



Bioresources

untuk Pembangunan
Ekonomi Hijau

BioRESOURCES

untuk Pembangunan
Ekonomi Hijau

Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia
Kementerian Perencanaan dan Pembangunan Nasional
Kementerian Riset dan Teknologi

2013

© 2013 Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI)

Katalog dalam Terbitan

Bioresources untuk Pembangunan Ekonomi Hijau/

Ibnu Maryanto, Joeni Setijo Rahajoe, Sasa Sofyan Munawar, Wahyu Dwiyanto,
Djauhar Asikin, Siti Roosita Ariati, Yopi Sunarya dan Dwi Susiloningsih (ed.). –
Jakarta: LIPI Press, 2013.

xix + 229 hlm.; 14,8 x 21 cm

ISBN 978-979-799-729-8

1. *Bioresources*

2. Ekonomi Hijau

551

Kopieditor	: Nanik Supriyanti Risma Wahyu Hartiningsih M. Fadly Suhendra Sarwendah Puspita Dewi
Penata Isi	: Deden Sumirat Hidayat dan Ibnu Maryanto
Desainer Sampul	: Deden Sumirat Hidayat



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: bmrlipi@centrin.net.id

lipipress@centrin.net.id

press@mail.lipi.go.id

Kata Pengantar

Menteri Negara

Perencanaan dan Pembangunan Nasional

Pembangunan berkelanjutan adalah proses pembangunan yang berprinsip untuk memenuhi kebutuhan sekarang tanpa mengorbankan pemenuhan kebutuhan generasi masa depan. Untuk mencapai keberlanjutan yang menyeluruh, diperlukan keterpaduan antara tiga pilar pembangunan, yaitu keberlanjutan dalam aspek sosial, ekonomi, dan lingkungan. Tiga aspek tersebut harus diintegrasikan dalam perencanaan dan pelaksanaan pembangunan sehingga tercapai pembangunan berkelanjutan. Pendekatan pembangunan yang berkelanjutan menawarkan perspektif yang lebih luas dari sekadar pertumbuhan ekonomi semata. Aspek sosial dan lingkungan mendapat perhatian yang sama pentingnya.

Salah satu kekayaan alam yang kita miliki adalah keanekaragaman hayati sebagai *bioresource* yang sangat bermanfaat untuk modal pembangunan berkelanjutan di Indonesia. Pada abad ke-21 yang sering juga disebut sebagai abad biologi dan tahun 2010–2020 sebagai dekade keanekaragaman hayati, industri yang akan maju pesat adalah "industri yang berbasis *bioresource*", yaitu farmasi, kesehatan, pangan, pertanian, kosmetika, dan biomaterial. Industri-industri tersebut mengandalkan keanekaragaman hayati sebagai bahan baku, dengan pengetahuan dan teknologi yang menyertainya. Oleh karena itu, kunci perkembangan bangsa dan negara Indonesia di masa yang akan datang terletak pada upaya memajukan iptek dan menjadikannya sebagai tulang punggung dalam pembangunan. *ASEAN Free Trade Agreement* yang mulai diberlakukan pada tahun 2015 memberikan tugas berat bagi komunitas iptek untuk membuat terobosan besar dalam menghasilkan produk berbasis sumber daya hayati yang berdaya saing dan didukung oleh iptek.

Penghargaan setinggi-tingginya diberikan kepada para peneliti Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI) dan semua pihak yang telah mewujudkan terbitnya buku *Bioresource untuk Pembangunan Ekonomi Hijau*. Meskipun baru sebagian kecil informasi tentang *bioresource* di Indonesia yang termuat dalam buku ini, tetapi buku ini sudah dapat menyajikan informasi yang sangat berharga bagi masyarakat Indonesia tentang kekayaan keanekaragaman hayati di Indonesia yang menjadi *bioresource*, yang berpotensi untuk meningkatkan kesejahteraan rakyat dan juga dapat meningkatkan perekonomian Indonesia sejajar dengan negara-negara maju. Dengan terbitnya buku

ini, kami semakin yakin untuk terus mendukung kegiatan penelitian yang terkait dengan kekayaan keanekaragaman hayati di Indonesia. Diharapkan dari kegiatan penelitian ini dapat dilanjutkan dengan menyusun strategi dalam meningkatkan keunggulan kompetitif melalui penciptaan nilai tambah yang tinggi dalam pengelolaan *bioresource* di Indonesia.

Jakarta, Januari 2013

Menteri Perencanaan

Pembangunan Nasional/ Kepala Bappenas

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'A. S. Alisjahbana'.

Prof. Dr. Armida S. Alisjahbana

Kata Pengantar

Menteri Negara Riset dan Teknologi

Pembangunan nasional tahun 2005–2025 dilaksanakan dengan visi untuk mewujudkan Indonesia yang mandiri, maju, adil, dan makmur. Karenanya kebijakan pemerintah diarahkan untuk membangun kemandirian bangsa dalam mewujudkan kehidupan yang sejajar dengan bangsa lain yang telah maju.

Indonesia adalah salah satu negara di dunia yang termasuk negara megabiodiversitas karena memiliki kekayaan keanekaragaman hayati yang sangat tinggi dengan tingkat endemisitas yang tinggi pula. Selain itu, Indonesia yang terletak di kawasan tropis, memiliki tanah yang subur dan cahaya matahari yang berlimpah. Kekayaan keanekaragaman hayati sebagai *bioresource* dan kondisi tersebut sebetulnya dapat menjadi modal pembangunan dan meningkatkan posisi daya saing Indonesia di dunia. Untuk itu diperlukan strategi yang mengutamakan penciptaan keunggulan kompetitif melalui penciptaan nilai tambah yang tinggi dalam pengelolaan *bioresource*. Pengelolaan *bioresource* tanpa didasari oleh pengetahuan tentang kekayaan jenis yang kita miliki, sebaran, potensi, habitat serta ilmu pengetahuan dan teknologi (iptek) di bidang ilmu lainnya, maka kita hanya akan bangga saja menjadi negara yang memiliki *bioresource* tanpa dapat memanfaatkannya secara optimal bagi kesejahteraan masyarakat Indonesia. Dengan ilmu dan teknologi maka nilai tambah *bioresource* dapat dilipatgandakan sehingga roda perekonomian pun dapat berputar lebih cepat.

Dalam buku *Bioresource untuk Pembangunan Ekonomi Hijau* ini terungkap bahwa Indonesia memiliki keunggulan komparatif untuk berkembangnya industri-industri berbasis *bioresource*, seperti energi, farmasi, kesehatan, kosmetik, pangan, dan biomaterial. Untuk mewujudkan potensi yang sangat besar tersebut diperlukan komitmen yang kuat dan tindakan nyata dari seluruh komponen bangsa guna meningkatkan kesejahteraan masyarakat dan meningkatkan posisi daya saing Indonesia di tingkat dunia.

Kami sangat menghargai para peneliti di Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia yang telah berupaya untuk memberikan informasi kepada masyarakat tentang sebagian kecil dari kekayaan *bioresource* yang dimiliki oleh bangsa Indonesia melalui buku ini. Peneliti Indonesia ternyata tidak kalah dengan para peneliti dari negara-negara maju lainnya dalam menguasai ilmu pengetahuan dan teknologi untuk mengungkap kekayaan dan meningkatkan nilai tambah *bioresource* di Indonesia. Kami yakin bahwa apabila kegiatan penelitian di bidang *bioresource* didukung penuh oleh pemerintah, melalui ilmu pengetahuan dan teknologi yang dimiliki dan dikuasai oleh peneliti Indonesia khususnya di

Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, dapat membawa bangsa dan negara Indonesia ke dalam transformasi yang dapat meningkatkan kinerja ekonomi dan kesejahteraan masyarakat secara berkelanjutan,

Akhir kata, kami mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Lembaga Ilmu pengetahuan Indonesia (LIPI) yang telah menerbitkan buku *Bioresource* dan juga kepada para peneliti LIPI atas kontribusi, kerja keras dan dedikasi yang tinggi dalam menyelesaikan buku ini dalam waktu yang cukup singkat. Berhubung Indonesia memiliki kekayaan *bioresource* yang sangat tinggi, kami yakin, setelah terbitnya buku ini, akan terbit lagi buku *bioresource* edisi berikutnya yang akan memuat potensi *bioresource* lainnya yang belum termuat dalam buku ini .

Jakarta, Januari 2013

Menteri Negara Riset dan Teknologi



Prof. Dr. Ir. H. Gusti Muhammad Hatta, M.S.

Kata Pengantar

Kepala

Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia

Assalamualaikum warrahmatullahi wabarakatuh.

Dengan mengucapkan puji syukur ke hadirat Allah Swt., Tuhan Yang Maha Esa, saya menyambut baik terbitnya buku *"Bioresources untuk Pembangunan Ekonomi Hijau"*.

Seperti yang sering saya katakan bahwa esensi pembangunan berkelanjutan tidak hanya berarti pemanfaatan sumberdaya yang dapat diperbaharui secara rasional saja, akan tetapi juga harus dapat dipergunakan untuk memenuhi kebutuhan sekarang dan yang akan datang. Dalam konteks sumberdaya hayati yang dimiliki bangsa Indonesia, reposisi kebijakan pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi yang dilakukan LIPI haruslah ditekankan pentingnya upaya memperkuat kembali riset-riset yang mendasar yang berorientasi kepada pembangunan yang berkelanjutan.

Menyimak isi dari buku ini, adalah sangat penting bahwa status keanekaragaman hayati Indonesia yang dijadikan sebagai basis dalam penulisan buku ini ternyata tidak hanya didasarkan atas referensi ilmiah saja, akan tetapi juga memanfaatkan specimen koleksi nasional milik LIPI yang telah dibangun dan dikumpulkan sejak tahun 1817, baik berupa specimen koleksi flora, fauna maupun mikroba. Spesimen koleksi ini memang secara internasional telah dijadikan sebagai rujukan secara ilmiah tentang keanekaragaman hayati Indonesia. Perangkuman dan pengungkapan serta penggalan pemanfaatan keanekaragaman hayati Indonesia menjadi bagian penting dari isi buku ini karena selain menjelaskan sejarah pemanfaatan oleh berbagai kelompok etnis di Nusantara, buku ini juga mengulas tentang banyak hal mengenai potensinya sebagai modal pembangunan bangsa Indonesia.

Terbitnya buku *"Bioresources untuk Pembangunan Ekonomi Hijau"* merupakan sebuah kerja profesional yang dilakukan oleh para peneliti LIPI yang tertarik mengenai status keanekaragaman hayati Indonesia. Untuk itu saya mengucapkan terimakasih kepada para penulis atas partisipasi baik secara langsung maupun tidak langsung sehingga menghasilkan sebuah dokumen yang dapat diacu oleh para peneliti, dosen, mahasiswa dan bahkan para penentu kebijakan di republik ini. Kepada Menteri Perencana Pembangunan Nasional, saya juga mengucapkan terimakasih dan memberikan penghargaan tertinggi atas perhatian yang besar kepada penelitian dan pemanfaatan sumber daya alam Indonesia untuk mendukung ekonomi hijau.

Akhirnya saya berharap agar buku ini dapat dibaca dan dimanfaatkan seluas-luasnya untuk kepentingan pembangunan bangsa Indonesia menuju masyarakat sejahtera. *Wabilahitaufik wal hidayah wassalamualaikum warahmatullahi wabarakatuh.*

Jakarta, Januari 2013

Kepala Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'LH', on a light yellow rectangular background.

Prof. Dr. Lukman Hakim, M.Sc.

Rangkuman

Pengetahuan kita tentang kekayaan sumber daya alam hayati masih sangat sedikit sekali. Perkiraan keanekaragaman jenis dunia sekitar 5–30 juta jenis, dan baru sekitar 1,78 juta jenis flora, fauna, dan mikroba yang diberi nama. Di Indonesia diperkirakan kurang dari 300.000 jenis kekayaan hayati yang diberi nama. Permasalahannya adalah Indonesia kekurangan pakar dalam bidang biosistemika yang mampu mengidentifikasi dan menemukan jenis-jenis baru. Pakar ini sangat sedikit, tidak sebanding dengan luas dan banyaknya pulau yang ada di Indonesia.

Pengetahuan kekayaan keanekaragaman hayati sebagai *bioresource* Indonesia mempunyai peranan yang penting bagi kehidupan manusia, baik ditinjau dari segi ekonomi, kebudayaan dan ekologi. Eksistensi manusia tidak dapat dipisahkan dari hubungan biologik dengan lingkungannya. *Bioresource* merupakan salah satu modal dasar bagi berkembangnya beragam budaya dan suku bangsa di Indonesia.

Manfaat *bioresource* di Indonesia secara berkelanjutan bagi kesejahteraan masyarakat Indonesia tergantung bagaimana kita dapat mengelola kekayaan tersebut secara optimal. Berikut ini dijelaskan secara ringkas terkait manfaat *bioresource* bagi masyarakat Indonesia untuk memenuhi kebutuhan hidupnya, seperti energi, industri farmasi, pangan, lingkungan, dan material produk.

Energi

Akhir-akhir ini, krisis energi fosil semakin terasa. Oleh karena itu, agar roda perekonomian di Indonesia terus berjalan, maka Indonesia yang memiliki *bioresource* harus berupaya secara serius untuk mengembangkan energi terbarukan. Potensi yang dapat digali untuk mengembangkan energi alternatif dengan memanfaatkan *bioresource* lokal, di antaranya adalah Potensi *bioresource* biomasa dari 1) tumbuhan dan mikroba (alga), 2) mikroba penghasil berbagai jenis enzim dan mikroba untuk membantu proses fermentasi dalam produksi bioetanol dan produk lainnya, 3) pemanfaatan menurut tingkah laku fauna untuk pengembangan produk dengan energi yang lebih efisien.

Indonesia memiliki keunggulan komparatif untuk produksi bioetanol ditinjau dari segi ketersediaan biomasa yang beragam, ketersediaan lahan dan kondisi iklim yang mendukung. Keragaman biomasa selulosa meliputi berbagai jenis limbah biomasa dari industri kelapa sawit, kopra, coklat, kopi, tebu, teh, kayu, bambu, dan lain-lain.

Proses degradasi biomasa untuk produksi bioetanol sangat tergantung oleh penggunaan enzim hidrolisa dan mikroorganisme untuk proses fermentasinya. Jenis enzim yang diperlukan adalah selulase, hemiselulase (mananase, xilanase), glukosidase, galaktosidase, dan enzim untuk hidrolisa lignin. Koleksi mikroorganisme lokal dapat dimanfaatkan untuk produksi enzim tersebut. Dari hasil seleksi terhadap 500

isolat murni koleksi *Indonesia Culture Collection* (InaCC) yang dikelola oleh Pusat Penelitian Biologi-LIPI telah diperoleh 6 isolat potensial penghasil enzim mananase dan selulase dari kelompok Actinomycetes. Dari hasil peneliti LIPI dan kolaborasi riset selama ini, InaCC memiliki lebih dari 10.000 isolat dari jenis bakteri, Actinomycetes, kapang, khamar, dan mikroalga. Potensi mikroorganisme tersebut dapat digunakan sebagai sumber penghasil berbagai jenis enzim potensial. Di sisi lain, rekayasa mikroba dapat dilakukan untuk membuat supermikroba yang dapat melakukan proses fermentasi untuk produksi bioetanol, bio-butanol, dan produk biokimia lainnya. Rekayasa mikroba terhadap jenis ragi tersebut akan dapat meningkatkan efisiensi proses fermentasi biomassa selulosa lokal sehingga produksi bioetanol lebih efisien. Berbagai sumber energi berbahan nabati telah dikembangkan termasuk alga, baik alga laut maupun air tawar. Biofuel dari biomassa alga (ganggang) saat ini berkembang pesat sehingga dapat dikatakan bahwa Indonesia perlu melangkah menuju ekonomi hijau dan ekonomi biru.

Industri Farmasi

Ketersediaan bahan baku obat merupakan faktor penting bagi industri farmasi nasional. Senyawa murni dari bahan alam sangat penting dalam penemuan obat baru. Obat baru dari bahan alam dapat diperoleh dari berbagai organisme (mikroba, hewan, tumbuhan) yang hidup di darat dan laut. Bahan alam memiliki keuntungan karena dapat berikatan dengan target

seluler pada organisme lainnya. Potensi biofarmaka Indonesia yang kaya akan *bioresource* sangatlah tinggi, bahkan potensi ditemukannya suatu bahan alam baru tidak akan habis-habisnya. Kecenderungan masyarakat dunia yang memprioritaskan produk yang ekologis daripada kimiawi, menyebabkan permintaan terhadap obat bahan alami terus meningkat. Obat bahan alami tersebut umumnya berasal dari *bioresource* yang ada di hutan-hutan yang mungkin selama ini hanya dianggap sebagai semak belukar yang kurang bermanfaat. Karena laju kehilangan keanekaragaman hayati di Indonesia sangatlah tinggi, kegiatan untuk meneliti obat bahan alam baru di Indonesia sudah sangat mendesak dan harus ditingkatkan.

Keanekaragaman mikroba sudah sejak lama dieksploitasi untuk memproduksi berbagai macam produk/bahan alam yang bernilai ekonomi tinggi, seperti antibiotika, enzim (biokatalis), biofarmaka, dan senyawa aktif lainnya. Saat ini, ada sekitar 10.000 antibiotika yang diproduksi oleh mikroorganisme dan dua pertiganya diproduksi oleh Actinomycetes, terutama dari genus *Streptomyces*. Actinomycetes mampu memproduksi berbagai macam senyawa bioaktif. Hasil kajian dari uji petik sampel di Indonesia dengan melakukan skrining sekitar 1.800 mikroba dari jenis Actinomycetes dan fungi. Hasilnya adalah lebih dari 30 isolat menghasilkan senyawa aktif. Saat ini koleksi Actinomycetes Indonesia di InaCC, Puslit Biologi-LIPI tersimpan lebih dari 3.500 isolat murni. Kesempatan besar untuk mengungkapkan

potensi lebih lanjut untuk sumber bahan baku obat. Selain Actinomycetes, Indonesia juga memiliki mikroba endofit. Jika dalam satu jenis tumbuhan yang ada di Indonesia ini minimal mengandung 5 jenis mikroba endofit, dapat dihitung bahwa hutan Indonesia mengandung minimal 150.000 jenis mikroba endofit yang dalam 2 dasawarsa belakangan ini memperlihatkan potensinya sebagai penghasil bahan obat. Enzim pendegradasi nitril yang disintesis oleh mikroba pendegradasi nitril mampu mengubah senyawa toksik nitril menjadi produk-produk yang bernilai ekonomi tinggi. Dalam sepuluh tahun terakhir ini peran enzim sebagai biokatalis telah diaplikasikan secara komersial untuk mensintesis senyawa-senyawa penting biofarmaka. Melalui kegiatan bioprospeksi maka potensi yang tersimpan di dalam mikroba diharapkan dapat digali dan dimanfaatkan untuk pengembangan biokatalis dan sebagainya.

Indonesia memiliki keanekaragaman jenis hewan yang sangat tinggi, salah satu potensinya, antara lain adalah sebagai bahan obat. Hewan yang memiliki potensi sebagai bahan obat, farmasi, dan kimia, di antaranya adalah rase, musang, trenggiling, rusa, landak, kalong, amfibi, ular, laba-laba, undur-undur, lebah, cacing, spons (invertebrate laut), dan masih banyak lagi yang belum terungkap potensinya dan bukan tidak mungkin jenis baru yang belum pernah ditemukan dapat punah sebelum ditemukan. Sebagai contoh pemanfaatan satwa dalam dunia pengobatan adalah hasil ekstraksi dari ular

weling (*Bungarus candidus*) yang terdistribusi dari Sumatra, Jawa, Kalimantan, Bali yang ternyata mempunyai kemampuan untuk dapat digunakan menurunkan tekanan darah. Selanjutnya enzim yang terkandung dalam tulang ular weling menyebabkan kalsium cenderung pada sifat asam. Berbagai penyakit yang ada dalam darah setelah mengkonsumsi akan menjadi alkali lemah, darah kotor akan menjadi jernih sehingga darah menjadi lancar. Pengetahuan obat-obatan tradisional menggunakan kelompok Arachnida, seperti laba-laba dan kalajengking banyak ditemukan di beberapa daerah di Indonesia. Pemanfaatan kantung telur maupun jaring laba-laba untuk menghentikan pendarahan ditemukan di beberapa daerah. Namun sayangnya, secara keilmuan dari segi dunia farmasi dan kedokteran belum terungkap potensi bioaktif yang terkandung di dalam jaring dan kantung telur laba-laba. Bagi sebagian suku bangsa, seperti Kutai, Kalimantan dan Talang Mamak, Padang sudah terbiasa menggunakan undur-undur (*Neuroptera* sp.) sebagai bahan obat malaria. Penggunaan lebah di dalam dunia farmasi adalah tidak mengherankan karena di dalam venom lebah bersifat *hemorrhagic*, yang berbeda dengan racun ular berbisa Spons (porifera) adalah hewan invertebrata (laut) yang sangat sederhana dan multisel. Indonesia mempunyai keragaman jenis spons yang tertinggi di dunia. Menurut laporan ekspedisi Snellius II terdapat 830 jenis spons. Spons merupakan hewan laut yang paling potensial penghasil senyawa bioaktif. Senyawa-

senyawa yang terkandung dalam spons mempunyai presentase keaktifan yang lebih besar dibanding dengan senyawa-senyawa yang dihasilkan oleh hewan laut lainnya. Dari sekitar 30.000 jenis tumbuhan, tercatat paling tidak ada sebanyak 7.500 jenis tumbuhan telah digunakan secara turun-temurun dalam sistem pengobatan tradisional berbagai etnik di tanah air. Namun sangat disayangkan bahwa jenis-jenis tumbuhan yang secara rutin termasuk ke dalam formulasi bahan obat, *food supplement* atau sediaan lainnya yang beredar dalam bentuk produk komersial tidak lebih dari 30 jenis tumbuhan.

Berikut ini contoh tumbuhan yang dapat dimanfaatkan sebagai obat, yaitu anggrek mutiara, begonia, kentang hitam, bambu dan dahlia. Pakis simpei (*Cibotium barometz*) telah lama dikenal sebagai bahan obat tradisional dan telah dijadikan sebagai bahan obat modern. Bulu *C. barometz* diproses menjadi bahan obat modern untuk pembekuan darah pada pengobatan yang berkaitan dengan bedah kedokteran. Rimpang jenis ini berkhasiat sebagai obat hati dan ginjal, memperkuat otot dan tulang belakang, mengurangi ngilu di lutut serta mengeluarkan angin. Kentang hitam sangat baik dikonsumsi oleh penderita diabetes dan maag. Pati dari kentang hitam dapat dipakai sebagai bahan campuran farmasi. Selain *niacin* (vitamin B3), umbi kentang hitam juga mengandung senyawa *triterpenic acid* yang dominan berupa *ursolic acid* (UA) dan *oleanolic acid* (OA). Orang percaya bahwa

rebung bambu kuning (*Bambusa vulgaris* var. *striata*) dapat digunakan untuk mengobati penyakit hepatitis A. Daun bambu muda yang masih menggulung dapat digunakan sebagai pengganti teh untuk menurunkan kolesterol. Tumbuhan lainnya yang juga dapat menurunkan kolesterol adalah umbi dahlia. Inulin murni dapat diekstraksi dari umbi yang dapat menurunkan kadar trigliserida, kadar kolesterol, dan menjaga kadar gula dalam darah.

Pangan

Kebutuhan pangan akan menjadi problem seiring dengan alih fungsi lahan pertanian dan peningkatan penduduk. Untuk mencukupinya Indonesia perlu terus menerus mengembangkan program diversifikasi pangan. Kekayaan sumber daya genetika merupakan aset yang tidak ternilai. Di bidang pertanian setelah melalui upaya pemuliaan, melalui persilangan dan mutasi alami secara terus-menerus selama ribuan tahun. Penggabungan sifat-sifat “baik” melalui pemuliaan menjadikan tanaman baru yang bernilai ekonomi tinggi. Sifat-sifat baik tersebut tersebar dalam plasma nutfah yang sangat bervariasi dan memiliki peranan sebagai perpustakaan gen yang dapat kita jadikan aset untuk pengembangan tanaman-tanaman unggul yang pada akhirnya akan meningkatkan taraf hidup manusia. Kondisi yang sama untuk mencukupi kebutuhan pangan hewani, upaya-upaya pengembangan pemuliaan satwa Indonesia berbasis biogeografi sangat perlu dan segera dilakukan. Prioritas tahap

pelaksanaannya selanjutnya segera disusun, mengingat untuk peternakan dan pencarian sumber bibit unggul membutuhkan waktu yang panjang. Indonesia merupakan negara yang kaya akan keanekaragaman hayati serealida dan umbi-umbian. Tareang atau jewawut unggul membuktikan memiliki malai sangat padat dengan kandungan protein 14,03% dan lemak 5,49%, jauh mengungguli serealida lainnya dan berpotensi tinggi sebagai pengganti gandum karena dapat mudah ditanam di lahan termaginalkan.

Umbi-umbian telah dikenal lama oleh sebagian masyarakat Indonesia sebagai bahan makanan pokok pengganti beras atau jagung. Umbi-umbian yang mengandung karbohidrat tinggi dapat dimanfaatkan sebagai sumber karbohidrat alternatif. Beberapa tumbuhan yang dapat menjadi alternatif solusi pengembangan sumber daya karbohidrat, antara lain dari suku Araceae (*Alocasia macrorrhizos*-Talas, *Amorphophallus paeoniifolius*-Porang atau Iles-iles, dll.). Kekayaan keanekaragaman hayati umbi-umbian juga terlihat dari variasi di dalam jenis yang juga tinggi, misalnya berbagai varietas atau kultivar talas, ubi jalar, ubi kayu, dan lain-lain.

Beberapa contoh sumber daya laut yang bernilai gizi tinggi dan banyak diminati konsumen sebagai sumber protein hewani, antara lain adalah Abalon (Gastropoda), ikan hiu (Elasmobranchii), ikan sidat tropis (*Anguilla*), telur ikan terbang (*Exocoetidae*), teripang (*Holothuroidea*), udang, dan kepiting laut. Abalon adalah

salah satu jenis siput laut (Gastropoda) dan merupakan makanan dari laut yang banyak diminati konsumen. Abalon tidak hanya mengandung protein yang tinggi tetapi juga mengandung zat yang dapat meningkatkan libido, menjaga stamina, menghaluskan kulit, meremajakan sel-sel tubuh, dan antikanker. Daging abalon mengandung asam lemak omega-3 dan omega-6 yang dapat membantu memperbaiki sirkulasi darah di tubuh manusia. Sumber daya laut lainnya yang berpotensi sebagai sumber pangan protein hewani adalah udang dan kepiting. Perairan Indonesia memiliki sekitar 1.700 jenis Crustacea (Stomatopoda/udang pengko, Brachyura/kepiting, dan Anomura/kelomang).

Lingkungan

Eksistensi manusia tidak dapat dipisahkan dari hubungan biologik dengan lingkungannya. Keanekaragaman tumbuhan memiliki peran penting dalam menyumbangkan potensi sequestrasi karbon sekaligus menyediakan jasa lingkungan lainnya. Dewasa ini penanganan perubahan iklim secara fleksibel diformulasikan dalam bentuk REDD plus (*Reducing Emission from Deforestation and Forest Degradation*) sebagai mekanisme pengurangan emisi dari deforestasi dan degradasi hutan. Penanganan perubahan iklim menjadi tolok ukur penting dari komitmen global melalui investasi mekanisme strategis yang bertujuan mengurangi emisi gas. Emisi GRK Indonesia diperkirakan meningkat dalam kurun waktu 2000–2020 dari 1,35 menjadi 2,95 Gt CO₂e. Upaya

sadar yang dilakukan adalah Rencana Aksi Nasional Penurunan Emisi GRK dengan target 26% pada tahun 2020. Di Indonesia dijumpai banyak tipe ekosistem dan setiap ekosistem memiliki sekuestrasi karbon. Dari sejumlah tipe ekosistem yang ada ternyata yang paling tinggi adalah padang lamun 830 ton/hektare dibandingkan dengan hutan di daratan yang mampu menyimpan sebesar 300 ton. Di tingkat jenis tercatat 13 jenis dengan stok karbon tertinggi dengan kisaran antara 60,159–772,624 ton C ha⁻¹, yaitu *Schima wallichii*, *Vaccinium varingiaefolium*, *Castanopsis tungurrut*, *Lithocarpus sundaica*, *Leptospermum flavescens*, *Platea latifolia*, *Myrsine hasseltii*, *Toona sureni*, *Symplocos Castanopsis javanica*, *Cyathea junghuhniana*.

Keberadaan ekosistem padang lamun sepertinya akan semakin penting terkait dengan adanya isu pemanasan global dan pentingnya ekonomi biru, karena potensi tumbuhan ini sebagai pereduksi CO₂. Ekosistem lautan meliputi komunitas yang didominasi oleh vegetasi pantai, termasuk alga makro yang dominan pada dasar berbatu, lingkungan estuaria dan terumbu karang, serta tanaman tingkat tinggi yang mendominasi area pasang surut, dan padang lamun yang tumbuh pada dasar pasir dan lumpur dan kadang-kadang pada dasar berbatu yang dijumpai sepanjang daerah pesisir dunia. Walaupun vegetasi tersebut diketahui merupakan suatu yang sangat penting dalam memelihara biodiversitas laut, mereka diabaikan dari penghitungan siklus karbon di lautan. Dengan demikian, ekosistem lamun dapat

dihitung sebagai suatu bagian dari timbunan karbon di lautan.

Para ilmuwan menemukan bahwa hanya satu dari 760 jenis pohon yang penyerbukannya bergantung kepada angin. Karenanya kebanyakan jenis pohon dan tumbuhan lain bergantung pada mahluk seperti burung, serangga, dan kelelawar untuk menyebarkan tepung sari dan biji. Dari hasil penelitian yang dilakukan di Kebun Raya Bogor menunjukkan bahwa setidaknya terdapat 52 marga tumbuhan yang pembungaan dan pembuahannya tergantung pada kelelawar. Sebagai contoh buah durian, kapok pisang, petai, sangat tergantung keberadaan kelelawar dan tanpa ada kelelawar buah-buah tersebut sangat sulit akan terjadi pembuahan. Keberadaan kelelawar pemakan serangga sangat penting sebagai penyeimbang lingkungan dan untuk mengurangi kerusakan lingkungan. Sebagai pemangsa serangga, setiap malam seekor kelelawar pemakan serangga mampu mengkonsumsi seberat badannya atau setara 3000 nyamuk per malam. Keberadaan kelelawar di perkebunan tebu dapat mengurangi penggunaan pestisida dan insektisida untuk pembasmian hama.

Konsorsium bakteri lokal yang diisolasi dan dikembangkan dari perairan Indonesia untuk bioremediasi mampu menjaga kualitas air agar tetap baik. Konsorsium bakteri yang terdiri dari bakteri nitrifikasi yang mampu mendegradasi ammonia menjadi nitrit dan nitrat. Bakteri

denitrifikasi mendegradasi nitrat dan nitrit menjadi gas nitrogen yang akhirnya dilepaskan ke udara. Selain itu, bakteri fotosintetik anoksigenik (bfa) yang mampu mendegradasi senyawa hidrogen sulfida menjadi unsur belerang yang relatif tidak berbahaya, dapat dibungkus dalam kapsul dan dijadikan sumber industri penjernih limbah.

Material Produk

Pengelolaan dan eksploitasi yang tidak memperhatikan kelestarian hutan alam mengakibatkan penurunan kemampuan dalam menyediakan kayu berkualitas untuk kebutuhan bahan baku bagi industri per kayu di Indonesia. Sebagian masyarakat atau industri masih cenderung menggunakan jenis-jenis kayu tertentu, seperti kayu kamper, meranti, jati, merbau, dan mahoni sehingga pemanfaatan jenis kayu yang kurang dikenal masih terbatas. Selain kayu, material untuk konstruksi struktural, non-struktural (papan), sandang, dan militer dapat diperoleh dari serat alam tanaman dan beberapa jenis fauna. Namun, pemanfaatan material nonkayu tersebut masih belum seluruhnya mencapai tahapan komersialisasi. Selama ini serat alam telah dimanfaatkan untuk bahan tekstil, tali, kerajinan, kertas, bahan konstruksi bangunan, komponen otomotif, dan penggunaan lainnya. Pemanfaatan serat alam terutama berasal dari kayu untuk industri biokomposit konvensional, seperti kayu lapis, papan partikel, papan serat telah berkembang di Indonesia, meskipun akhir-akhir ini mengalami penurunan.

Produk-produk biokomposit ini digunakan untuk bahan bangunan, mebel, lantai, panel dinding. Karena semakin langkanya kayu, peluang serat alam, bambu, limbah pertanian dan perkebunan sebagai bahan baku pengganti kayu untuk industri-industri tersebut sangat besar. Sebagai contoh, bionanokomposit yang ringan tetapi kuat untuk material maju (komponen otomotif bahkan badan pesawat terbang) sangat dimungkinkan. Dengan membuat mikrofibril selulosa berukuran nano maka hal ini bukan hal yang tidak mungkin dicapai berdasarkan penelitian yang telah dilakukan.

Sebagai penghasil sandang, serangga Indonesia dari penghasil sutra akan tetap menjadi sumber bahan industri potensial penghasil devisa masa mendatang yang tidak akan henti-hentinya. Ada pula ekolokasi sebagai model radar, sistem pemantauan dan pertahanan militer. Kelelawar pemakan serangga memiliki kemampuan ekolokasi, yaitu kemampuan untuk navigasi dan observasi dengan menggunakan gelombang suara berfrekuensi sangat tinggi atau sangat rendah yang tidak memungkinkan telinga manusia dapat mendengarnya, dan tanpa menggunakan fungsi mata.

Berdasarkan uraian di atas, sangat jelas bahwa Indonesia memiliki *bioresource* yang sangat berpotensi untuk dimanfaatkan bagi kemakmuran dan daya saing bangsa. Permasalahannya adalah cara *bioresource* tersebut dapat dikelola dengan baik agar dapat dimanfaatkan

secara lestari. Panduan bagi tindakan untuk menyelamatkan, mempelajari, dan memanfaatkan kekayaan biotik bumi secara berkelanjutan dan berimbang telah tertuang dalam buku Strategi Keanekaragaman Hayati Global (*Global Biodiversity Strategy*). Beberapa tindakan yang perlu dilakukan oleh Indonesia sebagai negara yang telah meratifikasi *Convention on Biological Diversity* (CBD), antara lain adalah meningkatkan riset dasar dan terapan tentang keanekaragaman hayati, melaksanakan inventarisasi dan pemantauan keanekaragaman hayati nasional dan menghasilkan pengkajian keanekaragaman hayati nasional secara berkala, membuat *data base*, mengembangkan koleksi ilmiah keanekaragaman hayati seperti di Museum Zoologicum Bogoriense, Herbarium Bogoriense dan Indonesian Culture Collection.

Disahkannya Konvensi Keanekaragaman Hayati oleh Pemerintah Indonesia pada tanggal 1 Agustus 1994 melalui Undang-Undang Nomor 5 tahun 1994, maka komitmen untuk memantau keanekaragaman hayati menjadi kewajiban seluruh instansi di berbagai sektor pembangunan, baik pemerintah maupun swasta.

Indonesia yang kaya akan keanekaragaman hayati, sangat disayangkan belum memiliki *Natural History Museum* seperti negara-negara lain yang telah meratifikasi CBD. Fungsi *Natural History Museum* adalah selain sebagai sarana penelitian, juga berfungsi sebagai sarana pendidikan dan sumber informasi bagi masyarakat agar lebih peduli terhadap keanekaragaman

hayati dan lingkungannya serta semakin sadar akan pentingnya keanekaragaman hayati bagi kelangsungan hidup manusia. Meskipun Indonesia belum memiliki *Natural History Museum*, tetapi saat ini telah memiliki koleksi ilmiah spesimen fauna yang disimpan di Bidang Zoologi (Museum Zoologicum Bogoriense), koleksi ilmiah spesimen herbarium yang disimpan di Bidang Botani, dan spesimen mikroba yang disimpan di *Indonesian Culture Collection* (InaCC), Bidang Mikrobiologi-Puslit Biologi-LIPI yang berlokasi di Cibinong. Total koleksi hayati yang disimpan oleh LIPI lebih dari 3 juta. Dari rangkaian kajian keanekaragaman hayati dengan menggunakan spesimen dan dibandingkan dengan kondisi saat penelitian, maka informasi tentang status jenis dapat diperoleh. Pengetahuan status jenis ini sangat berguna dalam menentukan kebijakan pengelolaan jenis yang bersangkutan. Kajian keanekaragaman juga dapat menentukan apakah jenis tertentu merupakan jenis asli Indonesia atau pendatang. Jenis pendatang dalam populasi tinggi dapat mengancam jenis-jenis asli yang sekerabat karena mereka dapat menjadi pesaing dalam pencarian pakan atau merajalela mengganggu keseimbangan ekosistem dan menjadi jenis invasiv. Selain itu, dampak perubahan iklim global juga dapat ditelusuri melalui spesimen koleksi yang ada di museum.

Sebagai sarana untuk meningkatkan pemahaman dan kepedulian tentang pentingnya keanekaragaman hayati, Puslit Biologi-LIPI telah

memiliki museum zoologi dan museum Etnobotani yang berlokasi di Bogor yang kondisinya masih kurang memadai sebagai sarana untuk pendidikan dan sumber informasi bagi masyarakat tentang kekayaan keanekaragaman hayati di Indonesia.

Di dalam keseluruhan usaha konservasi keanekaragaman hayati, prioritas paling utama adalah konservasi di habitat asalnya atau habitat alaminya (konservasi *in-situ*) seperti dalam suaka alam, taman nasional, taman hutan raya, taman wisata, dan taman buru. Meskipun demikian, dalam keadaan tertentu, tatkala habitat telah sedemikian rusak atau populasi telah menurun begitu rendah sehingga sulit untuk menjamin bahwa jenis yang termaksud akan mampu berkembang biak dan bertahan hidup secara alami, maka perlu dilakukan konservasi di luar habitat aslinya (konservasi *ex-situ*), seperti kebun botani/kebun raya, arboretum, dan kebun binatang (taman satwa).

Saat ini Indonesia baru memiliki empat kebun raya yang telah jadi, yaitu Kebun Raya Bogor (mengelola tumbuhan dari dataran rendah basah), Kebun Raya Cibodas (mengelola tumbuhan dataran tinggi basah), Kebun Raya Purwodadi-Pasuruan (mengelola tumbuhan dataran rendah kering), serta Kebun Raya Bali (mengelola tumbuhan dataran tinggi kering). Keempat kebun raya yang ada sekarang baru memiliki kawasan seluas 451,5 ha dan mengkonservasi lebih dari 65.000 spesimen tumbuhan, yang mencakup setidaknya 3.000 jenis tumbuhan asli

Indonesia dan sekitar 20 persen jenis tumbuhan Indonesia terancam kepunahan. Jumlah ini relatif masih sangat sedikit dibandingkan dengan tingginya keanekaragaman tumbuhan Indonesia. Kebun Raya Indonesia telah memberikan kontribusi yang nyata dalam pengembangan 50 jenis tumbuhan asli Indonesia maupun tumbuhan introduksi yang bernilai ekonomi, seperti karet, kina, teh, dan kelapa sawit. Jumlah ini sangat tidak mencukupi apabila dibandingkan dengan luas wilayah, keanekaragaman ekosistem dan ekoregion, serta keanekaragaman biota Indonesia. Keanekaragaman flora dari ekosistem gambut, air tawar, bakau, karst, kerangas, alpin, dan sebagainya yang jumlahnya lebih dari 40 tipe ekosistem ternyata belum banyak terwakili. Melalui pendekatan ekoregion ini wilayah geografis dibedakan berdasarkan karakteristik iklim, tanah, air, ketinggian tempat, flora dan fauna asli, serta pola interaksi manusia dengan alam. Dengan mengacu pada konsep “*terrestrial ekoregion*” dan “*WWF ekoregion*”, maka Indonesia paling tidak memerlukan 47 kebun raya yang merepresentasikan jumlah ekoregion yang ada.

Konservasi *ex-situ* seperti pendirian kebun raya mempunyai kedudukan yang strategis dan menentukan sebagai benteng terakhir dan pendukung utama dalam pelestarian jenis (genetik). Dalam kasus demikian, konservasi *ex-situ* mengemban fungsi dan peran sebagai benteng, bank dan/atau cadangan plasma nutfah (*germplasm*) bagi kepentingan pelestarian *in-situ*, antara lain

melalui pemulihan populasi (*restocking*) ke habitat alaminya.

Sampai saat ini, Indonesia juga belum memiliki *Biological Resource Center*. Meskipun demikian, LIPI telah memiliki koleksi kultur mikroba yang disimpan di *Indonesian Culture Collection* (InaCC). Koleksi Mikroba (*Microbial Collection*) menjadi bagian dari *Biological Resources Center* (BRC) yang mendukung kegiatan bioteknologi. Menurut *Organization for Economic Co-Operation and Development* (OECD), aktivitas sebuah BRC melingkupi pelayanan penyediaan dan penyimpanan sel-sel hidup, genom suatu organisme, dan informasi terkait dengan hereditas dan fungsi-fungsi dalam suatu sistem biologi. InaCC memiliki peran yang sangat penting dalam mencegah hilangnya sumber daya hayati Indonesia melalui konservasi *ex-situ* dan memaksimalkan pemanfaatan sumber daya hayati secara berkelanjutan untuk kegiatan-kegiatan dalam ruang lingkup penelitian dan pengembangan, pendidikan.

Meningkatnya jumlah penelitian yang melibatkan eksplorasi mikroba yang memiliki nilai bioprospeksi akan menyebabkan semakin banyaknya mikroba yang memiliki potensi baru secara komersial dapat ditemukan, dan secara langsung akan meningkatkan kebutuhan terhadap

International Depository Authority (IDA). Untuk memenuhi persyaratan yang ditetapkan di dalam perjanjian Budapest dan supaya mendapatkan pengakuan dari IDA, maka InaCC perlu dikelola memenuhi standar internasional. InaCC sebagai *Microbial Culture Collection* di Indonesia menyediakan tempat dan fasilitas penyimpanan: a) sumber daya hayati/mikroba hasil eksplorasi dan referensi; b) pengaksesan sumber daya hayati/mikroba referensi yang digunakan dalam kegiatan penelitian, akademik dan sektor industri/perekonomian; c) sumber daya hayati/mikroba untuk kepentingan paten; d) kegiatan penelitian eksplorasi sumber daya hayati/mikroba; e) kegiatan pelatihan/training; f) kegiatan penyadartahuan/*public awareness* tentang peran sumber daya hayati/mikroba dan bioprospeksinya.

Indonesia memiliki InaCC sebagai *Microbial Culture Collection* di tingkat nasional, maka Indonesia telah memenuhi sebagian kewajiban sebagai negara yang telah meratifikasi *Convention on Biological Diversity* (CBD) dan juga yang telah menandatangani Protokol Nagoya. Apalagi apabila Indonesia juga akan meratifikasi Protokol Nagoya, maka keberadaan InaCC menjadi sangat penting, agar Indonesia mendapatkan manfaat dari kekayaan keanekaragaman hayati untuk kemakmuran dan daya saing bangsa.

Daftar isi

Kata Pengantar	iii
Rangkuman	ix
Daftar Isi	xix
Bab I Pendahuluan	1
Bab II Status Keanekaragaman Hayati	7
Bab III Potensi dan Pemanfaatan Keanekaragaman Hayati	19
Pangan	
Farmasi	
Energi	
Material	
Potensi Sumber Daya Kelautan	
Jasa Lingkungan dan Kerahanayuan	
Bab IV Pengetahuan Tradisional Keanekaragaman Hayati	177
Bab V Konservasi Keanekaragaman Hayati	189
Bab VI Pentingnya Koleksi Biologi Indonesia	197
Bab VII Langkah ke Depan <i>Bioresources</i> Indonesia	207
Pustaka Acuan	213
Daftar Kontributor	229

Bab I

Pendahuluan

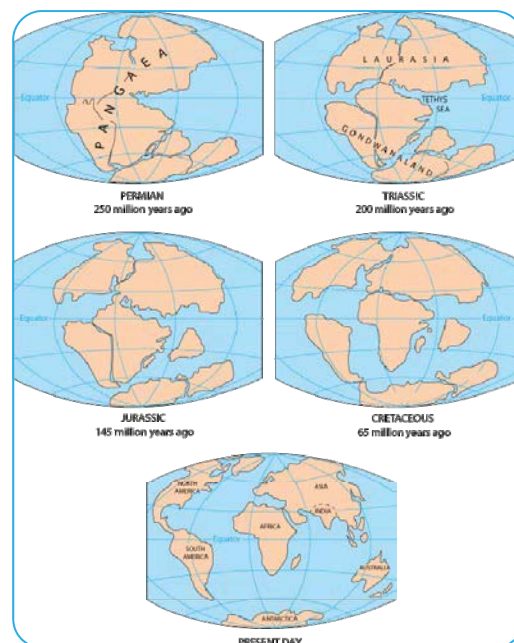


Pendahuluan

Indonesia merupakan negara kepulauan terbesar di dunia yang memiliki tidak kurang dari 17.500 pulau dengan luasan 4.500 km² yang terletak antara daratan Asia dan Australia. Pulau-pulau tersebut tersebar di sepanjang garis khatulistiwa sehingga Indonesia bagian barat memiliki rata-rata curah hujan yang lebih tinggi dibandingkan dengan Indonesia bagian timur. Hal ini membuat Indonesia memiliki keanekaragaman hayati yang tinggi, nomor tiga setelah Brazil dan Kongo. Indonesia memiliki kekayaan jenis yang tinggi, termasuk kekayaan varietas, variasi dan keunikan gen, jenis dari semua organisme dan ekosistem tempat mereka tumbuh. Sehubungan besarnya perbedaan habitat, kekayaan flora dan fauna dan tingginya tingkat endemisitas, menyebabkan Indonesia dikenal sebagai pusat keanekaragaman hayati yang besar.

Indonesia juga memiliki lautan terbesar di dunia, karena itu dikatakan pula bahwa keanekaragaman laut Indonesia paling besar dibandingkan negara lain di dunia. Walaupun Indonesia hanya memiliki 1,3% daratan dunia, namun mengandung lebih dari 17% dari total jumlah jenis di dunia. Paling tidak Indonesia memiliki 11% tumbuhan berbunga, 12% dari mamalia, 15% amfibia dan reptil, 17% burung, 37% ikan di dunia. Tingginya keanekaragaman hayati ini tidak hanya karena terletak di jantung Asia Pasifik yang lembap, tetapi juga karena letaknya di daerah yang beriklim bermusim, daerah hutan hujan dan hutan muson.

Kehidupan satwa liar Indonesia juga dipengaruhi oleh kedua daratan besar Gondwana dan Laurasia. Gondwana merupakan benua raksasa di belahan bumi selatan yang merupakan daratan luas yang terbentuk dari massa daratan benua Antartika, Afrika, Amerika Selatan, Australia, Pulau Irian, Selandia Baru, Kaledonia Baru, India dan Madagaskar. Sementara Benua Laurasia terletak di belahan bumi utara yang merupakan daratan luas yang terbentuk dari massa daratan Benua Asia, Eropa, dan Amerika Utara.



Ilustrasi terjadinya hamparan benua

www.usgs.gov/gip/dynamic/historical.html,

5 November 2012

Secara biogeografi, Kepulauan Indonesia dibagi dalam 2 wilayah, yaitu Indo-Malaya dan Australasia, dan di antaranya terdapat daerah Wallacea. Hal ini sangat jelas pada persebaran hewan, misalnya mamalia berplasenta lebih cenderung seperti jenis-jenis di Asia dalam daerah Indo Malaya, sedangkan mamalia marsupialia sama dengan jenis dari Australia di daerah Australasia. Sementara jenis-jenis unik lainnya berada di daerah transisi, yaitu daerah Wallacea. Apabila ditinjau dari floranya, daerah Malaysia, Indonesia, Filipina, Papua Nugini, Brunei, Singapura termasuk daerah kawasan Malesia. Di Malesia dikenal adanya flora Malesia Barat, Malesia Timur, dan Malesia Selatan. Kawasan Malesia merupakan kawasan terkaya karena mempunyai jumlah keanekaragaman jenis pohon, dan Malesia Barat merupakan pusat keanekaragaman jenis-jenis takson komersial, seperti Dipterocarpaceae yang saat ini mendominasi perdagangan kayu di dunia.

Pembagian biogeografi Indonesia umumnya tergantung dari persebaran organisme dari pulau ke pulau dan dibagi dalam 7 daerah bioregion, yaitu Sumatra dan pulau sekitarnya, Jawa, dan Bali, Kaimantan termasuk Natuna dan Anambas, Sulawesi termasuk Sula, Nusa Tenggara, Maluku, dan Papua termasuk Kepulauan Kei dan Aru.

Kekayaan jenis makin bertambah karena hingga saat ini jenis flora fauna dan mikroba baru masih terus ditemukan. Sebagai contoh, selama kurun waktu 5

tahun peneliti LIPI dengan jumlah dan kondisi penelitian yang terbatas telah menemukan lebih dari 100 jenis flora dan fauna Indonesia. Temuan-temuan baru tersebut akan terungkap lebih cepat jika eksplorasi kawasan yang belum terjamah di Indonesia dipercepat dengan pendanaan tercukupi pula. Tingginya keanekaragaman hayati ini memungkinkan Indonesia memiliki berbagai macam tipe ekosistem yang kompleks, serta berbagai isolasi sebaran berupa danau, laut, maupun gunung.

Mengingat tingginya keanekaragaman hayati, Indonesia terikat dengan lima konvensi yang terkait dengan keanekaragaman hayati. Kelima konvensi tersebut adalah Konvensi Ramsar 1975, Konvensi CITES 1975, Konvensi Keanekaragaman Hayati 1992, Konvensi Perubahan iklim 1992 yang kemudian diperbaharui menjadi Protokol Kyoto 1997, dan Konvensi *Bio-safety (Cartagena Protocol)* 2004. Keterikatan Indonesia terhadap konvensi tersebut mengharuskan pemerintah bersama masyarakat lebih berhati-hati dalam mengelola lingkungan pendukung keanekaragaman hayati. Perlunya kehati-hatian tersebut disebabkan karena Indonesia terkenal sebagai negara yang mempunyai laju keterancaman jenis terhadap bahaya kepunahan sangat tinggi. Kondisi tersebut menyebabkan Indonesia menjadi sorotan dunia dan memasukkannya ke dalam HOT SPOT prioritas tinggi bagi konservasi keanekaragaman hayati.

Banyak jenis tumbuhan dan satwa masuk

dalam kategori terancam kepunahan bahkan beberapa di antaranya telah punah, misalnya harimau loreng Bali yang telah punah sekitar tahun 1960-an atau harimau loreng Jawa yang dinyatakan punah pada awal tahun 1980-an. Seperti diketahui, sampai saat ini Indonesia tercatat sebagai salah satu dari lima negara yang memiliki jumlah jenis tumbuhan yang terancam kepunahan tertinggi di dunia. Penyebab utama kepunahan adalah perburuan dan perdagangan yang tidak terkendali serta kerusakan habitat yang diakibatkan oleh kegiatan manusia. Tanpa tindakan perlindungan, jenis yang telah terancam dapat dipastikan menuju kepunahan dalam waktu yang tidak terlalu lama. Hal ini dapat diartikan bahwa aparat pemerintah pusat di daerah maupun pemerintah daerah beserta masyarakatnya:

- 1) Belum menyadari nilai penting dari setiap jenis hayati, terutama yang hanya terdapat di daerahnya, bagi kelangsungan dan kesejahteraan hidup mereka sendiri sehingga mereka belum, atau tidak, merasa perlu untuk turut serta melindunginya;
- 2) Belum mampu menegakkan hukum bagi berbagai kegiatan yang dapat membahayakan kelestarian jenis maupun kelestarian alam yang diperlukan untuk mendukung kelestarian jenis hayati rawan punah;
- 3) Belum memahami penyebab suatu jenis hayati harus dilindungi perundang-undangan.

Manusia merupakan salah satu jenis hayati yang juga harus mengikuti kaidah-kaidah

hayati, termasuk dalam mengelola lingkungannya. Oleh karena itu, sumber-daya hayati memegang peran yang sangat penting untuk menjamin kelangsungan hidup manusia karena jenis-jenis hayati tersebut, antara lain diperlukan untuk penyedia oksigen, penyedia air, bahan pangan, sandang, papan, energi, obat-obatan, industri tradisional dan modern. Indonesia memiliki berbagai jenis hayati dengan sebaran terbatas dan banyak di antaranya hanya terdapat di Indonesia. Berbagai jenis hayati banyak yang dibutuhkan oleh negara lain sehingga dapat menjadi sumber devisa negara; apalagi jika jenis hayati tersebut bersifat endemik.

Penyusunan buku *Bioresource untuk Pembangunan Ekonomi Hijau* ini bertujuan untuk memaparkan kondisi dan status keanekaragaman hayati Indonesia, potensi dan pemanfaatannya, serta upaya-upaya pelestarian dan pengembangan sumber daya hayati ke depan demi basis pembangunan ekonomi hijau. Adapun sistematika penyusunan buku ini adalah sebagai berikut.

Bab I buku ini memaparkan latar belakang tentang sejarah keanekaragaman hayati, biogeografi kawasan Indonesia. Selama ini, keanekaragaman hayati lebih menarik bagi mereka yang berkecimpung dalam dunia pertanian, kehutanan, dan kelautan terutama dari segi pemanfaatan dan pelestariannya. Jenis-jenis yang sudah ada tidak lagi menjadi perhatian dan akan

mengejutkan setelah terjadi kepunahan jenis tersebut di lokasi habitatnya. Di peta dunia Indonesia dikelompokkan bersama Brazil dan Zaire karena memiliki kawasan hutan tropika yang luas. Di samping itu, sejarah terbentuknya pulau-pulau di Indonesia juga menjadikan penelitian keanekaragaman Indonesia masih sangat diperlukan.

Bab 2 memaparkan tentang status keanekaragaman hayati Indonesia terkini yang meliputi data jenis yang ada di darat dan di laut. Kondisi biogeografi Indonesia dengan banyak garis biologi menjadi salah satu penyebab banyaknya jenis endemik. Dalam buku ini disajikan beberapa contoh, dituangkan pola distribusi jenis, dan kemungkinan potensi pengembangan serta pemanfaatannya.

Ancaman terhadap kekayaan *bioresources* Indonesia dapat diakibatkan dari berbagai hal, antara lain masuknya jenis-jenis asing ke Indonesia, baik yang dimanfaatkan sebagai tanaman hias, hewan peliharaan, maupun secara tidak disengaja sebagai hasil ikutan. Selain itu, perubahan fungsi lahan dan eksploitasi sumber daya hayati menjadi salah satu penyebab utama menurunnya kekayaan sumber daya hayati.

Bab 3 menjelaskan potensi pemanfaatan keanekaragaman hayati Indonesia bagi kehidupan, baik dipakai sebagai bahan pangan dan pertanian, farmasi, material energi, jasa lingkungan, dan kelautan.

Tingginya keranekaragaman *bioresources* Indonesia diuraikan manfaatnya dalam kehidupan manusia. Banyak jenis hayati yang tertuang dalam buku ini belum dimanfaatkan sebelumnya atau digali secara mendalam. Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan oleh LIPI dan hasil kajian peneliti-peneliti lainnya, informasi yang disajikan dalam buku ini merupakan sebagian kekayaan *bioresources* Indonesia yang mempunyai prospek untuk mengatasi masalah sumber pangan, farmasi, material hingga nanomaterial, energi, jasa energi, dan potensi kelautan. Di dalam potensi pangan dan pertanian, dikemukakan jenis umbi-umbian, buah-buahan, sereal, sayur, sumber protein, pupuk, dan biopestisida atau biofungisida yang dapat meningkatkan ketahanan pangan. Di bidang farmasi akan dikemukakan berbagai jenis obat yang telah diteliti, baik yang berasal dari jenis tumbuhan liar, alam, hewan, maupun mikroba. Di samping itu, dijelaskan pula jenis-jenis tumbuhan yang berpotensi untuk kosmetik dan obat suplemen. Di bidang material dijelaskan jenis bahan baku untuk papan, sandang, biokomposit, dan kerajinan. Sementara, dalam bidang energi dipaparkan jenis-jenis tumbuhan yang berpotensi untuk energi.

Jasa lingkungan yang akan diperoleh dalam memanfaatkan keanekaragaman hayati dengan benar juga akan dipaparkan. Di dalam bab ini terlihat sejumlah karbon yang dapat disimpan untuk mengurangi pemanasan global. Peranan satwa dalam

imbal balik untuk menjaga lingkungan dan mendapatkan peningkatan industri buah-buahan berkualitas juga tersirat dalam bab ini. Selanjutnya diberikan contoh teknik pengelolaan perairan untuk meningkatkan produktivitas perairan. Dalam industri kerahayuan dari potensi keanekaragaman hayati perlu dilakukan terobosan melalui upaya pengembangbiakan di luar habitatnya sehingga dapat meningkatkan ekspor. Terakhir, potensi masalah *bioresources* kelautan diuraikan walaupun tidak secara mendalam dan lebih lengkap.

Bab 4 dipaparkan tentang pengetahuan tradisional keanekaragaman hayati dan kearifan lokal masyarakat setempat dalam memanfaatkan keanekaragaman hayati Indonesia. Oleh sebab itu di singgung tentang pengetahuan tradisional dalam memanfaatkan flora, fauna, mikroba dalam kehidupan sehari-hari terutama untuk pengobatan maupun kosmetik tradisional.

Bab 5 memaparkan tentang pentingnya konservasi bagi pelestarian keanekaragaman hayati Indonesia. Perlunya konservasi *ex-situ* dan *in-situ* untuk mempertahankan keanekaragaman hayati yang ada, maupun yang hampir punah dan yang sudah punah. Di dalam bab ini juga disinggung tentang pendayagunaan jasa lingkungan ekosistem seperti digunakan koleksi konservasi *ex situ* maupun *in situ* sebagai daerah ekowisata dan juga untuk memperlihatkan bagaimana penelitian

karbon pada jenis-jenis pohon yang ada di sekitar tersebut. Penelitian terhadap jenis-jenis yang dapat digunakan dalam menghambat erosi ataupun dalam konservasi air sangatlah diperlukan. Oleh karena potensi *bioresources* yang luar biasa maka dipandang perlu untuk segera melakukan upaya konservasi penyelamatan *bioresources* Indonesia sehingga upaya mempertahankan konservasi *in situ* sesuai dengan tipe ekosistem dan pembentukan kawasan konservasi *ex-situ* kebun raya dapat dijadikan alternatif utama penyelamatan, edukasi, pariwisata, dan sumber bibit plasma nutfah masa depan.

Bab 7 menjelaskan pentingnya koleksi pendataan jenis hayati Indonesia. Oleh sebab itu, dipandang perlu dilakukan eksplorasi, penyimpanan spesimen baik hidup maupun mati, untuk masa depan dan sebagai sumber plasma nutfah untuk inovasi berikutnya. Dalam bab ini terlihat kondisi spesimen dan koleksi hidup yang tersimpan saat ini.

Dengan tingginya laju perubahan fungsi lahan, upaya konservasi menjadi sangat krusial. Keterbatasan jumlah kawasan konservasi di Indonesia menyebabkan diperlukan penambahan kawasan konservasi *ex-situ* dalam bentuk kebun raya daerah, untuk melestarikan jenis-jenis tumbuhan yang berasal dari semua tipe ekosistem yang ada di Indonesia. Demikian pula dengan kekayaan mikroba yang ada di Indonesia, juga memerlukan ruang

penyimpanan untuk pelestarian. Kondisi yang sama dengan pendataan kekayaan sumber daya hayati lainnya, masih menunjukkan banyaknya rumpang data di Indonesia yang belum terekam sehingga

perlu melakukan ekspedisi lebih mendalam.

Rangkuman dalam buku ini disajikan tersendiri untuk mempermudah dalam mengambil kebijakan.

Bab II

Status Keanekaragaman Hayati

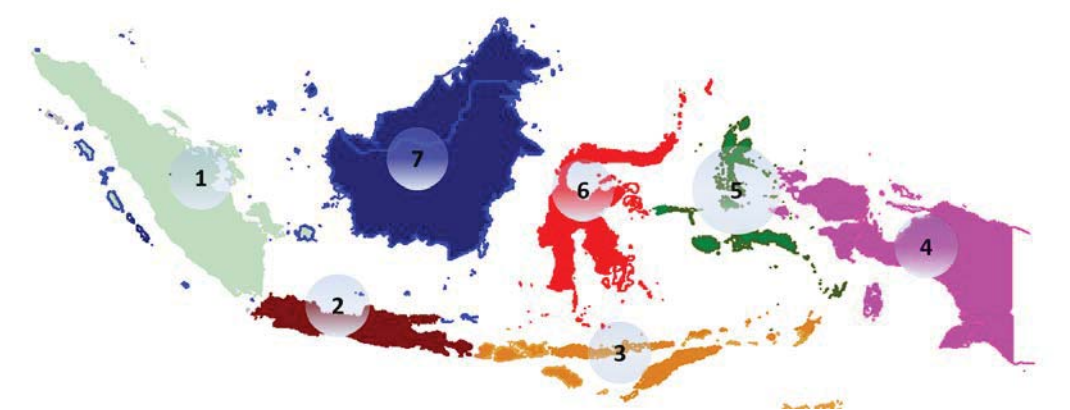




Status Keanekaragaman Hayati Indonesia

Indonesia merupakan negara dengan keanekaragaman hayati yang sangat tinggi sehingga disebut sebagai negara megabiodiversitas. Namun sampai saat ini pengetahuan mengenai besarnya kekayaan sumber daya alam hayati belum memadai untuk mendasari pemanfaatan secara lestari. Pengetahuan kita tentang

kekayaan sumber daya alam hayati masih sangat sedikit. Perkiraan keanekaragaman jenis dunia sekitar 5–30 juta jenis, dan baru sekitar 1,78 juta jenis flora, fauna, serta mikroba yang sudah diberi nama. Sementara di



Gambar Peta Kekayaan Flora dan Fauna Indonesia

No.	Pohon	Lumut Kerak	Lumut Daun	Algae	Lumut Hati	Jamur	Maramius
1	5692	151	12	268	164	472	3
2	6641	444	84	610	497	2131	34
3	490	24	12	205	14	28	2
4	3928	51	6	Tidak ada data	66	482	Tidak ada data
5	2279	58	15	224	16	Tidak ada data	1
6	6796	108	13	202	31	244	2
7	5575	71	4	376	235	374	2

Kekayaan Flora Indonesia (Keterangan Peta)

No.	Mamalia	Burung	Amfibia dan Reptilia	Ikan	Krustacea
1	233	629	354	583	35
2	165	507	211	398	27
3	125	365	134	Data Kurang	19
4	214	671	493	Data Kurang	46
5	96	426	125	Data Kurang	20
6	172	417	154	236	64
7	240	523	386	686	19

Kekayaan Fauna Indonesia (Keterangan Peta)

Sumber: Widjaja dkk., 2011

Indonesia diperkirakan kurang dari 300.000 jenis kekayaan hayati yang sudah diberi nama. Permasalahannya adalah pakar dalam bidang taksonomi dan biosistematika yang mampu mengidentifikasi dan menemukan jenis-jenis baru di Indonesia sangat sedikit, tidak sebanding dengan luas dan jumlah pulau yang ada di Indonesia.

Berdasarkan data yang telah dikumpulkan tentang flora dunia, tidak termasuk perairan laut, diperkirakan di dunia ada 258.650 jenis tumbuhan dan 18.000 jenis

lumut. Dari jenis yang ada di dunia, diperkirakan Indonesia memiliki sekitar 13–15%. Oleh sebab itu, beberapa ahli mengatakan bahwa di Indonesia ada 35.000 jenis namun ada pula yang mengemukakan 40.000 jenis.

