 20 yang direduksi dengan SnCl₂. Untuk menjamin proses analisis, semua alat yang digunakan direndam dalam HNO₃ (1:1) selama 24 jam kemudian dibilas dengan air suling.

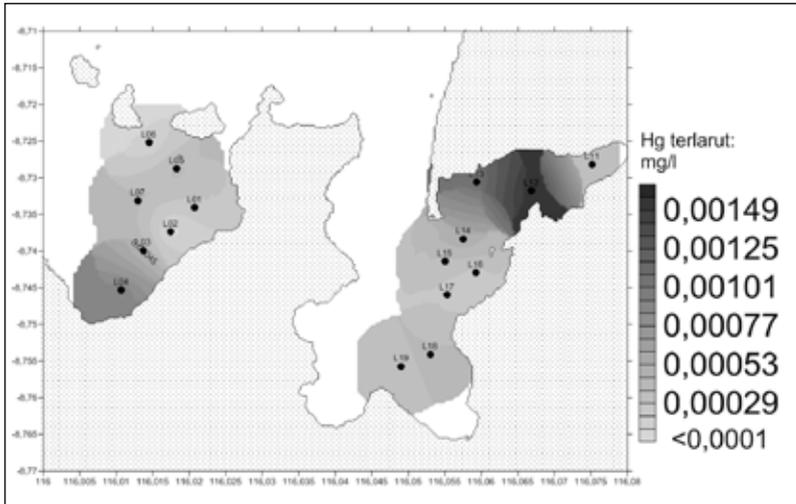
Air laut untuk analisis Cd dan Pb diekstraksi menggunakan bahan kimia organik dan anorganik. Sebanyak 250 ml air laut pada pH 3 yang telah ditambah 2,5 ml APDC (amonium pirolidin ditiokarbamat) 4% dan 25 ml MIBK (metil isobutil keton) dikocok selama 5 menit. Fase organik yang terpisah dibilas dengan 10 ml akuades. Setelah terpisah, fase organik ditambah 0,25 ml HNO₃ pekat dan 9,75 ml akuades. Logam berat dalam fase anorganik dianalisis menggunakan FAAS Varian spectrAA 20 dengan nyala campuran udara-asetilen. Semua peralatan gelas dan polietilen yang digunakan selama proses analisis direndam dalam HNO₃ (1:1) selama 24 jam sebelum digunakan (Magnusson & Westerlund, 1981; Standard Methods, 1992).

6.2 KONSENTRASI DAN PENYEBARAN

6.2.1 Distribusi Hg terlarut

Distribusi merkuri terlarut sangat variatif dengan konsentrasi tertinggi ditunjukkan di Pelabuhan Lembar (0,0016 mg/l). Konsentrasi Hg terlarut di Pelabuhan Lembar berada di kisaran 0,0003 mg/l hingga 0,0016 mg/l. Sementara itu, Teluk Sekotong menunjukkan konsentrasi Hg terlarut yang paling rendah, yaitu berada pada kisaran <0,0001 mg/l hingga 0,0009 mg/l.

Distribusi Hg terlarut di Teluk Sekotong menunjukkan pola yang disebabkan oleh pengaruh daratan (Gambar 6.2). Area yang berada di dekat daratan cenderung memiliki konsentrasi Hg terlarut yang tinggi



Gambar 6.2 Distribusi Hg Terlarut di Teluk Sekotong dan Pelabuhan Lembar

terutama di bagian selatan. Aktivitas penambangan emas tradisional aktif di area ini, sehingga masukan merkuri yang merupakan limbah dari penambangan memengaruhi pola distribusi di area ini. Pengaruh daratan terhadap kenaikan konsentrasi Hg di estuari juga diamati oleh Navarro *et al.* (2012) di Bach Dang Estuari, Vietnam. Dalam penelitian yang dilakukan oleh Brewer *et al.* (2012), limbah hasil penambangan emas berpengaruh pada komunitas pelagis lokal tetapi tidak banyak memengaruhi kelimpahan dan biodiversitas pada jaring makanan lokal.

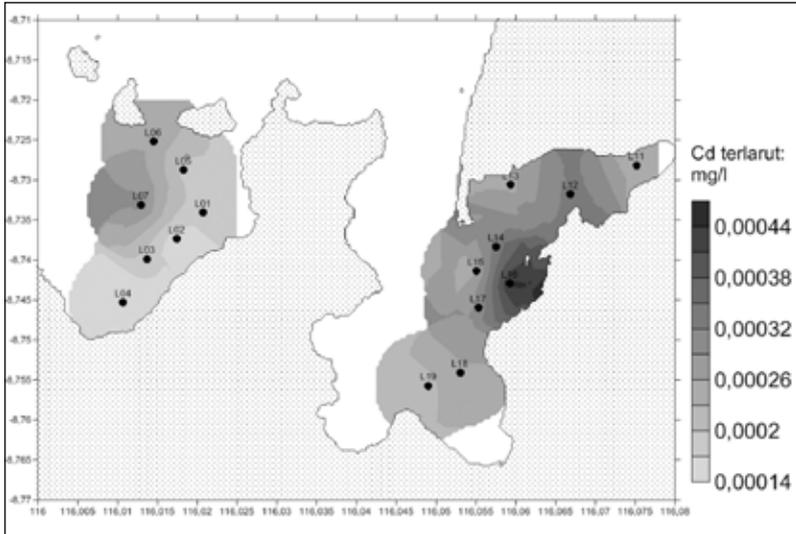
Hg terlarut terkonsentrasi di dalam area Pelabuhan Lembar (Gambar 6.2), dan konsentrasi di area pelabuhan ini mengindikasikan adanya akumulasi Hg akibat aktivitas pelabuhan. Pelabuhan Lembar ini merupakan teluk semi tertutup, dan tidak ditemukan adanya sungai besar yang bermuara ke dalamnya, sehingga efek pengenceran dari massa air laut kemungkinan kecil di dalam pelabuhan. Hg merupakan unsur yang ada dalam bahan bakar minyak dengan kadar yang relatif

tinggi. Menurut Darmono (2005), kadar Hg dalam minyak mentah sebesar 0,014-30 mg/kg sedangkan dalam batu bara lebih rendah dari 1,6 mg/kg.

6.2.2 Distribusi Cd terlarut

Kadmium terlarut terdistribusi hampir merata di Teluk Sekotong dan Pelabuhan Lembar. Nilai kadmium terlarut di Teluk Sekotong berada pada angka 0,00014 mg/l hingga 0,0003 mg/l. Di Pelabuhan Lembar kadmium terlarut menunjukkan nilai yang lebih tinggi daripada Teluk Sekotong, yaitu 0,00022–0,00044 mg/l.

Kadmium terlarut di Teluk Sekotong terkonsentrasi di bagian luar teluk sedangkan bagian teluk yang berdekatan dengan daratan menunjukkan konsentrasi kadmium terlarut yang rendah (Gambar 6.3). Aktivitas pelayaran di dalam Teluk Sekotong ini rendah sedangkan daratan di sekitar Teluk Sekotong tidak menunjukkan kegiatan yang dapat memberikan masukan kadmium secara berlebih ke perairan. Kadmium di perairan dapat berasal dari pelapukan batuan ataupun pembakaran bahan bakar fosil (Ayres *et al.*, 2003). Sisi luar Teluk Sekotong menunjukkan konsentrasi yang relatif tinggi dibandingkan dengan dalam teluk. Hal ini disebabkan dekatnya area terluar dengan jalur pelayaran kapal-kapal yang akan masuk ke Pelabuhan Lembar. Dari pengamatan di lapangan, kapal-kapal besar berlabuh di bagian luar teluk sedangkan bagian dalam teluk hanya digunakan untuk kapal-kapal nelayan kecil. Jika dilihat dari sumbernya, bagian luar pelabuhan akan berpotensi terpapar bahan pencemar lebih tinggi dibandingkan dengan dalam teluk. Distribusi bahan pencemar oleh arus air perlu dipaparkan untuk mengetahui pola sebaran bahan pencemar. Konsentrasi bahan pencemar berkorelasi positif dengan jarak dari sumber pencemar (Hyun *et al.*, 2007).



Gambar 6.3 Distribusi Kadmium Terlarut di Teluk Sekotong dan Pelabuhan Lembar

Area Pelabuhan Lembar menunjukkan konsentrasi kadmium terlarut yang relatif tinggi dibandingkan dengan Teluk Sekotong. Kadmium terlarut lebih terkonsentrasi di sisi luar Pelabuhan Lembar dibanding di dalam pelabuhan (Gambar 6.3) karena akumulasi kadmium di area tersebut. Kadmium ini ditengarai berasal dari kapal-kapal yang berlabuh di sekitar Pelabuhan Lembar. Kadmium secara alami ada dalam bahan bakar minyak ataupun batu bara dan pembakaran bahan bakar ini akan melepaskan kadmium ke perairan (Hogan, 2011).

Kadmium banyak digunakan untuk baterai nikel-kadmium (Hogan, 2011). Penelitian yang dilakukan oleh Metzger *et al.* (2007) menunjukkan bahwa konsentrasi kadmium dalam kolom air laut di perairan dangkal tidak menunjukkan diferensiasi yang nyata. Menurut Agency for Toxic Substances & Disease Registry (2011c),

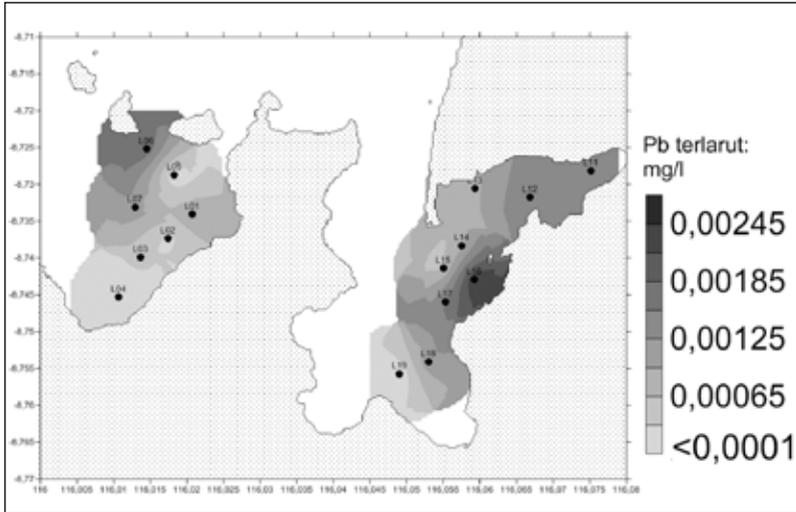
semua tanah dan batuan termasuk batu bara dan pupuk mengandung kadmium. Kadmium banyak digunakan dalam produksi seng, timbal, dan tembaga. Selain itu, kadmium banyak digunakan untuk baterai, pigmen, pelapis logam dan plastik.

6.2.3 Distribusi Pb terlarut

Pb terlarut merupakan logam yang terdistribusi dengan rentang konsentrasi paling lebar dibandingkan dengan Hg ataupun Cd. Pb terlarut di Teluk Sekotong berkisar $<0,0001$ mg/l hingga $0,0018$ mg/l. Pelabuhan Lembar menunjukkan rentang konsentrasi Pb yang paling lebar, yaitu berada di antara $<0,0001$ mg/l dan $0,0024$ mg/l.

Pb terlarut di Teluk Sekotong terkonsentrasi di bagian terluar teluk sedangkan bagian teluk yang berdekatan dengan daratan memiliki konsentrasi yang rendah (Gambar 6.4). Pola distribusi ini mengindikasikan bahwa Pb terlarut di Teluk Sekotong tidak berasal dari daratan. Bagian terluar Teluk Sekotong berdekatan dengan jalur pelayaran ke Pelabuhan Lembar. Boleh jadi, sumber Pb terlarut ini berasal dari kapal-kapal yang lewat. Pb dapat berasal dari minyak bumi dan pembakaran bahan bakar minyak ataupun tumpahan minyak dapat memberikan masukan Pb ke perairan.

Pelabuhan Lembar menunjukkan pola distribusi Pb terlarut yang mirip dengan Cd terlarut. Pb terlarut terkonsentrasi di bagian luar pelabuhan (Gambar 6.4). Kapal-kapal besar berlabuh di bagian luar teluk sedangkan bagian dalam teluk hanya dipergunakan untuk kapal-kapal nelayan kecil sehingga bagian luar teluk berpotensi terpapar bahan pencemar lebih tinggi dibandingkan dengan dalam teluk. Distribusi bahan pencemar oleh arus air perlu dipaparkan untuk mengetahui pola sebaran bahan pencemar. Aktivitas pelabuhan seperti bongkar muat kapal, tumpahan minyak bakar, dan *ballast water* memberikan masukan Pb ataupun Cd ke perairan yang menyebabkan



Gambar 6.4 Distribusi Pb Terlarut di Teluk Sekotong dan Pelabuhan Lembar

area tersebut tercemar (Hasan *et al.*, 2013). Area luar Pelabuhan Lembar ini menjadi tempat akumulasi Pb terlarut meskipun di bagian dalam pelabuhan juga mengindikasikan konsentrasi Pb terlarut yang relatif tinggi. Kawasan pelabuhan seperti di Pelabuhan Bakar, Kroasia, sering tercemar akibat polutan logam berat (Popadic *et al.*, 2013). Timbal banyak digunakan dalam baterai, produk-produk logam, bahan bakar minyak, keramik, cat dinding, dan pipa (Agency for Toxic Substances & Disease Registry, 2011b).

6.3 STATUS KUALITAS PERAIRAN LOMBOK BERDASAR PARAMETER LOGAM Hg, Cd, DAN Pb

Penilaian kualitas perairan Lombok menggunakan indeks polusi yang dikembangkan oleh Kementerian Lingkungan Hidup (Kepmen LH No. 51 Tahun 2004). Nilai indeks polusi ini dihitung berdasarkan

Tabel 6.1 Intepretasi Nilai Indeks Polusi

Nilai	Interpretasi
0-1	Tidak terpolusi
1-5	Polusi ringan
5-10	Polusi sedang
>10	Polusi berat

perbandingan konsentrasi logam yang terukur dengan baku mutu. Perhitungan dilakukan dengan menggunakan formula sebagai berikut:

$$[PI_j] = \sqrt{\frac{(Ci / Lij)^2 m + (Ci / Lij)^2 R}{2}}$$

Keterangan:

PI_j adalah indeks polusi

Ci merupakan konsentrasi logam yang terukur

Lij merupakan konsentrasi logam yang tercantum dalam baku mutu

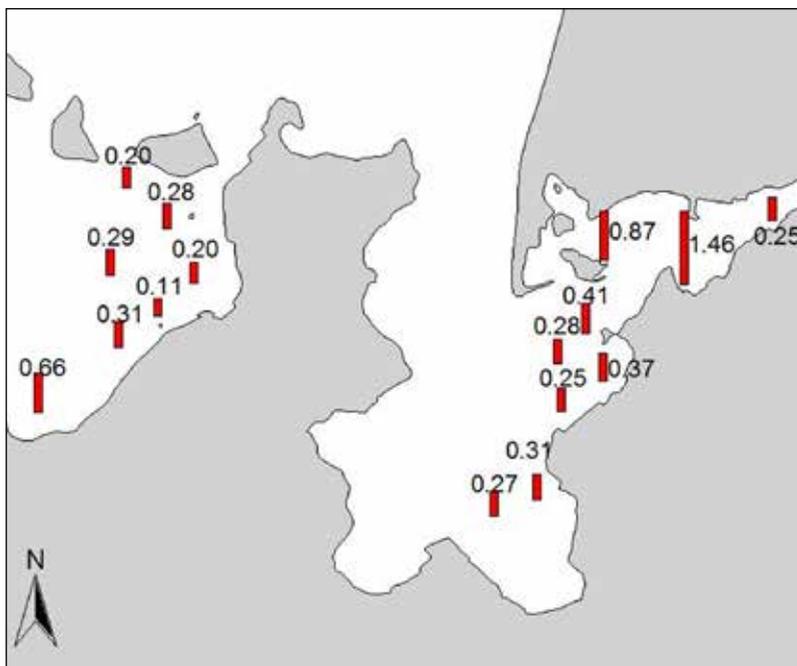
M mengindikasikan nilai maksimum

R mengindikasikan nilai rerata

Nilai yang didapat dapat diinterpretasikan seperti dalam Tabel 6.1.

Teluk Sekotong dapat dikategorikan dalam keadaan tidak terpolusi dengan nilai indeks polusi berada di bawah 1 di semua titik pengamatan (Gambar 6.5). Nilai indeks polusi tertinggi area ini ditemukan di titik observasi paling selatan, dekat daratan. Konsentrasi Hg terlarut yang menyebabkan nilai indeks polusi di titik ini relatif tinggi dibandingkan dengan titik lain. Sementara itu, Pelabuhan Lembar didominasi oleh keadaan tidak tercemar, hanya satu stasiun yang berada dalam kategori tercemar ringan (Gambar 6.5). Hg terlarut yang relatif tinggi (0,0016 mg/l) di dalam area pelabuhan menyebabkan indeks polusi di titik observasi ini tinggi.

Pengaruh timbal dan kadmium terhadap tubuh hampir sama, yaitu gangguan kardiovaskuler (jantung dan pembuluh darah), gangguan perkembangan organ (pada individu yang masih tumbuh), gangguan saraf pusat dan organ pembuangan (ginjal dan urinari sistem) serta gangguan reproduksi (Agency for Toxic Substances & Disease Registry, 2011c). Timbal dapat mengganggu pembentukan darah (Agency for Toxic Substances & Disease Registry, 2011b). Menurut Agency for Toxic Substances & Disease Registry/ATSDR (2011a), keracunan merkuri dapat menyebabkan gangguan perkembangan organ, gangguan penglihatan, masalah digestif, kerusakan neurologi, dan kerusakan sistem pembuangan (ginjal dan sistem urinari).



Gambar 6.5 Indeks Polusi di Teluk Sekotong dan Pelabuhan Lembar

6.4 PENUTUP

Teluk Sekotong dan Pelabuhan Lembar menunjukkan distribusi Hg, Cd, dan Pb terlarut yang bervariasi. Hg menunjukkan pola distribusi yang paling berbeda, aktivitas daratan mengindikasikan pengaruh yang besar ditandai dengan tingginya konsentrasi Hg terlarut di dekat daratan. Cd dan Pb terlarut menunjukkan pola distribusi yang hampir sama, meskipun tidak dipengaruhi aktivitas dari daratan, aktivitas manusia seperti pelayaran dan pelabuhan tampak memberikan pengaruh pada pola distribusi. Teluk Sekotong dapat digolongkan pada kondisi tidak tercemar sedangkan Pelabuhan Lembar sebagian besar berada pada kondisi tidak tercemar, yaitu hanya satu titik observasi di setiap area (Pelabuhan Lembar dan Teluk Kombal) yang berada pada kondisi polusi ringan. Pengaruh konsentrasi Hg terlarut mendominasi status mutu perairan di ketiga area tersebut.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini didanai oleh PKPP Ristek tahun 2012. Ucapan terima kasih kami sampaikan kepada Lestari, M.Si., Bpk. Abdul Rozak, dan Bpk. M. Taufik Kaisupy atas bantuan di lapangan serta analisis di laboratorium.

DAFTAR PUSTAKA

- Adams, D. H. (2010). Mercury in wahoo, *Acanthocybium solandri*, from offshore waters of the Southeastern United States and the Bahamas. *Marine Pollution Bulletin*. 60: 139–151.
- Agency for Toxic Substances & Disease Registry. (2011a). Mercury. Dari www.atsdr.cdc.gov, diakses 6 Juni 2014.
- Agency for Toxic Substances & Disease Registry. (2011b). Lead. Dari www.atsdr.cdc.gov, diakses 6 Juni 2014.

- Agency for Toxic Substances & Disease Registry. (2011c). Cadmium. Dari www.atsdr.cdc.gov, diakses 6 Juni 2014.
- American Public Health Association, American Public Works Association Water Environment Federation. (1992). *Standard methods for the examination of water and wastewater*. USA: American Public Health Association, American Public Works Association Water Environment Federation.
- Ayres, R. U., Ayres, L., & Rade, I. (2003). *The life cycle of copper, Its Co-Products and Byproducts*. Springer.
- Badan Pusat Statistik. (2012). *Lombok Barat dalam Angka*. Lombok Barat: Badan Pusat Statistik Kabupaten.
- Brewer, D. T., Morello, E. B., Griffiths, S., Fray, G., Heales, D., Apte, S. C. ... Richardson, A. J. (2012). Impacts of gold mine waste disposal on a tropical pelagic ecosystem. *Marine Pollution Bulletin*, 64: 2.790–2.806.
- Canli, M. & Atli, G. (2003). The relationships between metal (Cd, Cr, Cu, Fe, Pb, Zn) Levels and the size of six Mediterranean fish species. *Environmental Pollution*. 121: 129–136.
- Darmono. (1995). *Logam dalam sistem biologi makhluk hidup*. Jakarta: UI Press.
- Dural, M., Goksu, M. Z. L., & Ozak, A. A. (2007). Investigation of heavy metal levels in economically important fish species captured from the Tuzla Lagoon. *Food Chemistry*, 102: 415–421.
- Edwards, J. W., Eyvane, K. S., Boxall, V. A., Hamann, M., & Soole, K. L. (2001). Metal levels in seston and marine fish flesh near industrial and metropolitan centres in South Australia. *Marine Pollution Bulletin*, 42: 389–396.
- Eggleton, J. & Thomas, K. V. (2004). A review of factors affecting the release and bioavailability of contaminants during sediment disturbance events. *Environmental International*, 30: 973–980.
- Elliot, M. & Quintino, V. (2007). The estuarine quality paradox, environmental homeostasis and the difficulty of detecting anthropogenic stress in naturally stressed areas. *Marine Pollution Bulletin*, 54: 640–645.

- Gutierrez-Galindo, E. A., Munez-Barbosa, A., Daessle, L. W., Macias-Zamora, J. V., & Segovia-Zavala, J. A. (2007). Sources and factors influencing the spatial distribution of heavy metals in a coastal lagoon adjacent to the San Quintin Volcanic Field, Baja California, Mexico. *Marine Pollution Bulletin*, 54: 1.962–1.989.
- Hasan, A. B., Kabir, A., Reza, A. H. M. S., Zaman, M. N., Ahsan, M. A., Akbor, M. A., & Rashid, M. M. (2013). Trace metals pollution in seawater and groundwater in the ship breaking area of Sitakund Upazilla, Chittagong, Bangladesh. *Marine Pollution Bulletin*, 71: 317–324.
- Hogan, C. M. (2011). Cadmium. Dari <http://www.eoearth.org/article/Cadmium>, diakses 13 Desember 2011.
- Hyun, S., Lee, C. H., Lee, T., & Choi, J. W. (2007). Anthropogenic contributions to heavy metal distribution in the surface sediments of Masan Bay, Korea. *Marine Pollution Bulletin*, 54: 1.031–1.071.
- Kementerian Lingkungan Hidup. (2004). *Himpunan peraturan di bidang pengelolaan lingkungan hidup dan penegakan hukum lingkungan*. Jakarta: Kementerian Lingkungan Hidup.
- Lestari & Edward. (2004). Dampak pencemaran logam berat terhadap kualitas air laut dan sumber daya perikanan (Studi kasus kematian massal ikan-ikan di Teluk Jakarta). *Makara Sains*, 8: 52–58.
- Luoma & Rainbow. (2008). *Metal contamination in aquatic environments: Science and Lateral Management*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Magnusson, B. & Westerlund, S. (1981). Solvent extraction procedures combined with back-extraction for trace metal determinations by atomic absorption spectrophotometry. *Analytica Chimica Acta*, 131: 63–72.
- Metzger, E., Simonucci, C., Viollier, E., Sarazin, G., Prevot, F., Poulichet, F. E. ... & Jezequel, D. (2007). Influence of diagenetic processes in thau lagoon on cadmium behaviour and benthic fluxes. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 72: 497–510.

- Navarro, P., Amouroux, D., Thanh, N. D., Rochelle-Newall, E., Ouillon, S., Arfi, R., Van, T. C., Mari, X., & Torreton, J. P. (2012). Fate and tidal transport of butyltin and mercury compounds in the waters of the tropical bach dang estuary (Haiphong, Vietnam). *Marine Pollution Bulletin*, 64: 1.789–1.798.
- Popadic, A., Vidovic, J., Cosovic, V., Medakovic, D., Dolenc, M., & Felja, I. (2013). Impact evaluation of the industrial activities in the Bay of Bakar (Adriatic Sea, Croatia): Recent benthic foraminifera and heavy metals. *Marine Pollution Bulletin*, 76: 333–348.
- Rochyatun, E. & Rozak, A. (2007). Pemantauan kadar logam berat dalam sedimen di Perairan Teluk Jakarta. *Makara Sains*, 11: 28–36.
- Romeo, M., Siau, Y., Sidoumou, Z., & Gnassia-Barelli, M. (1999). Heavy metal distribution in different fish species from the Mauritania coast. *The Science of the Total Environment*, 232: 169–175.
- SNI 19-6964.2-2003. (2003). *Kualitas Air Laut-Bagian 2: Cara uji merkuri (Hg) secara cold vapour dengan spektrofotometer serapan atom atau mercury analyzer*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Turkmen, A., Turkmen, M., Tepe, Y., & Akyurt, I. (2005). Heavy metals in three commercially valuable fish species from Iskenderun Bay, Northern East Mediterranean Sea, Turkey. *Marine Pollution Bulletin*, 91: 167–172.
- Widajanti, L., Girsang, R., & Pradigdo, S.F. (2004). Studi keamanan pangan kimiawi dari logam berat timbal pada *Euthynnus Sp.* di Perairan Semarang. *Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia*, 3: 66–68.

BAB VII

KONSENTRASI LOGAM BERAT DALAM SEDIMEN DI PERAIRAN LOMBOK BARAT

7.1 PENDAHULUAN

Kabupaten Lombok Barat di Nusa Tenggara Barat merupakan salah satu wilayah pesisir yang memiliki potensi sumber daya alam yang cukup besar. Dalam satu dekade terakhir, pemanfaatan kawasan ini cukup intensif sehingga terjadi degradasi lingkungan (Bappeda, 2014).

Teluk Sekotong, Pelabuhan Lembar, dan Teluk Kambal merupakan lokasi budi daya dalam skala kecil dan sedang. Budi daya utama di wilayah ini adalah pembesaran ikan kerapu dan kerang mutiara tetapi di sepanjang pesisir pantai Teluk Sekotong dan Pelabuhan Lembar digunakan untuk pencucian emas dari tambang rakyat yang tidak resmi.

Logam berat telah dibuang ke sistem perairan sebagai hasil perkembangan industri, pertanian, dan perkotaan, sehingga kontaminasi logam berat menjadi masalah serius terhadap ekosistem laut di seluruh dunia (Pekey, 2006). Logam berat merupakan salah satu polutan yang serius di lingkungan karena masalah toksisitas, daya tahan, dan bioakumulasinya. Arsen (As), kadmium (Cd), dan timbal (Pb) diklasifikasikan sebagai polutan prioritas karena logam

ini tidak digunakan untuk aktivitas metabolisme dan dapat menjadi racun meskipun pada konsentrasi sangat rendah (Ye *et al.*, 2012). Seng atau *zinc* (Zn) secara biologis penting tetapi identifikasi sumber kontaminasi Zn dan perilakunya dalam sistem alam juga diperlukan karena logam Zn memiliki potensi menjadi racun bagi biota di atas nilai ambang tertentu (Ye *et al.*, 2012).

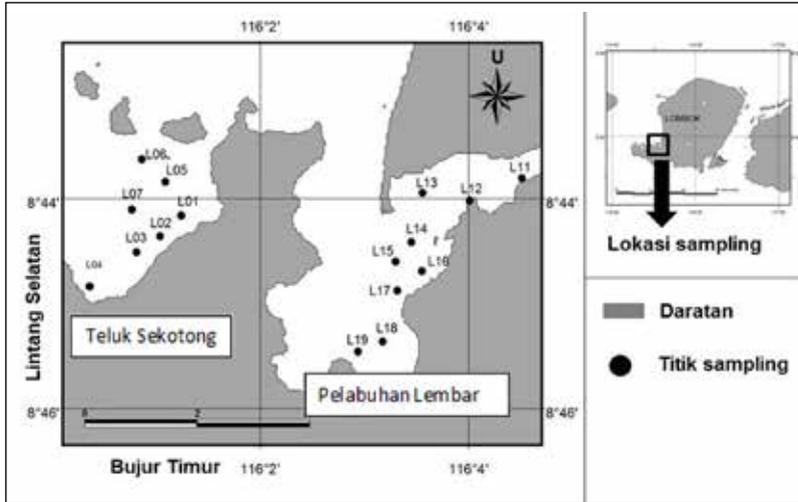
Sedimen laut merupakan tempat pengendapan kontaminan yang terbawa dari daratan. Sedimen dapat menjadi indikator untuk memantau kontaminan dalam lingkungan perairan (Balls *et al.*, 1997). Logam berat dapat terakumulasi dalam sedimen, antara lain melalui buangan limbah cair, limpasan dari daratan, dan lepasan yang terbawa secara kimiawi dari kegiatan di darat, industri, dan pertanian (Mucha *et al.*, 2003).

Oleh karena itu, tulisan ini memberikan informasi mengenai konsentrasi logam berat Hg, Cd, Cu, Pb, dan Zn dalam sedimen di perairan Lombok Barat.

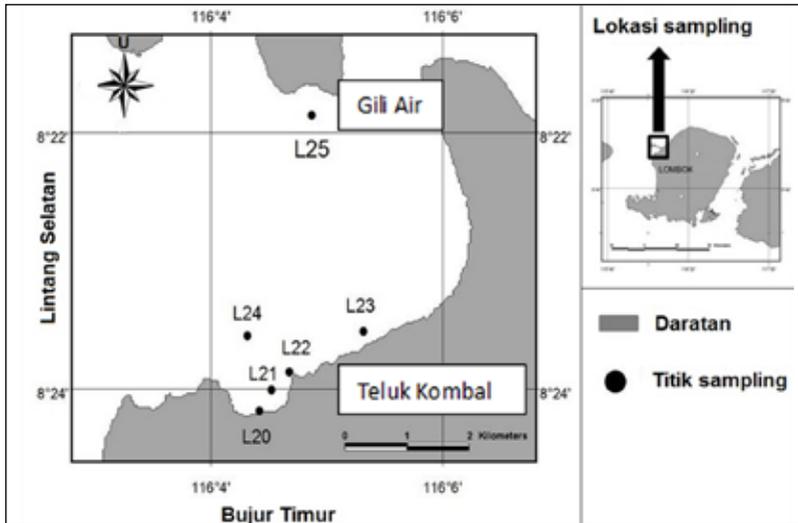
7.2 KONDISI LOGAM BERAT DALAM SEDIMEN

Penelitian ini dilakukan April 2012 di perairan Lombok Barat, Nusa Tenggara Barat (Gambar 7.1a dan 7.1b). Contoh sedimen permukaan diambil di empat lokasi pengamatan, yaitu Teluk Sekotong, Pelabuhan Lembar, Teluk Kombal, dan Gili Air.

Sampel sedimen diambil dari lapisan permukaan setebal 10 cm dengan menggunakan *box core grab stainless steel*. Pengambilan sampel dilakukan satu kali pada tiap stasiun. Sampel sedimen untuk analisis merkuri dimasukkan ke wadah gelas borosilikat sedangkan analisis logam berat (Cd, Cu, Pb, dan Zn) dimasukkan ke wadah polietilen kemudian disimpan dalam *cool box*. Di laboratorium, sampel dikeringkan dalam oven pada 60°C selama 24 jam untuk analisis merkuri sedangkan untuk logam berat Cd, Cu, Pb, dan Zn, sampel



Gambar 7.1a Lokasi Penelitian di Teluk Sekotong dan Pelabuhan Lembar, Lombok Barat, NTB, 2012



Gambar 7.1b Lokasi Penelitian di Teluk Kambal dan Gili Air, Lombok Barat, NTB, 2012

dikeringkan dalam oven pada suhu 105°C selama 24 jam kemudian dihaluskan (Hutagalung *et al.*, 1997). Analisis merkuri menggunakan metode 7471 B (USEPA, 2007) dan diukur dengan menggunakan *Flameless AAS SpectrAA-20 Plus Varian* dengan *Vapor Generated Asses-sories*. Analisis logam berat Cd, Cu, Pb, dan Zn menggunakan metode 3050 B (USEPA, 1996) dan diukur dengan menggunakan *Flame AAS SpectrAA-20 Plus Varian* dengan nyala campuran udara-asetilen. Hasil pengukuran logam berat dalam sedimen dibandingkan dengan pedoman mutu sedimen, antara lain dengan ANZECC/ARMCANZ (2000) dari Australia dan Selandia Baru dan Canadian Council of Ministers of the Environment (CCME, 2001) karena Indonesia belum memiliki pedoman mutu untuk sedimen.