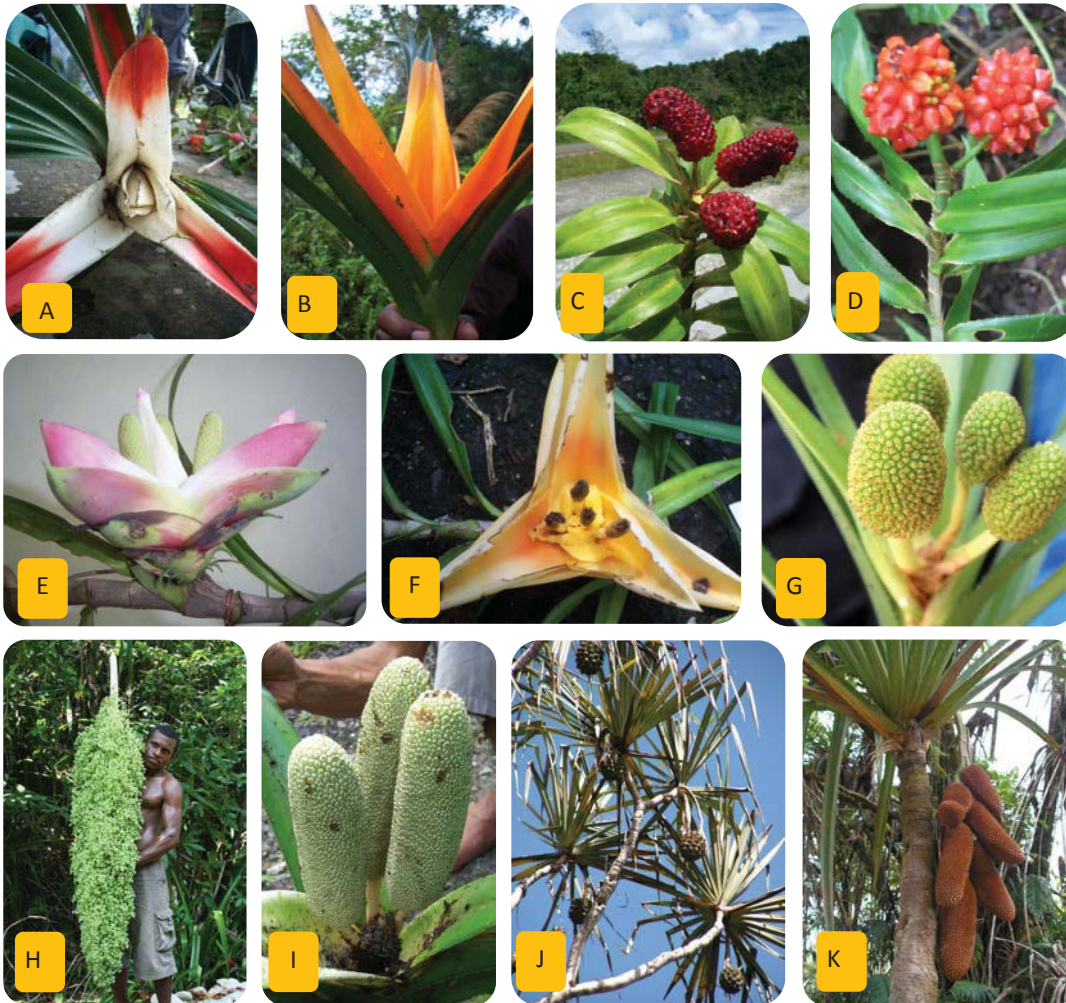
Bambu merupakan kelompok tumbuhan dengan keanekaragaman sangat tinggi dan telah dimanfaatkan oleh masyarakat secara tradisional maupun teknologi tinggi. Dari sejumlah tumbuhan yang ada di Indonesia, beberapa jenis telah dipetakan sesuai dengan habitatnya,



Foto: E.A. Widjaja

Indonesia mempunyai lebih dari 160 jenis bambu. Sebagian jenis tersebut mudah ditemukan di sekitar kita dan sudah dimanfaatkan sebagai bahan industri, seperti papan komposit untuk penahan air, bahan obat, industri sandang maupun papan.

Gambar di atas menunjukkan beberapa di antara bambu yang berpotensi sebagai bahan bangunan. A. *Bambusa blumeana*, B. *Dendrocalamus asper*, C. *Bambusa vulgaris* var. *vulgaris*, D. *Bambusa vulgaris* var. *striata*, E. *Gigantochloa atter*, F. *Gigantochloa apus*, G. *Schizostachyum brachycladum* hijau, H. *Schizostachyum brachycladum* kuning.



A: *F. Marginata*
 B: *Freycinetia* sp.
 C: *F. scandens*
 D: *F. devriesei*
 E: *Freycinetia* sp.
 F: *Freycinetia* sp.
 G: *F. spinifera*
 H: *S. sinuosa*
 I: *P. minahassae*
 J: *P. antaresensis*
 K: *P. sarasinomus*

Foto: AP. Keim

KAWASAN	JUMLAH JENIS		
	<i>Freycinetia</i>	<i>Pandanus</i>	<i>Sararanga</i>
Sumatra	10	ca. 15-20	-
Jawa	6	8-10	-
Kalimantan	10-15	ca20	-
Sulawesi	14	ca. 5-10	-
Nusa Tenggara	4-5	ca. 2-3	-
Maluku	ca. 5-12	ca. 20	-
Papua	95	Ca. 100	1

Jenis pandan-pandan Indonesia. Tidak kurang dari 300 jenis pandan-pandan ada di Indonesia

Pandan dapat menempati kisaran habitat yang luas, mulai dari pantai berpasir dan berbatu karang, muara, rawa bakau (*mangrove*), tepian sungai hingga dataran tinggi dengan ketinggian sekitar 3.500 m dpl. Mereka juga ditemukan di hutan sekunder dan padang rumput (*savana*), bahkan di tanah berpasir yang relatif kering. Beberapa jenis telah dimanfaatkan sebagai sumber pengobatan penyakit aids dan beberapa jenis lainnya potensial sebagai sumber pangan, biokomposit, dll.

seperti gaharu yang potensial sebagai bahan industri parfum dan *Tacca* sebagai penghasil pangan.

Berbeda dengan tumbuhan tinggi, kekayaan Kriptogam Indonesia masih sangat sedikit penggalannya sehingga informasi jumlah jenis, potensi, dan keanekaragamannya perlu eksplorasi lebih lanjut. Kriptogam secara umum terbagi dalam 5 kelompok, yaitu Lichens (lumut kerak), Algae (ganggang), Hepaticae (lumut hati), Musci (lumut sejati), dan jamur. Data Kriptogam hingga saat ini umumnya merupakan koleksi sejak zaman Belanda dan hanya ada sedikit penambahan

setelah masa kemerdekaan yang diperkirakan berjumlah sekitar 7.782 jenis. Di samping itu, data Kriptogam belum terkumpul dengan baik, baik yang berasal dari pustaka maupun dari spesimen. Oleh sebab itu, data yang disampaikan kemungkinan akan berubah dengan cepat apabila inventarisasi rutin dilakukan.

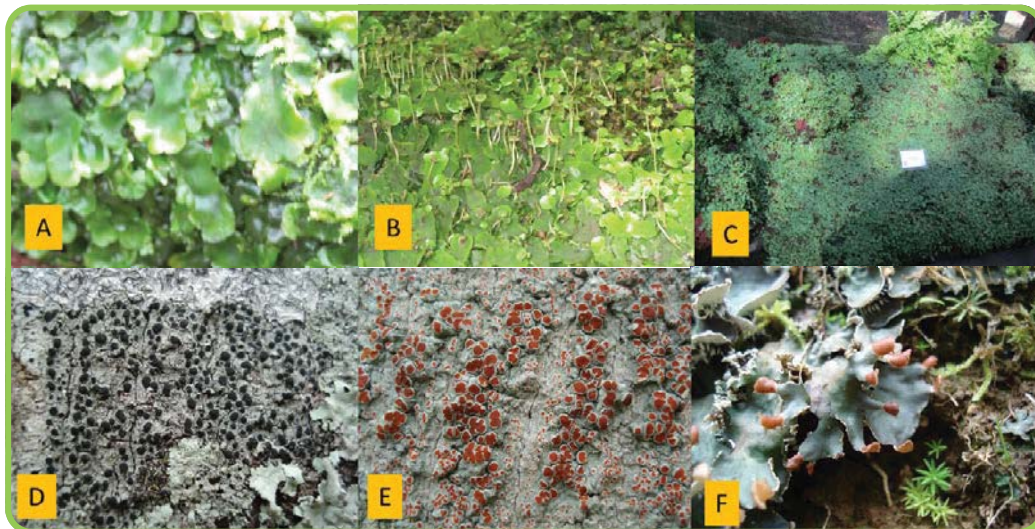
Untuk fauna, Indonesia memiliki paling tidak ada 707 jenis mamalia, 1.602 jenis burung, 350 jenis amfibia, 762 jenis reptilia, 2.184 jenis ikan air tawar dan 3.288 jenis ikan laut. Selain itu, paling tidak ada 1.200 jenis krustasea yang sekitar 270 jenis di antaranya terdapat di air tawar

Peta Sebaran
Pohon
Penghasil
Gaharu di
Indonesia

Sumber: Herbarium Bogoriense

Peta Sebaran
Tacca,
sebagai
penghasil
karbohidrat
kawasan
pesisir
Indonesia

Sumber: Herbarium Bogoriense



Aneka Lumut di Indonesia
 A. *Ectropotecium* sp.
 B. *Symphyogyna* sp.
 C. *Marchantia*
 D. *Boelia* sp.
 E. *Hematoma* sp.
 F. *Peltigera* sp.

Foto: Kebun Raya Cibodas

Hepaticae yang dikenal dengan nama lumut hati, koleksi dari P. Jawa tertinggi (497 jenis), sedangkan jumlah jenis terkecil berasal dari Kepulauan Nusa Tenggara (14 jenis). Kurangnya koleksi di daerah Kepulauan Nusa Tenggara tidak menandakan bahwa daerah tersebut memang mempunyai jenis yang sangat sedikit, namun umumnya disebabkan karena kurangnya koleksi di daerah tersebut.

maupun terestrial. Jumlah jenis avertebrata terestrial lain, seperti moluska, hingga saat ini diperkirakan ada 5.170 jenis, dan yang paling banyak adalah serangga, yaitu 151.847 ordo (15% serangga dunia). Jumlah tersebut belum termasuk cacing Nematoda yang ditemukan di dalam tubuh berbagai jenis mamalia kecil, burung, reptilia, amfibia, dan ikan liar yang baru tercatat 98 jenis dan 67 jenis tungau, sedangkan jumlah jenis mikroba hingga saat ini tidak terhitung jumlahnya baik yang berpotensi ekonomi maupun yang belum diketahui.

Indonesia juga memiliki berbagai jenis hayati endemik yang terdiri atas 201 jenis mamalia, 397 jenis burung, 150 jenis reptilia, 100 jenis amfibia, dan paling

sedikit 14.800 jenis tumbuhan tinggi. Dari sejumlah jenis yang berkategori endemik hanya sebagian yang sudah dilindungi oleh peraturan negara Indonesia sehingga perlu kajian.

Tingginya tingkat endemisitas flora dan fauna terestrial juga disebabkan di Indonesia dijumpai banyak garis pemisah biologi yang tidak dimiliki oleh negara lain. Dari Jumlah jenis yang ada tersebut hanya sebagian kecil yang sudah terdata menjadi dokumen fisik yang tersimpan di Museum Zoologicum Bogoriense-LIPI, Herbarium Bogoriense-LIPI, Indonesian Culture Collection (InaCC-LIPI), dan Kebun Raya Indonesia.

Dari sejumlah kekayaan yang ada, flora fauna dan mikroba asli Indonesia tersebut masih tergolong terlalu sedikit yang dimanfaatkan sebagai bahan industri yang dapat diandalkan untuk dapat menguasai pasar dunia. Beberapa produk yang dapat diandalkan dari flora, fauna, dan mikroba yang ada di Indonesia yang hingga saat ini sudah digunakan untuk industri mempengaruhi pasar dunia. Sebagai contoh,

vaksin polio yang menjadi andalan ekspor Indonesia di bidang kesehatan sangat mengandalkan satwa Indonesia, seperti monyet ekor panjang (*Macaca fascicularis*) sebagai media untuk menghasilkan produk vaksin melalui faetus yang dihasilkannya. Produk lainya, misalnya, kelapa sawit yang awal mulanya bibitnya diperoleh dari kelapa sawit yang ditanam di Kebun Raya Bogor.

Keragaman jenis moluska di Indonesia ada 5.170 jenis. Sebagian dari moluska telah dimanfaatkan sebagai sumber pangan, penyerbuk, indikator lingkungan dan masih banyak yang belum diketahui potensinya

- A. *Coneuplecta bandongensis*,
- B. *Cyclophorus rafflesi rafflesi*,
- C. *Dyakia rumphii*,
- D. *Pupina junghuhni*



Foto: Heryanto

Keragaman jenis amfibia, di Indonesia ada 350 jenis. Beberapa jenis memiliki bioaktif potensial yang dikembangkan namun masih banyak yang belum tergali, kecuali sebagai indikator lingkungan

- A. *Duttaphrynus melanostictus*,
- B. *Rhacophorus reinwardtii*,
- C. *Rhacophorus margaritifer*,
- D. *Megophrys montana*



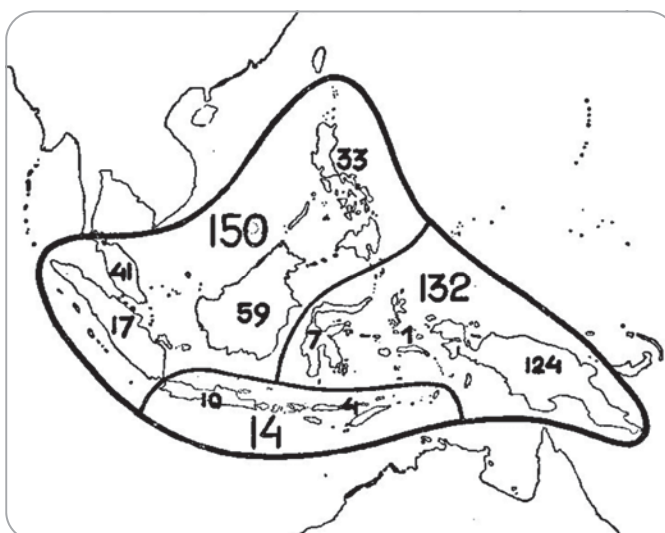
Foto: A. Riyanto

Foto: I. Maryanto

Ukuran dan bobot mamalia daratan Indonesia sangat bervariasi mulai yang memiliki berat 3 gram, seperti kelelawar pemakan serangga dan baging terbang yang beratnya mampu mencapai 2,5 kg, sampai gajah yang seberat 3 ton.

Dari sejumlah mamalia di Indonesia, kelelawar mempunyai jumlah jenisnya paling banyak, yaitu 228 jenis, disusul dengan tikus sebanyak 172 jenis.

Kelelawar sangat penting bagi kehidupan kita karena setiap individu kelelawar setiap malam mampu membasmi hama atau nyamuk lebih dari 3.000 individu, sedangkan kelelawar penyerbuk menjadi tumpuan terjadinya pembuahan buah-buahan tropika. Pohon durian, pisang, kapok, petai akan berbuah jika dibantu penyerbukannya oleh kelelawar.



Jumlah marga
endemik
tumbuhan
berbunga di
berbagai pulau
dan kepulauan
di kawasan
Malesia Barat,
Timur dan
Selatan dan garis
Wallacea

Garis biogeografi kelelawar dan tikus yang menyebabkan keanekaragaman dan endemisitas jenis di Indonesia sangat tinggi

— Tikus
 - - - Kelelawar pemakan buah
 - - - Kelelawar pemakan serangga

Sumber: Maryanto & Higashi, 2011

Keanekaragaman kuda laut. Pentingnya kuda laut sebagai obat telah mendorong menurunnya populasi kuda laut.

- A). *Hippocampus barbouri*,
- B). *H. comes*,
- C). *H. hystrix*,
- D). *H. kuda*,
- E). *H. kelloggi*,
- F). *H. trimaculatus*,
- G). *H. spinosissimus*, dan
- H). *H. bargibanti*

Foto: AH. Tjakrawidjaja

Crambionella sp.
 dari perairan Cilacap dan Jetis.

Foto: Mulyadi

Foto: Mulyadi

Indonesia merupakan pusat sebaran ubur-ubur konsumsi dan paling tidak, ada 10 jenis ubur-ubur konsumsi tersebar di perairan laut. Keberadaan ubur-ubur ini semakin memprihatinkan atau kalah dari Vietnam yang mampu memanen ubur-ubur sebanyak 800.000–1.200.000 individu/tahun. Data tentang target jenis, *fishing grounds*, dan volume produksi mulai menurun drastis. Data pada tahun 1988 di Jawa terdapat 49 perikanan ubur-ubur, namun tahun 2001 tinggal 9 lokasi, dan 4 lokasi pada tahun 2010. Saat ini, Cilacap merupakan satu-satunya lokasi perikanan ubur-ubur yang masih tersisa. Data volume produksi *edible jellyfish* Indonesia pada 2009 adalah 2.072 ton, dan 1.527 ton pada 2010 atau mengalami penurunan 26,3%. Penurunan produksi ini diduga disebabkan oleh berkurangnya *fishing grounds*, *over fishing*, perairan laut tercemar atau *fully-exploited*.

Bahaya Ancaman Sumber Daya Hayati Indonesia Akibat Invasive Alien Species

Ancaman terhadap *bioresources* Indonesia tidak hanya akibat dari alih fungsi lahan, kebakaran, pencurian, dan sebagainya, tetapi juga dapat disebabkan karena masuknya jenis hayati asing ke Indonesia. Dijumpai bahaya yang tidak diperhitungkan bagi pengambil kebijakan, yaitu keberadaan dari *invasive species* (jenis invasif).

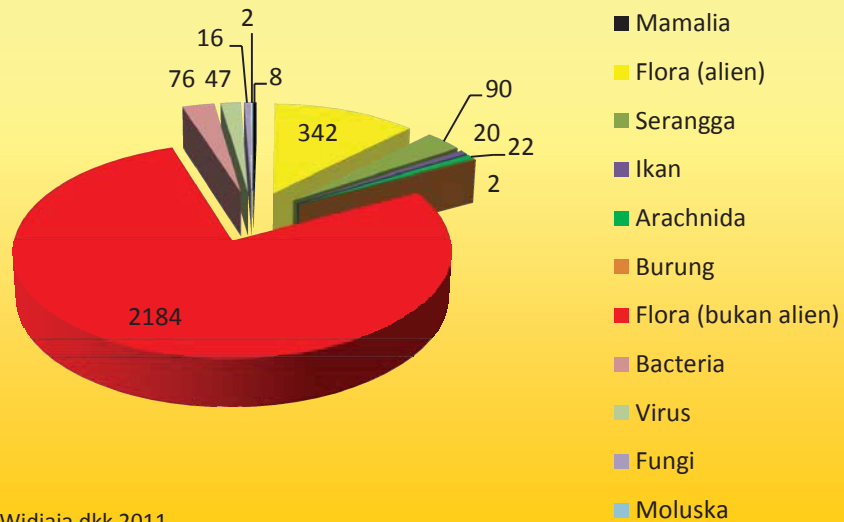
Jenis invasif merupakan salah satu bahaya yang mengancam kehancuran sumber daya *bioresources* Indonesia. Flora dan fauna yang bersifat invasif umumnya masuk ke bumi Indonesia dengan sengaja

atau tidak dari luar negeri, atau dari area yang bukan habitatnya.

Sebagai contoh keberadaan enceng gondok awal mulanya digunakan sebagai tumbuhan hias. Namun pada kenyataannya tumbuhan perairan ini telah mengganggu ekosistem perairan air tawar Indonesia, beberapa flora dan fauna asli tidak dapat bersaing hidup berdampingan dengan dominasi enceng gondok. Kondisi yang sama terjadi terhadap keberadaan tumbuhan akasia (*Acacia nilotica*) yang berada di Taman Nasional Baluran, Jawa Timur yang pada awalnya digunakan untuk mencegah kebakaran secara perlahan telah mendominasi sehingga keberadaan banteng (*Bos sondaicus*) di taman nasional tersebut populasinya menurun karena kesulitan dalam mencari pakan. Contoh

Gambar

Jumlah jenis invasif yang ada di Indonesia



Sumber: Widjaja dkk 2011



Tumbuhan invasif di Indonesia keberadaannya sangat mengkhawatirkan. Beberapa jenis tumbuhan invasif seperti *Acacia nilotica* telah menghancurkan Taman Nasional Baluran, bahkan kondisi sekarang keberadaan tumbuhan ini telah menyebar ke Taman Nasional Bali Barat.

- A. *Barlethina sordida*,
- B. *Cestrum aurantiacum*
- C. *Cobaeae scandens*

Foto: Sunarjo

lain tumbuhan *Merremia peltata* (mantangan) yang menyerang kawasan Taman Nasional Bukit Barisan Selatan, Sumatra, tumbuhan invasif ini telah mengubah jalur gajah menyebabkan gajah terjebak oleh tumbuhan invasif.

Berdasarkan informasi dari berbagai sumber pustaka dan hasil diskusi kelompok IAS (*Invasive Alien Species*), di Indonesia diketahui ada 2.809 jenis invasif, yaitu mulai dari jamur, bakteri, virus, ikan, Arachnida, burung, mamalia, insekta dan moluska, serta tumbuhan. Pada gambar dapat dilihat jumlah jenis invasif terkecil

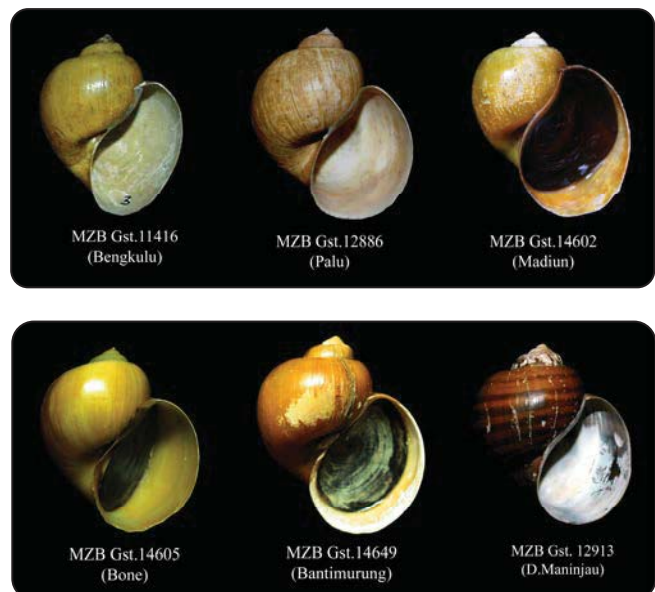
ada pada burung (2 jenis) dan moluska (2 jenis). Jumlah jenis invasif terbesar adalah tumbuhan, yaitu sebanyak 2.184 jenis. Jenis-jenis ini masuk ke Indonesia sebagai tanaman hias, pakan ternak, penutup lahan atau hasil ikutan impor benda lain yang kemudian secara tidak diketahui dan sengaja tumbuh meliar.

Invasive species tidak hanya jenis hayati yang datang dari luar masuk ke dalam negara Indonesia. *Invasive jenis* dapat berasal dari kawasan Indonesia sendiri, sebagai contoh Rusa timor (*Cervus timorensis*) dan Monyet kra (*Macaca fascicularis*) yang ada di Papua merupakan dua jenis dari Kelas Mamalia bukan asli Papua atau sebagai pendatang dengan kondisi saat ini telah menjadi hama di kawasan pulau tersebut. Kedua jenis mamalia tersebut di Papua perlu segera dikurangi atau diambil karena telah menjadi pesaing hewan asli Papua. Monyet kra menjadi musuh semua burung di Papua, sedangkan Rusa timor menjadi

pesaing Walabi tanah (*Macropus agilis*) dalam mencari pakan.

Fauna invasif yang sangat merisaukan karena penyebarannya sudah menyeluruh di kawasan Indonesia adalah keong emas. Keong emas (*Pomacea* spp.) dikenal di Indonesia sebagai hama pada tanaman padi. Hewan ini berasal dari Amerika Selatan dan diperkirakan masuk ke Indonesia sekitar awal tahun 1980-an. Saat ini, keong emas telah menyebar dan terdapat di semua pulau-pulau besar di Indonesia. Kelimpahannya di alam dapat menyebabkan

Variasi moluska invasif dari cangkang *Pomacea canaliculata*



Siput invasif *Deroceras laeve*



Foto: NR. Isnaningsih

banyak kerugian dalam produksi pertanian. Jenis siput *Deoceras laeve* berasal dari Amerika Utara. *Deoceras laeve* memakan bagian tumbuhan yang berada di atas dan di bawah permukaan tanah. Pada jagung, hewan ini merusak bagian hipokotil, kotiledon, dan daun

pertama, sedangkan pada sereal yang dirusak adalah bagian embrio dan endosperm. Tanaman lain yang diserang, di antaranya adalah kubis, pok-coy, kacang-kacangan, tomat, stroberi, dan bunga matahari.

Bab III

Potensi dan Pemanfaatan Keanekaragaman Hayati



Pangan

Kebutuhan pangan akan menjadi problem seiring dengan peningkatan penduduk dan konsumsi perkapita di Indonesia. Untuk mencukupi kebutuhan pangan tampaknya Indonesia tidak dapat hanya tergantung kepada makanan konvensional. Indonesia perlu mengembangkan dan mengerahkan kekayaan sumber daya hayati yang sudah dimanfaatkan maupun yang belum banyak tergarap. Kekayaan sumber daya hayati berikut keanekaragaman genetiknya merupakan aset yang tidak ternilai. Setelah melalui upaya pemuliaan, persilangan dan mutasi alami secara terus-menerus selama ribuan tahun, kekayaan sumber daya hayati merupakan sumber yang telah menjadikan tanaman produksi padi, jagung, kedelai, sayuran, buah-buahan, bunga-bunga, dan sebagainya, dapat kita nikmati seperti sekarang ini. Penggabungan sifat-sifat “baik” melalui pemuliaan menjadikan tanaman baru yang bernilai ekonomi tinggi terus dapat diproduksi. Sifat-sifat baik tersebut tersebar dalam plasma nutfah yang sangat bervariasi dan memiliki peranan sebagai pustaka gen yang dapat kita jadikan aset untuk pengembangan tanaman-tanaman unggul yang pada akhirnya akan meningkatkan taraf hidup manusia. Di samping itu, domestikasi akan menyebabkan terjadinya seleksi alam terhadap jenis-jenis yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber pangan.

Kondisi yang sama juga dalam mencukupi kebutuhan pangan hewani, upaya-upaya pemuliaan dan domestikasi satwa Indonesia berbasis biogeografi sangat perlu dan

harus segera dilakukan. Prioritas tahap pelaksanaannya selanjutnya perlu segera disusun, mengingat pencarian sumber bibit unggul dari keanekaragaman satwa di sektor peternakan membutuhkan waktu yang panjang.

Revitalisasi Aren (*Arenga pinnata*) untuk Kemandirian Gula Nasional

Kebutuhan pasar gula pasir nasional sangat besar (3,44 juta ton/tahun), sedang yang mampu disediakan industri nasional hanya 2,31 juta ton/tahun. Akibatnya setiap tahun mengimpor gula pasir sebesar 252.368 ton, dan 108.889 ton di antaranya adalah gula pasir mentah. Dewan Gula Indonesia bahkan mengusulkan untuk menaikkan impor gula pasir mentah untuk tahun 2012 menjadi 240.000 ton.

Untuk mengurangi ketergantungan gula pasir impor, gula aren dapat dimanfaatkan sebagai bahan pemanis alternatif. Luas lahan kebun aren di Indonesia sampai dengan 2007 sekitar 70.000 hektare. Perkebunan aren terluas terdapat di Provinsi Kalimantan Timur (17.794 ha.), Kalimantan Tengah (17.000 ha.), dan Jawa Barat (13.878 ha). Apabila dikembangkan gula aren diyakini sangat berpotensi mengisi kekurangan pasokan gula pasir di atas.

Revitalisasi aren sangat penting bagi ekonomi kerakyatan karena dari satu bunga jantan yang disadap selama 3 bulan akan menghasilkan gula aren sebanyak

360 kg/3 bulan/perbungaan. Harga jual normal gula aren adalah Rp8000/kg. Dengan demikian, total akan diperoleh hasil Rp2.880.000/3 bulan/perbungaan atau setara dengan hampir Rp1.000.000/bulan/perbungaan. Untuk setiap pohon dapat diperoleh pembungaan 1–3 pembungaan sehingga rata-rata akan diperoleh 720 kg gula/3 bulan/pembungaan/pohon atau petani memperoleh pendapatan Rp2.000.000/pohon/bulan. Pendapatan petani akan jauh berlipat jika hasil sampingan pemanenan berupa ijuk dapat dipasarkan. Ijuk dengan kualitas baik dapat diekspor ke Korea Selatan dan India dengan harga jual Rp13.000/kg. Sementara kulit luar batang sangat keras dan awet sehingga berpotensi sebagai bahan atap rumah (semacam sirap) untuk mendukung industri perumahan. Hasil sampingan lain pohon aren adalah buah kolang-kaling. Selain itu, jamur yang hidup dari hasil

limbah pengolahan kolang-kaling dapat dimakan seperti yang dijumpai di Desa Sidamulih, Kabupaten Ciamis.

Ditemukan dua variasi morfologi yang menguntungkan terkait penyadapan nira.

Variasi Morfologi 1

- Perbungaan jantan yang terletak di paling atas batang adalah normal, ditemukan pada pembungaan yang terlebih dahulu pada bagian bawah tandan.
- Perbungaan jantan yang berada pada ketiak daun adalah abnormal.
- Fenomena penyimpangan dalam urutan *anthesis* perbungaan jantan berkaitan dengan kondisi tak berbatang (kemungkinan terkait meristem batang) yang timbul sebagai dampak penyerbukan sendiri.

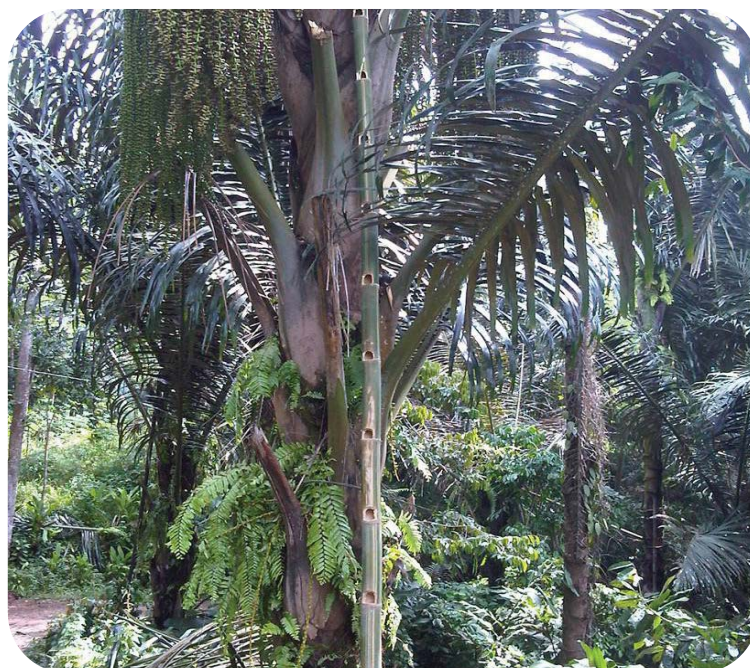


Foto: A.P. Keim

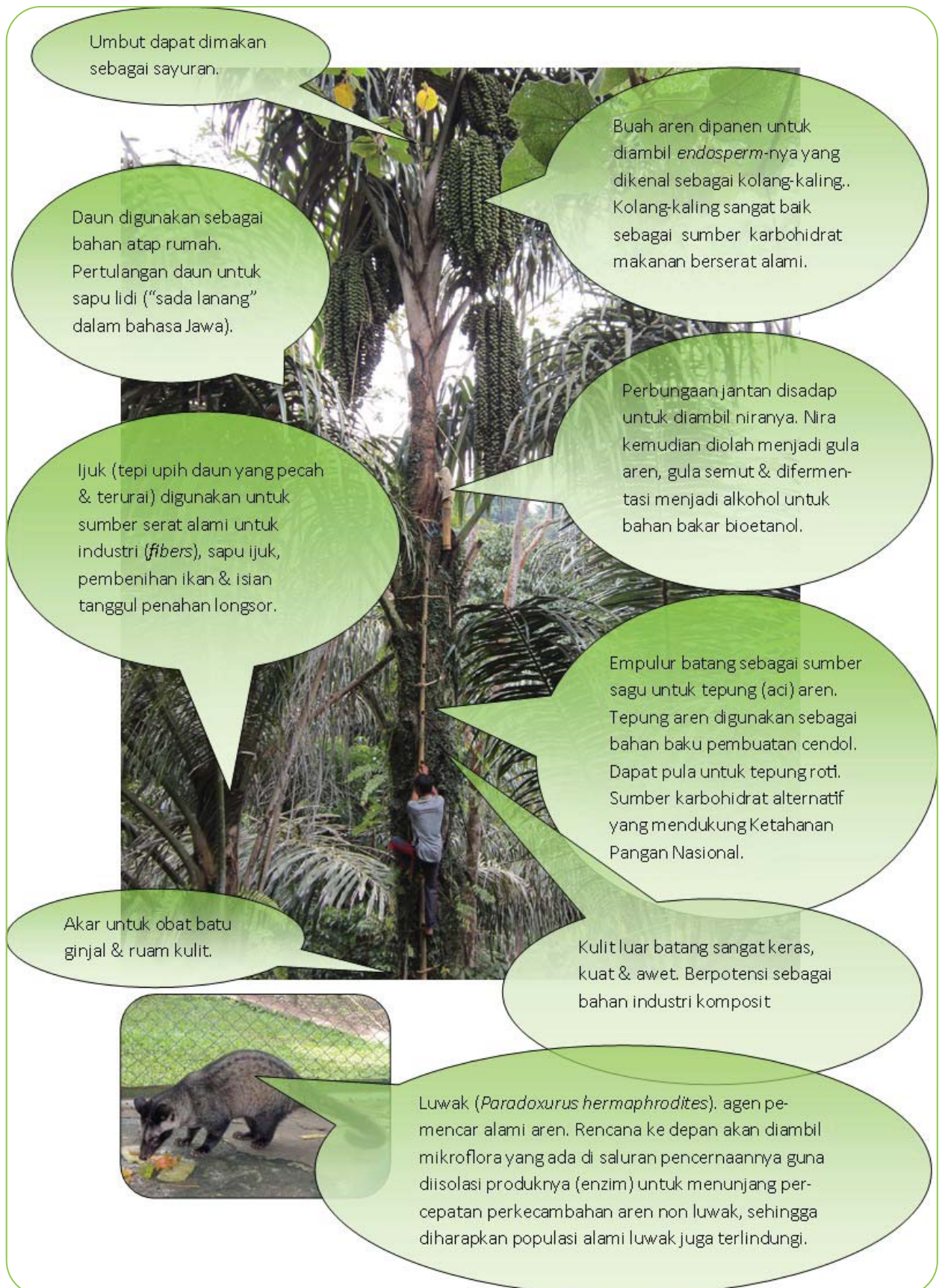


Foto: A.P. Keim

Variasi Morfologi 2

- Di Kampung Nanggewer, Kabupaten Tasikmalaya ditemukan 3 individu dengan percabangan batang. Diduga telah terjadi gangguan di meristem pucuk (*apical meristem*) oleh aktivitas luwak. Kerusakan meristem pucuk ini dapat berujung pada kacaunya dominansi pucuk (*apical dominance*) yang membuatnya dapat memiliki lebih dari satu percabangan.
- Kehadiran lebih dari satu individu menguatkan dugaan bahwa telah terjadi mutasi dan bersifat menetap. Setiap cabang berpotensi menghasilkan perbungaan.

Hingga saat ini untuk mengembangkan tumbuhan aren masih terkendala pada permasalahan-permasalahan kecil sebagaimana berikut.

- Pertumbuhan dan persebaran tanaman aren secara alami masih bergantung luwak (*Paradoxorus hermaphrodites*).
- Perkecambahan biji aren lama, sangat bervariasi dari 1 sampai 12 bulan (permasalahan dormansi biji).
- Waktu yang diperlukan dari *eophyll* sampai perbungaan jantan siap disadap cukup lama, yaitu 10 hingga 15 tahun.
- Tanaman aren yang baik disadap umumnya sangat tinggi, yaitu 15 hingga 20 m.

Untuk mengatasi permasalahan tersebut dapat dilakukan dengan teknologi sederhana seperti berikut.

- Waktu perkecambahan biji dapat dipersingkat menjadi paling lama 3

bulan dengan memanfaatkan bioaktif yang terkandung dalam saluran pencernaan satwa mamalia luwak. Dengan demikian, ketergantungan keberhasilan perkecambahan pada luwak dapat dikurangi. Oleh sebab itu, kajian bioaktif luwak perlu dilakukan untuk dikembangkan secara masal.

- Melakukan perkecambahan biji dalam jumlah banyak untuk mendapatkan bibit dalam jumlah yang dibutuhkan dari biji-biji yang berkecambah lebih awal.
- Teknologi kultur jaringan untuk memperbanyak masal pohon aren unggul yang pendek, genjah, dan tinggi produksinya.
- Melakukan diseminasi tentang areal tanam yang ideal, yakni dalam areal seluas 10 x 10 m ditanami 5 pohon aren atau dengan jarak 4 x 5 m.

Padi Gogo Unggul

Dalam upaya menunjang ketahanan pangan dan meningkatkan produktivitas padi nasional, peran padi gogo tidak kalah pentingnya dibandingkan dengan padi sawah. Penggunaan varietas unggul dan teknik budi daya yang intensif akan dapat meningkatkan produktivitas tanaman secara nyata. Apabila terjadi kenaikan produksi 1 ton/ha dari rata-rata produktivitas padi gogo saat ini, maka diharapkan nilai selisih produktivitas tersebut dapat memenuhi kebutuhan pangan nasional.

Ekstensifikasi lahan dapat memanfaatkan lahan kering untuk padi gogo. Lahan kering yang mencapai 5,1 juta ha dan belum dimanfaatkan optimal, merupakan alter-

natif lahan untuk produksi padi masa depan. Padi yang tepat untuk diaplikasikan di lahan yang demikian ialah padi gogo. Luas pertanaman padi gogo di Indonesia baru mencapai 1,0–1,2 juta ha dengan tingkat produksi 2,3–2,5 ton/ha atau setara dengan 50% produktivitas padi sawah. Padi gogo dapat ditanam secara monokultur atau tumpang sari dengan tanaman lain.

Lahan di luar Jawa untuk pertanian padi gogo sering kali terkendali, di antaranya kesuburan lahan rendah, kekeringan, dan penyakit blas. Jenis tanah di lokasi tersebut umumnya podzolik merah kuning (PMK) yang bersifat asam. Di Indonesia luas tanah jenis ini mencapai 45,79 juta ha (24,3%) dari daratan Indonesia. Tanah masam (pH rendah), dapat diakibatkan

oleh tingginya konsentrasi aluminium yang mencapai tingkat beracun. Kelarutan aluminium (Al) dalam tanah merupakan faktor penting yang membatasi pertumbuhan tanaman di lahan masam dan dapat menurunkan hasil antara 25–85%. Kekeringan yang terjadi ketika pertumbuhan anakan maksimum hingga periode pembungaan dapat menurunkan hasil, akibat fertilitas gabah rendah dan pengisian bulir terhambat. Selain kemasaman tanah, cekaman biotik berupa serangan blas sebagai masalah utama di pertanian padi gogo. Penyakit ini disebabkan oleh cendawan *Pyricularia oryzae* dan menyerang pada fase vegetatif hingga generatif sehingga menyebabkan gagal panen. Cendawan ini memiliki tingkat virulensi yang berbeda dan bersifat dinamis sehingga cepat mematahkan ketahanan



Permasalahan utama di lahan gogo:
(1) serangan blas daun,
(2) serangan blas leher malai, dan
3. Kekeringan saat fase generatif
Pembasmian hama dengan kontrol biologi dapat dilakukan dengan biaya murah.

Foto: E.S. Mulyaningsih

Keragaman padi gogo varietas lokal dan varietas nasional yang diamati secara fenotipik terhadap bentuk dan warna gabah serta bentuk dan warna beras. (1) Asal Jabar dan Lampung (2) Asal Banten



Foto:E.S. Mulyaningsih

(1) Hamparan lahan podzolik merah kuning di Lampung (2) Uji toleransi Al di lahan bercekaman



Kegiatan uji multi lokasi padi gogo (1) Cikelet Kab. Garut; (2) Ciampea Kab. Bogor

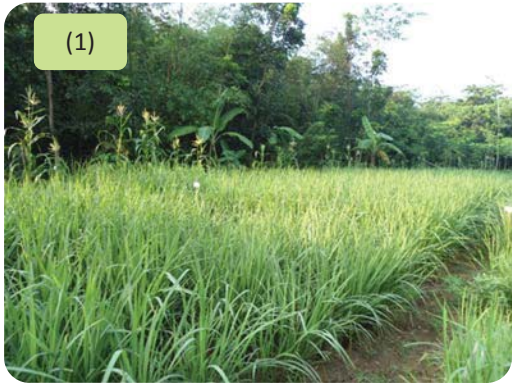


Foto:ES. Mulyaningsih

varietas. Sekitar 40 gen ketahanan untuk blas telah diidentifikasi melalui studi genetik dan lima gen di antaranya telah diisolasi.

Penggunaan varietas toleran aluminium dan tahan penyakit blas adalah cara yang paling bijaksana untuk diaplikasikan di lahan dengan permasalahan tersebut. Tanaman unggul dapat diperoleh melalui persilangan dan kemudian diseleksi menggunakan marka genetik yang dilakukan secara molekuler. Seleksi ini memiliki beberapa keuntungan, antara lain dapat dilakukan lebih dini, deteksi dengan marka tidak dipengaruhi lingkungan sehingga dapat diperoleh galur unggul baru lebih cepat. Aplikasinya dapat dilakukan untuk

seleksi pada populasi hasil silangan (*marker assisted selection*=MAS) atau populasi hasil silang balik (*marker assisted backcrossing* = MAB) pada populasi silang balik.

Tareang Sereal Unggul Asal Sulawesi Barat

Tareang (*Setaria italica*) merupakan sumber pangan potensial untuk dikembangkan pengganti gandum di masa depan. Jenis ini di Jawa lebih dikenal dengan jewawut sehingga dapat dikatakan bahwa tareang merupakan jewawut unggul. Jewawut di Pulau Jawa umumnya digunakan sebagai pakan burung, sedangkan tareang di sebagian masyarakat Sulawesi Barat menjadi sumber pangan selingan, terutama digunakan pada hajatan keluarga.

Tareang di Sulawesi Barat paling tidak ada ada 3 varietas, yaitu hitam, kuning, dan merah. Keunggulan tareang dibanding jewawut yang ada di Pulau Jawa pada umumnya terletak pada jumlah butiran untuk setiap malai sangat padat. Tareang layak menjadi tepung pengganti tepung beras dan gandum karena mudah ditanam,



Foto: I. Maryanto

Kumpulan Tareang hasil panen masyarakat Sulawesi Barat dan siap digunakan sebagai pangan selingan pada acara hajatan keluarga

terutama di daerah lahan marginal, seperti kawasan batu gamping, dan lain-lain.

Pengembangan Padi Tahan Terhadap Aneka Macam Cekaman

Indonesia merupakan salah satu pusat keanekaragaman padi. Keanekaragaman genetika padi ini adalah aset yang sangat penting untuk pengembangan padi unggul. Padi memiliki mekanisme ketahanan terhadap berbagai cekaman biotik (serangan jamur, serangga, maupun virus).

	Berat Kering	Abu	Protein	Lemak	Serat Kasar	Energi
	%	%	%	%	%	Kal/g
Tareang Merah	90,49	2,04	14,03	5,49	2,01	4440
Tareang Kuning	90,46	1,74	10,68	3,12	1,23	4267

Analisis nilai kandungan gizi Tareang Merah dan Tareang Kuning, jauh melebihi kandungan sereal lainnya.

Sumber: analisis proksimat W.R. Farida & I. Maryanto

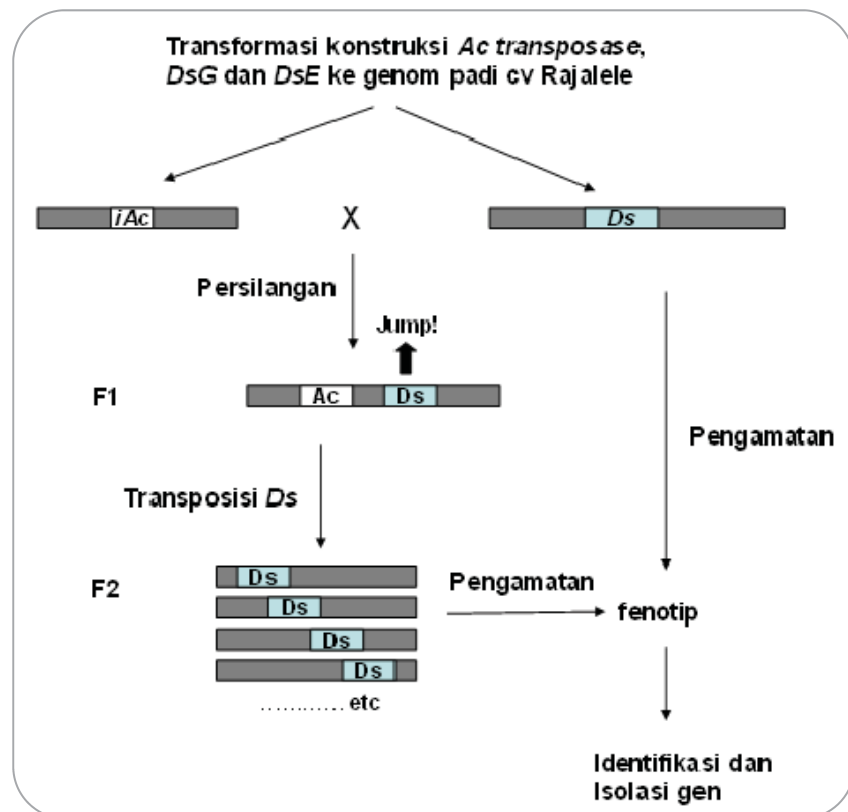
Selain itu, padi juga memiliki mekanisme toleransi terhadap cekaman-cekaman abiotik, seperti kekeringan, salinitas tinggi, toksisitas Al maupun Fe, dan defisiensi P.

Sebagai tanaman model, padi adalah tanaman sereal dengan kromosom paling sederhana di antara sereal lainnya. Kromosom padi bersifat diploid, dengan jumlah kromosom hanya 12 dan ukuran kromosom padi hanya 430 Mb, juga merupakan yang terkecil.

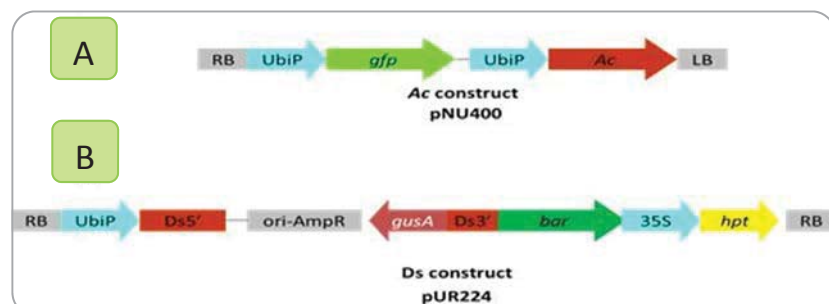
Pemanfaatan gen-gen padi (*Oryza sativa*), terutama yang terkait dengan sifat ketahanan terhadap kekeringan sangat penting dilakukan. Pemanfaatan gen dapat dilakukan melalui pendekatan mutasi insersi, memanfaatkan elemen loncat (*jumping element*) transposon *Ac/Ds* dengan fungsi *activation tagging* maupun *gene-trap*.

Pendekatan ini memanfaatkan *DNA insert* (sisipan) yang membawa potongan *activation-tag* dan *gene-trap* disisipkan secara

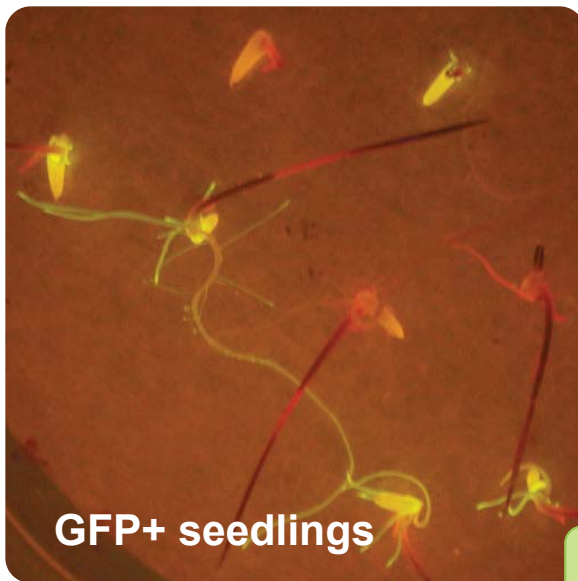
Strategi mutasi insersi genom padi. Insersi oleh transposon *Ds* pembawa melalui transformasi T-DNA dengan perantara *Agrobacterium*, dilanjutkan dengan insersi transposon *Ds* secara random pada generasi F2 setelah penyilangan dengan tanaman yang mengandung *Ac transposase*. Persegipanjang abu-abu menggambarkan potongan DNA di genom tempat insersi transposon terjadi. Setelah mendapatkan mutan dengan fenotip menarik seperti respons terhadap cekaman kekeringan, identifikasi gen akan dilanjutkan dengan isolasi gen. Selanjutnya gen yang telah diisolasi akan divalidasi fungsinya dan strategi untuk aplikasinya akan dilakukan.



Salah satu konstruksi plasmid yang digunakan dan metode skrining yang dilakukan. A. Plasmid pembawa transposon *Ac*. Menggunakan gen reporter *GFP* untuk menyeleksi keberadaannya di genom padi.



Sumber: S.F. Munawar



B



Foto: S.F. Munawar dkk.

Plasmid pembawa transposon *Ds*. Gen *hpt* digunakan untuk menyeleksi integrasinya di genom. Memiliki *origin of replication* (ori) dari *Eschericia coli* dan gen ketahanan terhadap ampicilin (AmpR) untuk plasmid *rescue*. Gen *gusA* di dalam transposon *Ds* adalah elemen *gene-trap*. (Dr. Narayana Upadhyaya, CSIRO). C. Metode skrining memanfaatkan marka molekuler. Marka molekuler dimanfaatkan untuk mempermudah skrining atas tanaman-tanaman yang diinginkan. Gambar menunjukkan tanaman mengekspresikan gen reporter *GFP* (kiri), seleksi higromisin (tengah) dengan lingkaran merah menunjukkan sel mengalami nekrosis yang berarti tanaman tidak membawa marka gen *hpt*, dan daun yang mengalami nekrosis setelah diperlakukan dengan basta yang menunjukkan tidak adanya marka molekuler gen *bar* (ketahanan terhadap herbisida basta).

acak (*random*) ke dalam genom padi melalui transformasi dengan perantara *Agrobacterium*. Mutasi insersi tersebut mengakibatkan gen-gen di sekitar daerah sisipan teroverekspresi (*activation-tag*) sehingga muncul fenotipe baru, atau pola ekspresinya terdeteksi (*gene-trap*) sehing-

ga fungsinya dapat diprediksi. Transposon *Ac/Ds* dimanfaatkan untuk mempermudah memperbanyak mutasi acak sehingga mutasi insersi yang independen dapat dikembangkan secara lebih cepat. Keberadaan *Ac* (penghasil enzim *Ac transposase*) akan mengaktifkan *Ds* sehingga *Ds* akan

berpindah posisi (transposisi) secara acak pada genom pada generasi berikutnya. Galur yang mengandung transposon *Ac* dan *Ds* disebut sebagai *mutagenic lines* karena sifat insersinya yang masih belum stabil. Sementara galur-galur yang mengandung *Ds* tetapi tanpa *Ac* dinamakan *stable lines*, karena *Ds* sudah tidak berpindah. Elemen *activation-tag* atau *gene-trap* dibawa bertransposisi oleh *Ds*. Melalui proses ini kita dapat memproduksi galur-galur padi dengan sangat cepat. Dalam kurun kurang dari 3 tahun, ribuan galur dapat dihasilkan. Dengan cara ini kesempatan untuk menemukan galur sesuai dengan yang diinginkan terbuka luas.

Upaya pengembangan padi tahan cekaman seperti kekeringan sangat penting, terutama untuk mengatasi kebutuhan pangan daerah

Nusa Tenggara. Beberapa padi mutan yang menunjukkan toleransi terhadap kekeringan pada fase perkecambahan sangat penting untuk dicari kandidat gen-gen yang terkait dengan sifat tersebut untuk kemudian diidentifikasi dan dikloning. Studi fungsional gen-gen tersebut sedang dalam tahap pelaksanaan dengan melakukan over-ekspresi maupun *knock-down* di padi. Selain itu, studi ekspresi promoter juga dilakukan dengan melakukan fusi promoter gen kandidat dengan gen reporter *gfp* dan *gusA*. Demikian pula dengan mutan toleransi maupun sensitif terhadap salinitas telah diperoleh dan saat ini gen-gen kandidat sedang dalam proses kloning.

Untuk kurun waktu selanjutnya skrining fenotip dapat dilakukan untuk fenotip-fenotip terkait dengan cekaman-cekaman

Populasi padi mutan (>5000 aksesori) yang sudah dikembangkan LIPI

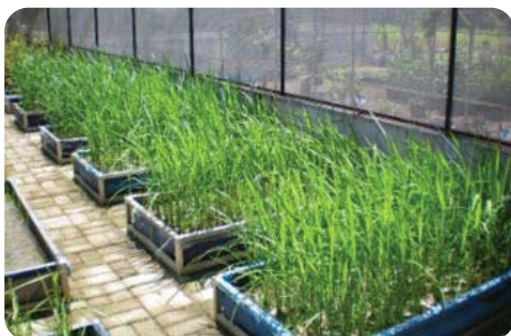


Foto: S.F. Munawar dkk.

biotik dan abiotik sehingga pengembangan padi dapat disesuaikan mengikuti kebutuhan unsur abiotik setempat. Proses ini sangat mendasar tidak hanya untuk menghasilkan galur padi baru, tetapi sebagai upaya untuk berburu gen demi kepentingan bangsa yang lebih besar.

Umbi-umbian Lokal untuk Ketahanan Pangan

Indonesia merupakan negara yang kaya akan keanekaragaman hayati umbi-umbian. Umbi-umbian telah dikenal lama oleh sebagian masyarakat Indonesia sebagai bahan makanan pokok pengganti beras atau jagung. Selain sebagai bahan makanan tambahan, umbi-umbian berpotensi untuk tanaman obat dan memiliki nilai tambah sebagai tanaman hias. Umbi-umbian yang mengandung karbohidrat tinggi dapat dimanfaatkan sebagai sumber karbohidrat alternatif untuk mencukupi kebutuhan pangan dalam rangka menunjang ketahanan pangan nasional. Pemanfaatan beberapa sumber karbohidrat dari umbi-umbian yang telah dikenal masyarakat masih kurang optimal dikarenakan kurangnya penelitian dan pengembangan komoditas tersebut.

Beberapa tumbuhan yang dapat menjadi alternatif solusi pengembangan sumber daya karbohidrat, antara lain dari suku Araceae (*Alocasia macrorrhiza*-sente, *Colocasia esculenta*-talas, *Amorphophallus paeoniifolius*-suweg *Amorphophallus muelleri*—porang atau iles-iles, *A. prainii*, *Cyrtosperma merkusii*, *Xanthosoma sagittifolium*), suku Taccaceae

(*Tacca lancaefolia*, *T. macrantha*, *T. palmate* *T. leontopetaloides*-Kecondang), suku Dioscoreaceae (*Dioscorea alata*, *D. Esculenta*-Gembili, *D. bulbifera*, *D. Hispida*-gadung, *D. pentaphylla* dan *D. nummularia*), suku Marantaceae (*Maranta arundinacea*-garut), suku Cannaceae (*Canna indica*-ganyong), suku Lamiaceae (*Plectranthus rotundifolius*-kentang hitam), suku Euphorbiaceae (*Manihot esculenta*-ubi kayu), dan suku Convolvulaceae (*Ipomoea batatas*-ubi jalar). Kekayaan keanekaragaman hayati umbi-umbian juga terlihat dari variasi di dalam jenis yang juga tinggi, misalnya berbagai varietas atau kultivar talas, ubi jalar, dan ubi kayu.

Secara umum, tanaman umbi-umbian dapat ditemukan tersebar di Afrika tropis, Asia, Australia, Oceania, seluruh Asia Tenggara, dan Pasifik. Di Indonesia, umbi-umbian dipakai sebagai bahan pangan di masa paceklik akibat musim kering berkepanjangan maupun adanya gelombang tinggi atau terputusnya lalu lintas ke kota yang menyebabkan pasokan bahan pangan ke pulau sulit dilakukan.

Bunga Bangkai (*Amorphophallus titanum*) sebagai Bahan Pangan Fungsional

Bunga bangkai (*Amorphophallus titanum*) merupakan tumbuhan asli Indonesia dan populasi liarnya hanya ditemukan di hutan Sumatra. Kehidupannya di alam banyak mendapat tekanan dan gangguan

dari pengambilan ilegal di hutan yang tak terkendali, kerusakan habitat, dan penurunan jumlah fauna penyerbuk dan penyebar biji. Apalagi jenis ini tidak dapat menyerbuk sendiri melainkan menyerbuk silang dengan bantuan serangga penyerbuk.

Keunikan serta ukuran raksasa bunga bangkai *A. titanum* telah lama memberikan daya tarik yang besar, baik nasional maupun internasional. Mekarnya bunga bangkai selalu menyedot ribuan pengunjung dan memberikan keuntungan finansial yang cukup besar. Beberapa kebun raya di dunia turut mengoleksi dan memelihara jenis ini untuk keperluan pendidikan, penelitian, dan pameran publik. Tercatat bunga ini mekar pertama kali di luar negeri pada tahun 1889 di Royal Botanic Gardens (Inggris) kemudian menyusul setelah 100 tahun di University of Bonn Botanical Gardens pada tahun

1937 dan 1940; selanjutnya kejadian mekarnya bunga ini di luar negeri terjadi sangat jarang. Penelitian-penelitian oleh para peneliti luar negeri terbatas pada aspek fisiologi, fenologi, dan budi daya di rumah kaca karena bahan penelitian yang terbatas dan hanya ada di Sumatra, Indonesia.

Umbi *A. titanum* diketahui mengandung *glucomannan* dengan kadar 20,19%. Kadar ini lebih tinggi daripada jenis-jenis *Amorphophallus* lainnya termasuk konjak (*Amorphophallus konjac*) yang terkenal di Jepang sebagai *konnyaku* yang banyak diekspor ke berbagai negara termasuk Indonesia. *Glucomannan* memiliki kegunaan sebagai zat pengental, *jelly* yang kaya serat (*dietary fibers*) dan *supplements* (untuk antikolesterol, penetralisir kadar gula darah, kesehatan pencernaan, penyerap zat beracun dalam pencernaan, agen kontrol berat badan). Dengan

- Bunga bangkai
- (1) Fase Vegetatif
 - (2) Fase Berbunga
 - (3) Fase Buah
 - (4) Umbi
 - (5) Panen Serbuk Sari
 - (6) Seedling dari biji

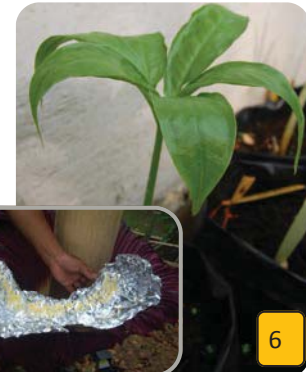
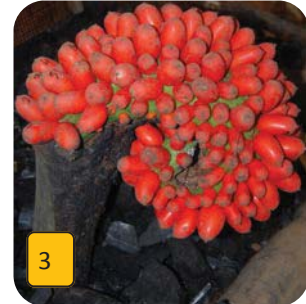


Foto. Kebun Raya Bogor

demikian umbi *A. titanum* berpotensi untuk mampu bersaing dengan *A. konjac* produksi Jepang yang hanya memiliki kandungan *glucomannan* 10,34%.

Persilangan telah dilakukan pada salah satu bunga *A. titanum* koleksi Kebun Raya Bogor yang berbunga pada tanggal 2 Februari 2012. Penyilangan menggunakan serbuk sari yang telah disimpan di fasilitas penyimpanan di laboratorium. Proses penyilangan ini dilakukan ketika koleksi ini berbunga sempurna di malam hari. Buah yang berkembang sejak 7 Maret 2012 merupakan keberhasilan penyerbukan buatan pada *A. titanum* yang pertama kali di Indonesia. Setelah empat bulan, buah yang berjumlah 215 masak dan dipanen, serta biji disemai. Beberapa biji telah berkecambah; selanjutnya perkembangan umbi akan terus diamati. Kandungan *glucomannan* pada umbi-umbi berbagai ukuran akan dianalisis.

Tacca Kecondang atau Jalawure (*Tacca leontopetaloides*) untuk Ketahanan Pangan Daerah Pesisir

Taccaceae merupakan kelompok umbi-umbian yang sering dimanfaatkan sebagai bahan makanan. Suku ini terdiri atas 1 atau 2 marga, dengan *Tacca* sebagai marga terbesarnya. *Tacca* terdiri atas 10 jenis dan 8 di antaranya ditemukan di kawasan Malesia. Suku ini sering diasosiasi-kan dengan Dioscoreaceae, namun revisi Taccaceae dalam Flora Malesiana menyebutkan bahwa ia lebih dekat kekerabatannya dengan Amaryllidaceae. Sistem klasifikasi tumbuhan tinggi terbaru menggunakan pendekatan molekuler menyebutkan bahwa Taccaceae merupakan bagian dari Dioscoreaceae.

Tacca merupakan salah satu jenis tanaman yang umbinya dikonsumsi sebagai bahan



Kecondang/umbi empu, sumber pangan dari daerah pesisir

Foto. N.W.Utami dkk.

pangan alternatif. Tanaman ini mempunyai kandungan pati (amilosa dan amilopektin) yang mirip dengan kentang. Selain sebagai sumber pangan alternatif, umbi dan akar beberapa jenis *Tacca* seperti *T. leontopetaloides*, *T. chantrieri*, *T. Plantaginea*, dan *T. paxiana* telah diteliti mengandung senyawa *taccalin* dan *taccalonolides* yang berpotensi sebagai senyawa antikanker.

Tacca leontopetaloides merupakan jenis tumbuhan liar, banyak dijumpai di daerah pesisir, umumnya di bawah 200 m dpl. Di Indonesia tersebar di Jawa dari Jawa Barat (Pelabuhan Ratu, Garut, Kep. Krakatau), Jawa Tengah (Banyumas, Pekalongan, Jepara dan Rembang), Yogyakarta, Jawa Timur (Kediri), Madura, Kepulauan Karimunjawa, Kepulauan Kangean, dan Kepulauan Bangka Belitung. Tumbuhan ini menghasilkan umbi namun belum diketahui potensinya sehingga belum banyak dibudidayakan. *Tacca leontopetaloides* dikenal dengan nama gadung tikus (Indonesia), kecondang (Jawa), taka laut (Sumatra), jalawure (Garut). Umbi

segarnya tidak dapat langsung dikonsumsi karena mengandung senyawa toksis yang tinggi. Tepung yang sudah diproses dapat digunakan sebagai bahan adonan kue, pasta, dan puding. Bubur taka yang dicampur dengan gula, santan, atau jus buah dapat membantu mengatasi penderita penyakit pencernaan. Rimpang dan batang digunakan sebagai obat. Umbi segar mengandung 2–3% kulit, 6–7% serat, 20–30% pati, dan 60–70% bahan cair. Umbi kering mengandung 5,1% protein, 0,2% lemak, 89,4% karbohidrat, 2,1% selulose, 3,2% abu, 0,27% Ca, 0,2% P, dan 2,2% senyawa toksis yang pahit. Umbi taka juga mengandung senyawa-senyawa β -sitosterol, alkohol, takalin (penyebab rasa pahit), alkaloid, dan sapogenin steroid.

Hasil uji fragmen DNA juga menunjukkan keragaman genetika yang khas untuk tiap daerah. Oleh karena itu, variasi tersebut dapat menjadi sumber bahan seleksi untuk pengembangan tanaman ini selanjutnya. Program pengenalan *Tacca* kepada masyarakat luas harus didukung oleh informasi mengenai karakteristik *Tacca*

Tumbuhan *T. leontopetaloides*



Foto: I. Erlinawati dkk.

Jenis ini ditemukan di beberapa daerah pantai di Indonesia: Sukabumi, Yogyakarta (hutan bambu Desa Palemahan, hutan jati Desa Siung, Gunung Batur Gunung Kidul dan Pesisir Pantai Glagah Kulonprogo), Karimunjawa (Pulau Kumbang, Pulau Nyamuk, dan Pulau Katang), serta koleksi di Puslit Biologi dan Bioteknologi-LIPI.



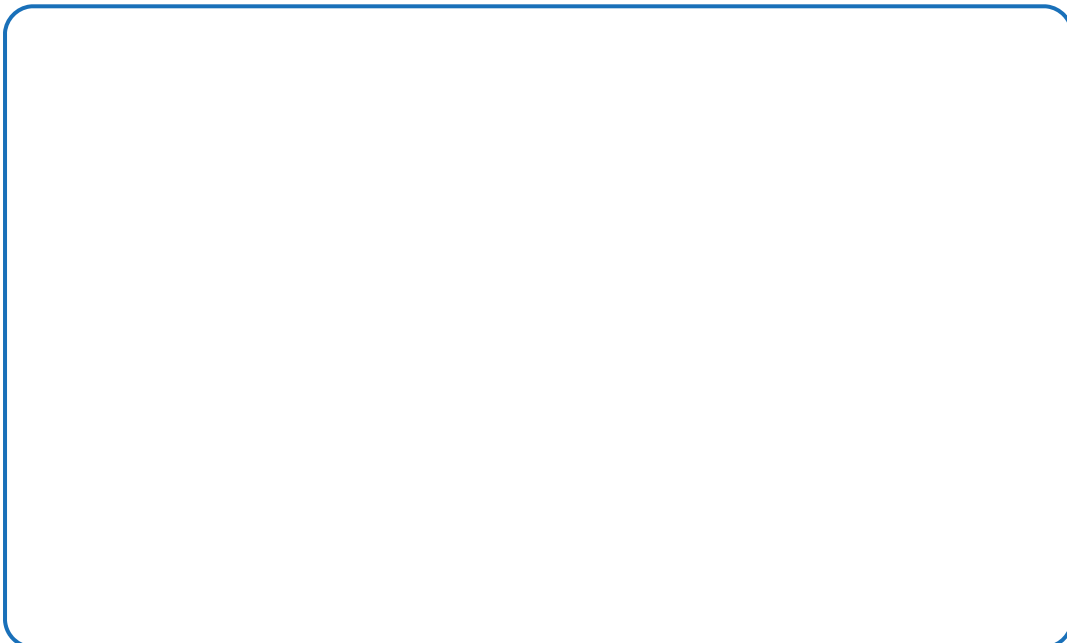
Kultur jaringan *T. leontopetaloides*

Foto: A.F. Martin dkk.

Protokol untuk perbanyakan tunas secara *in vitro* untuk *Tacca leontopetaloides* berhasil diperoleh dan telah tersedia kultur tunas dari *Tacca leontopetaloides* untuk dikembangkan lebih lanjut. Kinetin yang ditambahkan pada media MS lebih efektif dibandingkan dengan BAP. Kinetin dengan konsentrasi 0,5 mg/l memicu terbentuknya tunas adventif dengan rata-rata 9 tunas baru/eksplan dari eksplan bonggol. Eksplan daun *tacca* pada media MS yang mengandung 0,5 mg/l BAP mendorong pembentukan kalus yang berkembang menjadi umbi berwarna putih. Umbi tersebut selanjutnya mengalami organogenesis dan membentuk tunas baru, sedangkan eksplan daun dengan media MS yang mengandung kinetin (0,5 mg/l) tidak membentuk kalus dan umbi putih, namun langsung membentuk tunas baru. Aklimatisasi dan penanaman di rumah kaca telah dilakukan dengan daya tumbuh yang tinggi.

Hasil penelitian Ukpabi *et al.* (2009) terhadap umbi segar dan umbi yang telah disimpan selama 4 bulan menunjukkan bahwa umbi tersebut mengandung 28,25–29,00% bahan kering, 25,00–27,25% pati, 1,67 g/ml densitas, 40–43 mg/100 g asam askorbat. Berdasarkan berat keringnya, umbi mengandung 3,15–3,58% ekstrak kasar flavonoid, 1,1–1,5% protein, 2,70–2,73% abu, 0,28–0,68% serat, 0,08–0,10% lemak, 95,02–95,42% karbohidrat total.

Data kelimpahan *Tacca leontopetaloides*



Sumber: Herbarium Bogoriense, & I. Erlinawati dkk.

dari setiap daerah serta lingkungan tumbuh yang dapat menunjang pertumbuhan tanaman ini agar dapat berproduksi secara optimum.

Karbohidrat dari umbi dapat digunakan sebagai material untuk produksi komponen pangan fungsional, seperti oligosakarida yang memiliki potensi sebagai senyawa probiotik dan lainnya.

Hidrolisis karbohidrat atau polisakarida yang terkandung dalam umbi secara enzimatis dapat menghasilkan berbagai ukuran oligosakarida. Dengan diangkatnya kembali pengembangan umbi minor ini, diharapkan dapat menyadarkan masyarakat akan pentingnya pemanfaatan umbi *Tacca* sebagai pangan alternatif pengganti beras di masa mendatang.

Senyawa racun yang terdapat pada umbi dapat dihilangkan dengan merendam umbinya ke dalam air tawar. Umbi tanaman ini dapat dijadikan tepung untuk kemudian diolah menjadi makanan yang siap dikonsumsi. Di Hawaii, tepung umbi *T. leontopetaloides* biasanya dicampur dengan talas, sukun, dan pandan untuk dijadikan puding dengan mencampurnya dengan santan. Dalam pengobatan tradisional, umbi dari *T. leontopetaloides* dapat digunakan untuk mengobati diare dan disentri. Kombinasi umbi *T. leontopetaloides*, air, dan tanah liat biasa digunakan untuk menghentikan pendarahan internal pada usus.

Budi daya tanaman ini belum dikembangkan secara luas dan penelitian kultur jaringan baru dilakukan di Thailand untuk jenis *T. chantrieri*.

Kentang Hitam dan Industri Ketahanan Pangan

Tanaman kentang hitam (*Plectranthus rotundifolius*), berasal dari daerah tropis Afrika, yang masih ditemukan liar di Afrika Timur. Tanaman ini memiliki nama daerah, antara lain *hausa potato*, *frafra potato*, *sudan potato*, *coleus potato*, *zulu round potato*. Secara luas dibudidayakan di daerah savana dari Senegal sampai Sudan Barat hingga Afrika Selatan, namun saat ini hanya dibudidayakan di Mali, Ghana, Nigeria, dan Afrika Selatan. Kentang hitam merupakan tanaman penghasil pangan yang penting di Asia tropis. Beberapa negara sudah memanfaatkan seluruh bagian tanaman kentang hitam. Umbinya dibuat menjadi minuman beralkohol. Daunnya sering dipakai sebagai ramuan pengobatan tradisional, misalnya disentri

A: Bibit kentang hitam dari setek B: Umbi kentang hitam yang sudah bertunas



Foto: A. Leksonowati dkk & W. Utami dkk

Tanaman ini diperbanyak secara vegetatif. Dengan demikian, dapat diperkirakan bahwa keragaman genetik tanaman kentang hitam di Indonesia rendah. Budi daya tanaman kentang hitam dilakukan dengan bibit berasal dari setek atau umbi yang tertinggal di dalam tanah.

Kandungan per 100 g	Kentang Hitam	Kentang	Ubi Jalar
Air (%)	64	83	78
Energi (kal)	142	62	88
Karbohidrat (g)	33.7	13.5	20.6
Protein (g)	0.9	2.1	0.4
Lemak (g)	0.4	0.2	0.4
Kalsium (mg)	34	63	30
Phosfor (mg)	75	5.8	10
Besi (mg)	0.2	0.7	0.5
Thiamin (mg)	0.02	0	0.66
Vitamin C (mg)	38	21	36

Perbandingan Kandungan Nutrisi antara Kentang Hitam, Kentang, dan Ubi jalar

Sumber: Barchia *et al.*, 2009

di Nigeria. Selain itu, juga digunakan untuk mengobati darah dalam urin dan gangguan mata. Batang dari tanaman yang sudah dipanen bisa dipakai untuk pupuk kompos.

Seperti tanaman umbi pada umumnya yang mengandung banyak karbohidrat, kentang hitam juga mempunyai kandungan karbohidrat yang lebih tinggi dibandingkan dengan kentang biasa dan ubi jalar. Begitu pula dengan kandungan energi, fosfor, dan vitamin C, kentang hitam lebih tinggi dibandingkan kentang biasa dan ubi jalar.

Dioscorea untuk Pangan Alternatif

Dioscorea sebagai pangan alternatif untuk menekan kolesterol belum banyak dipahami oleh kebanyakan masyarakat. Selain itu, kelompok ini dapat dijadikan

sumber bahan pangan alternatif nonberas guna mendukung program ketahanan pangan nasional. *Dioscoreaceae* (uhi) berpotensi sangat besar sebagai bahan pangan alternatif sumber karbohidrat. Namun keberadaan *Dioscorea* sampai saat ini masih dianggap sebagai tumbuhan liar, dan kurang mendapat perhatian masyarakat sehingga nilai jualnya juga rendah. Luas areal tanaman *Dioscorea* di Indonesia masih belum mencapai 1.000 ha, apabila dibandingkan dengan luas areal tanaman *Dioscorea* di Asia Tenggara yang telah mencapai 19.000 ha dengan hasil produksi 249.000 ton (FAO, 1993 dalam Sulistyono, 2004). Hal ini menunjukkan bahwa keberadaan *Dioscorea* di Indonesia masih kurang mendapat perhatian.

Marga *Dioscorea* terdiri atas kurang lebih 600 jenis, di antaranya ada sekitar 50–60

jenis yang dibudidayakan dan telah dimanfaatkan sebagai tanaman pangan dan obat. *Dioscorea* sebagai salah satu sumber karbohidrat telah dikenal oleh masyarakat Indonesia terutama di daerah Papua, Maluku, Nusa Tenggara, Sulawesi, dan Jawa sebagai pengganti beras atau sagu di musim paceklik. Beragam jenis

dalam suku ini secara tradisional telah banyak dimanfaatkan sebagai bahan pangan. Setiap 100 g umbi *Dioscorea* mengandung berkisar antara 320–470 kalori dan 2,0 g–2,7 g protein. *Dioscorea* sangat potensial sebagai sumber kalori dan bahan pangan karena memiliki kandungan pati kurang lebih 25%, lemak

Variasi morfologi *Dioscorea hispida*, sampai saat ini masih terbatas diolah menjadi bentuk kripik.

Teknik pengolahan yang rumit dan kandungan *Dioscorin* yang bersifat racun masih menjadi kendala bagi masyarakat untuk mengolah gadung menjadi produk olahan lain.



Foto: Fauziah & Trimanto

Variasi morfologi *Dioscorea esculenta* (gembili dan gembolo) belum banyak dimanfaatkan menjadi produk makanan, meskipun memiliki keunggulan rasanya sangat gurih dan memiliki tekstur umbi yang sangat halus pada umbi gembili kecil. Sementara pada gembili teropong memiliki bentuk umbi besar, namun rasanya kurang gurih dan memiliki serat yang kasar.

0,1–0,3%, dan protein sebesar 1,3–2,8%. Tanaman ini juga memiliki beberapa keunggulan, yaitu (a) potensi produksinya dapat mencapai 40 ton/ha, (b) syarat tumbuh sangat luas dari permukaan laut hingga ketinggian lebih dari 1500 dpl, dan mulai dari tanah lembap (rawa), (c) relatif toleran terhadap naungan, (d) umumnya tahan terhadap penyakit *soilborn*, (e) umbi relatif tahan disimpan, dan (f) memiliki kandungan antioksidan dan berkhasiat obat.

Hasil karakterisasi, saat ini terdapat beberapa jenis *Dioscorea* yang sering dimanfaatkan masyarakat untuk dikonsumsi, yaitu *Dioscorea alata* yang memiliki variasi morfologi bentuk, warna, ukuran, jumlah umbi dan memiliki ciri khas rasanya manis dan tekstur umbinya pulen. Selain itu, ada pula *Dioscorea esculenta* (gembili), dan *Dioscorea bulbifera* (gembolo) dengan ciri khas rasanya manis. Kemudian ada *Dioscorea pentaphylla* (sosohan) dengan karakter daun menjari. *Dioscorea hispida* (gadung) biasanya diolah menjadi kripik, sedangkan *Dioscorea bulbifera* masih belum termanfaatkan. Di sekitar wilayah Jawa Timur 5 jenis *Dioscorea* di atas memiliki varietas yang beragam, yaitu *Dioscorea alata* (uhi kelopo, uhi sego, uhi legi, uhi putih, uhi bangkulit, uhi jaran, uhi ungu/ireng, uhi ulo/jero, uhi perti, uhi beras, uhi elos, uhi alas, uhi klelet, uhi randu, uhi senggrani, uhi bangkong, uhi gantung, uhi ndoro, dan uhi

dursono); *Dioscorea hispida* (gadung, gadung jahe, gadung kripik, gadung ketan, gadung lumut, gadung lempuyang, gadung canting, dan gadung brengkel); *Dioscorea esculenta* (gembili, gembolo, gembili tropong); *Dioscorea pentaphylla* (uhi sosohan); *Dioscorea bulbifera* (uhi gantung). Oleh karena itu, diperlukan strategi teknik budi daya, perlakuan, dan pengolahan yang tepat agar dapat dihasilkan umbi *Dioscorea* yang kaya kandungan nutrisi, tahan penyakit, dan memiliki karakter umbi yang berkualitas.

Dioscorea alata (uhi) mempunyai keanekaragaman sangat tinggi dan yang ditanam oleh masyarakat adalah varian yang memiliki kualitas yang bagus dari karakter morfologinya. uhi yang ditanam oleh penduduk ditanam karena memiliki karakter umbinya besar, jumlahnya banyak dengan bentuk sederhana (bulat dan lonjong), gampang untuk dipanen karena umbi tertanam dangkal pada tanah, rasa enak, tekstur daging halus, dan warna daging umbinya putih. Contoh uhi yang memiliki karakter unggul adalah uhi kelopo dan uhi putih. Uhi kelopo memiliki rasa yang manis dan gurih dengan tekstur daging yang halus. Umbi uhi kelopo berbentuk bulat dan tertanam dangkal pada tanah sehingga mudah dipanen. Uhi putih memiliki tekstur daging halus dan sangat gurih. Bentuk uhi putih yang lonjong dan tertanam dangkal pada tanah menyebabkan mudah dipanen walaupun umbinya bercabang mencapai 5 buah.

Suweg (*Amorphophallus paeoniifolius*) sebagai Bahan Pangan Fungsional

Amorphophallus paeoniifolius yang dikenal juga sebagai suweg merupakan salah satu anggota suku Araceae yang umbinya berpotensi untuk dikembangkan

sebagai bahan pangan karena memiliki kandungan gizi yang cukup baik dan tidak kalah dengan porang (*Amorphophallus muelleri*) yang sebelumnya telah banyak dimanfaatkan sebagai sumber penghasil glukomanan maupun dengan talas (*Colocasia esculenta*) yang telah banyak dimanfaatkan untuk konsumsi. Sebelumnya

Tabel Nilai kandungan gizi *A. paeoniifolius*, *A. Muelleri*, dan *Colocasia esculenta*

Zat Gizi	<i>A. paeoniifolius</i> (suweg)	<i>A. muelleri</i> (porang)	<i>Colocasia esculenta</i> (talas)
Protein (%)	6,56	0,870	1,90
Lemak (%)	0,93	0,017	0,20
Karbohidrat (%)	79,68	19,0	23,79
Amilosa (%)	15,92	-	-
Glukomanan (%)	26,14	6,420	-
Kalsium (mg)	293,16	49	28,00
Zat besi (mg)	14,55	0,6	1,00
Fosfor (mg)	164,45	22	61,00
Vitamin A (IU)	535,04	270	20,00
Vitamin B1 (mg)	0,77	-	0,13
Serat kasar (%)	4,74	2,040	-
Pati (%)	39,36	4,23	-
Kalori (kJ)	420	98	340
Daya cerna pati (%)	81,68%	-	-

Perbanyakan secara kultur jaringan telah mendapatkan media kultur yang sesuai untuk suweg.

- A. Biji
- B. Kulit umbi
- C. Umbi
- D. Samping
- E. Pemisahan anakan
- F. Aklimatisasi kultur jaringan
- G. Planlet suweg hasil kultur jaringan



Sumber/Foto: Yuzammi dkk.

suweg hanya dilaporkan sebagai sumber pati dan protein seperti kebanyakan kerabat talas-talasan lainnya. Akan tetapi, hasil penelitian mengindikasikan bahwa suweg mempunyai prospek untuk dikembangkan sebagai produk tepung umbi maupun tepung pati. Suweg juga diketahui mempunyai potensi untuk mencegah beberapa penyakit degeneratif, termasuk penyakit jantung koroner, melalui mekanisme penurunan kolesterol dalam darah. Hal ini terkait dengan kadar seratinya yang cukup tinggi dan kemampuannya mengikat kolesterol setara dengan obat instan. Selain itu, umbi suweg juga berpotensi sebagai pangan fungsional karena memiliki IG (Indeks Glikemik) kurang dari 55 dan dapat

menekan peningkatan kadar gula darah sehingga sesuai bagi penderita diabetes mellitus. Akan tetapi, kemampuannya sebagai bahan pangan fungsional ini masih belum tersosialisasi dengan baik sehingga masyarakat yang menanam jenis ini masih sangat terbatas. Di lain pihak, potensi suweg yang cukup banyak belum ditindaklanjuti dengan pengembangan industri pengolahan hasilnya karena keterbatasan bahan baku. Hal ini memberikan peluang bagi masyarakat untuk mengembangkan jenis ini guna memenuhi kebutuhan bahan baku industri pengolahan suweg di masa mendatang. Namun, informasi mengenai aspek budi daya, pengolahan, dan pemanfaatan produknya masih sangat terbatas.

Zat Gizi	Metode	YN 105 B	YN 107 A	YN 112 A	YN 116
Nutrisi					
Karbohidrat (%)	By different	80,15	80,21	78,79	79,90
Lemak (%)	Soxhlet	0,58	0,99	1,33	0,54
Protein (%)	Kjeldahl	7,85	7,32	7,31	7,49
Glukomanan (ppm)	HPLC	8,85	9,12	8,39	8,88
Ca (mg/100 g)	AAS	317,34	336,14	494,62	340,27
Fe (mg/100 g)	AAS	6,26	6,86	27,25	26,28
P (mg/100 g)	AAS	167,54	151,24	155,56	169,02
Vitamin A (IU/100 g)	HPLC	461,81	354,86	663,19	413,19
Vitamin D (IU/100 g)	HPLC	964,0	880,0	500,0	888,0
Vitamin B1 (mg/100 g)	HPLC	0,53	1,02	0,76	0,75
Anti Nutrisi					
Asam Oksalat (ppm)	HPLC	1921,33	ttd	7188,91	4054,68
HCN (ppm)	Spektro	15,81	12,21	11,31	14,83
Tanin (mg/100 g)	Spektro	91,42	108,42	111,91	91,98

Hasil analisis fitokimia dari 4 nomor aksesi *Amorphophallus paeoniifolius*

Sumber: Yuzammi dkk., 2011 (data belum dipublikasikan)

Jika dilihat dari hasil penelitian, jenis ini memiliki prospek yang baik karena beberapa daerah di Jawa telah lama memanfaatkan suweg sebagai bahan pangan pelengkap, terutama pada musim kemarau sehingga sosialisasi akan lebih mudah dilakukan. Jenis ini memiliki prospek yang baik untuk dikembangkan sebagai bahan pangan alternatif karena memiliki kandungan karbohidrat yang dapat disetarakan dengan beras, mudah dibudidayakan dengan cara tumpang sari dibandingkan dengan padi yang hanya dapat dibudidayakan secara monokultur, dan mempunyai toleransi yang tinggi terhadap ketinggian sehingga dapat ditanam di dataran rendah maupun

dataran tinggi, dan juga dapat ditanam di lahan-lahan marginal.

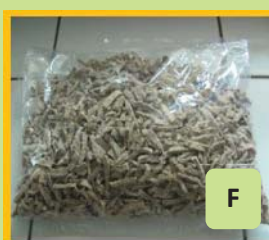
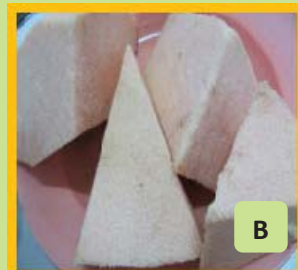
Garut dan Ganyong sebagai Tanaman Bawah dalam Sistem Agroforestri

Umumnya tanaman suku Marantaceae, seperti garut, menyukai tempat tumbuh yang teduh (ternaung). Jika tanaman ini mendapatkan cahaya matahari penuh daunnya akan menggulung dan membuka kembali pada malam. Intensitas cahaya matahari sebesar 50% akan mendorong pertumbuhan tanaman garut. Pada kondisi naungan 30%, pertumbuhan tanaman garut lebih baik dibanding tanaman garut

Pengolahan aneka produk makanan dari suweg

Cara pengolahannya adalah sebagai berikut:

- A. Umbi dibelah empat
- B. Kulit umbi dibuang
- C. Diiris tipis
- D. Potong sebesar korek api
- E. Jemur sampai kering
- F. Gablek suweg
- G. Tepung suweg



yang tumbuh tanpa naungan. Dari kedua hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa tanaman garut menyukai naungan ringan hingga sedang untuk mencapai pertumbuhan dan produksi yang optimum. Untuk mendapatkan intensitas cahaya ringan hingga sedang yang masuk dalam lahan agroforestri, perlu pemilihan jenis pohon dan menetapkan jarak tanam pohon yang tepat. Jenis pohon yang dapat digunakan adalah pohon yang memiliki daun kecil, seperti lamtoro (*Leucaena leucacephala*), turi (*Sesbania grandiflora*), kelor (*Moringa oleifera*), sengon (*Falcataria moluccana*), atau jenis pohon lain. Tanaman garut juga dapat ditanam di bawah pohon yang berdaun lebar, seperti jati, sukun, mahoni. Jenis-jenis pohon yang demikian ditanam pada tepi lahan agroforestri. Pohon-pohon ini memiliki



Garut yang di tanam di bawah Naungan Agroforestri



Ganyong merah strip

Foto: N.W. Utami dkk.

Provenansi	Kadar air		Abu		Lemak		Protein		Serat		Karbohidrat	
	10 bln	12 bln	10 bln	12 bln	10 bln	12 bln	10 bln	12 bln	10 bln	12 bln	10 bln	12 bln
Madiun	12,0 3	10,3 7	2,7 3	2,2 9	0,7 4	0,4 0	5,1 9	5,6 7	2,3 2	1,7 2	76,9 9	79,4 5
Gambir manis	11,2 0	10,6 0	2,5 1	2,4 5	0,9 1	0,7 9	5,0 4	6,1 2	1,4 7	1,5 4	78,8 7	78,5 0
Pandeglang	8,77 4	11,0 4	2,5 0	2,3 8	0,7 8	1,1 5	5,0 1	5,2 0	0,5 0	1,1 8	82,4 4	79,0 5

Sumber: Utami & Diyono, 2011

Analisis proximat umbi segar garut pada umur 10 dan 12 bulan

Kandungan	Umbi ganyong	Tepung ganyong
Air (g)	75	14
Kalori (kal)	95	
Protein (g)	1	0,7
Lemak (g)	0,1	0,2
Karbohidrat (g)	22,6	85,2
Kalsium (mg)	21	8
Fosfor (mg)	70	22
Besi (mg)	20	1,5
Vitamin B1 (mg)	: 0,1	0,4
Vitamin C (mg)	: 10	0
Rendemen (%)	: 65	

Sumber: Paramida, 2010

Analisis kandungan gizi pada umbi dan tepung ganyong tiap 100 g bahan

bebas cabang 5–6 m dari tanah sehingga garut mendapat cahaya matahari yang cukup.

Kondisi yang sama juga ada pada ganyong (*Canna edulis*) yang termasuk suku Cannaceae yang dapat ditanam di bawah naungan sistem agroforestri layaknya garut. Di Indonesia dikenal dua kultivar atau varietas ganyong, yaitu ganyong merah dan ganyong putih. Komposisi makronutrien dan mikronutrien pada ganyong merah dan ganyong putih memiliki sedikit perbedaan. Kandungan protein dan lemak pati ganyong merah lebih tinggi daripada ganyong putih, sedangkan kandungan pati dan amilosanya lebih rendah dari ganyong putih. Komposisi mikronutrien menunjukkan kandungan besi (Fe) dan kalsium (Ca) pada kedua jenis ganyong tidak berbeda nyata, sedangkan kandungan fosfor (P) dan vitamin C berbeda nyata. Kandungan vitamin C pada pati ganyong merah lebih tinggi daripada ganyong putih, sedangkan fosfornya lebih rendah daripada ganyong putih. Senyawa bioaktif pada umbi ganyong merah dan ganyong putih secara kualitatif mempunyai komponen yang sama, yaitu terpenoid dan steroid alam. Umbi ganyong memiliki kandungan kalsium dan fosfor yang lebih banyak apabila dibandingkan dengan kandungan kalsium dan fosfor yang terdapat pada ubi jalar, padi, jagung, kentang, sehingga umbi ganyong sangat baik untuk pertumbuhan tulang dan gigi pada balita. Kajian tentang sifat-sifat fisika kimia menunjukkan bahwa

pati ganyong memiliki potensi yang bagus untuk produk roti karena memiliki viskositas yang tinggi, gel yang kuat dan tinggi kandungan fosfornya. Produk roti yang dibuat dari pati ganyong lebih cerah, lebih renyah, dan lebih terasa dibandingkan yang dibuat dari gandum. Selain sebagai pangan, ganyong punya potensi untuk bahan bioetanol karena mengandung zat pati dan gula yang cukup tinggi.

Pengembangan Ubi Kayu dengan Betakaroten Tinggi

Pengembangan bahan pangan pokok alternatif harus pula memperhatikan kandungan gizinya, seperti protein, mineral, dan provitamin A (betakaroten). Selain itu, komposisi karbohidrat (pati) perlu pula menjadi kajian karena komposisi pati mempengaruhi kesesuaian produk olahan pangan, terutama jika diarahkan untuk produksi pangan fungsional melalui modifikasi pati. Saat ini beberapa varietas ubi kayu unggul telah tersedia, seperti Adira 1, Adira 4, Malang-6, UJ-3 dan UJ-5, tetapi masih perlu ditambah dengan varietas unggul baru untuk dapat memenuhi kebutuhan bibit unggul dengan respons spesifik. Varietas unggul baru ubi kayu disarankan memiliki kadar pati tinggi, potensi hasil tinggi, tahan cekaman biotik dan abiotik, fleksibel dalam budi daya dan umur panen.

Teknologi DNA rekombinan dengan target perubahan sifat yang spesifik, seperti

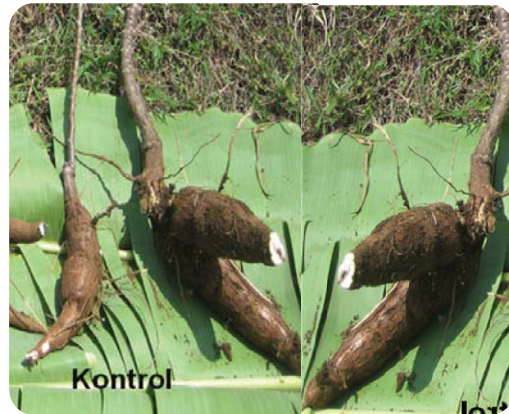


Foto: E. Sudarmonowati dkk

Variasi ubi kayu hasil radiasi

modifikasi komposisi amilosa dan amilopektin, peningkatan kadar betakaroten, protein, zat besi, dan peningkatan respons terhadap kekeringan menjadi teknologi alternatif yang menjanjikan. Hal lain yang perlu dikembangkan adalah koleksi kultur *in vitro* genotipe-genotipe terpilih ubi kayu yang potensial sebagai sumber daya genetik unggul. Teknologi *in vitro* ini merupakan teknik yang penting dalam rekayasa genetika.

Penelitian seleksi berbagai genotipe ubi kayu untuk kadar dan komposisi pati unggul, uji organoleptik, kadar betake-

roten, karakterisasi molekuler, dan kultur *in vitro* telah dilakukan. Berdasarkan penelitian tersebut telah diperoleh genotipe-genotipe dengan berbagai keunggulan, seperti genotipe tinggi kadar pati, amilosa, amilopektin, betakaroten, dan genotipe populer dengan rasa yang enak yang disertai dengan data karakter morfologi dan molekulernya serta jenis ubi kayu yang memiliki daya simpan panjang. Penggunaan pupuk hayati telah pula diaplikasikan untuk meningkatkan daya hasil. Hal yang tidak kalah pentingnya adalah pengembangan varian produk olahan ubi kayu dengan keunggulan nutrisi

Variasi genotipe ubi kayu dengan beberapa sifat seperti kadar pati tinggi, tinggi amilosa dan daya hasil tinggi.

Foto: E. Sudarmonowati dkk.

Beberapa genotipe ubi kayu dengan kadar betakaroten tinggi hasil rekayasa genetika



Foto: E. Sudarmonowati dkk

untuk meningkatkan minat budi daya dan nilai tambah ubi kayu yang dapat berdampak terhadap pendapatan petani.

Keanekaragaman Pisang untuk Memenuhi Kebutuhan Dunia

Indonesia merupakan produsen pisang nomor enam terbesar di dunia, tetapi nilai eksportnya sangat rendah sehingga tidak tercatat dalam FAO. Tanaman pisang di Indonesia tersebar hampir di segala

tempat dan beragam varietasnya. Hal ini menunjukkan mudahnya tanaman ini tumbuh dan menyatunya komoditas ini dengan kehidupan masyarakat sehari-hari. Tanaman pisang sebagai sumber vitamin A dan C, dapat berfungsi sebagai sumber karbohidrat dengan kadar mencapai 35%, juga merupakan sumber mineral yang penting, seperti kalium, magnesium, pospor, kalsium, dan besi. Kadar K pada buah pisang yang tinggi bermanfaat untuk menangguhkan hipertensi karena ketidakseimbangan ion dalam darah.

Permasalahan utama dalam perpisangan Indonesia adalah teknik budi daya yang al kadarnya dan adanya penyakit, seperti penyakit darah yang disebabkan oleh bakteri *Pseudomonas solanacearum*, penyakit layu yang disebabkan oleh jamur *Fusarium oxysporum cubense* (FOC), penyakit bercak daun sigatoka yang disebabkan oleh *Mycosphaerella musicola*, penyakit *bunchy top* yang disebabkan oleh virus *bunchy top*, dan ulat nematoda yang merusak akar, dan beberapa penyakit lain yang kurang parah.

Industri pisang dunia tergantung pada hanya satu kelompok varietas pisang, yaitu pisang ambon hijau yang secara komersial dikenal sebagai pisang cavendish yang

karena perlakuan pascapanen warna kulitnya menjadi kuning. Sementara ini telah diketahui bahwa cavendish rentan terhadap serangan FOC ras IV. Semula industri pisang dunia bertumpu pada kelompok pisang ambon yang dikenal di dunia sebagai "Gross Michel". Industri pisang ambon dunia ini hancur karena serangan FOC ras I, dan karena itu beralih ke pisang ambon hijau yang tahan terhadap ras I. Dalam perspektif dunia, pisang merupakan makanan pokok penduduk Afrika Timur. Keanekaragaman pisang di wilayah itu sangat sempit, mungkin karena asal-usul tanaman pisang daerah itu adalah dari Sulawesi dan Papua.

Indonesia sebagai pusat keanekaragaman

Rank	IMPORTER	Value (1000 \$)	Rank	PRODUCER	Production (Int \$1000)	Rank	EXPORTER	Value (1000 \$)
1	EU	3795241	1	India	8983437	1	Ecuador	1983970
2	USA	1750800	2	China	2773754	2	Belgium	1363530
3	Belgium	1597040	3	Philippines	2306897	3	Colombia	784121
4	Germany	1028750	4	Ecuador	2233632	4	Costa Rica	613744
5	Japan	790450	5	Brazil	1965308	5	Germany	441080
6	UK	710203	6	Indonesia	1637565	6	Guatemala	414582
7	Russian	630080	7	Tanzania	823686	7	USA	376322
8	Italy	555747	8	Guatemala	724214	8	Philippines	360289
9	France	440052	9	Mexico	592371	9	France	197474
10	Canada	334663	10	Colombia	572933	10	Honduras	179752
11	Poland	193908	11	Costa Rica	493963	11	Côte d'Ivoire	112476
12	Sweden	189412	12	Thailand	446356	12	Netherlands	108067
13	China	179016	13	Viet Nam	417208	13	Dominika	106085
14	Korea	163725	14	PNG	336022	14	Italy	104722
15	Spain	140086	15	Egypt	289784	15	Mexico	77177

Sumber: FAOSTAT, 2010

Importer, produsen, dan eksporter pisang dunia 2009

Indonesia adalah produsen pisang no 6 di dunia, tetapi nilai ekspornya tidak masuk dalam 15 eksporter pisang dunia. Hal ini menunjukkan bahwa produksi pisang Indonesia tidak menggunakan teknologi yang memadai. Hanya ada perusahaan besar yang mengekspor pisang, yaitu PT Nusantara Tropical Fruit, Lampung yang ekspornya mencapai Timur Tengah.

Keanekaragaman pisang liar



Foto: Witjaksono dkk

Pisang liar *Musa acuminata* yang ada di Indonesia dikelompokkan ke dalam 15 varietas alami, yaitu *alasensis*, *halabanensis*, *acuminata*, *nakaii*, *cerifera*, *longepetiola*, *bantamensis*, *rutilifera*, *breviformis*, *zebrina*, *malaccensis*, *sumatrana*, *tomentosa*, *microcarpa*, dan *flava* yang tersebar dari Aceh hingga Papua. Pemanfaatan pisang liar tersebut memerlukan pengenalan sifatnya dahulu yang membutuhkan studi biologi, *cytologi*, dan genetika yang mendalam.

Pisang unggul hasil silangan



Foto: Witjaksono dkk.

Salah satu strategi yang dianut untuk pemuliaan pisang adalah persilangan induk tetraploid dengan induk diploid sebagai sumber tepung sari untuk menghasilkan pisang triploid. Karena itu, dilakukan penggandaan kromosom pisang diploid yang mempunyai sifat yang diinginkan sehingga menjadi pisang tetraploid untuk induk persilangan. Lebih dari 10 aksesori pisang tetraploid hasil penggandaan kromosom yang digunakan dalam strategi ini telah dihasilkan oleh LIPI dalam penelitian selama 3 tahun.

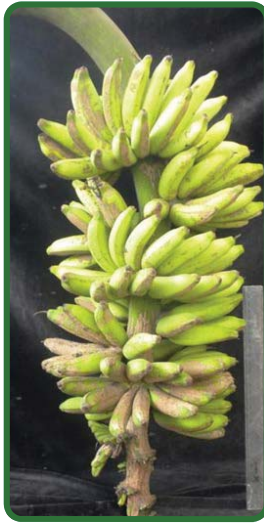
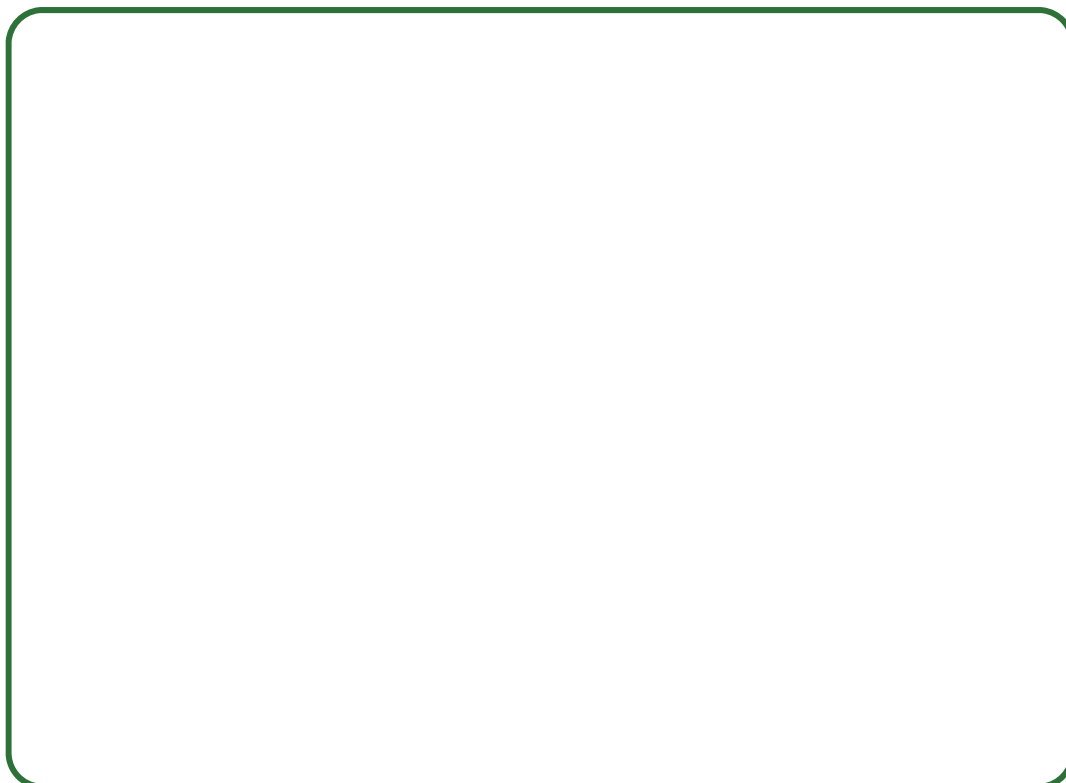


Foto: Witjaksono dkk



Pisang unggul
hasil silangan

Hibrid pisang triploid Madu x *Musa acuminata* var *malaccensis*. Hasil ini merupakan konsep model terpakai bahwa kita dapat melakukan apa yang dilakukan peneliti negara maju dalam memuliakan pisang. Hasil yang sesuai harapan masih akan memerlukan kerja keras, investasi, waktu agar membawa keberuntungan.



Keanekaragaman
pisang liar

Foto: Witjaksono dkk.

Indonesia memiliki lebih dari dua ratus kultivar ditanam petani yang seluruhnya adalah varietas alam yang belum mengalami perbaikan/pemuliaan. Pisang komersial terdiri dari lebih dari satu genom (AA, AAA, AAB, ABB, BB, AAAA, AAAB), dan memiliki sifat polen steril dan partenokarpi (karpel tumbuh walaupun embrio tidak berkembang sehingga buah terbentuk tetapi tanpa biji) sehingga terjadi kegagalan dalam sistem penyerbukan. Klon pisang terbukti berasal dari persilangan antara *M. acuminata* (AA) dan *M. balbisiana* (BB). Genom AA bertanggung jawab terhadap rasa manis atau asam dengan kadar pati rendah, sedangkan genom BB berkaitan dengan kadar pati yang lebih tinggi. Kombinasi dari kedua genom tersebut menghasilkan beberapa kelompok pisang, seperti pisang diploid AA (pisang mas, pisang jari buaya, pisang berlin, pisang oli yang secara umum dicirikan oleh ukuran buah kecil dan kulit tipis menempel pada daging buah), pisang triploid AAA (pisang ambon/Gross Michell, pisang ambon lumut/cavendish, pisang barangan), AAB (pisang raja, raja sereh, pisang tanduk, pisang angka), ABB (pisang siam, saba, pisang kepok), BB (pisang klutuk, klutuk wulung, klutuk warangan) serta pisang tetraploid silangan Honduras AAAB (FHIA02).

pisang dapat menyelamatkan perpisangan dunia dan domestik dengan memanfaatkan keanekaragaman jenis pisang yang kita miliki. Pisang liar *Musa acuminata*, *Musa malaccensis* telah diketahui tahan terhadap FOC dan mempunyai daya adaptasi yang luas. Pisang liar ini dapat dimanfaatkan untuk pemuliaan tanaman pisang tahan penyakit dan beradaptasi luas. Manfaat pisang liar dan plasma nutfah pisang untuk menyelesaikan masalah pisang dunia telah disadari oleh ilmuwan negara maju dengan dukungan ekonomi dari negara, industri, dan filantropis mereka. Komitmen negara-negara maju “pedagang” pisang berinvestasi dalam penelitian pisang semakin signifikan dan mencakup pemanfaatan teknik keilmuan mutakhir seperti genomik, proteonomik, metabolomik, di samping transgenik dan cisgenik dan teknik-teknik yang telah dikembangkan sebelumnya. Pisang liar *M. malaccensis* telah dikenal sejak awal tahun 1980-an sebagai sumber gen untuk pemuliaan dan belakangan ini urutan DNA tanaman ini telah dibuka di komunitas keilmuan atas usaha bersama banyak ilmuwan dari negara “pedagang pisang”. Dengan diumumkannya genom pisang liar tersebut, penelitian biologi molekuler pisang yang pada ujungnya akan bermanfaat untuk pengembangan pisang super ideal akan semakin banyak.

Jamur untuk Industri Pangan

Perkembangan jamur untuk pangan di Asia banyak didominasi oleh Cina dan Jepang. Kedua negara tersebut secara tradisi turun temurun telah menggunakan jamur

sebagai bahan makanan dan obat. Salah satu jamur yang menjadi favorit bagi masyarakat setempat dan mempunyai nilai ekonomi tinggi adalah jamur dari jenis *Tricholoma matsutake*. Jamur jenis ini populasinya di alam telah menurun dan potensial untuk dibudidayakan.

Di Indonesia, masyarakat mengenal jamur yang berbadan buah, baik jamur asli Indonesia (*Volvariella volvacea*) ataupun yang berasal dari budi daya luar Indonesia (*Agaricus bisporus* dari Eropa, *Pleurotus ostreatus* dari Cina, dan *Lentinus edodes* dari Jepang).

Termitomyces atau jamur rayap tersebar di beberapa daerah di Indonesia dan termasuk jamur yang paling digemari penduduk. *Termitomyces* mempunyai simbiosis dengan rayap yang bersarang di bawah permukaan tanah. Ada empat jenis *Termitomyces* yang dikenal dan biasa dikonsumsi oleh masyarakat, yaitu *T. microcarpus*, *T. clypeatus*, *T. eurhizus*, dan *T. striatus*.

Kandungan air pada jamur segar antara 85 dan 95% tergantung dari kondisi lingkungan. Jamur yang dikeringkan mengandung sekitar 5–20 % kandungan air. Kandungan energi pada beberapa jamur bervariasi antara 320–380 kkal/100 gram berat kering.

Kandungan kasar protein pada jamur sangatlah rendah, jenis-jenis jamur kuping (*Auricularia auricula*) kandungannya 4–9%. Selain kandungan protein, komposisi asam



Foto: J. Moge & A.Retnowati Witjaksono dkk.

Beberapa jenis jamur yang dapat dimakan:
A. *Lentinus sajor-caju* (foto: Johanis P. Moge);
B. *Termitomyces* sp. (foto: Johanis P. Moge);
C. *Russula cyanoxantha*

amino merupakan kandungan penting pada bahan makanan yang akan kita konsumsi. Asam amino esensial terdiri atas 25–40 % dari total asam amino yang ada di jamur. Kandungan ini tergantung pada jenis jamurnya. Hampir $\frac{1}{4}$ dari asam amino, ada dalam bentuk bebas, bukan sebagai komponen protein, seperti glutamat. Kandungan glutamat pada *Pleurotus ostreatus* mempunyai konsentrasi yang tinggi. Kandungan lemak pada jamur bervariasi antara 5 dan 8% dari berat kering dan akan berbeda setiap jenisnya. Semua bentuk lipid dapat ditemukan, termasuk asam lemak esensial (asam linoleat).

Karbohidrat merupakan komponen utama jamur, dengan kandungan yang bervariasi

antara 40–60% dari berat kering. Pada jamur segar, kandungan karbohidrat bervariasi antara 3–28%. Karbohidrat yang dimiliki umumnya tersusun berupa susunan pentose dan heksose. Kandungan metil pentose dalam jamur, yaitu seperti ramnosa dan fukosa, inositol dan manitol (sekitar 13%), disakarida termasuk di dalamnya sukrosa, asam glukoronat dan galakturonat; gula-gula amino; glucuronik, dan beberapa komponen lainnya.

Kandungan serat pada jamur antara 5–15% dari berat kering. Dua polisakarida penting yang ada pada jamur adalah glikogen dan kitin. Tidak seperti tanaman yang menyimpan energi dalam bentuk tepung, jamur cenderung menggunakan glikogen sebagai penyimpan. Penyusun

	Protein g	Lemak g	Karbohidrat g	Kalori
Jamur kuping kering	16,0	0,9	64,6	128 kal
Jamur kuping segar	3,8	0,6	0,9	15 kal
<i>Termitomyces eurrhizus</i>	41,5	5,6	38,5	1710 kJ
Kacang buncis	2,4	0,2	7,7	35 kal
Kacang panjang	2,7	0,3	7,8	44 kal
Daging sapi	18,8	14,0	0	207

Perbandingan kandungan nutrisi jamur dan sayur-sayuran

Sumber: Anonim, 1981

utama dinding sel jamur adalah kitin, suatu polimer N-asetilglukosamina yang persis sama dengan substansi yang terdapat pada kerangka luar serangga.

Jamur mengandung semua jenis vitamin (A, D, E, dan K) yang terlarutkan lemak dalam jumlah sangat kecil, sedangkan vitamin lainnya terdapat dalam jumlah memadai. Semua mineral penting ada di jamur, kecuali besi. Kandungan mineral ini sangat ditentukan oleh jenis substrat. Aneka media tumbuh berpengaruh terhadap kandungan mineral jamur. Na, K, dan P terdapat dalam jumlah besar, sedangkan Ca jauh lebih rendah konsentrasinya. Diketahui pula bahwa jamur memiliki kemampuan untuk menyerap logam berat, terutama jika unsur-unsur berbahaya tersebut mencemari lingkungan.

Tidak kurang dari 150 senyawa telah diidentifikasi, yang sebagian rupanya dibentuk dari asam lemak esensial yang terdapat di sebagian besar jamur, yaitu asam linolenat dan linoleat, terutama senyawa yang mengandung 8 dan 10 karbon. Senyawa-senyawa ini diduga bertanggung jawab pada rasa dan aroma khas dari jamur tersebut.

Tumbuhan Air *Lemna* untuk Pakan Ternak

Lemna merupakan kelompok marga tumbuhan air yang termasuk dalam suku Lemnaceae, terdiri atas 13 jenis. Kelompok tumbuhan ini dicirikan oleh

tubuh yang terdiri atas satu helai daun berukuran 6–8 mm dan satu batang akar yang menempel di bagian bawahnya. Satu individu *Lemna* dapat menghasilkan hingga 20 anakan seumur hidupnya yang berlangsung sekitar 10 hari. Anakan *Lemna* pada umumnya menempel pada daun induknya selama beberapa hari sehingga tumbuhan ini terlihat seperti koloni yang terdiri dari 2–4 helai daun.

Lemna yang ada di Indonesia adalah jenis *Lemna perpusilla*, dikenal dengan nama lokal “mata lele” dan telah diketahui hidup kosmopolitan di daerah tropis, terutama pada perairan tergenang di ketinggian rendah hingga sedang. Jenis ini mempunyai kekerabatan sangat dekat dengan jenis *Lemna minor* yang mempunyai sebaran di daerah empat musim, yaitu hanya dibedakan oleh ciri kehadiran *root sheath* di pangkal akarnya.

Jenis-jenis *Lemna* memiliki potensi besar sebagai pakan sekaligus mengurangi ketergantungan kedelai untuk pakan hewan. Hal ini didasarkan pada karakteristik produktivitas serta nilai nutrisi yang tinggi. Pada kondisi optimal jenis tumbuhan ini dapat menggandakan biomasanya hanya dalam waktu 2 hari sehingga pada pola tanam yang efektif dapat mencapai produktivitas 13–38 ton berat kering/ha/tahun. Uji coba memperlihatkan laju penggandaan biomasa *Lemna perpusilla* yang dikultur pada media air limbah budi daya perikanan mencapai nilai 1,38 kali per hari, sementara kultur *Lemna* dalam air yang diperkaya pupuk organik



Kultur massal lemna di
Puslit Limnologi LIPI
Cibinong

Foto: T. Chrismadha

Kandungan Nutrisi *Lemna*

Kandungan Nutrisi		Komposisi Asam Amino			
Komponen	% Berat Kering	Komponen	% Protein Total	Komponen	% Protein Total
Kadar Air	3	Lysin	3,7	Valin	5,8
Protein	38,86	Histidin	1,7	Methionin	1,5
Lemak	3,8	Arginin	5,1	Isoleusin	4,3
Serat	13,22	Aspartat	-	Leusin	7,8
A b u	16	Thresin	4,2	Triptophan	4,2
Kalori (Kkal/100g)	325,7	Serin	-		

Sumber: Leng *et al.* 1995; Tavares *et al.* 2008

dapat mencapai laju penggandaan biomasa 1,95 kali per hari. Hal ini berarti dalam satu hari populasi *Lemna* dapat bertambah dan dipanen sebanyak 38–95% tergantung dari kondisi medianya. Hasil uji coba juga memperlihatkan bahwa biomassa *Lemna* dapat dikeringkan untuk disimpan lebih lama dan biomasa kering ini dapat diberikan sebagai ransum pakan ikan nila. *Lemna* juga mempunyai kandungan protein tinggi, yaitu mencapai 10–43% berat keringnya sehingga nilai produktivitas protein kultur lemna dapat mencapai 6–10 kali lebih tinggi dibandingkan dengan luasan tanaman kacang kedelai. Jenis-jenis *Lemna* memiliki susunan asam amino lebih mendekati komposisi asam amino hewani sehingga

lebih sesuai untuk pemanfaatan sebagai pakan. Pada kondisi tumbuh yang optimal jenis tumbuhan air ini dapat menjadi sumber berbagai mineral, seperti K dan P, serta pigmen karoten dan santofil yang bermanfaat untuk suplemen vitamin A dan B.

Mikroba Pendongkrak Produksi Kedelai

Bakteri penambat nitrogen *Rhizobium* keanekaragamannya sangat tinggi. Dari hasil seleksi selama tiga dekade telah berhasil ditemukan *Rhizobium* yang mampu hidup di pH 3 dan efektif menambat nitrogen pada pH asam. Mikroba ini dapat dimasukkan ke dalam

jaringan biji kedelai. Bakteri yang diinsersikan itu memadati rongga udara yang ada di antara jaringan palisade. Bakteri tersebut terbukti hidup dalam jaringan biji hingga akhirnya berasosiasi dengan akar tanaman apabila tanaman mulai berkecambah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa bakteri *Rhizobium* ini mampu menghasilkan benih kedelai plus.

Kedelai plus adalah kedelai yang telah dibekali dengan mikroba yang berpotensi melakukan proses penambatan nitrogen secara hayati. Mikroba potensi tersebut di antaranya adalah kelompok bakteri penambat N dan tidak terbatas pada

Rhizobium, melainkan banyak bakteri lain seperti *Azotobacter* dan *Azospirillum*. Bakteri penambat nitrogen hidup bersimbiosis bersama tanaman kedelai dengan membentuk bintil akar atau juga dapat berasosiasi secara nonsimbiosis di sekitar perakaran tanaman. Seperti diketahui bahwa udara yang kita hirup ini mengandung lebih dari 80% nitrogen. Tanaman tidak dapat memanfaatkannya secara langsung. Bakteri *Rhizobium* dan bakteri penambat nitrogen lainnya dapat membantu penyerapan nitrogen dari udara dan mengubahnya menjadi unsur nitrogen yang tersedia bagi tanaman. Nitrogen dari udara akan diikat dan diubah

Cara pembuatan kedelai plus LIPI



Foto: Harmastini

Hasil panen kedelai plus



Foto: Harmastini

menjadi bentuk nitrit kemudian direduksi menjadi ammonia sehingga pada akhirnya dapat diserap tanaman. Tanaman akan menggunakan sumber nitrogen untuk biosintesis asam amino yang diperlukan untuk membangun protein tanaman.

Hasil uji lapangan menunjukkan bahwa teknologi kedelai plus LIPI dapat membantu meningkatkan produksi kedelai hingga 50–100% dibandingkan produksi kedelai rata-rata nasional. Produksi rata-rata kedelai nasional saat ini berkisar antara 0,7–1,0 ton per hektare. Teknologi kedelai plus mampu meningkatkan produksi kedelai hingga 1,5–2,6 ton per hektare. Selain meningkatkan produksi, kebutuhan pupuk nitrogen dapat dikurangi hingga 50 persen dari dosis pemupukan yang direkomendasikan. Penggunaan pupuk bio berbasis mikroba berpotensi secara langsung dapat mengurangi polusi tanah akibat penggunaan pupuk kimia yang berlebihan.

Pupuk Hayati Berbasis Keanekaragaman Mikroba

Untuk menanggulangi kualitas lahan pertanian yang semakin menurun, perlu dicari pendekatan dan upaya yang berbasis biointegrasi. Hal ini sangat penting untuk tidak mengulangi kesalahan fatal pada era revolusi hijau yang lebih mengandalkan bahan kimia agro. Pada saat ini manajemen pertanian sudah semestinya juga menitikberatkan pada peran dan kemampuan biologi dalam mendukung pertanian berkelanjutan. Stra-



Demplot multilokasi dan pemanenannya



Foto: Harmastini



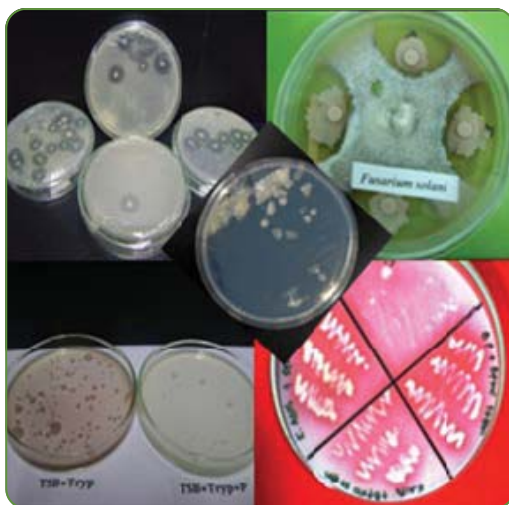
Foto: S. Antonius

tegi pendekatan yang dapat dilakukan adalah meliputi: pemanfaatan mikroba unggul bermanfaat (isolasi-penapisan-karakterisasi dan uji aplikasi mikroba-mikroba pemacu pertumbuhan yang memiliki aktivitas penambatan N, pelarutan P, penghasil hormon tumbuh, biokontrol, perombak pestisida). Tidak kalah pentingnya adalah upaya monitoring kualitas lahan yang melibatkan parameter keberadaan dan aktivitas mikroba tanah, pengembangan teknik baru penyiapan inokulan padat maupun starter (biang induk) pupuk hayati cair, serta pengembangan metode dan sarana/alat

pembuatan pupuk organik hayati padat dan cair (*Solid-Liquid Organic Biofertilizer/ S-LOB*) yang memenuhi standar dan mudah diadopsi masyarakat.

Pada uji coba aplikasi pupuk organik hayati (POH) Beyonic seri StarTmik-LIPI pada tanaman semangka, kedelai, kacang tanah dengan aplikasi total 40 L/Ha selama satu musim tanam oleh kelompok tani Kecamatan Malinau, Kota Malinau membuktikan, rata-rata hasil panen dapat meningkat 20–30%, walaupun penggunaan pupuk kimia (anorganik) diturunkan 30–50%.

Mikroba unggul yang ditumbuhkan pada cawan petri yang mengandung media selektif dengan aktivitas mengendalikan jamur patogen (atas kiri dan kanan), menambat nitrogen (tengah), Melarutkan P (kanan bawah) dan menghasilkan IAA (kiri bawah)

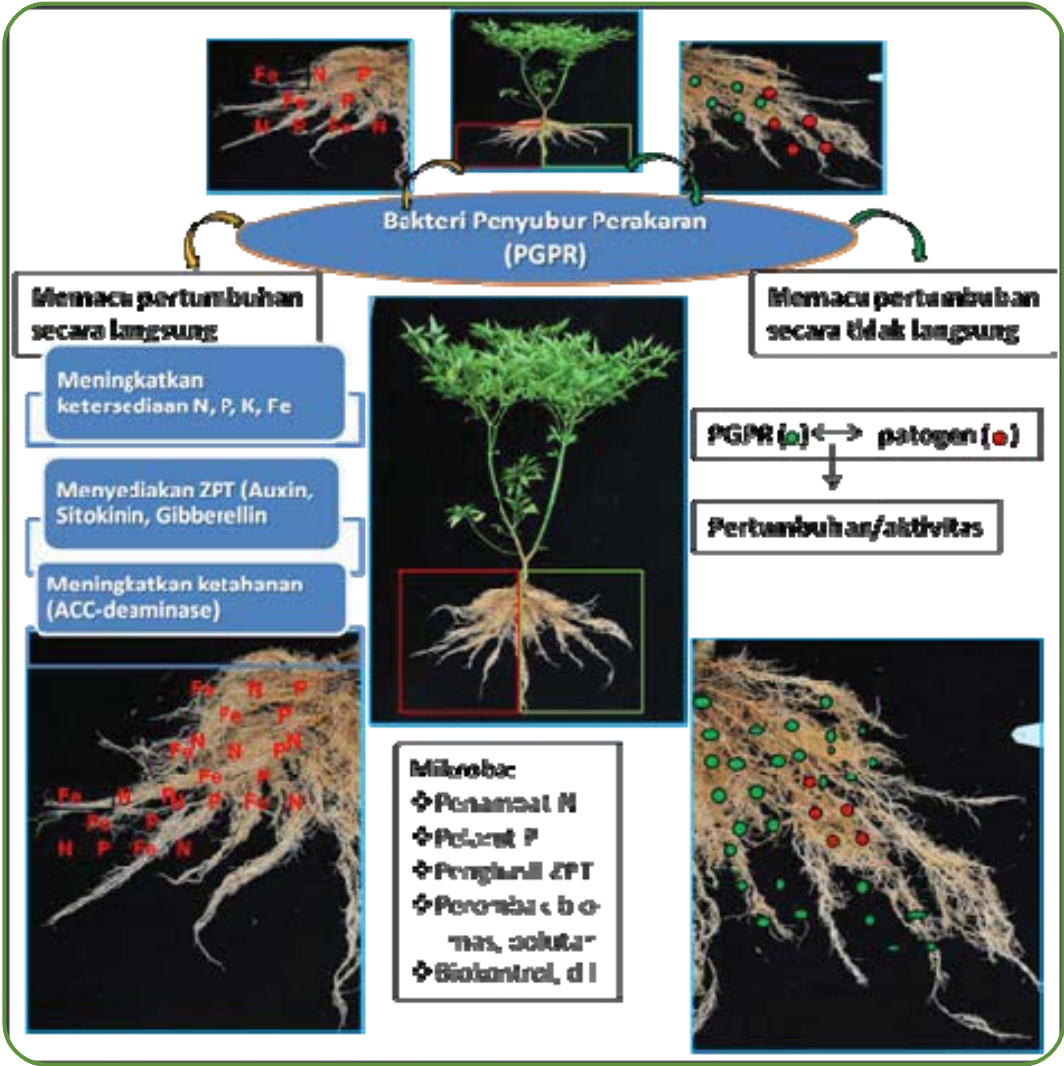


Untuk mendapatkan pupuk organik hayati padat dan cair yang berkualitas diperlukan starter (biang induk mikroba) yang unggul, terseleksi, dan terkarakterisasi. Dari hasil eksplorasi mikroba bermanfaat pendukung kesuburan dari sebagian besar kawasan di Indonesia, telah berhasil diseleksi dan dikarakterisasi (sifat biokimia dan taksonomi molekuler) serta diuji skala laboratorium dan lapangan. Tiga kelompok mikroba terseleksi dan terpilih meliputi

Teknologi POH Beyonic –StarTmik



Foto: S. Antonius dkk.



Sumber: S. Antonius dkk.

bakteri (*Pseudomonas*, *Bacillus*, *Burkholderia*, *Ochrobactrum/Brucella*, *Klebsiella*, *Rhodo-coccus*), *Actinomycetes* (*Streptomyces*), dan Jamur perombak biomas (*Aspergillus*, *Trichoderma*, dan *Fusarium* bukan patogen). Tiap jenis mikroba tanah tersebut memiliki kemampuan multiaktivitas biokatalis dalam membantu menyediakan N, P, hormon tumbuh, merombak bahan organik, agen biokontrol dan perombak bahan polutan.

Tumbuhan untuk Industri Pestisida Alami

Seiring dengan meningkatnya kesadaran terhadap bahaya lingkungan yang ditimbulkan oleh pestisida kimia, intensitas penelitian tentang pestisida alami (*bio-pesticide*) mengalami peningkatan. Sampai saat ini sebagian besar pestisida yang beredar di pasaran mengandung bahan aktif berbahaya, seperti *klorpyrifos*, *imidacloprid*, *phoxim*, *fanvalerate*, dan *diazinon*.

Pemanfaatan pestisida alami merupakan

sebuah teknologi alternatif untuk mengurangi penggunaan pestisida sintetik. Alam Indonesia memiliki kekayaan biodiversitas yang tinggi, di antaranya adalah tanaman yang memiliki potensi yang sangat besar untuk dikembangkan menjadi pestisida alami. Tanaman-tanaman, seperti bintaro (*Cerbera odollam* dan *Cerbera manghas*), kecubung (*Brugmansia candida*), *Antiaris toxicaria*,

mimba (*Azadirachta indica*), sirih (*Piper betel*), srikaya (*Annona squamosa*), sirsak (*Annona muricata*), cengkeh (*Syzygium aromaticum*), kipahit (*Picrasma javanica*), tembakau (*Nicotiana tabacum*), pinang (*Areca catechu*), keluek (*Pangium edule*), saga (*Abrus precatorius*), kemukus (*Piper cubeba*), dan serai (*Cymbopogon cintratus*) merupakan beberapa jenis kekayaan alam Indonesia yang dilaporkan memiliki

A. Nimba
(*Azadirachta indica*)
;
B. Kecubung
(*Brugmansia candida*)



A. Tembakau
(*Nicotiana tabacum*);
B. Bintaro
(*Cerbera manghas*)



Tumbuhan untuk
pestisida dan
produk
Biopestisida
berbahan dasar
ekstrak nimba
untuk
pengendalian
serangga hama
gudang dan
pengendalian
serangga hama
rumah tangga
(EnviGard).



Foto: S. Yusuf dkk.

kemampuan yang sangat bagus sebagai bahan anti serangga hama. Hasil penelitian menunjukkan setiap bahan alam tersebut memiliki efikasi yang berbeda sehingga memiliki peluang untuk dikembangkan sebagai bahan pestisida alami. Efektivitas dari setiap tanaman sangat dipengaruhi oleh kandungan yang terdapat dalam setiap tanaman dikarenakan setiap tanaman mempunyai kandungan zat ekstrak yang berbeda. Zat ekstrak yang ditemukan dalam tanaman tersebut yang bersifat racun terhadap serangga, di antaranya adalah *Azadirachtin* dari mimba, *Eugenol* dari cengkeh, *Certerin* dari bintangoro dan *Nikotin* dari tembakau

Jamur Entomopatogen Bio Pestisida Ramah Lingkungan

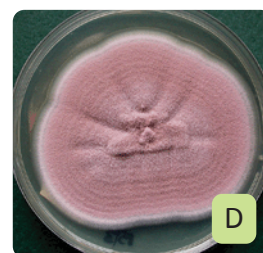
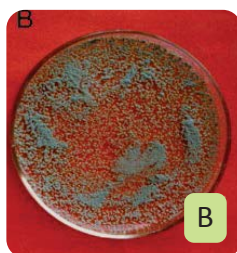
Indonesia memiliki ± 12.000 jenis jamur yang sudah diidentifikasi di mana sebagian dari jamur ini dapat dimanfaatkan sebagai pestisida alami. Pemanfaatan jamur sebagai pestisida alami telah mulai

berkembang beberapa dekade terakhir, dimana jamur entomopatogen dikembangkan sebagai biokontrol terhadap populasi rayap maupun kumbang. Sementara di Indonesia, pemanfaatan agen hayati khususnya jamur entomopatogen digunakan untuk pengendalian hama.

Jamur-jamur dari kelompok entomopatogen yang berpotensi untuk dikembangkan sebagai pengendali serangga, di antaranya jamur adalah *Verticillium lecanii*,



M. anisopliae
untuk pestisida alami



A. *B. bassiana*
B. *Nomuraea* sp.
C. *Humicola* sp.
D. *paecilomyces* sp.



Serangga yang terinfeksi Jamur Entomopatogen

Foto: S. Yusuf dkk.

Produk
Biopestisida
Berbahan Dasar
Jamur
Entomopatogen



Foto: S.Yusuf ,dkk.

Metarhizium anisopliae, *M. flavoviride*, *Beauveria bassiana*, *B. brongniartii*, *Paecilomyces fumosoroseus*, *Lagenidium giganteum*, dan sebagainya karena lebih dari 700 jenis jamur hidup sebagai parasit bagi serangga.

Contoh klasik telah dilakukan terhadap introduksi *Entomophaga maimaiga* terhadap ngengat, *Lagenidium giganteum* atau *Coelomonomyces* terhadap nyamuk, *Beauveria bassiana* terhadap kumbang, dan *Entomophaga gryllii* terhadap belalang sebagai upaya pengendalian jenis serangga perusak tersebut yang membuahkan hasil sangat signifikan.

Serangga Parasitoid untuk Penyelamat Industri Pangan

Ketela pohon (*Manihot esculenta*) adalah sumber makanan pokok untuk lebih dari 400 juta penduduk Afrika. Pada tahun 1973, di Republik Congo pertanian ketela pohon mendapatkan serangan serius hama kutu putih (*Phenacoccus manihoti*) yang akibatnya akan mengancam jutaan penduduk Afrika. Upaya pengendalian insektisida dengan menggunakan pesawat dan cara-cara lain yang telah menelan

biaya 30 juta US\$, ternyata tidak berhasil.

Para peneliti serangga di bidangnya mencari musuh alami hama kutu putih tersebut dan menemukan musuh alami yang cocok, yaitu tawon parasitoid *Anagyrus lopezi*. Tawon parasitoid ini ukurannya sekitar 2 mm dan semula hidup di pinggir hutan dan memiliki inang spesifik kutu putih. Tawon kemudian dikembangkan secara massal di laboratorium entomologi. Setelah berhasil dikembangkan kemudian dilepaskan secara masal. Beberapa tahun kemudian kutu putih berhasil dikendalikan.

Di Indonesia pemanfaatan lalat Jatiroto (*Diatraeaophaga striatalis*) untuk hama penggerek batang tebu (*Chiloioirocilius* dan *Chilosachariphagus*) adalah contoh lain yang perlu dicermati. Hama penggerek batang telah berhasil dikendalikan dengan lalat jatiroto yang berasal dari hutan alam berhasil mengendalikan hama tebu di perkebunan Kadipaten, Majalengka, Jawa Barat dan menurunkan serangan hama dari 16,3% hingga 4,2%. Kasus lain untuk hama tanaman pangan seperti padi dapat dikembangkan dari musuh alami ini secara cepat.

Pengembangan laboratorium sederhana untuk industri produksi serangga parasitoid dapat dikembangkan di setiap kabupaten untuk mengatasi hama setempat karena hanya membutuhkan investasi murah dan luasan lahan tidak kurang dari 100 m².