7.2.1 Konsentrasi dan Penyebaran Logam Berat dalam Sedimen

Hasil analisis kisaran dan rata-rata konsentrasi logam berat Hg, Cd, Cu, Ni, Pb, dan Zn dalam sedimen di perairan ini dapat dilihat pada Tabel 7.1, Gambar 7.2a, dan 7.2b. Sementara itu, perbandingan logam berat dalam sedimen dengan perairan lainnya dapat dilihat dalam Tabel 7.2.

Konsentrasi rata-rata Hg di Pelabuhan Lembar lebih tinggi daripada Teluk Sekotong, Teluk Kombal, dan Gili Air. Taylor (1964) menunjukkan bahwa nilai rata-rata konsentrasi logam Hg di dalam sedimen alami (*average crustal abundance*) adalah 0,08 mg/kg. Mengacu pada kondisi tersebut, logam Hg di hampir semua titik lokasi lebih tinggi daripada nilai alami. Pada perairan ini konsentrasi Hg mempunyai nilai yang bervariasi. Konsentrasi Hg yang tinggi terdapat di Stasiun L19 (0,42 mg/kg), L18 (0,37 mg/kg), dan L11 (0,36 mg/kg) di Pelabuhan Lembar. Hal ini disebabkan titik stasiun di lokasi ini dekat pantai yang terdapat aktivitas pencucian emas dengan meng-

Tabel 7.1 Konsentrasi Logam Berat dalam Sedimen di Perairan Lombok Barat, NTB, April 2012

Lokasi	Logam Berat (mg/kg berat kering)						
	Hg	Cd	Cu	Ni	Pb	Zn	
Teluk Sekotong (n=7)	0,06-0,13a (0,10±0,03)b	0,16-0,29 (0,22±0,07)	14,8-22,7 (19,2±2,74)	3,35-7,95 (5,43±1,56)	0,10-7,44 (1,83±2,72)	40,7-73,2 (52,1±10,8)	
Pelabuhan Lembar (n=9)	0,12-0,42 (0,23±0,12)	0,03-0,41 (0,19±0,11)	10,9-53,4 (38,5±16,6)	1,19-11,1 (5,74±3,59)	0,09-2,48 (0,89±1,18)	32,6-122 (85,4±29)	
Teluk Kormal (n=5)	0,03-0,17 (0,12±0,06)	0,11-0,41 (0,23±0,14)	11,7-41,4 (23,5±11,3)	1,24-5,34 (3,47±1,66)	0,07-1,23 (0,31±0,51)	39,1-55,6 (46,3±7,49)	
Gili Air (n=1)	0,03	0,11	7,71	4,90	0,07	33,9	
Kelimpahan rerata di alam (Average crust) ^c	0,08	0,20	55,0	75	12,5	70	
ANZECC/ARMCANZ Guidelines							
Low	0,15	1,5	65	21	50	200	
High	1	10	270	52	220	410	
CCME							
ISQGD	0,13	0,7	18,7		30,2	124	
PELe	0,7	4,2	108		112	271	

- a) Kisaran konsentrasi logam berat
 b) Konsentrasi rata-rata dan standar deviasi logam berat
 c) Taylor, 1964
 d) ISQG, *interim sediment quality guidelines*
 e) PEL, *probable effect levels*

gunakan merkuri (Hg) oleh penduduk setempat, sehingga konsentrasi Hg di lokasi ini lebih tinggi daripada nilai alaminya. Konsentrasi Hg di perairan Gresik (Lestari & Budiyanto, 2013) berkisar 0,04 hingga 0,33 mg/kg, dengan konsentrasi tertinggi berada di lokasi pembuangan limbah industri. Merkuri merupakan logam berat yang hingga kini belum diketahui manfaatnya untuk proses fisiologis dalam tubuh (Riani, 2012). Berdasarkan urutan toksisitas, merkuri merupakan logam berat yang mempunyai daya racun paling tinggi dibandingkan dengan logam berat lain serta mempunyai kemampuan untuk terakumulasi pada hewan air (Widowati *et al.*, 2008). Sebagian besar merkuri yang dilepaskan ke lingkungan berasal dari aktivitas manusia melalui pembakaran bahan bakar fosil, pertambangan, dan pembuangan limbah industri (Manahan, 2005).

Perairan Lombok Barat memiliki variasi konsentrasi Cd yang tinggi (0,41 mg/kg) terdapat di Stasiun L14, yaitu di Pelabuhan Lembar, Stasiun L22 (0,41 mg/kg) dan L21 (0,33 mg/kg) di Teluk Kombal. Menurut Taylor (1964), nilai rata-rata konsentrasi logam Cd di sedimen secara normal adalah 0,2 mg/kg. Mengacu pada referensi tersebut, logam Cd di beberapa titik lokasi sedikit lebih tinggi daripada nilai alami. Kadmium (Cd) terdapat dalam kerak bumi bersama dengan seng (Zn). Sumber lain adalah dari penggunaan sisa lumpur kotor sebagai pupuk tanaman yang kemudian terbawa oleh aliran angin dan air. Kadmium banyak digunakan sebagai baterai nikel kadmium, sumber daya yang dapat diisi ulang, atau sebagai pelapis pencegah korosif pada kapal dan pesawat.

Konsentrasi Cu di keempat lokasi ini mempunyai nilai yang bervariasi pada setiap stasiun. Seperti halnya logam Hg, konsentrasi logam Cu di Pelabuhan Lembar lebih tinggi dibandingkan dengan Teluk Kombal, Teluk Sekotong, dan Gili Air. Konsentrasi Cu yang tinggi di Stasiun L11 (53,4 mg/kg) dan L16 (52,7 mg/kg) berada pada lokasi Pelabuhan Lembar. Taylor (1964) menunjukkan bahwa

nilai rata-rata konsentrasi logam Cu di sedimen alami (*average crustal abundance*) adalah 55 mg/kg. Berdasarkan referensi ini, logam Cu di perairan ini lebih rendah daripada nilai alami. Tembaga merupakan logam berat yang diperlukan untuk terjadinya proses fisiologis secara normal dalam tubuh makhluk hidup tetapi dalam jumlah berlebih Cu merupakan bahan toksik yang dapat mengganggu kehidupan (Riani, 2012).

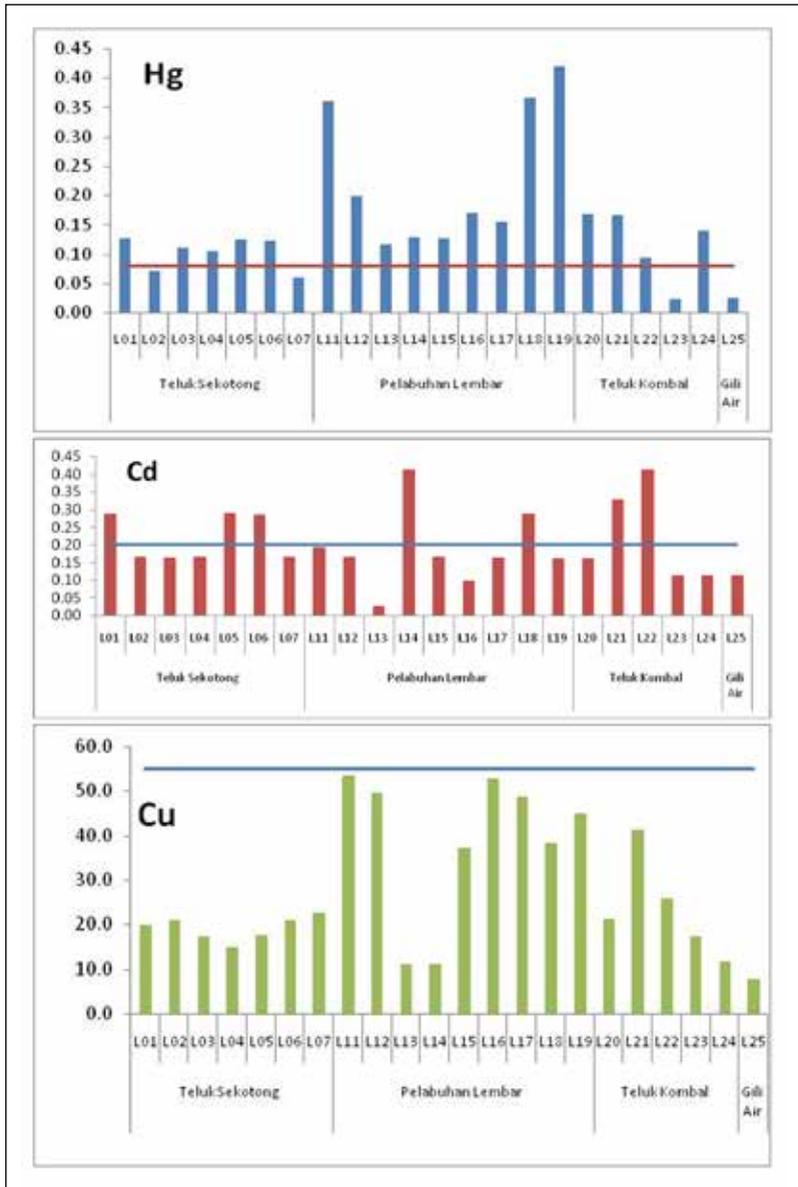
Kisaran dan rata-rata konsentrasi Ni di Teluk Sekotong sekitar 3,35–7,95 (5,43) mg/kg, Pelabuhan Lembar 1,19–11,1 (5,74) mg/kg, Teluk Kombal 1,24–5,34 (3,47), dan Gili Air 4,90 mg/kg. Konsentrasi Ni di keempat lokasi ini mempunyai nilai yang bervariasi pada setiap stasiun. Rata-rata konsentrasi Ni di Pelabuhan Lembar lebih tinggi dibandingkan dengan Teluk Sekotong, Gili Air, dan Teluk Kombal. Taylor (1964) menunjukkan bahwa nilai rata-rata konsentrasi logam Ni sedimen alami (*average crustal abundance*) adalah 75 mg/kg. Mengacu pada kondisi tersebut, logam Ni di perairan ini lebih rendah daripada nilai alami. Konsentrasi logam Ni di perairan Gresik berkisar 6,55–15,1 mg/kg dengan rata-rata 10,1 mg/kg. Ini menunjukkan bahwa konsentrasi Ni di perairan Pelabuhan Lembar lebih rendah daripada di perairan Gresik. Tingginya konsentrasi Ni di perairan Gresik disebabkan Gresik merupakan kawasan industri sehingga Ni banyak digunakan untuk keperluan industri logam, baterai kering, pigmen cat, dan pelapis permukaan logam/nonlogam (Widowati *et al.*, 2008).

Logam Pb yang tinggi ditemukan di Teluk Sekotong, yaitu di Stasiun L02 (7,44 mg/kg) sedangkan nilai tinggi di Pelabuhan Lembar didapatkan di Stasiun L12 (2,48 mg/kg), L15 (2,48 mg/kg), dan L19 (2,43 mg/kg). Rata-rata konsentrasi logam Pb sedimen alami (*average crustal abundance*) menurut Taylor (1964) adalah 12,5 mg/kg, sehingga apabila mengacu pada referensi tersebut, logam Pb di perairan ini lebih rendah daripada nilai alami. Timbal berasal dari

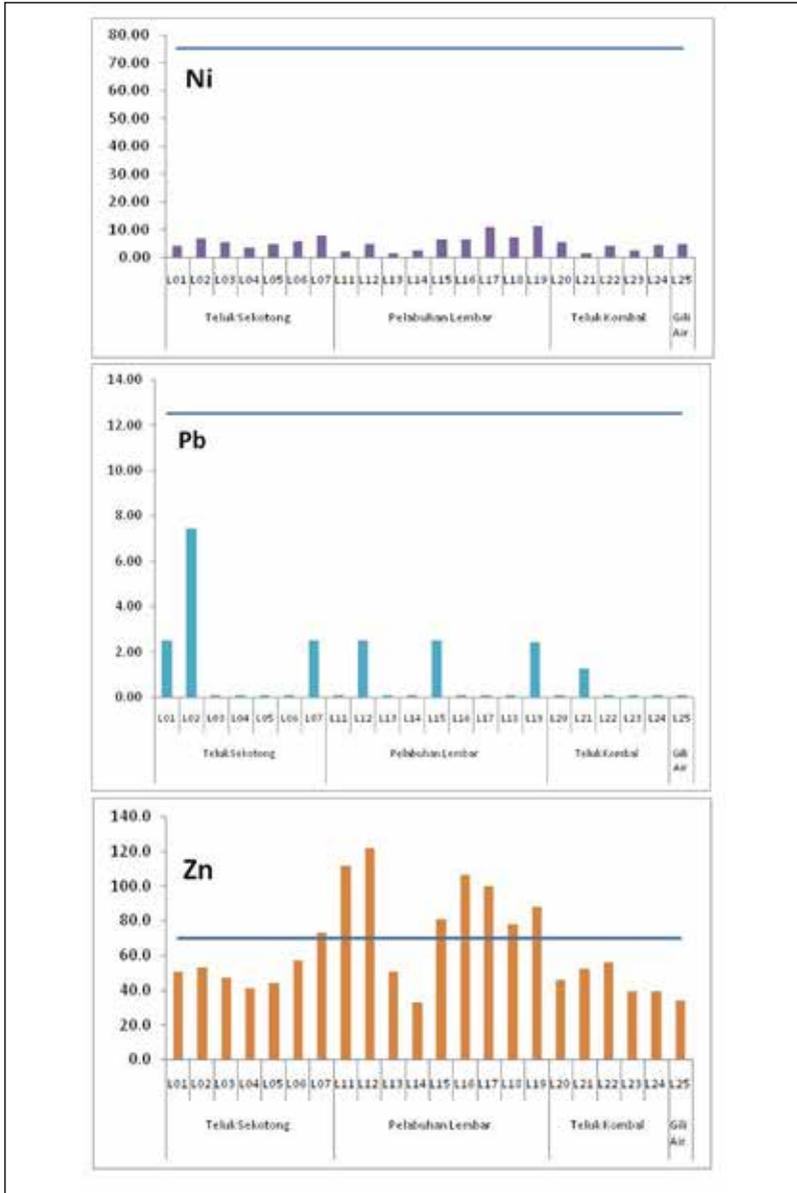
sumber alami di lingkungan ataupun limbah hasil aktivitas manusia dengan jumlah yang terus meningkat, baik di lingkungan air, udara, maupun darat (Widowati *et al.*, 2008). Variasi nilai konsentrasi timbal di Teluk Sekotong yang lebih tinggi pada Stasiun L02 dibandingkan dengan stasiun yang lain diduga adanya perbedaan jenis sedimen serta aktivitas di sekitar lokasi pengamatan yang lebih kompleks, seperti budi daya dan pencucian emas di pantai Teluk Sekotong dan Pelabuhan Lembar yang menggunakan mesin gelondongan.

Konsentrasi logam Zn dengan nilai tertinggi di atas nilai alami hampir di semua stasiun di Pelabuhan Lembar kecuali Stasiun L13 (50,7 mg/kg) dan L14 (32,6 mg/kg). Konsentrasi Zn di Pelabuhan Lembar lebih tinggi daripada Teluk Sekotong, Teluk Kombal, dan Gili Air. Zn merupakan komponen alami yang terdapat di dalam kerak bumi dan merupakan bagian yang tak terpisahkan dari lingkungan. Kadar Zn di kerak bumi adalah 70 mg/kg berat kering yang bervariasi antara 10–300 mg/kg. Di beberapa lokasi tertentu terdapat kandungan konsentrasi yang tinggi oleh proses geologi dan geokimia yang mampu mencapai 50.000–150.000 mg/kg (Widowati *et al.*, 2008). Tingginya konsentrasi Zn di Pelabuhan Lembar dapat diakibatkan oleh kegiatan antropogenik, proses geologi dan geokimia ataupun kondisi geomorfologis perairan yang agak tertutup sehingga kurang terjadi proses pengenceran.

Pada sedimen laut yang belum terkontaminasi, konsentrasi terendah logam berat yang terukur sekitar 0,01 µg/g berat kering, dan konsentrasi sedimen tercemar berat dapat meningkat sekitar 10–100 µg/g (Everaarts, 1989; Moore & Ramamoorthy, 1984).



Gambar 7.2a Grafik Konsentrasi Logam Berat Hg, Cd, dan Cu (mg/kg) dalam Sedimen Permukaan di Perairan Lombok Barat, NTB, 2012



Gambar 7.2b Grafik Konsentrasi Logam Berat Ni, Pb, dan Zn (mg/kg) dalam Sedimen Permukaan di Perairan Lombok Barat, NTB, 2012

7.2.2 Perbandingan Konsentrasi Logam Berat dengan Pedoman Mutu Sedimen

Tabel 7.1 memperlihatkan perbandingan pedoman mutu ANZECC/ARMCANZ (2000) dari Australia dan Selandia Baru dan dari Kanada (CCME 2001) dengan kondisi mutu sedimen di perairan pesisir Lombok. Hasil pengamatan ini mengindikasikan bahwa konsentrasi rata-rata logam Hg dalam sedimen di perairan ini masih berada di bawah nilai yang ditetapkan, kecuali di Pelabuhan Lembar. Konsentrasi rata-rata logam berat Cd, Cu, Ni, dan Pb masih berada di bawah nilai terendah, sedangkan Zn dalam sedimen di perairan ini masih berada di bawah nilai terendah meskipun ada beberapa stasiun yang melewati *Interim Sediment Quality Guidelines* (ISQG). Berdasarkan perbandingan dengan pedoman mutu sedimen tersebut, logam Hg dan Zn terindikasi mulai berisiko bagi kualitas lingkungan sistem akuatik. Hal ini harus diwaspadai karena sifat logam berat yang dapat terakumulasi, sehingga perlu diperhatikan keberadaannya.

7.2.3 Perbandingan dengan Logam Berat dalam Sedimen di Perairan Lain

Tabel 7.2 menyajikan konsentrasi rata-rata logam berat Cd di perairan Lombok Barat lebih rendah dibandingkan dengan di Klabat (Lestari *et al.*, 2007), Lampung (Lestari & Witasari, 2010), dan Gresik (Lestari & Budiyanto, 2013). Konsentrasi rerata logam Cu di perairan Lombok Barat hampir sama dengan Lampung dan Semarang (Lestari, 2011) tetapi lebih rendah dibandingkan dengan Gresik. Logam Cu dapat ditemukan dalam pakan untuk biota budi daya dalam konsentrasi kecil sehingga memberi masukan Cu ke lingkungan perairan (Dean *et al.*, 2007 dalam Budiyanto & Lestari 2015). Konsentrasi rata-rata Pb di Lombok lebih rendah dibandingkan dengan keempat daerah tersebut di atas, sedangkan konsentrasi rata-rata Zn di Lombok Barat

Table 7.2 Perbandingan Konsentrasi Logam Berat (mg/kg Bobot Kering) dalam Sedimen di Perairan Pesisir Lombok dengan Beberapa Perairan Lain di Indonesia

Lokasi	Kisaran dan Rata-Rata Konsentrasi Logam (mg/kg Berat Kering)				Rujukan
	Cd	Cu	Pb	Zn	
Teluk Klabat	0,01-0,10 ^{a)} (0,04± 0,03) ^{b)}	0,28-5,67 (1,86±1,62)	1,06-58,19 (14,06±15,32)	0,43-36,85 (14,39±11,06)	Lestari <i>et al.</i> (2007)
Teluk Lampung	0,01-0,69 (0,23±4,87)	0,55-35,74 (10,47±6,40)	0,28-24,73 (9,40±4,87)	19,7-118,5 (57,30±21,81)	Lestari & Witasari (2010)
Perairan Semarang	0,06-0,13	18,3-36,6	10,9-17,3	13,6-16,3	Lestari (2011)
Perairan Gresik	0,08-2,95 (0,64) ^{c)}	23,7-251 (85,5)	1,87-12,7 (4,20)	77-389 (133)	Lestari & Budi- yanto (2013)
Perairan Lombok	0,11-0,23 ^{d)}	7,71-38,5	0,07-1,83	33,9-85,4	Penelitian saat ini
a)	Kisaran konsentrasi logam berat				
b)	Konsentrasi rata-rata dan standar deviasi logam berat				
c)	Konsentrasi rata-rata				
d)	Kisaran konsentrasi rata-rata				

hampir sama dengan di Lampung, sedikit lebih tinggi daripada Klabat dan Semarang dan lebih rendah daripada Gresik. Hal ini diduga disebabkan oleh masuknya jenis limbah antropogenik yang berbeda-beda ataupun bergantung pada jenis sedimen di tiap lokasi. Perairan Lombok Barat merupakan lokasi budi daya, sehingga logam-logam yang masuk ke perairan yang berasal aktivitas antropogenik tidak seberat pada lokasi di Gresik yang merupakan daerah industri, dan daerah kanal banjir di Semarang.

7.3 PENUTUP

Rata-rata konsentrasi logam berat Hg, Cd, Cu, Ni, Pb, dan Zn dalam sedimen di lokasi Teluk Sekotong, Pelabuhan Lembar, Teluk Kombal, dan Gili Air di perairan pesisir Lombok memiliki nilai yang bervariasi. Rata-rata konsentrasi untuk Cd, Cu, Ni, Pb, dan Zn jika dibandingkan dengan kondisi rerata kelimpahan logam di alam masih berada di bawah nilai alami. Namun, di beberapa stasiun konsentrasi logam Cd dan Zn berada di atas nilai alami sedangkan konsentrasi Hg berada di atas nilai alaminya. Berdasarkan perbandingan dengan pedoman mutu sedimen, logam Hg dan Zn mulai berisiko bagi kualitas lingkungan di sekitar sistem akuatik.

PERSANTUNAN

Ucapan terima kasih kami sampaikan kepada Fitri Budiyanto, S.T., Abdul Rozak, A.Md., dan M. Taufik Kaisupy yang telah membantu untuk analisis di Laboratorium Logam Berat Pusat Penelitian Oseanografi LIPI.

DAFTAR PUSTAKA

- Australian & New Zealand Environment and Conservation Council (ANZECC) and Agriculture and Resource Management Council of Australia and New Zealand (ARMCANZ). (2000). Australian and New Zealand guidelines for fresh and marine water quality, Vol. 1. Canberra: Australian and New Zealand environment and conservation council.
- Balls, P. W., Hull, S. Miller, B. S., Pirie, J. M., & Proctor, W. (1997). Trace metal in Scottish Estuarine and coastal sediments. *Mar. Pollut. Bull.* 34: 42–50.
- Bappeda Kabupaten Lombok Barat. Dari <http://bappeda.lombokbaratkab.go.id>, diakses 9 Juni 2014.
- Canadian Council of Ministers of the Environment. (2001). Canadian sediment quality guidelines for the protection of aquatic life: summary table. Dalam *Canadian Environmental Quality Guidelines*.
- Dean, R. J., Shimmield, T. M., & Black, K. D. (2007). Copper, zinc and cadmium. Dalam *Marine Cage Fish Farm Sediments: An Extensive Survey*. Environmental Pollution, 145: 84–95.
- Everaats, J. M. (1989). Heavy metals (Cu, Zn, Cd, Pb) in sediment of Java Sea, estuarine and coastal areas of the East Java and some deep-sea areas. *Neth. J. Sea Res.*, 34: 403–413.
- Hutagalung, H. P. (1997). Penentuan kadar logam berat. Dalam *Metode Analisis Air Laut. Sedimen dan Biota Buku 2*. Hutagalung, H. P., Setiapermana, D., & Riyono, S. H. (Eds.) Jakarta: Pusat Penelitian dan Pengembangan Oseanografi LIPI.
- Lestari, Manik, J. M., & Rozak, A. (2007). Kualitas Perairan Teluk Klabat, Provinsi Kepulauan Bangka Belitung Ditinjau dari aspek logam berat. Bunga Rampai Sumberdaya Laut dan Lingkungan Bangka Belitung 2003–2007. Jakarta: Pusat Penelitian Oseanografi LIPI.
- Lestari & Witasari, Y. (2010). Kualitas perairan di Teluk Lampung ditinjau dari aspek logam berat. Dalam Ruyitno, Muchtar, M., Pramudji, Sulistijo, Susana, T., & Fahmi (Eds.) *Status Sumber Daya Laut di Perairan Teluk Lampung*. Jakarta: LIPI Press.

- Lestari. (2011). Distribusi dan geokimia logam berat dalam sedimen di Perairan Semarang, Jawa Tengah. Dalam: Hartoko, A., Syahailatua, A., Yulianto, B., Nababan, B., Setyono, D. D., Subroto, E. ... Pandoe, W. (Eds.) *Prosiding Pertemuan Ilmiah Nasional Tahunan VIII ISOI 2011*. Ikatan Sarjana Oseanologi Indonesia, 25–27 September 2011 di Makassar.
- Lestari & Budiyanto, F. (2013). Konsentrasi Hg, Cd, Cu, Pb, dan Zn dalam sedimen di Perairan Gresik. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 5(1): 188–197.
- Manahan, S. E. (2005). *Environmental Chemistry*. Eight Edition. Florida: CRC Press.
- Moore, J. W. & Ramamoorthy, S. (1984). Heavy metals in natural waters. *Applied Monitoring and Risk Assessment*. New York: Springer Verlag.
- Mucha, A. P., Vasconcelos, M. T. S. D., & Bordalo, A. A. (2003). Macrobenthic community in the Douro Estuary: Relations with trace metals and natural sediment characteristics. *Environ. Pollut.*, 121: 169–180.
- Pekey H. (2006). The distribution & sources of heavy metals in izmit bay surface sediments affected by a polluted stream. *Marine Pollution Bulletin*, 52(10): 1.197–1.208.
- Riani, E. (2012). Perubahan iklim & kehidupan biota akuatik: Dampak pada bioakumulasi bahan berbahaya dan beracun & reproduksi. Bogor: IPB Press.
- Taylor, S. R. (1964). Abundance of chemical elements in the continental crust: A new table. *Geochimica Cosmochimica Acta*, 28(8): 1.273–1.285.
- USEPA. (1996). Test methods for evaluating solid waste sw-846 methods 3050b, acid digestion of sediments, sludges, and soils.
- USEPA. (2007). Test methods for evaluating solid waste sw-846 methods 7471b, mercury in solid or semisolid waste (manual cold-vapor technique).

- Widowati, W., Sastiono, A., & Jusuf, R. (2008). Efek toksik logam: pencegahan dan penanggulangan pencemaran. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- Ye, F., Xiaoping, H., Dawen, Z., Lei, T., & Yanyi, Z. (2012). Distribution of heavy metals in the sediment of the pearl river estuary, Southern China: Implications for sources and historical changes. *J. of Environ. Sciences*, 24(4): 1–10.

BAB VIII

KOMPOSISI DAN DISTRIBUSI SEDIMEN DI DASAR LAUT KAITANNYA DENGAN MINERAL DI SEKOTONG DAN LEMBAR, LOMBOK BARAT, NTB

8.1 PENDAHULUAN

Posisi Pulau Lombok, Nusa Tenggara Barat, yang berada di antara pulau-pulau memberikan karakteristik iklim, fisiografi, geologi, dan sumber daya alam yang khas. Pulau Lombok secara fisiografi dibagi menjadi tiga zona, yaitu pegunungan, perbukitan, dan dataran rendah (DKP Lobar, 2005). Gunung Rinjani di Pulau Lombok yang berperan sebagai poros fisiografi adalah gunung berapi yang merupakan sumber batuan vulkanik. Batuan vulkanik adalah batuan beku yang terbentuk karena proses vulkanis, yakni magma yang keluar dari perut bumi ke permukaan akan membeku akibat penurunan suhu secara cepat. Batuan vulkanik tersusun dari mineral-mineral yang merupakan salah satu penentu karakter sedimen yang tertransportasi ke daerah pesisir (Witasari, 2010).

Daerah pesisir merupakan salah satu daerah transisi tempat pertemuan material-material dari darat yang terbawa oleh air sungai dan laut. Pertemuan kedua aliran air ini membuat material-material yang dibawa oleh kedua aliran air tersebut terendapkan di daerah pesisir, kemudian material yang diendapkan itu mengalami pelapukan dan sedimentasi. Sebagai daerah yang mendapat cukup banyak masukan

sedimen melalui sungai ataupun laut, morfologi perairan pesisir akan berubah secara dinamis yang dibentuk oleh hasil endapan sedimen tersebut (DKP, 2001). Perubahan morfologi ini dipengaruhi oleh pasang surut, arus, angin serta kondisi dan suplai sedimen (Perillo, 1996). Sedimentasi yang terjadi di daerah pesisir akan terakumulasi terus-menerus sehingga kandungan yang ada di sedimen cukup kompleks.

Tipe sedimen dapat berupa sedimen klastik, dan nonklastik. Sedimen klastik terdiri atas butiran yang telah mengalami perombakan dari berbagai batuan sumber dan terkumpul menjadi satu endapan yang mengandung bermacam material dan masih dapat dikenali mineral asalnya dengan mikroskop sedangkan sedimen nonklastik terdiri atas sedimen biogenik ataupun sedimen kimia. Sedimen nonklastik biogenik terbentuk oleh pelapukan organisme atau biota, dan tidak berupa butiran misalnya endapan gambut. Sementara itu, pada tipe sedimen nonklastik kimiawi, terjadi secara kimia, akan membentuk mineral baru yang stabil dan tidak dapat dikenali mineral asalnya dengan mikroskop, dan komposisi kimia yang berbeda dengan mineral asalnya. Pelapukan kimiawi seperti proses hidrolisis, oksidasi, dan dilusi akan menghancurkan mineral-mineral yang reaktif (*susceptible*) dan biasanya terjadi jika bersentuhan dengan air sehingga mineral di dasar laut lebih banyak yang terbentuk secara kimiawi.

Sedimen klastik merupakan sedimen terbanyak di permukaan bumi dan menutupi sekitar 95% di lapisan permukaan tetapi dengan ketebalan hanya 2% dari seluruh lapisan kerak bumi. Dalam siklus sedimentasi, faktor penentu terombaknya suatu sedimen adalah ukuran butiran, komposisi mineral, kondisi iklim, dan tipe vegetasi yang menutupi sedimen tersebut sedangkan komposisi dan tekstur sedimen ditentukan oleh batuan sumber, proses erosi dan transportasi, kondisi fisika dan kimia, dan kondisi pasca-pengendapan. Komposisi mineral dari batuan sumber sangat menentukan komposisi dalam

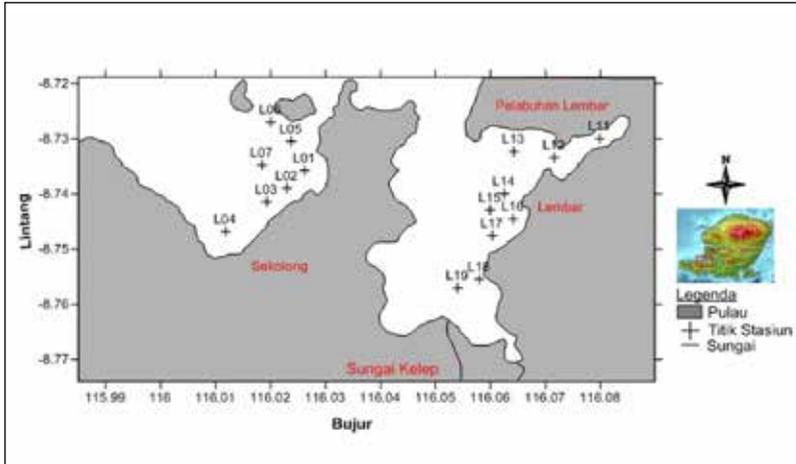
sedimen yang terendapkan di dasar laut, misalnya sumber batuan beku dengan komposisi besi silikat olivin, piroksen, amfibol, dan biotit, mineral-mineral ini sangat reaktif apabila bersentuhan dengan air dan akan membentuk mineral lempung yang kaya besi.

Komponen utama (*common*) dalam sedimen klastik umumnya adalah kuarsa, muskovit, dan potasium feldspar karena mineral ini tahan terhadap pelapukan. Oleh karena itu, dalam semua tipe sedimen, mineral ini selalu ditemukan baik dalam ukuran besar maupun berukuran lempung.