Mikroba untuk Industri Pengawetan Perikanan

Penanganan ikan yang baik semenjak diangkat dari air hingga cara pengolahan dan pengawetan yang baik merupakan kunci yang menentukan kualitas produk ikan. Usaha untuk mengawetkan ikan sebaik-baiknya agar dapat dimanfaatkan sebagai bahan pangan dapat dilakukan dengan beberapa cara. Salah satunya adalah dengan menggunakan suhu rendah pada semua rantai produksi dan distribusi sehingga dapat mempertahankan tingkat kesegaran ikan. Cara lain yang cukup umum adalah penggaraman, pengeringan, dan pengasapan. Sekitar 70,38% dari bentuk pengolahan ikan yang dilakukan adalah pengeringan dan penggaraman. Beberapa peneliti lain memanfaatkan senyawa seperti khitosan yang telah terbukti dapat meningkatkan daya tahan produk ikan hingga 3 bulan. Keunikan bahan pengawet khitosan ini adalah karena mempunyai gugus amino. Pelapis dari polisakarida ini merupakan penghalang (*barrier*) yang baik, sebab pelapis jenis ini dapat membentuk matriks yang kuat dan kompak yang berfungsi sebagai pelindung. Khitosan mudah larut dalam asam organik dan memiliki muatan positif kuat yang dapat mengikat muatan negatif dari senyawa lain, termasuk yang terdapat di dalam membran bakteri. Penelitian lain menggunakan bakteri asam laktat untuk mencegah pertumbuhan bakteri pembusuk pada ikan dengan menciptakan kondisi lingkungan yang asam sehingga membatasi pertumbuhan

bakteri pembusuk. Cara-cara ini merupakan cara alami yang sedikit menimbulkan dampak negatif bagi manusia dan lingkungan. Khitosan banyak dihasilkan dan diambil dengan mudah di bumi nusantara ini

Mikroba untuk Enzim Pangan Fungsional

Kitin merupakan biopolimer yang keberadaannya di alam kedua terbanyak setelah selulosa dan diproduksi terutama dari kulit Krustasea (udang dan kepiting). Produksi kitin dan kitosan dunia saat ini mencapai 2000 ton/tahun dengan negara Jepang dan Amerika sebagai produsen utama dan dalam jumlah kecil juga diproduksi oleh Norwegia, India, Italia, dan Polandia. Beberapa negara mulai tertarik mendirikan pabrik kitin, di antaranya Cina, Pakistan, dan Thailand. Jepang diketahui merupakan konsumen utama (hampir 90%) kitin. Diperkirakan limbah kulit Krustasea dunia mencapai 5 juta ton (kering) yang apabila diolah dapat menghasilkan kitin sekitar 14–35%-nya (sekitar 200 ribu ton). Harga kitin di pasar internasional mencapai US\$ 10/kg sedangkan kitosan US\$ 15–40/kg tergantung dari kualitasnya.

Indonesia sebagai negara pengekspor udang dan kepiting juga memiliki peluang sebagai produsen kitin dan derivatnya. Ekspor udang dan kepiting Indonesia mencapai 94 ribu ton/tahun (90 ribu ton udang, 4 ribu ton kepiting) yang apabila diolah akan menghasilkan kitin paling tidak

sebanyak 13 ton/tahun. Hasil Survei Badan Riset Kelautan dan Perikanan (BRKP) menyatakan bahwa di daerah Jabotabek tersedia sekitar 100 ton kulit udang kering/bulan (setara dengan 13 ton kitin) yang apabila dikonversikan setara dengan US\$ 65 ribu/bulan atau US\$ 780 ribu/tahun.

Kitin dan derivatnya (kitosan, kitooligosakarida, dan glukosamin/N-asetil glukosamin) semakin menarik perhatian karena aplikasinya sangat luas. Senyawa tersebut diketahui memiliki aktivitas biologi, seperti antimikroba, antitumor, antikanker, imunostimulator, antioksidan, antiinflamasi, antipenuaan, dan lain-lain. Tercatat 200 aplikasi kitin dan derivatnya dalam berbagai industri, termasuk pangan (rasa, pengawet, pembentuk tekstur, emulsifier, penjernih minuman), medis (mengobati luka, lensa kontak, membran untuk dialisis darah, antitumor, antimikroba), pertanian dan lingkungan (pupuk, fungisida, menyimpan benih, penjernih air), kosmetika (krim pelembap, produk untuk perawatan rambut).

Sampai saat ini, proses produksi kitin dan derivatnya terutama dilakukan secara kimiawi dengan menggunakan asam dan basa kuat pada suhu tinggi. Pada proses tersebut akan dihasilkan produk yang terkontaminasi dan limbah kimia yang dapat mencemari lingkungan. Penggunaan mikroba dan atau enzim yang dihasilkan pada proses produksi kitin dan derivatnya menjadi alternatif untuk menanggulangi

masalah tersebut. Hidrolisis kitin secara enzimatis dilakukan pada suhu yang lebih rendah dan lebih mudah dikontrol dengan hasil yang cukup baik. Enzim yang diketahui dapat menghidrolisa kitin, yaitu kitinase dan selulase yang dihasilkan terutama oleh mikroba. Potensi untuk mendapatkan mikroba unggul penghasil enzim kitinase sangat besar mengingat bahwa Indonesia merupakan negara yang memiliki keanekaragaman biota sangat tinggi, termasuk jenis mikrobanya.

Senyawa glukosamina (monomer dari kitosan) dan N-asetilglukosamina digunakan untuk pengobatan penyakit osteoarthritis (nyeri sendi), gastritis, divertikulitis dan memiliki aktivitas antipenuaan. Dibandingkan dengan D-glukosamina yang diproduksi secara kimiawi, N-asetil-D-glukosamina lebih disukai karena selain bersifat lebih stabil juga memiliki rasa yang manis sehingga dapat diterima apabila digunakan secara oral. Kondisi optimal (suhu, pH, kadar substrat, waktu inkubasi) baik untuk produksi enzim kitinase maupun untuk proses hidrolisis kitin pada skala laboratorium (3 liter) serta proses pemurnian senyawa produk (N-asetil-D-glukosamina) telah diketahui.

Dewasa ini, penelitian mengenai hidrolisis kitin difokuskan pada sintesis secara enzimatis senyawa kitooligosakarida. Kitin bersifat tidak larut air, sedangkan kelarutan kitosan dalam air terbatas dan tergantung pada tingkat deasetilasi,

sedangkan kitooligosakarida larut dalam air sehingga lebih mudah diaplikasikan dalam sistem mahluk hidup. Kitooligosakarida terbukti memiliki aktivitas antioksidan, antimikroba, antikanker, berpotensi digunakan untuk mencegah dan mengobati berbagai inflamasi kronis (seperti colitis, sakit gigi, hepatitis, dan gastritis), dan juga berfungsi sebagai prebiotik. Kitinase (endokitinase) yang dihasilkan ternyata dapat dihasilkan oleh beberapa isolat *Aktinomisetes*.

Mikroba untuk Peningkatan Kualitas Industri Peternakan

Betakaroten merupakan pro-vitamin A yang memiliki aktivitas antioksidan. Antioksidan betakaroten juga memengaruhi pembentukan enzim yang berperan pada kesembuhan penyakit jantung koroner. Bahkan ada yang menyebutkan antioksidan betakaroten dapat mencegah diabetes, membuat penglihatan menjadi lebih tajam, meningkatkan kemampuan belajar dan mengingat, meningkatkan kekebalan tubuh, menghilangkan gejala penyakit radang sendi, menghilangkan gangguan tulang belakang dan otak, serta menghambat pertumbuhan kanker. Antioksidan betakaroten terbukti mempunyai pengaruh yang baik terhadap tubuh. Orang yang mengonsumsi antioksidan betakaroten, keping-keping darahnya tidak mudah pecah ataupun menggumpal. Kelebihan lain adalah sebagai pencegahan penyakit jantung koroner. Antioksidan betakaroten sangat dibutuhkan oleh tubuh dan harus

dipasok dari luar, untuk memasok dari luar dapat diusahakan dengan mengonsumsi telur, namun permasalahannya kandungan betakaroten dalam telur sangat rendah sehingga diperlukan telur cukup banyak. Untuk meningkatkan betakaroten dalam telur 7–10 kali lipat dapat dilakukan dengan inovasi mikroba. Ayam yang diberi pakan dengan formulasi ini yang tinggi akan menghasilkan telur yang juga kaya akan betakaroten. Suplemen ini dibuat melalui proses fermentasi cair menggunakan biakan mikroba tertentu (yang diketahui mengandung banyak metabolit betakaroten, serta memiliki kualitas yang bagus dibandingkan sumber betakaroten nabati), dengan air kelapa sebagai substrat penginduksi. Jumlah suplemen yang dicampurkan dalam pakan komersial ayam petelur dengan konsentrasi antara 1–5%. Telur ayam bersuplemen ini juga memiliki kolesterol 1/3 lebih sedikit, lemak jenuh 1/4 lebih sedikit, vitamin A 2/3 lebih banyak, dan betakaroten 7–10 kali lebih tinggi. Kemudian, vitamin D-nya juga tiga sampai enam kali lebih banyak. Semua itu penting dalam meningkatkan kekebalan tubuh, fungsi penglihatan, fungsi otak, hingga kesehatan organ jantung. Karena vitamin E dan D, omega-3, betakaroten, serta setengah dari jumlah protein pada telur, didapatkan dari kuning telurnya sehingga masyarakat juga disarankan untuk mengonsumsi bagian lezat dari telur ini. Tentunya, selama tidak berlebihan mengonsumsinya, akan diperoleh manfaat kesehatan secara maksimal.

Mikroba untuk Probiotik

Probiotik adalah mikroorganisme hidup yang bersama dengan bahan makanan memberikan manfaat dalam meningkatkan pencernaan, fungsi metabolisme, dan kesehatan pada umumnya. Probiotik menghasilkan enzim glukosidase dan transferase yang memodifikasi karbohidrat kompleks menjadi siap pakai dalam sistem pencernaan. Selain sebagai sumber protein sel tunggal, probiotik ini juga berperan dalam meningkatkan fungsi sistemik imunitas. Probiotik *Lactobacillus* dan *Acetobacter* banyak ditemukan di dalam buah-buahan tropis. Isolat bakteri probiotik dari buah markisa setidaknya berpotensi mereduksi peningkatan kolesterol, pencegahan aterosklerosis, peningkatan sistem imunitas nonspesifik dan detoksifikasi senyawa beracun.

Sebagian besar probiotik yang beredar adalah yang berasal dari susu dan berasal dari daerah subtropis. Probiotik ini telah banyak dikarakterisasi dan bermanfaat di sistem pencernaan, pencegah infeksi, dan imunomodulator. Penelitian dan pemanfaatan probiotik di Indonesia masih terbatas seperti dalam pakan ternak dan proses pengawetan makanan. Permasalahan penting dalam pemanfaatan probiotik ini adalah proses transformasi ke proses industri yang menjamin stabilitas seperti di habitat alaminya. Proses seleksi dan modifikasi kondisi fisiologi dan genetik dalam suatu formulasi pertumbuhan dan formulasi produk telah dilakukan untuk

menjamin probiotik terseleksi yang lebih stabil secara genetis dan berdaya guna secara praktis.

Bakteri probiotik dari buah-buahan tropis sebagian besar teridentifikasi sebagai *Lactobacillus plantarum*. Karakterisasi probiotik berdasarkan mekanisme probiosis *mannose specific adhesin* (MSA) menunjukkan adanya keragaman aktivitas yang sebanding dengan ekspresi gen untuk aktivitas tersebut. Aktivitas MSA ini menyebabkan probiotik tersebut dapat berkompetisi dan kolonisasi di membran usus serta menginduksi respons imunitas. Dua isolat *L. plantarum* Mar 8 dan *L. citreum* Mar A17 terseleksi berdasarkan aktivitas MSA yang relatif lebih baik dan stabilitas ekspresi gennya. Aktivitas ini tetap dipertahankan dalam 10 generasi kultur.

Kedua bakteri probiotik tersebut telah berhasil dienkapsulasi dan diformulasi dalam bentuk sediaan yang lebih praktis. Sel-sel probiotik yang terenkapsulasi tersebut tetap dapat mempertahankan stabilitas ekspresi gen probiosis MSA selama sepuluh generasi kultur dan enkapsulasi. Khusus untuk probiotik *L. plantarum* Mar 8 yang lebih sesuai untuk pangan fungsional, telah dilakukan pengujian hayati dalam mengurangi terjadinya diare, baik yang disebabkan oleh penyebab nonpatogen seperti dalam model induksi minyak jarak, maupun yang disebabkan oleh infeksi patogen seperti pada model induksi dengan *Salmonella*

typimurium. Secara praktis hasil ini mengindikasikan bahwa probiotik dapat digunakan dalam pengobatan diare secara umum dan pencegahan terutama diare yang disebabkan oleh infeksi patogen. Respons imunitas seluler seperti fagositosis patogen oleh makrofag teramati ditingkatkan oleh probiotik dalam kasus induksi diare.

Keanekaragaman Mikroba Penghasil Biokatalis untuk Produksi Gula Langka

International Society of Rare Sugars (ISRS) menggolongkan monosakarida dan senyawa turunannya berdasarkan kelimpahannya di alam. Berdasarkan klasifikasi tersebut, dari seluruh heksosa dan pentosa yang ada, hanya tujuh (glukosa, galaktosa, mannososa, fruktosa, xilosa, ribose, dan L-arabinosa) yang terdapat di alam dalam jumlah yang berlimpah, sedangkan 20 heksosa dan 9 pentosa lainnya digolongkan sebagai gula langka. Gula langka sangat sulit diekstrak dari sumber alamnya sehingga harus diproduksi melalui reaksi (bio)kimia. Meskipun demikian, beberapa gula langka tersebut saat ini telah tersedia secara komersial sebagai produk massal, seperti misalnya D-tagatosa dan D-sorbosa. Sebaliknya, gula langka lainnya tetap dianggap sebagai senyawa khusus dan unik, dan lazimnya digunakan dalam aplikasi bernilai tinggi. Melalui proses produksi yang lebih efisien, gula-gula langka di masa mendatang diharapkan

dapat tersedia dalam jumlah yang memadai, baik untuk kepentingan penelitian maupun aplikasi di sektor farmasi dan industri lainnya, agar dapat diperoleh aplikasi maupun karakteristik baru yang belum diketahui sampai saat ini.

Oleh karena kelangkaannya di alam, gula langka harus diproduksi secara (bio) kimiawi dengan menggunakan bahan baku (substrat) yang lebih murah dan tersedia dalam jumlah banyak.

Enzim-enzim lazimnya diisolasi dari berbagai jenis mikroorganisme dan berasal dari berbagai macam lingkungan alami. Dengan demikian, Indonesia dengan keanekaragaman hayati mikroorganisme yang sangat tinggi menyimpan potensi yang sangat besar untuk perolehan enzim-enzim yang berpotensi tinggi dalam biokonversi atau produksi gula langka untuk berbagai aplikasi. Oleh karena itu, diperlukan kerangka dan langkah-langkah yang konkret agar potensi besar tersebut dapat direalisasikan.

Mikroba untuk Penghasil Enzim Isomerase

Enzim keto-aldol isomerase lazim juga disebut sebagai aldosa isomerase atau lebih sederhana sebagai isomerase. Isomerase mengkatalisis reaksi redoks intramolekuler dengan mengubah fungsionalitas gugus karbonil antara posisi C1 dan C2. Karena spesifitas substratnya yang luas, enzim tersebut sering

Beberapa contoh gula langka serta aplikasinya

Enzim	Aplikasi
D-Allosa	Pengobatan tumor, misalnya myeloid leukemia kronis (CML)
D-Arabinosa	Sintesis senyawa anti tumor, seperti turunan dari asam dehidroamino
D-Psikosa	Pemanis tanpa kalori untuk pengobatan diabetes Prekursor dari xylosilpsikosa untuk prebiotik, kosmetik, dan terapeutik
D-Tagatosa	Pemanis tanpa kalori untuk pengobatan diabetes Bahan aditif dalam detergen, kosmetik, maupun formulasi farmasi
D-Talosa	Senyawa antitumor dan antimikroba
L-Allosa	Senyawa terapeutik untuk penyakit vaskulogenesis
L-Fruktosa	Komponen dalam pembuatan insektisida
L-Galaktosa	Sintesis senyawa antivirus Komponen dari saponin untuk aplikasi dalam industri pangan, kosmetik, dan farmasi
L-Gulosa	Senyawa pembentuk bleomycin A sebagai senyawa antikanker Senyawa pembentuk nucleosida sebagai senyawa antivirus
L-Ribosa	Senyawa pembentuk L-nucleosida untuk antivirus dan antitumor

Sumber: Kusharyoto & Saksono

digunakan dalam proses sintesis heksosa maupun pentosa dengan menggunakan bahan baku senyawa gula yang lebih murah. Sebagai contoh, enzim xylosa isomerase justru lebih dikenal sebagai glukosa isomerase karena enzim tersebut lebih sering digunakan untuk produksi

sirup dengan kandungan fruktosa tinggi dari jagung. Karena spesifitasnya yang luas, dalam pemanfaatan enzim tersebut perlu diperhatikan pula apakah substratnya diubah menjadi satu atau beberapa produk yang berbeda. Apabila enzim tersebut tidak cukup spesifik, produk campuran dapat diperoleh sehingga dapat menyulitkan proses pemurnian produk yang sesungguhnya diinginkan. L-rhamnosa isomerase dari *Bacillus pallidus*, misalnya, mampu mengubah L-psikosa menjadi L-allosa, atau L-fruktosa menjadi L-mannosa atau L-talosa menjadi L-tagatosa tanpa adanya pembentukan produk samping. Di Pusat Penelitian Bioteknologi-LIPI sedang dikembangkan L-rhamnosa isomerase dari *Geobacillus thermoglucosidarius* yang diharapkan memiliki karakteristik yang

Instrumen proses fermentasi untuk produksi enzim



Foto: Kusharyoto & Saksono

serupa dengan L-rhamnosa isomerase dari *B. pallidus*.

Ternak Mamalia Masa Depan Melalui Teknologi Embrio Transfer untuk Peningkatan Produksi Daging

Secara biogeografi setiap pulau di Indonesia memiliki kekhasan fauna yang dapat dikembangkan dan didomestikasikan untuk program budi daya guna mencukupi kebutuhan daging. Sebagai contoh kawasan Sumatra, Jawa, dan Kalimantan dapat melakukan domestikasi satwa kelompok rusa-rusaan (*Cervus* spp., *Muntiacus* spp.); untuk kawasan Sulawesi mengembangkan anoa (*Bubalus* spp.), babi rusa (*Babirusa babirusa*), rusa (*Cervus timorensis*); dan kawasan Papua dapat mendomestikasi satwa dari kelompok walabi dan kanguru (*Macropus* spp., *Dendrolagus* spp.). Melalui peningkatan produksi daging berbasis satwa lokal,

dapat diperkirakan satwa endemik Indonesia tidak akan punah, sebaliknya kebutuhan daging akan tercukupi.

Peningkatan populasi satwa asli Indonesia dan hewan ternak khususnya mamalia, jika hanya mengandalkan teknologi inseminasi buatan seperti yang dilaksanakan saat ini terasa sangat kurang. Penggunaan teknologi transfer embrio (TE) selanjutnya akan menjadi harapan masa depan untuk semua ternak atau untuk satwa-satwa asli Indonesia, agar mempercepat pemenuhan kebutuhan daging.

Teknologi TE adalah suatu proses mengambil (*flushing*) embrio dari uterus satwa donor (penghasil embrio) yang telah diovulasi ganda (*superovulasi*) dan memindahkannya ke uterus satwa resipien (penerima embrio) dengan menggunakan metode, peralatan dan waktu tertentu. Teknologi ini merupakan generasi kedua bioteknologi reproduksi setelah inseminasi

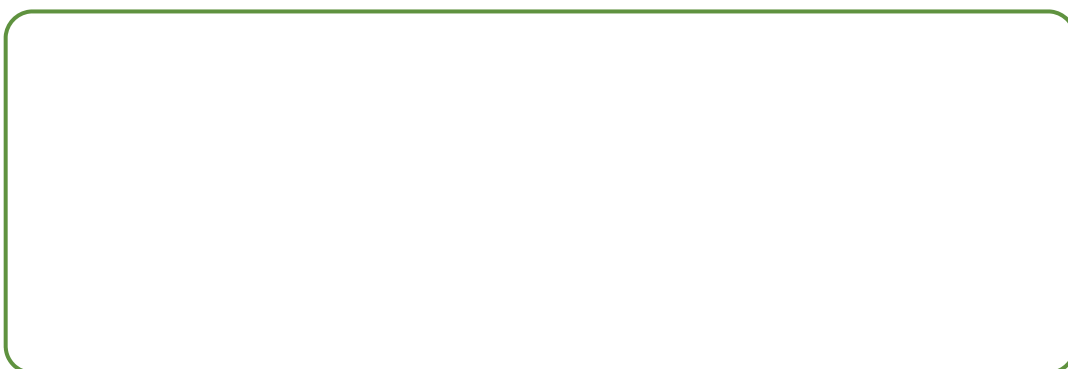


Foto: S. Said dkk.

Beberapa hasil riset terkait Upaya Peningkatan Populasi dan Mutu Genetik Ternak Sapi di Indonesia:

1. Hasil Transfer Embrio (TE), 2-3. Kembar hasil inseminasi buatan dan TE, 4. Transfer embrio *in vitro*, 5. Hasil IB sexing, 6. Kerbau belang berkembang di luar habitat aslinya. 7. Hasil ET pada sapi bali.

Memperlihatkan bahwa kita mampu menghasilkan ternak-ternak unggul melalui aplikasi bioteknologi peternakan demi membuka jalan menuju swasembada daging dan susu nasional.

Teknologi embrio transfer rusa, anoa, babi rusa, muncak, walabi, kambing hutan diharapkan dapat dikembangkan sebagai hewan ternak penghasil daging masa depan



Foto: I. Maryanto dkk.

buatan (IB), dan saat ini paling sering diterapkan pada ternak sapi, tetapi dapat dilakukan pada mamalia lain, seperti kelinci, domba, rusa, anoa, walabi, dan mamalia asli Indonesia lainnya sebagai penghasil daging. Keuntungan jika menggunakan teknologi embrio transfer di antaranya adalah sebagai berikut.

- Dalam hal menghasilkan bibit murni sebagai hewan ternak seperti sapi (*pure breed*), melalui aplikasi TE hanya diperlukan waktu satu generasi (9 bulan) untuk memperoleh bibit murni (100% *pure breed*). Aplikasi IB memerlukan waktu minimal lima generasi (sekitar 15 tahun) untuk memperoleh tingkat kemurnian bibit 96%.
- Memberikan akselerasi perkembangan ternak bibit unggul, baik pejantan maupun betina.
- Mempermudah dan mengurangi biaya



dalam proses transportasi penyebaran bibit unggul.

- Mengurangi risiko penyebaran penyakit menular.
- Merupakan dasar bioteknologi dalam mendukung rekayasa embrio yang lebih tinggi di bidang reproduksi ternak dan satwa asli Indonesia.

Daging Landak ber-DHA dan EPA Tinggi

Kebutuhan daging terus meningkat, sebaliknya potensi satwa asli belum tergarap dan landak dapat dijadikan solusi pengadaan daging masa depan. Di beberapa daerah di Indonesia, daging landak telah dimanfaatkan sebagai bahan pangan, sedangkan duri, darah, dan hatinya diyakini mengandung bahan obat. Duri landak juga digunakan sebagai bahan dalam membuat cinderamata. Hal ini telah mendorong meningkatnya perburuan terhadap landak.

Selain itu, pembukaan lahan menyebabkan semakin menyempitnya habitat satwa ini. Perburuan liar yang tidak terkendali dan pemanfaatan oleh penduduk lokal yang tidak berwawasan konservasi telah mengancam keberadaan landak. Berdasar-



Bagian tubuh landak yang dimanfaatkan sebagai obat (duri, minyak/salep dari kulit dan lemak, geliga)



kan fakta-fakta di atas sudah seharusnya dilakukan usaha pelestarian dan pemanfaatan perburuan liar, terutama di daerah yang tinggi tingkat pemanfaatan landak. Untuk mencapai pemahaman yang akurat telah dikaji bioprospeksi pada landak. Landak dewasa dapat mencapai bobot badan 12–15 kg dan berpotensi sebagai bahan konsumsi karena tingkat reproduksinya yang relatif cepat. Hasil penelitian menunjukkan bahwa daging landak mengandung protein 59,91%, lebih tinggi dari hewan lain, lemak 27,8% dan kolesterol 76 mg/100 g yang lebih rendah dari kolesterol daging sapi sehingga daging landak aman untuk dikonsumsi. Kandungan asam lemak omega DHA daging landak 20,64 mg/100 g lebih tinggi dari salmon dan kandungan EPA 7,61 mg/100 g lebih tinggi daripada ikan herring yang mengindikasikan tingginya kandungan



Sate landak



Berbagai cinderamata berbahan duri landak

Foto: W.R. Farida

antioksidan dalam daging landak. Duri dan hati landak mengandung asam-asam amino, seperti asam aspartat, asam glutamat, histidin, leusin, dan fenilalanin yang lebih tinggi daripada yang terkandung dalam daging sapi, bebek, tuna, dan hati ayam. Uji aktivitas afrodisiak ekstrak ekor landak terhadap libido tikus putih jantan dengan dosis 10.000 ppm menunjukkan tingginya aktivitas tikus jantan dalam upaya untuk mendekati tikus betina.

Pemanfaatan hewan dengan status dilindungi seperti landak, terutama untuk tujuan komersial, dapat dilakukan dimulai pada generasi kedua (F2). Untuk itu dalam rangka menunjang diversifikasi pangan, landak berpotensi untuk dibudidayakan seperti ternak domestikasi lainnya.

Sumber Daya Ikan Lokal dengan Sentuhan Teknologi Budi Daya

Ikan lokal di perairan tawar keadaannya masih cukup menggembirakan karena masih banyak jenis-jenis ikan asli kita yang tertangkap oleh para penikmat pemancingan baik di sungai-sungai, rawa-rawa maupun di perairan danau. Ikan-ikan bersisik, seperti ikan tawes (*Barbonymus gonionotus*), ikan palung (*Hampala macrolepidota*), ikan nilam (*Osteochilus vittatus*), ikan keprasan (*Puntius binotatus*), ikan lokas (*Labrobarbus cuvieri*), ikan derbang (*Puntius pinnauratus*), ikan wader (*B. balleroides*), ikan lampan (*Barbodes schwanenfeldi*), ikan kariat (*Puntius*

wandersii), ikan seluang (*Rasbora* spp.), ikan bada Danau Maninjau, ikan pangkilang (*Telmatherina* sp.) Danau Towuti dan banyak jenis udang air tawar masih mudah didapatkan dengan alat tangkap pancing.

Nilai kekayaan hayati perikanan ini akan lebih terasa nyata ketika terungkap melalui penelitian bahwa jenis ikan-ikan tertentu memiliki khasiat untuk kesehatan karena memiliki nilai gizi yang tinggi. Sebagai contoh, ikan gabus (*Channa striata*) dicari banyak orang karena mengandung albumin yang tinggi, digunakan sebagai menu pasien pascaoperasi untuk percepatan pemulihan luka dalam. Ikan sidat (*Anguilla* spp.) memiliki banyak keunggulan. Konon, tekstur dagingnya yang lembut mampu menyembuhkan berbagai penyakit, terutama penyakit kulit. Di Jepang dan Eropa, sidat digemari karena memiliki kandungan protein tinggi dan kaya vitamin A, B1, dan B2 (kandungan vitamin A ikan sidat 45 kali lipat dari kandungan vitamin A susu sapi). Dibanding ikan salmon, ikan sidat mengandung DHA (*Decosahexaenoic acid*, zat wajib untuk pertumbuhan anak) sebanyak 1.337 mg/100 gram, melebihi ikan salmon (748 mg/100 gram).

Salah satu ikan yang layak dikembangkan adalah ikan papuyu (*Anabas testudineus*) yang memiliki ketahanan hidup pada kualitas air yang buruk. Ikan ini tersebar di perairan tawar seluruh Indonesia. Di daerah Sumatra dan Kalimantan, ikan papuyu digemari masyarakat karena cita



Ikan bada dan telur Danau Maninjau potensi dikembangkan

Foto. D.S. Said



Foto. D.S. Said



Foto. R. Dlna

A. Udang sintang air tawar untuk protein hewani alternatif; B. Lobster air tawar, komoditas ekonomi penting di Danau Maninjau, Sumatra Barat.

rasa dagingnya yang khas. Secara biologi, ikan papuyu mampu memproduksi telur yang banyak. Satu ekor induk betina ikan papuyu (berat 20 g) dapat menghasilkan telur sekitar 30.000 butir (atau untuk 1 kg induk betina = sekitar 600.000 butir). Apabila dibandingkan dengan ikan mas (sekitar 100.000 butir/kg) atau ikan nila sekitar 1.000 butir dan ikan lele sekitar 10.000 butir, potensi reproduksi ikan papuyu tergolong sangat tinggi. Terlebih lagi, ikan papuyu memiliki siklus pemijahan



Foto. F. Ali

Udang air tawar, udang galah, dan udang sintang (*Macrobrachium sintangense*)



Foto: F. Ali

Ikan puyu dan telurnya potensial untuk dikembangkan Indonesia yang berpotensi budi daya

yang pendek (1 bulan), lebih pendek daripada ikan mas (6 bulan).

Ikan papuyu yang biasanya memijah pada musim tertentu, awal musim hujan, dapat dipijahkan kapan saja ketika gonad sudah matang dengan teknik rangsang pijah hormonal. Hibridisasi antara induk dari aksesori yang beragam menghasilkan anakan yang berukuran seragam dan berdampak peningkatan kelangsungan hidup larva menjadi benih siap tebar dari 4,57% menjadi 18,47%.

Ikan Gurami Tahan Penyakit

Saat ini ikan Gurami (*Osphronemus gouramy*) sudah dibudidayakan secara intensif, terutama di Pulau Jawa. Salah satu permasalahan yang dihadapi dalam membudidayakannya adalah ketahanan hidup yang rendah karena mudah diserang oleh penyakit yang salah satunya disebabkan oleh bakteri *Aeromonas*

hydrophila.

Pusat Penelitian Limnologi - LIPI telah melakukan penelitian terhadap berbagai jenis ikan gurami dari Sumatra dan Jawa untuk mendapatkan jenis ikan gurami yang tahan terhadap penyakit bakterial ini. Dari semua strain ikan gurami yang diuji coba ditemukan satu strain yang memiliki ketahanan alami terhadap penyakit aeromonas, yaitu strain padang. Strain ini mampu bertahan hidup setelah diinfeksi oleh *A. hydrophila*, bahkan setelah tiga kali penginfeksian strain ini tetap menunjukkan kualitas hidup yang tinggi.

Ikan gurami padang tersebut merupakan koleksi turun temurun milik Bapak Johnny Pilo dari Kampung Jambak, Kecamatan Koto Tangah, Kota Padang yang sudah membibitkan ikan gurami ini sejak tahun '80-an. Saat ini beliau sudah memiliki sekitar 2.000 ekor induk ikan gurami. Ikan gurami strain padang sangat dikenal sebagai ikan hias. Ikan gurami ini berwarna merah muda polos dengan perbandingan panjang dan lebar tubuh pada ikan dewasa hampir sama.

Ikan gurami strain padang tahan penyakit



Foto: L.R. Tanjung

Farmasi

Bahan Baku Obat

Ketersediaan bahan baku obat merupakan faktor penting bagi industri farmasi nasional. Sampai saat ini Indonesia masih mengandalkan bahan baku farmasi impor berasal dari Cina dan India. Sebagai contoh pada tahun 2007, total impor bahan farmasi penting mencapai USD 211,7 juta, 59% di antaranya adalah bahan baku antibiotik. Indonesia mencatat nilai impor sebesar USD 76,5 juta dari Cina untuk bahan baku antibiotik, vitamin, hormon, parasetamol, antalgin, dan antipirin. Impor bahan baku serupa dari India tercatat sebesar USD 25 juta.

Indonesia memiliki bioresource yang luar biasa, yang terdiri atas tumbuhan, mikroba dan hewan. Dari sekitar 30.000 jenis tumbuhan, tercatat sebanyak 7.500 jenis tumbuhan telah digunakan secara turun temurun dalam sistem pengobatan tradisional berbagai etnik di tanah air. Namun, sangat disayangkan bahwa jenis-jenis tumbuhan yang secara rutin termasuk ke dalam formulasi bahan obat, suplemen atau sediaan lainnya yang beredar dalam bentuk produk komersial tidak lebih dari 30 jenis tumbuhan. Sebagai contoh secara global diseluruh dunia keanekaragaman nya diprediksi melebihi keanekaragaman serangga (lebih dari dua juta jenis), dan baru sekitar 5–7% yang telah dikarakterisasi dengan baik. Jika dalam satu jenis tumbuhan yang ada di Indonesia ini minimal mengandung lima jenis mikroba endofit, maka dapat dihitung bahwa hutan Indonesia mengandung minimal 150.000 jenis mikroba endofit

yang dalam dua dasawarsa belakangan ini memperlihatkan potensinya sebagai penghasil bahan obat.

Bahan Obat Berbasis Actinomycetes Tropis

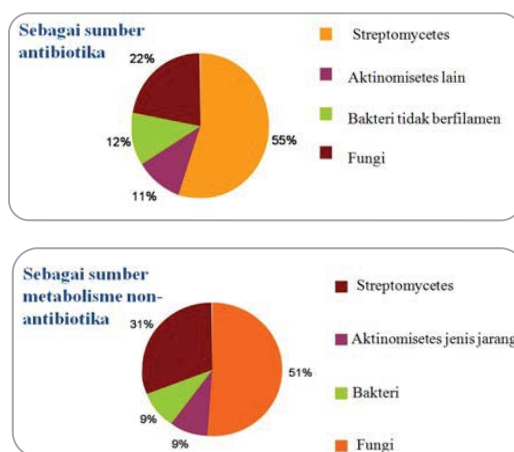
Kasus penyakit infeksi mikroorganisme dan penyakit kanker semakin meningkat secara progresif dari tahun ke tahun. Salah satu penyebab peningkatan penyakit tersebut adalah bertambahnya mikroorganisme patogen dan tingkat resistensinya. Peningkatan kasus penyakit tersebut diikuti dengan peningkatan kebutuhan obat. Akan tetapi, jumlah dan jenis obat yang tersedia di pasaran jauh lebih rendah dibanding dengan kebutuhan obat yang tinggi. Tingginya kasus penyakit infeksi tidak diimbangi dengan tingginya variasi bahan obat. Hal tersebut diperparah dengan semakin meningkatnya resistensi penyakit infeksi terhadap obat yang tersedia.

Saat ini, ada sekitar 10.000 antibiotika yang diproduksi oleh mikroorganisme dan 2/3-nya diproduksi oleh *Actinomycetes* terutama dari marga *Streptomyces*. Actinomycetes mampu memproduksi berbagai macam senyawa bioaktif. Sebagai contoh senyawa yang banyak dikenal saat ini adalah Rapamycin, Rifamycin, dan Doxorubicin masing-masing dihasilkan oleh *Streptomyces hygroscopicus*, *Amycolatopsis mediterranei*, dan *Streptomyces peuceutius*. Ketiga contoh senyawa tersebut telah diproduksi secara komersial sebagai antibiotik, antifungi dan anti kanker. Hasil kajian dari uji petik sampel di

Indonesia dengan melakukan penyaringan sekitar 1.800 mikroba jenis aktinomisetes dan fungi, lebih dari 30 isolat menghasilkan senyawa aktif yang telah diketahui sampai saat ini. Senyawa aktif tersebut antara lain adalah Sterigmatocystin, Griseofulvin, Cytochalasin E, Radicicol, Actinomycin D yang merupakan antibiotika yang sudah dimanfaatkan manusia. Walaupun 30 jenis senyawa aktif tersebut bukan senyawa aktif jenis baru, namun ini adalah kegiatan penyaringan secara *high throughput* pertama yang dilakukan untuk mikroorganisme berasal dari Indonesia.

Saat ini koleksi *Actinomicetes* Indonesia di LIPI lebih dari 3.500 isolat murni. Kesempatan besar untuk mengungkapkan potensi lebih lanjut untuk sumber bahan baku obat.

Prosentase sumber antibiotika dan non-antibiotika pada mikroorganisme



Tabel Jumlah senyawa aktif yang dihasilkan oleh mikroorganisme

Sumber	Antibiotika	Metabolisme bioaktif lain	Digunakan pada terapi manusia
<i>Actinomicetes</i>	8.700	900	100-120
Bakteri	2.900	1.400	10-12
Fungi	4.900	3.700	30-35

Sumber: Bérdy 2005.

Jamur Endofit untuk Industri Farmasi

Lebih dari 200 isolat jamur endofit telah diisolasi dari beberapa jenis tumbuhan obat yang ada di Indonesia. Dari hasil penyaringan ditemukan satu jenis jamur endofit yang berasosiasi dengan tumbuhan gambir (*Uncaria gambier*) yang diidentifikasi sebagai jamur *Diaporthe* sp. GNB-10. Jamur endofit ini memproduksi dua senyawa bisantrakuinon (+)-2,2'-episitos-kirin A dan (+)-1,1'-bislunatin dalam medium semi sintetik dan dikarakterisasi metabolit bioaktif yang diproduksinya. Senyawa (+)-2,2'-episitos-kirin A secara *in-vitro* telah terbukti memiliki potensi sebagai antibiotik dengan efek toksik yang lemah, dan saat ini masih dalam tahap uji pre-klinis dengan hewan coba. Di pihak lain senyawa (+)-1,1'-bislunatin secara *in-vivo* telah memperlihatkan potensinya sebagai antidiabetes tipe dua yang saat ini memperlihatkan kecenderungan penderita yang meningkat.

Jamur untuk anti depresi

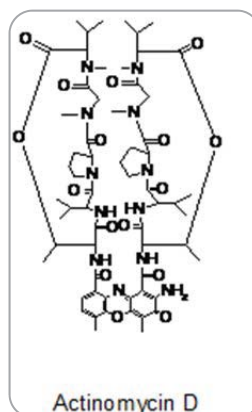
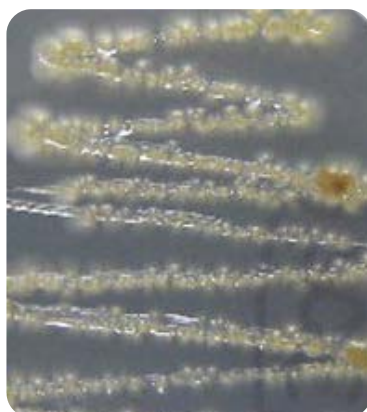
Selain sebagai bahan pangan, jenis-jenis jamur makro juga banyak dimanfaatkan sebagai bahan obat. Satu kelompok jamur

Nama marga	Jumlah isolat
<i>Streptomyces</i>	1641
<i>Actinoplanes</i>	451
<i>Kitasatospora</i>	150
<i>Micromonospora</i>	136
<i>Nonomuraea</i>	114
<i>Kineospora</i>	89
<i>Nocardia</i>	79
<i>Catenuloplanes</i>	47
<i>Kitasatospora</i>	46
<i>Cryptosporangium</i>	45
<i>Dactylosporangium</i>	37
<i>Kribbella</i>	29
<i>Planotetraspora</i>	28
<i>Streptacidiphilus</i>	28
<i>Pseudonocardia</i>	23
<i>Actinmadura</i>	20
<i>Mycobacterium</i>	18
<i>Couchioplanes</i>	15
<i>Streptacidiphilus</i>	15
<i>Streptosporangium</i>	15
<i>Saccharopolyspora</i>	14
<i>Nocardioidea</i>	12
<i>Amycolatopsis</i>	12
<i>Actinokineospora</i>	10
<i>Microbispora</i>	10
<i>Promicromonospora</i>	9
<i>Saccharothrix</i>	8
<i>Sphaerisporangium</i>	8
<i>Nocardiosis</i>	6
Belum diklasifikasi	5
<i>Actinosynnema</i>	4
<i>Gordonia</i>	4
<i>Catellatospora</i>	4
<i>Micromonosporaceae</i>	4

Nama marga	Jumlah isolat
<i>Rhodococcus</i>	4
<i>Dermacoccus</i>	3
<i>Geodermatophilus</i>	3
<i>Asanoa</i>	3
<i>Krasilnikovia</i>	3
<i>Isoptericola</i>	3
<i>Acrocarpospora</i>	3
<i>Microtetraspora</i>	3
<i>Brevibacterium</i>	2
<i>Catenulispora</i>	2
<i>Kineococcus</i>	2
<i>Polymorphospora</i>	2
<i>Verrucospora</i>	2
<i>Virgosporangium</i>	2
<i>Tsukamurella</i>	2
<i>Cellulomonas</i>	1
<i>Oerskovia</i>	1
<i>Corynebacterium</i>	1
<i>Dermatophilus</i>	1
<i>Dietzia</i>	1
<i>Blastococcus</i>	1
<i>Glycomyces</i>	1
<i>Agromyces</i>	1
<i>Agrococcus</i>	1
<i>Kocuria</i>	1
<i>Lochheadia</i>	1
<i>Micrococcus</i>	1
<i>Pseudosporangium</i>	1
<i>Patulibacter</i>	1
<i>Cellulosimicrobium</i>	1
<i>Saccharomonospora</i>	1
<i>Herbidospira</i>	1
<i>Planomonospora</i>	1
Total	3193

Jumlah koleksi
Actinomycetes di
Indonesia

Sumber: Widyastuti & K. Ando 2009



ID03-A0525
Nonomuraea sp. (kiri)
dan ID03-A0926
Streptomyces sp.
(kanan) dari tanah
Kebun Raya Eka Karya
Bali penghasil
Actinomycin D salah
satu antibiotika yang
sudah lama digunakan
untuk terapi kanker

Sumber: Lisdiyanti, *et al*, 2010.

yang sampai saat ini belum banyak diang-
kat adalah jamur penyebab halusinasi.
Jamur “narkoba” penyebab halusinasi
yang disebut juga “magic mushroom”
banyak dikenal oleh kaum muda di dunia
ataupun mungkin sudah dikenal di
Indonesia. *Psilocybe*, *Panaeolus*, *Pluteus*,
Gymnopilus, *Conocybe*, dan *Inocybe* meru-
pakan jamur-jamur halusinogenik yang ada
di sekitar kita dan belum diketahui jenis-
jenisnya. Dari keenam marga jamur ter-
sebut, *Psilocybe* banyak dikenal orang.

Jamur-jamur halusinogenik mempunyai
kandungan senyawa psilocybin dan
psilocin. Kedua senyawa kimia tersebut
dapat menjadi salah satu alternatif bahan
pembuatan obat anti depresi, tetapi belum
banyak dimanfaatkan di Indonesia. Salah
satu fungsi obat anti depresi yang diguna-
kan dalam bidang kedokteran adalah
menurunkan tingkat kecemasan penderita
kanker dalam mengatasi rasa sakit.

Pengetahuan jenis-jenis *Psilocybe* dan
marga-marga penyebab halusinasi di
Indonesia menjadi dasar untuk mengem-
bangkan obat dengan bahan dari alam.
Teknologi pengembangan psilocybin
sebagai bahan obat sudah dilakukan di
negara-negara berkembang, dan Sandoz
merupakan salah satu perusahaan farmasi
yang sudah mengembangkan psilocybin
sebagai bahan utama obat. Perusahaan
farmasi di Swiss ini mengemas obat yang
dibuat dari psilocybin dalam bentuk pil. Di
Indonesia psilocybin juga bisa dikem-
bangkan sebagai bahan obat. Sebagai
jamur saprotrof, proses budidaya jamur
Psilocybe tidak sesulit seperti jamur
ektomikoriza. Cara budidaya dan analisis
kandungan senyawa psilocybin dan
psilocin jamur-jamur halusinogenik bukan
menjadi halangan.

Kandungan bioprospeksi yang tidak kalah
penting adalah enzim yang dihasilkan dari
simbiosis antara tanaman dan jamur ekto-
mikoriza menghasilkan enzim atau “zat
tumbuh” spesifik lainnya sehingga jamur
ektomikoriza dapat tumbuh. Enzim atau
“zat tumbuh” inilah yang perlu diteliti,
dengan melibatkan peneliti-peneliti dari
bidang keilmuan yang berbeda.

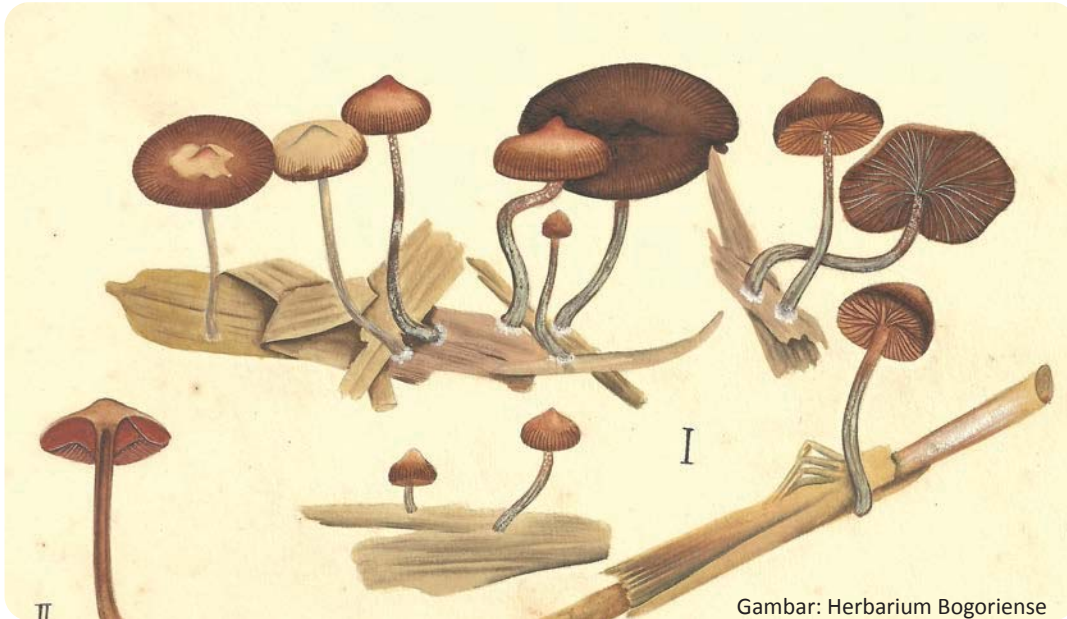
Sintesis Bahan Obat Kiral Melalui Biotransformasi Mikrobal: (R)-(-)-Asam Mandelat, untuk Obat Anti- Tumor dan Anti-Obesitas

Sintesis bahan obat kiral dalam bentuk
enantiomer tunggal merupakan salah satu

Inocybe sp.-
DSCF1049



Foto. A. Retnowati



Gambar: Herbarium Bogoriense

tantangan yang paling sulit diwujudkan dengan metode sintesis asimetris konvensional. Sebagai akibatnya, banyak obat kiral yang dipasarkan saat ini masih dalam bentuk campuran rasemat. Beberapa laporan menunjukkan bahwa ada peningkatan secara tajam ketertarikan industri dalam penggunaan enzim sebagai biokatalis untuk memproduksi senyawa bioaktif dalam bentuk enansiomer tunggal.

(R)-(-)-asam mandelat merupakan salah satu senyawa penting bagi industri farmasi. Senyawa tersebut merupakan sinton kiral (*chiral synthon*) untuk memproduksi beragam produk seperti bahan obat anti-tumor, anti-obesitas, antibiotika semi sintetik (penisilin dan cephalosporin). Sampai saat ini, dilaporkan ada beberapa metode enzimatis yang dilaporkan untuk memproduksi (R)-(-)-asam mandelat dengan melibatkan lipase, esterase, glioksilase, mandelat dehidrogenase, dan mandelat rasemase. Namun metode ini dinilai sulit diimplementasikan secara industri, karena

biaya produksi tinggi (substrat, kofaktor, dan enzim) dan stabilitas operasional biokatalis yang rendah.

Untuk menanggulangi kelemahan tersebut, saat ini banyak upaya riset diarahkan untuk mencari metode yang lebih efisien dan efektif untuk memproduksi (R)-(-)-asam mandelat. Saat ini telah berhasil diisolasi lebih dari 200 isolat mikroba pendegradasi nitril dari alam dan telah diperoleh enam isolat unggulan untuk dikembangkan sebagai agen biokatalis biotransformasi mandelonitril membentuk (R)-(-)-asam mandelat. Pencarian isolat unggul lainnya dari berbagai tipe ekosistem habitat dan pulau di seluruh Indonesia perlu segera dilakukan untuk mendapatkan isolat unggul lainnya industri masa depan.

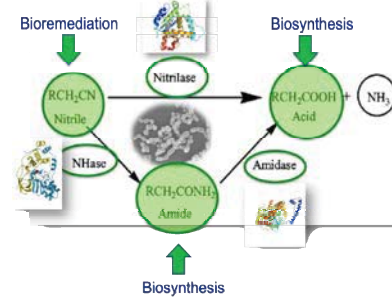
Mikroba pendegradasi nitril untuk biokatalis

Keanekaragaman mikroba sudah sejak lama dieksplotasi untuk memproduksi

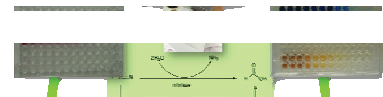
Sampling



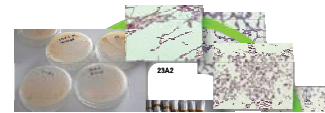
Pathway



Pengembangan Bioassay



Bioprocess



berbagai macam produk/bahan alam yang bernilai ekonomi tinggi seperti misalnya antibiotika, enzim (biokatalis), biofarmaka dan senyawa aktif lainnya. Keragaman karakteristik dan kemampuan mikroba dapat diciptakan secara artifisial yaitu dengan mengacak gen-gen penyandi enzim pendegradasi nitril yang ada ataupun dengan cara mengumpulkan secara langsung dari alam. Dilaporkan beberapa mikroba yang diisolasi dari alam seperti *Rhodococcus rhodochrous*, *Rhodococcus porydinovorans*, *Flavobacterium* sp., *Corynebacterium* sp. D5, *Bacillus* sp., *Pseudomonas* sp., *Fusarium* mampu menghidrolisis senyawa toksik nitril baik alifatik maupun aromatik. Melalui kegiatan bioprospeksi maka potensi yang tersimpan di dalam mikroba diharapkan dapat digali dan dimanfaatkan untuk pengembangan biokatalis dan sebagainya.

Enzim pendegradasi nitril yang disintesis oleh mikroba pendegradasi nitril mampu mengubah senyawa toksik nitril menjadi produk-produk yang bernilai ekonomi tinggi. Dilaporkan dalam sepuluh tahun terakhir ini peran enzim sebagai biokatalis telah diaplikasikan secara komersial untuk mensintesis senyawa-senyawa penting biofarmaka maupun amida atau asam-asam karboksilat yang bernilai ekonomi tinggi misalnya untuk produksi asam mandelat sebagai obat anti tumor dan anti obesitas, produksi akrilamida, produksi nilon dan sebagainya. Enzim pendegradasi nitril juga mempunyai aplikasi yang cukup luas baik sebagai agen bioremediasi untuk lingkungan tercemar maupun agen biotransformasi.

Trenggiling dan bioaktif

Trenggiling *Manis javanica* tersebar luas di Sumatra, Jawa, Kalimantan. Jenis ini oleh sebagian masyarakat sering dimanfaatkan untuk pengobatan tradisional dengan mencampur sebagian tubuh trenggiling dengan bahan lain. Pemanfaatan trenggiling sebagai dunia pengobatan dapat dipertanggungjawabkan secara keilmuan karena hasil analisis protein yang terkandung dalam sisik trenggiling terdiri atas keratin, selanjutnya sisik trenggiling mengandung zat aktif Tramadol HCl yang merupakan partikel pengikat zat yang terdapat pada psikotropika jenis sabu-sabu. Tramadol HCl juga merupakan zat aktif yang merupakan salah satu obat analgesik yang digunakan untuk mengatasi nyeri hebat baik akut atau kronis dan nyeri pascaoperasi.

Lemak kasar banyak terkandung dalam lidah, sedangkan kandungan sisik lebih tinggi dibandingkan daging, hati, dan lidah. Kandungan EPA dan DHA sisik trenggiling lebih tinggi daripada yang terkandung dalam daging. Kandungan Omega-3 (dalam bentuk EPA dan DHA) dapat untuk mengurangi peradangan, menurunkan risiko penyakit kanker, hipertensi, diabetes, artritis dan lainnya serta menjaga fungsi otak. Fungsi lain trenggiling memiliki kandungan dari antiseptik yang kuat. Obat-obatan yang berasal dari sisik trenggiling diyakini menyembuhkan demam, gangguan kulit dan penyakit kelamin, bahkan daging trenggiling berkhasiat afrodisiak.

Trenggiling
(*Manis
javanica*)
sebagai bahan
bio active



Foto: WR.Farida

Kandungan
asam amino
daging, hati,
sisik trenggiling
dan hewan
lainnya

Jenis asam amino	Kandungan Asam amino (%)						
	Trenggiling			Daging			
	Daging	Hati	Sisik	Landak1)	Kancil2)	Sapi3)	Rusa merah3)
Asam aspartat	2,00	1,314	2,599	0,540	0,93	1,72	2,04
Asam glutamat	2,87	1,696	5,788	1,532	1,49	2,73	3,14
Serina	0,79	0,698	1,323	0,318	0,58	0,85	0,98
Glisina	1,05	1,487	0,734	0,510	0,3	1,13	1,20
Histidina	0,61	0,48	3,027	0,296	1,32	0,31	0,23
Arginina	1,63	1,03	2,046	0,242	0,47	0,81	0,94
Treonina	1,04	0,78	1,220	0,455	0,41	0,89	1,0
Alanina	1,07	1,082	0,642	0,683	0,9	1,52	1,73
Prolina	0,75	1,061	1,205	0,295	0,46	0,78	0,86
Sisteina	0,04	0	0,819	0,235	0,43	-	-
Tirosina	0,79	0,626	1,357	0,353	0,35	0,37	0,53
Valina	1,08	1,005	1,954	0,546	0,51	0,97	1,13
Metionina	0,37	0,229	2,450	0,340	0,21	0,39	0,4
Lisina	1,54	0,984	1,736	0,345	0,56	2,05	2,19
Isoleusina	1,03	0,683	0,991	0,269	0,36	0,83	0,92
Leusina	1,88	1,488	2,182	0,775	0,18	1,33	1,53
Fenilalanina	0,95	0,819	1,854	0,246	1,19	0,53	0,68
Triptofan	0,84	-	0,458	-	-	-	-

Sumber: WR. Farida 2012

Kandungan
Eicosapentaenoic
acid(EPA) dan
Docosahexanoic
acid (DHA) pada
trenggiling dan
hewan lain

Uraian	Trenggiling		Daging			
	Daging	Sisik	Landak1)	Salmon2)	Sapi3)	Domba3)
EPA (mg/100 g)	9,16	73,55	7,61	13,00	8,53	14,36
DHA (mg/100 g)	16,64	30,33	20,64	18,00	0,86	3,79

Sumber: WR. Farida 2012

Jenis asam lemak	Kandungan asam lemak daging (%)				
	Trenggiling	Sapi ¹⁾	Kerbau air ²⁾	Kuda ³⁾	Rusa Jawa ⁴⁾
Laurat (C12:0)	0,30	0,08	-	0,20	0,22
Miristat (C14:0)	1,20	2,70	1,10	3,90	6,56
Palmitat (C16:0)	24,90	25,00	24,60	26,60	23,91
Stearat (C18:0)	5,76	13,40	22,90	3,70	16,22
Oleat (C18:1)	24,25	-	-	-	22,96
Linoleat (C18:2)	2,99	-	-	-	6,61
Linolenat (C18:3)	0,31	-	-	-	0,32
Omega 3 (18:3n-3; 20:3n-3; 20:5n-3; 22:6n-3; 22:5n-3)	0,64	1,60	0,20	4,90	-
Omega 6 (18:2n-6; 18:3n-6; 20:4n-6)	4,70	3,20	12,90	13,70	-
Omega 9 (18:1n-9; 20:1n-9; 22:1n-9)	3,92	-	-	-	-

Kandungan asam lemak daging trenggiling dan hewan lain

(% : asam lemak dalam lemak daging)

Pemanfaatan Amfibi Sebagai Bahan Obat

Indonesia memiliki sekitar 303 jenis amfibi (8 jenis caecilian dan 295 katak). Jumlah jenis amfibi ini merupakan nomor 8 terbesar di dunia setelah Brazil, Columbia, Ekuador, Peru, Meksico, Cina, dan Venezuela. Di Asia, Indonesia merupakan negara yang memiliki kekayaan jenis amfibi terbesar kedua setelah Cina. Jumlah jenis ini terus bertambah dari tahun ke tahun dengan meningkatnya survei dan aplikasi teknik molekuler untuk mendeteksi keberadaan jenis baru. Namun jumlah jenis yang melimpah ini belum diikuti dengan upaya pemanfaatan terhadap kekayaan jenis tersebut.

Amfibi merupakan hewan yang rentan terhadap perubahan lingkungan, perubahan dan konversi habitat di Indonesia telah mengancam kelestarian beberapa jenis amfibi, terutama jenis-jenis penghuni hutan. Bukan tidak mungkin jenis baru yang belum pernah ditemukan bisa punah duluan sebelum ditemukan. Atau bebe-

rapa jenis sudah punah sebelum diteliti potensi manfaatnya untuk manusia. Di Indonesia pemanfaatan amfibi sejauh ini adalah untuk bahan pangan (daging, alternatif sumber protein) dan kerajinan kulit. Untuk bahan obat-obatan belum banyak penelitian dilakukan padahal kodok seperti kelompok Bufonidae memiliki kandungan bioaktif seperti Bufodienolide, Cinobufatalin, Telocinobufagin, Bufagin, Gamabufotolin, Desacetyl linobufatalin, Resi bufoganin dll. Di negara-negara lain, seperti Eropa, Jepang, Amerika Serikat, dan Amerika Selatan pemanfaatan potensi amfibi sudah dilaksanakan di antaranya:

1. **Sebagai bahan antibiotik.** Sekresi dari kulit beberapa jenis katak memiliki bahan antibiotik yang kuat. Contohnya katak cakar Afrika memproduksi peptida dari sekresi kulitnya dan bahan ini dapat digunakan sebagai bahan antibiotik. Ekplorasi potensi bahan antibiotik terhadap jenis-jenis lain, terutama beberapa jenis yang terdistribusi di Indonesia.

2. **Sebagai bahan obat anti nyeri.** Ada sekitar 200 manfaat bahan kimia yang disebut dengan alkaloid yang dihasilkan dari ekstraksi kulit katak dan kodok. Bahan alkaloid ini digunakan untuk bahan anti obat nyeri pengganti morfin yang bisa menyebabkan kecanduan. Bahan sekresi kulit katak tersebut juga telah terbukti bisa mengaktifkan kelenjar pankreas manusia. Kelenjar racun pada kodok (kelenjar paratoid) juga telah terbukti memiliki efek ke sistem

adrenalin dan kardiovaskular manusia. Riset mengenai potensi selanjutnya dari kelenjar racun tersebut terus dilanjutkan. Beberapa jenis kodok yang terdistribusi luas di Indonesia, seperti *Phrynoides aspera* juga memiliki kelenjar paratoid yang sangat besar, namun potensinya belum banyak diteliti

3. **Sebagai bahan obat anti diabetes.** Sekresi kulit salah satu jenis katak dari Amerika Selatan dapat menstimulasi insulin. Para ilmuwan telah menformulasikan senyawa sintesisnya pseudin-2

Katak:

- A. *Phrynoides aspera*
- B. *Microhyla achatina*
- C. *Rhacophorus reinwardtii*
- D. *Rhacophorus margaritifer*
- E. *Rana hosii*
- F. *Polypedates leucomystax*



Foto:A.riyanto

untuk obat diabetes tipe 2. Tipe diabetes ini biasa terdapat pada seseorang yang kegemukan, dimana insulin tidak bisa bekerja maksimal mengendalikan gula darah. Senyawa pseudin-2 telah terbukti mampu menstimulasi insulin.

4. **Mekanisme regenerasi.** Amfibi secara umum telah dikenal mampu meregenerasi organ, terutama salamander. Pada salamander walaupun kaki atau tangannya putus, bisa tumbuh normal kembali. Regenerasi sel yang sangat cepat pada amfibi menjadikan amfibi sangat cepat sembuh dari luka. Susunan protein manusia dan amfibi memang hampir sama. Para ilmuwan di Inggris telah mempelajari mekanisme regenerasi sel dan organ pada amfibi, yang kelak bukan tidak mungkin bisa diaplikasikan pada manusia. Penelitian seperti ini belum banyak dilakukan di Indonesia.
5. **Mekanisme kerja organ.** Di Hiroshima Jepang, ilmuwan telah menciptakan katak transparan, kerja dan fungsi organ di dalamnya bisa diamati tanpa membedah katak. Hal ini bisa digunakan untuk mempelajari mekanisme kerja sel kanker sehingga kedepannya manusia mampu mengatasi dan mengendalikan kanker.

Arachnida (kelompok laba-laba) untuk Farmasi

Pengetahuan tentang kelompok dari satwa seperti laba-laba (*Araneae*), kalajengking (*Scorpiones*), kalacemeti (*Amblypygi*), kala-



Laba-laba

cuka (*Uropygi*) dan kerabat lainnya yang masuk dalam kelompok besar Arachnida saat ini masih belum banyak terungkap. Keanekaragaman beberapa jenis juga belum banyak dipelajari sehingga potensi penemuan jenis baru masih sangat besar seperti empat jenis kalacemeti baru dari Kalimantan serta laba-laba matakecil dari Jawa. Beberapa jenis laba-laba dan kalajengking dikenal memiliki racun yang berbahaya seperti jenis laba-laba janda hitam (*Latrodectus* spp.) yang konon bisa menghasilkan neurotoksin (latrotoxin) yang menyebabkan latrodetism. Pengetahuan obat-obatan tradisional menggunakan kelompok Arachnida seperti laba-laba dan kalajengking banyak ditemukan di beberapa daerah di Indonesia. Pemanfaatan kantung telur maupun jaring laba-laba untuk menghentikan pendarahan ditemukan di beberapa daerah. Namun sayangnya, dunia farmasi dan kedokteran secara keilmuan belum terungkap potensi bio aktif yang terkandung di dalam jaring dan kantung telur laba-laba.

Undur-undur untuk Obat Malaria

Malaria sudah menjadi bagian dari kehidupan masyarakat Indonesia. Hingga saat ini penyakit yang disebarkan melalui nyamuk ini masih sangat sulit dibasmi. Kearifan lokal untuk mengobati penyakit ini sudah sering digunakan oleh banyak suku bangsa di Indonesia. Beberapa jenis tumbuhan tertentu sudah sering digunakan dan dipilih untuk diekstrak sehingga dapat dijadikan bahan dasar obat malaria, namun kajian terhadap satwa sebagai bahan obat malaria belum banyak dilakukan seperti undur-undur (*Neuroptera* sp.) untuk obat malaria yang sudah menjadi kebiasaan bagi sebagian suku bangsa seperti Kutai, Kalimantan dan Talang Mamak, Padang

Lebah untuk Industri Obat

Ribuan jenis lebah ada di Indonesia namun hanya ada enam jenis yang tergolong marga *Apis*. yang kesemuanya menghasilkan madu. Sebagai penghasil pangan/obat terutama madu, potensi lebah di Indonesia masih bisa dikembangkan karena selain konsumsi yang masih rendah, produksi madu nasional juga terbilang rendah. Produksi madu nasional hanya 1.000–1.500 ton per tahun, 70% di antaranya dipasok dari madu hutan dengan kelestarian yang terancam, sedang 30% lain dipasok dari peternak lebah *Apis cerana* yang merupakan lebah asli Indonesia dan *Apis mellifera* lebah yang didatangkan dari Eropa. Kebutuhan madu nasional mencapai 4.000 ton dan lebah hutan (*Apis dorsata*) merupakan salah satu

jenis lebah liar yang belum dibudidayakan, namun lebah ini mempunyai kontribusi yang sangat besar sehingga diperlukan usaha-usaha untuk menjaga pelestarian habitat di samping mengembangkan budidaya lebah madu lokal lainnya.

Penggunaan lebah sebagai industri sangat potensial karena di dalam lebah mengandung veromon sengatan sehingga dapat digunakan sebagai venom (cairan bisa) terapi. Pada masa lampau sengat lebah digunakan untuk pengobatan arthritis, rheumatisim, sakit pinggang, penyakit kulit dll. dan di masa sekarang biasa digunakan untuk pengobatan penyakit *multiple sclerosis*, penyakit *lyme*, *syndrome* kronis *fatigue*. Penggunaan lebah di dalam dunia farmasi tidak mengherankan karena di dalam venom lebah bersifat *hemorrhagic* yang berbeda dengan racun ular berbisa, (zat) pembeku dan mengandung:

- apamine, melittin, phospholipase, hyaluronidase, yang mempunyai *opposing action* menghambat sistem syaraf, dan menstimulasi hati dan kelenjar-kelenjar adrenal. Substansi-substansi mineral, asam-asam organik yang mudah menguap, asam format, asam hidroklorat, dan asam ortofosforat
- beberapa antibiotik, enzim fosfolipase A, dan asam amino yang kaya sulfur metionin dan sistein. Sulfur ini merupakan elemen utama dalam melepaskan *cortisol* dari kelenjar-kelenjar adrenal, dan dalam melindungi tubuh melawan infeksi.

Lebah memiliki bioaktif spesial. Hingga saat ini hasil analisis menunjukkan



Sarang
lebah *Apis
dorsata*



Keluarga
lebah-
lebah

Foto: S. Kahono

Keanekaragaman
lebah madu
Indonesia:
A. *A. mellifera* ;
B. *A.*
koschevnikovi;
C. *A. nigrocincta*;
D. *A. cerana*;
E. *A. dorsata*;
F. *A. florea*;
G. *A. andreniformis*

Foto: S. Kahono

kandungan yang terdiri atas: Protein 50% (30 jenis asam amino/15 protein esensial), Karbohidrat 25% (gula fruktosa dan glukosa), Lemak 16% (berbeda dengan lemak hewan/nabati, anti bakteri, jamur dan tumor, menurunkan kolesterol dan trigliserida darah dan memperbaiki jaringan), mineral 2% Vitamin A, B1, B2, B3, C, D, E, K) dan R-Faktor 7%: belum teridentifikasi, diduga memberikan pengaruh kuat pada *Royal Jelly*. Sifat-sifat lainnya seperti antioksidan untuk setiap jenis lebah hingga saat ini belum terdeteksi semuanya karena jumlah jenis lebah Indonesia yang sangat banyak.

Cacing tanah untuk industri anti typhoid

Cacing tanah merupakan hewan tidak bertulang belakang (Invertebrata) yang digolongkan ke dalam filum Annelida, ordo Oligochaeta, dan kelas Chaetopoda yang hidup dalam tanah. Cacing tanah terdiri atas banyak jenis, tetapi yang sering dijumpai adalah jenis *Helodrilus caliginosus*, *H. foetidus*, *Lumbricus terrestris* dan *L. rubellus*. Hewan ini mempunyai banyak potensi yang berguna bagi manusia.

Sebagai contoh di bidang kesehatan, pertanian, peternakan, dan kecantikan. Cacing tanah mengandung kadar protein yang sangat tinggi, yaitu sekitar 64–76%. Beberapa peneliti telah membuktikan adanya daya anti bakteri dari protein hasil ekstraksi cacing tanah yang dapat menghambat pertumbuhan bakteri gram negatif seperti *Escherichia coli*, *Shigella dysenterica*, *Staphylococcus aureus* dan *Salmonella typhi*. Percobaan di laboratorium telah dilakukan dengan mengkontakkan biakan *S. typhi* dengan ekstrak cacing tanah. Setelah dilihat menggunakan mikroskop elektron terlihat bahwa dinding bakteri *S. typhi* mengalami kerusakan dan kebocoran sehingga layak digunakan sebagai obat thypus. Mengingat jumlah jenis cacing tanah sangat banyak sesuai dengan tipe tanahnya, pencarian bioaktif cacing ini perlu dilakukan lebih intensif.

Cacing Polychaeta perairan laut Indonesia untuk industri farmasi

Polychaeta atau umum disebut dengan cacing laut adalah satu di antara hewan laut dengan keanekaragaman jenis yang

Cacing tanah



<http://apoteker123.files.wordpress.com/2011>

cukup tinggi. Eksplorasi keanekaragaman polychaeta di perairan Indonesia dimulai sejak 1899 melalui ekspedisi Siboga (1899–1990) yang mengambil lokasi di perairan Indonesia bagian timur. Saat ini telah terkumpul sebanyak 525 jenis yang terhimpun dalam 189 marga dan 44 suku.

Di bidang kesehatan, polychaeta memiliki asam lemak dan potensial sebagai industri pakan pengganti tepung ikan/udang. Selanjutnya, cacing jenis *Eurythoe complanata* menghasilkan senyawa bio aktif yang menyebabkan kontraksi usus pada tikus. Cacing ini diketahui beracun, jika setanya menusuk kulit akan terasa panas, gatal dan seperti terbakar. Jenis senyawa toksik tersebut belum diketahui secara pasti sehingga menjadi tantangan bagi dunia kesehatan di Indonesia yang selama ini belum pernah mengungkap potensi tersebut. Sebagai catatan, *Eurythoe complanata* adalah salah satu polychaeta yang pernah dilaporkan di perairan Indonesia bagian timur. *Eurythoe complanata* banyak ditemukan di pantai berbatu.

Bioaktif ular Indonesia

Jumlah ular Indonesia tercatat tidak kurang dari 347 jenis. Dari sejumlah jenis tersebut belum banyak teridentifikasi untuk digunakan sebagai industri farmasi, walaupun jenis-jenis ular tersebut memiliki bioaktif yang tidak terkalahkan untuk dunia kedokteran. Sebagai contoh, enzim pada racun ular dijumpai potensi enzim pembeku darah, estraze, anti pembeku



Sumber: Pamungkas, 2011



Foto: Hadiyanto

Cacing laor Ambon dan *Eurythoe complanata* di Pantai Sepanjang Gunung Kidul, Yogyakarta

darah. Di dalam racun ular umumnya dijumpai alfa Bungarotoxin, yaitu sejenis racun syaraf, selain itu terkandung estraze alkali empedu, enzim empedu, enzim protein, ATP dan lainnya yang tidak berhubungan dengan racun. Sebagai contoh hasil ekstraksi ular weling (*Bungarus candidus*) yang terdistribusi dari Sumatra, Jawa, Kalimantan, Bali ternyata mempunyai kemampuan untuk dapat digunakan menurunkan tekanan darah. Selanjutnya, enzim yang terkandung dalam tulang ular weling menyebabkan kalsium cenderung bersifat asam. Berbagai penyakit yang ada dalam darah setelah mengkonsumsi akan menjadi alkali lemah, darah kotor akan menjadi jernih dengan

Ular
(*Weling*
Bungarus
Candidus)



Foto: Mumpuni

demikian darah menjadi lancar. Ular weling tahan tidak makan karena memiliki enzim yang terkandung dalam lemak. Sifat kimiawi ular Indonesia masih sangat sedikit teridentifikasi, hingga saat ini pemanfaatan ular untuk tujuan nilai tambah ekonomi hanya ditujukan pada ular untuk hobi dan ular untuk industri kerajinan sedangkan ular untuk industri farmasi tampaknya perlu kajian mendalam.

Anggrek Mutiara untuk Obat

Anggrek mutiara merupakan jenis anggrek yang termasuk dalam subpuak Goodyerinae, puak Cranichideae, subsuku Orchidoideae, dan suku Orchidaceae. Terdapat lebih dari 50 jenis anggrek mutiara yang telah ditemukan di Indonesia. Jenis-jenis anggrek dalam subpuak Goodyerinae telah dikenal sebagai tumbuhan obat secara lokal. Di Taiwan, beberapa jenis anggrek mutiara telah dimanfaatkan untuk obat dan pengujian secara laboratorium telah banyak dilakukan, sedang di Indonesia, pengujian kandungan bahan aktif untuk

obat belum pernah dilakukan. Sehingga belum diketahui secara pasti apa khasiat jenis anggrek mutiara yang ada di Indonesia seperti kandungan bahan aktif yang dapat menghambat radikal bebas berpotensi untuk obat, yang salah satunya telah banyak dipakai untuk obat tradisional China Utara.



Anggrek Mutiara

Foto: L. Juswara dkk

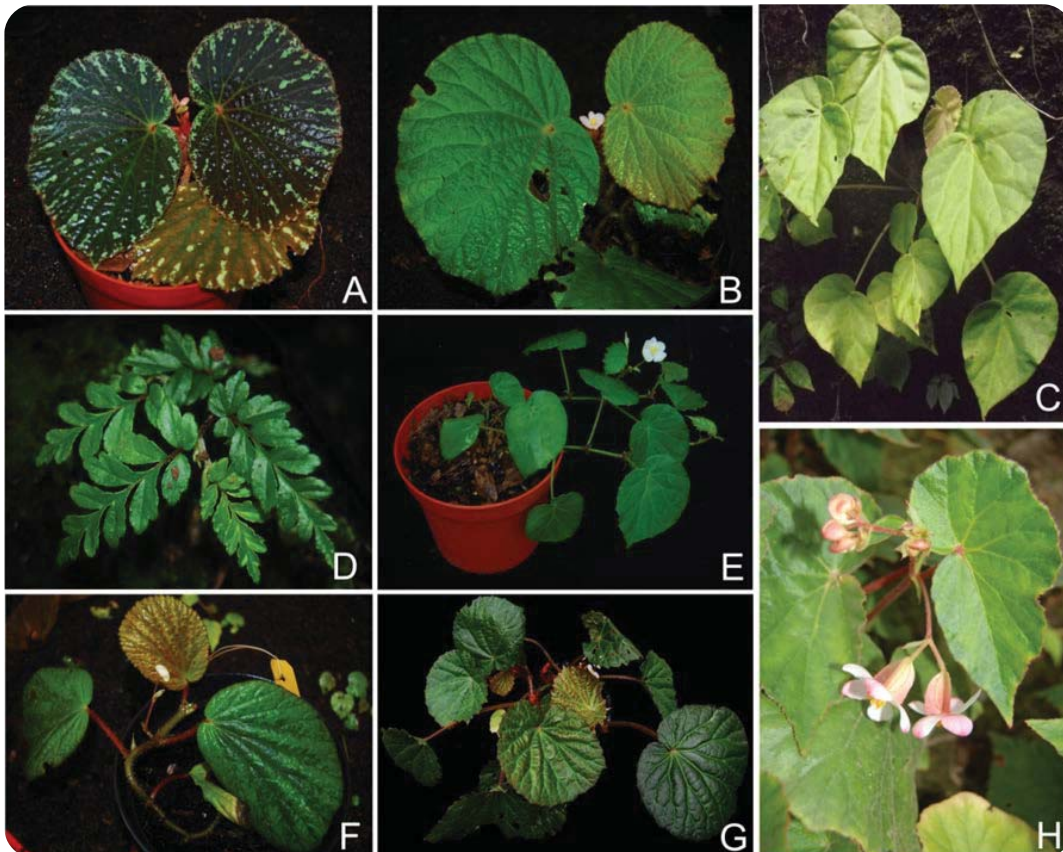


Anggrek
Mutiara
Foto: L.
Juswara dkk

Begonia Indonesia untuk Pengembangan Industri Bahan Obat

Salah satu anggota kelompok tanaman hias yang digemari masyarakat dunia adalah tanaman *Begonia*. Keanekaragaman

jenis *Begonia* sangat besar, di seluruh dunia tercatat tidak kurang dari 1.600 jenis, tersebar luas di kawasan tropika dan sub-tropika. Tumbuhan ini hidup menyenangi tempat yang agak terlindung dari sengatan matahari; secara alami biasa dijumpai di daerah pegunungan maupun dataran



Jenis-jenis *Begonia* di Indonesia yang diduga sebagai jenis baru.
A. *Begonia* sp 1;
B. *Begonia* sp 2;
C. *Begonia* sp 3;
D. *Begonia* sp 4;
E. *Begonia* sp 5;
F. *Begonia* sp 6;
G. *Begonia* sp 7;
H. *Begonia* sp 8.

Foto: Hartutiningsih

rendah yang berhawa sejuk, di dekat hulu sungai dan tepi air terjun, pada tanah berhumus dan berdrainase bagus. Selain keindahannya, Begonia memiliki potensi lain, yaitu sebagai tanaman obat tradisional dan menjadi bahan makanan tambahan. Beberapa jenis sudah dipublikasi seperti *Begonia isoptera* dapat menyembuhkan pembengkakan limpa, *Begonia lempuyangensis* untuk penyembuhan batuk, *Begonia fibristipulata* dapat menyembuhkan demam dan *Begonia glabra* dapat menyembuhkan luka. Salah satu jenis Begonia yang belum teridentifikasi adalah benalu batu dari Sulawesi yang telah dimanfaatkan untuk menyembuhkan berbagai macam penyakit. Begonia umumnya memiliki rasa asam, baik akar, batang, daun, buah, maupun bunga. Oleh karena itu, di beberapa tempat sering digunakan sebagai bumbu masak pengganti asam untuk memasak ikan, bahkan untuk jenis-jenis tertentu seperti *Begonia lepida* digunakan sebagai lalapan. *Begonia* bertumbuh batang besar banyak mengandung air dan sering dimanfaatkan oleh para pencinta alam dan pendaki gunung sebagai makanan tambahan dan penghilang rasa haus.

Bahan Obat Pakis Simpei *Cibotium barometz*

Cibotium barometz (L.) J. Sm. merupakan salah satu jenis tumbuhan paku pohon anggota suku Cibotaceae. Jenis ini tumbuh pada lereng-lereng bukit terbuka dan pinggir sungai di hutan tropis pada ketinggian 500–800 m dpl dan juga di

hutan pegunungan pada ketinggian 1.000–1.600 m dpl.

Di Cina, Eropa, dan Thailand, *C. barometz* dikenal sebagai bahan obat dengan nama dagang ‘gou ji’ atau ‘chain fern’. Di Indonesia jenis ini mempunyai beberapa nama lokal, seperti penawar jambi, penghawar jambi, paku simpai atau bulu jambe (Jambi), pakis simpei, poong simpei (Bengkulu), pakis kijang, bulu kijang, kapuk kijang (Sumatra Barat).

Pakis simpei telah lama dikenal sebagai bahan obat tradisional dan telah dijadikan sebagai bahan obat modern di berbagai negara, seperti Cina, Jepang, Prancis, dan negara-negara Asia Tenggara. Di Prancis, bulu *C. barometz* diproses menjadi bahan obat modern untuk pembekuan darah pada pengobatan yang berkaitan dengan bedah kedokteran. Pada pengobatan tradisional bulu pakis simpei ditempelkan pada luka sehingga pendarahan cepat berhenti dan luka cepat mengering. Rimpang jenis ini berkhasiat sebagai obat hati dan ginjal, memperkuat otot dan tulang belakang, mengurangi ngilu di lutut serta mengeluarkan angin.

Contoh kasus di Cina memperlihatkan bahwa *C. barometz* merupakan bahan obat modern potensial untuk masa depan. Ekstraksi metanol *C. barometz* memperlihatkan kandungan fenol total yang tinggi (di atas 2.000 mg GAE/100 g daun segar) dan berpotensi sebagai antioksidan. Hasil uji herbal rimpang *C. barometz* memberikan dugaan kuat bahwa *C. barometz*

berpotensi untuk terapi anti-sindrom pernafasan akut yang parah atau *severe acute respiratory syndrome (SARS)* yang disebabkan oleh *coronavirus (SARS-CoV)*. Ekstrak rimpang kering *C. barometz* memperlihatkan hambatan nyata terhadap aktivitas protease 3CL SARS-CoV dengan nilai 39 µg/ml. Ekstrak daun *C. barometz* mempunyai kandungan zat antioksidan dan antibakteri. Ekstrak rimpang segar *C. barometz* memperlihatkan delapan senyawa (2 turunan furan, cibotiumbarosides A dan B, glycoglycerolipid, cibotiglycerol. Uji *in vitro* asam kafet rimpang *C. barometz* juga menunjukkan adanya aktivitas antioksidan. *C. barometz* juga dinyatakan memiliki kandungan asal fenol alami, protocatechuic acid (3,4-dihydroxybenzoic acid) yang merupakan senyawa aktif antioksidan.

C. barometz merupakan salah satu komoditas ekspor bahan obat yang cukup penting di dunia. Ada tiga negara penting pengekspor *C. barometz* untuk bahan obat, yaitu Cina, Vietnam dan Indonesia. Pada tahun 1993 sampai 1997 Cina mengekspor rimpang lebih dari 500 ton per tahun ke negara Korea Selatan, Amerika Serikat (USA) dan Kanada. Sejak tahun 2001 negara ini menetapkan kuota 130 ton per tahun berdasarkan hasil survei *C. barometz* (Jia & Zhang 2001). Vietnam telah menetapkan kuota ekspor rimpang 153 ton per tahun pada tahun 2002-2007. Selanjutnya pada tahun 2009 Vietnam memberikan kuota ekspor 250 ton.

Selama ini sebagian besar masyarakat belum memahami nilai penting konservasi



Cibotium barometz.
A. Perawakan;
B. Bagian tengah dari lembaran daun;
C. Bagian dari anak daun kedua (*pinnule*) dengan cuping-cuping bersori 3-4 baris yang sedang membuka;

Foto: T.Ngatinem Praptsuwirjo

Komoditi ekspor *Cibotium barometz*. A dan B. Papan *pili cibotii* di Bengkulu tahun 2006; C dan D. *Pili cibotii* (bulu *C. barometz*); E. Stok rimpang *C. barometz* di salah satu gudang pabrik pembuatan simplisia di Vietnam; F. Pemotongan rimpang dalam proses pembuatan simplisia *C. barometz* di Vietnam.



A



D



B



E



C



F

Foto: T. Ngatinem

dan nilai ekonomi *C. barometz* sebagai bahan obat tradisional maupun modern. Sebagian kecil masyarakat di Bengkulu, Riau dan Sumatera Barat hanya memanfaatkan *C. barometz* sebagai tanaman hias. Bahkan sebagian besar masyarakat petani karet memandang *C. barometz* sebagai tumbuhan yang perlu dibersihkan dari area perkebunan.

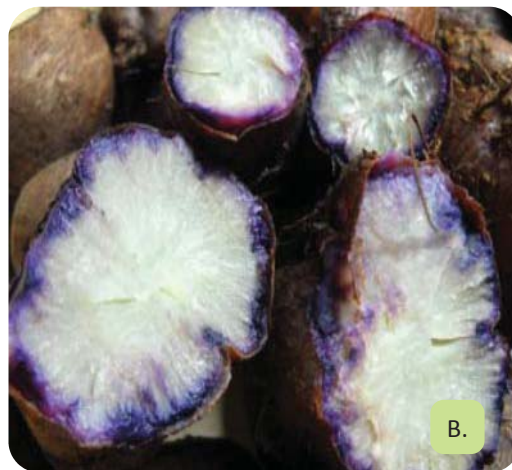
Kentang Hitam untuk Farmasi

Kentang hitam sangat baik dikonsumsi oleh penderita diabetes dan maag. Pati dari kentang hitam dapat dipakai sebagai bahan campuran farmasi. Selain *niacin* (vitamin B3), umbi kentang hitam juga mengandung senyawa *triterpenic acid* yang dominan berupa *ursolic acid* (UA) dan *oleanolic acid* (OA). Kandungan senyawa-senyawa ini lebih tinggi sekitar empat kali

lipat terdapat pada bagian kulit umbi dibandingkan bagian daging umbi. Senyawa-senyawa tersebut merupakan antioksidan dan antiproliferasi untuk mencegah sel-sel kanker. Saat ini masyarakat biasa mengonsumsi kentang hitam hanya sayuran direbus atau sebagai sajian pengganti kentang. Dengan demikian, kentang hitam berpotensi untuk dikembangkan sebagai sumber karbohidrat alternatif.

Bambu dan Industri Obat

Arang bambu merupakan arang aktif sehingga sangat baik untuk digunakan sebagai antioksidan dan mengurangi rasa letih ketika dipakai untuk mandi berendam. Di Jepang cuka yang keluar dari bambu dapat dimanfaatkan sebagai cairan spa untuk mengurangi kelelahan, sabun cair untuk badan, shampoo rambut, dan juga sebagai pupuk tanaman. Sedangkan di Cina, air yang terdapat pada bambu digunakan untuk obat batuk, panas dalam dan sebagainya. Bahkan di Indonesia, orang percaya bahwa rebung bamboo kuning (*Bambusa vulgaris* var. *striata*) dapat digunakan untuk mengobati penyakit hepatitis A, sedangkan air yang terdapat di dalam batang bamboo eul-eul (*Nastus elegantissimus*) dikatakan dapat untuk mengobati segala macam penyakit. Menurut Departemen Kesehatan air ini mengandung 18.34 oksigen dan 5.95 mineral sehingga air ini sangat baik untuk proses penyembuhan berbagai penyakit tanpa efek samping. Di India, orang mengenal kristal dalam bambu sebagai Tabasheer atau Tabashir, yang merupakan komponen SiO_2 and H_2O , dan sedikit Na_2O ,



Warna bagian dalam umbi kentang hitam berwarna ungu di lapisan terluarnya pada aksesori sangian. A. Umbi mentah, B. Umbi kentang hitam berwarna putih setelah direbus. C. Warna bagian dalam

Foto: M. Ardiyani dkk

K_2O , CaO , and MgO . Tabasheer digunakan sebagai obat sejak pengobatan Ayurvedic dan Unani di daratan India, namun juga dipakai dalam pengobatan tradisional di Cina. Di Cina, tabasheer disebut sebagai

Tian zhu huang. Di Indonesia bambu dianggap sebagai hasil hutan nonkayu. Bagi para pendaki gunung, air yang terdapat dalam bambu dapat digunakan untuk mengurangi rasa haus ketika mengadakan penjelajahan di hutan, daun muda yang masih menggulung dapat digunakan sebagai pengganti teh dan diseduh kemudian diminum untuk menurunkan kolesterol

Inulin Dahlia

Dahlia merupakan salah satu tanaman hias suku Compositae berasal dari pegunungan Meksiko. Tanaman ini mulai dibudidayakan pada tahun 1789 di Eropa (*Royal Botanical Garden* di Madrid, Spanyol) dan tersebar hingga ke seluruh Eropa Barat. Di Indonesia, dahlia sudah dikenal orang sejak abad ke-19 dan pertama kali didatangkan dari negeri Belanda.

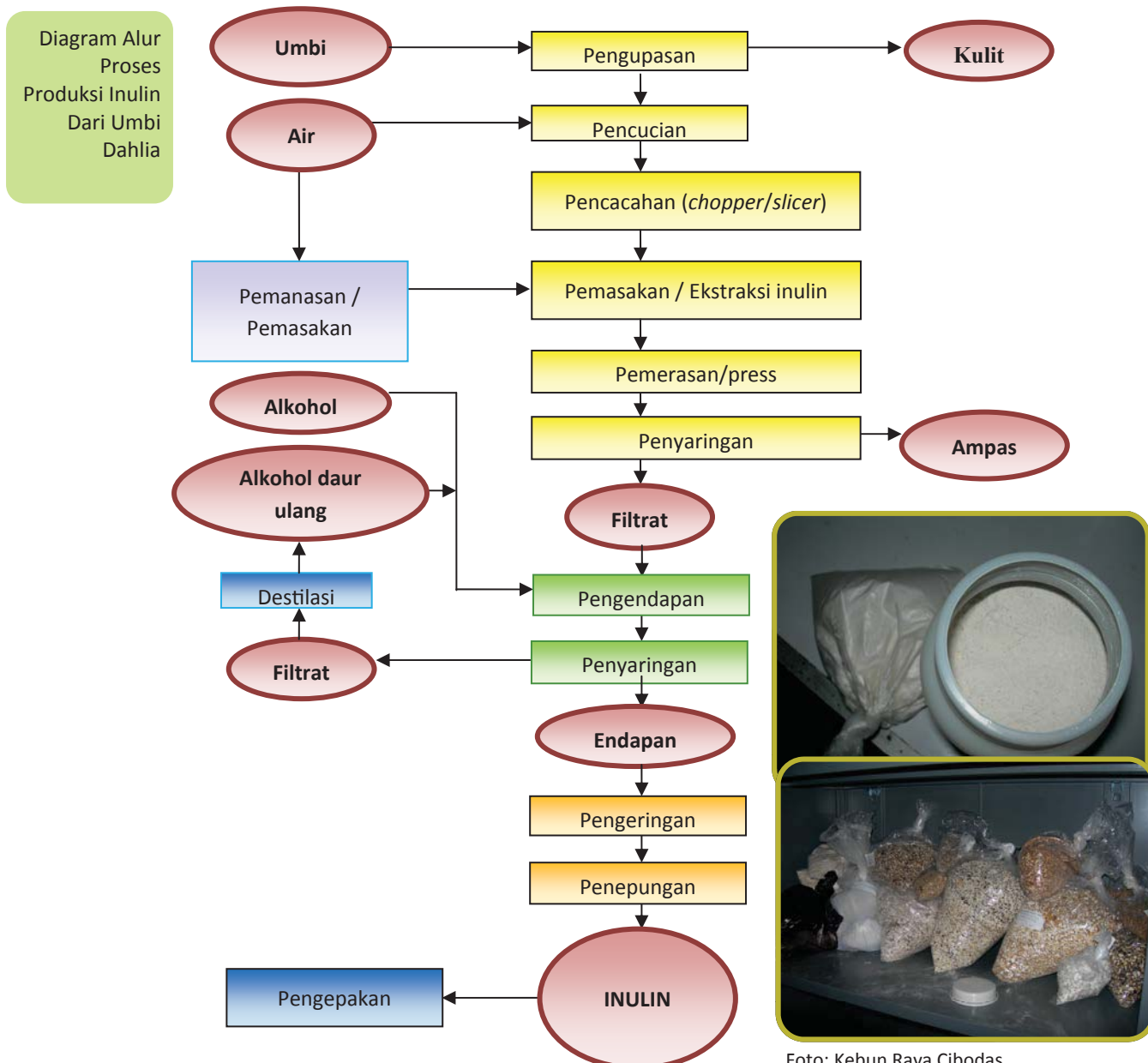


Foto: Kebun Raya Cibodas

Tanaman dahlia dapat tumbuh baik pada tanah lempung berpasir yang mengandung humus, gembur, tata udara baik, kisaran pH tanah 6,0–8,0, pada ketinggian tempat dari 700–1.000 m di atas permukaan laut, dengan sinar matahari yang melimpah.

Umbi dahlia mengandung 70% pati dalam bentuk inulin. Inulin murni dapat diekstraksi dari umbi, dan dapat dimanfaatkan di bidang kedokteran dan sebagai bahan pangan.

Inulin merupakan bahan pangan golongan polisakarida/karbohidrat yang dapat ditemukan dalam akar atau umbi beberapa jenis tanaman keluarga *Asteraceae* sebagai cadangan energi. Inulin memiliki karakteristik yang unik mulai dari tekstur yang halus lunak hingga rasa yang agak manis, sehingga banyak digunakan dalam produk makanan olahan sebagai pengganti gula, lemak dan tepung. Produk inulin komersial dengan kualitas dan karakteristik tertentu digunakan untuk meningkatkan citarasa, kestabilan dan aseptabilitas makanan dengan kadar lemak dan gula rendah. Inulin seringkali ditambahkan pada produk yoghurt, kefir, ice cream dan produk *dressing* sebagai pengganti lemak dan tepung ataupun sebagai penstabil. Di Eropa inulin juga banyak digunakan untuk meningkatkan cita rasa kopi. Sebagai bahan pangan inulin telah diteiliti memiliki toleransi yang tinggi untuk manusia sehingga aman dikonsumsi dan tidak menyebabkan efek samping. Inulin yang diperoleh dari chicory, dahlia dan artichoke diklasifikasikan sebagai bahan pangan atau *natural food-ingredient* yang



Tanaman dahlia



Penanaman Inulin



Foto: Kebun Raya Cibodas

bersifat *GRAS safe* menurut *US Food Drug Administration (FDA)*.

Fungsi inulin yang penting selain dapat meningkatkan kualitas produk pangan olahan, juga telah diteliti memiliki beberapa efek fisiologi yang menguntungkan bagi kesehatan. Sifat fisiologi yang dimaksudkan antara lain, inulin memiliki efek prebiotik, yaitu tidak dapat dihidrolisis oleh enzim-enzim yang terdapat di dalam sistem pencernaan, tetapi inulin dapat difermentasi oleh mikroflora yang terdapat di dalam usus besar sehingga meningkatkan populasi bakteri bifido yang sangat diperlukan tubuh. Dengan demikian, dapat menjaga kestabilan dan keseimbangan sistem mikroflora dalam usus besar. Inulin juga memiliki sifat sebagai serat terlarut/*dietary fiber* dan telah diteliti menyebabkan penghambatan pertumbuhan sel kanker usus HT29. Selain itu, inulin juga dapat menurunkan kadar trigliserida, kadar kolesterol, dan menjaga kadar gula dalam darah.

Pemanfaatan inulin sebagai prebiotik di dalam negeri dapat ditemukan terutama dalam produk-produk susu bubuk instant yang beredar di pasaran, seperti Dancow (produk Nestle), SGM, Susu Bendera dari Frisian Flag, dan Produgen dengan takaran 0.9 gram inulin per saji untuk anak-anak. Inulin juga memiliki sifat sebagai serat terlarut yang berfungsi untuk mencegah terjadinya kanker usus sehingga dimanfaatkan sebagai salah satu komponen dalam produk Vegeta.

Cinnamomum burmanii **sebagai pengobatan** **diabetes**

Indonesia merupakan salah satu negara penghasil kayu manis terbesar di dunia. Nilai ekspor kulit batang (bagian dalam) kayu manis Indonesia mencapai US\$20 juta sampai US\$25 juta per tahun. Kerinci, salah satu kabupaten di Provinsi Jambi, merupakan penghasil kayu manis terbesar di Indonesia dengan kapasitas produksi 53.414 ton/tahun. Sebagai negara tujuan ekspor kayu manis Indonesia meliputi kawasan Eropa (Belgia, Prancis, Jerman, Inggris, Yunani, Belanda, Norwegia, Portugal, Polandia, dan Swedia), Asia (Thailand, China, dan India) serta Amerika Serikat. Amerika Serikat merupakan pengekspor terbesar dengan volume 7.405,54 ton/tahun atau bernilai US\$5,560.91 (BPS Padang, 2008). Namun demikian, dalam perdagangan ini kulit batang kayu manis hanya dikategorikan sebagai rempah-rempah yang dimanfaatkan sebagai bahan tambahan pangan khususnya dalam pembuatan kue dan minuman karena kayu manis kaya dengan kandungan senyawa aromatik yang memiliki aroma khas.

Belakangan ini, banyak hasil penelitian yang menunjukkan bahwa kulit batang dan daun dari kayu manis (*Cinnamomum spp*) memiliki potensi besar untuk dimanfaatkan sebagai bahan baku obat, anti oksidan dan antibakteria. Melalui hasil penelitian dengan menggunakan hewan uji tikus menunjukkan bahwa ekstrak dari

kulit batang *Cinnamomum cassiae* mampu menurunkan kadar gula hewan uji yang sebelumnya dibuat hiperglikemia. Dalam penelitian ini ditunjukkan bahwa variasi dosis antara 50–200 mg/kg berat badan diikuti dengan meningkatnya penurunan kadar gula darah hewan uji. Kandungan polyphenol ekstrak daun *Cinnamomum tamala* mempunyai aktivitas menghambat superoksida dan radikal hidroksil. Ekstrak daun *Cinnamomum tamala* ini juga menunjukkan kemampuan antioksidan pada percobaan secara *in vitro* pada tikus putih galur Wistar yang sebelumnya diinduksi dengan streptozotocin sehingga menjadi menderita diabetes. Daya anti oksidan dari ekstrak *Cinnamomum tamala* ini tidak berbeda nyata dengan anti oksidan sintesis butylated hydroxyl toluene (BHT). Selanjutnya, ekstrak etanol dari *Cinnamomum zeylanicum* mampu menghambat pertumbuhan dari beberapa bakteri patogen, seperti *Staphylococcus aureus*, *Bacillus subtilis*, *Bacillus cereus*, dan *Bacillus thuringiensis*.

Dari penelitian dilaporkan bahwa tiga variasi dosis ekstrak *C. burmannii* yang diberikan secara oral, yaitu 30 mg/hari/200g BB, 45 mg/hari/200 g BB, dan 60 mg/hari/200g/BB, terlihat mampu menurunkan kadar glukosa darah tikus yang sebelumnya diinduksi dengan aloksan tetrahidrat. Penurunan kadar glukosa darah dengan dosis rendah (30 mg/200 g BB) adalah 27,25%, dosis menengah (45 mg/200 g/BB) sebesar 42,93%, dan dosis tinggi (60 mg/200 g/BB) sebesar 51,56%,



Foto: D. Tisnadaja.

Cinnamomum
(Sumber: D.
Tisnadaja,
2012).

sementara dengan glibenklamid (0,18 mg/hari/ 200g/BB) penurunan kadar glukosa darah yang terjadi sebesar 32,47%.

Diabetes mellitus (DM) merupakan salah satu penyakit degeneratif yang jumlah penderitanya terus bertambah dan merupakan salah satu dari lima penyebab kematian terbesar di dunia. Penderita DM di Indonesia pada tahun 2010 diperkirakan mencapai 21,3 juta orang, sementara di dunia mencapai 135 juta orang. Sembilan puluh sampai dengan sembilan puluh lima persen dari penderita DM ini adalah penderita DM tipe 2. Oleh karena itu, kebutuhan bahan baku untuk senyawa aktif antidiabetes di Indonesia dan di dunia akan terus bertambah sehingga kegiatan penelitian untuk mencari dan mengembangkan senyawa aktif antidiabetes juga akan menjadi semakin penting.

Bahan Baku Kosmetika

Industri parfum dan kosmetika tidak dikuasai bangsa Indonesia, namun bangsa Indonesia pun mengetahui bahwa kekayaan

No.	Nama daerah Nama jenis	Nama suku	Nama senyawa	Aktivitas
1	Lasang <i>Myrica esculenta</i>	Myricaceae	1. Mirikanon 2. Mirikanol 3. Mirikanol 5-O-b-glukopiranosida	- Lymphocyte blast. transfor =10 mg/mL Leucocyte migration inhibitor = 100 mg/L
2	Dekar <i>Caesalpinia globulorum</i>	Fabaceae	Caesaldekarin a	Inhibit. effect on mitogen response of spleen cell (mice), IC50 = 10 mg/mL Inhibit of Interleukin product, IC50= 10 mg/mL (80%)
3	Kapulasan Pandan <i>Melodorum kentii</i>	Annonaceae	2',3',4',5',6'-penta metoksikalkon	Antikanker 1,25 mg/ml (sel 1210); 2,5 mg/ml (sel KB)
4	Sungkei <i>Peronema canescens</i>	Verbenaceae	Peronemin C1 Peronemin A3	Antimalaria, IC50 = 13,1 mM (83%) Antimalaria, IC50 = 118 mM (83%)
5	Pegeu buang <i>Brucea javanica</i>	Simaroubaceae	Brucejavanin A Dihydrobrucea-javanin A Bruceacanthirosida	Antimalaria, IC50 = 1,1 mM; IC90 = 4,4 mM Antimalaria, IC50 = 2,5 mM, IC90 = 4,3 mM Antimalaria, IC50 = 25 mM, IC90 = 43 mM
6	Upa-upa <i>Coscinium fenestratum</i>	Menispermaceae	Berbin	Antimalaria
7	Kayu ular <i>Strychnos lucida</i>	Loganiaceae	Brusin	Antimalaria
8	Mahkota dewa <i>Phaleria macrocarpa</i>	Thymelaeaceae	Benzofenon	Antikanker

Aktivitas senyawa kimia hasil isolasi dari tumbuhan obat Indonesia yang telah diteliti di LIPI

sumber daya hayati diketahui mempunyai prospek kearah industri tersebut. Beberapa produk kosmetika yang berbahan baku dari Indonesia sebenarnya telah dimanfaatkan di masa lampau oleh kerajaan-kerajaan yang ada di Indonesia. Namun sangat disayangkan bahwa pengetahuan

untuk menjadikan industri masih sangat kurang atau belum optimal

Satwa untuk industri parfum

Satwa dalam mencari pasangannya selalu mengenduskan bau yang sesuai dengan keinginannya. Bau-bau tersebut umumnya

tidak tercium oleh hidung manusia, akan tetapi ada beberapa jenis fauna Indonesia yang dapat dideteksi jenis asal muasal, sehingga memungkinkan untuk dikembangkan sebagai bahan industri, seperti parfum.

Material bahan mentah untuk industri parfum hingga saat ini masih lebih banyak mengandalkan produk yang berasal dari tumbuhan berbunga. Hingga saat ini ada sekitar 2.000 jenis tumbuhan telah digunakan untuk memproduksi parfum. Penggunaan parfum dengan bahan dasar material bagian tubuh binatang mempunyai potensi digunakan sebagai bahan industri karena tingkat keawetan bau yang melekat dalam tubuh yang tidak kalah lamanya dengan beberapa jenis unggul bahan parfum dari bahan dasar tumbuhan.

Penggunaan aditif keawetan parfum yang diambilkan dari satwa sebenarnya telah dilakukan kerajaan-kerajaan kita masa lampau dan memungkinkan untuk dikembangkan sebagai contoh bahan dasar parfum berkualitas tinggi dapat diambilkan dari zat kelenjar dari rusa jantan (Cervidae), minyak kastrol yang diekstrak dari satwa kelompok berang-berangan (Mustelidae), ambergris dari ikan paus dan parfum yang sudah terbiasa digunakan di masa lampau oleh bangsawan kerajaan jawa yang diambilkan dari kantong di bawah ekor dari Musang (*Pardoxurus hermaphroditus*) atau rase (*Viverracula indica*) sangat potensial sebagai bahan substitusi parfum dengan kekuatan melekat tahan lama. Jenis-jenis lainnya



Rase (*Viverracula indica*) untuk bahan industri kosmetika parfum



Musang luwak (*Paradoxurus hermaphroditus*);



Rusa timor (*Cervus timorensis*)

Foto: I.Maryanto & AS.Achmadi

seperti bau sigung (*Mydaus javanicus*) yang mampu menempel hingga lebih dari satu minggu, tampaknya zat aditifnya perlu dipelajari dan dikembangkan.

Cacing untuk Kosmetika

Cacing tanah (Annelida, ordo Oligochaeta, dan kelas Chaetopoda) yang hidup dalam tanah terdiri dari banyak jenis, tetapi yang sering dijumpai adalah jenis *Helodrilus caliginosus*, *H. foetidus*, *Lumbricus terrestris* dan *L. rubellus*. Cacing tersebut

Cacing tanah
untuk bahan
industrii
kosmetik
kecantikan kulit



Sumber: <http://apoteker123.files.wordpress.com>

hingga saat ini belum banyak terpikirkan untuk dikembangkan menjadi bahan dasar industri masa depan. Cacing tanah hingga saat ini masih digunakan sebagai bahan dasar untuk penyubur tanah tanpa harus diambil bahan aktifnya. Cacing juga sudah dimanfaatkan sebagai bahan aktif beberapa produk kecantikan seperti pelembut kulit, pelembab wajah, lipstick dan anti infeksi. Sebagai produk herbal, telah banyak merek tonikum yang menggunakan ekstrak cacing tanah sebagai campuran bahan aktif.

Pengembangan Diagnostik dan Vaksin

Salah satu produk farmasi yang banyak digunakan adalah kit diagnostik dan vaksin untuk berbagai jenis penyakit. Produk tersebut berkembang mengikuti kemajuan teknologi dan informasi yang semakin tinggi, salah satunya adalah informasi genetika dari virus ataupun dari manusia dan hewan. Pengembangan berbagai kit diagnostik dan vaksin itu tergantung oleh informasi genetika dari bioresource lokal yang ada. Beberapa penelitian terkait

sedang dikembangkan saat ini untuk menjawab keperluan masa depan.

Keanekaragaman *Human Papillomavirus (HPV)* di Indonesia dan Potensi Dalam Bidang Diagnostik Dan Pengobatan

Human Papilloma Virus (HPV) merupakan virus penyebab kanker serviks pada wanita. Di Indonesia, kanker serviks termasuk penyebab terbanyak kematian pada wanita di samping kanker payudara. Virus ini terdapat di mana-mana, baik pada pria maupun wanita dan disebarkan melalui hubungan seksual atau kontak fisik khususnya melalui *entry point* mukosa atau selaput lendir. Lebih dari 97% kasus kanker serviks pada wanita disebabkan HPV tipe ganas (*high risk*), selebihnya ditemukan HPV tipe jinak (*low risk*) yang menyebabkan timbulnya kutil kelamin (*genital wart*) yang dinamakan *Condyloma acuminata* baik pada wanita maupun pria.

Biodiversitas Human Papillomavirus sangat tinggi, yang tercermin dari adanya 100 tipe HPV atau lebih yang telah dikenal. Dari 100 tipe tersebut, HPV diklasifikasikan kembali menjadi dua tipe utama, yaitu *high risk* (tipe 16, 18, 26, 31, 33, 45, 51, 52, 53, 56, 58, 59, 66, 68, 70, 73, 82, & 85) dan *low risk* (6, 11, 40, 42, 43, 44, 54, 61, 62, 71, 72, 81, 83, 84, & 89). Selain itu, ditemukan juga tipe *intermediate* yang terdiri dari tipe 34, 64, 67, 69, 74, 86, 87, 97, 101, 102, 103, 106, 150 & 151.

Studi epidemiologi menunjukkan bahwa prevalensi HPV tipe 16 menunjukkan angka tertinggi pada berbagai kasus kanker serviks, diikuti oleh HPV tipe 18. Berbagai variasi dan pola penyebarannya juga telah ditunjukkan pada berbagai studi. Penelitian HPV yang ada di Indonesia juga menunjukkan bahwa HPV varian Indonesia bersifat spesifik dan menempati *cluster* genetik tersendiri di antara isolat-isolat dari Cina, Amerika, Eropa, dan Asia-pasifik.

Berdasarkan data prevalensi HPV, tingginya biodiversitas HPV serta adanya varian spesifik Indonesia, potensi HPV perlu digali agar dapat dimanfaatkan sebaik mungkin. Berbagai laporan menunjukkan bahwa pengembangan diagnostik serta sistem profilaktik yang terbaik adalah bila dikembangkan dari potensi sumberdaya genetik lokal, sehingga dapat menjawab segala problematik lokal tanpa mengesampingkan kepentingan globalnya. HPV varian Indonesia dapat dikembangkan tidak saja untuk sistem diagnostik, tetapi juga untuk pencegahan (vaksin) dan pengobatan. HPV

juga berpotensi dalam *system delivery* serta vaksin generasi baru dalam bentuk *virus-like particle* (VLP)

Human Papillomavirus varian Indonesia dapat dimanfaatkan untuk dibuat sistem diagnostik penyakit kanker serviks, sistem skrining pra-vaksinasi kanker serviks, pembuatan vaksin generasi baru berbasis VLP serta sistem penghantaran (*delivery*) material genetik menggunakan VLP. Generasi pertama kit diagnostik terhadap kanker serviks sudah didaftarkan paten atas nama LIPI.

Potensi HPV dalam diagnostik maupun pencegahan dan pengobatan sangat besar, namun belum dimanfaatkan secara maksimal. Perlu pendanaan agar riset serta pengembangan produk komersil berbasis sumberdaya lokal lebih digalakkan lagi.

Melihat biodiversitas HPV yang belum dimanfaatkan seluruhnya, perlu ada upaya sistematis untuk menggali potensinya baik dari sisi diagnostik, pencegahan maupun pengobatan. Di sisi lain potensi yang belum tergali masih banyak lagi mengingat HPV mempunyai lebih dari 100 tipe dan berbagai varian geografis seperti ditemukan di Indonesia. Bila upaya penggalian potensi terlambat, sedangkan laju mutasi HPV tinggi, maka dikhawatirkan potensi yang belum digali akan musnah. Musnahnya suatu potensi genetik berarti hilangnya satu kesempatan bagi umat manusia untuk mendapatkan jawaban atas permasalahan yang ada.

Pusat Penelitian Bioteknologi LIPI telah mengembangkan berbagai teknologi untuk memanfaatkan potensi sumberdaya genetik, khususnya dari Human papillomavirus. Metode molekuler memungkinkan analisis mendalam HPV tanpa perlu mengkultur virus yang sulit tumbuh ini. Teknologi ini juga telah dikembangkan untuk pembuatan prototype kit diagnostik penyakit kanker serviks, walaupun masih generasi pertama. Teknologi yang lebih maju telah siap namun perlu pendanaan yang memadai untuk dikembangkan menjadi teknologi siap pakai. Pemanfaatan teknologi secara komersil akan membuka era baru di mana sumber daya genetis lokal HPV menjadi sumber pemasukan negara di samping menaikkan kualitas kesehatan masyarakatnya.

Keanekaragaman gen *HER-2/neu* pada Pasien Penderita Kanker Payudara di Indonesia

Berdasarkan data Sistem Informasi Rumah Sakit (SIRS) di Indonesia tahun 2007, kanker payudara menduduki peringkat pertama sebagai penyakit yang mematikan bagi pasien kanker perempuan di Indonesia, diikuti oleh kanker serviks. 20–30% dari total keseluruhan pasien kanker payudara, mengalami overekspresi protein *HER-2/neu*. Kanker payudara *HER-2/neu* bersifat invasif, tingkat keganasan tinggi dan memiliki harapan hidup pasien rendah. Antibodi monoklonal, *trastuzumab*, adalah salah satu obat yang digunakan menyerang reseptor *HER-2/neu* mencegah aktivasi. Sayangnya ditemukan permasalahan

resistensi pada penggunaan *trastuzumab* sebagai agen tunggal, 70–80%. Ada banyak teori diduga sebagai penyebab resistensi mekanisme *trastuzumab*, salah satunya adalah *polimor-fisme* (keragaman) dan disfungsi reseptor targetnya.

Trastuzumab pertama USA dan dilepas pada tahun 1998. Tentunya proses produksi antibodi monoklonal ini didasarkan pada informasi database gen *HER-2/neu* yang ada. Antibodi monoklonal dengan target kerjanya, reseptor *HER-2/neu*, yang bila bukan merupakan pasangannya maka antibodi monoklonal tersebut tidak akan ampuh untuk bekerja mencegah aktivasi. Untuk itu, perlu dilakukan studi dan analisis DNA penyusun reseptor *HER-2/neu* dari pasien kanker payudara yang ada di Indonesia. Sebagai sumber DNA-nya diperoleh dari pasien dengan level IHC (pewarnaan *immunohistochemistry*) level 3 dari pasien yang ada di Indonesia.

Di samping meneliti mengenai reseptor *HER-2/neu*, mempelajari metode yang efektif dan efisien untuk deteksi p95*HER-2/neu*, yang merupakan patahan dari kompleks *HER-2/neu*, yang juga merupakan salah satu penyebab timbulnya resistensi obat telah diinisiasi di Pusat Penelitian Bioteknologi LIPI. Saat ini di Indonesia, belum dikembangkan metode deteksi terhadap p95*HER-2/neu* ini. Diharapkan dengan didapatkan metode deteksi yang efektif, efisien, dan murah terhadap p95-*HER-2/neu* maka akan membantu para dokter dalam mendiagnosis penyakit dan memberikan pengobatan secara tepat.

Vaksin Jembrana Berbasis Protein Rekombinan untuk Peningkatan Kesehatan Sapi Bali

Penyakit Jembrana adalah penyakit infeksi yang disebabkan oleh virus Jembrana dan hanya menyerang sapi Bali. Pada tahun 1964, penyakit Jembrana telah mematikan sebanyak 20% dari populasi sapi Bali di Bali. Sampai saat ini, keperluan vaksin untuk preventif penyakit Jembrana sapi Bali baru terpenuhi dari *crude* vaksin. *Produksi crude* vaksin dengan material berasal dari limfa terinfeksi akut penyakit Jembrana. Penyediaan *crude vaccine* yang diproses melalui *ultracentrifuge*, ini dianggap mahal, tidak efektif, dan kurang berkualitas. Materi untuk pembuatan *crude vaccine* dianggap mahal, karena setiap kali produksi harus membunuh ternak sapi Bali yang sebelumnya dibuat terinfeksi penyakit Jembrana. Pembuatan *crude vaccine* melalui proses yang cukup panjang dan hasilnya dinilai kurang efektif atau kurang berkualitas dengan daya imunitas sangat pendek (± 3 bulan). *Produksi crude vaccine*, hingga saat ini belum dapat memenuhi keperluan penyakit Jembrana di lapang.

Kemajuan rekayasa genetika, utamanya pada kloning dan transformasi melalui sel inang *Escherichia coli* dan selanjutnya diekspresikan, hasilnya berupa protein rekombinan. Protein rekombinan ini sebagai bahan vaksin untuk sapi yang terserang penyakit virus, sehingga tubuh sapi tersebut akan menghasilkan antibodi terhadap penyakit Jembrana. Protein ter-

sebut juga dapat digunakan sebagai antigen dalam deteksi penyakit Jembrana. Berdasarkan konsep tersebut, maka vaksin Jembrana dapat dikembangkan dengan basis teknologi protein rekombinan dan diperkirakan dapat memenuhi kebutuhan di lapang.

Virus penyakit Jembrana termasuk dalam kelompok *Lentivirus* dari keluarga *Retroviridae*. Genom virus Jembrana sangat typical *Retrovirus* pada umumnya memiliki struktur gen *env*, *gag* dan *pol* pada genom Jembrana. Setidaknya terdapat tiga protein (*Tat*, *SU* dan *Tm*) yang dikode dari dua gen tersebut (*env* dan *pol*) yang berpotensi dapat digunakan sebagai antigen atau vaksin untuk penyakit Jembrana pada sapi Bali.

Guna menunjang potensi sapi local, sapi Bali, maka pengembangan vaksin protein rekombinan perlu segera dilanjutkan Untuk mengatasi kekurangan penyediaan *crude* vaksin tersebut.

Energi

Krisis energi fosil semakin terasa. Untuk itu, pencarian energi baru atau pembuatan produk industri dengan menggunakan teknologi hemat energi selalu dicanangkan. Hingga saat ini energi yang diambilkan dari material berbahan dasar sumber daya hayati Indonesia terasa sangat kurang. Kondisi yang sama pembuatan produk teknologi dengan inspirasi kajian meniru tingkah laku flora fauna Indonesia masih sangat terbatas atau hampir tidak ada.

Pengembangan energi terbarukan dalam dua dekade ini terfokus pada produksi bioetanol dari sumber biomasa karbohidrat pati seperti ubikayu dan jagung. Negara yang paling gencar melakukan pengembangan dan produksi bioetanol adalah Amerika Serikat dan Brazil yang ditunjukkan dengan total produksi dari kedua negara tersebut sekitar 90% dari total produksi di dunia pada tahun 2005 dan 2006.

Produksi global bioetanol meningkat dari 17.25 miliar liter pada tahun 2000 menjadi

lebih dari 46 miliar liter pada tahun 2007. Produksi bioetanol pada tahun 2007 mewakili 4% dari 1.300 miliar liter gasolin yang dikonsumsi secara global. Kebijakan Bahan Bakar Nasional (BBN) setiap negara cenderung bervariasi mengacu pada sumberdaya yang tersedia untuk produksi bahan bakar dan kebijakan pertanian nasionalnya. Dengan program pemerintah baru di berbagai benua Amerika, Asia dan Eropa, total kebutuhan bioetanol global dapat tumbuh melampaui 125 miliar liter pada tahun 2020.

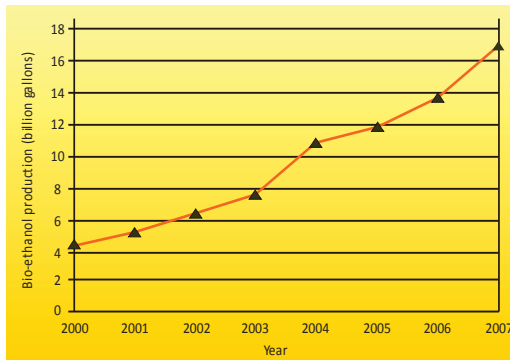
Potensi yang bisa digali untuk mengembangkan energi alternatif dengan memanfaatkan bioresource lokal di antaranya adalah 1) Potensi bioresource biomasa tumbuhan dan mikroba (alga), 2) Potensi bioresource mikroba penghasil berbagai jenis enzim dan mikroba untuk membantu proses fermentasi dalam produksi bioetanol dan produk lainnya, dan 3) Potensi pemanfaatan meniru tingkah laku fauna untuk pengembangan produk dengan energi yang lebih efisien

Negara	2005	2006	Kontribusi terhadap total pada tahun 2006 (%)
Amerika Serikat	15.0	18.3	46.9
Brazil	15.0	17.5	44.9
China	1.0	1.0	2.6
India	0.3	0.3	0.8
Prancis	0.15	0.25	0.6
Lainnya	1.55	1.65	4.2
Total	33.0	39.8	-

Produksi bioetanol selama tahun 2005 dan 2006 (miliar liter)

Sumber: REN 2007 dan REN 21, 2006 dalam Balat dan Balat, 2009

Produksi global etanol dari 2000 sampai 2007



Sumber: Demirbas 2007 dalam Balat & Balat 2009

Biomasa Selulosa untuk Energi

Salah satu kandidat potensial sebagai bahan baku bioetanol adalah biomassa mengandung serat nonpati (selulosa). Penggunaan bahan ini dapat mengurangi kompetisi peruntukan antara kebutuhan pangan atau pakan dan energi yang saat ini banyak dikembangkan dari bahan berpati dan bergula. Produksi per tahun selulosa diprediksi 1–1010 MT di seluruh dunia. Selulosa yang potensial sebagai sumber bioetanol generasi kedua antara lain dari limbah pertanian, perkebunan dan kehutanan.

Selulosa merupakan komponen utama dari biomassa karbohidrat nonpati yang menjadi sumber untuk dihidrolisis menjadi

gula sederhana dan kemudian difermentasi menjadi bioetanol. Secara alami struktur selulosa terdapat dua bagian, yaitu amorf dan kristalin, di mana bagian kristalin ini relatif sulit dihidrolisis oleh enzim ataupun asam. Selain selulosa, biomassa tersebut juga mengandung lignin yang dapat menjadi penghambat dalam proses konversi, yang membuat selulosa tahan terhadap degradasi kimia dan biologis.

Teknologi produksi bioetanol dari biomassa selulosa sampai saat ini masih dalam tahap pengembangan dan belum diproduksi secara komersial di dunia. Indonesia memiliki keunggulan komparatif untuk produksi bioetanol ditinjau dari segi ketersediaan biomassa yang beragam, ketersediaan lahan dan kondisi iklim yang mendukung. Keragaman biomassa selulosa meliputi berbagai jenis limbah biomassa industri kelapa sawit, kopra, cokelat, kopi, tebu, teh, kayu, bambu dan lainnya.

Bambu merupakan salah satu contoh penghasil selulosa potensial yang mudah diperoleh di sekitar masyarakat. Sebagai contoh, bioetanol yang diperoleh dari

Besar produksi biomassa berdasarkan tipe penggunaan lahan dan luasannya

Tipe penggunaan lahan	Luas (1000 ha)	Produksi biomassa (juta ton/tahun)
Persawahan padi	7.517	180
Pegunungan	9.008	162
Perkebunan	9.917	357
Agroforestri	4.062	41
Hutan	137.366	3.159
Total	163.808	3.899

Sumber: Sabiham & Mulyanto 2005 dalam Sabiham & Anwar, 2007

Bambusa vulgaris dapat mencapai 13.8 liter/100 kg chips yang diperoleh dari bambu berumur satu tahun atau 14.79 liter/100 kg chips yang diperoleh dari bambu berumur lima tahun. Hasil perhitungan produksi bambu menghasilkan 7 ton berat kering/hektar/tahun, atau setara dengan 17.1–18.9 MJ/kg energi dari

material kering. Hasil analisis nilai kalori bambu 4–6 kcal/kg. Selain itu, diinformasikan juga bahwa bambu terdiri atas 57% minyak, 21% gas, dan 22% arang. Berdasarkan informasi yang diperoleh stok karbon diatas tanah adalah 52.3 tC/ ha dan bertambah 3.6 t C /ha/tahun.

Bahan baku	Selulosa	Hemi selulosa	Lignin	Abu	Ekstraktif	Komposisi berbagai jenis biomassa berlignoselulosa (% berat kering)
Alga (hijau)	20-40	20-50	-	-	-	
Kapas, rami dll	80-95	5-20	-	-	-	
Rumput-rumputan	25-40	25-50	10-30	0.6±0.2	5±3	
Kayu daun lebar	45±2	30 ± 5	20±4	0.8±0.2	6±2	
Kulit kayu daun lebar	22-40	20-38	30-55	0.5±0.1	3±2	
Kayu daun jarum	42±2	27±2	28±3	0.5±0.1	3±2	
Kulit kayu daun jarum	18-38	15-33	30-60	0.8±0.2	4±2	
Tangkai/batang jagung	39-47	26-31	3-5	12-16	1-3	
Jerami gandum	37-41	27-32	13-15	11-14	7±2	
Kertas koran	40-55	25-40	18-30	-	-	Kandungan kimia beberapa bambu Indonesia
Pulp kimia	60-80	20-30	2-10	-	-	

Sumber: Dermibas 1991,1998 dalam Dermibas,2005

Jenis	Abu (%)	Lignin (%)	Selulose (%)		Larut dalam air panas (%)	Larut dalam air dingin (%)	Larut dalam 1% Alkali (%)	Larut dalam Alkohol-benzene (%)
			Holo-	Alpha-				
<i>B. blumeana</i>	Tidak terdeteksi	20,5 – 22,7	65,7 – 72,6	40,3 – 45,1	6,0 – 8,5	3,4 – 5,1	21,9 – 24,7	3,1 – 4,4
<i>B. vulgaris</i>	1,8 -2,1	22,7 – 23,9	67,8 – 69,6	37,9 – 43,2	5,7 – 5,8	3,4 – 5,6	20,6 – 23,1	3,9 – 4,5
<i>S. zollingeri</i>	Tidak terdeteksi	20,1 – 22,7	68,7 – 74,3	48,7 – 52,6	3,7 – 6,5	2,7 – 5,4	21,8 – 26,8	2,2 – 2,7

Sumber: Dransfield & Widjaja, 1995

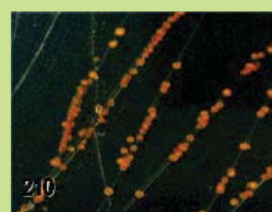
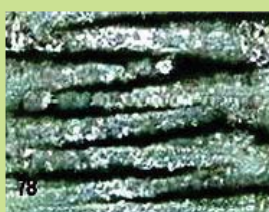
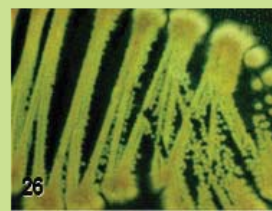
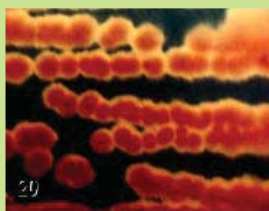
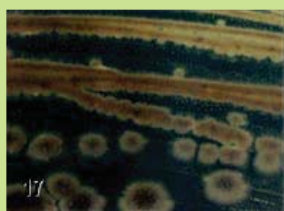
Potensi mikroorganisme penghasil enzim untuk hidrolisis biomasa

Proses degradasi biomasa untuk produksi bioetanol sangat bergantung pada penggunaan enzim hidrolisis dan mikroorganisme untuk proses fermentasinya. Jenis enzim yang diperlukan adalah selulase, hemiselulase (mananase, xilanase), glukosidase, galaktosidase dan enzim untuk hidrolisa lignin. Koleksi mikroorganisme lokal dapat dimanfaatkan untuk produksi enzim tersebut. Hasil seleksi terhadap 500 isolat murni koleksi *Indonesia Culture Collection* (InaCC), telah diperoleh 6 isolat potensial penghasil enzim mananase dan selulase dari kelompok Actinomycetes. Dari hasil penelitian LIPI dan kolaborasi riset selama ini, InaCC memiliki lebih dari 10.000 isolat dari jenis bakteri, actinomycetes, kapang, khamar, dan mikroalga. Potensi mikroorganisme tersebut dapat digunakan sebagai sumber penghasil berbagai jenis enzim potensial

Biodiversitas mikroorganisme Indonesia sangat tinggi. Jumlah koleksi mikroba lokal akan bertambah seiring dengan semakin tinggi aktivitas penelitian untuk melihat potensinya. Selain mikroorganisme dari lingkungan darat, mikroorganisme dari laut menjadi target dalam eskplorasi. Lingkungan berbeda akan membentuk komunitas mikroorganisme yang berbeda sehingga diprediksi terdapat berbagai jenis mikroorganisme baru dan diprediksi juga akan menghasilkan berbagai enzim dengan karakter yang menarik. Kode genetika yang dimiliki mikroorganisme lokal menjadi nilai tambah lain. Sumber genetika dari berbagai mikroba tersebut dapat digunakan untuk pengembangan rekayasa genetika untuk produksi enzim secara efesien.

Di sisi lain, rekayasa mikroba dapat dilakukan untuk membuat super-mikroba yang dapat melakukan proses fermentasi untuk produksi bioethanol, bio-buthanol dan produk biokimia lainnya. Misalnya: koleksi ragi (*yeast*) lokal sangat cocok untuk

Beragam actinomycetes penghasil mananase dan selulase dari *Indonesia Culture Collection* (InaCC)



proses fermentasi biomasa untuk produksi bioetanol. Rekasaya mikroba terhadap jenis ragi tersebut akan dapat meningkatkan efesiensi proses fermentasi biomasa selulosa lokal sehingga produksi bioetanol lebih efesien.

Mikroba Perombak dari Isi Perut Kumbang

Selain mikroba dari alam, mikroba perombak biomasa dalam ditemukan dalam pupa, larva, dan isi perut kumbang. Berbagai jenis kumbang larvanya hidup pada kayu dan tumbuhan, berbagai jenis hidup pada kayu yang sudah mati (lapuk) dan berbagai jenis hidup pada kayu yang masih hidup. Kelompok kumbang yang hidup pada kayu yang sudah mati adalah anggota suku Passalidae, Lucanidae, Scarabaeidae, Lucanidae dan Cerambycidae. Kumbang yang menghuni kayu hidup, terutama anggota kumbang Buprestidae dan Cerambycidae sehingga dapat berpotensi sebagai hama tanaman kayu (Perkebunan).

Mikroba yang terdapat dalam isi perut kumbang tersebut perlu diidentifikasi dan

dikembangkan potensinya karena kemampuannya menghasilkan enzim pendegradasi biomasa selulosa. Hasil sementara dari analisis enzim yang terdapat di dalam organ pencernaan larva kumbang, menunjukkan terdapatnya amilase, invertase, maltase, laktase, selulase, hemicelulase dan protease.

Mikroba Fotosintetik untuk Sumber Energi

Berbagai sumber energi berbahan nabati telah dikembangkan termasuk alga, baik alga laut maupun air tawar. Biofuel dari biomasa alga (ganggang) saat ini berkembang pesat. Keunggulan ganggang adalah dapat menghasilkan kompon bahan bakar fosil di dalam selnya sebagai hasil utama metabolismenya berbasis proses fotosintesis.

Ganggang diketahui termasuk organisme yang sangat besar diversitasnya, jenjang hidup yang luas, produktif, lebih sedikit membutuhkan air bila dibandingkan dengan kebutuhan pertanian, tidak membutuhkan lahan yang luas, tumbuh dengan cepat,



Foto: W. A. Noerdjito

Mikroorganisme dalam larva kumbang kayu lapuk berpotensi mempercepat mendegradasi untuk menghasilkan alkohol:
A. *Cerambycidae*;
B. *Passalidae*;
C. *Tenebrionidae*;
D. *Scarabidae* :
Cetoniinae;
E. *Scarabaeidae*:
Dynastinae;
F. *Lucanidae*

hasil lebih signifikan untuk biofuel per hektare dibandingkan tanaman lain penghasil minyak. Selain itu, ganggang juga dapat menyerap kelebihan karbon dioksida sebagai hidro-karbon, tidak mengandung sulfur, memiliki toksisitas rendah, sangat biodegradable, tidak menghancurkan habitat alami dan tidak berkompetisi dengan sumber tanaman lainnya sebagai sumber makanan untuk konsumsi manusia.

Beragam jenis ganggang yang digunakan untuk energi saat ini kurang lebih hanyalah 100 jenis dari 25.000 jenis yang diperkirakan ada di dunia. Indonesia mempunyai keragaman ganggang yang tinggi karena terkoleksi dari kawasan tropikal, deret gunung berapi, pertemuan empat arus laut, dan ragam ekologi yang unik. Namun, disayangkan penggalan fungsi ganggang untuk keperluan energi ataupun kepentingan lain seperti suplemen pangan dan obat kurang optimal.

Secara umum biomassa alga Indonesia (per berat kering) terdapat kandungan 25–40% protein, 5–30% karbohidrat, dan 10–30% lipida/minyak. Komposisi hasil metabolisme sel ini perlu diubah mengarah lebih banyak ke lipida atau hidrokarbon sebagai bahan baku energi melalui perbaikan teknologi dan jenis alga yang dipilih. Harga minyak alga di pasaran dunia sekarang berkisar 10–25 USD per galon, tergantung dari jenis alga, teknologi yang diadopsi dan skala produksi.

Beberapa tantangan untuk mengembangkan industri energi berbasis ganggang ekonomis hingga saat ini masih terkendala pada:

- Kurangnya teknologi tepat guna dan murah untuk mendukung industrialisasi alga sebagai contoh masih mahalnya sumber nutrisi media, infrastruktur dan fasilitas transportasi.
- Kurangnya informasi pada teknologi tingkat kontrol variabel dalam sistem terbuka
- Diurnal, variasi musiman, dan iklim
- Kontaminasi organisme lainnya
- Pemilihan jenis ganggang yang sesuai sebagai isolat tunggal, konsorsium dan modifikasi
- Kurangnya informasi analisis tingkat tinggi siklus hidup (LCA) emisi GHG
- Kesulitan dalam *scale-up* dari skala kecil photobioreactors ke skala komersial pada fasilitas produksi

Mikroalga untuk Sumber Bioenergi

Mikroalga adalah mikroorganisme perairan yang bernilai penting terutama di bidang energi, peternakan, kesehatan, industri makanan dan kosmetika. Berbagai negara di dunia telah memanfaatkan mikroalga dengan produk yang diperoleh berupa minyak alga (biodiesel, bioaftur, sumber omega 3, kosmetika), protein (pakan ternak, pigmen alami), karbohidrat (bio-etanol), biomasa (pakan akuakultur, pupuk, limbah/pikoremediasi. Fungsi khusus lainnya yang diperoleh dari mikroalga adalah sumber antioksidan,

karagenan, biopolimer, biohidrogen, sumber vitamin, agen antijamur, anti mikroba dan antivirus.