Informasi mengenai komposisi dan distribusi sedimen yang diuraikan dalam tulisan ini diperoleh dari penelitian yang dilakukan di perairan Sekotong dan Lembar. Kondisi sedimentasi perairan dan pantai memiliki keterkaitan dengan proses transportasi sumber material, pola sebaran, dan komposisi sedimen dari darat dan laut. Selama transportasi, ukuran butir material ini akan mengalami perubahan dan dapat dijelaskan melalui analisis statistik sedimen (Supriyadi *et al.*, 2001). Perbedaan kondisi sedimentasi ini menjadi suatu hal yang menarik untuk diteliti. Manfaat komposisi sedimen dan distribusi mineral adalah memahami asal sedimen, proses transportasi, dan energi pengendapan yang semua itu dapat menunjang perkembangan biota laut di perairan Lombok Barat.

8.2 KOMPOSISI SEDIMEN

Metode yang dilakukan pada penelitian ini adalah metode survei dengan tahapan pengambilan sampel, penanganan sampel, dan pemetaan distribusi sedimen. Lokasi pengamatan dibagi menjadi dua wilayah, yaitu perairan Sekotong (7 stasiun) dan perairan Lembar (9 stasiun) dengan total 16 stasiun (Gambar 8.1). Pengambilan sampel di Sekotong dan Lembar, Lombok Barat, NTB, dilaksanakan April 2012. Sampel dianalisis di Laboratorium Dinamika Laut, Ke-



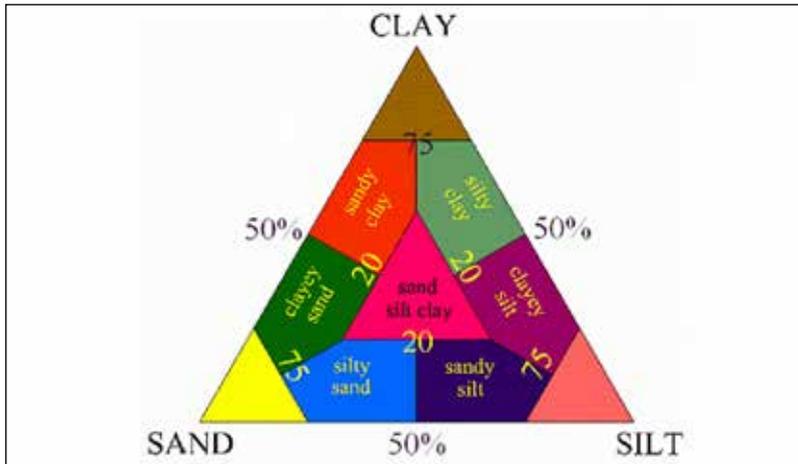
Gambar 8.1 Peta Lokasi Penelitian dan Titik Stasiun Pengamatan (Herditrianto, 2014)

lompok Peneliti Geologi Laut, Pusat Penelitian Oseanografi LIPI, Ancol, Jakarta Utara. Analisis *X-Ray Diffraction* (XRD) dilakukan di Laboratorium Penelitian Teknologi Mineral dan Batubara (Tekmira), Bandung, Jawa Barat.

Parameter dalam penelitian ini meliputi titik koordinat stasiun pengamatan, jenis mineral, komposisi, dan distribusi sedimen. Pengambilan sampel sedimen dilakukan menggunakan *grab sampler*, kemudian sampel dimasukkan ke plastik pembungkus lalu dianalisis di laboratorium. Sampel dikeluarkan dan ditempatkan ke suatu wadah berupa cawan petri, kemudian dilakukan pengeringan menggunakan oven (Siswanto, 2011). Setelah kering kemudian ditimbang dengan timbangan analitik dan dicatat untuk dihitung.

8.3 DISTRIBUSI SEDIMEN

Sampel yang sudah melalui tahap penanganan lalu dianalisis ukuran butirnya. Analisis ukuran butir (*granulometri*) merupakan suatu



Gambar 8.2 Diagram Shepard (Shepard 1954)

metode analisis dengan menggunakan ayakan seri standar American Standard Testing Material (ASTM) (Holme & McIntyre, 1984). Hasil analisis ukuran butir yang dilakukan mengacu pada skala Wenworth (1922) dari ukuran lempung ($<0,032$ mm) sampai dengan ukuran kerikil (> 2 mm). Penamaan jenis sedimen berdasar pada persentase berat tiap-tiap fraksi sedimen dan menggunakan diagram Shepard (1954).

8.4 KOMPOSISI MINERAL DAN SEBARANNYA

Statistik sedimen dilakukan setelah adanya data analisis butir, yakni dengan mengukur rata-rata, sortasi atau standar deviasi, kemencengan (*skewness*), dan kurtosis (Darlan, 1996). Setiap parameter statistik sedimen memiliki nilai masing-masing yang secara keseluruhan menggambarkan distribusi sedimen.

8.4.1 Analisis Mineral

Analisis dilakukan dengan dua cara, yaitu *pertama* dengan cara mengenal sifat fisik (salah satunya warna atau visual) dan *kedua* melalui analisis kimiawi atau analisis difraksi sinar X (XRD) (Noor, 2009).

8.4.2 Peta Distribusi Sedimen

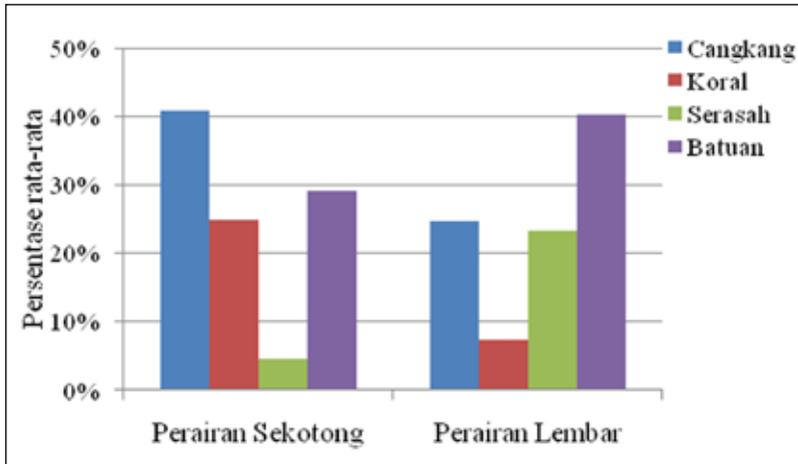
Distribusi sedimen yang terjadi di lokasi penelitian digambarkan melalui peta yang dibuat menggunakan *software* pemetaan.

8.4.3 Komposisi Sedimen

Komposisi sedimen yang didapatkan adalah tipe biogenik (cangkang, koral, dan bahan serasah) dan tipe klastik (batuan dan mineral, dalam hal ini mineral dibagi menjadi mineral felsik dan mineral mafik) dianalisis berdasarkan sampel butiran dan dilakukan pengamatan secara mikroskopik (Chapman, 1992).

Komposisi klastik dan biogenik di perairan Sekotong dan Lembar terdapat perbedaan yang cukup jelas (Gambar 8.3). Cangkang dan koral di perairan Sekotong rata-rata lebih tinggi, yaitu 41%, sedangkan di perairan Lembar hanya 25%. Hal ini disebabkan perairan Sekotong lebih terbuka dibandingkan dengan perairan Lembar. Sumber sedimen di perairan Sekotong lebih banyak berasal dari laut berupa butiran mineral dan pecahan cangkang biota yang berkomposisi kalsium karbonat. Material ini kemudian tertransportasi ke pantai dan pesisir dengan bantuan arus dan gelombang (Syarani & Hariadi, 2006).

Sementara itu, perbandingan rata-rata serasah dan pecahan batuan lebih banyak dijumpai di perairan Lembar dibandingkan dengan Sekotong (Gambar 8.3). Sungai Kelep yang bermuara di perairan ini menjadi sumber serasah dan batuan yang melimpah atau



Gambar 8.3 Perbandingan Komposisi Fragmen di Kedua Perairan

mendominasi karena aliran sungai yang terjadi terus-menerus dari hulu dan adanya proses pergerakan air laut di daerah pesisir akibat arus pasang surut mengangkut mineral-mineral, bahan organik, sedimen, dan batuan (Supriadi, 2001).

Komponen mineral dalam sedimen tipe klastik dalam analisis visual menurut Noor (2009) untuk membedakan mineral dapat dilakukan dengan melihat sifat fisik mineral, salah satunya adalah warna. Dalam penelitian ini mineral sedimen dibedakan menjadi dua macam, yaitu mineral terang disebut juga *felsik* dan mineral gelap disebut juga *mafik* (Titawael, 2011). Rata-rata komposisi mineral di perairan Sekotong adalah mineral terang 63,57% dan mineral gelap 36,43% terdiri atas aragonit, kalsit, dan kuarsa sedangkan di perairan Lembar mineral terang 48,9% dan mineral gelap 51,1% terdiri atas mineral biotit, piroksen, dan *hornblende*.

Mineral utama dalam sedimen di kedua lokasi penelitian relatif sama, yaitu kuarsa dan feldspar yang terbentuk dari hasil pelapukan fisik batuan sumbernya, yaitu beku dan vulkanik sehingga struktur

kristal dan jenisnya sama meski ukurannya berubah menjadi kecil. Sementara itu, mineral penyerta adalah mineral hasil pelapukan mineral utama yang terjadi selama proses pengendapan. Jumlah mineral penyerta lebih sedikit daripada mineral utama dan memiliki tipe sedimen kimiawi karena terbentuk oleh proses disolusi dan hidrolisis, seperti edenit, halit, ilit, haloisit, anortit, dan kalsit.

Ditinjau dari komposisi mineral, sedimen yang berada di pesisir diindikasikan dipengaruhi oleh daratan atau biasa disebut mineral *placer*. Mineral *placer* terbentuk dari rombakan mineral logam atau nonlogam yang bersumber dari batuan induknya di daratan, kemudian terbawa aliran sungai sehingga terakumulasi di dekat pantai dan daerah yang masih berkaitan dengan aliran sungai. Endapan mineral *placer* umumnya terbawa dan terendapkan bersamaan dengan sedimen butiran (*granular deposit*) seperti dalam pasir kuarsa, gravel, pasir karbonat, lempung, dan lanau. Proses angkut yang cukup panjang menyebabkan mineral yang berada dalam sedimen butiran mengalami banyak rombakan secara fisik (Craig *et al.*, 2001).

8.4.4 Distribusi Sedimen

Analisis Diagram Shepard (Shepard, 1954) merupakan analisis untuk menentukan kelompok jenis sedimen. Adapun kelompok jenis sedimen yang berada di perairan Sekotong didominasi lumpur (*silt*). Perairan Lembar didominasi oleh lumpur (*silt*), pada stasiun L13 dan L14 agak berbeda daripada stasiun lainnya di perairan ini dengan kelompok jenis sedimen pasir (*sand*). Kelompok jenis sedimen dari kedua perairan relatif halus, sehingga menunjukkan bahwa kedua perairan memiliki kondisi arus dan gelombang yang relatif kecil dan memungkinkan untuk memindahkan sedimen dasar laut (Siswanto, 2011).

Di perairan Sekotong nilai rata-rata (*mean*) fraksi sedimen berkisar 0,8247–2,7548 phi. Kondisi ini menunjukkan bahwa tipe fraksi sedimen memiliki variasi mulai dari kerikil sedang hingga pasir halus. Dengan nilai pemilahan fraksi sedimen (*sorting*) berkisar 0,6377–6,9617, keadaan ini menunjukkan kategori terpilah sedang hingga terpilah ekstrem buruk. Nilai ini menunjukkan pemilahan (*sorting*) sedimen yang buruk karena lokasi perairan ini cukup terbuka sehingga arus dan gelombang yang datang dari laut lepas dapat masuk tanpa ada penghalang dan dapat membawa butir sedimen yang cukup besar, sesuai dengan pernyataan Supriyadi *et al.* (2001) bahwa faktor arus dan gelombang memengaruhi nilai pemilahan (*sorting*). Nilai kemencengan berkisar -0,1165 s.d. -6.313,89 berdasarkan sebaran nilai tersebut maka diperoleh gambaran bahwa sedimen di daerah ini menceng kasar hingga menceng sangat kasar, artinya sedimen yang berada di perairan ini mengindikasikan adanya percampuran antara butiran kasar dan butiran yang sangat kasar (Affandi & Surbakti, 2012). Nilai kurtosis berkisar 0,0782–118.428,4894, sehingga masuk kategori sangat tumpul hingga sangat runcing.

Nilai rata-rata fraksi sedimen di perairan Lembar berkisar 0,5910–11,3530 phi. Kondisi ini menunjukkan bahwa tipe fraksi sedimen memiliki variasi mulai dari kerikil kasar hingga lempung halus. Nilai pemilahan (*sorting*) sedimen 0,3101–114,6350, keadaan ini menunjukkan kategori terpilah sangat baik hingga terpilah ekstrem buruk. Beberapa stasiun penelitian di perairan ini seperti L12, L15, L16, L17, L18, dan L19 masuk kategori terpilah sangat baik hingga sedang. Nilai ini menunjukkan sortasi sedimen yang baik karena memang lokasi di dekat stasiun L18 dan L19 terdapat satu sungai yang bermuara ke perairan ini. Sungai itu bernama Sungai Kelep sehingga membuat sortasi di sekitarnya cukup baik. Hal ini didukung dengan pendapat yang dikemukakan Affandi & Surbakti (2012) bahwa nilai sortasi yang berada dekat muara akan lebih tersortir dengan baik

dibandingkan dengan perairan yang tidak terdapat muara. Nilai kemencengan berkisar -0,0052 s.d. -1.862.150.419 berdasarkan sebaran nilai tersebut maka diperoleh gambaran bahwa sedimen di daerah ini hampir sama dengan perairan Sekotong, yaitu berada pada sebaran menceng kasar hingga menceng sangat kasar, artinya sedimen yang berada di perairan ini mengindikasikan adanya percampuran antara butiran kasar dan butiran yang sangat kasar. Nilai kurtosis berkisar 0,0009–10.727.276.642 sehingga masuk kategori sangat tumpul dan runcing sekali.

Berdasarkan nilai rata-rata fraksi sedimen diperoleh indikasi bahwa energi gerak yang disebabkan oleh arus di perairan Sekotong lebih kuat karena posisinya lebih terbuka sehingga butiran sedimen yang lebih kasar terendapkan di sedimen dasar perairan oleh arus dasar, dan sedimen berukuran halus berupa material tersuspensi. Sementara itu, di perairan Lembar karena lokasinya lebih tertutup daratan, arus dan gelombang laut yang masuk relatif lebih lemah (Hermanto, 1987). Adanya muara di wilayah ini membuat asupan sedimen butir halus melimpah karena pertemuan arus sungai dan laut membuat sedimen butir halus dapat terendapkan. Keadaan ini diperkuat dengan nilai pemilahan di perairan Sekotong didominasi dengan kategori terpilah sedang dan di perairan Lembar didominasi dengan kategori terpilah baik. Allen (1985) menyatakan bahwa sedimen dasar terdiri atas berbagai ukuran partikel yang menunjukkan kecilnya pengaruh energi mekanis yang terjadi untuk memilah berbagai ukuran partikel.

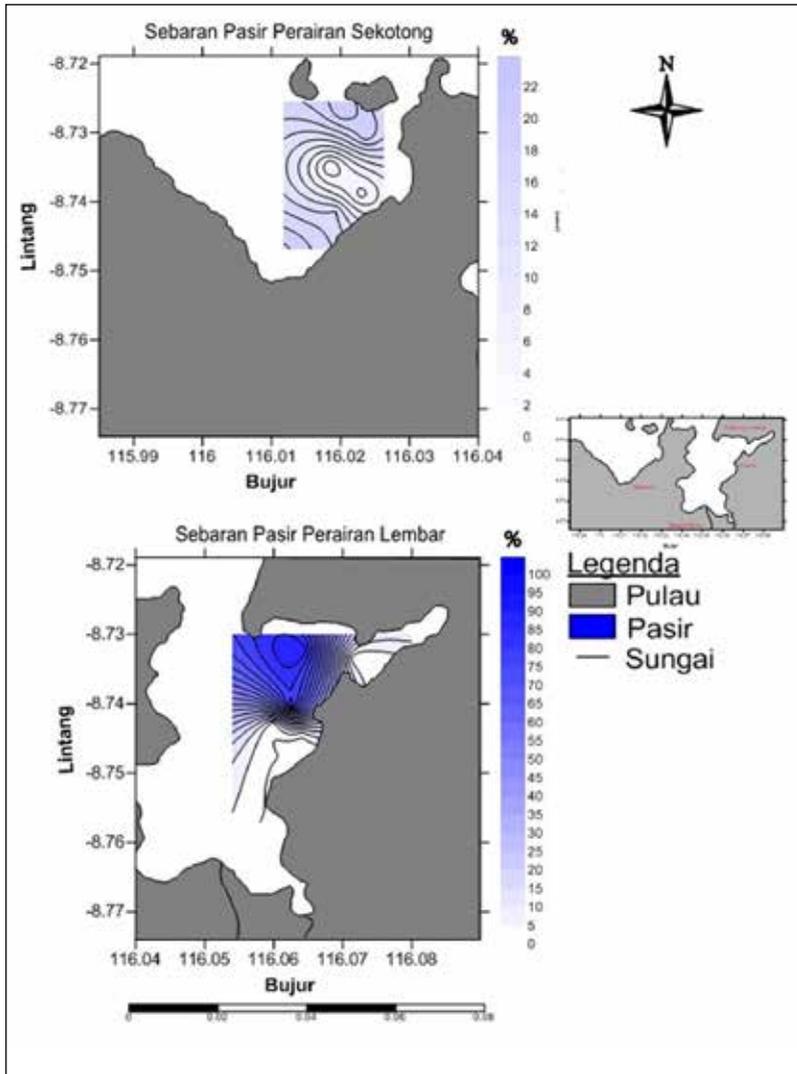
Kondisi yang menunjukkan bahwa sedimen dengan fraksi halus telah mengendap dapat dilihat dari nilai kemencengan (*skewness*) atau kemiringan ukuran butir (Affandi & Surbaki, 2012). Nilai kemencengan di perairan Sekotong didominasi oleh kategori menceng sangat kasar sedangkan di perairan Lembar didominasi kategori menceng kasar, menurut Folk (1974) nilai kemencengan positif menunjuk-

kan suatu populasi sedimen condong berbutir halus, sebaliknya nilai kemencengan negatif menunjukkan populasi sedimen berbutir kasar, sehingga kemencengan dapat digunakan untuk mengetahui dinamika sedimentasi perairan. Secara jelas, distribusi sedimen di perairan Sekotong dan Lembar akan ditampilkan dalam peta distribusi sedimen (Gambar 8.4 dan 8.5). Sebaran pasir di perairan Sekotong terlihat lebih merata dibandingkan dengan perairan Lembar yang sebarannya lebih mengarah ke lautan (Gambar 2.4). Sementara itu, sebaran lumpur di perairan Sekotong juga terlihat merata tetapi di perairan Lembar sebarannya berkumpul dekat muara sungai (Gambar 8.5).

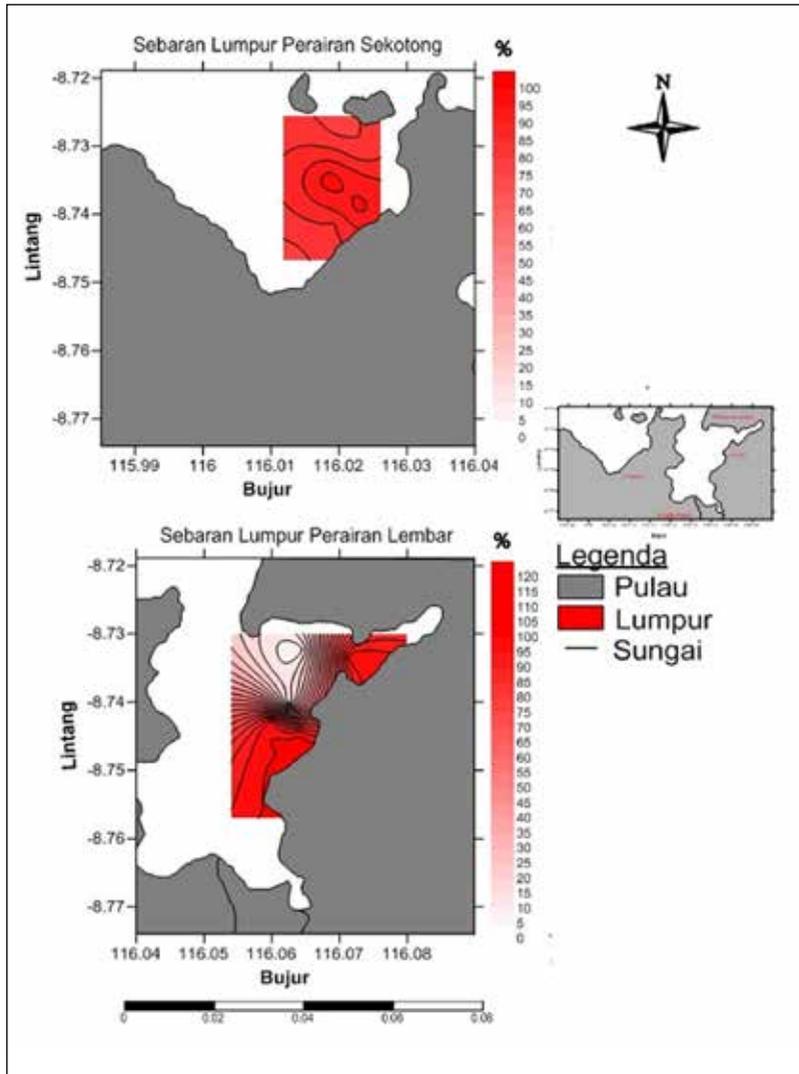
Berdasarkan kondisi sedimentasi, Sekotong merupakan daerah yang terbuka, sumber sedimen dari laut, dan dipengaruhi arus dan gelombang laut. Menurut Taqwa *et al.* (2014), biota yang mampu berkembang dengan baik dan dapat menyesuaikan diri dengan substrat pasir berlumpur di daerah seperti ini adalah moluska gastropoda, seperti *cerithidea* sp. Moluska dari kelas bivalvia, seperti *Anadara* sp., *Perna* sp., dan *Marcia* sp. juga mampu menyesuaikan diri dengan baik di substrat pasir berlumpur. Biota lainnya yaitu makroalga jenis *Rodhopyta* juga mampu berkembang dengan baik di perairan Sekotong.

Sementara itu, di perairan Lembar yang umumnya terdiri atas sedimen lanau, lempung, dan pasir halus terletak dekat muara sungai dengan kandungan bahan organik yang tinggi lebih menunjang sebagai habitat moluska jenis *Arcuatula* sp.

Perpindahan atau pengangkutan sedimen menyebabkan komposisi sedimen di kedua perairan tersebar secara merata dengan membentuk zona tersendiri. Perairan Sekotong memiliki sebaran cangkang semakin ke arah darat semakin banyak dengan dominasi ukuran butir lanau (*silt*), sebaliknya sebaran koral semakin banyak ke arah lautan. Serasah di perairan ini jumlahnya sangat sedikit, kumpulannya berada di dekat daratan dengan dominasi ukuran butir lanau dan sebaran batuan yang semakin ke laut semakin banyak (Gambar



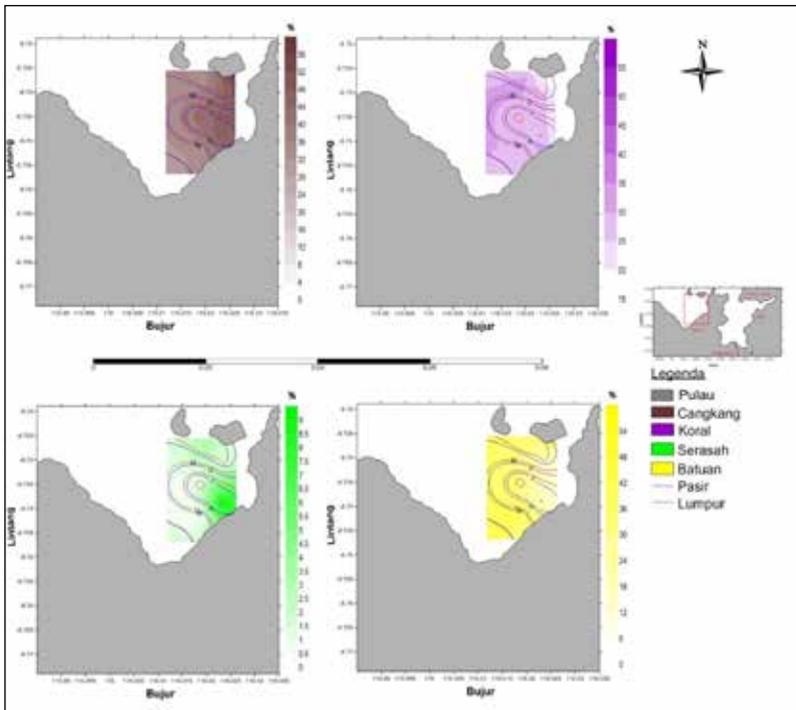
Gambar 8.4 Peta Sebaran Pasir



Gambar 8.5 Peta Sebaran Lumpur

8.6). Menurut Triatmodjo (1999) arus di sepanjang daerah pantai sangat bergantung pada arah datangnya gelombang. Di perairan ini sangat jelas terlihat bahwa datangnya arus atau gelombang dimungkinkan dari arah barat laut karena perairan ini cukup terbuka sehingga arah distribusi komposisi sedimennya semakin ke arah darat ukuran butirnya semakin kecil.

Perairan Lembar memiliki sebaran komposisi yang lebih kompleks karena (i) adanya sungai yang bermuara ke perairan ini tepatnya sebelah selatan (Gambar 8.7); (ii) sebaran cangkang cukup merata dengan sedikit mengarah ke daratan didominasi ukuran butir lanau; (iii) sebaran koral sangat sempit karena hanya tersebar di tengah-tengah

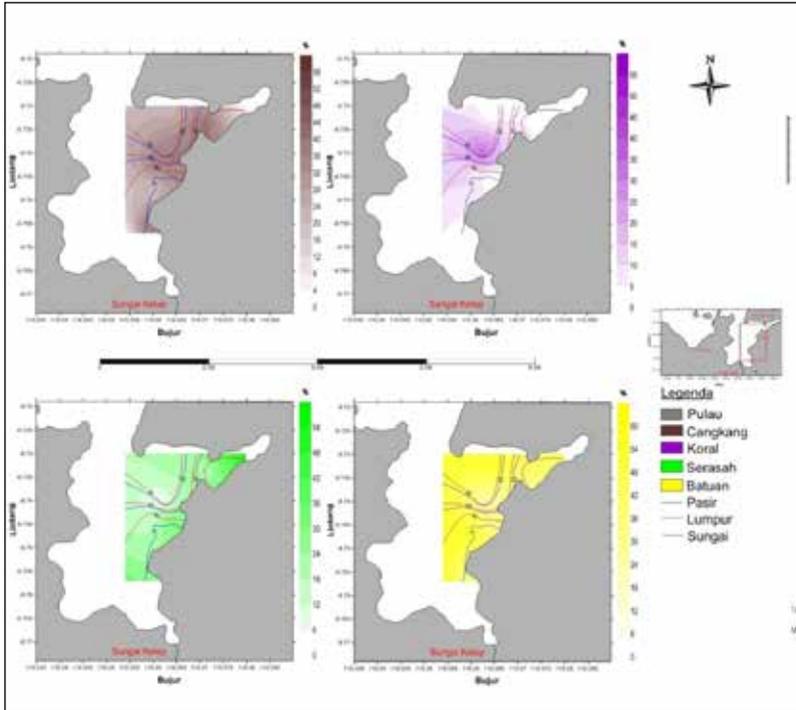


Gambar 8.6 Perbandingan Komposisi Fragmen dan Ukuran Butir Perairan Sekotong

dari seluruh titik pengambilan sampel dengan dominasi ukuran butir pasir; (iv) serasah tersebar dekat daratan dengan dominasi ukuran butir lanau sedangkan keberadaan batuan cukup dominan hampir merata ke arah lautan; (v) arus dan gelombang yang masuk perairan Lembar dari arah lautan sepertinya tidak cukup kuat memengaruhi perairan ini, meskipun menurut Triatmodjo (1999) pantai dan dasar laut tersusun dari material-material sedimen seperti pasir dan lumpur; dan (vi) lempung serta material-material lain yang sangat dipengaruhi oleh dinamika gerak air seperti arus, gelombang, dan pasang surut laut di samping sifat fisik sedimen tersebut. Hal ini dapat dilihat dari sebaran komposisi cangkang dan koral yang hanya tersebar dekat arah masuknya arus dan gelombang ke perairan ini. Selain karena perairan ini tertutup, pengaruh asupan sungai yang masuk ke perairan ini diduga cukup besar, apabila dilihat dari komposisi serasah dan batuan yang cukup mendominasi tersebar secara merata dengan arah sebaran dari sungai (selatan) menuju ke lautan (utara). Hal ini sesuai dengan pendapat yang dikemukakan Supriyadi *et al.* (2001) bahwa tingginya bahan organik dan batuan sebagai akibat dari adanya sungai yang bermuara ke suatu perairan.

8.4.5 Penyebaran Jenis Mineral

Mineral yang ditemukan dalam sedimen di pantai dan dasar perairan dapat dikategorikan menjadi dua golongan, yaitu mineral autigenik dan mineral alogenik. Mineral alogenik adalah mineral yang terbentuk di tempat lain yang terbawa ke tempat pengendapan oleh proses transportasi sedangkan mineral autigenik adalah mineral yang terbentuk di tempat pengendapan yang disebabkan oleh pelarutan secara kimiawi di tempat itu. Beberapa mineral dapat bertahan terhadap kondisi pelarutan tersebut, seperti kuarsa dan felspar yang memiliki resistensi tinggi terhadap pelapukan.



Gambar 8.7 Perbandingan Komposisi Fragmen dan Ukuran Butir Perairan Lembar

Jika dilihat dari komposisi mineralnya (8.1), perairan Lembar mengandung mineral autigenik karena mineral lempung yang dominan terdapat di tempat itu terbentuk oleh hasil pelarutan secara kimiawi (presipitasi dan disolusi). Sementara itu, perairan Sekotong cenderung memiliki mineral alogenik sebab mineral kuarsa dan feldspar dominan terdapat di tempat ini terbawa dari lokasi lain oleh gelombang. Hal ini didukung oleh adanya penyebaran material karbonat dan mineral karbonat yang terbentuk di lingkungan laut. Sumber kuarsa dan feldspar kemungkinan berasal dari formasi batuan vulkanik

Tabel 8.1 Penyebaran Mineral di Perairan Lembar dan Sekotong Lombok pada 2012

Komposisi Mineral	Lembar %	Sekotong %
Mineral lempung (anortit, halit, ilit, haloisit)	60	5
Quartz	30	65
Feldspar	4	10
Mineral dan material karbonat (aragonit, kalsit, cangkang, koral)	<3	18
Material organik darat (gambut, serasah)	>3	<3

sebagai pembentuk utama Pulau Lombok. Batuan vulkanik ini banyak yang tersingkap di pantai atau dasar laut dangkal di perairan Lombok.

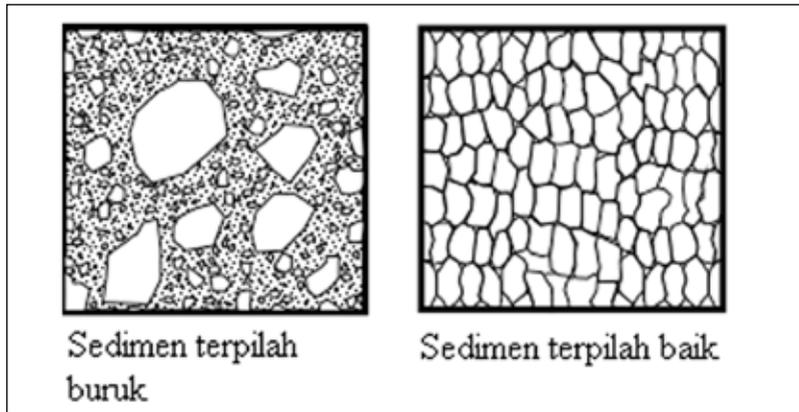
Kekuatan mineral terhadap pelapukan, baik hanya terombak maupun terubah menjadi mineral baru dipengaruhi oleh kedewasaan mineral tersebut. Mineral yang disebut dewasa adalah mineral yang terbentuk dalam kondisi mineralisasi akhir saat pembekuan magma (8.8) sehingga mineral ini stabil terhadap kondisi permukaan kerak bumi. Sedimen yang memiliki kandungan mineral stabil akan relatif lebih resisten terhadap gelombang, misalnya pasir kuarsa di perairan Sekotong membuat perairan ini lebih tahan terhadap erosi. Sementara itu, sedimen yang mengandung mineral-mineral tidak stabil, seperti mineral piroksen, horblende, dan plagioklas akan membuat sedimen ini tidak dapat bertahan lama terhadap proses transportasi. Umumnya sedimen dengan kandungan mineral ini berubah menjadi mineral-mineral lempung yang stabil sesampainya di lokasi pengendapan. Seperti yang terjadi pada mineral lempung yang ditemukan di sekitar muara Sungai Lembar. Mineral lempung ini stabil dalam kondisi lingkungan darat dan laut, sehingga sebagian besar sedimen di dasar perairan sungai dan lautan terdiri atas mineral lempung yang merupakan akhir dari siklus sedimentasi.