Kondisi geografis Indonesia yang lebih dari 70% berupa lautan dengan intensitas cahaya matahari yang tinggi memungkinkan adanya upaya pengembangan secara berkesinambungan mikroalga menjadi produk bioenergi yang dapat meningkatkan perekonomian bangsa Indonesia. Indonesia masih memiliki keterbatasan dalam aspek inventarisasi sumber daya bahari termasuk mikroalga dan pemanfaatannya. Sebagai negara maritim yang beriklim tropis, keragaman mikroalga di Indonesia sangat tinggi. Upaya eksplorasi terus dilakukan untuk menggali potensi yang dimiliki setiap jenis mikro-alga. Permasalahan pengembangan potensi kelautan khususnya bioresource mikrolaga di Indonesia adalah belum tersedianya teknologi budidaya dan pengolahan biomasa secara memadai. Pengembangan mikro alga juga terbatas karena sumber permodalan yang dapat digunakan untuk investasi, dan belum optimalnya peran sebagian besar penduduk di wilayah pesisir dalam mengembangkan produk berbahan baku mikroalga.



Ganggang coklat

Keterbatasan mempertahankan sumber energi dari hidrokarbon merupakan peluang bagi upaya pemanfaatan mikroalga sebagai sumber energi baru dan terbarukan. Dewasa ini berbagai negara memanfaatkan biomasa terutama minyak alga sebagai sumber bahan bakar nabati (BBN) ramah lingkungan. Teknologi pengolahan alga menjadi minyak BBN merupakan teknologi baru. Apabila dibandingkan dengan sumber BBN lain (contohnya: bunga matahari, kedelai, dan pohon jarak), produktifitas yang dihasilkan mikroalga per unit area lebih tinggi karena budidaya mikroalga tidak membutuhkan lahan yang luas.

Sistem produksi mikroalga komersil berbasis energi saat ini menggunakan kolam terbuka (*open-pond*) atau perairan dangkal. Penelitian yang dilakukan saat ini

Tanaman	Kandungan biji minyak (% berat biomasa)	Produktivitas minyak (L minyak/ ha tahun)	Penggunaan lahan (m ² tahun/kg biodiesel)	Produktivitas (kg bio diesel/ha tahun)
Jagung (<i>Zea mays</i>)	44	172	66	152
Rami (<i>Canabis sativa</i>)	33	363	31	321
Kedelai (<i>Glycine max</i>)	18	636	18	562
Jarak (<i>Jatropha curcas</i>)	28	741	15	656
Camelina (<i>Camilina sativa</i>)	42	915	12	809
Kanola (<i>Brasica napus</i>)	41	974	12	862
Bunga matahari (<i>Helianthus annuus</i>)	40	1070	11	946
Kastor (<i>Ricinus communis</i>)	48	1307	9	1156
Sawit (<i>Elaeis guineensis</i>)	36	5366	2	4747
Mikro alga (kandungan minyak rendah)	30	58700	0,2	51927
Mikro alga (kandungan minyak medium)	50	97800	0,1	86515
Mikro alga (kandungan minyak tinggi)	70	136900	0,1	121104

Perbandingan Mikroalga dengan Sumber Biodiesel lainnya

Sumber: Chity, Y. 2007

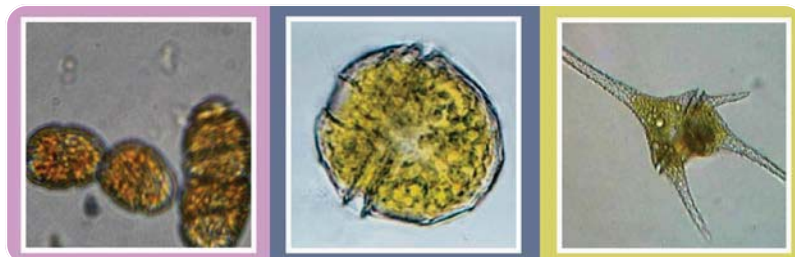
adalah upaya mendapatkan biomasa dengan konsentrasi tinggi menggunakan fotobioreaktor. Salah satu manfaat yang didapat dari penggunaan fotobioreaktor adalah memanfaatkan kembali gas CO₂ yang terperangkap dalam sistem reaktor untuk menumbuhkan dan memperbanyak biomasa mikroalga. Berbagai jenis alga yang digunakan untuk sumber energi saat ini kurang lebih hanya 100 jenis dari 25.000 jenis yang diperkirakan ada di dunia. Indonesia mempunyai aneka alga yang tinggi karena kondisi tropikal, deret gunung berapi, pertemuan empat arus

laut dan ragam ekologi yang unik. Namun, disayangkan penggalian fungsi ganggang untuk keperluan energi ataupun kepentingan lain seperti suplemen pangan dan obat kurang optimal.

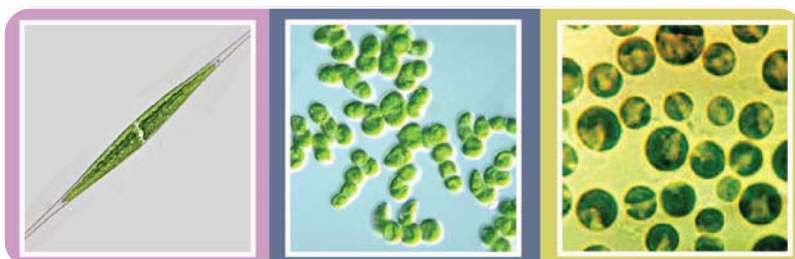
Beberapa jenis mikroalga yang diproduksi secara komersil di dunia adalah jenis *Spirulina* sp., *Chlorella vulgaris*, *Dunaliella salina*, *Nannochloropsis* sp., dan *Haematococcus*. Total produksi tahunan dunia mencapai 10.000 ton biomassa, dengan 99% diproduksi pada kolam terbuka.

Jenis-jenis mikroalga yang dikembangkan untuk industri di dunia :

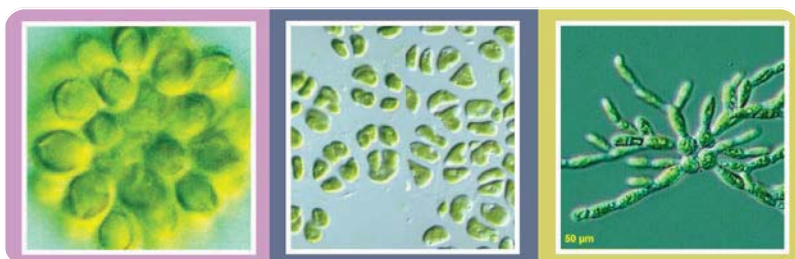
- A. Dinofita;
- B. Klorofita;
- C. Krisofita ;
- D. Euglenofita ;
- E. Ganggang Coklat ;
- F. Rodofita



A

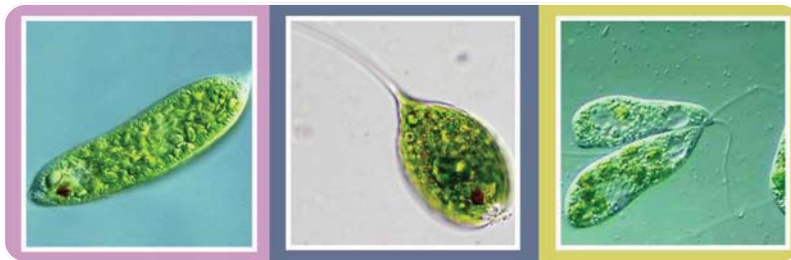


B



C

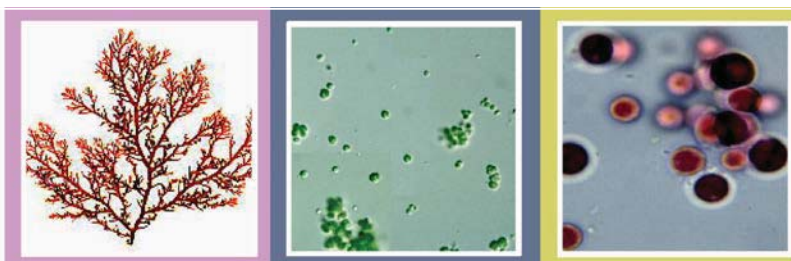
Foto: Susilaningih dkk



D



E

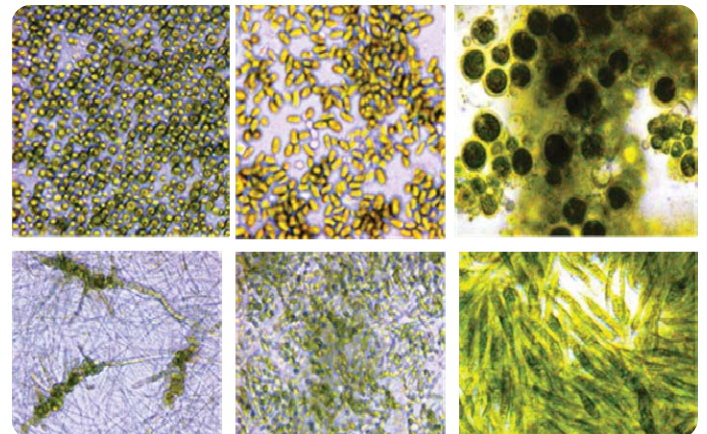


F

A. Produksi mikroalga menggunakan limbah ampas sagu;
B. Jenis-jenis mikroalga untuk energi yang sedang dikembangkan LIPI



A



B

Foto: Susilaningsih dkk

Status terkini produksi biodiesel dari berbagai negara berbasis biomassa mikroalga.

Negara	Status Perkembangan
New Zealand	<ul style="list-style-type: none"> ~ Aquaflow Co. Mengkultur mikroalga dalam suatu kolam berairasi yang dapat mengolah 5 juta kiloliter air terkuras dari fasilitas pengolahan limbah (untuk 27.000 orang) dan kilang anggur. ~ Menggunakan sistem pilot plant untuk penyaringan air dengan kecepatan $70\text{m}^3/\text{h}$, kemampuan recover dari mikroalga sekitar 70 ~ 90% ~ Aquaflow, bersama dengan UOP (<i>Universal Oil Products</i>), membangun kerja sama untuk utilisasi industrial mikroalga. ~ Investigasi varietas mikroalga.
India	<ul style="list-style-type: none"> ~ Enhanced Biofuels & Technologies India Ltd. (EBTI) mendapatkan beberapa jenis mikroalga mengandung 37–54% minyak setelah mengidentifikasi 64 jenis mikroalga ~ Mendapatkan mikroalga yang memiliki produktivitas minyak yang tinggi (245 ton-oil/ha/y, 132 ton-biomass/ha/y). ~ Menemukan satu jenis mikroalga yang mengandung 50–60% minyak dan memiliki kecepatan reproduksi yang tinggi, 4 kali sehari. ~ Sukses mencapai 90% kecepatan rata-rata minyak dari mikroalga, dan melakukan perjanjian kerjasama penelitian dan pengembangan dengan Renewable World Energies Co.
Indonesia	<ul style="list-style-type: none"> ~ Korea (The Korea Institute of Industrial Technology) and Indonesia (Kementrian Kelautan dan Perikanan) menyimpulkan kesepakatan bersama penelitian dan pengembangan produksi biofuel dari alga, pada 31 Maret 2009. ~ SPICE (<i>the Science for Protection of Indonesian Coastal Marine Ecosystem</i>) memulai pengembangan biogas plant skala kecil di pulau Saugi. Proyek ini memproduksi biogas menggunakan alga merah yang telah diekstrak untuk pembuatan carragenans (<i>food stabilizer</i>). ~ LIPI bekerjasama dengan swasta telah melakukan riset skala pilot plant (5.000 liter) mengenai potensi biodiesel dari mikroalga laut dan suplemen pangan.

Negara	Status Perkembangan
Japan	<ul style="list-style-type: none"> ~ Denso Co. Mengembangkan pabrik biofuel dengan kapasitas 80 ton minyak/tahun yang akan memproduksi minyak (C10–C25) diekstrak dari mikroalga (<i>Pseudochoricystis ellipsoidea</i>). ~ <i>Institute of Advanced Energy</i>, Universitas Kyoto sukses memproduksi bioetanol dari satu jenis rumput laut jepang (<i>Elodea Canadensis</i>) yang tumbuh di Biwako (danau). Diadopsi sebagai model proyek nasional dan memulai model penelitian sejak April 2009.
China	<ul style="list-style-type: none"> ~ Suatu perusahaan Amerika <i>BioCentric Energy Algae Co.</i> menyekelamatkan 500 ha lahan di Province Guandong dan membangun bioreaktor dengan diameter 63,5 cm dan panjang 10,4 km, terdiri atas 40 kotak yang memiliki tube kultur dengan pangang 146 cm. ~ Bioreaktor dapat memproduksi 80 ton/hari alga yang mengabsorpsi emisi CO₂ dari pabrik-pabrik disekitarnya sebanyak 0.4 juta ton per tahun. ~ Grup Inovasi Cina, ENN sedang mengoperasikan pilot plant kultivasi alga dan berencana membangun demonstrasi pabrik produksi dalam 3 tahun di atas lahan 100 ha.
Australia	<ul style="list-style-type: none"> ~ <i>South Australian Research and Development Institute (SARDI)</i> dan <i>Alga Fuels Consortium</i>, suatu konsorsium penelitian yang diorganisasi oleh <i>CISRO (Commonwealth Scientific and Industrial Research)</i>, bekerja sama mendirikan pilot plant untuk kulturisasi alga di Pulau Torrens.
Sri Lanka	<ul style="list-style-type: none"> ~ Pemerintah Sri Lanka menawarkan lahan 5,000 ha kepada suatu perusahaan india <i>EBTI (Enhanced Biofuels & technologies India (P) Ltd.)</i>. Lahan tersebut biasa digunakan untuk menanam tanaman untuk produksi biomasa yang digunakan sebagai fuel.
Pakistan	<ul style="list-style-type: none"> ~ Negara ini telah menginvestigasi kemungkinan untuk menggunakan 110,000 km² lahan untuk kultur mikro alga.
Thailand	<ul style="list-style-type: none"> ~ Universitas Khon Kaen pada November 2008, menemukan spesies mikroalgae (KKU-S2) yang menunjukkan kecepatan produksi minyak diatas rata-rata yaitu 136.9 kL/ha/tahun. ~ Alga bereproduksi dua kali lebih cepat dalam beberapa hari. Hal ini yang memungkinkan pemanenan minyak dalam satu atau dua minggu. Skala beras komersialisasi produk telah menunggu.

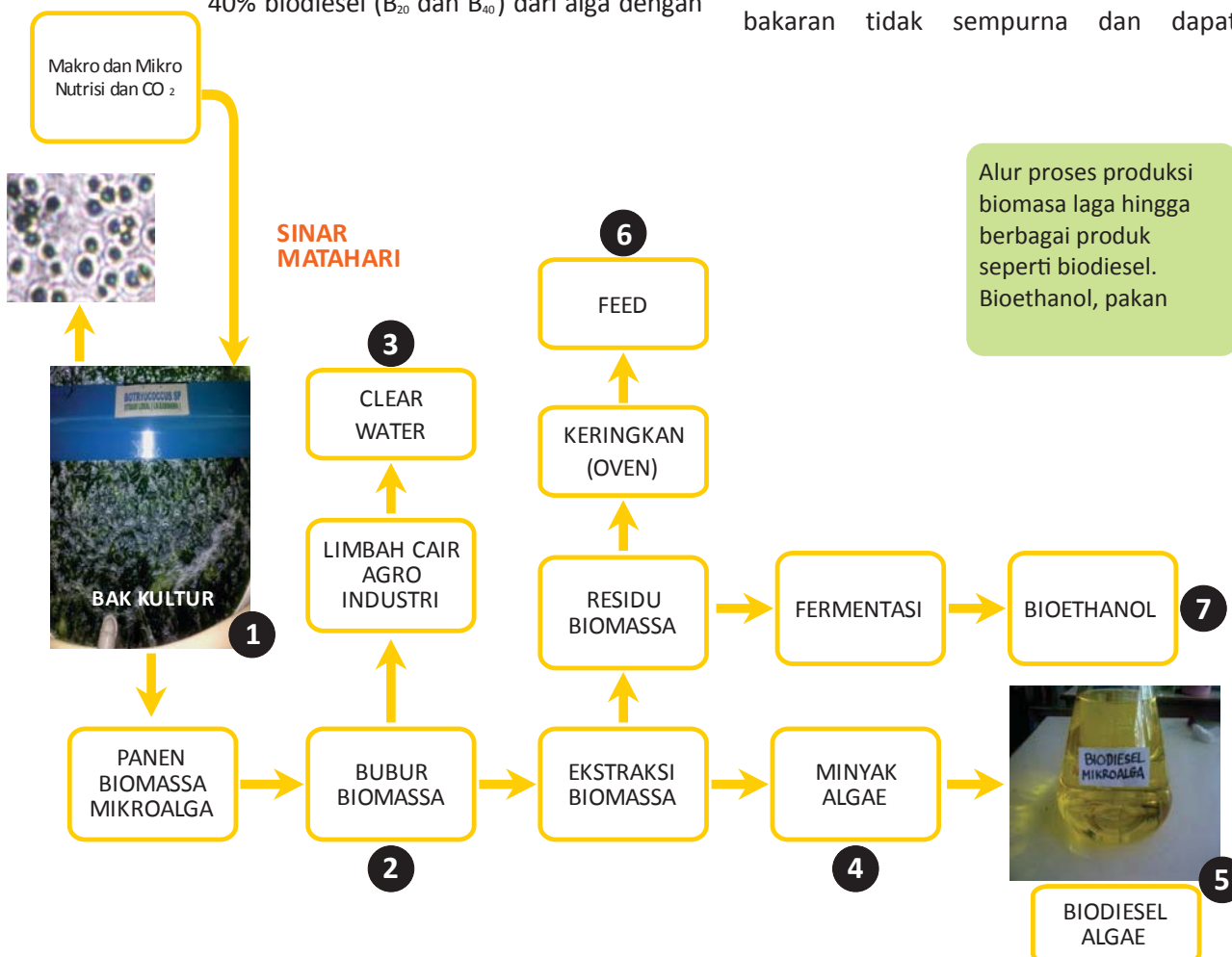
(lanjutan) Status terkini produksi biodiesel dari berbagai negara berbasis biomassa mikroalga.

Sumber: Hutley & Redalje 2007, Susilaningsih 2009; Tiernan 2011

Aplikasi Mikroalga untuk Produksi Biodiesel

Manfaat biodiesel dari mikroalga sebagai energi baru terbarukan adalah bahwa biodiesel yang dihasilkan lebih banyak antara 16–20 kali dari minyak kelapa sawit, 71–200 kali dari sumber minyak jarak, bunga matahari dan kedele. Campuran 20% dan 40% biodiesel (B_{20} dan B_{40}) dari alga dengan

80% dan 60% solar dapat digunakan secara langsung pada kendaraan bermesin diesel tanpa mengalami perubahan pada mesin, dan juga dapat digunakan dalam minyak diesel yang berkadar sulfur rendah sebagai bahan bakar mesin diesel. Alga biodiesel tidak mengendap pada suhu rendah dengan titik didih 130°C , tidak mengandung sulfur yang dapat menyebabkan pembakaran tidak sempurna dan dapat



Alur proses produksi biomassa laga hingga berbagai produk seperti biodiesel. Bioethanol, pakan

Keterangan:

1. Adalah kultur mikroalga *Botryococcus* sp Strain Lokal INK dalam medium T- (Kabinawa, 1999) dalam waktu 10–12 hari periode kultur biomasa dipanen.
2. Biomasa dipanen dengan sistem flokulasi menggunakan kalium aluminium sulfat atau sistem auto flokulasi.
3. Biomasa yang telah terkumpul dapat digunakan untuk perlakuan limbah cair agroindustri dengan waktu tinggal mencapai 19 hari akan terjadi proses redok dan akhirnya air limbah menjadi golongan I tipe C layak untuk perikanan dan pertanian.
4. Bubur biomasa di sonifikasi lalu diekstrak dengan methanol dilanjutkan dengan heksan untuk menjadi minyak alga.
5. Minyak alga ditransesterifikasi dengan katalis sodium methanolat menjadi Biodiesel.
6. Sisa biomasa dikumpulkan lalu dikeringkan dan dianalisis proksimat menjadi feed ikan hias.
7. Kumpulan sisa biomasa difermentasi dengan *Sacharomyceae* menjadi bio ethanol.



A



B



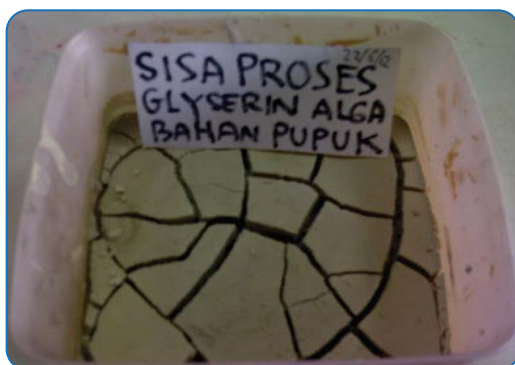
A



B

(A). Campuran 20% biodiesel dengan 80% kerosin atau BIO B20 telah digunakan pada lampu badai dan kompor minyak tanah. (B) Campuran 20% biodiesel dengan 80% solar dilakukan proses pengocokan lalu dibiarkan sebentar hasilnya menjadi campuran kerosin.

(A). Gliserin kasar (kanan) hasil dari proses trans-esterifikasi. Setelah diproses menjadi gliserin murni (kiri). (B) sampho mobil dengan salah satu bahan utamanya adalah gliserin alga dengan penggunaan untuk mengkilapkan mobil dan membersihkan kotoran tanpa melunturkan cat mobil.



PUPUK TANAMAN HIAS

Bahan pupuk dari sisa proses trans-esterifikasi minyak alga. Sudah digunakan sebagai pupuk tanaman hias jenis *Dieffenbachia*, *Adenium*, *Anthurium* dan *Philodendrin*



PAKAN IKAN HIAS

BIOETANOL /BIOMETANOL

Sisa ekstraksi biomasa *Botryococcus* sp. Dikeringkan lalu digiling sampai halus dan dijadikan campuran pakan ikan hias. Atau dapat difermentasi dengan ragi menjadi bioetanol

Foto: INK. Kabinawa

meninggalkan residu. Selain itu juga dapat dimanfaatkan untuk membersihkan tangan dari kotoran yang berlemak, membersihkan keramik, membersihkan mebel yang terbuat dari kayu dan bahan logam seperti peralatan pertanian dan meja kerja dari bekas kotoran soletif. Emisi gas buang (CO_x , NO_x , SO_x , PO_x) dari pembangkit listrik atau industri dapat dikurangi apabila kolam kultur mikroalga dibuat berdekatan karena emisi gas buang tersebut dapat digunakan sebagai unsur hara pertumbuhan. Di sisi lain, sisa biomasa hasil perlakuan dari proses pembuatan biodiesel dapat digunakan untuk pakan ternak, unggas, dan ikan hias. Sisa hasil proses

trans-esterifikasi akan diperoleh gliserin yang dapat digunakan sebagai bahan pencuci rambut dan larutan sisa ekstraksi dapat digunakan untuk bahan degreaser.

Kajian mikroalga air tawar skala laboratorium untuk biodiesel dan turunannya dari strain lokal *Botryococcus* sp INK (INK = I Nyoman Kabinawa) sudah berjalan sampai 1 m³. Biodiesel yang diperoleh ± 6 liter/m³ setiap 10–12 hari periode kultur, glyserin diperoleh 0.03–0.05%, sisa biomasa 139,8–250 g, bahan degreaser ± 10 liter dan bahan pupuk 0,01–0,02 %. Recovery Me-OH dan Hexan antara 70–80%.

Lampu Badai

Degreaser adalah pembersih lemak, resin, getah maupun cat cair yang menempel pada kulit manusia, peralatan rumah tangga, mebel, kaca, keramik, cat mobil dan lainnya.



Uji awal bioker (biodiesel-kerosin) dilakukan pada lampu badai dengan campuran B10, B20, B40, B60, dan B80 dengan kontrol kerosin 100%. Jelaga mulai hilang dari penggunaan B20 dan seterusnya. Dari ujicoba dengan B40 dan kerosin 100% selama 48 jam dan kemudian lampu dimatikan, hasil menunjukkan pada lampu kontrol terdapat banyak jelaga yang menempel, sedang pada lampu dengan B40 tetap jernih.

Foto: INK. Kabinawa



Kompur
Minyak
Tanah (B40)
Kerosin 60%

Campuran 40% biodiesel mikroalga dengan 60% kerosin atau B40 digunakan pada kompor dengan lidah api besar dan tingginya 12 cm tanpa jelaga, dengan sumbu apinya berwarna kebiruan. Setelah digunakan untuk memasak air dalam waktu 13 menit sudah mendidih. Memasak jamu, dalam 15 menit sudah mendidih.

BIO-B20
(Biosolar
80%)

Foto: INK.
Kabinawa



Campuran 20% biodiesel dengan 80% biosolar setelah diberikan perlakuan menjadi Bioker 20. Setelah diujicoba pada kompor, lidah apinya jingga kebiruan dengan sedikit jelaga. Untuk itu, digunakan untuk memasak jamu dalam waktu 15 menit sudah mendidih

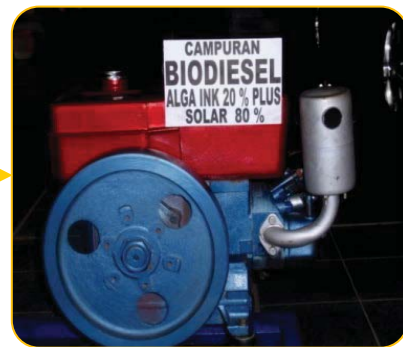
Sayap Kelelawar Sebagai Inovasi Model Pesawat Terbang Hemat Energi

Tidak jarang hasil pengembangan teknologi tingkat tinggi dikembangkan berdasarkan pola tingkah laku binatang.

Berdasarkan hasil penelitian Brown University yang diberitakan diketahui bahwa

sayap kelelawar mampu menyimpan energi pada saat terbang karena sayap mereka yang sangat fleksibel dan terbentuk dari membran tipis yang memungkinkan mereka untuk terbang dan menjaga berat badan mereka secara keseluruhan. Temuan ini bisa bermanfaat bagi yang bergelut di bidang penerbangan untuk desain sayap pesawat terbang. Dengan menganalisis dinamika gerakan sayap

Ujicoba pada
mesin Diesel
7 Hp



Aplikasi ini menggunakan campuran 20% biodisel dari alga *Botryococcus* sp strain lokal INK atau B₂₀ dengan 80% bahan bakar solar (Bio-B20), mesin stabil, tidak ada hambatan. Uji coba ini dilakukan selama lima jam dengan bahan bakar 1.000 mL. Bahan bakar habis setelah berjalan 9 jam. Uji coba pertama dilakukan sejak Maret sampai November 2010 dengan menggunakan B₂₅ sampai B₃₀. Juli 2011 dilakukan jeda istirahat sampai 3 minggu dilanjutkan 3 bulan berikutnya dan diistirahatkan 3 minggu lagi dan dilanjutkan lagi. Mesin pada proses intermiten ini dihidupkan selama 3 jam setiap uji coba. Hasilnya mesin tetap stabil. Tidak ada hambatan dan tidak berjelaga sejak penggunaan dengan B20 dan seterusnya.

kelelawar ketika terbang dengan detail yang tajam, para ilmuwan dapat mengetahui bahwa hewan itu bisa melipat sayap mereka ke dalam tubuh mereka. Gerakan lipatan tersebut dipercaya oleh para ilmuwan sebagai sebuah jeda atau istirahat, sehingga dikatakan mampu menghemat hingga 65% energi. Selain itu, anatomi sayap kelelawar memungkinkan dijadikan desain untuk sayap pesawat terbang yang

dapat diterapkan, terutama pesawat yang kecil dan ringan untuk tugas mengumpulkan data intelijen serta pengawasan di wilayah tertentu. Di Indonesia ada lebih dari 225 jenis kelelawar, kesemuanya dapat digunakan bahan kajian masa mendatang untuk memilih jenis yang sesuai digunakan di dunia industri penerbangan kita.

Material

Potensi Sumber Daya Hayati untuk Material Produk

Menurut Badan Inventarisasi dan Tata Guna Hutan, Departemen Kehutanan, di Indonesia terdapat 3.124 jenis kayu yang terdiri atas kayu komersial, nonkomersial, tak dikenal, dan jenis kayu budidaya.

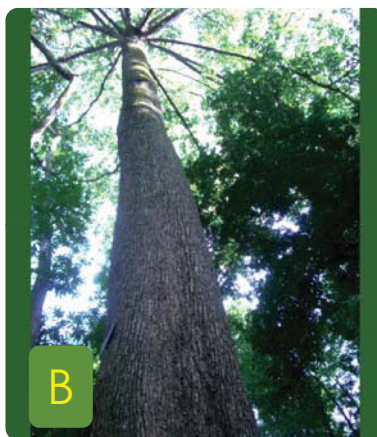
Kebun Raya-LIPI memiliki koleksi hidup jenis-jenis kayu yang dapat dikembangkan di masa mendatang. Di antaranya kayu cepat tumbuh yang hingga saat ini belum teridentifikasi untuk dimanfaatkan sebagai diversifikasi hutan tanaman industri. Diversifikasi hutan tanaman menggunakan tumbuhan lokal yang sudah beraklimisasi dan tidak bersifat invasif sangat diperlukan untuk mempertahankan kekayaan sumber daya hayati.

Dilain pihak, pengelolaan dan eksploitasi yang tidak memperhatikan kelestarian hutan alam mengakibatkan penurunan kemampuan dalam menyediakan kayu berkualitas untuk kebutuhan bahan baku bagi industri perKayuan di Indonesia. Sebagian masyarakat/industri masih cen-

derung menggunakan jenis-jenis kayu tertentu, seperti kayu Kamper, Meranti, Jati, Merbau, Mahoni, dan sebagainya sehingga pemanfaatan jenis kayu kurang dikenal masih terbatas.

Hal ini mendorong semakin diperlukannya upaya diversifikasi sumber bahan baku kayu dengan mengembangkan dan memanfaatkan jenis-jenis kayu kurang dikenal (*lesser-known*) dan cepat tumbuh. Selain jenis-jenis kayu yang telah dikembangkan menjadi Hutan Tanaman Industri (HTI), diperkirakan masih banyak jenis-jenis kayu tropis yang berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai bahan baku berbagai produk berbasis kayu.

Selain kayu, material untuk konstruksi struktural, non-struktural (papan), sandang dan militer dapat diperoleh dari serat alam tanaman dan beberapa jenis fauna. Namun, pemanfaatan material nonkayu di atas masih belum seluruhnya mencapai tahapan komersialisasi. Diperlukan pengembangan lebih lanjut sehingga produk yang dihasilkan kompetitif dipasaran sesuai standar baku yang ditetapkan.



Jenis-jenis kayu yang berpotensi untuk Kayu Konstruksi. A = *Schizolobium amazonicum* B = Jabon [*Anthocephalus chinensis*]

Foto: W.Dwianto

Potensi Kayu Kurang Dikenal dan Cepat Tumbuh

Berdasarkan sifat morfologi dan prospeknya, jenis-jenis kayu *lesser known* yang dapat direkomendasikan untuk bahan baku kayu konstruksi, di antaranya: *Syzygium acuminatissimum* (Kelat); *Adenanthra microsperma* (Saga); *Baccaurea parviflora* (Setambun); *Casuarina junghuhniana* (Cemara Gunung); *Garcinia parvifolia* dan *G. beccarii* (Manggis Hutan); *Gymnostoma sumatranum* (Cemara Sumatra); *Mimusops elengi* (Tanjung); *Neonauclea lanceolata* dan *N. excelsa* (Ki Anggrit).

Namun, berdasarkan hasil uji kecepatan pertumbuhan riap diameter/tahun diperoleh hasil bahwa urutan potensi jenis kayunya sebagai berikut: *Anthocephalus chinensis* (2.03 cm/tahun); *Enterolobium cyclocarpum* (Sengon Buto) (2.26 cm/tahun) dan *Schizolobium amazonicum* (3.68 cm/tahun), *Ficus padana* (2.43 cm/tahun) dan *Magnolia champaca* (2.20 cm/tahun), *G. beccarii* (1.75 cm/tahun); (2) *A. acuminatissima* (1.64 cm/tahun); (3) *C. junghuhniana* (1.39 cm/tahun); (4) *G. sumatranum* (1.39 cm/tahun); sedangkan jenis-jenis kayu lainnya seperti *A.*

microsperma; *B. parviflora*; *G. parvifolia*; *M. elengi*; *N. lanceolata* dan *N. excelsa* mempunyai riap diameter yang lebih rendah dari 1 cm/tahun.

Jika dibandingkan dengan kayu Mindi (*Melia azedarach*) yang merupakan jenis kayu cepat tumbuh dan mulai dikembangkan sebagai salah satu jenis kayu HTI dengan riap diameter = 1.91 cm/tahun; (Kasmudjo dan Sunarto 1999; Sutapa 2002) atau kayu Gadog dengan riap diameter = 1.1 cm/tahun; maka ke-4 jenis kayu, yaitu *G. beccarii*, *A. acuminatissima*, *C. Junghuhniana*, dan *G. sumatranum* cukup memberikan peluang untuk dapat dikembangkan menjadi hutan tanaman melalui pola pengembangan HTI.

Karakterisasi sifat fisik mekanik kayu Ki Hiyang atau Wangkal (*Albizia procera*) berdasarkan letak ketinggian dalam batang. Hasil penelitiannya menunjukkan bahwa kayu bagian pangkal dan tengah memiliki kualitas lebih baik daripada bagian tengah, ujung, tepi, dan empulur. Berdasarkan nilai kerapatan dan MOR-nya kayu tersebut termasuk kayu kelas kuat II serta memiliki rasio kekuatan terhadap

Beberapa sifat serat dari serat alam nonkayu.

Jenis Serat	Potensi/tahun (x1000 ton)	Jenis Limbah	Potensi/tahun (x1000 ton)
Kapok	79,9	Sekam padi	13.300
Kapas	8,9	Jerami padi	90.000
Kenaf	5,9	Bagas tebu	2.600
Rami	1,2	Batang sawit	16.400
Sisal	0,5	Pelepah sawit	80.000
Abaka	0,6	Tandan kosong sawit	37.000
Bambu	550	Serat sabut kelapa	1.800
		Parenkim kelapa	3.300

berat (*strength to weight ratio*) yang tinggi (>1000), sehingga dalam penggunaannya dapat dipakai untuk kayu konstruksi. Selain memiliki stabilitas dimensi, baik ($T/R < 2$), kayu tersebut juga memiliki serat yang lurus dan tekstur yang indah sehingga dapat juga digunakan untuk bahan lantai kayu (*parquet*), kayu lamina, dan *furniture*. Kajian sifat fisik mencari kayu unggul masih terus dilakukan.

Peluang Pemanfaatan Serat Alam Tanaman untuk Material Komposit/Bahan Bangunan Non-Struktural

Selama ini serat alam telah dimanfaatkan untuk bahan tekstil, tali, kerajinan, kertas, bahan konstruksi bangunan, komponen otomotif, dan penggunaan lainnya. Pemanfaatan serat alam bisa digolongkan menjadi dua golongan besar menurut ukurannya, yaitu serat makro seperti serat asalnya, dan serat yang telah diproses menjadi ukuran diameter serat mikro, bahkan perkembangan terakhir berukuran nano (10^{-9} meter atau seper 80 ribu rambut manusia).

Pemanfaatan serat alam terutama berasal dari kayu untuk industri biokomposit konvensional, seperti kayu lapis, papan partikel, papan serat telah berkembang di Indonesia, meskipun akhir-akhir ini mengalami penurunan. Produk-produk biokomposit ini digunakan untuk bahan bangunan, mebel, lantai, dan panel dinding. Dengan semakin langkanya kayu; peluang serat alam, bambu, limbah pertanian dan perkebunan sebagai bahan baku pengganti kayu untuk industri-industri tersebut sangat besar. Untuk industri-industri tertentu memang diperlukan tambahan proses penyiapan bahan dan modifikasi permesinan sesuai dengan karakter bahan yang baru ini.

Sebagai contoh kerja sama UPT BPP Biomaterial-LIPI dengan salah satu perusahaan daerah untuk membuat pabrik papan partikel dari bahan limbah industri



Potensi Kenaf sebagai bahan dasar nanokomposit



Bahan dasar kayu lamina/ papan partikel
A. Kelapa sawit;
B. Tandan kosong;
C. Cangkang

Sumber: SS.Munawar, dkk.

kelapa sawit seperti tandan kosong dan pelepah sawit sedang dilakukan. Demikian juga papan bambu komposit untuk penggunaan seperti kayu lapis dan balok telah dipromosikan ke Belanda untuk penggunaan di luar ruangan seperti pembatas kanal air dan pagar kebun, atau untuk penggunaan di dalam ruangan seperti mebel, lantai. Bambu komposit dengan harga sekitar 500–800 euro per meter kubik cukup menarik bagi industri. Sementara itu, batang sawit bisa dimanfaatkan untuk kayu lapis, kayu lamina (*laminated veneer lumber*), atau papan partikel. Serat dari sabut kelapa atau tandan kosong sawit bisa digunakan untuk

membuat produk geotekstil untuk keperluan menahan laju erosi pada tanah-tanah miring, dan memperkuat struktur badan jalan. Pemanfaatan serat alam skala makro yang lain adalah untuk pembuatan matras, jok mobil, karpet, tali, dan barang kerajinan.

Keuntungan pemakaian serat alam dibandingkan dengan serat sintetis antara lain adalah: sumber material dasar dapat diperbarui dan berkelanjutan, dapat didaur ulang, lebih ringan, energi yang diperlukan untuk memproduksi lebih rendah, tersedia dalam jumlah banyak dan lebih murah. Dari aspek teknis, serat alam mudah didegradasi, kekuatan spesifik lebih baik, mengurangi abrasi pada alat, sifat akustik dan termal baik.

Setiap tahun setidaknya tersedia serat kenaf 5.900 ton, rami 1.200 ton, abaka 600 ton, sisal 500 ton, sekam padi 13 juta ton, bagas tebu 2,6 juta ton, pelepah sawit 80 juta ton, tandan kosong sawit 37 juta ton, batang sawit 16,4 juta ton. Pemanfaatan sumber bahan baku alternatif ini akan menumbuhkan produk dan industri baru. Produk baru komposit yang ramah lingkungan untuk aplikasi bahan bangunan,

Bahan dasar nanokomposit menggunakan Rami dan Serat Rami



Foto: SS.Munawar dkk.

Beberapa sifat serat dari serat alam nonkayu.

Jenis Serat	Kerapatan (g/cm ³)	Selulosa (%)	Hemiselulosa (%)	Lignin (%)	Kuat tarik (Mpa)
Kapok	0,03	43	32	13-15	-
Kapas	1,50-1,60	88-96	3-6	1-2	285-595
Kenaf	1,47	31-57	22-23	15-19	479-1600
Rami	1,51	68-91	5-17	0,6-0,7	220-938
Sisal	1,33-1,50	47-78	10-24	7-11	400-700
Abaka	1,35-1,50	56-68	15-20	5-9	980
Bambu	0,60-0,90	45-50	16-21	20-30	480



A

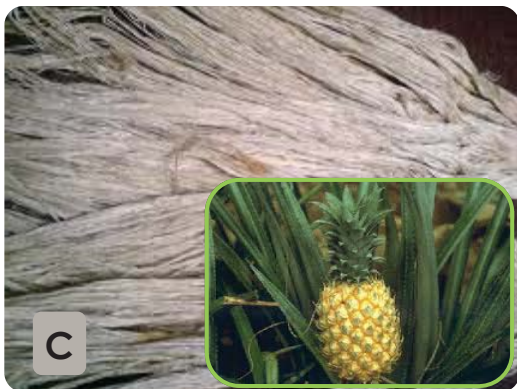


B



C

Bahan dasar biokomposit
A. Jerami;
B. Sisal
C. Sekam;
D. Serat Nenas;
E. Tebu



C



C

Foto: SS.Munawar dkk

komponen otomotif, prasarana transportasi bisa dikembangkan dari bahan baku tersebut. Diversifikasi produk dari produk konvensional (seperti kayu lapis, papan partikel, dan papan serat) menjadi produk yang lebih unggul seperti bionanokomposit yang ringan, tetapi kuat untuk material maju (komponen otomotif bahkan badan pesawat terbang) sangat memungkinkan. Dengan membuat mikrofibril selulosa berukuran nano maka hal ini bukan hal yang tidak mungkin dicapai berdasarkan penelitian yang telah dilakukan. Industri baru biokomposit akan meningkatkan ekonomi rakyat, menciptakan lapangan kerja, sekaligus mendukung program pelestarian lingkungan hidup.

Potensi Bambu untuk Industri Papan dan Sandang

Indonesia memiliki 160 jenis bambu (12% dari jumlah bambu di dunia), kurang lebih 50% (88 jenis) di antaranya merupakan jenis bambu endemik Indonesia dari 122 jenis yang tumbuh asli di Indonesia. Indonesia juga memiliki beberapa kultivar yang tidak ada di negara lain, misalnya bambu petung (*Dendrocalamus asper*) memiliki lima kultivar termasuk salah satu di antaranya bambu petung hitam yang sudah dibudidayakan di negara lain seperti Amerika sebagai tanaman hias. Bambu tali (*Gigantochloa apus*) diperkirakan memiliki dua kultivar, belum lagi jenis bambu ater (*Gigantochloa atter*) yang sangat ber-

variasi karakternya dan belum diketahui berapa variasi yang ada di Indonesia. Kedua jenis bambu pertama di atas walaupun bukan bambu asli Indonesia, namun keanekaragaman genetiknya lebih banyak daripada di negara lain, mungkin juga lebih banyak dari negara asalnya yang diduga masing-masing dari Cina selatan dan Burma.

Abaka dan Serat Abaka



Bambu untuk industri komposit



Sifat fisik beberapa bambu Indonesia

Spesies	Kelembaban (%)	Kering oven (g cm-3)	Penyusutan	
			radial	Tangensial
<i>B. blumea</i>	57-97	0,43-0,6	5-10	6-20
<i>B. vulgaris</i>	79-118	0,27-0,57	6-11	10-20
<i>D. Asper</i>	28-105	0,55-0,78	4-9	6-11

Dari jenis yang ada di Indonesia, diperkirakan ada 38 jenis bambu yang merupakan bambu introduksi yang datang melalui kebun raya, pribadi dan perkebunan kelapa sawit. Introduksi bambu ke Indonesia umumnya karena digunakan sebagai tanaman hias atau penjolok kelapa sawit. Dari jenis yang introduksi ini jenis *Chimonobambusa quadrangularis* merupakan bambu yang menjadi gulma atau invasif dan merusak jenis-jenis tumbuhan asli yang ada di sekitarnya, sebagai contoh di TN Gede Pangrango dan G. Sibayak. Jenis lain yang juga introduksi tetapi kemudian bermanfaat bagi masyarakat adalah *pring uncue*, *Phyllostachys aurea*, yang ditanam pada zaman Jepang ketika menyelamatkan G. Merapi dari longsor yang berkepanjangan di tahun 1920-an. Bambu ini kemudian dimanfaatkan oleh penduduk setempat untuk membuat lembing. Jenis ini sekarang sudah mulai ditanam juga di Pegunungan Dieng dan dimanfaatkan oleh pengrajin di Yogyakarta untuk membuat kerajinan bambu termasuk meja dan kursi untuk memenuhi permintaan IKEA toko serba ada online yang terkenal dari Eropa.

Pemanfaatan bambu oleh masyarakat lokal sudah dikenal sejak lama, digunakan mulai dari sebagai pemotong tali pusat

bayi ketika melahirkan, sebagai tempat untuk membawa mayat ke kuburan maupun ketika diadakan ngaben oleh masyarakat Bali. Kegunaan lain sebagai bahan bangunan, perabot rumah tangga, perabot dapur juga sudah membudaya, dan bahkan disinyalir rumah bambu merupakan rumah tahan gempa dibandingkan rumah batu. Dengan meningkatnya ilmu pengetahuan dan teknologi, pemakaian bambu menjadi bahan baku baik bangunan, tekstil, maupun perabotan menjadi meningkat. Di salah satu pihak, beberapa orang masih mempertahankan rumah bambu sebagai rumah tradisional dan masih tampak bambunya, sedangkan dipihak lain bambu dapat dibuat sebagai kerangka bangunan yang megah dan besar. Dengan masukkan sentuhan iptek, rumah yang dibuat dari bahan baku bambu komposit, tidak tampak bambunya namun bangunan tersebut menggunakan bahan baku bambu sehingga rumah seperti ini sangat cocok digunakan dipinggir pantai dan bergengsi karena tidak tampak bahan bakunya.

Industri sandang dengan mengandalkan serat alami dari bambu masih belum banyak dibuat di Indonesia, namun masih import dari Cina. Indonesia sebagai penghasil bambu sebetulnya mempunyai kemampuan sangat potensial untuk mengembangkan serat alami bambu sehingga dapat digunakan sebagai sumber sandang ramah lingkungan. Pengolahan bambu menjadi benang dapat mencukupi kebutuhan sandang sekaligus meningkatkan ekonomi kerakyatan.

Potensi Fauna Indonesia untuk Industri Sutera/ Sandang dan Militer

Sebagai penghasil sandang, serangga Indonesia dari penghasil sutera akan tetap menjadi sumber bahan industri potensial penghasil devisa masa mendatang yang tidak akan henti-hentinya. Sebagai gambaran mengenai produksi sutera alam yang berasal dari kokon *Bombyx mori*, pada tahun 2010 produksi kokon segar baru mencapai sekitar 10.00 ton per tahun. Padahal, total kebutuhan benang sutera saat itu di dalam negeri mencapai sekitar 2.400 ton pertahun.

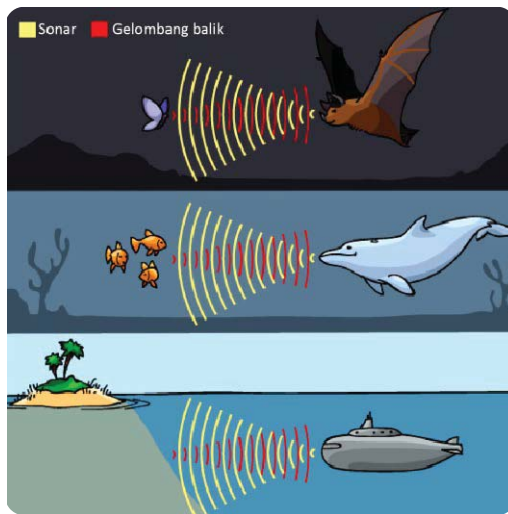
Di Indonesia, serangga yang dapat menghasilkan kokon seperti *Bombyx mori* adalah Rama-rama (*Saturnidae*). Rama-rama (*Saturnidae*) di Indonesia ada lebih dari delapan jenis, seperti *Attacus atlas*, *Cricula trifenestrata*, dan *Attacus* spp. lainnya. Kelompok rama-rama ini dapat menjadi idola sumber sutera alam Rama-rama menyaingi sutera alam saat ini yang sebenarnya berasal dari fauna India. Dibandingkan dengan sutera *Bombyx mori* seperti saat ini sutera rama-rama memiliki keunggulan karena sutera dari kelompok rama-rama memperlihatkan hasil yang lebih cerah mengkilap dan lebih kuat dibanding kokon sutera yang sudah kita kenal selama ini sehingga layak dikembangkan di masa mendatang karena telah teradaptasi iklimnya dengan Indonesia.

Rama-rama
(*Attacus atlas*)
sebagai
penghasil
sutera asli
Indonesia



Foto: H.Sutrisno

Deteksi
menggunakan
ultrasonic
dengan meniru
tingkah laku
satwa



Sumber: www.askabiologist.asu.edu.jpg

Kelelawar untuk Inovasi Industri Militer

Ekolokasi sebagai model radar, sistem pemantauan dan pertahanan militer. Kelelawar pemakan serangga memiliki kemampuan ekolokasi, yaitu kemampuan untuk navigasi dan observasi dengan menggunakan gelombang suara dengan frekuensi sangat tinggi atau sangat rendah yang tidak memungkinkan telinga manusia dapat mendengarnya, dan tanpa menggunakan fungsi mata. Dari suara yang dihasilkan kemudian pantulannya diolah sebagai informasi untuk memetakan area disekitarnya, termasuk keberadaan rintangan, jalan ataupun serangga mangsa. Penelitian terakhir mengungkapkan bahwa

kemampuan kelelawar ini mampu mendeteksi area disekitarnya sampai sudut-sudut yang terkecil dan sangat detail, antara lain jarak dan keras lunaknya benda yang ada kondisi yang sama ada pada ikan hiu.

Hal ini tentunya merupakan model sistem yang sangat canggih, untuk dipelajari dan dikembangkan dalam sistem informatika maupun dunia kemiliteran sebagai sistem untuk pemantauan dan pertahanan wilayah. Di beberapa negara maju, penelitian tentang sistem yang ada di kelelawar dan ikan hiu sudah mulai dikembangkan. Tentunya Indonesia sebagai salah satu negara dengan jumlah jenis kelelawar pemakan serangga lebih dari 160 jenis tentu dapat memilihnya sebagai model dan mencari yang sesuai untuk kajian industri di kawasan tropika.

Kotoran (feces) kelelawar memiliki kandungan phosphat dan nitrat tinggi yang bisa dimanfaatkan sebagai bahan untuk pembuatan bubuk mesiu bagi kepentingan POLRI dan TNI.

Teknologi Densifikasi: Meningkatkan Kualitas Kayu untuk Bahan Konstruksi

Kayu tumbuh cepat yang sudah teridentifikasi keunggulannya dapat ditingkatkan kualitas melalui teknologi DENSIFIKASI.

Penelitian-penelitian dasar mengenai sifat *viscoelastic* kayu telah berhasil menemukan suatu teknologi pengepresan kayu

utuh yang dapat membuat kayu dari kerapatan rendah menjadi kayu dengan kerapatan tinggi. Namun, perkembangan teknologi densifikasi kayu khususnya di Indonesia masih sebatas kajian teori dan skala laboratorium.

Teknologi densifikasi ini dapat membuat kayu berkerapatan rendah menjadi berkerapatan tinggi, sehingga diharapkan dapat menghasilkan suatu produk kayu alternatif yang memiliki kualitas setara dengan kayu-kayu yang selama ini digunakan untuk bahan baku konstruksi bangunan perumahan dan membuka peluang untuk dapat keperluan lainnya yang mengalami beban struktural.

Teknologi densifikasi kayu cepat tumbuh untuk rakyat. Mesin Kempa Panas Sistem Tertutup (Close System Compression = CSC).

A = mesin keseluruhan,

B = bagian CSC,

C = piston hidrolik silinder,

D = boiler,

E = valve,

F = pipa untuk keluarnya uap panas,

G = panel operator

Berbagai upaya telah banyak dilakukan dalam rangka meningkatkan kualitas kayu dan efisiensi pemanfaatannya, antara lain dengan cara peningkatan sifat fisik-mekaniknya. Salah satu cara yang dapat dilakukan untuk meningkatkan kualitas sifat fisik-mekanik kayu adalah dengan teknologi densifikasi kayu. Teknik ini sangat sesuai untuk diterapkan pada jenis-jenis kayu cepat tumbuh berkerapatan rendah melalui peningkatan kerapatannya.

Penelitian-penelitian dasar mengenai sifat *viscoelastic* kayu telah berhasil menemukan suatu teknologi pengepresan kayu utuh yang dapat membuat kayu dari

Prototipe Kayu
Kompresi.
A = Randu, B =
Kayu Karet dan
Mahoni.



Kayu Kompresi
Randu Skala
Pemakaian.
A = sebelum
dikempa,
B = setelah
dikempa.

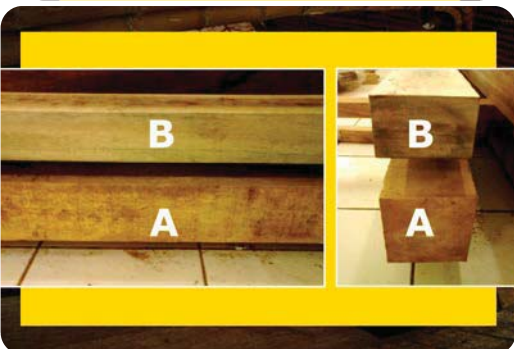


Foto: W. Dwianto dkk

kerapatan rendah menjadi kayu dengan kerapatan tinggi.

Proses pembuatan pada skala labora-torium ini sudah dilakukan terhadap berbagai jenis kayu dengan berbagai peng-ujian, antara lain sifat fisik, mekanik, visko-elastis, keawetan dan ketahanan terhadap api. Oleh karena itu, hasil-hasil penelitian dasar pada skala laboratorium tersebut perlu untuk dikembangkan menjadi skala yang lebih besar agar dapat menghasilkan produk yang lebih bermanfaat.

Teknologi densifikasi diharapkan dapat menghasilkan suatu produk kayu alternatif yang memiliki kualitas setara dengan kayu-kayu yang selama ini digunakan untuk bahan baku konstruksi bangunan perumahan dan membuka peluang untuk dapat dimanfaatkan penggunaannya sebagai kayu konstruksi bangunan perumahan Pro-totipe produk yang dihasilkan ini mampu dipasarkan secara komersil dan dapat menjadi solusi strategis bagi semua kalangan, baik kalangan industri, swasta, serta pemerintah dalam upaya meningkat-kan efektifitas dan efisiensi penggunaan sumber daya alam berupa kayu kurang dikenal.

Bambu Untuk Bahan Komposit dan Sandang

Pembuatan papan bambu diawali dengan membuat palupuh bambu, yaitu bambu yang telah dipipihkan dengan alat pemipih bambu yang dibuat sendiri. Palupuh bambu di-keringkan kemudian dicampur dengan perekat seperti urea formaldehida atau phenol formaldehida dan di kempa panas. Keunggulan papan bambu dibandingkan dengan parket bambu buatan Cina atau India misalnya, adalah kekuatannya lebih tinggi dan limbah bambunya hampir tidak ada karena seluruh bagian bambu dipakai, sedangkan parket bambu hanya menggunakan daging bambu, semen-tara kulit dan bagian dalamnya dibuang. Produk papan bambu ini telah

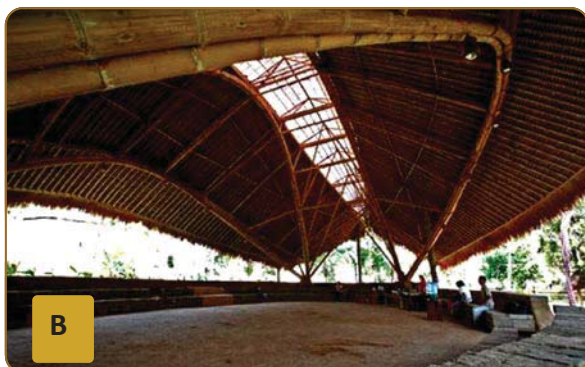
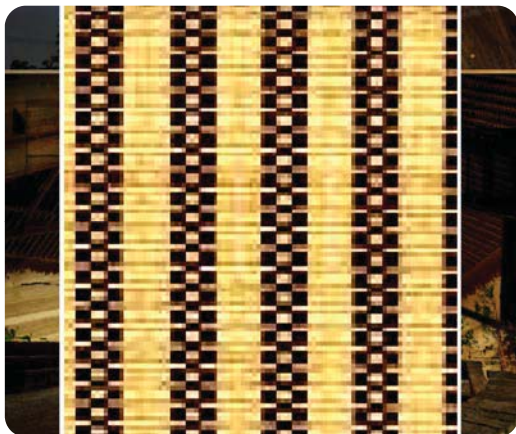
diuji di Belanda dan hasilnya termasuk panel eksterior kelas I atau II. Papan bambu banyak diminati konsumen di Eropa (Belanda) untuk keperluan pengganti kayu pemakaian di luar ruangan dan pembatas kanal air dengan harga jual sekitar 500–800 Euro/meter kubiknya. Pengembangan industri papan bambu mempunyai prospek yang sangat baik, meskipun tentunya harus didukung dengan jaminan penyediaan bahan baku bambu berupa perkebunan bambu, dan pengembangan permesinannya.

Biokomposit Dari Kayu dan Serat Alam

Biokomposit adalah generasi baru dari material komposit yaitu merupakan suatu material yang dibentuk dari sebuah matriks yang diperkuat dengan serat alam atau matriks bahan alam diperkuat serat sintetis. Produk biokomposit diantaranya papan partikel, kayu lapis, laminated veneer lumber (LVL), papan serat, papan semen, papan gipsum .

Papan partikel dengan bahan baku non kayu dikembangkan karena semakin berkurangnya bahan baku kayu seperti

Pemanfaatan bambu untuk tirai, hiasan dan lantai rumah



A. Bangunan rumah bambu tahan gempa;
B. *Green school* di Bali dari bambu

Foto: EA. Widjaja

Produk Kaos kaki dan bra dari serat bambu



Bambu komposit yang dikembangkan oleh UPT BPP Biomaterial – LIPI (*granted* Paten ID P0028883) dan percobaan penggunaannya di Belanda.



Bambu komposit yang dikembangkan oleh UPT BPP Biomaterial – LIPI (*granted* Paten ID P0028883) dan percobaan penggunaannya di Belanda.



tercermin dari banyaknya pabrik papan partikel di Indonesia yang tutup pada dekade terakhir ini. Papan partikel dibuat dengan perekat jenis termoseting (urea formaldehida, penol formaldehida, melamin formaldehida) maupun perekat semen. Bahan baku nonkayu yang telah diteliti di UPT BPP Biomaterial–LIPI untuk papan partikel dengan perekat termoseting antara lain adalah bambu, sabut kelapa, tandan kosong sawit, serat abaka, sisal, gewang, kulit kayu akasia, sekam padi.

Sementara itu, papan partikel semen yang sudah diteliti antara lain dari bambu, tandan kosong sawit, abaka, dan sisal. Berbeda dengan kayu, pemanfaatan serat alam, limbah pertanian dan limbah perkebunan memerlukan penyiapan bahan

Sifat mekanis produk bambu komposit.

No.	Jenis Produk	Kerapatan (g/cm ³)	Modulus elastisitas (kgf/cm ²)	Kuat patah (kgf/cm ²)
1	Plybamboo (China)	0,950	49.966	530
2	Mattbamboo (India)	0,766	37.505	517
3	Bambu Komposit (Paten ID P0028883)	0,800	64.336	715

dan perlakuan tertentu sebelum siap untuk bahan baku papan partikel. Hasil penelitian menunjukkan bahwa papan partikel yang dibuat dari serat alam kualitasnya sudah memenuhi standar SNI.

Proses penyiapan serat, teknologi proses pembuatan, sampai studi kelayakan sudah dilakukan; sehingga siap untuk dibuat industrinya sebagai perekat komposit seperti papan partikel yang memenuhi standar JIS dan SNI.

Bio-Nano Komposit

Serat kayu, bambu, kenaf, sisal, rami dan lain-lain yang kita lihat merupakan kumpulan dari serat-serat yang berdiameter lebih kecil (10~40 mikro meter) atau disebut serat tunggal. Serat tunggal ini kalau diuraikan lebih lanjut akan berupa mikrofibril selulosa dengan diameter 4~10 nano meter.

Penelitian mikrofibril selulosa pertama kali dilakukan oleh Turbak pada tahun 1983. Kekuatan mikrofibril selulosa yang berukuran nano sangat tinggi, yaitu modulus elastisitasnya 138 GPa. Penemuan serat nano ini membuka peluang diciptakannya nano komposit fungsional yang ramah lingkungan, ringan, sangat kuat, dan bahkan bisa dibuat transparan untuk kegunaan komponen elektronik, komponen otomotif, komponen pesawat terbang.

Untuk penggunaan komponen elektronik/otomotif telah dikembangkan komposit

serat alam dengan matriks polimer. Komposit jenis ini biasanya diperkuat dengan serat sintetis seperti serat gelas yang tidak dapat diperbarui. Serat alam diteliti untuk menggantikan serat sintetis sehingga komposit yang dihasilkan lebih ramah lingkungan.

Komposit yang dihasilkan dari matriks polimer yang diperkuat serat mikro atau nano mempunyai keunggulan antara lain sangat kuat (setara dengan *magnesium alloy*), ringan, mempunyai ekspansi termal yang rendah, dan dapat dibuat transparan. Ke depan, penemuan bionanokomposit ini membuka peluang-peluang pengembangan material baru dari bahan selulosa tanaman yang tidak terbayangkan sebelumnya.

Dua masalah penting dalam pengembangan bionanokomposit adalah pertama mendapatkan proses pemisahan selulosa menjadi serat nano dengan harga yang wajar tanpa merusaknya, dan kedua mendapatkan pencampuran mikrofibril selulosa dalam matriks polimer yang baik. Sampai saat ini proses pembuatan serat nano masih terus diteliti di dunia untuk mendapatkan proses yang lebih cepat, hemat energi, murah dan bisa menghasilkan serat nano dalam jumlah yang besar sehingga layak untuk dibuat industrinya.

Penelitian biokomposit dari serat alam-matrik polimer yang dilakukan di UPT BPP Biomaterial-LIPI antara lain dengan bahan

Produk papan komposit semen dan papan partikel tandan kosong sawit



Refiner untuk membuat microfibril selulosa



Foto: UPT BPP Biomaterial – LIPI

baku serat bambu, sisal, tandan kosong sawit, bagas, dan kayu akasia. Pembuatan biokomposit ini didahului dengan pembuatan serat dengan diameter mikro dan nano melalui proses pembuatan pulp, fibrilasi dengan refiner, ultra turrax, dan homogenizer. Proses pembuatan serat berukuran nano ini telah dipatenkan.

Serat mikro atau nano ini kemudian dicampur dengan plastik polipropilena (PP) atau poliasam laktat (PLA) dan dicetak dengan pres panas atau sistem injeksi. Penelitian ini menghasilkan biokomposit yang ringan, kuat dan ramah lingkungan, terutama ditujukan untuk komponen otomotif. Hasil penelitian ini, sudah

dipatenkan oleh UPT BPP Biomaterial-LIPI. Komposit dari bahan polimer termoplastis dan termoset yang diperkuat dengan serat gelas sangat populer untuk produksi gitar, alat olahraga (raket tenis), komponen mobil, komponen elektronik, dan sebagainya, dan merupakan bisnis multi miliar dolar.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa serat alam bisa menggantikan serat gelas sebagai penguat komposit, Industri otomotif di Jepang, Eropa, dan Amerika telah menggunakan serat alam sebagai penguat komposit untuk sebagian komponen mobil. Beberapa industri otomotif yang telah menggunakan komposit serat alam antara lain adalah Audi, BMW, DaimlerChrysler, Fiat, Ford, Mitsubishi, Peugeot, Renault, Rover, Saab, Volkswagen, Volvo.

Penggunaan biokomposit ini untuk komponen interior maupun eksterior. Mercedes S class telah menggunakan komposit serat alam pada 27 bagian interiornya. Faktor utama yang mendorong pemanfaatan serat alam adalah dampaknya terhadap lingkungan, bisa

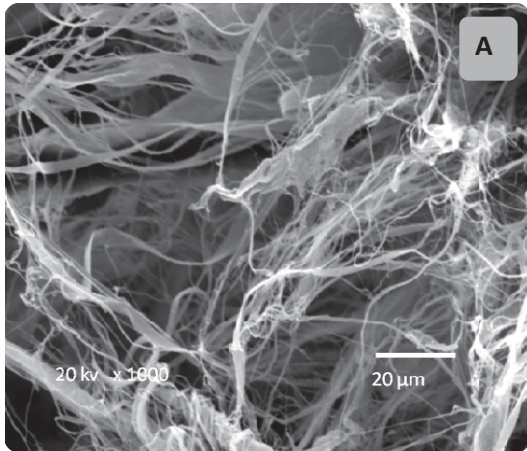
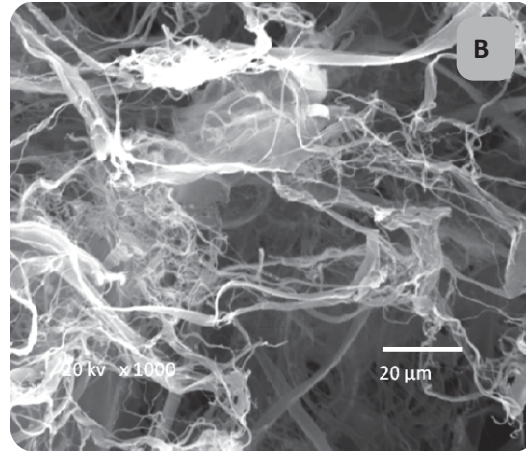


Foto: SS. Munawar



Serat bamboo (A) dan sisal (B) berukuran nano

mengurangi berat kendaraan sampai 30%, dan harganya murah.

Uni Eropa Directive End of Life Vehicles mensyaratkan pada tahun 2015 semua mobil baru 95% bahannya harus bisa didaur ulang. Pasar untuk produk biokomposit-plastik seluruh Eropa dan Amerika Utara mencapai 685 ribu ton dengan nilai \$ 775 juta pada tahun 2002. Khusus untuk pemanfaatan sebagai komponen otomotif telah terjadi peningkatan jumlah yang sangat tajam, misalnya di Jerman meningkat dari 4 ribu ton pada tahun 1996 menjadi 18 ribu ton pada tahun 2003. Kecenderungan ini diperkirakan akan terus berlanjut, misalnya di Eropa pada tahun 2005 penggunaan serat alam untuk otomotif mencapai 70 ribu ton dan diperkirakan akan meningkat menjadi 100 ribu ton pada tahun 2010.

Beberapa hambatan pengembangan industri biokomposit antara lain teknologi proses pembuatan serat, kualitasnya tidak seragam, sumber bahan baku yang tidak kontinyu, mempunyai sifat *hydrophilic* yang menyebabkan sulit berikatan dengan



Foto: UPT BPP Biomaterial – LIPI

Homogenizer dan Ultra-Turax untuk membuat serat ukuran nano

polimer yang bersifat *hydrophobic*, penyerapan air yang tinggi, serta mempunyai sifat kekuatan *thoughness* dan *impact* yang rendah.

Kemajuan teknologi budi daya tanaman bisa mengatasi masalah kualitas dan kontinuitas bahan baku. Sedangkan untuk masalah teknis, pengembangan teknologi proses dapat memperbaiki kelemahan-kelemahan tersebut. Dari sisi ekonomis, pembuatan biokomposit dengan polimer dari bahan alam seperti poliasam laktat (PLA) terkendala dari mahalnya harga polimer jenis ini. Demikian juga serat berukuran nano sebagai bahan penguat, produksinya dalam skala besar masih membutuhkan biaya tinggi. Namun demikian, perkembangan penelitian akhir-akhir

Mesin injection molding untuk mencetak produk plastic komposit



Foto: UPT BPP Biomaterial – LIPI

ini memberikan harapan untuk mendapatkan polimer alam dan pemrosesan serat yang lebih ekonomis.

Dengan memanfaatkan bahan baku non-kayu seperti serat alam, bambu dan limbah pertanian dan perkebunan; peluang industri biokomposit di Indonesia ke depan masih menjanjikan. Baik untuk industri biokomposit untuk bahan bangunan dan mebel seperti papan partikel, papan serat, papan bambu maupun untuk industri biokomposit baru seperti komponen otomotif. Produksi mobil di Indonesia diperkirakan akan menembus angka satu juta unit per tahun sehingga peluang biokomposit untuk komponen interior saja akan sangat besar.

Biokomposit untuk industri beton

Perkembangan akhir-akhir ini tentang material maju, yaitu material cerdas dan fungsional mendorong dilakukannya penelitian serat karbon dari serat alam untuk aplikasi beton cerdas. Beton cerdas dapat berfungsi sebagai sensor beban atau

A. Produk injeksi plastik polipropilena (PP) murni;
B. Produk injeksi plastik PP yang diperkuat serat tandan kosong sawit



A



B

Foto: Subiyanto dkk

Sifat mekanis biokomposit dari serat alam/ polimer.

No.	Biokomposit	Kuat Patah (Mpa)	Modulus Elastisitas (Gpa)
1.	Serat Bambu/PP	47,52	2,78
2.	Serat Sisal/PP	57,05	3,36
3.	Tandan kosong sawit/PP	51,05	2,05
4.	Serat Kenaf/PP	51,00	3,50
5.	PP murni	27-52	1,18
6.	Serat Bambu/PLA	105,23	7,06
7.	Serat Sisal/PLA	100,42	8,07
8.	Serat kenaf/PLA	77,00	6,80
9.	PLA murni	70,36	3,17

sensor kerusakan sehingga dapat mendeteksi beban dan kerusakan dini.

Beton cerdas ini dapat diaplikasikan misalnya pada jalan (gorong-gorong), jembatan timbang, jembatan beton, dan bangunan gedung. Untuk Indonesia yang mempunyai banyak daerah rawan gempa, aplikasi beton cerdas ini sangat diperlukan. Beton cerdas selama ini dikembangkan dari beton dengan serat karbon komersial dari residu minyak bumi yang harganya mahal dan tidak terbarukan.

Penelitian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa serat karbon dari bambu dan sabut kelapa suhu 800°C mempunyai konduktifitas listrik yang memadai untuk keperluan sensor pada beton cerdas dan harganya lebih murah. Beton cerdas dengan serat karbon bambu dan sabut kelapa mempunyai konduktifitas listrik $0,063\text{S.m}^{-1}$ dan $0,013\text{S.m}^{-1}$; dengan kuat tekan 13 MPa dan 24 MPa.

Bahan Ekstrak Tumbuhan Untuk Bioaspal

Tumbuhan tropis dikenal sebagai tumbuhan yang banyak memproduksi bahan ekstraktif seperti tannin, kemenyan, getah damar, gum dll. Salah satu aplikasinya adalah untuk pembuatan bioaspal. Aspal kebanyakan diproduksi dari turunan minyak bumi atau hasil tambang bitumen. Namun, belakangan ini kebutuhan aspal tidak sebanding dengan produksi aspal, apalagi saat ini potensi tambang telah berangsur-angsur surut. Peluang peman-



A



B



C



D

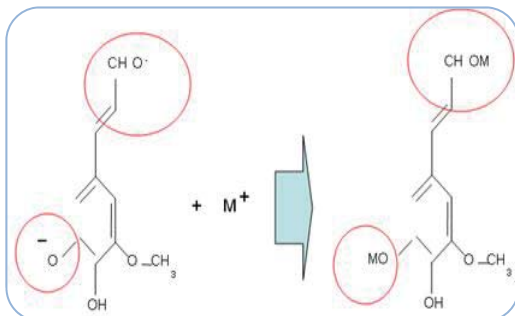
A. Serat alam yang telah dikarbonisasi
B. Pengujian komposit beton serat alam
C. Produk sampel komposit beton serat alam
D. Penggunaan karbon serat alam dalam gorong-gorong beton

Foto: UPT BPP Biomaterial – LIPI

Foto: SS.Munaawar dkk

faatan bahan kestraktif tersebut untuk bioaspal telah memberikan alternatif baru. Saat ini salah satu aplikasi yang sangat layak adalah untuk pengolahan lumpur minyak (*oil sludge*) menjadi bahan aspal (bioaspal). Hingga kini *oil sludge* tersebut hanya ditampung dalam bak-bak yang acap kali menimbulkan masalah. Sejak

Mekanisme pengikatan logam berat



Pit tempat penambungan oil sludge



Uji lapangan pengaspalan jalan



Hasil Uji TCLP Aspal

Parameter	Satuan	Metode Analisis	Hasil analisis	Baku mutu TCLP zat pencemar dalam limbah
Uji TCLP				
Kadmium, Cd	Mg/L	TLCP	< 0,009	0,05
Kromium, Cr	Mg/L	TLCP	< 0,03	0,25
Tembaga, Cu	Mg/L	TLCP	< 0,03	0,19
Timbal, Pb	Mg/L	TLCP	< 0,09	2,5
Seng, Zn	Mg/L	TLCP	0,06	2,5
Perak, Ag	Mg/L	TLCP	<0,05	2
Merkuri, Hg	Mg/L	TLCP	<0,0005	0,01
Selenium, Se	Mg/L	TLCP	<0,005	0,05
Arsen, As	Mg/L	TLCP	<0,004	0,2

zaman kolonial hingga kini belum ada solusi yang tepat. Salah satu persyaratan kunci untuk pemanfaatan ini adalah proses pengikatan logam berat dari limbah lumpur minyak (*oil sludge*) yang terdapat pada kilang minyak bumi. Beberapa uji coba telah berhasil dilakukan dan beberapa pilot plant produksi bioaspal telah beroperasi. Hasil uji lapangan tentang penggunaan bahan tersebut untuk mengikat logam berat khususnya Pb dan Hg. Proses pengikatan logam berat tersebut dikombinasikan dengan penguatan daya rekat sehingga bahan tersebut dapat dipergunakan untuk bahan pengeras jalan seperti aspal. Hasil uji pencucian logam berat dengan menggunakan metoda TLC membuktikan bahwa kandungan logam berat dalam aspal jauh dibawah ambang batas. Saat ini teknologi ini sangat diminati oleh industri karena dianggap paling aplikatif.

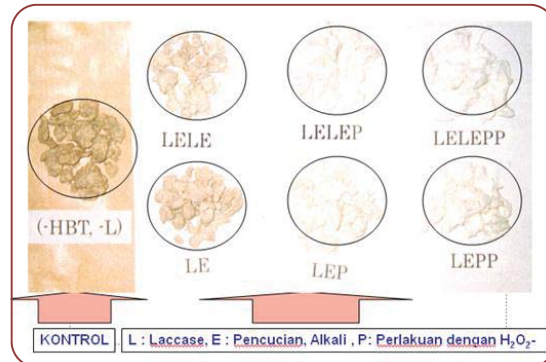
Peningkat Kualitas Kertas

Proses pembuatan kertas adalah proses pemisahan serat dari matrik kayu atau

Hasil pengujian laboratorium pengendalian dampak lingkungan, Serpong

bahan lignoselulosa lain (jerami, ampas tebu, bambu dan lain-lain). Untuk memperoleh serat yang baik diperlukan proses penghilangan atau pelunakan atau pengurangan kandungan lignin yang dikenal dengan proses delignifikasi. Di dalam proses konvensional penghilangan lignin pada umumnya dilakukan dengan beberapa cara kombinasi antara bahan kimia dan mekanis. Pemakaian bahan kimia seperti soda api, sulfit, dan garam sulfida sangat besar. Oleh karena pulp harus dicuci dengan air dalam jumlah besar, maka potensi pencemaran sangat besar. Khusus proses yang menggunakan sulfur juga mencemari udara.

Beberapa mikroba dari kelompok kapang atau jamur pelapuk kayu seperti *Phanerochaete sp.*, *Phebia sp.*, *Ceriporiopsis sp.*, *Lentinus sp.*, *Coriolus sp.*, *Trametes sp.*, *Bjerkandera sp.* dll. mampu menguraikan lignin yang menjadi pengikat serat. Proses reaksi biokimia yang terjadi dikendalikan oleh enzim antara lain lignin peroksidase, laccase, manganese peroksidase dll. Proses penghilangan lignin dalam serat di dalam praktek secara sederhana dapat digambarkan seperti pembuatan tempe atau dikenal dengan fermentasi padat yaitu memberikan bibit jamur diatas serpihan (*chip*) kayu dan diatur kondisi temperatur, pH., kelembaban dan oksigen. Proses ini kemudian diikuti proses pembuburan seperti dilakukan pada pabrik kertas dan hasilnya dapat meningkatkan kualitas kertas dan mengurangi pemakaian bahan kimia.



Perubahan warna pulp pada *biobleaching* dengan enzim laccase

Proses lain dalam industri kertas adalah untuk pemutihan bubur kertas dan penghilangan tinta. Proses dilakukan dengan memanfaatkan enzim yang diproduksi jamur pelapuk kayu ataupun dengan bakteri rekombinan yang telah disisipkan gen penghasil enzim tertentu yang dapat memotong kandungan lignin. Lignin dalam bubur merupakan penyebab warna coklat kehitaman, dan dapat dipisahkan dengan menggunakan enzim pendegradasi lignin atau enzim pemotong unsur yang terkait pada lignin, yaitu dengan menggunakan enzim xilanase. Enzim-enzim ini sebagai biokatalis yang dimasukkan dalam reaktor pada rangkaian proses pemutihan kertas. Hasil pemutihan kertas dapat dicapai setara dengan proses konvensional lain.

Potensi pengembangan proses bersih sangat terbuka, terutama dengan mengembangkan Culture Collectio (InaCC) di mana mikroorganisme potensial dapat dieksplorasi dari bumi Indonesia dan disimpan untuk nantinya dimanfaatkan untuk pengembangan proses bersih (*white biotechnology*).

Potensi Sumber Daya Kelautan

Abalon (*Gastropoda*) Indonesia untuk Sumber Devisa

Abalon adalah salah satu jenis siput laut (*gastropoda*) bernilai gizi tinggi yang sudah lama dikenal di dunia. Daging abalon merupakan makanan dari laut yang banyak diminati konsumen karena kelezatan rasanya dan kandungan nutrisinya yang tinggi. Abalon tidak hanya mengandung protein yang tinggi, tetapi juga mengandung zat yang bisa meningkatkan libido, menjaga stamina, menghaluskan kulit, meremajakan sel-sel tubuh dan anti kanker. Daging abalon mengandung asam lemak omega-3 dan omega-6 yang dapat membantu memperbaiki sirkulasi darah di tubuh manusia. Beberapa enzim tertentu yang terdapat dalam daging abalon dipercaya dapat meningkatkan fungsi pelumasan (*synovial fluid*) pada sendi. Abalon juga mengandung asam amino (*glycosaminoglycans*) dan berbagai jenis vitamin serta mineral penting yang berguna bagi kesehatan manusia.

Abalon ditemukan hampir di semua perairan dunia, hidup pada perairan pantai berbatu, paparan karang, dan bersembunyi di celah-celah karang dan lubang batu. Di dunia diketahui lebih dari 150 jenis abalon, namun hanya sekitar 10% yang bernilai ekonomi penting. Di Indonesia diketahui ada tujuh jenis abalon, yaitu *Haliotis asinina*, *H. varia*, *H. squamata*, *H. ovina*, *H. glabra*, *H. planata*, dan *H. crebrisculpta*. Tiga dari ketujuh jenis

abalon tersebut berpotensi untuk dibudidayakan, yaitu abalon mata tujuh (*H. asinina*) yang mempunyai ukuran besar dan persentase daging yang tinggi, abalon kaki kuning (*H. squamata*) yang mirip dengan jenis abalon kelas satu di Jepang, dan abalon mata lima (*H. crebrisculpta*) yang sangat cocok untuk memproduksi “cocktail abalon” atau abalon dengan ukuran kecil untuk dimakan tanpa dipotong-potong.

Abalon banyak dijumpai di perairan Indonesia Timur seperti Bali, Lombok, Sumbawa, Timor, Sulawesi, Maluku, dan Papua. Sebagai negara kepulauan, Indonesia mempunyai peluang yang besar untuk mengembangkan usaha budi daya abalon tropis. Di Indonesia abalon merupakan komoditas laut bernilai ekonomi penting. Harga jual abalon hidup (dengan cangkang) adalah Rp150.000,- per kg dan harga daging abalon tanpa cangkang adalah lebih besar dari Rp250.000,- per kg. Kecenderungan harga jual abalon yang terus meningkat menarik minat masyarakat nelayan untuk menangkap abalon lebih banyak lagi pada semua ukuran. Aktivitas penangkapan yang intensif tersebut mengakibatkan stok alam cenderung menurun. Sementara itu, di Indonesia belum ada peraturan tentang kuota dan pembatasan ukuran biota yang boleh ditangkap dari alam.

Haliotis varia;
Haliotis ovina;
Haliotis glabra;
Haliotis planate;
Haliotis asinine;
Haliotis squamata;
Haliotis crebrisculpta

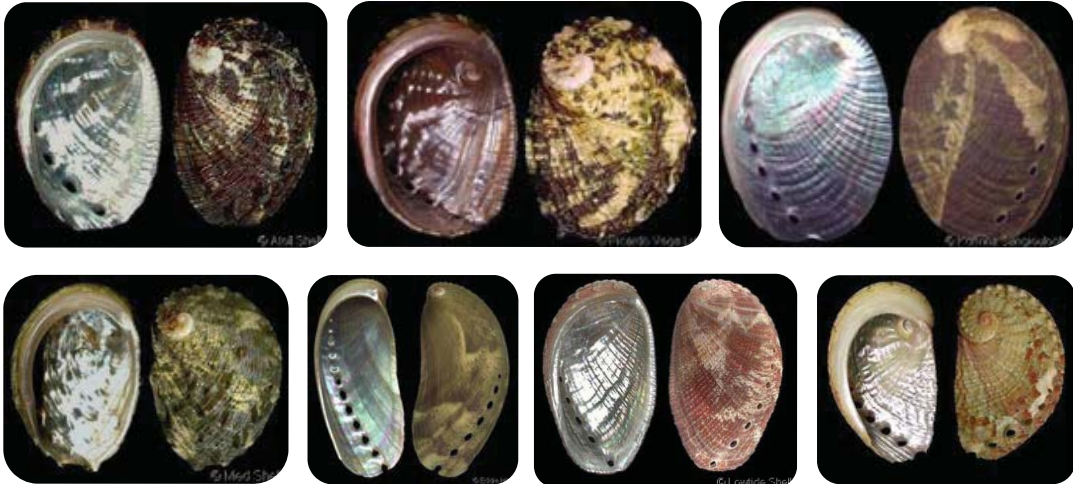


Foto: :UPT Loka Pengembangan Bio Industri Laut Mataram-LIPI

Aneka jenis
 masakan abalon



Sebagian besar jenis abalon (kecuali abalon untuk memproduksi mutiara) dinilai ekonomis karena tekstur dagingnya yang baik dan kualitas cangkangnya yang bagus untuk perhiasan. Daging abalon dipasarkan dalam bentuk dibekukan, dikalengkan dan dikeringkan, dimakan dalam kondisi mentah atau dimasak. Harga abalon hidup dengan cangkangnya di pasar dunia pada dekade terakhir ini rata-rata US\$40/kg, US\$45/kg abalon beku dengan cangkang, US\$66 per kilogram abalon segar tanpa cangkang, dan US\$80 per kilogram abalon dikalengkan.

Sumber Daya Ikan Hiu (Elasmobranchii) di Indonesia

Ikan hiu merupakan anggota kelompok ikan-ikan bertulang rawan yang termasuk

ke dalam Sub Kelas Elasmobranchii. Kelompok ikan hiu umumnya merupakan hewan predator yang menempati puncak rantai makanan. Ikan ini menempati habitat yang sangat luas dan dapat ditemukan pada hampir semua tipe perairan. Beberapa jenis hiu ada yang hidup di daerah paparan benua, dari daerah pasang surut hingga kedalaman 200 m, daerah lereng benua hingga perairan dalam, serta perairan laut terbuka (oseanik). Tercatat bahwa lebih dari 500 spesies hiu ditemukan pada perairan di seluruh dunia, mulai dari perairan tawar hingga ke laut dalam Wilayah Indo Pasifik Barat yang diyakini merupakan pusat dari keanekaragaman ikan-ikan bertulang rawan (chondrichthyan) di dunia.

Sebagai salah satu negara yang berada di



dalam kawasan tersebut, perairan Indonesia juga diyakini memiliki keragaman jenis ikan hiu yang tinggi. Berdasarkan studi dari berbagai literatur dan hasil penelitian hingga tahun 2010, telah tercatat setidaknya 114 jenis ikan hiu ditemukan di perairan. Jenis hiu yang paling umum ditangkap dan diperdagangkan antara lain adalah dari marga *Carcharhinus* (hiu buas), *Sphyrna* (hiu martil), dan *Alopias* (hiu tikus).

Berdasarkan sifat biologinya, hiu pada umumnya memiliki laju pertumbuhan yang lambat, berumur panjang, lambat dalam mencapai matang seksual dan memiliki jumlah anak yang sedikit. Sifat-sifat tersebut mengakibatkan ikan hiu dan pari

sangat mudah terancam kepunahan apabila sudah tereksploitasi secara berlebihan dibandingkan dengan kelompok ikan yang lain. Saat ini penangkapan terhadap hiu telah menjadi sorotan dunia, terutama oleh organisasi-organisasi dan badan konservasi internasional, seperti FAO, IUCN dan CITES. Setiap negara penangkap dan pengekspor komoditas hiu dituntut untuk dapat mengelola aspek perikanannya agar sumber daya hiu di dunia dapat tetap terjaga dan lestari.

Berdasarkan aspek pemanfaatannya, hampir seluruh tubuh ikan hiu dapat dimanfaatkan untuk berbagai keperluan, mulai dari daging dan siripnya sebagai bahan makanan, kulitnya sebagai bahan

kerajinan, tulang dan minyak hatinya sebagai bahan baku kosmetik dan obat-obatan, serta bagian dalam tubuhnya yang banyak digunakan sebagai bahan pakan ternak. Bagian tubuh ikan hiu yang paling banyak dimanfaatkan adalah siripnya karena bernilai tinggi di pasaran nasional maupun internasional sebagai bahan baku dari sup sirip hiu yang banyak disajikan di restoran-restoran mahal.

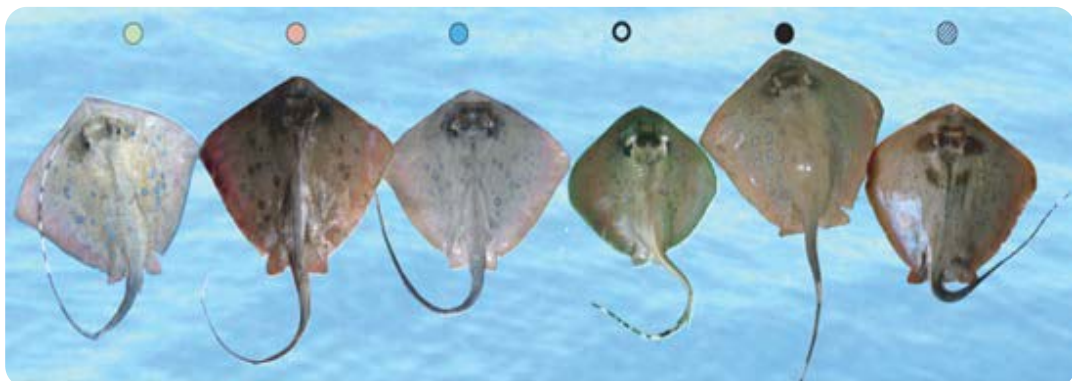
Tingginya permintaan dan harga sirip hiu di pasaran berdampak pada meningkatnya tekanan terhadap perburuan hiu dan mengancam kelestarian stoknya di alam. FAO melaporkan bahwa total tangkapan ikan Elasmobranch di dunia 1994 mencapai 731 ribu ton. Dari jumlah tersebut, negara-negara di Asia menyumbang 60% dari total tangkapan tersebut. Bahkan Indonesia dikenal sebagai negara dengan produksi perikanan hiu dan pari terbesar di dunia, dengan kisaran tangkapan di atas 100 ribu ton/tahun.

Sumber Daya Ikan Pari (*Elasmobranchii*) di Indonesia

Ikan elasmobranch (pari, hiu dan skate)

adalah ikan bertulang rawan dan merupakan salah satu sumber daya perikanan Indonesia. Hampir keseluruhan ikan elasmobranch merupakan ikan ekonomis penting, produk hasil olahan dan spesimen hidup dari ikan ini banyak di perdagangan. Data koleksi yang ada masih terbatas. Hingga saat ini hasil koleksi yang ada di museum Zoologi Cibinong baru mencapai 56 spesies yang teridentifikasi di perairan Indonesia. Jumlah ini baru mencakup 11,2% dari total ikan pari yang ada di dunia yang diduga berkisar 500 spesies, dan Indonesia diduga memiliki setengah dari total ikan pari tersebut. Ikan pari yang umum menjadi sasaran tangkapan bagi nelayan Indonesia adalah ikan pari yang memiliki nilai ekonomis penting, seperti genus *Himantura* (*H. gerrardi*, *H. uarnak*, *H. undulata*, *H. leoparda* dan sebagainya), genus *Neotrygon* (*Neotrygon kuhlii*), genus *Taeniura* (*Taeniura lymma*), *H. uarnak*, *H. Undulata*, dan *H. leoparda* yang merupakan contoh kompleks spesies. Ikan pari ini paling populer di perairan Indonesia karena memiliki pola motif dengan retikulasi yang bervariasi, dan merupakan target tangkapan utama yang

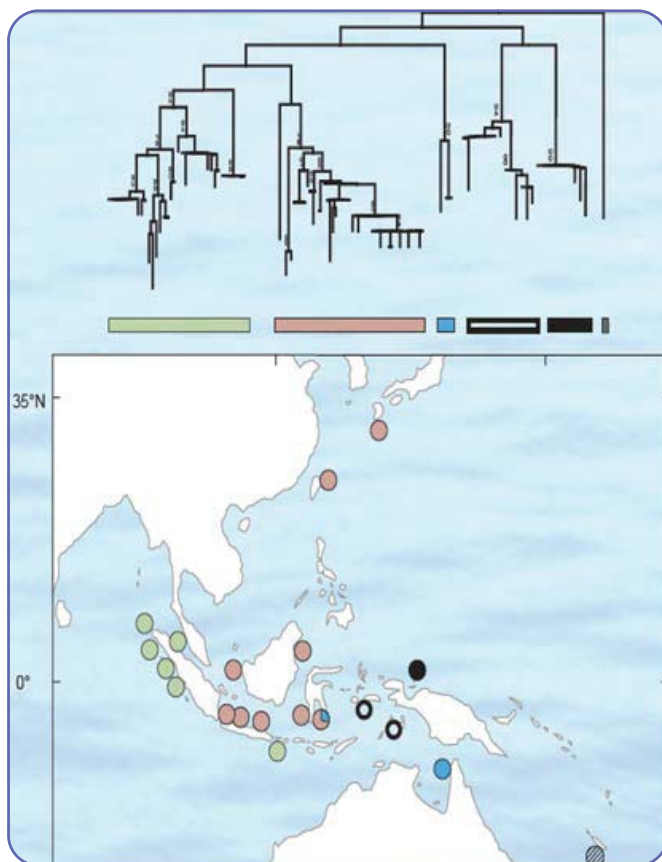
Keragaman
Ikan pari



Sumber: IS. Arlyza,

dimanfaatkan sebagai produk konsumsi, seperti lauk pauk dan kerupuk. Ikan ini juga dimanfaatkan sebagai produk perdagangan, seperti tas, dompet, ikat pinggang, sepatu, dan asesoris lainnya. *Neotrygon kuhlii* merupakan salah satu spesies samar (*cryptic species*) di kawasan Indo-Pasifik. Ikan pari ini banyak dimanfaatkan sebagai produk konsumsi karena rasa dagingnya yang menyerupai daging ayam dan sumber gelatin alternatif. *Taeniura lymma* adalah salah satu spesies ikan pari yang memiliki variasi warna spot

yang beragam, sangat umum hidup di habitat terumbu karang dan perairan pantai dengan kedalaman minimal 20 m. Ikan ini sering dijadikan ikan hias dan dagingnya banyak dimanfaatkan sebagai produk konsumsi. *Himantura gerrardi* memiliki variasi spot putih yang terkadang hanya ada pada sebagian permukaannya, keseluruhan permukaan, bahkan ada yang tidak berspot, dan diduga lebih dari satu spesies. Spesies ini banyak dimanfaatkan sebagai produk konsumsi dan produk perdagangan.



Kekerabatan ikan pari Indonesia



Aneka produk kulit dari Ikan Pari

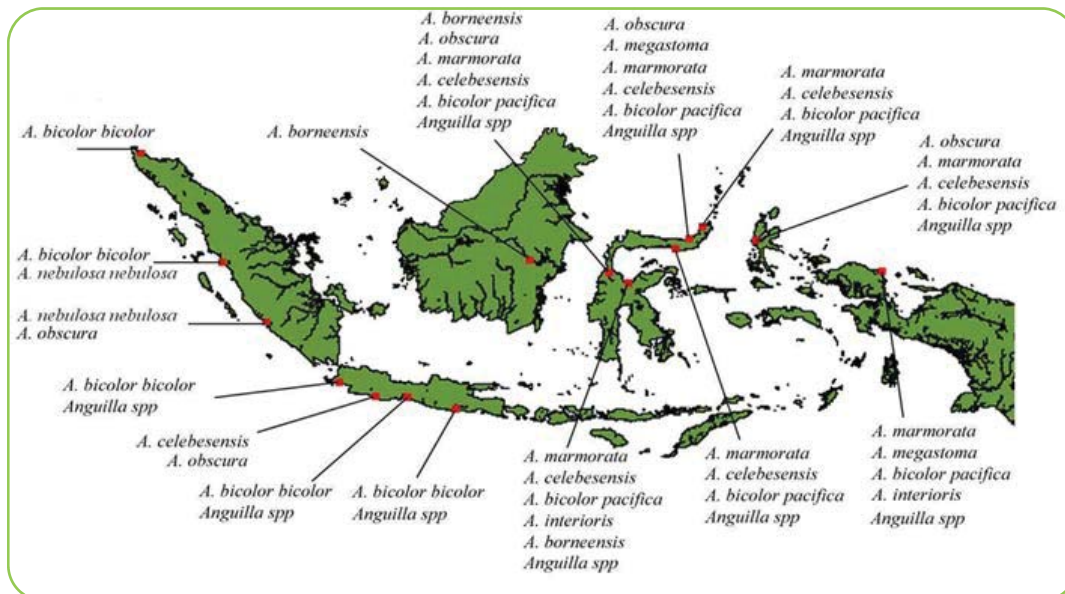
Potensi pengembangan penelitian ikan pari di Indonesia masih terbuka luas termasuk studi genetik-taksonomi untuk mengidentifikasi spesies ikan pari karena hingga saat ini masih terjadi *misidentification*. DNA barcoding ikan pari untuk standarisasi dalam mengidentifikasi spesies terkait dengan produk perdagangan. *Phylogenetic* untuk mengetahui hubungan kekerabatan dan sistematika. Genetika populasi untuk mengetahui spesiasi, evolusi, unit populasi, stock dan hibridisasi antar stock dari ikan pari. *Phylogeography* untuk mengetahui distribusi geografis spesies ikan pari berdasarkan pola migrasi melalui pendekatan genetik dari silsilah gen. Eksplorasi biodiversitas ikan pari di Indonesia perlu dilakukan secara menyeluruh untuk mengetahui jumlah spesies yang ada. Untuk mengetahui seberapa luas perdagangan dari bagian-bagian tubuh dan produk ikan pari, diperlukan data koleksi yang lengkap sebagai acuan dalam rencana usaha konservasi dan monitoring lebih lanjut. Pengembangan produk ikan pari sebagai target perdagangan, seperti pemanfaatan kulit ikan pari (*Dasyatis sp.*) sebagai sumber gelatin alternatif bagi masyarakat, pengolahan kulit ikan pari menjadi aneka kerajinan unik, seperti dompet, tas, sabuk, sarung HP dan jaket.

Sidat Tropis (*Anguilla*) di Indonesia

Ikan sidat adalah ikan bernilai ekonomis penting sebagai komoditi pangan baik di pasar lokal, regional, maupun interna-

sional. Namun adanya aktifitas tangkap berlebih serta adanya kerusakan lingkungan baik oleh aktifitas alamiah maupun aktifitas manusia telah menyebabkan terjadinya penurunan populasi alamiah ikan tersebut di alam, terutama untuk species-species daerah lintang tinggi (*Anguilla anguilla*, *A. rostrata*, dan *A. japonica*). Penelitian terkait “Keragaman Species, Distribusi, dan Kelimpahan Ikan Sidat Genus *Anguilla* di Perairan Indonesia serta Keterkaitannya dengan Faktor-faktor Lingkungan” telah dilakukan dalam upaya memahami biodiversitas ikan sidat tropis.

Indonesia adalah pusat keragaman species dan distribusi sidat di dunia. Dari 18 species dan subspecies sidat yang ada di dunia, 8 species dan subspecies di antaranya menghuni perairan Indonesia, yaitu: *A. borneensis*, *A. marmorata*, *A. celebesensis*, *A. interioris*, *A. bicolor bicolor*, *A. bicolor pacifica*, *A. megastoma*, dan *A. obscura*. Selain itu, ditemukan pula adanya beberapa karakter morfologi baru yang dapat menjadi penanda adanya species baru dalam genus *Anguilla* yang menghuni perairan Indonesia. Lebih jauh ditemukan bahwa distribusi dan kelimpahan species sidat di perairan Indonesia adalah berbeda antara perairan Indonesia bagian barat, tengah, dan timur. Perbedaan tersebut dipengaruhi oleh perbedaan musim dan kondisi oseanografi fisik dan kimia perairan Indonesia yang sangat kompleks karena diapit oleh dua samudra besar yang sangat berbeda sifat fisik dan kimia perairannya serta dua benua besar, yaitu Asia dan Australia.



Keragaman Spesies, Distribusi, dan Kelimpahan Ikan Sidat Genus *Anguilla* di Perairan Indonesia

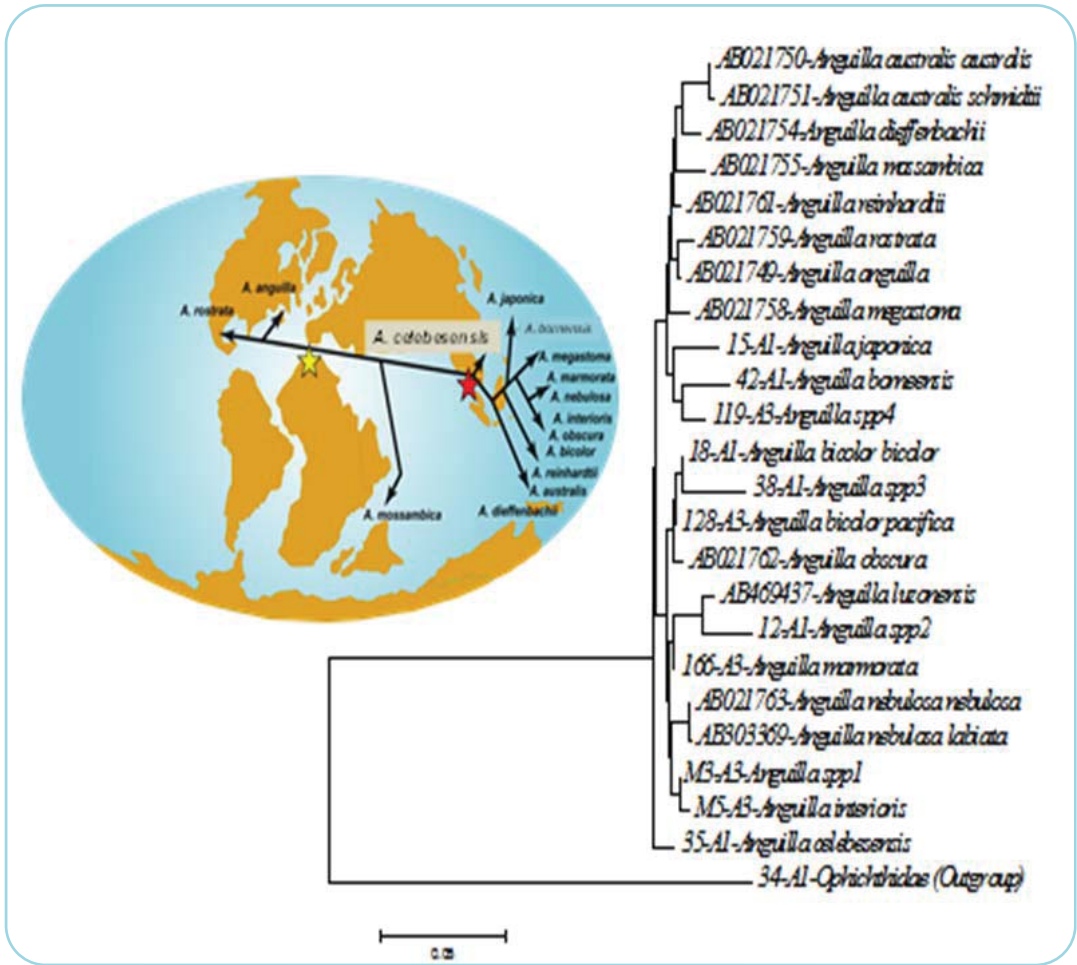
Musim kemarau adalah merupakan musim migrasi ikan sidat tropis yang menghuni perairan Indonesia bagian tengah sedangkan musim penghujan merupakan musim migrasi ikan sidat tropis yang menghuni perairan Indonesia bagian barat dan timur.

Berdasarkan kajian “Genetika Spesies dan Populasi Ikan Sidat Tropis” yang menghuni Perairan Indonesia terungkap bahwa setidaknya ada dua spesies baru yang menghuni perairan Indonesia dan belum pernah dilaporkan sebelumnya. Spesies baru tersebut adalah *A. luzonensis* sp. nov dan *A. tominiensis* sp. nov. Kedua spesies tersebut secara genetis membentuk garis kekerabatan baru dalam stuktur filogenetik ikan sidat genus *Anguilla* yang ada di dunia menjadi 20 spesies. Selain itu, terungkap pula bahwa *A. celebesensis* yang dominan menghuni perairan Kepulauan Sulawesi adalah nenek moyang dari keseluruhan spesies sidat yang ada di dunia. Berdasarkan studi struktur populasi

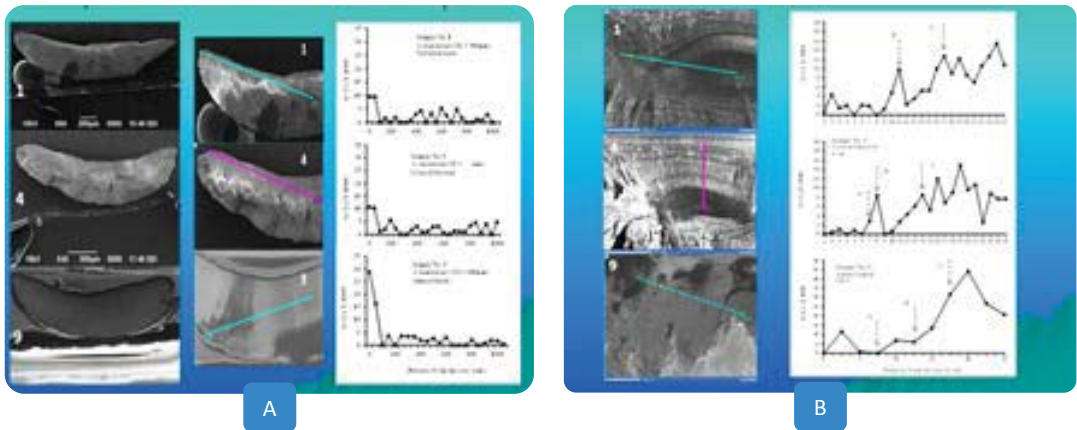
genetika, terungkap bahwa *A. bicolor bicolor*, *A. marmorata*, dan *A. bicolor pacifica* yang menghuni perairan Indonesia adalah berasal dari wilayah pemijahan di luar perairan Indonesia, yaitu di Samudra Hindia (*A. marmorata* dan *A. bicolor bicolor*) dan Samudera Pasifik (*A. marmorata* dan *A. bicolor pacifica*).

Penelitian untuk mengungkap pola migrasi pertumbuhan ikan sidat tropis berdasarkan analisis mikrostruktur dan mikrokimia otolith telah pula dilakukan. Otolith adalah suatu organel yang tersimpan di kepala ikan bertulang sejati dan dipahami berperan penting dalam menjaga keseimbangan gerak ikan saat berada di air serta mampu “merekam sejarah hidup ataupun sejarah migrasi” ikan selama masa hidupnya. Selain itu, dari studi otolith dapat diungkap pula umur dan pola pertumbuhan setiap spesies ikan sidat tropis serta keterkaitannya dengan penentuan kelamin, pemilihan makanan,

Filogenetik &
Evolusi Ikan
Sidat genus
Anguilla



A. Pola migrasi pertumbuhan *A. marmorata* pada fase sidat muda selama hidup;
B. Hasil Pengukuran konsentrasi Strontium (Sr) dan Calcium (Ca) dari ikan sidat tropis (*Anguilla marmorata*) pada tahap juvenil



pemilihan habitat tempat tumbuh serta pemilihan musim pemijahan.

Berdasarkan analisis mikrostruktur otolith terungkap bahwa ada variasi intraspecies terkait umur dan tingkat pertumbuhan

ikan sidat yang menghuni perairan Indonesia. Begitu pula dengan analisis mikrokimia otolith, terungkap bahwa ada variasi intraspecies terkait pola migrasi ikan sidat yang menghuni perairan Indonesia. Yang menarik adalah variasi intra-spesies terkait umur, tingkat

pertumbuhan, dan pola migrasi tersebut memiliki keterkaitan dengan pembentukan struktur populasi genetik dan distribusi geografis dari spesies terkait di wilayah perairan Indonesia. Berdasarkan temuan-temuan tersebut, adalah penting untuk memikirkan taktik dan strategi dalam upaya pemanfaatan dan konservasi sumber daya ikan sidat berbasis keragaman genetik, keragaman spesies, dan keragaman ekosistem perairan sebagai habitat tempat hidup ikan sidat tropis di perairan Indonesia. Lokasi pemijahan ikan sidat Atlantik (*A. rostrata* dan *A. anguilla*) dilaporkan terjadi di perairan Samudra Atlantik. Lokasi pemijahan ikan sidat Asia Timur (*A. japonica*) dilaporkan terjadi di Samudra Pasifik.

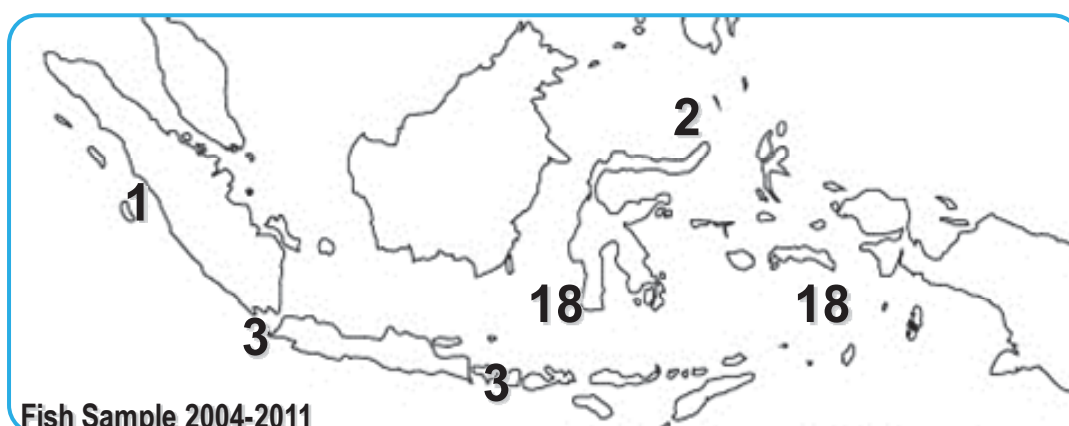
Nilai Ekonomi Ikan Terbang (*Exocoetidae*) di Indonesia

Ikan terbang sudah lama dikenal di Indonesia sebagai komoditas hasil perikanan laut penting, terutama telurnya. Kelompok ikan ini tergolong dalam ikan pelagik dari famili Exocoetidae yang mempunyai 8 genus, yaitu *Cheilopogon*

(30 jenis), *Cypselurus* (11 jenis), *Exocoetus* (2 jenis), *Fodiator* (2 jenis), *Hirundichthys* (7 jenis), *Oxyporhampus* (3 jenis), *Parexocoetus* (3 jenis), dan *Prognichthys* (4 jenis). Di perairan Pasifik barat hanya ditemukan 6 genus dengan jumlah jenis sebanyak 31.

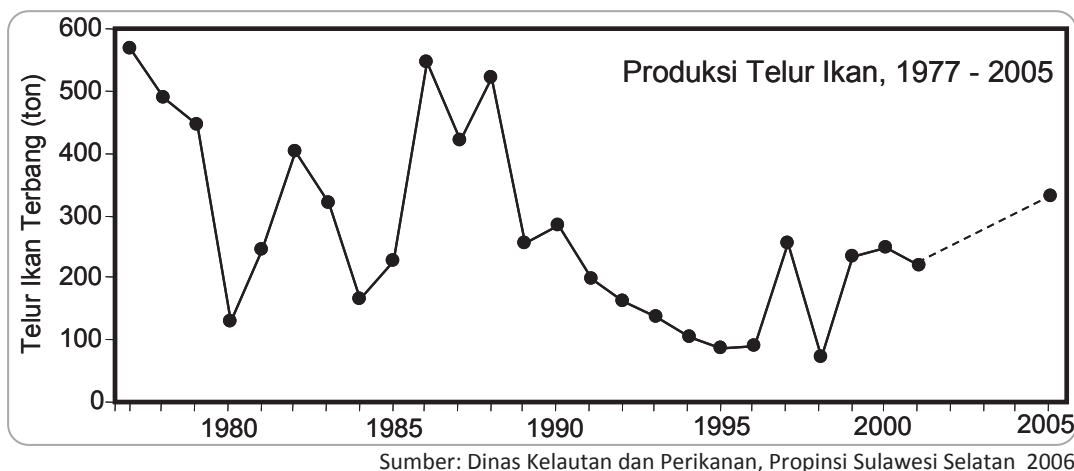
Nama lokal ikan terbang yang dikenal adalah *tuang-tuang* (Bugis dan Maluku), *torani* (Makasar) atau *tourani* (Mandar), sedangkan di laut Sulawesi, dikenal dengan nama *antoni* (Manado) dan *malaluge* di Sangir (Sulawesi utara). Berdasarkan hasil penelitian ikan terbang di Indonesia (2004–2011), jumlah jenis ikan terbang yang teridentifikasi adalah sebanyak 23 jenis, sedangkan distribusi jenis ikan terbang yang terbanyak ditemukan dari Selat Makassar, Laut Flores dan Laut Banda, dengan jumlah jenis pada masing-masing wilayah sebanyak 18. Untuk itu, wilayah-wilayah tersebut dapat dijadikan wilayah konservasi genetika ikan terbang.

Ikan terbang memiliki nilai ekonomis karena selain menjadi konsumsi lokal, telurnya merupakan komoditas ekspor ke



Jumlah jenis ikan terbang yang ditemukan di 6 wilayah pengambilan sampel, 2004–2011

Produksi telur ikan terbang dari Provinsi Sulawesi Selatan, 1977–2005



luar negeri, terutama Jepang. Pada kurun waktu 1976–1993 peningkatan volume ekspor telur ikan terbang rata-rata sekitar 30% per tahunnya. Namun, peningkatan ekspor tidak disertai dengan pengelolaan perikanan ikan terbang dengan baik sehingga dikhawatirkan pada tahun 2030 sumber daya perikanan ikan terbang akan mengalami kejadian tangkap lebih (*overfishing*).

Selanjutnya, dibalik nilai ekonomis telur ikan terbang yang tinggi, ternyata tidak semua ukuran telur ikan terbang layak diperdagangkan. Hanya beberapa jenis saja yang diketahui memiliki ukuran telur yang sesuai untuk tujuan komersil, antara lain jenis *Hirundichthys oxycephalus*. Dengan demikian, pengetahuan tentang diversitas dan distribusi jenis ikan terbang di wilayah perairan Indonesia akan sangat diperlukan.

Eksplorasi telur dalam perikanan ikan terbang diperkirakan akan sangat memengaruhi stok perikananannya. Statistika produksi telur ikan terbang

menunjukkan bahwa sejak tahun 1977 produksi telur ikan terbang telah mengalami penurunan sebesar 50%. Di tahun 1977, produksinya mencapai 600 ton, namun di tahun 2005 hanya 330 ton.

Kekhawatiran menghilangnya produksi telur ikan terbang dari pasaran sangat beralasan karena eksploitasi telur mengakibatkan siklus hidup ikan terbang terputus, dan ini sangat mempengaruhi kelestarian stok ikan terbang. Pada pertengahan 1980-an, Pakkaja sebagai alat pengumpul telur ikan terbang mulai ditinggalkan, dan nelayan mengonstruksi alat tangkap yang lebih sederhana, yaitu yang disebut 'bale-bale'. Bale-bale terbuat dari bambu dan dilengkapi daun kelapa, dan pengoperasiannya adalah dengan cara diapungkan.

Musim penangkapan atau pengumpulan telur ikan terbang sesuai dengan musim pemijahan ikannya, yang umumnya antara April/Mei sampai dengan September/Oktober. Puncak pemijahan terjadi pada



a) Pakajja;
b) Bale-bale yang digunakan dalam pengumpulan telur ikan terbang

bulan Juni/Juli. Pada periode tersebut, kondisi perairan Indonesia, khususnya di lokasi pemijahan ikan terbang, seperti Selat Makassar, Laut Flores, dan Laut Banda mengalami musim timur. Dengan angin yang berkecepatan 5–10 m/det, dan gelombang laut yang tinggi, ikan terbang mencoba menyesuaikan diri terhadap kondisi ini untuk memijah.

Di samping itu, pada musim timur terjadi peristiwa *upwelling* yang diperkirakan merupakan faktor pemicu terjadinya pemijahan ikan terbang. Beberapa produk telur ikan terbang dapat diperoleh di pasaran dalam berbagai hasil olahan. Ada yang dalam bentuk telur segar dan dapat dibeli pada pasar lokal di Makassar, atau sebagai acar telur ikan terbang yang tersedia di sejumlah restoran. Sementara

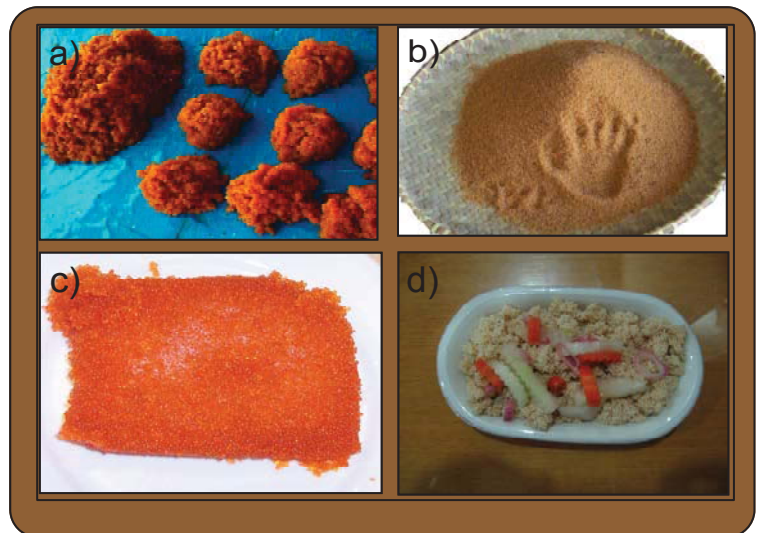


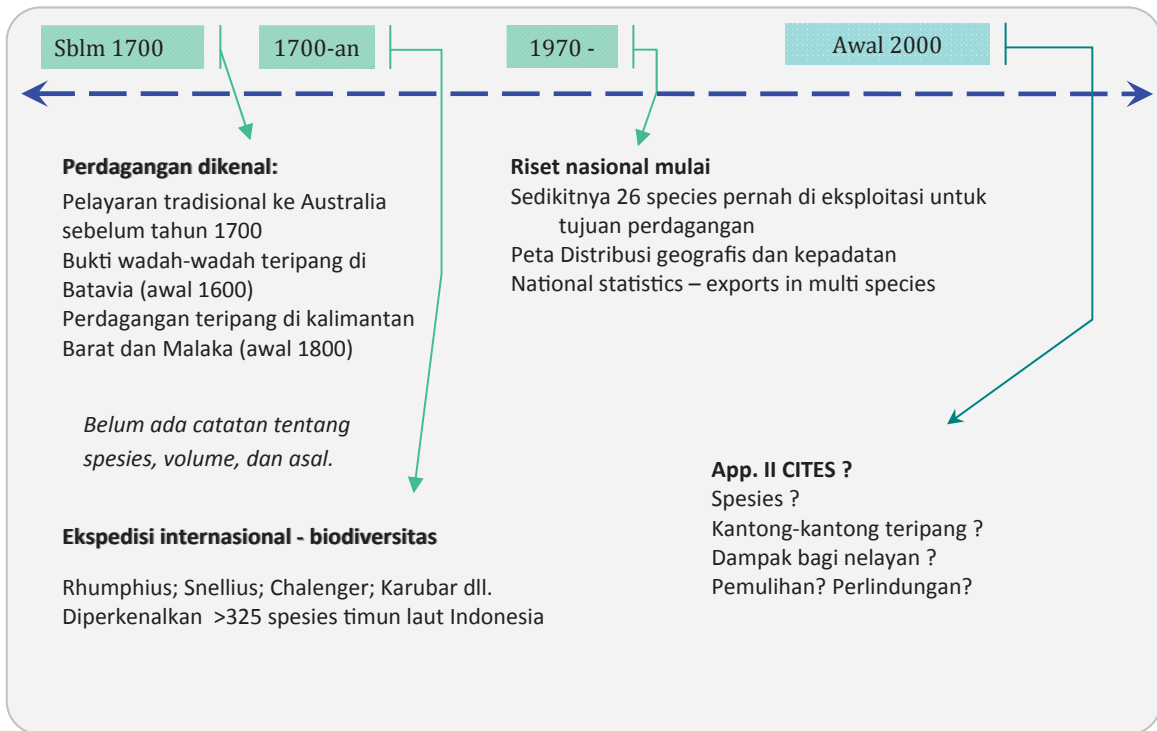
Foto: SA. Ali

itu, telur ikan kering dan telur ikan yang siap saji lebih diperuntukkan bagi usaha ekspor. Negara tujuan ekspor telur ikan terbang yang utama adalah Jepang, Korea, Taiwan, dan Lithuania.

Berbagai hasil olahan telur ikan terbang:
a) Telur segar;
b) Telur kering;
c) Telur siap saji;
d) Acar telur ikan terbang

Potensi Teripang (*Holothuroidea*) di Indonesia

Belum banyak yang kita pelajari dari teripang atau timun laut. Sumber daya ini merupakan hewan laut murni dan hidup di area batas daratan-laut sampai ribuan meter di bawah laut. Keragamannya sangat tinggi walaupun banyak yang

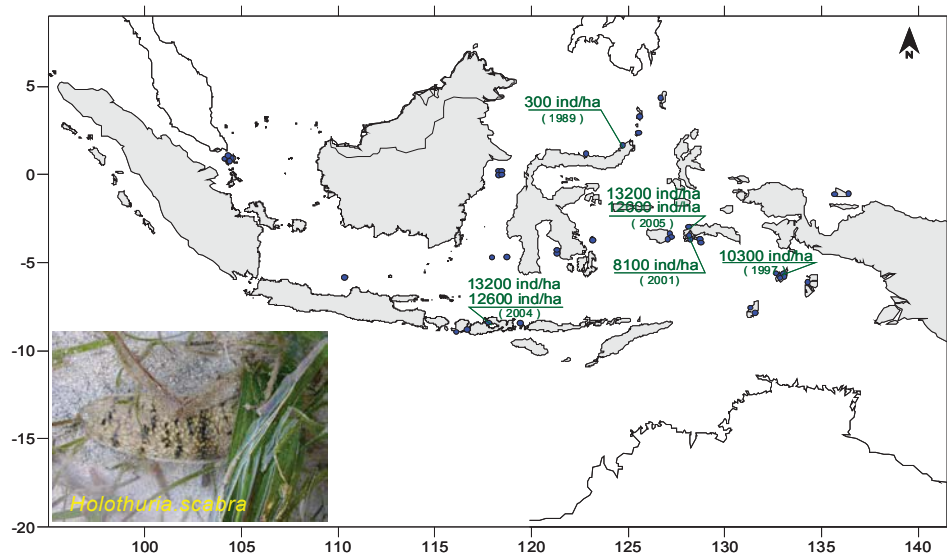


populasinya kecil. Fungsi utamanya di alam adalah sebagai pengolah substrat, mencegah tertimbunnya dan mengurai bahan organik dan supaya dapat dimanfaatkan oleh organisme lain. Pemanfaatan sumber daya ini oleh manusia cukup tinggi dan bahkan beberapa sudah sampai ke taraf merugikan alam.

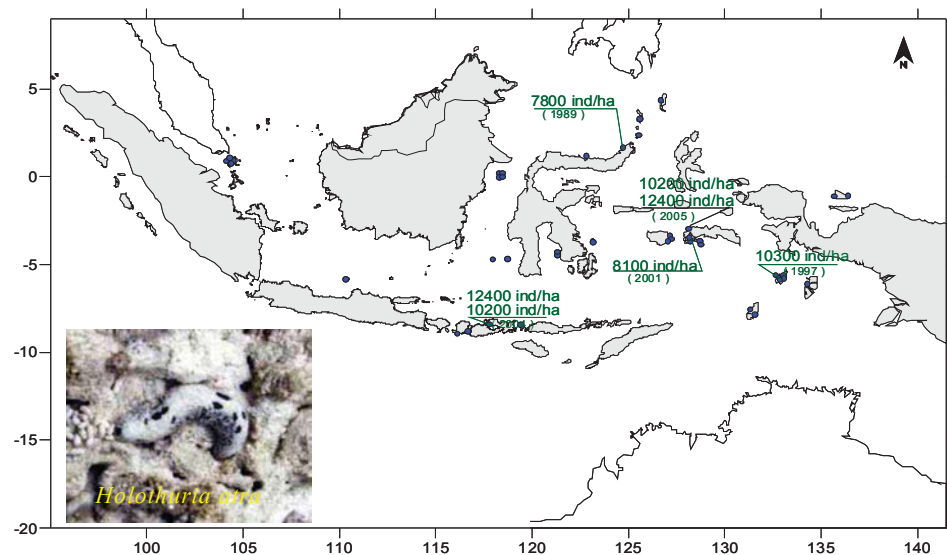
Teripang sebenarnya merupakan produk multispecies. Pemanfaatannya terutama sebagai bahan makanan termasuk makanan tambahan (*food supplement* dan *tonic*). Lebih dari 20 negara di dunia memproduksi teripang. Asia menghasilkan lebih dari 50 jenis teripang dan Indonesia merupakan satu di antara negara tropis yang mengekspor teripang dalam jumlah tinggi. Sejak perburuan teripang dimulai lebih dari 500 tahun yang lalu, pelayar nusantara melakukannya untuk tujuan

ekspor. Hingga kini, sebagian besar produk teripang ditujukan untuk suplai pasar internasional. Konsumsi dalam negeri sendiri sangat kecil. Pelayar Pionir pemburu teripang terutama berasal dari Sulawesi Selatan (Makassar, Bugis, Bajo). Teripang bersama-sama dengan hiu menjadi jembatan pertemuan bangsa Indonesia dengan pribumi Australia (Aborigin). Ini terjadi sebelum bangsa kulit putih masuk dan menguasai Australia.

Teripang merupakan sebagian kecil dari kelas timun laut atau Holothuroidea. Kelas ini bersama-sama dengan bintang laut dan Landak laut menyusun filum Echinodermata. Jumlah spesies timun laut mencapai 1400, dan sekitar 350 spesies ada di Indonesia. Teripang merupakan sebagian kecil dari timun laut, hanya sekitar 26 spesies di Indonesia, dan sekitar 52 spesies yang diproduksi di Asia. Bentuk dasar



Peta sebaran teripang pasir (*H. scabra*) dan teripang darah (*H. atra*)



Chiridota sp yang sangat kecil (kiri) dan *Thelenota anax* (kanan) yang berukuran > 80 cm panjangnya

Timun laut *Colochirus*, diburu untuk hiasan akuarium



Sistem pemeliharaan anakan teripang pasir yang dikembangkan di UPT Bioindustri LIPI, Mataram



tubuh teripang gilig seperti sosis (bulat panjang). Mulut dan lubang keluaran berada di tiap ujung tubuhnya. Ukurannya mulai dari beberapa cm dan kecil seperti cacing, sampai lebih dari 80 cm dengan lebar 20-an cm berkulit sangat tebal. Peta lokasi temuan teripang nanas (*Thelenota ananas*) dan teripang susu (*Holothuria whitmaei*) seperti tertera pada gambar sebagai berikut

Perkembangan penelitian teripang di Indonesia sangat lambat. Inventarisasi jenis-jenisnya dan sebarannya masih sangat terbatas. Demikian pula pemahaman aspek-aspek ekologi dan biologi seperti pertumbuhan dan reproduksi. Walaupun demikian, teripang sudah lama masuk dalam kategori sumber daya yang membawa nilai ekonomi bagi masyarakat pesisir. Menyelami teripang untuk tujuan komersial mestinya disertai dengan regulasi. Di beberapa perairan Indonesia, ada kebijakan tradisional untuk melindungi sumber daya alam. Jika ini terus dihidupkan, digali dan dikombinasikan dengan sains, maka

pengembangan sumber daya teripang akan mencapai pemanfaatan lestari.

Untuk tujuan pemulihan populasi dan pemanfaatan teripang, paling sedikit tiga institusi sudah mengusahakannya, dua institusi di bawah Departemen Perikanan dan Kelautan, dan satu institusi di bawah LIPI. Selain itu, penelitian yang sifatnya sporadis dan parsial dilakukan di berbagai perguruan tinggi seperti Fak. Kelautan dan Perikanan UNDIP. Ketiga institusi tersebut sudah menguasai teknik produksi benih dari teripang pasir (*H.scabra*), hanya biaya operasionalnya masih terlalu tinggi, selain juga masih memerlukan uji coba pembesaran di laut. Pemeliharaan induk di laboratorium masih terhambat karena hambatan jenis pakan. Walaupun demikian, harga teripang cukup tinggi untuk merangsang pengembangannya.

Teripang termasuk hewan yang tumbuh lambat. Siklus hidupnya melalui masa larva yang relatif lama (6–8 minggu) dengan *survival* yang rendah. Untuk tumbuh besar dan berkembang dewasa, teripang

memerlukan area yang cukup luas. Saat ini, yang masih aktif mengerjakannya adalah UPT Bioindustri Sumber Daya laut, Puslit Oseanografi LIPI, Mataram. Beberapa teripang bisa membelah diri. Kemampuan ini tidak selalu muncul.

UPT BioIndustri, LIPI, Mataram sudah menguasai teknik menstimulir teripang membelah diri, dengan cara yang sangat sederhana, sistem pemeliharaan yang sangat murah dan bisa diterapkan oleh masyarakat pantai. Teknik ini bisa dikembangkan untuk mengembalikan populasi teripang sampai mereka pulih dan kembali mampu berkembang biak secara alamiah.

Sumber Daya Udang dan Kepiting Laut (Marine Crustasea) di Indonesia

Perairan Indonesia memiliki sekitar 1.700 jenis crustacea (Stomatopoda/udang pengko, Brachyura/kepiting dan Anomura/kelomang). Indonesia memiliki sekitar 310 jenis udang dan kepiting ekonomis penting dari suku Penaeidae (udang niaga), Palinuridae (udang karang atau lobster), Portunidae (rajungan dan kepiting bakau), dan Syllaridae (udang pasir dan udang kipas). Khususnya kepiting bakau, perairan Indonesia memiliki empat jenis, yaitu *Scylla serrata*, *S. olivacea*, *S. tranquebarica*, dan *S. paramamosain*.

Sebaran udang *Penaeus* spp. dan *Metapenaeus* spp. meliputi daerah-daerah



- A. Penaeidae;
- B. Palinuridae;
- C. Portunidae;
- D. Syllaridae



Foto: R. Pratiwi

Indonesia Timur: perairan Arafura, Maluku Selatan, Papua (Sorong, Fakfak, Manokwari, dan Marauke) hingga ke Kalimantan, Sulawesi Selatan, Jawa, dan Sumatra. Berdasarkan informasi dari beberapa eksportir udang karang (lobster), perairan Indonesia yang mempunyai potensi untuk penangkapan lobster meliputi Paparan Sunda, Selat Malaka, Kalimantan Timur, Sumatra bagian timur, Maluku, Pantai selatan Papua, dan seluruh pesisir Samudra Indonesia.

Di perairan dunia, udang karang dijumpai mulai dari pantai timur Afrika, Jepang, Indonesia, Australia, dan Selandia Baru. Daerah-daerah tersebut di atas, khususnya di Indonesia masih merupakan daerah sebaran dari udang *Penaeus* spp., *Metapenaeus* spp., dan *Panulirus* spp yang harus tetap dimonitor kelimpahannya agar terus dapat dijaga kelestariannya dan masih bisa dirasakan oleh generasi bangsa berikutnya.

Udang mantis atau yang dikenal sebagai udang ronggeng merupakan anggota crustacea, Ordo Stomatopoda yang menyebar dalam empat famili, yaitu Odontodactylidae, Lysiosquillidae, Harpiosquillidae, dan Squillidae. Beberapa spesies udang mantis, terutama yang bisa mencapai ukuran lebih dari 30 cm biasa dijadikan sebagai makanan eksotis dan komoditas ekspor dengan harga yang relatif mahal. Beberapa udang mantis yang bernilai ekonomi tinggi adalah dari famili Harpiosquillidae dan Squillidae. Kedua famili tersebut biasa ditangkap dari Laut

Jawa dan Laut Cina Selatan sampai ke sisi utara Kalimantan.

Beberapa kepiting dan rajungan yang terdapat di Teluk Jakarta adalah *P. pelagicus*, *P. sanguinolentus*, *Thalamita crenata*, *T. danae*, *Charybdis cruciata*, *C. natator*, *Podophthalmus vigil*. Sementara beberapa informasi lain menyebutkan bahwa jenis rajungan terdiri atas 11 jenis *Portunus pelagicus*, *P. sanguinolentus*, *P. sanguinus*, *P. trituberculatus*, *P. gladiator*, *P. hastatoides*, *Thalamita crenata*, *T. danae*, *Charybdis cruciata*, *C. natator*, *Podophthalmus vigil*.