Gambar 8.8 Urutan Pembentukan Mineral dalam Pembekuan Magma Menurut Skema Bowen yang Memengaruhi Kedewasaan Mineral

Tabel 8.2 Mineral yang Stabil dan Tidak Stabil di Permukaan Bumi (Nelson, 2016)

Stabilisasi di dalam kondisi permukaan bumi	Mineral
Tidak stabil	Olivin
	Piroksen
	Plagioklas kaya Ca
	Hornblende
	Andesine-Oligoklas
Kurang stabil	Sphen
	Epidot
	Andalusit
	Staurolit
	Kyanit
	Sillimanit
	Magnetit Garnet
Sangat stabil	Muskovit
	Albit
	Ortoklas/Mikroclin
	Mineral-mineral lempung
	Kuarsa
	Turmalin Zirkon



Gambar 8.9 Tekstur Sedimen yang Terpilah Buruk dan Baik yang Menunjukkan Mekanisme Transportasi (Nelson, 2016)

Selain penyebaran mineral, distribusi tekstur sedimen di kedua perairan ini juga mencerminkan sumber dan mekanisme pengendapan. Perairan Lembar yang didominasi ukuran butiran lempung yang terpilah baik dipengaruhi oleh mekanisme pengendapan sungai. Perairan Sekotong cenderung memiliki butiran berukuran pasir dengan fragmen gravel dan terpilah buruk, mencerminkan mekanisme sedimentasinya dipengaruhi gelombang laut (Gambar 8.7).

8.5 PENUTUP

Perairan Sekotong lebih dipengaruhi oleh sedimentasi yang berasal dari laut, terdiri atas sedimen autigenik, tekstur sedimen yang kasar dan terpilah buruk, pasir dengan fragmen cangkang, dan koral. Mineral-mineral stabil seperti kuarsa dan felspar menunjukkan sumber sedimen adalah batuan vulkanik yang tertransportasi oleh media gelombang. Arah distribusi pasir di perairan Sekotong lebih luas dan distribusi lumpur di perairan Sekotong lebih mengarah dari laut ke daratan, mendukung asal-usul sedimentasi adalah dari laut.

Sementara itu, perairan Lembar dipengaruhi oleh sedimentasi sungai, dicerminkan dengan tekstur sedimen yang lebih halus dan seragam, dengan fragmen serasah dan batuan sedimen. Mineral yang dominan adalah mineral lempung, mengindikasikan asal-usul sedimen ini adalah mineral tidak stabil, diperkirakan dari formasi batuan beku intrusif di daratan sehingga mudah berubah menjadi mineral lempung di bawah kondisi pelapukan di permukaan bumi.

DAFTAR PUSTAKA

- Affandi, A. K. & Surbakti, H. (2012). Distribusi sedimen di Perairan Pesisir Banyuasin, Sumatra Selatan. *Maspari Journal*, 1(1): 33–39.
- Allen, J. R. L. (1985). *Principle of physical sedimentology*. Departement of Geology University of Reading. London: George Allen and Unwin.
- Bappeda. Kabupaten Lombok Barat. Dari <http://bappeda.lombokbaratkab.go.id>, diakses 15 Mei 2013.
- Chapman, D. (1992). *Water quality assessments-a guide to use of biota, Sediments and Water in Environmental Monitoring*. UNESCO. 2nd edition.
- Craig, J. R., Vaughten, D. J., & Skinner, B. J. (2001). *Resource of the earth origin, use, environmental impact*, 3rd edition. Upple Saddle River, NJ: Prentice Hall.
- Darlan, Y. (1996). *Geomorfologi wilayah pesisir, aplikasi untuk penelitian wilayah pantai*. Pusat Pengembangan Geologi Kelautan.
- Departemen Kelautan dan Perikanan. (2001). *Coastal zone optimisation design for development of barkish-water pond*, SPL-OECF. Directorate Fisheries and Marine Affair. Jakarta. Dari <http://www.calameo.com>, diakses 15 Mei 2015.
- Dinas Kelautan dan Perikanan Kabupaten Lombok Barat. (2005). *Mataram: Laporan pengelolaan terpadu dan konservasi sumberdaya pesisir dan laut, kecamatan sekotong, kabupaten lombok barat*. Dari <http://ccdpmfad.pmpu.kp3k.kkp.go.id>, diakses 15 Mei 2015.

- Folk, R. L. (1974). *Petrology of sedimentary rocks*. Austin Texas: Hemphill Publishing Co. Dari <http://www.lib.utexas.edu/geo/folkready>, diakses 15 Mei 2015.
- Ford, W. E. (1932). *A text book of mineralogy, with an extended treatise on crystallography and physical mineralogy, by E. S. Dana 4th ed.* New York: John Wiley & Sons.
- Herditrianto, E. (2014). Komposisi dan distribusi sedimen di dasar laut kaitannya dengan mineral di Lombok Barat. *Skripsi*. Purwokerto: Universitas Jenderal Sudirman.
- Herman, D. Z. (2007). Kemungkinan sebaran zirkon pada endapan *placer* di Pulau Kalimantan. *Jurnal Geologi Indonesia*, 2(2): 87–96.
- Holme, N. A. & McIntyre, A. D. (1984). *Methodes for the study of marine benthonik 2nd edition*. Oxford: Blackwell Scientific Publication.
- Menteri Energi dan Sumberdaya Mineral Republik Indonesia. (2012). Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia Nomor: 07 Tahun 2012. Dari <http://prokum.esdm.go.id/permen/2012>, diakses 15 Mei 2015.
- Nelson, J. S. (2016). Earth and environmental sciences 2120 petrology. Dari www.tulane.edu, diakses 18 Februari 2016.
- Noor, D. (2009). *Pengantar geologi*. Palembang: Universitas Sriwijaya Palembang.
- Open University Course Team. (1993). *Wave, tide and shallow water processes*. Oxford: Pergamon Press.
- Perillo, E. M. G. (1996). *Geomorphology and sedimentology at estuaries*. Elsevier.
- Pramuji & Bastaman, M. (2009). Teknik analisis mineral tanah untuk menduga cadangan sumber hara. *Buletin Teknik Pertanian*, 14(2): 80–82.
- Richard, A. D. Jr. (1992). *Depositional system an introduction to sedimentology and stratigraphy 2nd*. New Jersey: Prastise Hall Inc.
- Rona, P. A. (2002). Marine minerals for the 21st century. *Episodes*, 25(1): 2–12.

- Shepard, F. P. (1954). Nomenclature based on sand-silt-clay ratios. *Journal of Sedimentary Petrology*, 24: 151–158.
- Siswanto, A. D. (2011). Kajian sebaran substrat sedimen permukaan dasar di perairan pantai Kabupaten Bangkalan. *Embryo*, 8(1): 1–8.
- Sudarningsih & Fahrudin. (2008). Penggunaan metoda difraksi sinar x dalam menganalisa kandungan mineral pada batuan ultra basa Kalimantan Selatan. *Jurnal Ilmiah Fisika*, 5(2): 165–173.
- Supangat, A. & Umi, W. (1998). *Pengantar kimia dan sedimentasi laut*. Pusat riset wilayah laut dan sumberdaya non-hayati. Badan Riset Kelautan dan Perikanan. Departemen Kelautan dan Perikanan. Dari p3sdlp.litbang.kkp.go.id, diakses 15 April 2016.
- Supriadi, I. H. (2001). Dinamika estuaria tropik. *Osean*, 26(4): 1–11.
- Supriyadi, I. H., Wouthuyzen, S., dan Sunarto. (2001). Sebaran dan komposisi sedimen di beberapa teluk di Seram Barat. *Perairan Maluku dan Sekitarnya*, (1): 99–115.
- Supriyadi, I. P. (1996). Mengenal sedimen laut. *Lonawarta*, 19: 55–65.
- Sya'rani, L. & Hariadi. (2006). Penentuan sumber sedimen dasar perairan: i, berdasarkan analisis minerologi dan kandungan karbonat. *Ilmu Kelautan*, 11(1): 37–43.
- Taqwa, R. N., Muskananfolo, M. R., & Ruswahyuni. (2014). Studi hubungan substrat dasar dan kandungan bahan organik dalam sediman dengan kelimpahan hewan makrobentos di Muara Sungai Sayung Kabupaten Demak. *Diponegoro Journal of Maquares*, Volume 3, Nomor 1, Tahun 2014, Hlm. 125–133. Dari <http://ejournal-s1.undip.ac.id/index.php/maquares>, diakses 18 Februari 2016.
- Titawael, Y. M. (2011). Geologi dan potensi sumberdaya batuan ultrabasa, daerah Hukurila dan sekitarnya, Kecamatan Leitimur Selatan Provinsi Maluku. *Skripsi*. Yogyakarta: Universitas Pembangunan Nasional “Veteran”.
- Triatmodjo, B. (1999). *Teknik pantai*. Yogyakarta: Betta Offset.

- Wardhani, A. R. (2007). Kajian potensi kawasan pesisir bagi pengembangan ekowisata di Sekotong, Kabupaten Lombok Barat–NTB. *Tesis*. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Wenworth, C. K. (1922). A Scale of Grade Class Term for Clastic Sediments. *Journal Geology*, 30: 337–392.
- Witasari, Y. (2010). Mineral dari lautan. *Oseana.*, 35(1): 49–56.

BAB IX

KONDISI PERAIRAN LOMBOK BARAT DITINJAU DARI INDEKS FORAM DAN INDEKS AMMONIA-ELPHIDIUM

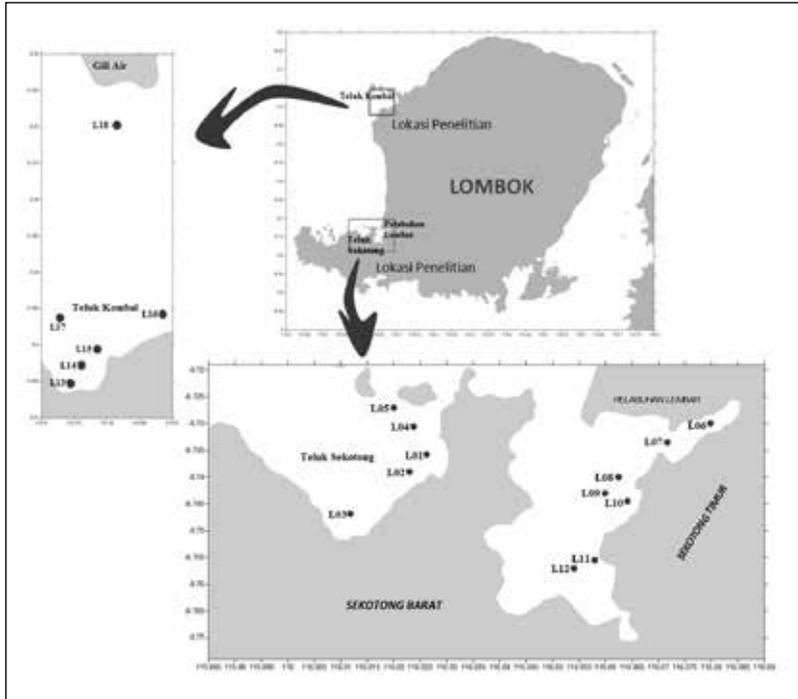
9.1 PENDAHULUAN

Foraminifera adalah protista bersel tunggal yang dapat hidup bersimbiosis dengan berbagai jenis mikroalga termasuk diatom, dinoflagellata, alga hijau, dan alga merah (Lee & Anderson, 1991). Biota ini tersebar luas di hampir seluruh perairan tetapi setiap jenis memiliki kepekaan terhadap perubahan lingkungan (Hallock, 2000; 2001). Hallock *et al.* (2006 & 1993) melaporkan adanya bukti gejala pemutihan cangkang (*bleaching*) akibat kondisi yang tidak menguntungkan (*stressful conditions*) pada foraminifera bentik di perairan dangkal. Alve (1995) dan Hallock *et al.* (2003) menemukan bahwa ada beberapa jenis foraminifera bentik dapat digunakan sebagai indikator dalam penilaian kualitas perairan, misalnya bioindikator untuk elemen yang berpotensi toksik seperti yang telah diteliti oleh Alve (1995) dan Nigam *et al.* (2006). Di lingkungan tercemar, foraminifera dapat menampakkan respons berupa berbagai variasi deformasi morfologi, struktur komunitas, dan kelimpahan (Schafer, 2000; du Chatelet *et al.*, 2004). Namun, belum ditemukan hubungan langsung antara faktor stresor alam ataupun antropogenik dan deformasi cangkang ataupun struktur komunitas (e.g., Alve, 1995; Debenay *et al.*, 2001).

Carnahan *et al.* (2009) menggunakan FoRAM index dan AEI (ammonia-elphidium index) untuk membantu dalam pemantauan lingkungan perairan pesisir. Argumentasi penggunaan indeks FoRAM adalah didasari fungsi ekologisnya foraminifera laut secara umum dibagi menjadi tiga, yaitu foraminifera oportunistik yang dapat menoleransi berbagai kondisi kritis, foraminifera yang hidup bersimbiosis dengan alga satu sel, dan foraminifera heterotropik (Gupta, 2006). Selain beberapa jenis foraminifera besar yang bersimbiosis dengan alga satu sel, foraminifera secara umum adalah organisme heterotrof yang mendapatkan energi dari luar sistem tubuhnya. Seperti juga organisme heterotrof lainnya, foraminifera mendapatkan makanan dengan berperan sebagai herbivor, karnivor, dan omnivor.

Perairan Lombok bagian barat merupakan perairan yang sangat potensial untuk dikembangkan dalam berbagai aspek, seperti pelabuhan, lahan budi daya, dan berbagai jenis kegiatan pariwisata. Saat ini kegiatan perekonomian di wilayah pesisir yang sedang digalakkan adalah budi daya perikanan dan kerang mutiara serta pariwisata. Namun, di beberapa tempat ditemukan kegiatan pencucian bijih emas secara tradisional oleh masyarakat. Kegiatan tersebut dilakukan dalam skala kecil tetapi secara luas oleh masyarakat pesisir di lokasi penelitian, terutama di sepanjang pesisir Sekotong. Dalam penelitian ini diperoleh informasi tentang status kesehatan perairan pesisir Lombok Barat yang diperlukan sebagai dukungan terhadap penancangan program pemerintah untuk menjadikan perairan Kawasan Timur Indonesia sebagai sentra kegiatan perikanan.

Pengambilan sampel dilaksanakan di tiga wilayah di pesisir barat Lombok, yaitu Sekotong, Lembar, dan Kombok (Gambar 8.1). Ketiga daerah itu merupakan lokasi budi daya dalam skala kecil dan sedang. Budi daya utama di wilayah ini adalah pembesaran ikan kerapu dan kerang mutiara.



Gambar 9.1 Lokasi Penelitian di Pesisir Sekotong, Lembar, dan Kambal, Lombok Barat

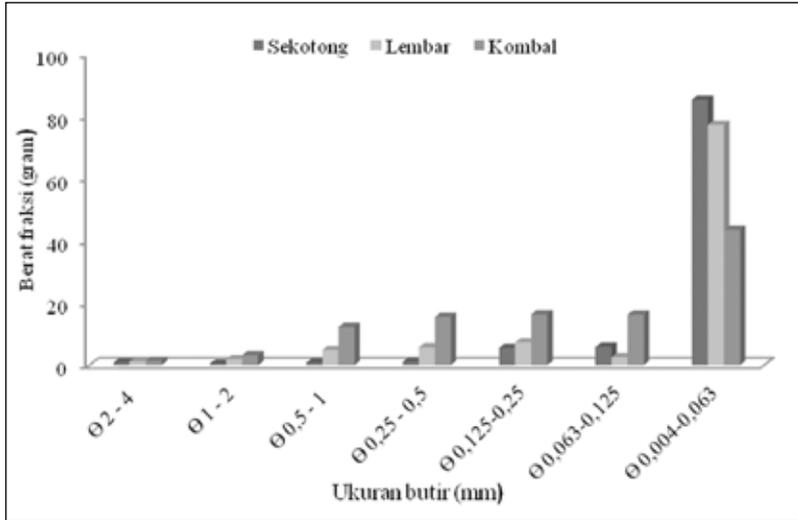
9.2 KONDISI SEDIMEN DASAR

Untuk kajian analisis butir (*grain size analysis*), sedimen dicuci menggunakan ayakan berseri mulai dari mata ayakan 0,063 mm sampai lebih dari 2 mm, bergantung pada hasil analisis visual pendahuluan sebelum pencucian. Sebelum diayak, sedimen dikeringkan, ditimbang, direndam, dan dicuci. Setelah pemisahan berdasarkan besar butir dengan penyaringan selesai, setiap fraksi sedimen dikeringkan dengan menggunakan oven selama 2 x 24 jam, dan terakhir tiap-tiap fraksi tersebut ditimbang. Prosedur tersebut diperlukan untuk menghitung persentase berat setiap fraksi.

Sedimen dasar perairan Sekotong, Lembar, dan Kombal adalah pasir, didominasi oleh fraksi pasir sangat halus berdiameter 0,004–0,063 mm (Gambar 9.2). Dari ketiga lokasi tersebut Sekotong merupakan perairan yang memiliki dasar perairan terhalus, dan perairan Kombal merupakan perairan terkasar. Rata-rata kandungan pasir sangat halus di dasar perairan Sekotong adalah 85,38% dari berat seluruh fraksi sedimen, di Lembar 77,28%, dan di Kombal 43,49%. Sedimen dasar di perairan Kombal sangat dipengaruhi oleh karakteristik sedimen terumbu di Gili Air, Gili Meno, dan Gili Trawangan yang berjarak kurang dari satu kilometer (Gambar 9.1). Ketiga gili tersebut merupakan gugus pulau karang. Dudley (2003) menyebutkan bahwa sedimen dasar di perairan terumbu didominasi oleh patahan *Acropora* dalam ukuran kerikil hingga pasir sedang, lembaran *Halimeda* dalam diameter butir 1–2 mm, cangkang foraminifera dari jenis-jenis *Marginopora* dan *Amphistegina* menyumbangkan fraksi pasir sedang (0,125–0,25 mm). Cangkang foraminifera merupakan 42% dari elemen sedimen pantai karbonat dan 35% dari elemen sedimen rata-rata terumbu (Dawson *et al.*, 2013).

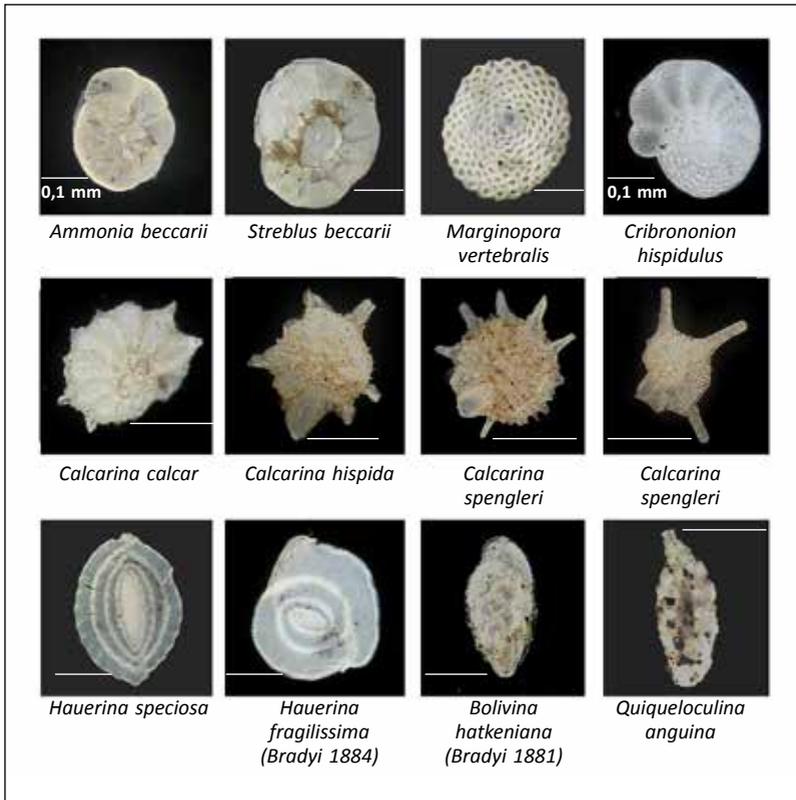
9.3 JENIS-JENIS FORAMINIFERA

Contoh sedimen diambil dengan menggunakan *grab* Smith McIntyre, untuk kajian foraminifera sampel diambil dari lapisan permukaan setebal 2 cm. Di laboratorium dilakukan pewarnaan dengan menggunakan *rose bengal* untuk mengetahui keberadaan spesimen hidup. Sampel dicuci menggunakan ayakan baja berseri dengan ukuran mata ayakan 0,25 dan 0,5 mm. Spesimen diidentifikasi menggunakan kunci identifikasi Barker (1959), dihitung jumlah individunya untuk mengetahui kekayaan jenis, dominasi jenis, kepadatan, dan abnormalitas morfologi, jika ditemukan.



Gambar 9.2 Sedimen Dasar Perairan Pesisir Barat Lombok

Foraminifera yang ditemukan di tiga lokasi penelitian terdiri atas 47 jenis benthik (Tabel 5). Dari 47 jenis tersebut 9 di antaranya merupakan foraminifera besar (*larger foraminifera*) yang dapat digunakan sebagai penciri terumbu karang (Hallock, 2012; Renema, 2003), 3 jenis oportunistik, dan 35 jenis lainnya merupakan foraminifera benthik heterofilik. Yang termasuk foraminifera besar adalah jenis-jenis dari genus *Marginopora*, *Calcarina*, dan *Cymbaloporetta*. Jenis-jenis dari genus *Ammonia* dan *Elphidium* merupakan jenis moat yang mampu bertahan dalam kondisi hipoksia dan eutrofik (Hallock, 2012).



Gambar 9.3 Foraminifera Benthik dari Perairan Dangkal Sekotong, Lembar, dan Komba, Lombok Barat

Salah satu jenis foraminifera besar yang ditemukan di perairan Sekotong adalah *Cymbaloporetta squamosa*, jenis ini hidup dengan melekatkan diri pada substrat yang dapat berupa *framework* karang, lamun, atau makroalga (Kitazato, 1994). Sebanyak tiga jenis marga *Calcarina* ditemukan di perairan Sekotong, Lembar, dan Komba, dua di antaranya ditemukan melimpah di perairan Lembar (Gambar 9.3; Tabel 9.1). *Cymbaloporetta squamosa* dan *Calcarina* merupakan jenis yang berasosiasi dengan terumbu karang (Hallock, 2012;

Ramirez *et al.*, 2008). Keberadaan kedua jenis tersebut di pesisir barat Lombok menunjukkan bahwa perairan ini sangat dipengaruhi oleh lingkungan terumbu karang. Wilson (2007) menyebutkan bahwa *Cymbaloporetta* atau *Tretomphalus* merupakan foraminifera yang hidup sebagai epifit pada lamun dari genus *Thalassia*, demikian pula dengan marga *Calcarina* yang biasa hidup sebagai epifit pada makroalga dan lamun. Richardson (2006) menyebutkan bahwa lamun dari jenis *Enhalus acoroides*, *Cymodocea rotundata* *C. Serrulata*, dan *Thalassia hemprichii* adalah contoh lamun yang biasa menjadi substrat foraminifera, sedangkan makroalga dari marga *Sargassum* merupakan substrat yang disukai foraminifera dari marga *Calcarina*.

9.4 TRUKTUR KOMUNITAS FORAMINIFERA

Kelimpahan relatif spesimen dihitung dengan mengacu pada pengategorian Fatela seperti yang disitir dalam Mendes *et al.* (2008) dihitung dengan menggunakan formulasi sebagai berikut:

$$A = \frac{n_i}{n} \times 100\%$$

Keterangan: n_i = nilai penting jenis ke- i

n = jumlah total nilai penting

Jenis dominan adalah jenis dengan kelimpahan >20% dari total populasi pada setiap sampel, melimpah (10–20%), asesoris (5–10%), dan jarang atau aksidental (1–5%).

Indeks FoRAM dihitung untuk mengetahui daya dukung perairan terhadap pertumbuhan terumbu karang (Hallock, 2012; Ramirez *et al.*, 2008). Rumus indeks FoRAM diformulasikan oleh Hallock *et al.* (2003).

Tabel 9.1 Formula Indeks ForAM (Ramirez *et al.*, 2008)

$FI = (10 * Ps) + (Po) + (2 * Ph)$	
Keterangan	Ps= N_s/T Po= N_o/T Ph= N_h/T T = total jumlah spesimen Ns= angka <i>symbiont-bearing foraminifera</i> No= angka <i>stress-tolerant foraminifera</i> Nh= angka formaminifera kecil dan heterotropis lainnya

Tabel 9.2 Formula Indeks A-E (Gupta *et al.*, 1996)

$N_A / (N_A + N_E) \times 100$	
Keterangan	N_A = jumlah individu ammonia dalam sampel sedimen N_E = jumlah individu elphidium dalam sampel sedimen

Indeks A-E dihitung untuk mengetahui potensi kejadian eutrofikasi dan/atau hipoksia pada suatu perairan. Indeks ini sudah digunakan beberapa peneliti perairan laut dangkal, seperti (Minhat *et al.*, 2013; Martinez-Colon & Hallock, 2010; Strauss *et al.*, 2012).

Indeks dominasi, keanekaragaman, dan pemerataan foraminifera benthik di perairan Lombok bagian barat, khususnya di perairan Sekotong, Lembar, dan Kombal dapat dilihat dalam Tabel 9.2. Perairan Kombal memiliki keanekaragaman jenis lebih tinggi dibandingkan dengan perairan Lembar dan Sekotong. Tidak terlihat adanya dominasi mutlak pada spesies foraminifera benthik di ketiga perairan, kondisi ini menunjukkan bahwa kualitas perairan cenderung stabil tanpa tekanan (antropogenik/alamiah) yang berarti (Murray, 2006).

Dari penghitungan index ammonia-elphidium (A-EI) diketahui bahwa perairan Lembar memiliki indeks tertinggi dibandingkan

Tabel 9.3 Indeks Ekologis Foraminifera Bentik di Pesisir Lombok Barat

	Sekotong	Lembar	Kombal
Dominance_D	0,2403	0,1723	0,07361
Shannon_H	2,116	2,337	2,962
Evenness_e^H/S	0,2767	0,4931	0,4834
FoRAM index	6,46	4,68	6,38
A-E index	50	60	0

dengan perairan Sekotong, ini menunjukkan kerentanan perairan Lembar terhadap cemaran antropogenik lebih tinggi dibandingkan dengan perairan Sekotong ataupun Kombal. Nilai A-EI di perairan Kombal adalah 0 (Tabel 9.3), ini menunjukkan bahwa perairan Kombal yang terletak di barat laut Pulau Lombok belum tercemar aliran antropogenik. Nilai A-EI yang sangat rendah ini berhubungan sekali dengan karakteristik besar butir di perairan Kombal yang cenderung berpasir sedang sampai kasar. Karakteristik dasar perairan sangat memengaruhi kesehatan perairan, karena semakin halus sedimen semakin tinggi daya ikatnya terhadap partikel yang berada di kolom air (Bentivegna *et al.*, 2004).

Indeks FoRAM adalah indeks yang menunjukkan kondisi perairan yang mampu menunjang kehidupan karang. Apabila kondisi perairan cukup stabil untuk menunjang kehidupan terumbu karang (Hallock, 2012), kondisi tersebut merupakan kondisi yang dapat mendukung pertumbuhan dan perkembangan foraminifera terutama jenis-jenis yang berasosiasi dengan terumbu karang. Hasil perhitungan indeks FoRAM (Tabel 8.3) menunjukkan bahwa perairan Sekotong dan Kombal termasuk kategori perairan yang cukup baik untuk pertumbuhan karang tetapi tidak cukup untuk mendukung *recovery* jika terjadi kerusakan. Sementara itu, perairan Lembar menunjukkan tanda ada pencemaran dan bukan perairan yang layak untuk pertumbuhan karang. Kondisi tersebut tergambar dari rendahnya

kekayaan jenis foraminifera bentik di perairan ini, serta ditemukannya *Ammonia beccarii* juga *Elphidium crispum* (Tabel 9.4 dan 9.5). Kehadiran kedua jenis penciri perairan pesisir dangkal berlumpur/payau/oportunis terhadap aliran antropogenik ini merupakan peringatan dini sebab tipe perairan di Lombok Barat didominasi oleh perairan oseanik. Karakteristik komunitas foraminifera bentik perairan pesisir oseanik terlihat di kedua lokasi penelitian lainnya, yaitu Sekotong dan Komba (Tabel 9.4).

Kelimpahan relatif foraminifera di lokasi pengamatan dapat dilihat dalam Tabel 8.4. Dari nilai kelimpahan relatif disusun pengategorian jenis foraminifera di setiap lokasi pengamatan sehingga diketahui jenis dominan, melimpah, dan asesoris. Perairan Lembar merupakan perairan yang paling miskin dibandingkan dengan lokasi lain tetapi masih dipengaruhi oleh perairan terumbu karena marga *Calcarina* ditemukan sebagai jenis yang paling menonjol walau tidak mendominasi.

Berdasarkan pengategorian Fatela, jenis dominan hanya ditemukan di Sekotong (Tabel 9.4), yaitu *Cymbaloporella squamosa*. Pada terumbu karang Apo di Filipina jenis ini biasa ditemukan di lereng

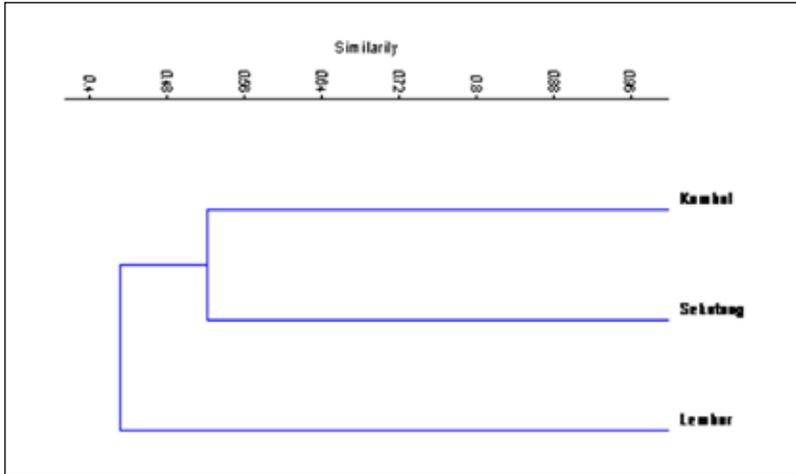
Tabel 9.4 Pengategorian Fatela

Kategori Fatela	Lokasi Pengamatan		
	Sekotong	Lembar	Komba
Dominan	<i>Cymbaloporella squamosa</i>		
Melimpah	<i>Triloculina keribatika</i>	<i>Calcarina spp,</i> <i>Ammonia beccarii,</i> <i>Calcarina calcar</i>	<i>Spiroloculina communis,</i> <i>Textularia agglutinans,</i> <i>Bolivina swegeriana</i>
Asesoris	<i>Cibicides praecinctus,</i> <i>Spiroloculina communis</i>	<i>Elphidium crispum</i>	<i>Triloculina tricarinata</i>

luar terumbu (*outer reef slope*) dan paparan luar terumbu (*outer reef flat*) terutama di daerah yang memiliki banyak pecahan karang dan alga kerak (*turf-like algae*) (Murray, 2006). Di perairan Lembar dan Kombal tidak ditemukan jenis dominan karena tingginya pemerataan sebaran jenis yang ditunjukkan oleh indeks *evenness* (Tabel 9.3) di kedua lokasi tersebut. Secara umum, Hillebrand *et al.* (2008) menggambarkan bahwa dominasi dan pemerataan jenis pada suatu sistem merupakan akibat faktor antropogenik, iklim, tata guna lahan, dan bertambah/berkurangnya konsumen.

Terdapat tiga jenis foraminifera bentik yang ditemukan melimpah di perairan Lembar tetapi ketiga jenis tersebut memperlihatkan kontradiksi karena *Calcarina* merupakan penciri terumbu karang dan jenis-jenisnya yang berasosiasi dengan komunitas karang. Sementara itu, *Ammonia* merupakan foraminifera oportunistis yang mampu beradaptasi dengan perairan hipoksia ataupun eutrofikasi. Makanan utama dari *Ammonia beccarii* adalah diatom (fitoplankton) dan bakteri (Murray, 2006). Ketiga jenis yang ditemukan melimpah di perairan Lembar ini merupakan indikasi yang perlu dicermati sehubungan dengan terdeteksinya indikator pengayaan di perairan ini, walaupun masih dalam skala yang sangat rendah.

Hasil analisis kluster dengan menggunakan indeks Horn (Gambar 9.4) memperlihatkan pada persamaan 0,5 terdeteksi adanya dua kelompok komunitas. Kelompok pertama adalah komunitas foraminifera bentik di pesisir Sekotong yang mengelompok dengan komunitas foraminifera di pesisir Komba sedangkan foraminifera di pesisir Lembar memperlihatkan karakteristik yang berbeda dengan kedua perairan lain. Jumlah jenis foraminifera bentik di perairan Lembar paling rendah dibandingkan dengan kedua perairan lain (Tabel 9.4), demikian pula dengan kelimpahan individunya. Kondisi ini dapat disebabkan oleh peruntukan perairan Lembar sebagai pelabuhan provinsi untuk kawasan Lombok bagian barat.



Gambar 9.4 Dendrogram Berdasarkan Indeks Kesamaan Horn pada Komunitas Foraminifera Benthik di Perairan Sekotong, Lembar, dan Kambal, Lombok

Tabel 9.5 Jenis Foraminifera Benthik Resen di Perairan Barat Lombok, 2011

	Sekotong	Lembar	Kambal
<i>Amphistegina radiata</i>	4	0	64
<i>Ammonia beccarii</i>	2	9	0
<i>Ammoscalaria</i> sp	0	0	2
<i>Bolivina swegeriana</i>	0	0	35
<i>Baculogypsinooides spinosus</i>	4	0	1
<i>Calcarina spengleri</i>	1	1	6
<i>C. calcar</i>	3	8	1
<i>C. hispidus</i>	10	1	12
<i>Calcarina</i> spp	5	31	2
<i>Cibicides praecinctus</i>	34	0	43
<i>Cymbaloporetta squamosa</i>	189	2	3
<i>C. tabellaeformis</i>	4	0	3
<i>C. bradyi</i>	0	2	7
<i>Cribrononion hispidus</i>	15	0	0
<i>Cribroelphidium poeyanum</i>	1	0	0

<i>Elphidium craticulatum</i>	1	1	7
<i>E. crispum</i>	1	5	1
<i>E. lessonii</i>	0	0	1
<i>Eponides rephandus</i>	2	1	2
<i>Eponides punctulatus</i>	0	0	2
<i>Operculina</i> spp	0	1	37
<i>Oolina apiculata</i>	0	1	1
<i>Peneroplis planatus</i>	4	0	0
<i>Planorbulina larvata</i>	0	0	3
<i>Pseudomassilina australis</i>	0	0	3
<i>Q. auberiana</i>	1	0	7
<i>Q. lamarckiana</i>	1	1	7
<i>Q. parkeri</i>	0	1	0
<i>Q. pseudoreticulata</i>	1	0	2
<i>Q. seminula</i>	5	2	0
<i>Q. bicornis</i>	0	0	4
<i>Q. bidentata</i>	0	0	1
<i>Rhephax scorpiurus</i>	3	0	9
<i>Reusella simplex</i>	0	0	2
<i>Scumbergerina alveoliniformis</i>	0	0	6
<i>Siphogenerina raphanus</i>	1	0	5
<i>Spiroloculina communis</i>	37	3	36
<i>Streblus beccarii</i>	0	13	0
<i>Streblus scroetrianus</i>	7	1	3
<i>Triloculina fichteliana</i>	0	0	5
<i>Triloculina kerimbatika</i>	47	5	29
<i>T. tricarinata</i>	8	2	26
<i>T. trigonula</i>	3	0	2
<i>Textularia conica</i>	0	0	18
<i>T. agglutinans</i>	18	5	57
<i>T. pseudogramen</i>	2	1	3
<i>T. earlandy</i>	1	0	2

9.5 PENUTUP

Komunitas foraminifera di lokasi penelitian masih sangat kuat dipengaruhi oleh komunitas terumbu karang dan komunitas asosiasinya seperti padang lamun. Nilai indeks A-E dan indeks FoRAM di perairan Lombok bagian barat menunjukkan aliran antropogenik belum berdampak pada populasi akuatik kecuali di perairan Lembar yang sudah memperlihatkan indikasi perkembangan jenis-jenis foraminifera bentik oportunistis. Perairan Lembar merupakan pelabuhan provinsi untuk wilayah Lombok Barat yang terakses pada beberapa aliran sungai, memiliki kekayaan jenis foraminifera bentik, dan kelimpahan individu paling rendah di antara kedua perairan lainnya.

PERSANTUNAN

Kegiatan ini didanai oleh PKPP Ristek tahun 2012. Ucapan terima kasih kami sampaikan kepada Lestari, M.Si. sebagai koordinator tim dan Fitri Budiyanto, S.T. atas izin menggunakan gambar peta lokasi penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Alve, E. (1995). Benthic foraminiferal responses to estuarine pollution—a review. *J. Foraminiferal Res.*, 25: 190–203.
- Bentivegna, C. S., Alfano, J., Bugel, S. M., & Czechomicz, K. (2004). Influence of sediment characteristics on heavy metal toxicity in urban marsh. *Urban Habitat*, 2(1): 91–111.
- Carnahan, E. A., Hoare, A. M., Hallock, P., Lidz, B. H., & Reich, C. D. (2009). Foraminiferal assemblages in Biscayne Bay, Florida, USA: Responses to Urban and Agricultural Influence in Subtropical Estuary. *Marine Pollution Bulletin*, 59: 221–233.

- Dawson, J. L., Hua, Q., Smithers, S. G. (2013). Benthic foraminifera: Their importance to future reef island resilience. *Proceedings of the 12 International Coral Reef Symposium*, Cairns, Australia, 9–13 July 2012 1A Reef and Reef Island Geomorphology, hlm. 23–30.
- Debenay, J. P., Geslin, E., Eichler, B. B., Wuleba, W., Sylvestre, F. & Eichler, P. (2001). Foraminiferal assemblages in a Hypersaline Lagoon, Araruama (R. J.) Brazil. *Journal of Foraminiferal Research*, 31: 133–151.
- du Chatelet, E. A., Debenay, J. P., & Soulard, R. (2004). Foraminiferal proxies for pollution monitoring in moderately polluted harbors. *Environmental Pollution*, 127: 27–40.
- Gupta, B. K., Turner, R.E., & Rabalais, N. N. (1996). Seasonal oxygen depletion in continental-shell waters of Louisiana: historical record of benthic foraminifera. *Geology*, 24: 227–230.
- Hallock, P. (2000). Symbiont-bearing foraminifera: harbingers of global change? *Micropaleontology*, 46: 95–104.
- Hallock, P. (2001). Coral reefs, carbonate sediments, nutrients and global change. In: Stanley GD, editor. *The History and Sedimentology of Ancient Reef Systems*. New York: Kluwer Academic Publishing/Plenum.
- Hallock, P., Williams, D. E., Toler, S. K., Fisher, E. M., & Talge, H. K. (2006). Bleaching in reef-dwelling foraminifera: Implications for reef decline. *Proceedings*, 10th International Coral Reef Symposium, Japan 1: 729–737.
- Hallock, P., Talge, H. K., Smith, K., & Cockeye, E. M. (1993). Bleaching in a reef-dwelling foraminifer *Amphistegina gibbosa*. *Proceedings*, 7th International Coral Reef Symposium, Guam 1: 44–49.
- Hallock, P. (2012). The foram index revisited: Uses, challenges, and limitations. *Proc. Coral Reef Sym.*, Australia: 22–29.
- Hallock, P., Lidz, B. H., Cockey-Burkhard, E. M., & Donnelly, K. B. (2003). Foraminifera as bioindicators in coral reef assessment and monitoring: The FORAM Index. *Environ. Monit. Assess.* 81: 221–238.
- Hillebrand, H., Bennet, D.M., & Cadotte, M. W. (2008). Consequences of dominance; a review of evenness effects on local and regional ecosystem processes. *Ecology*, 89(6): 1.510–1.520.

- Kitazato, H. (1994). Foraminiferal microhabitats in four marine environments around Japan. *Mar. Micropal.*, 24: 29–41.
- Lee, J. J. & Anderson, O. R. (1991). Symbiosis in foraminifera. In: Lee, J. J., Anderson, O.R., editors. *Biology of Foraminifera*. New York: Academic Press.
- Murray, J. (2006). *Ecology and application of benthic foraminifera*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Richardson, S. L. (2006). Response of epiphytic foraminiferal communities to natural eutrophication in seagrass habitats off man o'war cay, belize. *Marine Ecology*, 27(4): 404–416.
- Ramirez, A., Daniels, C., & Hallock, P. (2008). Applications of the SEDCON and FORAM Indices on Patch Reefs in Biscayne National Park, FL, USA. *Proceedings of the 11th International Coral Reef Symposium*, Ft. Lauderdale, Florida.
- Renema, W. (2003). Larger foraminifera on reefs around Bali (Indonesia). *Zoo. Verh. Leiden* 345: 338–366.....
- Schafer, C. T. (2000). Monitoring nearshore marine environments using benthic foraminifera: Some protocols and pitfalls. *Micropaleontology*, 46: 161–164.
- Wilson, B. (2007). Guilds among epiphytic foraminifera on fibrous substrates, Nevis, West Indies. *Mar. Micropal.*, 63: 1–18.

BAB X

KARAKTERISTIK MAKROALGA BERZAT KAPUR DI PERAIRAN TANJUNG SIRA, LOMBOK BARAT

10.1 PENDAHULUAN

Makroalga berzat kapur atau disebut *Calcareous algae* tumbuh di habitat paparan terumbu karang pada substrat batu karang, pecahan karang mati, pasir kasar, dan benda-benda yang keras berada di dasar perairan. Makroalga ini terdiri atas kelompok bertulang rawan dan berkerak serta dapat membentuk karbonat. Kandungan kalsium karbonat (CaCO_3) sebagai hasil metabolisme yang berupa mineral aragonit dan kalsit. Sebarannya dapat dijumpai di perairan laut tropik dan subtropik, sampai dengan kedalaman 300 m (Cordero, 1977). Makroalga ini di Indonesia berjumlah 103 jenis (Bosse, 1928). Marga yang mudah diperoleh di perairan pantai Indonesia adalah *Halimeda*, *Padina*, *Amphiroa*, *Galaxaura*, *Corallina*, *Hydrolithon*, *Mesophyllum*, *Peysonallia*, *Porolithon*, dan *Sporolithon*.

Makroalga berzat kapur dalam ekosistem pantai mempunyai arti yang sangat penting bagi pembentukan ekosistem terumbu karang baru, yakni ikut andil membentuk endapan kalsium karbonat baru yang bersifat berongga (*porous*) dan sangat dibutuhkan dalam sistem *phycocolloid reef* merupakan persediaan hidrokarbon masa kini (Cordero, 1977). Wray (1977) menambahkan bahwa makroalga berzat

kapur di daerah rata-rata terumbu karang sebagai persediaan pakan tambahan bagi ikan-ikan herbivora melalui *grazing* dan *browsing* dalam memenuhi kebutuhan CaCO_3 untuk pertumbuhan tulang.

Cordero (1977) menyatakan bahwa kelompok jenis makroalga berzat kapur mempunyai sifat fisik yang berbeda-beda dengan penggolongan jenis berdasarkan pada kandungan kalsium karbonat yang ada di dalam sel *thallus*, yakni kandungan kalsium karbonat tipe aragonit berada di permukaan dinding sel dan tipe kalsit berada di dalam dinding sel. Pengelompokan sifat fisik makroalga berzat kapur antara lain makroalga berzat kapur bertulang CaCO_3 dibentuk mirip tulang bersusun dan bentuk kerangka seperti yang ada pada marga *Corallina*. Sifat fisik makroalga berzat kapur CaCO_3 lainnya dibentuk seperti berkerak berupa *thallus* tipis menempel di batuan seperti lembaran kecil atau bersegmen-segmen (Dawson, 1966).

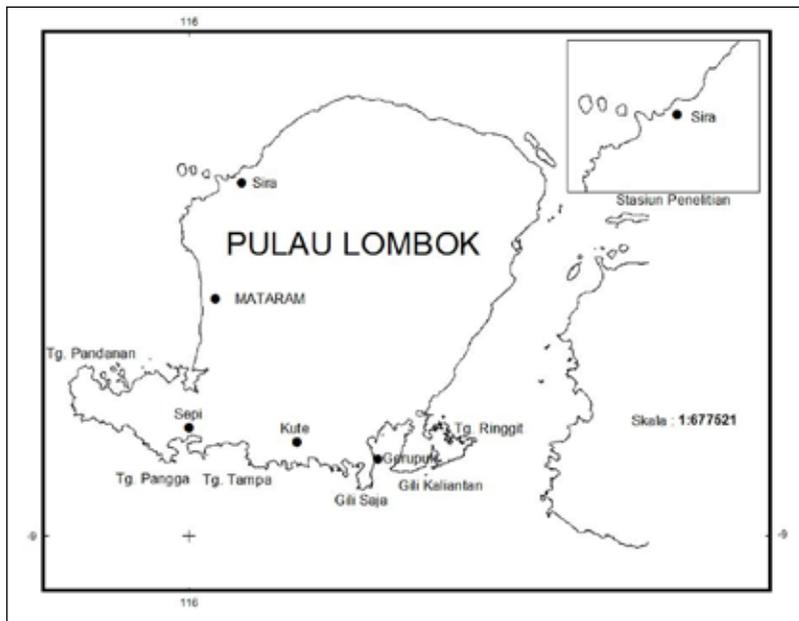
Dalam tulisan ini diuraikan karakteristik makroalga berzat kapur mengenai pertumbuhannya di beberapa bagian habitat rata-rata terumbu karang, kandungan CaCO_3 , dan sumbangannya untuk menunjang budi daya biota laut di rata-rata terumbu karang Tanjung Sira, Lombok Utara (Gambar 10.1). Tanjung ini terlindung oleh pulau-pulau kecil, sehingga terbebas dari gempuran ombak besar. Makroalga berzat kapur juga berfungsi sebagai perekat karang mati, cangkang-cangkang moluska, dan benda-benda keras yang ada di dasar perairan, sehingga kerangka karang yang mati tetap tegak dan dapat menahan gempuran ombak besar (Wilson *et al.*, 2004).

10.2 HABITAT DAN SEBARAN MAKROALGA

Menurut Magruder & Jeffrey (1979), habitat makroalga berzat kapur atau lingkungan tempat tumbuh di rata-rata terumbu karang terbagi dalam area intertidal (*beach/tide pool area*), rata-rata terumbu karang (*reef flat*), punggung terumbu/tubir (*porolithon ridge*), tubir (*upper reef*

slope), dan laut terbuka. Rataan terumbu karang tersebut memiliki kesamaan habitat dengan perairan terumbu karang di Pantai Tanjung Sira yang terletak di perbatasan Kabupaten Lombok Barat dengan Lombok Utara. Kabupaten Lombok Utara ini merupakan pemekaran dari Kabupaten Lombok Barat yang disahkan dalam Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2008 Nomor 99.

Tanjung Sira secara geografis terletak di koordinat $115^{\circ}30'00''$ BT dan $08^{\circ}30'0''$ LS (Gambar 10.1). Perairan ini memiliki terumbu mulai dari garis pantai sampai kedalaman 0,5–10 m sampai ke arah tubir. Makroalga kebanyakan tumbuh pada suhu ± 20 – 30°C , kadar garam 30–39‰, dan pH air 7–8,5 sampai pada lingkungan ekstrem dapat tumbuh di kedalaman sampai mencapai 300 m atau lebih (Dawson, 1966). Makroalga berzat kapur mempunyai *thallus* yang menempel atau menancap pada substrat pasir, dengan bonggol yang berumbi.



Gambar 10.1 Peta Perairan Pantai Tanjung Sira, Lombok Utara

Penelitian dilaksanakan pada Mei 2012 dengan menggunakan metode transek kuadrat, menggunakan *frame* 1 x 1 m² berjarak 10 m antara *frame* pertama dan berikutnya yang dimulai dari garis pantai hingga ke arah tubir. Sampel makroalga berzat kapur yang ada dalam setiap transek diambil dan diberi label, dikeringkan, lalu ditimbang (Buckland *et al.*, 1993). Pemisahan mineral aragonit dan kalsit dilakukan menggunakan metode yang disusun oleh Hillis (1980), yaitu dengan menggunakan HCl pekat. Berat zat aragonit dan kalsit dari setiap jenis makroalga berzat kapur diketahui dari selisih berat basah dan berat kering. Identifikasi jenis makroalga berzat kapur dan kandungan CaCO₃ tipe aragonit dan kalsit dalam daftar tipe kandungan karbonat menurut Cordero (1977) dan Connel (1974).

10.2.1 Intertidal (Beach)

Daerah intertidal merupakan bagian dari rata-rata terumbu karang yang dangkal (Gambar 10.2). Daerah intertidal merupakan habitat makroalga berzat kapur yang tumbuh di bagian lekukan-lekukan substrat pasir dan goba-goba kecil yang pada waktu surut terendah masih tergenang air. Di daerah intertidal banyak dijumpai marga *Halimeda* dan *Padina* (Tabel 10.1). Round (1977) mengatakan bahwa kalsifikasi kedua marga tersebut terjadi pada semua bagian *thallus*, di bagian dinding ataupun di dalam jaringan sel. Kalsium karbonat yang tersimpan ini merupakan bahan makanan tambahan bagi ikan herbivora dan biota lain (Matsuura *et al.*, 2006). Ditemukan delapan jenis makroalga berzat kapur di daerah intertidal Tanjung Sira yang terdiri atas *Halimeda macroloba*, *H. macrophysa*, *H. opuntia*, *H. cylindracea*, *H. cuneata*, *H. discoidea*, *H. tuna*, dan *Padina australis*. Jenis *Halimeda macroloba* dan *H. cylindraceae* memiliki keunikan tersendiri, yakni bonggol berumbi dapat mengikat partikel-partikel pasir yang lebih besar, sehingga dalam komunitas yang besar mampu menahan kikisan erosi pasir dari empasan ombak.

10.2.2 Subtidal (Reef Flats)

Daerah subtidal merupakan bagian dari paparan terumbu tengah karena pada waktu air surut rendah sebagian besar substrat masih tergenang, batas area ini hingga daerah *rampart* (Gambar 10.2). Substrat daerah ini berupa batu karang, pecahan karang, dan karang mati. Goba (kubangan) yang terdapat di rataan terumbu merupakan tempat ideal bagi pertumbuhan makroalga. *Thallus skeleton* dan alga kerak yang terpapar langsung matahari karena mengalami surut terendah akan mudah mati. Makroalga berzat kapur di daerah subtidal terdiri atas 16 jenis yang berasal dari kelas Chlorophyceae yaitu marga *Halimeda*, dari kelas Phaeophyceae yaitu marga *Padina*, dan dari kelas Rhodophyceae yaitu marga *Amphiroa*, *Corallina*, *Galaxaura*, *Hydrolythion*, *Mesophyllum*, *Peyssonellia*, *Porolithon*, dan *Sporolithon* (Tabel 10.1). Kelas Rhodophyceae di daerah rataan terumbu Tanjung Sira ada 8 jenis lebih banyak daripada yang berada di Pantai Espirito Santo, Brasil, yaitu 5 jenis (Ramos *et al.*, 2010). Cordero (1977) menemukan 16 jenis makroalga berzat kapur yang dijumpai di area subtidal di perairan Filipina. Atmadja & Sulistyono (1980) melaporkan makroalga berzat kapur di perairan Lombok dan sekitarnya mempunyai jenis yang sama, yakni 16 jenis. Karakter utama dari *thallus* makroalga ini adalah ada yang agak rapuh dan ada yang keras sekali, kandungan kalsium karbonat yang dibentuk dari tipe kalsit dan aragonit cukup tinggi, dan merupakan hasil penumpukan metabolit berupa CaCO_3 . Semen perekat yang sangat kuat banyak dihasilkan metabolit marga *Peyssonellia* dan *Corallina*.

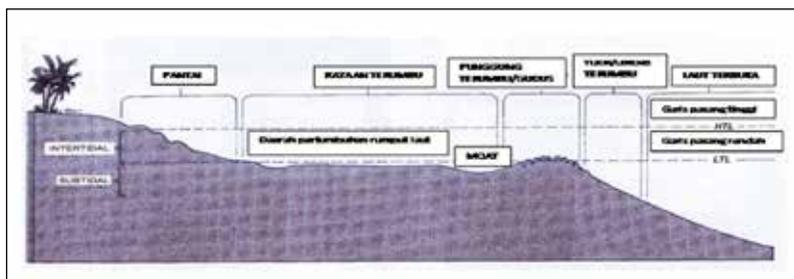
10.2.3 Reef Rampart/Gudus (Porolithon Ridge)

Reef Rampart adalah punggung terumbu atau gudus yang merupakan batas antara rataan terumbu dan tubir, letaknya membujur, membentuk pematang yang terdiri atas gundukan atau bongkahan, dengan

ketinggian bervariasi (Gambar 10.2). Substrat punggung terumbu terbentuk dari bongkahan karang *bolder* atau karang *massif*. Area ini merupakan habitat utama bagi semua jenis makroalga berzat kapur. Bagian dinding punggung terumbu yang mencuat ke atas kebanyakan diselubungi makroalga kerak. Makroalga berzat kapur di daerah gundus ada 15 jenis (Tabel 10.1) dijumpai di bagian bongkahan yang selalu tergenang air, sehingga dapat dilihat jelas pada saat surut terendah. Makroalga berzat yang berada di punggung terumbu berfungsi sebagai perekat bongkahan karang yang mati dan berfungsi sebagai penahan ombak bagi ekosistem terumbu karang, yakni dengan memecah ombak sebelum sampai ke tepi pantai.

10.2.4 Tubir (Upper Reef Slope)

Makroalga berzat kapur di daerah tubir (Gambar 10.2) terdiri atas 11 jenis yang berasal dari kelas Chlorophyceae marga *Halimeda*, kelas Phaeophyceae marga *Padina*, dan kelas Rhodophyceae marga *Coralina*, *Hydrolithon*, *Mesophyllum*, *Peysonellia*, *Porolithon*, dan *sporolithon* (Tabel 10.1). Makroalga berzat kapur di daerah tubir ditemukan tumbuh menyelimuti bonggol karang yang lapuk pada karang marga *Acropora*. Makroalga berzat kapur dari marga *Peysonallia* tumbuh



Gambar 10.2 Habitat makroalgae berzat kapur di rataan terumbu karang Pantai Tanjung Sira, Lombok Barat, seperti yang digambarkan Magruder dan Jeffrey (1979).

menyelimuti bonggol karang yang lapuk sehingga tetap kokoh. Zat kapur dari marga *Peysonnalia* merupakan hasil sekresi yang berupa metabolit yang berwarna merah marun, merah tua, dan ungu. Marga ini biasa hidup hingga kedalaman 5–40 m (Kongwe, 2006).

Tabel 10.1 Makroalga Berzat Kapur Paparan Terumbu Karang Pantai Tanjung Sira, Perairan Lombok, Nusa Tenggara Barat

Nama Makroalga Berzat Kapur	Intertidal (Beach)	Rataan Terumbu (Reef Flats)	Gudus (Ridge)	Tubir (Upper Reef Slope)
Chlorophyta				
Halimeda cuneata	+	+	+	+
H. cylindraceae	++	++	-	-
H. discoidea	+	++	++	+
H. macrophysa	+	+	++	+
H. macroloba	++	++	-	-
H. opuntia	++	++	++	++
H. tuna	+	+	++	-
Phaeophyta				
Padina australis	+	++	+	+
Rhodophyta				
Amphiroa canaliculata	-	++	+	-
Galaxaura rugosa	-	+	+	-
Corallina sp	-	++	+	+
Hydrolithon reinboldii	-	+	++	+
Mesophyllum mesomorphum	-	+	++	+
Peysonnalia rubra	-	+	++	++
Porolithon gardineri	-	+	++	+
Sporolithon erythraeum	-	+	+	+

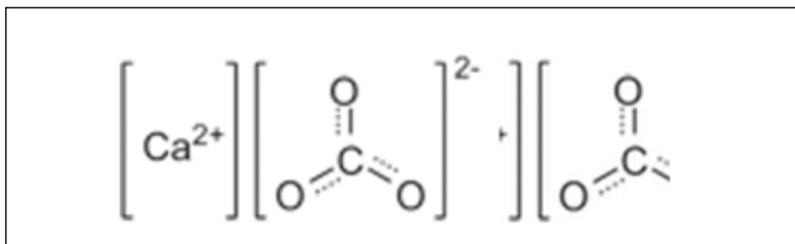
Keterangan: + = sedikit; ++ = banyak; - = tidak ada

10.3 KANDUNGAN KALSIMUM KARBONAT

Untuk memperoleh kandungan CaCO_3 dari setiap marga dilakukan penimbangan agar diketahui berat basah kandungan zat kapur tiap-tiap marga dalam ($1 \times 1 \text{ m}^2$). Sampel kemudian dikeringkan dalam oven 60°C sampai kering, lalu ditimbang dan dilarutkan pada HCl pekat sehingga zat kapur akan terlepas dari *thallus* maka yang tertinggal hanya serat-serat *thallus*, kemudian dikeringkan kembali dan ditimbang. Selisih berat kering *thallus* awal dikurangi berat serat *thallus* kering akhir adalah berat kandungan zat kapur tiap-tiap marga atau jenis (Hillis, 1980).

10.3.1 Kalsium Karbonat

Beberapa jenis makroalga berzat kapur yang ditemukan di lokasi pengamatan dapat dilihat pada Gambar 10.4 hingga 10.7. Kalsium karbonat diperoleh melalui hasil metabolisme yang disimpan atau diendapkan di dalam jaringan sel *thallus*, termasuk kelompok *articulate* bertulang, sedangkan kelompok *crustose* berkerak zat kapur disimpan di permukaan sel. Makroalga berzat kapur di Pantai Tanjung Sira mempunyai dua tipe aragonit kalsium karbonat termasuk *calcareous algae* hijau, cokelat, dan sebagian merah. Kandungan aragonit dapat membentuk *crustose* berkerak atau endapan hidrokarbon sebagai kalsium karbonat yang bersifat *porous*, tumbuh menempel di batuan (alga epilitik) atau menancap di pasir. Kelompok lain adalah *calcareous algae* merah dengan kandungan kalsit dan membentuk sedimen *articulate* akan menghasilkan *thallus* bertulang *skeleton* sebagai endapan kalsium karbonat, tumbuh menempel atau menyelimuti benda lain. Produksi alami kalsium karbonat di rataan terumbu karang perairan Tanjung Sira rata-rata mencapai $100\text{--}450 \text{ g/m}^2$ (Tabel 10.2) tetapi masih lebih rendah daripada yang terdapat di paparan terumbu Kepulauan One Tree Great Barrier Reef, Australia, yang mencapai $148\text{--}500 \text{ g/m}^2$.



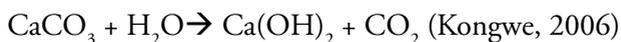
Gambar 10.3 Struktur Kimia Kalsium Karbonat (Kongwe, 2006)

Kandungan kalsium karbonat ini menunjukkan bahwa di perairan Tanjung Sira biomassa CaCO₃ yang ada, tidak jauh berbeda dengan daerah lain. Klumpp & Kinnon (1992) menambahkan bahwa kandungan kalsium karbonat ini bergantung pada kedalaman tempat tumbuh dan sinar matahari yang diterima di tiap-tiap perairan. Odum & Odum (1955) menyatakan bahwa penyerapan kalsium karbonat makroalga berzat kapur mencapai 7–38% adalah CaCO₃ dengan kandungan mineral aragonit dan kalsit, sedangkan senyawa lain seperti karbonat magnesium dan karbonat stonium dalam jumlah yang sangat kecil.

CaCO₃ apabila dipanaskan menjadi serbuk remah dan lunak yang dinamakan kalsium oksida (CaO), reaksi tersebut setiap molekul dari kalsium akan bergabung dengan 1 atom oksigen dan molekul lain akan berikatan dengan oksigen menghasilkan CO₂ akan terlepas ke udara sebagai gas karbon dioksida, reaksi berlangsung sebagai berikut:



Molekul dari CaCO₃ akan segera mengikat molekul air (H₂O) membentuk kalsium hidroksida yang berupa zat yang lunak seperti pasta, dalam keadaan kering mengeras menjadi batuan kapur dengan reaksi sebagai berikut:



Braga & Riding (2005) menyatakan bahwa pasta hasil metabolisme *calcarious algae* berupa aragonit dan kalsit melekat pada karang mati dan benda lain yang ada di dasar perairan, apabila dalam keadaan kering membentuk batuan kapur yang keras.

10.3.2 Mineral Aragonit

Kelas Chlorophyceae marga *Halimeda*, Phaeophyceae marga *Padina*, dan Rhodophyceae marga *Amphiroa* dan *Galaxaura* mengandung kalsium karbonat, biasanya dari beberapa jenis makroalga berzat kapur yang menempel pada kerang-kerangan, kandungan aragonit lebih lunak (Tabel 10.2) dan (Gambar 10.4 dan 10.5). Aragonit adalah mineral dari kalsium karbonat yang terbentuk pada suhu rendah, dalam bentuk *polymorphous* yakni rumus kimia yang sama tetapi struktur kristal yang berbeda dengan kalsit (Erich & Pierre, 1999). Endapan kandungan aragonit lebih lunak, akan berubah menjadi batuan kalsit yang keras apabila dipanaskan pada suhu 380–470°C (Kongwe, 2006).



Gambar 10.4 *Halimeda macroloba*



Gambar 10.5 *Padina australis*

10.3.3 Mineral Kalsit

Kelas Rhodophyceae marga *Corallina*, *Hydrolithon*, *Mesophyllum*, *Peysonallia*, *Porolithon*, dan *Sporolithon* mengandung kalsium karbonat yang berupa aragonit. Sebagian besar berasal dari kelas alga merah. Batuan kalsium karbonat terbentuk dalam proses biologi dan biokimia. Batuan kalsium karbonat terbentuk di lingkungan laut dangkal sebab di lingkungan laut tersebut tidak terjadi pengendapan mineral berasal dari daratan. Bentuk mineral kalsium karbonat ini diabsorpsi untuk pertumbuhan koral dan makroalga berzat kapur, hasil metabolisme akan menyekresi mineral aragonit yang kemudian berubah menjadi mineral kalsit, apabila keadaan laut relatif dangkal dengan intensitas cahaya matahari cukup (Scoffin, 1987). Kalsit adalah mineral pembentuk batuan dari kalsium karbonat sebagai *polymorphous* karbonat kalsium yang paling stabil dengan struktur kristal keras (Erich & Pierre, 1999). *Polymorphous* adalah mineral aragonit yang lebih lunak. Batuan kalsit ini sangat umum sebagai mineral dan banyak digunakan sebagai bahan konstruksi bangunan, perlakuan netralisasi pH tanah untuk pertanian, dan bahan kepentingan industri farmasi. Daerah pulau-pulau kecil menggunakan batuan kalsit dari koral atau batuan *algae corallina* yang sudah mati sebagai bahan fondasi bangunan.



Gambar 10.6 *Corallina* sp. (Kerak)



Gambar 10.7 *Peysonallia rubra*

Tabel 10.2 Kandungan Kalsium Karbonat Makroalga Berzat Kapur (g/m^2) di Paparan Pantai Tanjung Sira, Lombok, Nusa Tenggara Barat

Kelas	Marga	Tipe Kandungan Kalsium Karbonat	Bagian Tempat Penyimpanan	Kalsium Karbonat (g/m^2)
Chlorophyceae	<i>Halimeda</i>	Aragonit	Permukaan sel	125
Phaeophyceae	<i>Padina</i>	Aragonit	Permukaan sel	100
Rhodophyceae	<i>Amphiroa</i>	Aragonit	Permukaan sel	200
	<i>Galaxaura</i>	Aragonit	Permukaan sel	250
	<i>Corallina</i>	Kalsit	Dalam dinding sel	450
	<i>Hydrolithon</i>	Kalsit	Dalam dinding sel	300
	<i>Mesophyllum</i>	Kalsit	Dalam dinding sel	400
	<i>Peysonallia</i>	Kalsit	Dalam dinding sel	250
	<i>Porolithon</i>	Kalsit	Dalam dinding sel	400
	<i>Sporolithon</i>	Kalsit	Dalam dinding sel	400

10.4 PERAN MAKROALGA BERZAT KAPUR

Makroalga berzat kapur di daerah pantai bagian yang dibutuhkan dalam pembentukan kembali ekosistem terumbu karang yang telah rusak. Produksi metabolit yang berupa CaCO_3 dari makroalga berfungsi sebagai perekat karang mati, melapisi cangkang kerang dan benda-benda keras yang ada di dasar perairan, sehingga tidak mudah mengalami kehancuran. Kandungan aragonit dan kalsit pada rangka karang meningkatkan resistensi ekosistem terumbu karang dalam menahan kikisan arus air dan gempuran ombak besar.

Makroalga berzat kapur dalam ekosistem terumbu karang berfungsi pula sebagai tempat kamouflage dan lahan asuhan bagi benih-benih ikan, moluska, krustase, dan biota lain agar terhindar dari kejaran predator. Dengan demikian, keberadaan makroalga berzat kapur membantu fungsi ekosistem terumbu karang dalam menyediakan cadangan benih biota laut untuk menunjang budi daya biota laut di perairan Lombok, Nusa Tenggara Barat. Fungsi lain dari makroalga berzat kapur CaCO_3 adalah sebagai pakan tambahan bagi benih-benih biota laut dalam pembentukan tulang. Saat ini industri sudah menggunakan tepung yang berasal dari makroalga ini sebagai campuran makanan dalam berbagai suplemen, produk farmasi, atau campuran susu bubuk.

10.5 PENUTUP

Makroalga berzat kapur di perairan Tanjung Sira ada 16 jenis, yaitu yang mengandung aragonit 10 jenis dan kalsit 6 jenis. Kandungan kalsium karbonat (CaCO_3) total dari makroalga berzat kapur di perairan ini mencapai 100–450 g/m^2 dalam bentuk aragonit dan kalsit. Daerah subtidal atau rataan terumbu di perairan Tanjung Sira memiliki jenis makroalga berzat kapur paling tinggi yang didominasi oleh jenis-jenis yang mengandung kalsit tinggi, yakni berasal dari kelas Rhodophyceae. Daerah intertidal dihuni oleh jenis makroalga berzat kapur terendah karena hanya berasal dari kelas Chlorophyceae yang mengandung aragonit rendah pula. Makroalga berzat kapur berperan dalam pembentukan ekosistem terumbu karang baru, membentuk perlidungan dan tempat asuhan bagi bibit ikan, udang, moluska, dan biota lain, sehingga dapat menunjang budi daya biota laut untuk menyediakan bibit biota laut di perairan Lombok, Nusa Tenggara Barat. Kandungan CaCO_3 dibutuhkan sebagai bahan pakan tambahan bagi benih-benih biota laut.

PERSANTUNAN

Ucapan terima kasih yang dalam penulis sampaikan kepada Ketua dan Staf penyandang dana Dikti, Ketua dan Staf editor LIPI Press, Ketua dan Staf editor P2O-LIPI, dan rekan-rekan sesama peneliti dan teknisi yang telah membantu sehingga terbitan buku ini sampai terwujud.

DAFTAR PUSTAKA

- Atmadja, W. S. & Sulistijo. (1980). Algae bentik. Moosa, M. K.; W. Kastoro, dan K. Romimohtarto (Eds.), *Peta Sebaran Geografik Beberapa Biota Laut di Perairan Indonesia*. Jakarta: Lembaga Oseanologi-Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia. 13–25
- Buckland, S. T., Anderson, D. R., Burham, K. P., & Laake, J. L. (1993). *Distance sampling estimating abundance of biological population, 1st Ed.* London: Chapman and Hall Ltd.,
- Bosse, A. W. V. (1928). Liste des algues du siboga rhodophyceae traisimi partie gigartinales et rhodymeniales. *Siboga Expeditie LIXd*: 200–533.
- Braga, J. C. & Riding. (2005). Calcarious algae. In Selley, R., Cooks, L R. M., & Plimer, I. J. R. (Eds.) *Encyclopedia of Geology*. Amsterdam.
- Connel, Y. H. (1974). Seaweeds in the coral reef communities. In Richard, N. & Mariscal (Eds.). *Field Experiment in Marine Ecology*. New York: Academy Press.
- Cordero, J. R. A. (1977). *Studies on Philiphine Marine red algae, series IV*. Smithsonian Institution United State National Museum.
- Dawson, E. Y. (1966). Marine botany. *An Introduction Smithsonian Institution United States National Museum*. New York: Holt, Rinehart, & Winston, Inc.
- Erich, S. K. & Pierre, G. (1999). Micro-environmental control on biomineralization: Superficial processes of apatite and calcite precipitation in quaternary soil Roussillon, France. *Sedimentology*, 46(3). 463–476.

- Hillis-Colinvaux, L. (1980). Ecology and taxonomy of halimeda; Primary producer of coral reefs. Blaxter, Russel, & Yonge (Eds.) *Marine Biology*. London: Academic Press. XVII: 2–84.
- Klumpp, D. W. & Mckinnon, A. D. (1992). Community structure, biomass and productivity of epilithic algal communities on the great barrier reef: dynamics at different spatial scales. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 86: 77–89.
- Kongwe, J. (2006). Calcareous algae of a tropical lagoon; Primary productivity, calcification and carbonat production. Sweden: Departement of Botany, Stockholm University.
- Matsuura, K., Sumadhiharga, O., & Tsukamoto, K. (2006). *Field guide to Lombok Island*.
- Odum, H. T. & Odum, E. P. (1955). Trophic structure and productivity of windward coral reef community on eniwetok atoll. *Ecol. Monogr.*, 25: 281–320.
- Scoffin, T. P. (1987). *An Introduction to Carbonate Sediments and Rocks*. New York: Glasgow, Black, Chapman, & Hall Publ.
- Ramos, R. J., Travassos, M. P., & Leite, G. R. (2010). Charakterization macrofauna associated with articulated calcareous algae (Corallinaceae, Rhodophyta) occurring in a hydrodynamic gradient on the espirito Santo State Coast, *Brasilian Journal of Oceanography*, 58(4) 275–285.
- Round, F. E. (1980). *The ecology of algae*. London: Cambridge University Press.
- Wilson, S., Blake, C., Berges, J. A., & Maggs, C. A. (2004). Northern Ireland. *Elsevier, Bio. Cons.* 120: 283–293.
- Wray, J. I. (1977). Calcareous algae. *Developments in Palaeontology and Stratigraphy*. Amsterdam: Elsevier, 4:185.

BAB XI

KOMPOSISI, KELIMPAHAN, DAN SEBARAN ZOOPLANKTON DI PERAIRAN TELUK SEKOTONG, LOMBOK BARAT

11.1 PENDAHULUAN

Zooplankton atau plankton hewani merupakan suatu organisme berukuran kecil yang hidup melayang dalam kolom perairan. Karena kekuatan berenangannya sangat lemah, keberadaan dan penyebarannya sangat dipengaruhi oleh arus. Dalam ekosistem perairan, zooplankton memegang peranan penting dalam rantai makanan sebagai penghubung (transfer energi) dari produsen primer ke biota yang mempunyai jenjang pakan yang lebih tinggi (Bednarski & Morales-Ramires, 2004; Clark *et al.*, 2000). Day *et al.* (1989) juga menyatakan bahwa zooplankton berperan sebagai penghubung antara produktivitas primer (fitoplankton) dan berbagai jenis hewan karnivora penting yang meliputi ikan komersial, mengontrol populasi fitoplankton melalui pemangsaan (*grazing*), memengaruhi distribusi, kelimpahan populasi hewan hewani bentik dan nektonik, dan berperan dalam daur ulang nutrien. Dengan keberadaan *grazing* kepadatan, komposisi jenis, dan distribusi fitoplankton dapat terkontrol (Martin, 1970; Poulet, 1978; Ryther & Sanders, 1980; Lynch & Shapiro, 1981; Deason & Smayda, 1982). Jitlang *et al.* (2014) menyatakan bahwa zooplankton merupakan pakan tahap awal bagi larva ikan. Selain

itu, Reeve (1975) juga menyatakan bahwa zooplankton merupakan makanan penting bagi berbagai konsumen di perairan estuaria seperti ctenophora, beberapa larva meroplankton, anakan ikan, beberapa jenis organisme bentik seperti sponge dan moluska. Kelimpahan zooplankton sering dikaitkan dengan kesuburan perairan (Arinardi *et al.*, 1994) dan fluktuasi stok ikan pelagis (Wiadnyana, 1997). Cushing (1975) juga berpendapat bahwa variasi dan ketersediaan zooplankton berhubungan dengan kelulushidupan larva dan rekrutmen populasi ikan. Di samping faktor biotis, keberadaan dan kelimpahan zooplankton juga dipengaruhi oleh faktor abiotik, seperti sifat-sifat fisika dan kimia di lingkungan sekitarnya. Perubahan sifat suatu perairan dapat menyebabkan perubahan struktur komunitas plankton.

Perairan pesisir seperti Teluk Sekotong, Lombok Barat, merupakan daerah perikanan tempat nelayan mencari ikan. Saat ini perairan ini mulai ramai dikunjungi wisatawan, baik domestik maupun mancanegara. Kehadiran perahu nelayan ataupun perahu penumpang mulai banyak dan berlalu lalang di perairan tersebut. Hal ini cepat atau lambat dapat berpengaruh terhadap kualitas perairan yang selanjutnya dapat berpengaruh terhadap organisme yang hidup di dalamnya, termasuk plankton. Tingkat kesuburan dan keragaman jenis zooplankton berkaitan dengan produktivitas perikanan dan budi daya perikanan. Semakin subur perairan maka semakin tinggi pula produksi perikanan. Keberadaan zooplankton di suatu perairan juga merupakan sumber benih bagi kepentingan budi daya perikanan, baik sebagai benih pakan maupun benih biota budi daya. Perairan pantai Lombok Barat merupakan perairan yang subur dan kaya akan hasil perikanan. Oleh karena itu, penelitian tentang keberadaan zooplankton di perairan tersebut perlu dilakukan. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui kondisi zooplankton yang meliputi komposisi, kelimpahan, dan sebarannya di perairan Teluk Sekotong, Lombok Barat.

11.2 PENGAMBILAN SAMPEL

Penelitian dilakukan di perairan Teluk Sekotong, Lombok Barat, sebanyak 10 stasiun (Gambar 11.1) pada April 2012. Pengambilan contoh zooplankton dilakukan sekali di 10 stasiun dengan menggunakan jaring plankton berdiameter mulut jaring 0,31 m, panjang 1 m, dan lebar mata jaring 80 mikron. Jaring plankton ditarik dengan tangan secara vertikal dari kedalaman 5–6 m sampai permukaan air. Sampel plankton dimasukkan ke botol sampel dan segera diawetkan dengan formalin 4% yang telah dinetralkan dengan boraks. Identifikasi dan pencacahan zooplankton dilakukan di laboratorium dengan bantuan mikroskop dan menggunakan referensi (Wickstead, 1965; Yamaji, 1966; Chihara & Murano, 2007). Pengukuran volume air yang tersaring mengacu pada rumus:

$$V = l \times p$$

Keterangan:

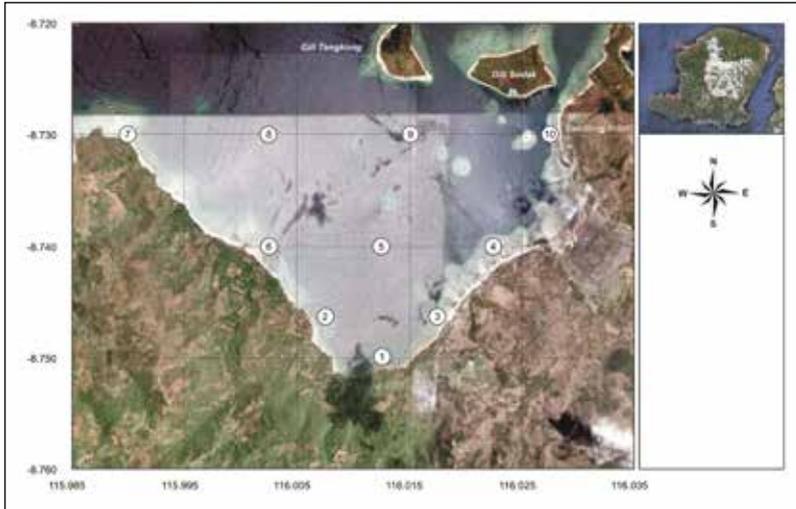
V = volume air tersaring (m³)

l = luas mulut jaring

p = panjang tali

11.3 KOMPOSISI ZOOPLANKTON

Komposisi zooplankton di setiap stasiun dapat dilihat dalam Tabel 11.1. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa komunitas zooplankton di perairan Teluk Sekotong terdiri atas 24 taksa, yakni kelompok crustacea yang terdiri atas 11 taksa yakni Brachiopoda, Ostracoda, Copepoda, Amphipoda, Isopoda, Euphausiacea, Luciferidae, Sergestidae, Caridea, Cirripedia, dan Penaeidea. Taksa lainnya adalah Polychaeta, Echinodermata, Mollusca (Bivalvia dan Gastropoda), Pisces (ikan), Medusae, Siphophora, Ctenophora, Chaetognatha, Phoronis (Phoronida), Oikopleura (Appendicularia), Thaliacea, dan



Gambar 11.1 Lokasi Stasiun Pengambilan Sampel Zooplankton di Perairan Teluk Sekotong, Lombok Barat

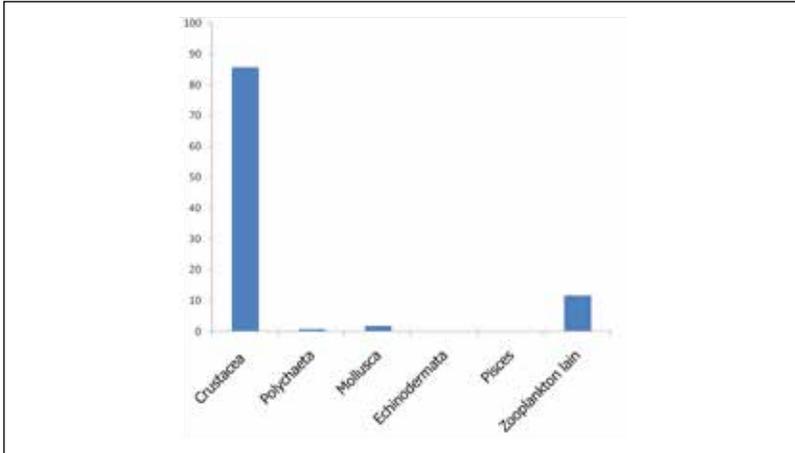
Platyhelminthes. Komunitas zooplankton di setiap stasiun mempunyai komposisi yang relatif sama. Kelompok Crustacea mendominasi komunitas zooplankton di semua stasiun. Sementara itu, kelompok ikan dan Echinodermata memiliki persentase yang sangat kecil. Komposisi zooplankton yang secara keseluruhan dipertelakan pada Gambar 11.2 dan Tabel 11.2 menunjukkan bahwa Crustacea merupakan kelompok dominan, dengan nilai berkisar 78,06%–94,15% dengan rata-rata 85,74% dari semua komunitas zooplankton. Kemudian berturut-turut diikuti oleh kelompok zooplankton lain yang merupakan gabungan dari larva Medusae, Siphophora, Ctenophora, Chaetognatha, Phoronis (Phoronida), Oikopleura (Appendicularia), Thaliacea, dan Platyhelminthes (4,49%–18,37%) dengan rata-rata 11,69%; kelompok Mollusca (1,17%–2,71%) dengan rata-rata 1,73%; Polychaeta (0,1%–1,53%) dengan rata-rata 0,73%; ikan (0%–0,18%) dengan rata-rata 0,026%; Echinodermata (0%–0,09%) dengan rata-rata 0,02%.

Tabel 11.1 Komposisi Zooplankton (%) di Perairan Teluk Sekotong, Lombok Barat

Taksa	St. 1	St. 2	St. 3	St. 4	St. 5	St. 6	St. 7	St. 8	St. 9	St. 10
Crustacea	78,06	87,76	93,01	94,15	81,18	88,03	83,58	78,84	80,23	92,55
Polychaeta	1,53	1,2	0,26	0,18	0,24	0,82	0,43	0,9	1,29	0,54
Echinodermata	0	0	0,06	0	0	0	0,09	0	0	0,09
Mollusca	2,04	1,64	1,73	1,17	2,65	1,83	1,54	2,71	1,23	1,28
Pisces	0	0	0,03	0	0	0,18	0	0	0	0,05
Zooplankton	18,37	9,4	4,91	4,5	15,92	9,14	14,37	17,55	17,24	5,57

Tabel 11.2 Persentase Zooplankton di Perairan Teluk Sekotong, Lombok Barat

Taksa	Persentase Kepadatan Zooplankton (%)		
	Maksimum	Minimum	Rata-Rata
Crustacea	94,15	78,06	85,74
Polychaeta	1,53	0,1	0,02
Mollusca	2,71	1,17	0,026
Echinodermata	0,09	0	0,73
Pisces	0,18	0	1,78
Lain-lain	18,37	4,49	11,69



Gambar 11.2 Persentase Komposisi Zooplankton di Perairan Teluk Sekotong, Lombok Barat

11.4 KELIMPAHAN DAN SEBARAN ZOOPLANKTON

Kelimpahan total zooplankton di setiap stasiun dan sebarannya dapat dilihat pada Gambar 11.3. Kepadatan zooplankton tertinggi ditemukan di Stasiun 3 (49.028,33 individu/m³) dan terendah ditemukan di Stasiun 1 (649,01 individu/m³). Jika ditinjau dari parameter fisika-kimia (pH dan DO) di Stasiun 1 relatif lebih rendah dibandingkan dengan stasiun lain (Gambar 11.4). Hal ini mungkin menyebabkan perkembangan populasi zooplankton di area tersebut kurang maksimum. Faktor lain mungkin disebabkan oleh arus yang kemungkinan bergerak menjauhi stasiun tersebut sehingga zat hara dan fitoplankton kurang subur di area itu. Kelimpahan zooplankton dalam penelitian ini relatif lebih tinggi apabila dibandingkan dengan hasil penelitian lain yang menunjukkan bahwa kondisi plankton di Teluk Sekotong relatif subur. Fitriya & Lukman (2013) mendapatkan kelimpahan zooplankton di perairan Lamalera, Nusa Tenggara Timur, hanya berkisar 491–4.537 individu/m³.

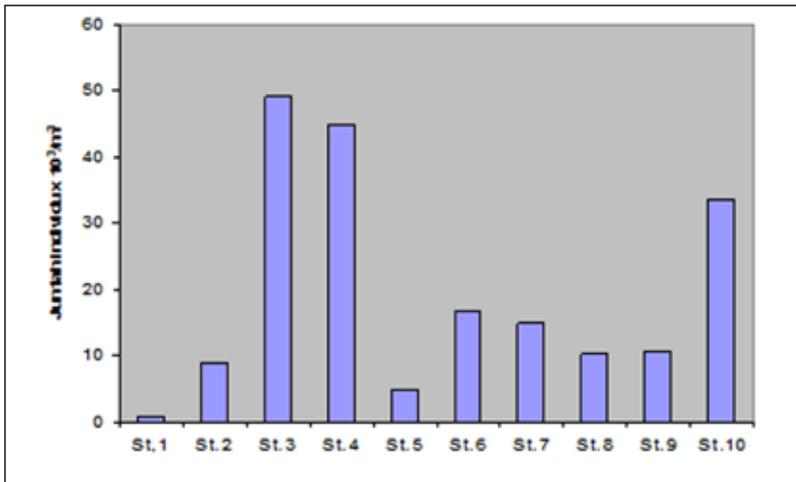
Crustacea merupakan kelompok terbesar jika dilihat dari jumlah anak kelompok dan jenisnya. Mereka terdiri atas holoplankton dan meroplankton. Dominasi atau melimpahnya kelompok crustacea yang terbanyak disebabkan oleh melimpahnya jumlah individu dari kelompok holoplankton terutama copepoda. Berdasarkan pengalaman penulis dan hasil penelitian para pakar, kelompok ini selalu mendominasi setiap ekosistem perairan, baik perairan neritik maupun oseanik. Melimpahnya kelompok ini mengindikasikan bahwa kondisi lingkungan di perairan masih relatif baik. Hal ini sesuai dengan hasil pengamatan parameter lingkungan yang menunjukkan bahwa kondisi lingkungan di perairan Teluk Sekotong masih relatif baik.

Copepoda merupakan anggota crustacea yang termasuk holoplankton (plankton sejati). Hasil pengamatan menunjukkan bahwa hewan tersebut merupakan zooplankton yang sangat dominan, membentuk 77,04–93% (rata-rata 84,82%) dari semua komunitas zooplankton. Calanoida merupakan copepoda yang paling dominan dan tersebar merata di semua stasiun. Kepadatan tertinggi 26.198,30 individu/m³ (53,44%) ditemukan di Stasiun 3 dan terendah 1.643,56 individu/m³ (15,33%) ditemukan di Stasiun 9 dengan kepadatan rata-rata 8.678,92 individu/m³ (37,92%). Posisi kedua ditempati oleh Cyclopoida yang juga tersebar merata di semua stasiun dengan kepadatan tertinggi 13.688,39 individu/m³ (38,48%) ditemukan di Stasiun 3 dan terendah 158,94 individu/m³ (24,49%) ditemukan di Stasiun 1 dengan kepadatan rata-rata 5.519,49 (28,53%). Posisi ketiga diduduki Harpacticoid, menyebar cukup merata tetapi kepadatannya jauh lebih rendah dibandingkan dengan Calanoid ataupun Cyclopoid. Kepadatan Harpacticoida tertinggi 906,52 individu/m³ (3,74%) ditemukan di Stasiun 3 dan terendah 0 individu/m³ (0%) ditemukan di Stasiun 1 dengan kepadatan rata-rata 42,53 individu/m³ (2,12%). Dominasi kopepoda dalam komunitas zooplankton

juga telah dilaporkan oleh Fitriya & Lukman (2011) dan Fitriya & Surbakti (2010).

Evadne dan Penelia merupakan crustacea yang tergolong dalam kelas Branchiopoda. Kedua jenis crustacea tersebut memiliki kepadatan yang rendah dan hanya ditemukan di beberapa stasiun. Evadne ditemukan di Stasiun 3 dengan kepadatan 13,79 individu/m³ dan Stasiun 4 dengan kepadatan 14,16 individu/m³. Penelia hanya ditemukan di Stasiun 10 dengan kepadatan 16,50 individu/m³.

Amphipoda dan beberapa taksa lain, seperti Cryptoniscid, Euphausiacea, Acetes, Caridea, dan Penaeidae hanya ditemukan di beberapa stasiun dengan kepadatan yang rendah. Amphipoda hanya ditemukan di Stasiun 2 dengan kepadatan 9,62 individu/m³ (0,11%). Cryptoniscid (Isopoda) ditemukan di tiga stasiun, yakni di Stasiun 2 dengan kepadatan 9,62 individu/m³ (0,11%), Stasiun 3 dengan kepadatan 14,16 individu/m³ (0,03%) dan Stasiun 10 dengan kepadatan 16,50 individu/m³ (0,05%). Euphausiacea hanya ditemukan di Stasiun 2 dengan kepadatan 9,62 individu/m³. Acetes hanya



Gambar 11.3 Kelimpahan dan Sebaran Zooplankton pada Setiap Stasiun di Perairan Teluk

ditemukan di Stasiun 9 dengan kepadatan 6,6 individu/m³. Caridea hanya ditemukan di Stasiun 4 dan Stasiun 7 dengan kepadatan antara 12,70 individu/m³ dan 13,79 individu/m³. Luciferidae merupakan jenis udang-udangan yang tersebar di semua stasiun dengan kepadatan antara 3,31 individu/m³ dan 594,90 individu/m³.

Penaeidae merupakan udang yang mempunyai nilai ekonomi penting. Dalam penelitian ini sebaran larvanya hanya ditemukan di Stasiun 6 dan Stasiun 10 dengan kepadatan 15,24 individu/m³ dan 16,50 individu/m³.

Cirripedia (teritip) dikenal sebagai hewan pengotor karena hidupnya menempel pada benda-benda yang menempel di dalam laut, seperti tiang-tiang dermaga, bagan ataupun lunas kapal. Larva teritip (zoea dan cypris) menyebar hampir merata di semua stasiun kecuali Stasiun 5 dan Stasiun 8. Kepadatannya relatif rendah antara 13,40 individu/m³ dan 19,24 individu/m³.

Polychaeta menyebar merata di semua stasiun. Kepadatan larva tertinggi ditemukan di Stasiun 10 (181 individu/m³) dan terendah di Stasiun 1 (9,93 individu/m³).

Bivalvia dan Gastropoda memiliki larva yang menyebar di semua stasiun. Kepadatan larva bivalvia tertinggi ditemukan di Stasiun 3 (609.069,93 individu/m³) dan terendah ditemukan di Stasiun 7 (63,49 individu/m³). Sementara itu, kepadatan larva gastropoda tertinggi ditemukan di Stasiun 6 (259,15 individu/m³) dan terendah ditemukan di Stasiun 1 (6,62 individu/m³).

Penyebaran kelompok zooplankton lain termasuk Medusae, Siphonophora, Chaetognatha, dan Oikopleura (Appendicularia) merata di semua stasiun. Di antara empat kelompok zooplankton tersebut, Oikopleura mempunyai kepadatan yang relatif lebih tinggi, berkisar 115,80 individu/m³ (Stasiun 1) hingga 1.458,92 individu/m³ (Stasiun 3). Sementara itu, kelompok Ctenophora, Poronis, Thaliacea, dan

Platyhelminthes hanya ditemukan di beberapa stasiun dan kepadatan yang rendah.

Secara keseluruhan kepadatan zooplankton yang tinggi ditemukan di tiga stasiun (Stasiun 3, 4, dan 10). Ketiga stasiun tersebut terletak di tepi pantai timur Teluk Sekotong. Jika ditinjau dari parameter fisika-kimia (suhu, salinitas, pH, dan DO) pada semua stasiun di perairan tersebut relatif seimbang (Gambar 11.4). Hal ini menunjukkan bahwa di area tersebut relatif lebih subur dibandingkan dengan area (stasiun) yang lain. Faktor lain mungkin disebabkan oleh arus yang kemungkinan bergerak menuju pantai timur sehingga zooplankton beserta zat hara dan fitoplankton terkumpul di area tersebut. Tinggi dan rendahnya kepadatan zooplankton secara tahunan di suatu perairan disebabkan antara lain oleh perbedaan musim. Romimohtarto (1999) yang meneliti kondisi zooplankton di Sungai Sembilang, Musi Banyuasin, Sumatera Selatan, mendapatkan bahwa kepadatan zooplankton yang tinggi terjadi pada musim hujan (Desember 1999) dan yang rendah pada musim kemarau (Juli 1999). Sementara itu, Bednarski & Morales-Ramires (2004) meneliti zooplankton di Pantai Culebra, Kosta Rica, mendapatkan bahwa kepadatan zooplankton lebih tinggi pada musim kemarau dibandingkan dengan musim hujan. Menurut mereka, tingginya kepadatan zooplankton tersebut disebabkan oleh *upwelling* yang terjadi selama kemarau.

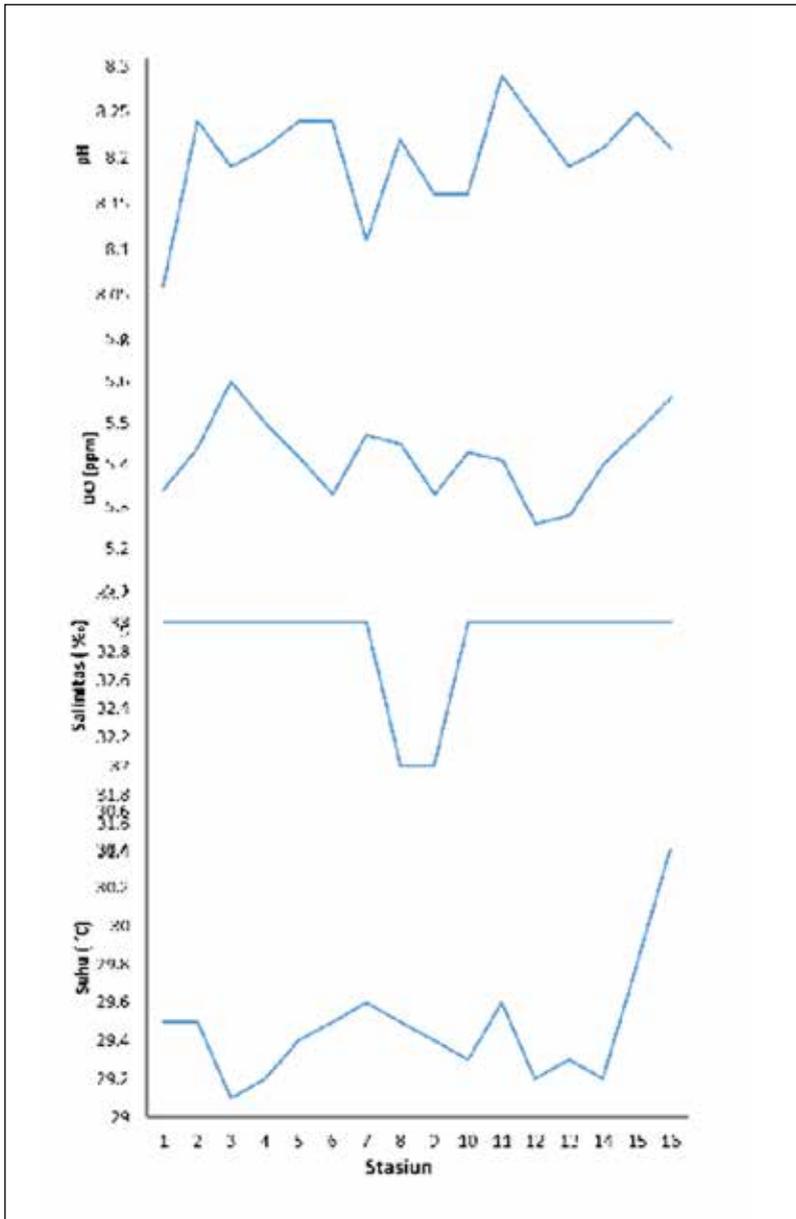
Melimpahnya Calanoida hampir di seluruh perairan menunjukkan bahwa Copepoda tersebut mudah beradaptasi dengan lingkungan. Day *et al.* (1989) mendapatkan beberapa jenis Copepoda Calanoida seperti *Acartia tonsa* dan *A. Clause* hidup melimpah dan tersebar sangat luas, meliputi air tawar sampai air yang sangat asin (hipersalin), dari suhu 0°C sampai 40°C, dari air yang jernih sampai air yang keruh, dari perairan dangkal sampai perairan dalam, dan dari kutub sampai tropis. Mereka menduduki 80–90% dari total plankton. Clark *et al.* (2000) mendapatkan bahwa kelimpahan copepoda lebih

dari 70% dari total kelimpahan zooplankton. Mwaluma *et al.* (2003) mendapatkan bahwa copepoda di Teluk Mida, Kenya, melimpah sepanjang tahun, menduduki 35–60% dari total kelimpahan zooplankton. Puncak kepadatannya bergantung pada jenisnya. Kepadatan tertinggi *Acartia* spp terjadi pada musim hujan sedangkan kepadatan tertinggi *Eucalanus* spp terjadi pada musim kemarau.

Euphausiacea di perairan Teluk Sekotong didapatkan dalam kepadatan rendah. Rendahnya kepadatan Euphausiacea tersebut diduga disebabkan belum musim atau kemungkinan perairannya bukan merupakan habitat yang cocok bagi Euphausiacea. Hal ini merujuk pada pernyataan Wickstead (1965) yang menyatakan bahwa Euphausiacea merupakan biota oseanik.

Di lain pihak, rendahnya kepadatan *Acetes* mungkin disebabkan perairan Teluk Sekotong masih relatif jernih, tidak berlumpur, dan salinitasnya normal ($\pm 30\text{‰}$) sedangkan *Acetes* lebih menyukai perairan yang berlumpur dan payau (salinitas rendah). Biota lain seperti udang Penaeidae, Bivalvia, Gastropoda, Cirripedia, Polychaeta, Echinodermata, dan ikan umumnya ditemukan dalam kepadatan yang rendah. Rendahnya kepadatan larva-larva mereka dapat disebabkan oleh belum waktunya musim pemijahan. Menurut (Wickstead, 1965) pada musim pemijahan jumlah larva meroplankton tersebut dapat tertangkap dalam jumlah besar. Tidak jarang larva dari udang yang bernilai ekonomis seperti udang penaeidae, larva ikan bandeng, dan larva ikan ekonomis lainnya di musim benih dapat tertangkap dalam jumlah yang melimpah.

Parameter fisika-kimia di perairan Teluk Sekotong, Lombok Barat, dapat dilihat pada Gambar 11.4. Data tersebut diperoleh dari Afdal yang mengamati parameter fisika-kimia di stasiun yang sama dengan penelitian ini (data belum dipublikasikan). Secara keseluruhan, kondisi faktor fisika-kimia (suhu, salinitas, pH, dan DO) di semua stasiun penelitian relatif seimbang, masih dalam batas



Gambar 11.4 Parameter Fisika-Kimia di Perairan Teluk Sekotong, Lombok Barat

normal untuk kepentingan budi daya biota laut yang ditetapkan oleh KMNKLH (1988).

Musim berkaitan dengan perubahan faktor lingkungan seperti suhu dan salinitas. Menurut Day *et al.* (1989) salinitas dapat memengaruhi komposisi komunitas zooplankton dan mungkin efek yang bersifat individu pada beberapa tingkat perkembangan larva dalam daur hidup. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa zooplankton di daerah estuaria mempunyai kisaran salinitas optimum (5–20‰) dan karena itu zooplankton tidak dapat tumbuh dan hidup dengan baik di luar kisaran tersebut. Salinitas optimum berbeda-beda bergantung pada jenis zooplankton dan sifat perairannya. Di perairan oseanik atau perairan yang mempunyai salinitas tinggi kemungkinan besar memiliki salinitas optimum yang lebih tinggi dibandingkan dengan perairan estuaria. Hal ini dapat ditunjukkan pada penelitian ini yang memperoleh bahwa pada salinitas 32–33‰ kondisi zooplankton masih melimpah. Di samping faktor lingkungan abiotis seperti kekeruhan dan salinitas, faktor biotis seperti ketersediaan makanan, banyaknya predator, dan persaingan juga menentukan komposisi jenis zooplankton (Arinardi *et al.*, 1994). Demikian pula di samping musim, faktor yang memengaruhi tinggi rendahnya kepadatan larva biota juga berkaitan dengan jumlah dan sebaran induknya.

PENUTUP

Kondisi zooplankton di Teluk Sekotong, Lombok Barat, cukup melimpah dengan nilai kelimpahan berkisar 649,01 individu/m³ hingga 49.028,33 individu/m³. Secara umum, sebaran zooplankton relatif merata kecuali di Stasiun 3, 4, dan 10 yang kelimpahannya relatif lebih tinggi. Kehadiran copepoda yang melimpah di perairan dapat meningkatkan produksi perikanan dan selain itu dapat dijadikan sumber pakan hidup bagi larva di pusat pembenihan. Kondisi

lingkungan seperti suhu, salinitas, pH, dan DO masih layak bagi kehidupan biota laut.

PERSANTUNAN

Penelitian ini didanai oleh PKPP Ristek tahun 2012. Penulis mengucapkan terima kasih kepada Dra. M.G. Lily Panggabean, M.Sc., Afdal, M.Si., Sandi Permadi, dan Trimaningsih atas segala bantuan sehingga tulisan ini bisa terselesaikan.

DAFTAR PUSTAKA

- Arinardi O. H., Trimaningsih, & Sudirdjo. (1994). *Pengantar tentang Plankton serta kisaran kelimpahan dan plankton dominan di sekitar Pulau Jawa dan Bali*. Jakarta: Pusat Penelitian Oseanologi Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia.
- Bednarski, M. & Morales-Ramires, A. (2004). composition, abundance and distribution of macrozooplankton in Culebra Bay, Gulf of Papagayo, Pacific coast of Costa Rica and Its value as bioindicator of pollution. *Rev. Biol. Trop.*, 52(Supl. 2): 105–118.
- Chihara, M. & Murano, M. (1997). *An illustrated guide to marine plankton in Japan*. Tokyo: Tokai University Press.
- Clark, D. R., Aazem, K. V., & Hays, G. C. (2000). Zooplankton abundance and community structure over a 4000 km transect in the North-East Atlantic. *Journal of Plankton Research* 23, Issue 4: 365–372.
- Cushing, D. H. (1975). *Marine ecology and fisheries*. London: Cambridge University Press.
- Day, J. W., Hall, C. A. S., Kemp, W. M., & Yane-Arancibia, A. (1989). *Estuarine ecology*. New York: A Wiley-Interscience Publication. John Wiley & Sons.
- Deason, E. E. & Smayda, T. J. (1982). Ctenophore-zooplankton-phytoplankton interactions in Narragansett Bay, Rhode Island, USA, during 1972–1977. *J. Plankton Research*, 4(2): 203–247.

- Fitriya, N. & Surbakti, H. (2010). Laporan perjalanan pelayaran ekspedisi Baruna Jaya VIII di Perairan Natuna 4–16 November 2010. Kerja sama antara Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi (Dikti) dan Pusat Penelitian Oseanologi (P2O-LIPI).
- Fitriya, N. & Surbakti, H. (2010). *Laporan Perjalanan Pelayaran Ekspedisi Baruna Jaya VIII* di Perairan Lamalera 19–30 Juli 2011. Kerja sama antara Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi (Dikti) dan Pusat Penelitian Oseanologi (P2O-LIPI).
- Fitriya, N. & Lukman, M. (2013). Komunitas zooplankton di Perairan Lamalera dan Laut Sawu, Nusa Tenggara Timur. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis* 5(1): 219–227.
- Jitlang, I., Pattarajinda, S., Mishra, R., & Wongrat, L. (2014). Composition, abundance and distribution in the Bay of Bengal. The Ecosystem-Based Fishery Management in the Bay of Bengal: 8p. Dari <http://map.seafdec.org/downloads/BIMSTEC/010-Zooplankton-Issaporn.pdf>, diakses 19 Mei 2014.
- KMNKLH. (1988). *Keputusan Menteri Negara Kependudukan dan Lingkungan Hidup No. Kep.-02/MNKLH/1988 tentang Pedoman Penetapan Baku Mutu Lingkungan*. Kantor Menteri Negara Kependudukan dan Lingkungan Hidup, Jakarta.
- Lynch, M. & Shapiro, J. (1981). Predation, enrichment and phytoplankton community structure. *Limnol. Oceanogr.*, 26(1): 86–102.
- Martin, J. H. (1970). Phytoplankton-zooplankton relationships in Narragansett Bay. IV. The Seasonal Importance of Grazing. *Limnol. Oceanogr.*, 15: 414–418.
- Mwaluma, J., Osore, M., Kamau, J., & Wawiye, P. (2003). Composition, Abundance and Seasonality of Zooplankton in Mida Creek, Kenya. *J. Mar. Sci.*, 2(2): 147–155.
- Poulet, S. (1978). Comparison between five naturally coexisting species of marine copepods feeding on naturally occurring particulate matter. *Limnol. Oceanogr.*, 23 (6): 1.126–1.143.
- Raymont, J. E. G. (1983). *Plankton and productivity in the oceans*. 2nd Edition. Pergamon Press.

- Reeve, M. R. (1975). The ecological significance of the zooplankton in the shallow subtropical waters of South Florida. E. Cronin (Eds.), *Estuary Research: Chemistry, Biology and the Estuarine System. Academic, New York*, 1: 352–371.
- Romimohtarto, K. (1999). Komposisi dan sebaran zooplankton. *Ekosistem perairan Sungai Sembilang, Musi Banyuasin, Sumatera Selatan* (K. Romimohtarto, A. Djarnali, dan Soeroyo) (Eds). Jakarta: Pusat Penelitian dan Pengembangan Oseanologi–LIPI.
- Ryther, J. & Sanders, J. (1980). Experimental evidence of zooplankton control of the species composition and distribution of marine phytoplankton. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 3: 279–283.
- Wiadnyana, N. N. (1997). Variasi kelimpahan zooplankton di Teluk Kao. *Oseanologi dan Limnologi di Indonesia*, 30: 53–62.
- Wickstead, J. H. (1965). An introduction to the study of tropical plankton. *Hutchinson Trap. Monogr.*, 1–160.
- Yamaji, I. (1966). *Illustrations of the marine plankton of Japan*. Hoikusho, Osaka, Japan.

BAB XII

PENGEMBANGAN KULTUR HIDUP *SKELETONEMA Sp.* YANG DIISOLASI DARI PERAIRAN LOMBOK, NUSA TENGGARA BARAT

12.1 PENDAHULUAN

Mikroalga merupakan organisme eukariot berukuran mikro yang mempunyai struktur sangat sederhana dan dapat terdiri atas satu atau banyak sel. Mikroalga umumnya dapat ditemukan di berbagai tempat yang terdapat air dan sinar matahari (Metting, 1996). Hal tersebut disebabkan mikroalga mempunyai kemampuan berfotosintesis, yaitu dengan bantuan sinar matahari, mikroalga dapat menangkap dan mengubah karbon dioksida dan air menjadi cadangan energi kimia berupa karbohidrat di tubuhnya dan melepaskan oksigen (Thrush *et al.*, 2006).

Mikroalga mempunyai peran yang krusial karena merupakan dasar dari rantai makanan di laut. Oleh karena itu, dalam usaha komersial budi daya biota laut mikroalga juga digunakan sebagai sumber pakan utama dalam seluruh atau sebagian dari siklus hidupnya (De Roeck-Holtzhauer *et al.*, 2009). Mikroalga antara lain digunakan sebagai sumber pakan dalam semua tahap pertumbuhan moluska bivalvia, pakan pada tahap larva beberapa spesies udang-udangan,

dan pakan pada tahap larva awal beberapa spesies ikan (Benemann, 1992; Duerr *et al.*, 1998). Selain itu, mikroalga juga digunakan dalam produksi massal zooplankton (rotifer, copepod, *brine shrimp* artemia). Zooplankton tersebut kemudian digunakan sebagai pakan larva dan tahap awal pertumbuhan juvenil ikan dan udang-udangan (Lavens & Sorgeloos, 1996). Produktivitas tempat pembenihan atau *hatchery* sangat bergantung pada kualitas dan kuantitas jenis pakan yang digunakan.

Tidak semua spesies mikroalga dapat digunakan untuk mendukung pertumbuhan dan kesintasan dalam budi daya biota laut. Beberapa jenis mikroalga telah diseleksi berdasarkan potensinya untuk dikultur secara massal, ukuran sel, kemudahan dicerna, dan kandungan nutrisinya. Beberapa teknik juga telah dikembangkan untuk memproduksi mikroalga secara massal. Namun, diperlukan teknik dan perlakuan yang spesifik untuk setiap spesies mikroalga agar kultur dapat tumbuh secara baik dan optimal.

Mikroalga sebagai sumber pakan utama larva mempunyai berbagai kelebihan, antara lain dari segi nutrisi mikroalga mengandung *icosapentaenoic acid* (EPA) dan *docosahexaenoic acid* (DHA) yang cukup tinggi hingga mencapai 30,5% dari asam lemak total (Okauchi *et al.*, 1990). EPA adalah asam lemak yang terdiri atas 20 buah rantai karbon dengan lima ikatan rangkap, sedangkan DHA adalah asam lemak yang terdiri atas 22 buah rantai karbon dengan enam ikatan rangkap. EPA dan DHA termasuk asam lemak esensial n-3 rantai panjang (n-3 HUFA) yang sangat dibutuhkan oleh perkembangan awal larva ikan. Selain itu, n-3 HUFA mutlak diperlukan pada perkembangan awal larva karena asam lemak esensial tersebut tidak dapat disintesis oleh biota budi daya tersebut. Kebutuhan n-3 HUFA meningkat pada tahap awal perkembangan larva karena sangat diperlukan pada pembentukan membran (Henderson & Sargent, 1985). Kekurangan n-3 HUFA mengakibatkan tingkat kematian larva

yang tinggi dan pertumbuhan yang lambat, serta tidak sempurnanya pembentukan dan fungsi gelembung renang pada larva ikan (Dhert *et al.*, 1990).

Penggunaan mikroalga sebagai pakan alami dalam akuakultur mempunyai kelebihan lain, yaitu sebagai penjaga kualitas air. Mikroalga menyerap hasil metabolisme biota laut yang berupa senyawa N (nitrogen, biasanya berupa amonium) dan P (fosfat) yang terakumulasi dan dapat bersifat toksik dalam air kultur. Mikroalga akan mengonversi senyawa tersebut menjadi protein dan menyimpannya di dalam tubuh (Hammouda *et al.*, 1995). Mikroalga juga menyerap CO₂ dan mengubahnya menjadi O₂ sehingga kadar oksigen terlarut dalam air kultur tetap dalam kondisi baik.

Selama beberapa dekade terakhir, ratusan jenis spesies mikroalga telah diuji agar dapat dipergunakan sebagai pakan hidup dalam akuakultur. Namun, hanya puluhan spesies yang dapat diaplikasikan secara luas dalam akuakultur. Hal ini disebabkan tiap-tiap mikroalga mempunyai kandungan nutrisi yang berbeda, dan kandungan nutrisi tersebut juga dipengaruhi oleh kandungan nutrisi dalam air laut (Brown, 1997).

Kebutuhan pakan untuk setiap jenis larva dapat berbeda-beda. Melalui penggunaan jenis pakan alami yang tepat diharapkan kita dapat meningkatkan kelangsungan hidup larva biota laut di panti-panti benih. Di Eropa, Hawaii, Jepang, dan Taiwan, beberapa jenis mikroalga seperti *Nannochloropsis* sp., *Chaetoceros gracilis*, *Pavlova* sp., *Isochrysis* sp., dan *Navicula* sp. telah dibudidayakan sebagai pakan alami bagi budi daya moluska dan produksi rotifera di *hatchery* udang dan ikan kerapu.

Selain mikroalga tersebut, masih banyak jenis mikroalga yang berpotensi dikembangkan. Koleksi mikroalga yang berasal dari perairan Indonesia sudah lebih dari satu dekade terus dikembangkan oleh

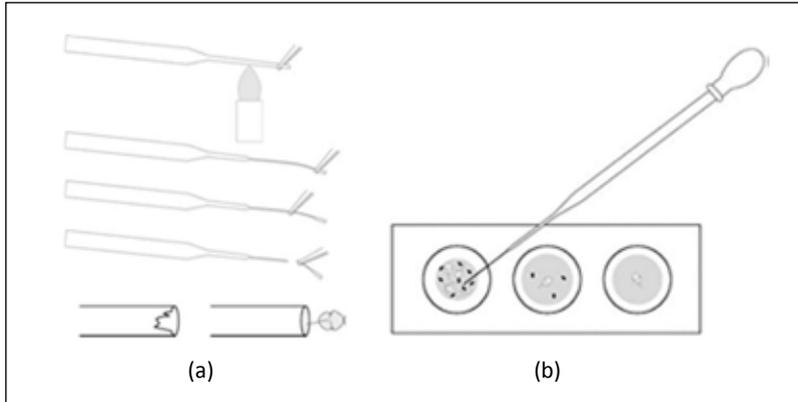
Pusat Penelitian Oseanografi, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia. Namun, mikroalga yang berasal dari perairan Nusa Tenggara belum banyak dieksplorasi dan belum diteliti potensinya sebagai sumber pakan alami dalam akuakultur perikanan laut. Dalam tulisan ini diuraikan teknik mengisolasi dan mengembangkan kultur hidup mikroalga yang berasal dari perairan Lombok, Nusa Tenggara Barat. Isolat yang didapat kemudian akan dianalisis potensi dan kesesuaiannya sebagai sumber pakan dalam akuakultur perikanan laut.

12.2 Isolasi Mikroalga

Sampel mikroalga diambil dari perairan Teluk Kodek dan Teluk Sekotong, Lombok, Nusa Tenggara Barat dengan menggunakan jala fitoplankton, kemudian dibawa ke laboratorium untuk diisolasi.

Mikroalga kemudian akan dikultur menggunakan media *f/2* (Guillard, 1975; Andersen, 2005) yang terdiri atas (dalam 1 L air laut steril) 75g NaNO_3 , 5g NaH_2PO_4 , 30 g $\text{NaSiO}_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$, 1 mL larutan *trace metal* (terdiri atas 3,15 g $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, 4,35 g $\text{Na}_2\text{EDTA} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, 180 mg $\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, 22 mg $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, 10 mg $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, 9,8 mg $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, dan 6,3 mg $\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ dalam 1 L akuades); serta 1 mL larutan vitamin (terdiri atas 200 mg Thiamine.HCl (vit B_1), 1 mg Biotin, dan 1 mg Cyanocobalamin (vitamin B_{12}) dalam 1 L akuades).

Isolasi mikroalga secara langsung dilakukan dengan metode *single cell isolation* menggunakan mikropipet dari pipet Pasteur (Andersen, 2005) yang dapat dilihat pada Gambar 11.1. Proses perbanyakan sel dilakukan dengan mengisi setiap lubang pada *multi-well plate* dengan 1 mL media kultur encer. Kemudian satu sel mikroalga hasil isolasi yang telah bebas kontaminan dimasukkan ke satu lubang dalam *multi-well plate*. Proses ini diulangi sehingga semua lubang dalam *multi-well plate* terisi semua. *Multi-well plate* pada rak koleksi dengan



Gambar 12.1 (a) Pembuatan Mikropipet dari Pipet Pasteur; **(b)** Isolasi Mikroalga Menggunakan Mikropipet dari Pipet Pasteur

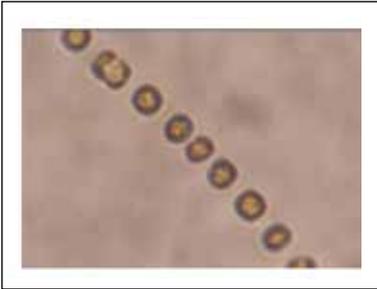
penyinaran sebesar 2.000 lux, 12 jam/12 jam fotoperiodisme, dan ditunggu minimal seminggu hingga sel telah memperbanyak diri.

Salah satu isolat yang tumbuh dengan baik dari isolat-isolat hasil isolasi adalah *Skeletonema* sp. Organisme ini adalah mikroalga bersilika yang umumnya terdapat di perairan laut dan muara. Frustula sel *Skeletonema* sp. dapat terhubung satu sama lain dan membentuk rantai yang panjang (Gambar 12.2a).

Skeletonema sp. kemudian ditumbuhkan dalam medium *f/2*, mula-mula dalam tabung reaksi. Setelah tumbuh, isolat disubkultur menjadi volume 40 mL hingga tumbuh dengan baik. Subkultur berikutnya berturut-turut menjadi volume 100 mL, 400 mL, dan akhirnya dikultur dalam volume 1 L (Gambar 12.2b), atau volume lain yang lebih besar sesuai dengan kebutuhan.

12.3 Pertumbuhan Kultur

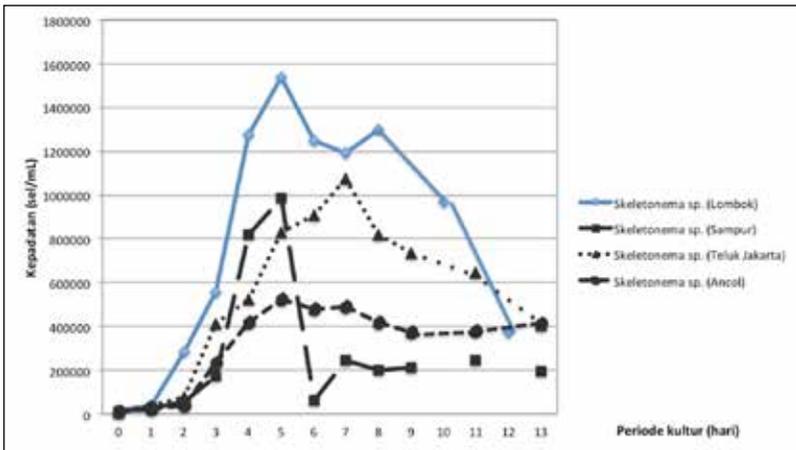
Setelah sel berhasil tumbuh, kultur ditumbuhkan dalam media kultur *f/2* dengan volume yang lebih banyak (10 mL, 40 mL, dan



Gambar 12.2.a Sel *Skeletonema* sp.



Gambar 12.2.b Kultur *Skeletonema* sp. Isolat Lombok



Gambar 12.3 Kurva Pertumbuhan *Skeletonema* sp. Isolat Lombok dan Perbandingannya dengan Kurva Pertumbuhan *Skeletonema* sp. yang Berasal dari Daerah Lain di Indonesia

seterusnya). Pertumbuhan kultur diamati setiap 24 jam menggunakan Haemocytometer Improved Neubauer untuk mikroalga bersel tunggal dan Haemocytometer Fuchs Rosenthal untuk mikroalga yang berbentuk rantai.

Kultur yang telah tumbuh baik akan dijadikan inokulum untuk pengamatan pertumbuhan kultur. *Skeletonema* sp. ditumbuhkan dalam medium *f/2* sebanyak masing-masing 1 L di dalam botol kaca

yang diaerasi. Inokulum yang ditambahkan dihitung agar konsentrasi awal dalam kultur adalah 10^4 sel/mL.

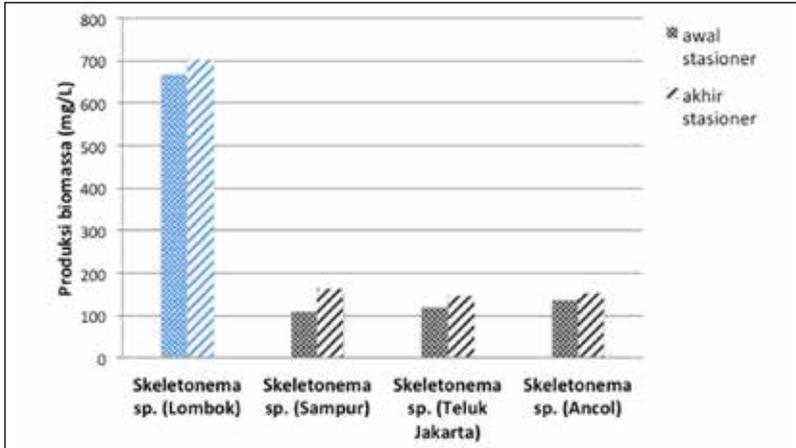
Hasil pengamatan setiap 24 jam selama 13 hari dapat dilihat pada Gambar 11.3. Pertumbuhan kultur *Skeletonema* sp. isolat Lombok dapat dilihat pada kurva berwarna biru. Kultur *Skeletonema* sp. berada di fase logaritmik pada hari ke-2 hingga hari ke-4 periode kultur. Kepadatan tertinggi kultur *Skeletonema* sp. isolat Lombok dicapai pada hari ke-5 periode kultur dengan kepadatan $1,54 \cdot 10^6$ sel/mL. Setelah melewati hari ke-8 periode kultur, kultur *Skeletonema* sp. isolat Lombok mulai mengalami fase kematian.

Apabila dibandingkan dengan kultur *Skeletonema* sp. lain yang berasal dari perairan Indonesia (Sampur, Teluk Jakarta, dan Ancol), kultur *Skeletonema* sp. isolat Lombok mempunyai pertumbuhan kultur yang lebih baik (Gambar 12.3). Kultur lain mempunyai kepadatan optimum yang lebih rendah dan mempunyai fase kematian yang lebih cepat. Hal ini umum terjadi karena setiap jenis mikroalga dapat mempunyai karakteristik pertumbuhan yang berbeda-beda.

12.4 PRODUKSI BIOMASSA MIKROALGA

Pengukuran produksi biomassa mikroalga dilakukan pada setiap sampel perlakuan saat fase stasioner dan saat akhir kultur. Mikroalga dipanen dengan cara disaring menggunakan membran GF/C yang telah diketahui beratnya dan dibilas dengan akuades. Kertas saring dan hasil panen kemudian dikeringkan dalam oven selama 24 kemudian ditimbang. Berat kering panen mikroalga didapat dari mengurangi berat kering kertas saring dan mikroalga dengan berat kering kertas saring.

Pemanenan *Skeletonema* sp. pada awal dan akhir fase stasioner pada kultur mikroalga menunjukkan bahwa pemanenan pada akhir fase stasioner memberikan hasil yang lebih tinggi walaupun tidak



Gambar 12.4 Produksi Biomassa *Skeletonema* sp. Isolat Lombok Dibandingkan dengan Produksi Biomassa *Skeletonema* sp. yang Berasal dari Daerah Lain di Indonesia

terlalu jauh (Gambar 11.4). Pada awal stasioner, produksi biomassa *Skeletonema* sp. isolat Lombok sebesar 668 mg/mL, sedangkan pada akhir stasioner menjadi 703 mg/L. Produksi biomassa kultur *Skeletonema* sp. isolat Lombok lebih tinggi apabila dibandingkan dengan kultur *Skeletonema* sp. lain yang berasal dari perairan Indonesia (Sampur, Teluk Jakarta, dan Ancol), seperti yang dapat dilihat dari Gambar 12.4. Kultur *Skeletonema* sp. isolat lain hanya memproduksi biomassa sekitar 150 mg/L.

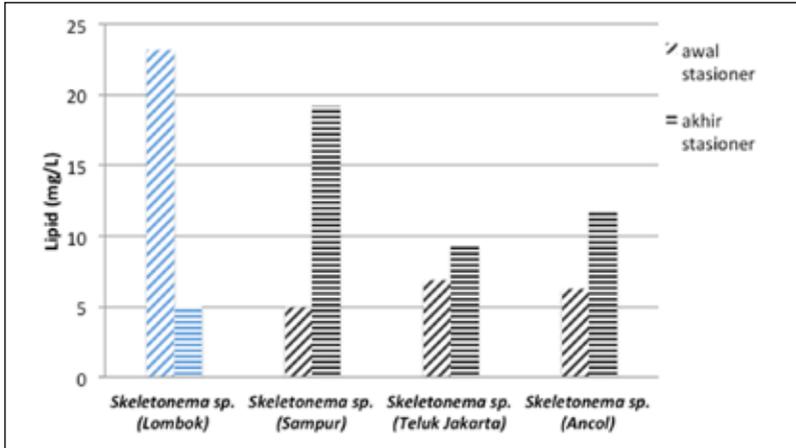
12.5 KANDUNGAN LIPID

Pengukuran kandungan lipid dilakukan pada setiap sampel perlakuan saat fase stasioner dan saat akhir kultur. Kandungan lipid diukur dengan metode Blygh & Dyer (1959) yang dimodifikasi. Dengan metode ini, mikroalga dipanen dengan menggunakan membran GF/C dan dibilas dengan akuades dan ammonium format 0,65 M. Sampel kemudian disimpan di dalam *freezer* hingga saatnya dianalisis.

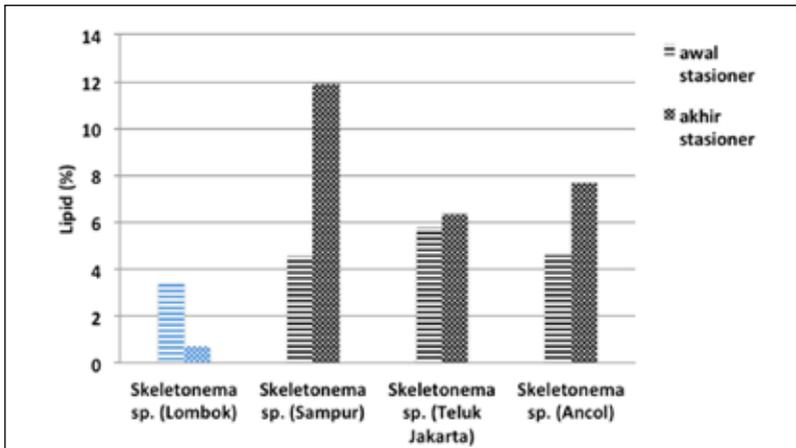
Saat dianalisis, sampel beserta kertas saringnya diletakkan di dalam mortar, ditambahkan 1 ml larutan (kloroform : metanol : akuades = 1 : 2 : 0,8) dan digerus. Sampel kemudian dimasukkan ke tabung sentrifugasi yang terbuat dari kaca, ditambah 4 ml larutan (kloroform : metanol : akuades = 1 : 2 : 0,8) dan disentrifugasi dengan kecepatan 3.000 rpm selama 5 menit. Larutan akan terpisah, seluruh larutan diambil dengan menggunakan pipet hingga menyisakan kertas saring saja kemudian dimasukkan ke tabung sentrifugasi kembali dan ditambahkan larutan (kloroform : metanol : akuades = 1 : 2 : 0,8) hingga volumenya 5,7 ml, kemudian ditambahkan 1,5 ml kloroform dan 1,5 ml akuades, larutan lalu disentrifugasi dengan kecepatan 3.000 rpm selama 5 menit. Larutan yang terpisah berwarna hijau yang berada di bagian bawah kemudian diambil dengan pipet dan dimasukkan ke botol vial yang telah diketahui beratnya, kemudian ditambahkan 2 tetes toluen. Lipid yang didapat kemudian dikeringkan dengan gas nitrogen kemudian ditimbang dengan timbangan 4 digit di belakang koma. Persentase lipid dalam mikroalga dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Kandungan lipid (\%)} = (\text{berat lipid/biomassa}) \times 100$$

Hasil pengukuran kandungan lipid pada awal dan akhir stasioner memberikan hasil seperti yang dapat dilihat pada Gambar 12.5. Kultur *Skeletonema* sp. isolat Lombok memproduksi lipid yang lebih tinggi apabila dibandingkan dengan kultur *Skeletonema* sp. lain yang berasal dari perairan Indonesia (Sampur, Teluk Jakarta, dan Ancol). Perbedaan ini merupakan hal yang wajar karena setiap jenis mikroalga dapat memproduksi metabolit yang berbeda-beda. Produksi tersebut juga dapat dipengaruhi oleh lingkungan tempat hidupnya.



Gambar 12.5 Kandungan Lipid *Skeletonema sp.* Isolat Lombok dan Perbandingannya dengan Kandungan Lipid *Skeletonema sp.* yang Berasal dari Daerah Lain di Indonesia



Gambar 12.6 Persentase Lipid terhadap Biomassa *Skeletonema sp.* Isolat Lombok dan Persentase Lipid terhadap Biomassa *Skeletonema sp.* yang Berasal dari Daerah Lain di Indonesia

Persentase kandungan lipid terhadap produksi biomassa mikroalga dapat dilihat pada Gambar 12.6. Semakin besar persentasenya, semakin besar persentase lipid/lemak di dalam selnya. Kultur *Skeletonema* sp. isolat Lombok mempunyai persentase lipid yang lebih rendah dibandingkan dengan kultur *Skeletonema* sp. lain yang berasal dari perairan Indonesia (Sampur, Teluk Jakarta, dan Ancol). Diduga, kultur *Skeletonema* sp. isolat Lombok memproduksi metabolit lain (misalnya golongan protein) dengan jumlah yang cukup tinggi, sehingga lipid bukan metabolit utama yang dihasilkan. Hal ini tentu saja harus dibuktikan dengan penelitian lanjutan.

Analisis komponen trigliserida dalam minyak dilakukan menggunakan instrumen *Electrospray Ionization-Ion Trap-Mass Spectrometry* (ESI-IT-MS). Sebagian dari sampel minyak dilarutkan dalam 400 μL aseton, direaksikan dengan 10 μL AgNO_3 dalam pelarut metanol dan diinjeksikan ke dalam instrumen ESI-IT-MS. Area jelajah yang dianalisis berada pada rentang 100–1.500 m/z dengan pengaturan deteksi pada modus ion positif, suhu gas pengering 300°C, laju alir gas pengering 5 L/menit, dan tekanan gas pengkabut 10 psi.

Hasil analisis asam lemak atau trigliserida menunjukkan bahwa *Skeletonema* sp. isolat Lombok mengandung asam palmitat ($\text{C}_{16:0}$), asam oleat ($\text{C}_{18:1}$), asam stearat ($\text{C}_{18:1}$), dan asam linoleat ($\text{C}_{18:2}$). Menurut Barofsky *et al.* (2010), mikroalga pada akhir masa pertumbuhan mempunyai kandungan metabolit yang bernutrisi tinggi.

Hasil analisis asam lemak tersebut menunjukkan bahwa *Skeletonema* sp. isolat Lombok tidak mempunyai kandungan EPA dan DHA yang tinggi, sehingga tidak cocok digunakan sebagai pakan larva. Namun, kandungan lipid yang tinggi serta kemungkinan mempunyai kandungan protein yang tinggi membuat isolat ini cocok diuji coba lebih lanjut untuk pakan biota laut *filter feeder* yang telah melewati fase larva.

PENUTUP

Skeletonema sp. dari perairan Lombok telah berhasil diisolasi dan dikultur. *Skeletonema* sp. isolat Lombok mempunyai kepadatan optimum, produksi biomassa, dan produksi lipid yang lebih tinggi apabila dibandingkan dengan kultur *Skeletonema* sp. lain yang berasal dari perairan Indonesia (Sampur, Teluk Jakarta, dan Ancol). *Skeletonema* sp. isolat Lombok cocok diuji coba lebih lanjut untuk pakan biota laut *filter feeder* yang telah melewati fase larva.

DAFTAR PUSTAKA

- Andersen, R. A., Berges, J. A., Harrison, P. J., & Watanabe, M. M. (2005). Recipes for freshwater and seawater media. Dalam R. A. Andersen (Eds.), *Algal Culturing Techniques*. Burlington: Elsevier Academic Press.
- Andersen, R. A. & Kawachi, M. (2005). Traditional microalgae isolation techniques. Dalam R. A. Andersen (Eds.), *Algal Culturing Techniques*. Burlington: Elsevier Academic Press.
- Barofsky, A., Simonelli, P., Vidoudez, C., Troedsson, C., Nejstgaard, J. C., Jacobsen, H. H., & Pohnert, G. (2010). Growth phase of the diatom *Skeletonema marinoi* influences the metabolic profile of the cells and the selective feeding of the copepod *Calanus* spp. *Journal of Plankton Research*, 33(3): 263–272.
- Benemann, J. R. (1992). Microalgae aquaculture feeds. *Journal of Applied Phycology*, 4(3): 233–245.
- Brown, M. R., Jeffrey, S. W., Volkman, J. K., & Dunstan, G.A. (1997). Nutritional properties of microalgae for mariculture. *Aquaculture*, 151: 315–331.
- Bligh, E. G. & Dyer, W. J. (1959). A rapid method for total lipid extraction and purification. *Can. J. Biochem. Physiol.*, 37: 911–917.

- De Roeck-Holtzhauer, Y., Claire, C., Bresdin, F., Amicel, L., & Derrien, A. (2009). Vitamin, free amino acid and fatty acid compositions of some marine planktonic microalgae used in aquaculture. *Botanica Marina*, 36(4): 321–326.
- Dhert, P., Lavens, P., Duray, M., & Sorgeloos, P. (1990). Improved larval survival at metamorphosis of asian seabass (*lates calcarifer*) using ω 3-hufa-enriched live food. *Aquaculture*, 90(1): 63–74.
- Duerr, E. O., Molnar, A., & Sato, V. (1998). Cultured microalgae as aquaculture feeds. *Journal of Marine Biotechnology*, 6: 65–70.
- Guillard, R. R. L. (1975). Culture of phytoplankton for feeding marine invertebrate. W. L. Smith & M. H. Chanley (Eds.) *Culture of Marine Invertebrate Animals*. Plenum Press, New York: 26–60.
- Henderson, R. J. & Sargent, J. R. (1985). Fatty acid metabolism in fish. Dalam C. B. Cowey, A. M. Macky & J. G. Bell (Ed.), *Nutrition and Feeding in Fish*. London: Academic Press.
- Hammouda, O., Gaber, A., & Abdel-Raouf, N. (1995). Microalgae and wastewater treatment. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 31: 205–210.
- Lavens, P. & Sorgeloos, P. (1996). Manual on the production and use of live food for aquaculture. FAO Fisheries Technical Paper 361, Rome.
- Metting Jr., F. B. (1996). Biodiversity and application of microalgae. *Journal of Industrial Microbiology*, 17(5-6): 477–489.
- Thrush, S., Hewitt, J., Gibbs, M., Lundquist, C., & Norkko-Alf, A. (2006). Functional role of large organisms in intertidal communities: Community effects and ecosystem function. *Ecosystems*, 9: 1.029–10

BAB XIII

PENILAIAN KUALITAS LINGKUNGAN PERAIRAN LOMBOK BARAT SEBAGAI LOKASI BUDI DAYA BIOTA LAUT

Keberhasilan budi daya di Lombok tidak lepas dari faktor-faktor fisik, kimia, dan biologi yang saling berkaitan. Salah satu faktor fisik yang memengaruhi karakteristik dasar perairan adalah mineral dan sedimentasi. Perairan Sekotong lebih dipengaruhi oleh sedimentasi marin dan mengandung sedimen autigenik, tekstur sedimen yang kasar dan terpilah buruk, pasir dengan fragmen cangkang dan koral. Mineral-mineral stabil seperti kuarsa dan felspar menunjukkan sumber sedimen adalah batuan vulkanik yang tertransportasi oleh media gelombang. Arah distribusi pasir di Perairan Sekotong lebih luas dan distribusi lumpurnya lebih mengarah dari laut ke daratan. Hal ini berbeda dengan kondisi di Perairan Lembar yang dipengaruhi oleh sedimentasi sungai. Tekstur sedimen yang lebih halus dan seragam, dengan fragmen serasah dan batuan sedimen ditemui di perairan Lembar. Mineral yang dominan adalah mineral lempung, mengindikasikan asal-usul sedimen ini adalah mineral tidak stabil, diperkirakan dari formasi batuan beku intrusif di daratan sehingga mudah berubah menjadi mineral lempung di bawah kondisi pelapukan di permukaan bumi. Kajian sedimen dan mineral di Sekotong dan Lembar menunjukkan bahwa perairan Sekotong lebih sesuai untuk kegiatan budi daya bagi komoditas perikanan air laut, sedangkan

perairan Lembar hanya sesuai untuk kegiatan budi daya komoditas yang membutuhkan air payau seperti bandeng, udang, dan rumput laut dari marga *Gracilaria*.

Biota yang hidup di daerah pasang surut seperti timun laut di Teluk Kombal memiliki kemampuan bertahan terhadap variasi perubahan suhu dan salinitas yang besar. Teluk Kombal secara umum masih cukup baik untuk dijadikan sebagai lokasi budi daya tetapi perlu diwaspadai bahwa pada saat tertentu terjadi perubahan kondisi perairan yang mendadak (suhu dan salinitas turun secara drastis) yang dapat mengakibatkan kematian bibit-bibit komoditas yang dibudidayakan.

Kualitas perairan pesisir Lombok sudah terindikasi sebagai perairan tercemar ringan. Sumber pencemar yang potensial di perairan ini adalah industri pertambangan, kegiatan rumah tangga, kegiatan pariwisata, dan kegiatan transportasi. Konsentrasi logam berat Cd, Cu, Ni, dan Pb dalam sedimen masih berada di bawah nilai alami tetapi di beberapa stasiun konsentrasi logam Cd, Hg, dan Zn sudah melebihi nilai alaminya. Serupa dengan kandungan logam berat dalam sedimen, kandungan logam berat terlarut di lokasi pengamatan memperlihatkan indikasi yang kurang baik. Area yang berada di dekat daratan cenderung memiliki konsentrasi Hg terlarut yang tinggi terutama di bagian selatan. Aktivitas penambangan emas tradisional aktif di area ini, sehingga masukan merkuri yang merupakan limbah dari penambangan memengaruhi pola distribusi di area ini. Cd dan Pb terlarut menunjukkan pola distribusi yang hampir sama meskipun tidak dipengaruhi aktivitas dari daratan, aktivitas manusia seperti pelayaran, dan pelabuhan tampak memberikan pengaruh pada pola distribusi. Pengukuran konsentrasi nitrogen anorganik yang terdiri atas nitrat, nitrit, dan amonia menunjukkan bahwa konsentrasi nitrit masih di bawah 0,002 ppm sedangkan nitrat sudah melebihi baku mutu. Secara umum, perairan Sekotong, Lembar, dan Kombal

menunjukkan konsentrasi amonia masih memenuhi baku mutu air laut untuk pertumbuhan biota laut dan konsentrasi nitrogen anorganik masih kondusif untuk lokasi penangkapan ikan ataupun budi daya kerang mutiara. Namun, perlu tindakan pencegahan agar tidak terjadi peningkatan tekanan antropogenik yang dapat menurunkan produktivitas pada kegiatan budi daya perikanan.

Komunitas foraminifera di lokasi penelitian masih sangat kuat dipengaruhi oleh komunitas terumbu karang dan komunitas asosiasinya seperti padang lamun. Nilai indeks A-E dan Foram di perairan Lombok bagian barat menunjukkan aliran antropogenik belum berdampak pada populasi akuatik. Perairan Lembar yang merupakan pelabuhan provinsi untuk wilayah Lombok Barat memiliki kekayaan jenis foraminifera bentik paling rendah dengan kelimpahan individu yang rendah pula. Hasil pemaparan fitoplankton *Chatoceros gracilis* dengan sedimen di Lombok di laboratorium menunjukkan efek pertumbuhan yang positif. Hal ini mengindikasikan kualitas sedimen di perairan Sekotong dan Lembar masih dapat mendukung pertumbuhan fitoplankton, yang merupakan produsen atau pakan bagi berbagai jenis komoditas perikanan budi daya ataupun perikanan tangkap.

Kekayaan sumber daya laut di lokasi penelitian salah satunya adalah makroalga berzat kapur yang berperan dalam pembentukan ekosistem terumbu karang baru sebagai tempat asuhan bibit ikan, udang, moluska, dan biota lain. Makroalga berzat kapur di perairan Tanjung Sira tumbuh melimpah di rataan terumbu. Selain itu, keberhasilan mengisolasi enam isolat mikroalga strain Lombok Barat yaitu *Skeletonema* sp. 1., *Skeletonema* sp. 2, *Navicula* sp. 1, *Navicula* sp. 2, *Thalassiosira* sp., dan *Nitzschia* sp. Isolat Lombok *Skeletonema* sp. cocok diuji coba lebih lanjut untuk pakan biota laut *filter feeder* yang telah melewati fase larva. Salah satu biota *filter feeder* yang dibudidayakan secara luas di perairan Lombok Barat adalah kerang mutiara.

Pengamatan terhadap komunitas zooplankton yang sebagian besar merupakan burayak atau juvenil dari berbagai komoditas perikanan, menemukan terdapatnya 24 taksa yang didominasi oleh kelompok Crustacea atau udang-udangan. Kelompok zooplankton lain seperti Medusae, Siphonophora, Chaetognatha, dan meroplankton seperti larva bivalvia, larva gastropoda, larva echinodermata, dan larva ikan umumnya ditemukan dalam kepadatan dan persentase yang rendah serta penyebarannya tidak merata.

Secara umum, perairan Lombok menyimpan potensi kekayaan hayati untuk pengembangan berbagai aspek kegiatan budi daya perikanan, seperti pengembangan pakan alami dan ketersediaan plasma nutfahnya. Kualitas air, kualitas sedimen termasuk aspek toksisitasnya serta indeks perairan menunjukkan perairan Lombok Barat masih dapat mendukung kegiatan budi daya selama tekanan negatif dari daratan masih terkontrol. Perairan Sekotong, Lembar ataupun Kombal merupakan daerah budi daya yang berpotensi untuk dikembangkan walaupun di beberapa lokasi yang berdekatan dengan darat seperti di perairan selatan Sekotong serta timur dan timur laut Lembar terindikasi tercemar ringan. Pola sirkulasi perairan Selat Lombok tidak dipengaruhi oleh musim serta kondisi meteorologi dan arus dominan dari utara ke selatan yang dipengaruhi oleh kondisi lokal. Untuk perairan Kombal, kegiatan budi daya tidak dapat dilaksanakan sepanjang tahun, perlu diantisipasi perubahan kondisi perairan yang mendadak dan gradasi suhu dan salinitas ekstrem yang terekam di perairan Kombal.

DAFTAR PUSTAKA

- Allen, J. R. L. (1985). *Principle of physical sedimentology*. Department of Geology University of Reading. London: George Allen and Unwin.
- Balls, P. W., Hull, S., Miller, B. S., Pirie, J. M. & Proctor, W. (1997). Trace metal in Scottish estuarine and coastal sediments, *Mar. Pollut. Bull.*, 34: 42–50.
- Bednarski, M. & Morales-Ramires, A. (2004). Composition, abundance and distribution of macrozooplankton in Culebra Bay, Gulf of Papagayo, Pacific Coast of Costa Rica and its Value as Bioindicator of Pollution. *Rev. Biol. Trop.*, 52(Supl. 2): 105–118.
- Berard, A. (1996). Effect of organic four solvents on natural phytoplankton assemblages: consequences for ecotoxicological experiments on herbicides. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, 57: 183–190.
- Braga, J. C. & Riding. (2005). Calcareous algae. Dalam Selley, R., Cooks, L R. M. and Plimer, I. J. R. (Eds.), *Encyclopedia of Geology*. Amsterdam: Elsevier.
- Camargo, J. A. & Alonso, A. (2006). Ecological and toxicological effects of inorganic nitrogen pollution in aquatic ecosystems: a global assessment. *Environment International*, 32: 831–849.

INDEKS

aksidental
antropogenik
anorganik
arus
asesoris
biomassa
bioassay
bioakumulasi
Boulbous
Boulder
browsing
calcarious algae
Chaetoceros gracilis,
Channel
deformasi
DO
eutrofik
phyccolloid reef
fitoplankton
Fringing Reef
gili
goba
gravel
grazing
heterotropik
herbivor
hipoksia
hidrokarbon
Holdfast
indeks polusi
intertidal
isolasi
karnivor
kecerahan

kekeruhan	ridge
konsentrasi	senyawa nitrogen
kurva pertumbuhan	senyawa organik
larva	sedimen,
lipid	simbiosis
logam berat	subtidal
mikroalga	<i>Skeletonema</i> Sp.
mikroalga	suhu
moat	salinitas
Nauplius	spektrofotometri
meroplankton	seluk
holoplankton	<i>thalli/thallus</i>
nitroselulosa	TSS
nitrifikasi	upper
omnivor	zooplankton
oportunis	
oksidasi	
pasang surut	
pH	
partikulat	
pencemaran	
persentase lipid	
produktivitas primer	
porious/porous	
<i>reef flat</i>	
<i>reef slope</i>	

GLOSSARY

Aksidental	: Terjadi secara kebetulan atau tiba-tiba atau tidak sengaja
Antropogenik	: Sesuatu yang berhubungan dengan manusia
Asesoris	: Memiliki peran kecil sebagai pendukung
Arus	: Proses pergerakan massa air menuju kesetimbangan yang menyebabkan perpindahan horizontal dan vertikal massa air
Asam lemak	: Turunan asam karboksilat, terdapat di dalam lemak, minyak tumbuhan, atau binatang
Bioassay	: Penggunaan organisme dalam uji yang dilakukan untuk mengukur respons (misalnya pertumbuhan atau kematian) akibat pemaparan terhadap variabel fisik, biologi, atau kimia; kegiatan ini bisa berupa sebuah uji toksisitas atau studi bioakumulasi
Bentik (organisme)	: Organisme yang hidup di dasar perairan atau sedimen
Bioakumulasi	: Proses penumpukan zat kimia oleh organisme akuatik secara langsung atau melalui konsumsi atau makanan yang mengandung bahan kimia
Biota	: Keseluruhan flora dan fauna yang ada di alam

Budi daya	: Pemeliharaan organisme dengan tujuan memperbanyak dan memperoleh keuntungan secara ekonomi
Boulbous	: Ubi yang terdapat di bagian bawah segmen bonggol
Boulder	: Batu karang besar yang terdapat di daerah tubir
Calcareous algae	: Rumput laut berzat kapur atau rumput laut yang mengandung zat kapur (CaCO_3)
Channel	: Kalaran seperti parit tetapi menghubungkan antara daerah tubir ke daratan
Diatom	: Kelompok alga uniseluler dengan dinding sel terbuat dari silika; merupakan produsen primer dalam rantai makanan di perairan
Deformasi	: Perubahan bentuk
DO	: Oksigen terlarut (<i>dissolved oxygen/DO</i>) adalah jumlah oksigen dalam miligram yang terdapat dalam satu liter air (ppt)
Eutrofik	: Kondisi perairan yang mengalami pengayaan unsur hara akibat pencemaran
Ficocolloid reef	: Koloid yang berasal dari rumput laut; tersebar di daerah rata-rata terumbu karang
Fringing reef	: Tipe terumbu yang membentuk rata-rata terumbu karang mengelilingi daerah terumbu; ada di pulau-pulau kecil
Fitoplankton	: Plankton tumbuhan (tumbuhan yang bersifat planktonik)
Fotosintesis	: Pemanfaatan energi cahaya matahari (cahaya matahari buatan) oleh tumbuhan berhijau daun atau bakteri untuk mengubah karbon dioksida dan air menjadi karbohidrat
Gili	: Pulau kecil dalam bahasa Sasak (penduduk asli Lombok)

Grazing	: Daerah pencarian makanan/daerah penjelajahan untuk mencari makan
Goba	: Bagian terumbu karang yang dalam dan dibatasi tubir atau rata-rata terumbu di sekelilingnya
Gravel	: Kerikil dari pecahan karang
Hatchery	: Panti benih; tempat pembenihan
Heterotropik	: Cara hidup organisme yang mendapatkan energi dari luar sistem tubuhnya dengan berperan sebagai herbivor, karnivor, atau omnivor
Hewan bentonik	: Hewan yang hidup di dasar perairan
Hewan nektonik	: Hewan yang hidup dalam kolom air dan dapat berenang bebas
Hipoksia	: Kondisi perairan dengan kandungan oksigen rendah
Herbivor	: Organisme pemakan tumbuhan
Hidrokarbon	: Suatu senyawa organik yang terdiri atas atom karbon (C) dan hidrogen (H)
Holoplankton	: Organisme yang sepanjang daur hidupnya sebagai plankton
Holdfast	: Alat untuk melekat pada substrat
Intertidal	: Daerah pasang surut dekat pantai
Indeks polusi	: Nilai yang menentukan tingkat pencemaran relatif terhadap parameter kualitas air yang diizinkan
Isolasi	: Usaha memisahkan satu organisme atau kelompok dari kelompok yang lebih besar
Juvenile	: Muda; periode sebelum dewasa
Kepadatan	: Jumlah organisme dalam satuan volume atau luasan tertentu
Karnivor	: Organisme pemakan daging

Kecerahan	: Ukuran kejernihan suatu perairan, semakin tinggi suatu kecerahan perairan semakin dalam cahaya menembus air
Kekeruhan	: Ukuran biasan cahaya di dalam air yang disebabkan oleh adanya pertikel koloid dan suspensi dari suatu bahan polutan yang terkandung di dalam suatu perairan
Karnivora	: Hewan yang makanannya berupa hewan lain
Kontaminan	: Zat biologis atau kimia atau sesuatu yang tidak biasanya hadir dalam suatu sistem; mampu menghasilkan efek buruk dalam sistem biologi yaitu melukai secara serius struktur atau fungsi
Konsentrasi	: Jumlah kuantitatif suatu zat dalam air, makanan, atau sedimen
Larva	: Fase awal hewan yang baru keluar dari telurnya
Lipid	: Zat lemak yang tidak larut dalam air tetapi umumnya larut dalam alkohol dan eter serta yang memberi rasa lemah
Logam Berat	: Logam berat (<i>heavy metal</i>) adalah logam dengan massa jenis lima atau lebih, dengan nomor atom 22 sampai dengan 92; unsur logam yang mempunyai massa jenis lebih besar dari 5 g/cm ³ ; unsur logam dengan berat molekul tinggi; dalam kadar rendah, logam berat pada umumnya sudah beracun bagi tumbuhan dan hewan, termasuk manusia
Larva	: Fase perkembangan antara telur dan juwana dalam daur hidup hewan
Meroplankton	: Telur dan larva planktonik yang bersifat sementara sebelum berubah menjadi hewan dewasa

Moluska	: Hewan berbadan lunak, umumnya bercangkang keras, misalnya siput, kerang, dan keong
Mysis 1	: Stadium perantara (<i>post zoea</i>) khas pada udang dan lobster; 2. Salah satu marga dari hewan Mysidaceae
Mikroalga	: Alga berukuran mikroskopik dapat berbentuk uniseluler atau rantai kelompok
Moat	: Parit di daerah dekat tubir
Nauplius	: Fase perkembangan awal daur hidup Crustasea
Nitrifikasi	: Oksidasi ammonia atau ammonium secara biologis menjadi nitrit yang diikuti oleh oksidasi nitrit menjadi nitrat
Nitro selulosa	: Senyawa mudah terbakar yang dihasilkan dengan cara mereaksikan selulosa dengan asam nitrat atau pereaksi nitrat lainnya yang bersifat reaktif
Oksidasi	: Reaksi penggabungan zat dengan oksigen.
Oseanografi	: Gambaran atau deskripsi tentang laut; studi dan eksplorasi ilmiah mengenai laut dan segala fenomenanya
Omnivor	: Organisme pemakan segala
Oportunis	: Sifat organisme yang mampu bertahan pada kondisi yang kurang menguntungkan
Optimum	: Dalam kondisi yang terbaik (yang paling menguntungkan); optimal; keadaan faktor lingkungan yang merupakan derajat kesesuaian tertinggi untuk pertumbuhan dan berkembangbiakan makhluk secara penuh
Pertumbuhan	: Hal (keadaan) tumbuh; perkembangan (kemajuan dan sebagainya)
Plankton	: Organisme laut (tumbuhan dan hewan) yang sangat halus, kebanyakan mikroskopis dan melayang di dalam air laut

pH	: Derajat keasaman; ukuran konsentrasi ion hidrogen yang menunjukkan keasaman atau kebasaan suatu zat/larutan
Pasang surut	: Fenomena naik atau turunnya air laut ke atau dari permukaan daratan; gelombang laut yang dibangkitkan oleh adanya gaya gravitasi antara bumi, matahari, dan bulan
Partikulat	: Material padat berukuran sangat kecil yang tersuspensi dalam gas atau zat cair
Pencemaran	: Masuknya atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi, dan/atau komponen lain ke dalam lingkungan laut oleh kegiatan manusia sehingga kualitasnya turun sampai tingkat tertentu yang menyebabkan lingkungan laut tidak sesuai lagi dengan baku mutu dan/atau fungsinya
Porous	: Berongga/berpori-pori
Produktivitas Primer	: Laju produksi senyawa organik yang dihasilkan oleh tumbuhan dan organisme fotosintetik lainnya di suatu ekosistem
Reef flat	: Rataan terumbu tempat tumbuh rumput laut
Ridge	: Punggung terumbu/gudus
Spektrofotometri	: Suatu metode uji kuantitatif dalam analisis kimia yang didasarkan pada interaksi antara materi dan cahaya pada panjang gelombang tertentu
Suhu	: Besaran yang menunjukkan derajat panas atau dingin; menunjukkan energi yang dimiliki oleh sesuatu tersebut
Salinitas	: Konsentrasi garam terlarut dalam volume tertentu air; jumlah berat garam yang terlarut dalam 1 liter air, biasanya dinyatakan dalam satuan 0/00 (per mil, gram per liter)

Senyawa Nitrogen Anorganik	: Senyawa yang mengandung atom nitrogen (N) tetapi tidak mengandung atom karbon (C) dan tidak berasal dari material/makhluk hidup
Sedimen	: Mineral tak terkonsolidasi dan materi partikulat organik yang telah mengendap dasar lingkungan perairan
Senyawa organik	: Senyawa kimia yang molekulnya mengandung atom karbon (C) kecuali karbida, karbonat, oksida karbon, dan sianida
Subtidal	: Daerah pasang surut, rata-rata terumbu karang sampai ke gunduk
Simbiosis	: Cara hidup bersama di antara jenis organisme yang berbeda
Upwelling	: Fenomena massa air yang lebih dingin dan bermassa jenis lebih besar dari dasar perairan bergerak ke permukaan akibat pergerakan angin di atasnya
Upper reef	: Lereng terumbu atau daerah tubir bagian atas
Thalli/thallus	: Batang tubuh termasuk segmen dan cabang-cabang
TSS	: Total padatan tersuspensi (<i>total suspended solid</i> /TSS); residu dari padatan total yang tertahan oleh saringan dengan ukuran partikel maksimal 2 μm atau lebih besar daripada ukuran partikel koloid; padatan yang menyebabkan kekeruhan, tidak larut dan tidak dapat mengendap langsung
Teluk	: Tubuh perairan yang menjorok ke daratan dan dibatasi oleh daratan pada ketiga sisinya
Zoea	: Bentuk larva pada kepiting dan udang
Zooplankton	: Plankton hewan (hewan yang bersifat planktonik)

BIODATA EDITOR

RACHMA PUSPITASARI

Penulis lahir di Yogyakarta, 23 Agustus 1981, dan saat ini merupakan peneliti di Pusat Penelitian Oseanografi Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia. Fokus kajian adalah ekotoksikologi. Pendidikan S-1 diperoleh dari Fakultas Biologi, Universitas Gadjah Mada pada 2003 dan pendidikan S-2 diperoleh dari Program Studi Ilmu Lingkungan Sekolah Pascasarjana Universitas Gadjah Mada pada 2013. Penulis dapat dihubungi melalui email poespitasari@yahoo.com.

DR. SUHARTATI M. NATSIR

adalah ahli peneliti utama dalam bidang mikropaleontologi, khususnya foraminifera. Lahir di Bima pada 1958, menyelesaikan pendidikan S-1 di Universitas Gadjah Mada, S-2 di Universitas Indonesia, dan S-3 di Universitas Brawijaya, Malang. Berkiprah sebagai peneliti di Pusat Penelitian Oseanografi mulai tahun 1984. Aktif sebagai pengurus organisasi profesi Ikatan Sarjana Oseanologi Indonesia (ISOI).

BIODATA PENULIS

YUNIA WITASARI

Penulis adalah peneliti Bidang Dinamika Laut, Pusat Penelitian Oseanografi (P2O) LIPI. Penulis menamatkan pendidikan S-1 di Fakultas Teknologi Mineral Universitas Pembangunan Nasional Veteran Yogyakarta dan S-2 di Fakultas Teknologi Kebumihan di Institut Teknologi Bandung. Fokus kajian dalam penelitiannya adalah mekanisme sedimentasi dan kandungan mineral di dalam sedimen, pengaruh sedimentasi terhadap lingkungan perairan baik secara normal maupun hubungannya dengan faktor antropogenik, serta mengembangkan metode peruntutan unsur radioaktif isotop Pb-210 untuk melacak perkembangan mekanisme sedimentasi resen di dasar perairan seluruh Indonesia. Penulis dapat dihubungi melalui email irasatwain@gmail.com.

LESTARI

Penulis adalah peneliti pada Bidang Pencemaran dan Bioremediasi Laut, Pusat Penelitian Oseanografi (P2O) LIPI. Dia menamatkan S-1 dari Jurusan Kesehatan Lingkungan, FKM Universitas Indonesia, Depok, Jawa Barat dan melanjutkan S-2 di Pascasarjana Ilmu Kelau-

tan, FMIPA Universitas Indonesia, Depok, Jawa Barat. Fokus kajian penelitian pada kimia lingkungan laut khususnya kimia anorganik dan biogeokimia logam berat serta kajian dampak risiko polutan logam berat pada kesehatan lingkungan laut. Penulis dapat dihubungi melalui email lest001@lipi.go.id atau lestari_sardi@yahoo.com.

HANIF BUDI PRAYITNO

Penulis lahir di Jakarta, 1 Agustus 1980, dan saat ini merupakan peneliti di Pusat Penelitian Oseanografi Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia. Fokus kajian adalah kimia oseanografi. Pendidikan S-1 diperoleh dari Jurusan Kimia, Fakultas MIPA, Universitas Gadjah Mada pada 2004. Saat ini penulis sedang menempuh pendidikan S-2 ilmu lingkungan di Australian National University. Penulis dapat dihubungi melalui email hani007@lipi.go.id.

FITRI BUDIYANTO

Penulis adalah peneliti pada bidang pencemaran dan bioremediasi laut, Pusat Penelitian Oseanografi LIPI. Dia menamatkan pendidikan S-1 dari Jurusan Teknik Kimia, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta. Fokus kajian penelitiannya adalah kimia laut khususnya pada kimia anorganik dan biogeokimia dari substansi kimia anorganik serta dampak pencemaran laut terhadap kesehatan lingkungan. Penulis dapat dihubungi melalui email fitr019@lipi.go.id.

RACHMA PUSPITASARI

Penulis lahir di Yogyakarta, 23 Agustus 1981, dan saat ini merupakan peneliti di Pusat Penelitian Oseanografi Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia. Fokus kajian adalah ekotoksikologi. Pendidikan S-1 diperoleh dari Fakultas Biologi, Universitas Gadjah Mada pada 2003

dan pendidikan S-2 diperoleh dari Program Studi Ilmu Lingkungan Sekolah Pascasarjana Universitas Gadjah Mada pada 2013. Penulis dapat dihubungi melalui email poespitsari@yahoo.com.

TRIYONI PURBONEGORO

Penulis lahir di Bogor, 4 Juni 1977. Penulis saat ini merupakan peneliti di Pusat Penelitian Oseanografi Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia. Fokus kajian adalah ekotoksikologi. Pendidikan S-1 diperoleh dari Fakultas Biologi, Universitas Nasional Jakarta pada 2005 dan pendidikan S-2 diperoleh dari Program Studi Pengelolaan Sumberdaya Pesisir dan Lautan, Institut Pertanian Bogor pada 2014. Penulis dapat dihubungi melalui email purbonegoro@gmail.com.

RICKY ROSITASARI

Penulis adalah peneliti Bidang Dinamika Laut, Pusat Penelitian Oseanografi (P2O) LIPI. Fokus kajian yang selama lebih dari 20 tahun adalah kesehatan lingkungan perairan, perubahan ekologis perairan akibat faktor alamiah ataupun antropogenik dan kerentanan lingkungan pesisir terhadap perubahan iklim. Selain aktif dalam bidang penelitian, penulis aktif menjadi pengelola majalah semipopuler selama lebih dari 19 tahun dan jurnal ilmiah lebih dari lima tahun terakhir. Penulis menamatkan pendidikan S-1 di Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Padjadjaran Bandung. Penulis dapat dihubungi melalui email rr6862@yahoo.com.

ACHMAD KADI

Penulis adalah peneliti Bidang Sumber Daya Hayati, Pusat Penelitian Oseanografi (P2O) LIPI. Penulis menamatkan pendidikan S-1 dan S-2 di Fakultas Biologi, Universitas Jenderal Soedirman. Ancaman

dari spesies invasif terhadap spesies *indigenous* menjadi masalah yang diangkat dalam tesis penulis. Fokus Kajian dalam penelitiannya adalah kajian aspek taksonomi, biologi, ekologi, dan pascapanen dari rumput laut. Kajian tersebut telah dilaksanakan di hampir seluruh perairan pesisir Indonesia. Penulis dapat dihubungi melalui email achmad_kadi@yahoo.com.

SUTOMO

Penulis adalah peneliti Bidang Sumber Daya Hayati, Pusat Penelitian Oseanografi LIPI. Penulis menamatkan pendidikan S-1 di Fakultas Biologi, Universitas Gadjah Mada dan S-2 di Program Studi Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor. Fokus kajian penelitian yang diminati adalah budi daya pakan alami fito dan zooplankton, studi potensi mikroalga sebagai sumber makanan kesehatan, biofuel dan bioremediasi. Penulis dapat dihubungi melalui email stom_st@yahoo.com.

DIAH RADINI NOERDJITO

Penulis lahir di Bogor pada 4 Maret 1980 dan saat ini merupakan peneliti di Pusat Penelitian Oseanografi Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia. Fokus kajian yang ditekuni adalah mengenai mikroalga laut. Pendidikan S-1 diperoleh dari Departemen Biologi Institut Teknologi Bandung (ITB) pada 2003, dan pendidikan S-2 diperoleh dari Sekolah Ilmu dan Teknologi Hayati Institut Teknologi Bandung (ITB) tahun 2005. Penulis dapat dihubungi melalui email drnoerdjito@gmail.com.

MARIA GORETTI LILY PANGGABEAN

Pada 1989, penulis menyelesaikan pendidikan S-2 bidang Aquaculture, School of Fisheries, University of Washington, Seattle, AS. Selain pengalaman riset di bidang budi daya rajungan dan kima, sejak 1994, penulis menggeluti penelitian yang berkaitan dengan mikroalga hingga mendirikan Laboratorium Mikroalga. Penulis telah mengoleksi dan merawat kultur mikroalga strain lokal perairan Indoonesia, melakukan seleksi alga sebagai sumber pakan alami, bahan antioksidan, dan mengembangkan penelitian bioenergi dari mikroalga.