Udang memiliki kandungan protein sangat tinggi, yaitu 21% dan rendah kolesterol karena kandungan lemaknya hanya 0,2%. Kandungan vitaminnya dalam 100 gram bahan adalah vitamin A 60 SI/100 dan vitamin B1 0,01 mg. Sementara kandungan mineral yang penting adalah zat kapur dan fosfor, masing-masing 136 mg dan 170 mg per 100 gram bahan. Udang dapat diolah dengan cara beku, kering, kaleng, terasi dan kerupuk. Limbah yang berupa kepala dan kaki dapat dibuat tepung udang sebagai sumber kolesterol bagi pakan udang budi daya. Limbah yang berupa kulit udang mengandung chitin 25% dan di negara maju sudah dapat dimanfaatkan dalam industri farmasi, kosmetik, bioteknologi, tekstil, kertas, dan pangan. Chitosan yang terdapat dalam kepala udang dapat dimanfaatkan dalam industri kain karena tahan api dan dapat menambah kekuatan zat pewarna dengan sifatnya yang tidak mudah larut dalam air.

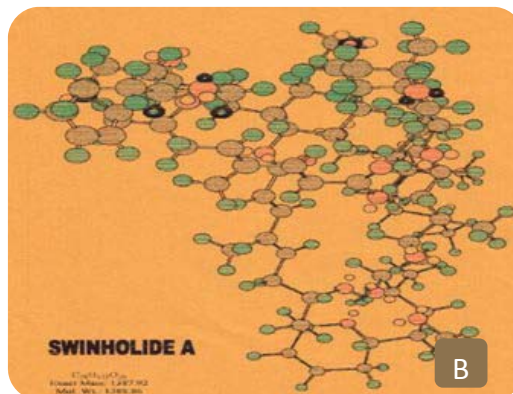
Kepiting bakau yang terdiri dari empat jenis, yaitu *Scylla serrata*, *S. olivacea*, *S. tranquebarica*, dan *S. paramamosain* telah menjadi komoditas perikanan penting di Indonesia sejak awal tahun 1980-an. Perikanan kepiting baku diperoleh dari penangkapan stok di perairan pesisir, khususnya di area mangrove, estuari atau dari hasil budidaya di tambak air payau. Nilai gizi dari bagian tubuh jenis kepiting yang dapat dimakan (*edible portion*) mengandung protein 65,72%; mineral 7,5%; dan lemak 0,88%.

Sumber Daya Spons (Porifera) di Indonesia

Spons (porifera) adalah hewan invertebrata yang sangat sederhana dan multisel. Spons menempel pada pasir, batu-batuan, dan karang mati. Hewan laut ini mencari makanannya dengan sistem pengisapan dan penyaringan air. Spons mampu memompa air rata-rata 10 kali volume tubuhnya dalam waktu 1 menit. Hewan ini terkenal sebagai '*filter feeder*'



A. Spons
Theonella
swinhoei; B.
Senyawa
swinholidide A



yang paling efisien dibanding hewan laut lainnya. Filum porifera ini dibagi dalam 3 kelas, hexactinellida, calcarea, dan demospongiae. Hampir 75% jenis spons yang dijumpai di laut adalah dari kelas demospongiae.

Indonesia mempunyai keragaman jenis



Lokasi kajian
spons
porifera
untuk bio
aktif

Sumber: Puslit Oseanografi-LIPI

spons yang tertinggi di dunia (menurut laporan ekspedisi Snelius II terdapat 830 spesies spons). Pada ekspedisi tersebut diidentifikasi jenis-jenis spons yang umum di Indonesia, khususnya di wilayah timur, yaitu jenis *Hymeniacidon massa*, *Druinella P.*, *Haliclona violacea*, *Acanthella c.*, *Haliclona fascigera*, *Callyspongia schulzei*, *Dysidea arenaria* (kedalaman 4–15 m), *Biemna fortis* (0–4 m), *Paratetilla bacca* (4–15 m), *Lotrochota bacuifera* (0–15 m), *Clathria fasciculata* (4–15 m), *Haliclona pigmentifera* (0–4 m) dan *Chondrilla australiensis* (0–4 m). Jenis-jenis spons yang hidup di daerah indo pasifik dilaporkan mempunyai perbedaan keragaman dibanding spons daerah Samudra India bagian barat. Hal tersebut memperkaya keragaman spons di wilayah nusantara.

Spons merupakan hewan laut yang paling potensial dalam menghasilkan senyawa bioaktif. Beberapa penelitian membuktikan bahwa senyawa-senyawa metabolit sekunder beberapa jenis spons mempunyai keaktifan biologi yang berguna sebagai “Lead Compound” bahan obat-obatan. Senyawa-senyawa yang terkandung dalam spons mempunyai persentase keaktifan yang lebih besar dibanding senyawa-senyawa yang dihasilkan oleh hewan laut lainnya. Beberapa penelitian senyawa aktif dari spons di antaranya menghasilkan penemuan senyawa avarol dan avaron yang dapat menghambat replikasi virus HIV. Penemuan senyawa aeroplisinin-1 dan dienon yang diisolasi

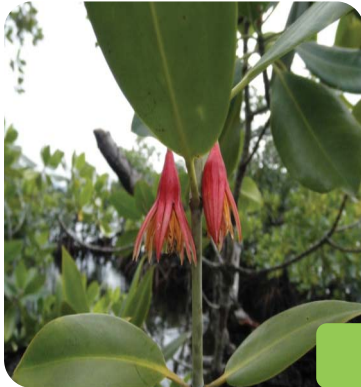
dari spons *Aplysina aerophoba* merupakan senyawa antibiotic yang menghambat pertumbuhan bakteri *Vibrio micrococcus* dan *Alteromonas sp.* Strongylophorin adalah senyawa antibakteri yang diisolasi dari Spons *Strongylophora durissima*.

Penelitian bioaktif dari spons Indonesia telah dilakukan laboratorium produk alam puslit oseanografi-LIPI sejak tahun 1996 hingga sekarang. Sebanyak 465 spesies spons telah dilakukan skrining untuk antibakteri, antikanker dan Multi Drug Resistance. Biota spons yang diteliti diambil dari berbagai wilayah Indonesia sebagai berikut.

Namun, sayang sekali potensi yang sangat besar dari biota spons sebagai sumber bahan obat belum dibarengi dengan keberhasilan budi daya spons. Beberapa penelitian tentang budi daya spons sudah dilakukan, pertumbuhan yang relatif lambat dan sulit membuat habitat spons di alam menjadi kendala tersendiri dari pengembangan bahan obat dari spons. Beberapa usaha seperti sintesa kimia, dan pengembangan bahan obat dari mikroorganisme simbiosis spons yang terkulturkan menjadi terobosan baru untuk pengembangan bahan obat dari biota ini.

Tumbuhan Bakau (Mangrove) di Indonesia dan Pemanfaatannya

Hutan pasang surut Indonesia merupakan habitat terbaik bagi jenis-jenis mangrove,



A. *Bruguiera gymnorrhiza*;
B. *Nypa fruticans*;
C. *Rhizophora apiculata*

dilihat dari sisi penutupan, kekayaan jenis, dan kerapatan tegakan. Lebih dari 50% hutan mangrove di Asia Tenggara yang merupakan 42% hutan mangrove dunia, berada di Indonesia. Selain itu,, keanekaragaman hayati tumbuhan mangrove di Indonesia lebih kaya dibanding negara lain di wilayah ini; sekitar 48 dari 52 jenis mangrove dijumpai di Indonesia. Sekitar 115 jenis tumbuhan tercatat sebagai tumbuhan asosiasi mangrove, yaitu 75 jenis pohon, 10 jenis liana, 8 jenis herba dan rumput, dua jenis paku-pakuan, enam jenis parasit, dan empat jenis epifit.



Foto: YI. Ulumuddin dkk.

Kategori & tipe penggunaan	Jenis Tumbuhan Mangrove
Bahan bakar	
Kayu bakar	Berbagai jenis mangrove
Arang	Berbagai jenis mangrove
Alkohol	<i>Nypa fruticans</i>
Perikanan	
Pelampung	<i>Dolicahndron spathacea, Sonneratia alba</i>
Racun alami	<i>Derris trifoliata, Cerbera floribunda</i>
Tali	<i>Hibiscus tiliaceus</i>
Jangkar	<i>Pemphis acidula, Rhizophora apiculata</i>
Tekstil dan kulit	
Serat sintetik	Jenis-jenis mangrove dari <i>Rhizophoraceae</i>
Pewarna kain	<i>Excoecaria indica</i>
Kertas	
Berbagai jenis kertas	<i>Avicennia marina, Camptostemon schultzei</i>

Lokasi kajian spons porifera untuk bio aktif

Kategori & tipe penggunaan	Jenis Tumbuhan Mangrove
Alat rumah tangga	
Furnitur	Berbagai jenis kayu mangrove
Hiasan	<i>Xylocarpus granatum</i> , <i>Scaevola taccada</i>
Lem	<i>Cycas rumphii</i>
Minyak rambut	<i>Xylocarpus mekongensis</i>
Gagang perkakas	<i>Dolichandron spathacea</i> , <i>X. granatum</i>
Tanaman hias	<i>Crinum asiaticum</i>
Pengusir serangga	<i>Osbornia octodonta</i>
Minuman Fermentasi	<i>Nypa fruticans</i>
Kancing	<i>Nypa fruticans</i>
Hiasan	<i>Nypa fruticans</i>
Makanan, obat, dan kudapan	
Gula	<i>Nypa fruticans</i>
Buah	<i>Nypa fruticans</i> , <i>Sonneratia</i> spp.
Alkohol	<i>Nypa fruticans</i>
Minyak goreng	<i>Terminalia catappa</i>
Minuman Fermentasi	<i>Rhizophora stylosa</i> , <i>Nypa fruticans</i>
Sayuran	<i>Bruguiera cylindrica</i> , <i>B. gymnorrhiza</i> , <i>Avicennia</i> spp.
Kertas rokok	<i>Nypa fruticans</i>

Luas hutan mangrove telah mengalami penurunan sekitar sepertiga luas hutan selama pertengahan 1980an atau sekitar 1,3 juta ha telah hilang pada tahun 1993 dan setara dengan 160.000 ha lebih per tahun. Penyebab utama penurunan luas ini adalah konversi menjadi tambak; sedangkan kegiatan lain yang juga turut dalam hilangnya hutan mangrove adalah pengambilan kayu dan pengembangan daerah industri dan perkotaan. Eksploitasi mangrove untuk tujuan komersial di Sumatra sedikit berdampak terhadap lingkungan. Di Pulau Jawa, perusahaan negara mengelola beberapa lahan mangrove dan hanya sedikit lahan yang menjadi cagar alam. Sekitar 771.121 ha hutan mangrove di Indonesia yang dikategorikan sebagai hutan produksi dan lahan konsesi yang telah ditawarkan mencapai 454.000 ha (FAO, 2007). Produk-produk hutan yang biasanya diekstrak dari hutan mangrove adalah (1) arang kayu, (2)

kayu bakar, (3) kayu papan, (5) bubur kertas, (6) tannin, dan (7) obat tradisional. Berbagai manfaat mangrove dari berbagai sumber dapat dikelompokkan menjadi enam, yaitu bahan bakar, perikanan, tekstil, kertas, alat rumah tangga, dan makanan. Untuk kategori yang terakhir. Buah api-api (*Avicennia* spp.) merupakan yang paling favorit dibuat panganan, dari mulai bolu, onde-onde, keripik, kerupuk, gemblong, puding, hingga kolak. Begitu juga jenis buah bogem (*Sonneratia* spp.), buahnya dapat dibuat wajik, jus, *cocktail*, permen, dodol, dan minuman.

Sumber Daya Tumbuhan Lamun (Seagrass) Di Indonesia

Di Indonesia, baik masyarakat ilmiah maupun awam sering kata “seagrass” dan “seaweed” diartikan sama sebagai “rumput laut”. Padahal kedua kelompok tumbuhan

tersebut harus dipisahkan dalam mendefenisikannya agar tidak membingungkan karena “seagrass” termasuk tanaman tingkat tinggi (Phanerogamae) yang mempunyai bagian tanaman seperti akar, rimpang, daun, bunga dan buah, sementara “seaweed” termasuk tanaman tingkat rendah (Cryptogamae) yang mempunyai bagian tanaman thallus dan spora. Istilah lamun untuk “seagrass” pertama kali diperkenalkan oleh Hutomo (1985) kepada masyarakat ilmiah melalui tesisnya di IPB, Bogor. Oleh karena itu, untuk membedakan pengertian antara “seagrass” dengan istilah “seaweed” yang telah lebih dikenal masyarakat dengan istilah rumput laut, maka istilah lamun dijadikan istilah untuk “seagrass” dalam bahasa Indonesia.

Jumlah jenis lamun di dunia adalah 60 jenis, yang terdiri atas 2 suku dan 12 marga. Di perairan Indonesia terdapat 14 jenis yang terdiri atas 2 suku dan 8 marga. Lamun hidup dan berkembang baik pada lingkungan perairan laut dangkal, muara sungai, daerah pesisir yang selalu mendapat genangan air atau terbuka ketika air surut. Tempat tumbuh lamun adalah dasar pasir, pasir berlumpur, lumpur dan kerikil karang bahkan ada jenis lamun yang mampu hidup pada dasar batu karang. Lamun dijumpai pada daerah pasang surut sampai dengan kedalaman 40 m. Lamun dijumpai juga pada dasar pasir dan kerikil karang di antara karang hidup maupun pada dasar pasir dan lumpur di bawah naungan mangrove. Beberapa jenis lamun yang ada di Indonesia adalah *Enhalus acoroides*, *Cymodocea rotundata*, *Cymodocea*



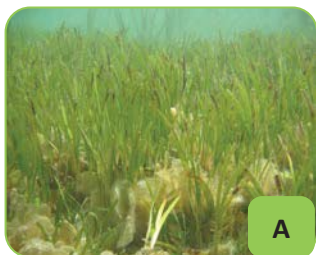
Contoh
Tumbuhan
Lamun
(Seagrass)



Foto: S. Rahmawati dkk.

Peta catatan
persebaran
lamun
berdasarkan
data herbarium
(1984 – 2010)
dan data
lapangan (2010
– 2011)

Sumber: Puslit Oseanografi-LIPI



A



B



C



D

Foto: S. Rahmawati dkk

A. Vegetasi tunggal *Halodule uninervis*; B. Vegetasi campuran 4 jenis lamun *Enhalus*, *Syringodium*, *Thalassia* dan *Thalassodendron*; C. Kelompok *Enhalus*, luasnya beberapa meter persegi di P. Pari; D. Padang lamun yang luasnya 2.700 ha di Bintan Timur.

serrulata, *Halodule pinifolia*, *Halodule uninervis*, *Halophila decipiens*, *Halophila minor*, *Halophila ovalis*, *Halophila spinulosa*, *Halophila sulawesii*, *Ruppia maritima*, *Syringodium isoetifolium*, *Thalassodendron ciliatum*, dan *Thalassia hemprichii*.

Lamun membentuk vegetasi tunggal yang disusun dari satu jenis tanaman dan vegetasi campuran yang disusun mulai dari

2 jenis sampai dengan 8 jenis tanaman, yang tumbuh pada substrat yang sama. Tumbuhan laut ini dijumpai dalam kelompok-kelompok (*patches*) dari beberapa meter persegi sampai berupa padang lamun yang sangat luas, mencapai ribuan hektar.

Komunitas lamun yang tersebar di perairan pantai dangkal merupakan salah

satu ekosistem bahari yang paling produktif, selain terumbu karang dan mangrove. Manfaat lamun di perairan laut dangkal yang diketahui saat ini adalah: (1) sumber utama produktivitas primer; (2) sumber makanan bagi organisme dalam bentuk detritus; (3) penstabil dasar perairan dengan sistem perakarannya yang dapat menangkap sedimen (*trapping sediment*); (4) tempat berlindung bagi biota laut; (5) tempat perkembangbiakan (*spawning ground*), pengasuhan (*nursery ground*), serta tempat mencari makanan (*feeding ground*) bagi biota-biota perairan laut; (6) pelindung pantai dengan cara meredam arus; (7) penghasil oksigen dan mereduksi CO₂ di dasar perairan; (8) makanan dan habitat biota laut yang dilindungi, yaitu penyu hijau (*Chelonia mydas*) dan mamalia laut duyung/dugong (*Dugong dugon*). Nilai ekonomis dan ekologi padang lamun, terutama terkait dengan biota yang hidupnya tergantung dengan ekosistem padang lamun ini adalah terdapat 360 spesies ikan, 117 jenis makro-alga, 24 jenis moluska, 70 jenis krustasea, dan 45 jenis ekinodermata (teripang) yang hidupnya didukung oleh ekosistem padang lamun.

Sebagai suatu ekosistem, padang lamun secara fisik berhubungan langsung dengan terumbu karang dan mangrove dalam mengurangi energi yang dibawa air, meningkatkan hubungan sedimen dan mengatur aliran air serta sistem yang terdapat dalam padang lamun yang cenderung mengirim unsur hara ke ekosistem sekitarnya.



A. Akar dan rimpang mengikat sedimen dan mencegah erosi;
B. Juvenil dan anakan berbagai jenis ikan di padang lamun;
C. Biota di padang lamun 40 kali lebih tinggi daripada di area tanpa lamun;
D. Lamun makanan dugong dan padang lamun habitat hidupnya.

Foto: S. Rahmawati dkk

A. *Blowout* padang lamun di Kuta, Bali;
 B. Pengurugan padang lamun di Kuala Pasar, Teluk Banten;
 C. *Blowout* padang lamun di Teluk Kuta, Lombok ;
 D. Sampah daratan di Padang lamun P. Pari, Teluk Jakarta.



A



B



C



D

Foto: S. Rahmawati dkk.

Degradasi lamun telah terjadi di berbagai tempat di belahan dunia. Hilangnya lamun dari perairan Indonesia terjadi pada *Ruppia maritima*. Dari koleksi herbarium di

Herbarium Bogorensis, di sana dijumpai koleksi jenis *Ruppia maritima* yang dalam catatannya ditemukan dari Ancol-Teluk Jakarta dan Pasir Putih-Jawa Timur. Akan tetapi, sampai saat ini belum pernah ditemukan lagi dari perairan Indonesia.

Kerusakan padang lamun dapat terjadi secara alami. Ombak dan gelombang yang sangat kuat dapat menyebabkan lubang-lubang besar di padang lamun (*blowout*). *Blowout* dijumpai di padang lamun yang menghadap ke lautan Hindia seperti Bali, Lombok, dan Pantai Selatan Jawa.

Hilangnya area padang lamun dari perairan Indonesia dijumpai di Teluk Banten akibat kegiatan reklamasi pantai untuk pembangunan pelabuhan, jalan dan kawasan industri. Luas padang lamun hilang, mencapai sekitar 116 ha atau sekitar 25 % dari total luas padang lamun. UNEP (1997) melaporkan beberapa kegiatan yang dapat berakibat terhadap padang lamun yang terdapat di negara ASEAN, yaitu penggunaan pupuk dalam kegiatan pertanian yang menyebabkan ledakan pertumbuhan ganggang laut yang mengurangi penetrasi cahaya untuk aktivitas fotosintesis lamun.

Perubahan tata guna lahan untuk permukiman berimbas secara langsung pada pengurugan areal padang lamun dan secara tidak langsung pada masuknya limbah rumah tangga ke areal padang lamun. Industri dari kegiatan langsung berupa pengurugan areal padang lamun dan buangan limbah industri, antara lain

Komponen	Area (10^{12} m^2)	$\text{gCm}^{-2}\text{th}^{-1}$	Tgth^{-1}
Mangrove	0,2	139,0	23,6
Rawa asin ("Salt marsh")	0,4	151,0	60,4
Lamun	0,3	83,0	27,4

Tabel taksiran kecepatan penyerapan karbon organik di area vegetasi pantai
T = Tera (10^{12})
(Duarte *et al.*, 2005)

logam berat dan sistem pembuangan limbah dengan tanpa perlakuan penurunan kadar bahan yang dibuang sesuai mutu baku lingkungan yang diizinkan. Perubahan kecerahan air akibat erosi di daratan, pengendapan bahan hasil erosi daratan dan kegiatan pengerukan pantai di areal padang lamun serta pencemaran areal padang lamun oleh minyak.



Pengukuran penyerapan karbon oleh lamun jenis *E. acoroides* di Pulau Pari, Jakarta

Foto: S. Rahmawati dkk

Keberadaan ekosistem padang lamun sepertinya akan semakin penting terkait dengan adanya isu pemanasan global, di mana kemungkinan potensi tumbuhan ini adalah sebagai pereduksi CO_2 . Ekosistem lautan meliputi komunitas yang didominasi oleh vegetasi pantai, termasuk alga makro yang dominan pada dasar berbatu, lingkungan estuaria dan terumbu karang serta tanaman tingkat tinggi yang mendominasi area pasang surut (hutan bakau di daerah tropis, rawa asin di daerah temperate) dan padang lamun yang tumbuh pada dasar pasir dan lumpur dan kadang-kadang pada dasar berbatu yang dijumpai di sepanjang daerah pesisir dunia. Walaupun vegetasi tersebut diketahui merupakan suatu yang sangat penting dalam memelihara biodiversitas laut, mereka diabaikan dari penghitungan siklus karbon di lautan.

Analisis yang ada dalam siklus karbon ekosistem yang didominasi oleh vegetasi pesisir menunjukkan pentingnya keberadaan lamun dengan respirasi global yang mencapai $7-8 \text{ PgCth}^{-1}$. Dengan demikian, ekosistem lamun bisa dihitung sebagai suatu bagian dari timbunan karbon di lautan. Lebih lanjut dari analisa timbunan karbon dari komunitas vegetasi dasar laut menunjukkan ekspor dalam jumlah yang besar ke ekosistem sekelilingnya dan juga menyimpan sejumlah karbon organik di sedimennya. Selain itu, kecepatan penguburan yang tinggi dapat dipelihara selama ribuan tahun. Waktu pulih vegetasi pesisir sangat lambat, seperti yang sering didominasi oleh organisme yang berumur panjang seperti mangrove yang dapat mencapai umur puluhan tahun dan lamun yang dapat mencapai umur sampai beberapa dekade.

Jasa Lingkungan dan Kerahayuan

Jasa Penyerapan Karbon Bioresources Indonesia Menghadapi Era Ekonomi Hijau dan Perubahan Iklim

Isu perubahan iklim telah menyedot perhatian dunia sejak 20 tahun terakhir yang bertepatan dengan *Earth Summit* 2012 di Rio de Janeiro. Komitmen global dituangkan dalam *The Future We Want* dalam konsep *Green Economy* (Ekonomi hijau) dengan implementasi *Sustainable Development Governance* yang menitikberatkan pada tiga aspek utama, yaitu (1) *Inclusive society* (Pelibatan masyarakat); (2) *Efficiency bioresources* (Efisiensi

sumber daya hayati); dan (3) *Low carbon development* (Pembangunan rendah karbon). Dewasa ini penanganan perubahan iklim secara fleksibel diformulasikan dalam bentuk REDD plus (*Reducing Emission from Deforestation and Forest Degradation*) sebagai mekanisme pengurangan emisi dari deforestasi dan degradasi hutan dengan pendekatan kebijakan dan insentif positif yang diharapkan mampu melindungi keanekaragaman hayati dan meningkatkan kesejahteraan masyarakatnya.

Penanganan perubahan iklim menjadi tolok ukur penting dari komitmen global melalui investasi mekanisme strategis yang bertujuan mengurangi emisi gas rumah

Tipe ekosistem	Sekuestrasi karbon (ton C/hektare)	Referensi (Penelitian)
Ekosistem laut		
Rumput laut	2139,42	Akmal <i>et al.</i> (2009)
Mangrove	968	Murdiyarso <i>et al.</i> (2009)
Padang lamun	830	Fourqurean <i>et al.</i> (2012)
Ekosistem terestrial		
Hutan alam	325,72	Astutik (2011)
Hutan kota	276,87	Ratnaningsih & Suhesti (2010)
Hutan campuran	270,96	Noordwijk <i>et al.</i> (2002)
Hutan gambut	200	Agus (2007)
Hutan sekunder	176	Tomich <i>et al.</i> (1998)
Hutan tanaman	170,43	Noordwijk <i>et al.</i> (2002)
Agroforestry karet	116	Tomich <i>et al.</i> (1998)
Perkebunan karet monokultur	97	Tomich <i>et al.</i> (1998)
Padang rumput	63,59	Noordwijk <i>et al.</i> (2002)
Rotasi ubi kayu-alang-alang	3	Tomich <i>et al.</i> (1998)
Kebun Botani (Kebunraya Cibodas)	150,97	
Perkebunan Teh	55,52	Belum dipublikasikan (Rahajoe dkk)

Tipe ekosistem dan kemampuan menyerap karbon

Tipe ekosistem dan kemampuan menyerap karbon (lanjutan)

Tipe Ekosistem	Sekuestrasi karbon (ton C/hektare)	Referensi (Penelitian)
Ekosistem terestrial		
Agropolitan	5,32	Belum dipublikasikan (Rahajoe, 2012)
H. Pinus	67,7	Belum dipublikasikan (Rahajoe, 2012)
H. Agathis	55,7	Belum dipublikasikan (Rahajoe, 2012)
H. dataran rendah	66,7	Belum dipublikasikan (Rahajoe, 2012)
Pegunungan rendah	133,9	Belum dipublikasikan (Rahajoe, 2012)
Hutan Kerangas	129,43	Miyamoto <i>et al.</i> , 2007
Hutan rawa gambut	172,95 -	
Hutan campur Dipterocarp	122,88	Unpublish (Simbolon, dkk.)
TNGGP (Hutan Alam)	332,62	Belum dipublikasikan (Widyatmoko, 2012)
Kebun Raya Cibodas (Kebun Botani)	150,97	Belum dipublikasikan (Widyatmoko, 2012)
Perkebunan Teh Gunung Mas (Kawasan Budi Daya)	55,52	Belum dipublikasikan (Widyatmoko, 2012)
Agropolitan (Kawasan Budi Daya)	5,32	Belum dipublikasikan (Widyatmoko, 2012)

kaca (GRK). Indonesia mengalami penurunan dari peringkat ke-21 menjadi 26 dari 60 negara teratas penyumbang emisi CO₂ dunia (*The Climate Change Performance Index 2011–2012*), dan 50%-nya dihasilkan dari sektor LULUCF (*Land use, land use change and forestry*)/perubahan tata guna lahan dan kehutanan. Emisi GRK Indonesia diperkirakan meningkat dalam kurun waktu 2000–2020 dari 1,35 menjadi 2,95 Gt CO₂e. Upaya sadar yang dilakukan adalah Rencana Aksi Nasional Penurunan Emisi GRK dengan target 26% pada tahun 2020. Di Indonesia dijumpai banyak tipe ekosistem dan setiap ekosistem memiliki sekuestrasi karbon dan dari sejumlah tipe

ekosistem yang ada ternyata yang paling tinggi adalah padang lamun, yaitu sejumlah 830 ton/hektare dibandingkan hutan di daratan yang mampu menyimpan sebesar 300 ton.

Di tingkat jenis tercatat 13 spesies dengan stok karbon tertinggi dengan kisaran antara 60,159–772,624 ton C ha⁻¹, yaitu *Schima wallichii*, *Vaccinium varingiae-folium*, *Castanopsis tungurrut*, *Lithocarpus sundaicus*, *Leptospermum polygalifolium*, *Platea latifolia*, *Rapanea hasseltii*, *Toona sureni*, *Symplocos odoratissima*, *Neolitsea cassia efolia*, *Castanopsis javanica*, *Cyathea junghuhniana*. Nilai stok karbon yang

tinggi merupakan cerminan dari dominansi spesies dari semua elevasi yang diukur stok karbonnya. Keanekaragaman tumbuhan memiliki peranan penting dalam menyumbangkan potensi sekuestrasi karbon sekaligus menyediakan

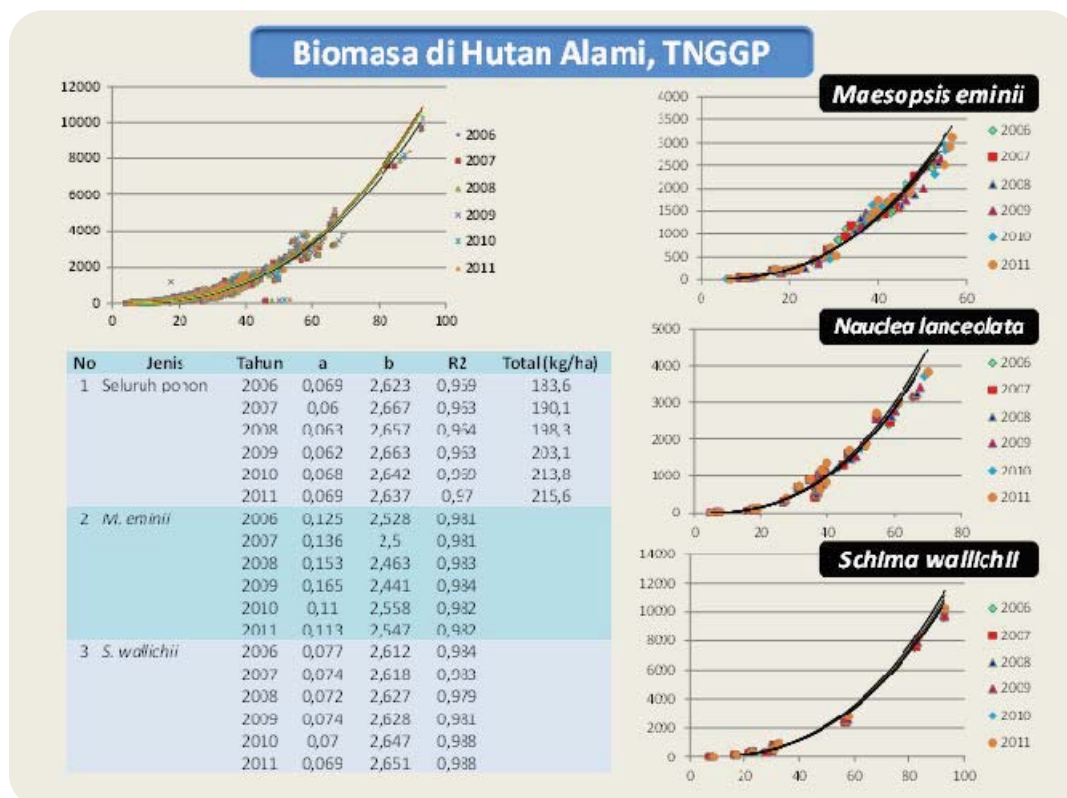
jasa lingkungan lainnya dan manfaat yang bahkan belum tergali secara keseluruhan.

Kebun Raya untuk Pusat

Biomassa, karbon stok, dan kemampuan suatu ekosistem menyerap karbon.

	Pinus 15 tahun	Agathis 25 tahun	dataran rendah 40–50 t	Pegunungan rendah	Agropolitan	Heath	Rawa gambut	Dipterocarp campuran
Total Biomass (t ha ⁻¹)	122,1	127,9	149,5	267,7	0,2–6	245,7	351,9	251,46
Carbon stok (t ha ⁻¹)	67,7	55,7	66,7	133,9	0,1–0,9	129,4 3	172,95	122,88
Sequestrasi CO ₂ (t CO ₂ ha ⁻¹)	248,4	204,5	244,8	491,2	0,37–3,31	474,8	634,45	450,77

Sumber: Rahajoe 2012, Data belum dipublikasi



Sumber: Rahajoe dkk, Data belum dipublikasi

Dinamika biomassa di kawasan Taman Nasional Gunung Gede, Pangrango

Hutan Pinus,
hutan rasamala,
dan hutan hutan
Agathis

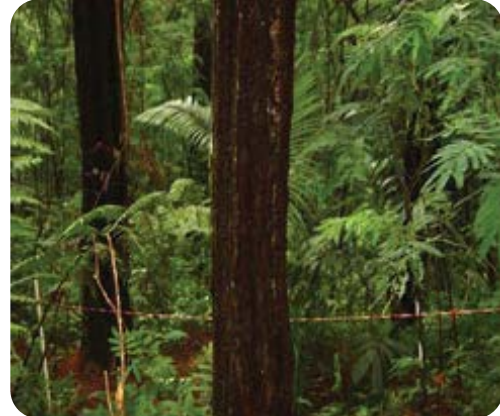


Foto: Rahajoe dkk.

Restorasi dan Reintroduksi

Beberapa kegiatan restorasi dan rehabilitasi lahan telah cukup banyak dilakukan melalui aksi-aksi penghijauan atau reboisasi yang sebagian besar menggunakan tanaman *fast growing species* yang bukan merupakan jenis-jenis lokal. Hal ini dapat mengganggu kesetimbangan ekosistem setempat karena fungsi-fungsi ekosistem alami yang sebelumnya memiliki kemampuan untuk menyerap air dan mencegah longsor justru tidak dipulihkan dengan penambahan jenis-jenis tanaman tersebut. Untuk itu, penggunaan jenis-jenis asli dalam kegiatan-kegiatan tersebut harus dipertimbangkan, terutama dalam penentuan jenis-jenis tanamannya.

Dalam upaya menyelamatkan dan memulihkan *bioresource* flora Indonesia dari kepunahan, PKT Kebun Raya Bogor– LIPI telah dan terus berupaya melakukan kegiatan eksplorasi, koleksi, dan reintroduksi tumbuhan Indonesia yang terancam punah. Koleksi jenis-jenis terpilih dari hasil kegiatan eksplorasi flora diperbanyak menjadi bibit-bibit tanaman yang siap tanam dan akhirnya dilepaskan atau ditanam di habitat alaminya.

Beberapa jenis tumbuhan yang telah ditanam di habitat alaminya adalah *Pinanga javana*, *Calamus manan*, *Parkia timoriana*, *Alstonia scholaris*, *Intsia bijuga*, *Stelechocarpus burahol*, dan *Diospyros macrophylla*. Jenis-jenis tumbuhan tersebut dipilih karena merupakan tumbuhan asli Indonesia, langka, terancam kepunahan, dan mudah dalam menyediakan bibitnya. Taman Nasional dipilih menjadi lokasi penanaman karena merupakan kawasan yang memiliki habitat alami tumbuhan yang direintroduksi, mendapat pengawasan dan perlindungan secara hukum, serta mendapat pemeliharaan.

Berdasarkan hasil *monitoring* pasca-penanaman, beberapa jenis tumbuhan yang telah ditanam memperlihatkan daya tumbuh yang baik, namun belum memperlihatkan pemulihan status populasinya karena belum beregenerasi atau dewasa. Oleh karena itu, kegiatan *monitoring* perlu terus dilakukan hingga jenis-jenis tersebut memperlihatkan usia reproduktif agar dapat diketahui tingkat kesintasannya.

Berbicara mengenai daftar panjang jenis-jenis flora Indonesia yang terancam

Nama Ilmiah	Status Kelangkaan	Jumlah ditanam (bibit)	Lokasi Tanam	Tahun Tanam
<i>Pinanga javana</i> Blume	<i>endangered</i> (genting)	5.200	T.N. Gunung Halimun Salak, Jawa Barat	2005
<i>Calamus manan</i>	<i>vulnerable</i> (rawan)	670	T.N. Bukit Duabelas, Jambi	2006
<i>Parkia timoriana</i>		1.000	T.N. Meru Betiri, Jawa Timur	2007
<i>Alstonia scholaris</i>		1.000	T.N. Ujung Kulon, Banten	2007
<i>Intsia bijuga</i>	<i>vulnerable</i> (rawan)	500	T.N. Ujung Kulon, Banten	2009
<i>Stelechocarpus burahol</i>	<i>low risk</i> (terkikis)	400	T.N. Ujung Kulon, Banten	2009
<i>Diospyros macrophylla</i>	<i>vulnerable</i> (rawan)	100	T.N. Ujung Kulon, Banten	2009

Jenis-jenis tumbuhan yang telah ditanam Kebun Raya Bogor di habitat alaminya.

Sumber: Kebun Raya Bogor

kepunahan antara lain yang dikeluarkan IUCN, berbagai keterbatasan yang ada harus dapat disiasati dengan mengarahkan program dan aksi konservasi pada jenis-jenis yang menjadi target prioritas. Dengan demikian, *resource allocation* untuk program dan aksi konservasi tersebut dapat terfokus dan tepat sasaran dalam mengatasi krisis *bioresource* yang terjadi. Dalam konteks ini, PKT Kebun Raya Bogor menawarkan sebuah alternatif sistem penetapan spesies prioritas untuk konservasi. Sistem ini menerapkan *assessment* dengan menggunakan kriteria-kriteria status keterancaman, keunikan, status populasi, ancaman, kerentanan, potensi propagasi/budayanya serta kegunaannya. Hingga tahun 2012, baru 6 famili yang

dinilai kategori prioritas konservasinya, yaitu Arecaceae, Cyatheaceae, Nepenthaceae, Orchidaceae, Dipterocarpaceae, dan Thymelaeaceae. Sebagian hasil *assessment* para ahli tersebut telah didokumentasikan dalam sebuah buku “Spesies Prioritas untuk Konservasi Tumbuhan Indonesia Seri I: Arecaceae, Cyatheaceae, Nepenthaceae, Orchidaceae”. Di dalamnya direkomendasikan 100 spesies yang terancam punah yang dijadikan prioritas pertama konservasi. Buku seri II mengenai Dipterocarpaceae dan Thymelaeaceae prioritas konservasi akan menyusul diterbitkan dalam waktu dekat. Buku serial ini dipersembahkan oleh LIPI sebagai sumbangan ilmiah bagi penyusunan strategi konservasi tumbuhan Indonesia.

Mohon beri keterangan atas tanda asterisk (*) pada table.

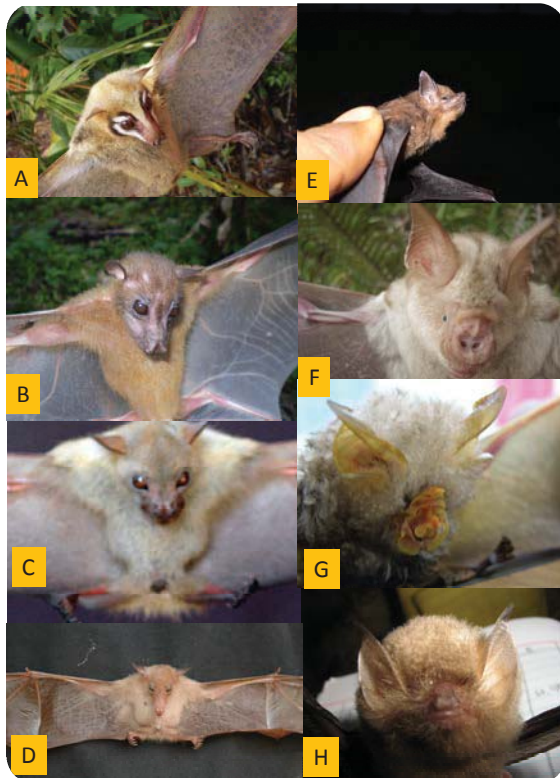


Foto: I. Maryanto dkk.

Kelelawar penyerbuk aneka buah tropika (A. *Pteropus personatus*; B. *Dobsonia beaufortii*; C. *Megaerops kusnotoi*; D. *Macroglossus minimus*) dan pembasmi aneka hama dan nyamuk. (E. *Embalunura alecto*, F. *Hipposideros diadema*, G. *Rhinolophus trifolitus*, dan H. *Kerivoula intermedia*)

Kelelawar sebagai Pembasmi Hama, Nyamuk dan Penyerbuk Aneka Buah Tropika

Sebagai pemangsa serangga, kelelawar dalam masa-masa kawin dan menyusui dalam satu malam mampu mengonsumsi lebih dari bobot tubuhnya, dan rata-rata kelelawar dalam satu hari makan 4 kali atau sekitar dua jam sekali kelelawar akan terbang mencari pakan. Kelelawar pemakan serangga yang tergolong besar adalah *Hipposideros diadema* dengan

berat badan rata-rata 40 gram, untuk itu dapat diasumsikan bahwa kelelawar ini akan mampu melahap serangga per malam.

Untuk kelelawar pemakan buah umumnya berfungsi sebagai penyerbuk aneka buah tropika, contohnya buah durian, kapok pisang, petai yang sangat tergantung keberadaan kelelawar dan tanpa ada kelelawar buah-buah tersebut sangat sulit mengalami pembuahan.

Penjernih Limbah

Masalah utama pada setiap kolam budi daya intensif adalah terjadinya akumulasi senyawa toksik ammonia, nitrit, nitrat dan hydrogen sulfida, yang sumbernya dari proses alami ekskresi hewan budi daya dan pembusukan sisa pakan. Senyawa toksik tersebut dapat menurunkan kondisi kualitas air budi daya dan dapat menyebabkan kematian hewan komoditas yang dibudidayakan.

Konsorsium bakteri lokal yang diisolasi dan dikembangkan dari perairan Indonesia untuk bioremediasi mampu menjaga kualitas air agar tetap baik. Konsorsium bakteri terdiri dari bakteri nitrifikasi yang mampu mendegradasi ammonia menjadi nitrit dan nitrat, bakteri denitrifikasi mendegradasi nitrat dan nitrit menjadi gas nitrogen yang akhirnya dilepaskan ke udara dan bakteri fotosintetik anoksigenik (bfa) yang mampu mendegradasi senyawa hydrogen sulfida menjadi unsur belerang yang relatif tidak berbahaya sehingga dapat dibungkus dalam kapsul dan



Isolat bakteri foto sintetik anoksigenik



Aplikasi bakteri bio remediasi di tambak udang

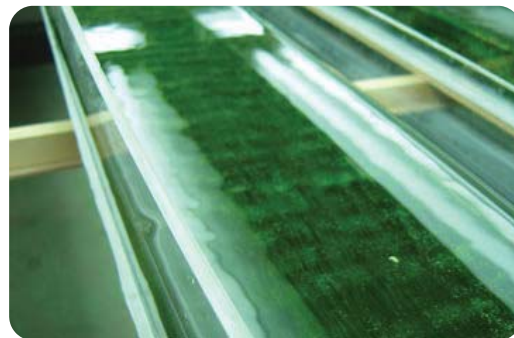
Foto: Boadjoeri & Widiyanto

dijadikan sumber industri penjernih limbah.

Bio-Akumulator Perifiton sebagai Penjernih Air dan Sumber Pakan Alternatif

Perifiton sering juga disebut sebagai mikrofitobentik, bioderme atau biofilm. Fototrofik merupakan sekelompok mikroorganisme yang hidup menempel pada substrat di bawah permukaan air dan membutuhkan energi cahaya untuk berfotosintesis. Mikroorganisme oksigenik fototrof ini termasuk diatom benthic (centric, pinnate, unicellular, dan filamentous), uniselular dan filamentous cyanobacteria, dan alga hijau. Kelompok mikroorganisme ini sangat berperan dalam menghasilkan energi, mereduksi karbon dioksida, menyediakan substrat organik dan oksigen di perairan.

Mikroorganisme ini umumnya menghasilkan substansi polimer ekstraseluler (EPS)



Perifiton untuk industri penjernih perairan tercemar limbah

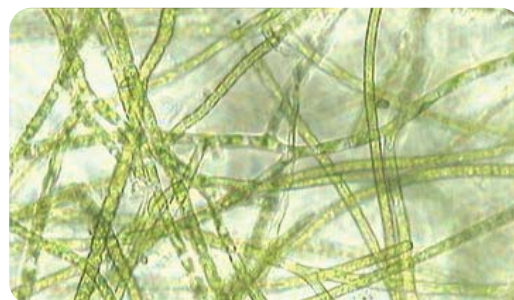
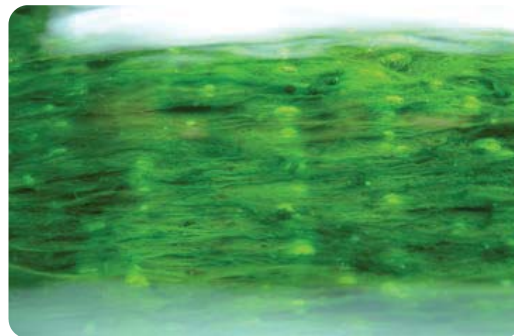


Foto: Nofdianto

sebagai pengikat dalam matrik perifiton. Setelah mengalami akumulasi, biomassa biasanya membentuk lapisan multilayer tebal yang sering disebut *microbial mats* atau *fototrofik mats*. Lapisan microbial paling atas biasanya didominasi oleh jenis oksigenik *fototrof*, seperti *Cyanobakteri* dan diatom. Lapisan di bawahnya atau disebut lapisan intermiks anoksigenik fototrof adalah seperti bakteri sulfur hijau dan ungu (GSB dan PSB) dan *chloroflexi*.

Bio-akumulasi perifiton pada fase stasioner umumnya didominasi oleh beberapa jenis mikroalga dari kelompok filamentous, seperti *Stigeochlonium*, *Microspora*, *Oscillatoria*, *Ulothric*, *Lyngbya*, dll. sehingga mikroalga perifitik umumnya memiliki potensi yang sama dengan mikroalga non-perifitik, terutama dalam hal kandungan nutrisi dan kandungan herbal lainnya. Meskipun mikroalga perifitik selama ini lebih dikenal sebagai gulma di dalam budi daya perikanan, sebetulnya kelompok ini memiliki banyak potensi yang bisa dimanfaatkan, baik dalam teknologi perikanan, pakan alternatif, sumber bahan alam maupun pengolahan air limbah.

Pusat Penelitian Limnologi-LIPI, Cibinong dewasa ini mengembangkan sebuah model substrat perifiton pada komponen budidaya ikan Nila (*Oreochromis Niloticus*), terutama untuk mengetahui potensi akumulasi biomassa perifiton sebagai pakan pengganti, penambah, atau pengaya dan mengukur efek penjernihan

air kolam oleh kehadiran populasi mikroalga perifitik ini. Saat ini model kanal mengalir dan berbelok yang terbuat dari bahan kaca flaxy yang ditempatkan pada bagian permukaan atau ekterior kolam budi daya.

Teknik pemisahan akumulasi biomassa perifiton ini dengan kolam pemeliharaan ikan merupakan salah satu terobosan terutama untuk mencapai pertumbuhan perifiton yang optimal dan memberikan efek positif terhadap kualitas air kolam. Pada percobaan lain bio-akumulasi perifiton yang ditumbuhkan pada model kanal tertutup mampu menurunkan konsentrasi N dan P serta beberapa jenis logam berat hingga 90 persen, dan meningkatkan pH dan oksigen terlarut.

Habitat Terapung Buatan untuk Peningkatan Produksi Perikanan

Habitat terapung buatan (HTB) merupakan salah satu rekayasa ekologi untuk menyediakan habitat baru bagi organisme perairan umum seperti di danau, waduk dan rawa, yang memiliki tingkat fluktuasi tinggi muka air sehingga daerah litoral (ekoton) menjadi tidak berfungsi pada saat air surut (tinggi muka air rendah), atau hilangnya daerah vegetasi riparian (tepi). HTB tersusun dari kumpulan ranting kayu dan bambu yang dilengkapi dengan pelampung dengan ukuran 5x5 m² (atau sesuai dengan kebutuhan dan lokasi di lapangan). Beberapa jenis makrophyta mulai tumbuh dan beberapa jenis hewan invertebrata penempel ada di dalam

sistem HTB sehingga memikat ikan untuk berkumpul dan menetap di area HTB. Proses jaring-jaring makanan dapat berlangsung di HTB sehingga dapat meningkatkan produktivitas perairan. HTB dapat digunakan di perairan umum daratan (*inland water*) untuk meningkatkan hasil tangkapan ikan dan menjaga biodiversitas ikan pada area yang dilindungi (area konservasi) sebagai habitat buatan.

Teknologi yang Dikembangkan

HBT dikembangkan untuk mengantisipasi kerusakan habitat dan hilangnya vegetasi riparian (tepi) yang telah berpengaruh terhadap produktivitas perairan dan hasil tangkapan ikan di danau. Akibat fluktuasi tinggi muka air danau yang tinggi juga telah menyebabkan fungsi litoral danau dalam menunjang produktivitas perairan berkurang. Habitat terapung merupakan salah satu pendekatan untuk mengantisipasi fluktuasi tinggi muka air danau dan menggantikan fungsi litoral danau.

Nilai Ekonomi dan Prospeknya

Pengelolaan HBT dilakukan secara bersama-sama dengan mengatur periode penangkapan dan area penangkapan. Ada area HBT yang dijadikan lokasi lindung (konservasi) yang tidak dilakukan penangkapan dan ada area HBT khusus untuk produksi (penangkapan).

HBT dalam adopsinya tidak mengalami kendala, mengingat sistem pengelolannya dan pembuatannya cukup sederhana. HBT bagi nelayan dianggap sebagai sistem rumpon (kumpulan ranting) yang sudah



Habitat Buatan Terapung untuk penyelamatan lingkungan perairan dan peningkatan produksi perikanan

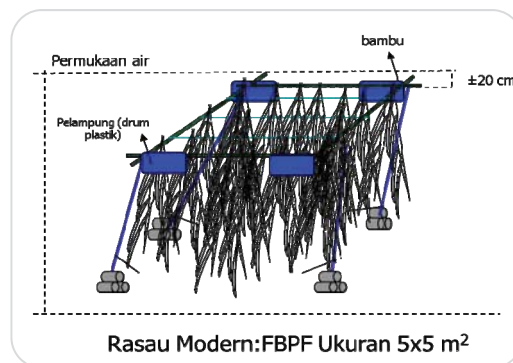


Foto: DI. Hartoto dkk.

mereka kenal secara turun-temurun.

Dalam area HBT tumbuh tanaman air yang bersifat *submerged* (semi terapung) sehingga fungsinya adalah untuk menggantikan daerah litoral. Potensinya sebagai penyerap nutrisi dan penyuplai oksigen dalam air dapat meningkatkan kualitas perairan di sekitar HBT.

Dua jenis Ikan Padi yang merupakan komoditas ekspor



Rencana ke Depan

Habitat buatan dapat diterapkan pada wilayah-wilayah periaran umum daratan untuk menggantikan fungsi daerah litoral yang hilang akibat fluktuasi tinggi muka air yang tidak stabil, perubahan/kerusakan habitat akibat pembangunan tanggul-tanggul tepian.

Industri Kerahayuan

A. Ikan Hias

Banyak jenis ikan asli Indonesia yang berpotensi sebagai ikan hias, tidak sedikit yang dipuja dan menjadi komoditas ikan hias dunia.

Rice fish atau *Medaka* atau Ikan padi adalah jenis yang sudah dikenal sejak seabad lalu, terutama jenis *Oryzias latipes* yang berasal dari Jepang.

Ikan padi merupakan jenis ikan yang diekspor ke luar negeri, terutama karena perilakunya yang menarik. Ikan betina meletakkan telur-telurnya di luar tubuhnya, yaitu di antara sirip perut dan sirip anal. Orang dapat melihat perkembangan telur tersebut sampai menetas dan menjadi anakan ikan.

Hal yang menarik lainnya, dari 30 jenis ikan Padi yang telah diketahui di dunia, 13 jenis di antaranya merupakan jenis endemik Sulawesi, atau dengan kata lain hanya dijumpai di Sulawesi, tidak ada di bagian dunia manapun.

Kondisi dengan nilai jual tinggi juga dapat diperlihatkan pada kelompok ikan famili

O. eversi jantan



O. eversi betina



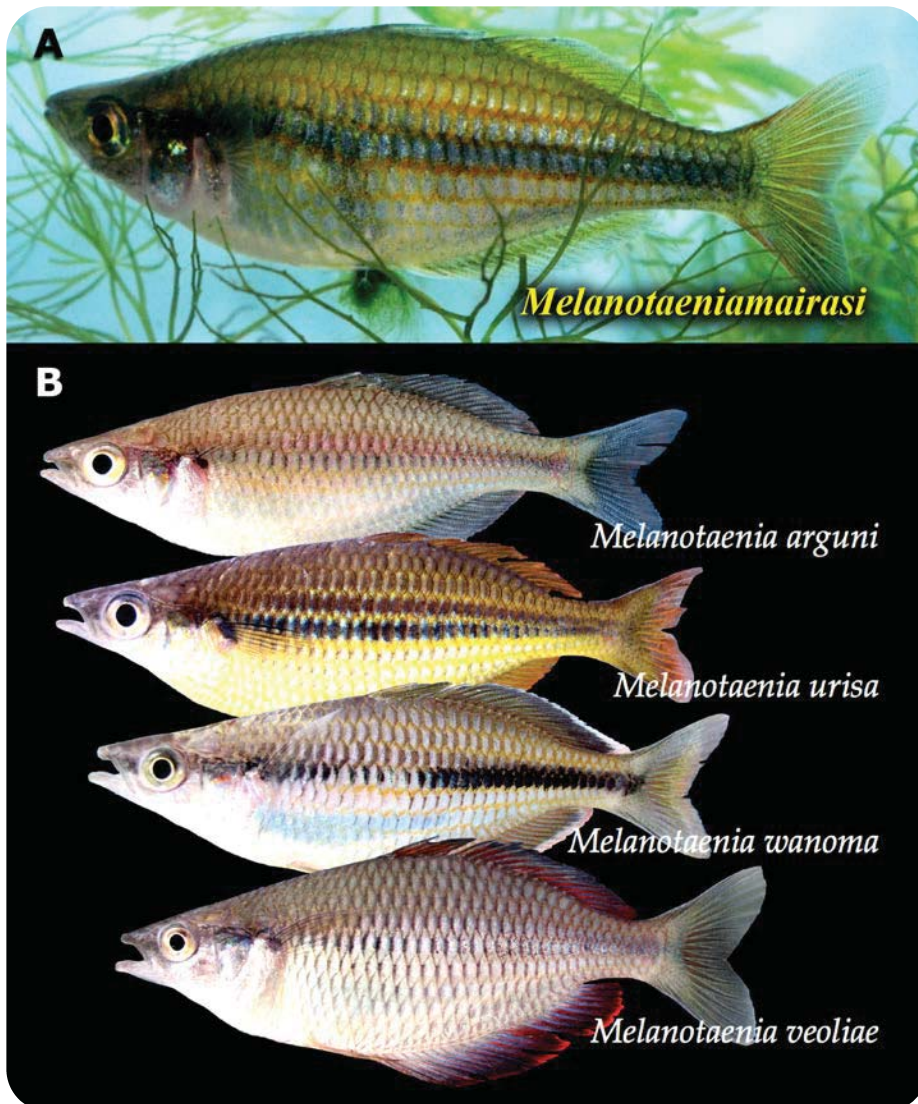
O. woworae jantan



Ikan Pelangi Sulawesi, *Marosatherin aladiges* betina



Foto: RK. Hadiaty dkk



Ikan Pelangi Sulawesi,
Marosatherinaladigesii
jantan

lima jenis ikan baru ikan
Pelangi Papua yang baru-
baru ini ditemukan.

A. *Melanotaeniamairasi*
Allen & Hadiaty, foto oleh
RK Hadiaty. B. Empat jenis
baru yang dipublikasikan
tahun 2012 oleh
Kadariusman *et al.*, 2012,
foto oleh L. Pouyaud.

Sumber: Kadariusman *et al.* 2012

Telmatherjidae. Semua anggota dari familia ini merupakan ikan endemik. Hampir semua, yaitu 17 dari sekitar 18 spesies anggota famili Telmatherinidae merupakan jenis endemik di perairan Sulawesi, 16 diantaranya hanya dijumpai di danau-danau Malili Kompleks. Hanya satu yang berada di luar kompleks tersebut. Ikan inilah yang sering disebut sebagai Ikan Pelangi Sulawesi atau Sulawesi *rainbowfish*, namanya *Marosatherina ladigesii*. Hanya satu spesies dari satu genus yang berada di luar Pulau

Sulawesi, yaitu jenis *Kalyptatherina helodes* yang dijumpai hidup di perairan payau di Kepulauan Raja Ampat, Papua Barat.

Pola Warnanya dan Perilaku

Ikan jantan akan bertarung dengan pejantan lainnya, sirip punggung pertama dan sirip anal pertama bisa ditegakkan 90 derajat, dan siap berlaga untuk mempertahankan betinanya. Ikan ini sudah sejak tahun 1950-an diekspor ke luar negeri. Pemenuhan ekspor ini diambil langsung dari alam, tanpa ada upaya budi daya

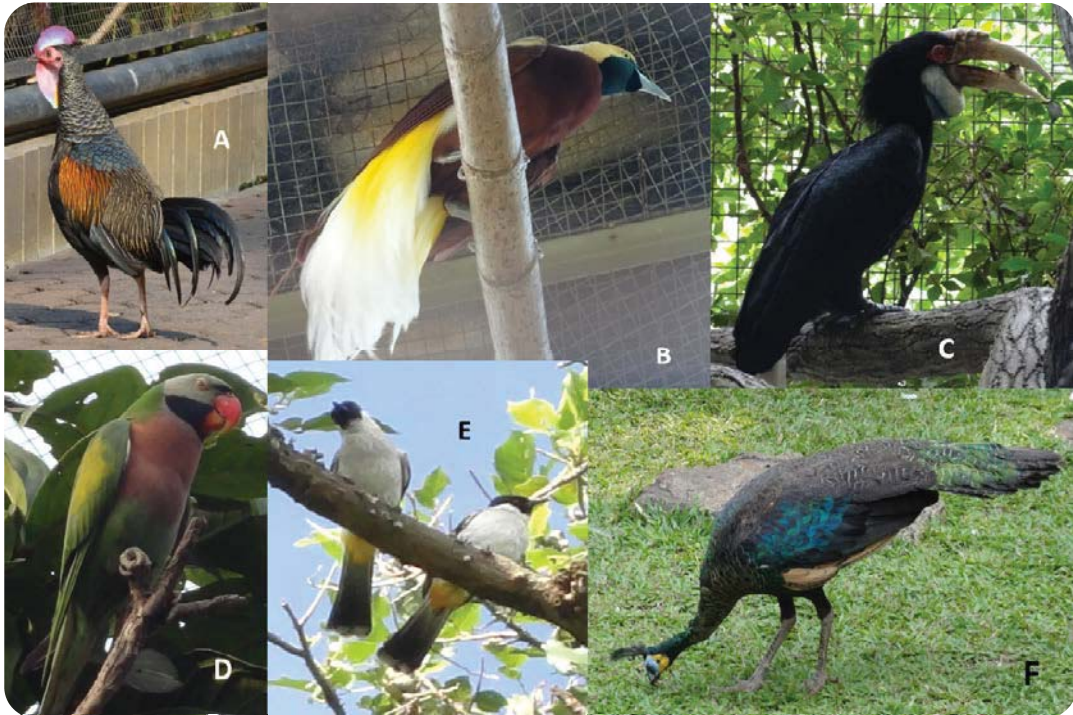


Foto: E.Sulistiyadi

Beberapa jenis burung untuk industri kerahayuan karena keindahan dan suaranya. Budi daya dan domestikasi perlu dilakukan untuk mendapatkan keuntungan dari nilai ekspor

- A . Ayam hutan hijau (*Galus varius*)
- B . Cendrawasih kuning kecil (*Paradisaea minor*)
- C . Julang emas (*Aceros undulatus*)
- D . Betet biasa (*Psittacula alexandri*)
- E . Kutilang *Pycnonotus aurigaster*

karena memiliki harga US\$4.49 per ekor.

Mengingat permintaan sangat tinggi industri ikan hias air tawar dan laut layak dikembangkan di masa mendatang.

B. Burung Hias dan Berkicau

Burung berkicau dan burung hias perlu dipertimbangkan bagi bahan industri kerahayuan. Jumlah jenis burung di Indonesia ada 1602. Dari sejumlah burung

tersebut sebagian dapat digunakan sebagai sumber bibit penghasil daging telur seperti ayam hutan, berpotensi sebagai pembasmi hama pertanian dan sebagian dapat digunakan untuk pemenuhan ekspor untuk industri kerahayuan karena keindahan bulu dan suara. Untuk mendapatkan industri tersebut selayaknya melakukan domestikasi dan pengembang biakan secara eksitu

Bab IV

Pengetahuan Tradisional Keanekaragaman Hayati



Pengetahuan Tradisional Keanekaragaman Hayati

Pengetahuan Etnik Nusantara dalam Ranah Biologi

Manusia dan kebudayaan memperoleh pengetahuan melalui pengalaman yang kemudian menghasilkan kumulatif informasi serta pengetahuan yang pada akhirnya melahirkan revolusi industri. Semua orang sependapat bahwa kebutuhan hidup manusia bergantung pada tumbuhan dan tanaman. Bahkan, kesepakatan pendapat ini diperkuat dengan pernyataan bahwa manusia memang menjadi makhluk dunia yang menjadi batu kunci terhadap ketidakharmonisan lingkungan. Oleh karena itu, studi tentang hubungan antara manusia dengan tumbuhan (termasuk makro alga, jamur), hewan, dan tanaman yang menjadi domain penelitian etnobiologi, dimaksudkan untuk memahami peranannya yang sangat menentukan dalam hubungan saling ketergantungan manusia dengan lingkungan di mana mereka tinggal. Hubungan ini tidak hanya merefleksikan gambaran masyarakat tradisional saja, melainkan masyarakat pasca-industri pun tidak terlepas dari hubungan dan ketergantungannya dengan tumbuhan, hewan, dan tanaman.

Menelusuri jejak sejarah pemanfaatan tumbuhan dan satwa, perhatian manusia terhadap tumbuhan, satwa, dan tanaman telah dilakukan sejak ribuan tahun lalu. Tanpa disadari masyarakat tradisional yang selama berabad-abad kurang informasi tentang perkembangan ilmu dan pengetahuan, kini secara bertahap

tumbuh dan saling bergantung dengan ekonomi, komunikasi, politik, budaya, pendidikan, dan pariwisata. Pemanfaatan tumbuhan di Jawa pertama digambarkan pada relief candi Borobudur, setelah itu pemanfaatan tumbuhan untuk obat juga digambarkan dalam relief di Candi Prambanan, Penataran, dan Tegalwangi. Sementara itu, pemanfaatan tumbuhan dan hewan di Ambon dan sekitarnya diteliti Rumphius sejak 1652 dan dipublikasikan 39 tahun setelah Rumphius meninggal, yaitu terbit pada tahun 1741. Buku ini memuat kira-kira 1.300 jenis tumbuhan yang mempunyai nilai ekonomi di P. Ambon dan sekitarnya. Setelah Rumphius, informasi pemanfaatan tumbuhan untuk obat umumnya ditulis dalam lontar dan baru ditulis oleh Kloppenburg pada tahun 1900 dalam sebuah buku tentang tumbuhan obat. Kemudian Heyne pada tahun 1927 mulai menerbitkan tentang jenis-jenis tumbuhan berguna di Indonesia berjudul *De nuttige planten van Nederlandsch-Indië* dan berisi 5.006 jenis tumbuhan berguna. Pada tahun 1983, UNESCO Jakarta menginisiasi pembuatan pangkalan data tumbuhan berguna Asia Tenggara. Inisiasi ini kemudian dilanjutkan oleh Plant Resources of South East Asia (PROSEA) dengan menerbitkan 24 buku, 19 volume, 5.952 jenis tentang tumbuhan berguna di Asia Tenggara.

Penelusuran jejak dan cara bertahan hidup kelompok-kelompok etnis yang tersebar di

kawasan Nusantara sejak lama menarik ilmuwan pengelana dan penjelajah bangsa barat untuk mengumpulkan informasi tentang kegunaan tumbuhan. Banyak cara untuk mengungkapkan bahwa Indonesia adalah sebuah Negara yang memiliki karakteristik yang sangat unik. Selain kaya sumber daya alam, Indonesia juga memiliki keanekaragaman kelompok etnis dengan kehidupan sosial dan budaya yang berbeda. Berkaitan dengan kekayaan sumber daya alam, jika kemudian dipadukan dengan kebhinnekaan suku-suku bangsa yang mendiami seluruh Kepulauan Indonesia maka tidak mengherankan jika berbagai sistem pengetahuan tentang alam dan lingkungan, semakin tumbuh berkembang.

Pengetahuan ini bervariasi dari satu kelompok suku ke kelompok suku lain yang tampaknya bergantung pada tipe ekosistem tempat mereka tinggal, iklim terutama curah hujan, adat, tatacara, perilaku, pola hidup kelompok atau singkatnya pada tingkat kebudayaan suku-suku bangsa tersebut.

Berbagai jenis tumbuhan yang kita ketahui manfaatnya ternyata berevolusi sesuai dengan sejarah dan tingkat peradaban manusia. Pada masyarakat tradisional, secara tidak sengaja perbaikan mutu biasa dilakukan dan disesuaikan dengan kehendak dan kebutuhannya. Biasanya diawali dengan cara memilah jenis atau kultivar-kultivar unggul. Selanjutnya, dibudidayakan secara turun temurun. Walaupun masih sedikit jumlahnya, sumber daya

tumbuhan tersebut ada yang berhasil “didomestikasi”, dan tidak jarang menghasilkan nilai guna ekonomi bagi pemiliknya. Sejarah domestikasi tumbuhan menjadi tanaman dapat dibuktikan dari mulai terseraknya sisa-sisa bahan makanan yang tumbuh subur di dekat pemukiman masyarakat pemburu, peramu dan pengumpul. Sejalan dengan perjalanan kemajuan peradaban manusia maka proses domestikasi ini pulalah yang melahirkan tanaman pekarangan, sistem perladangan dan perkebunan. Karena itu, di Indonesia tidaklah mengherankan jika kultivar primitif pohon buah-buahan, seperti durian (*Durio* spp.), rambutan (*Nephelium* spp.), duku (*Lansium domesticum*), manggis (*Garcinia* spp.), kecapi (*Sandoricum koetjape*), rukam (*Flacourtia rukam*), dan buni (*Antidesma bunius*); liana merambat misalnya *Dioscorea alata*, *D. pentaphylla*, *D. hispida*; dan kacang-kacangan *Psophocarpus tetragonolobus*, *Vigna unguiculata* subsp. *unguiculata* serta terna (*Zingiber officinale*, *Curcuma longa*, *Cymbopogon nardus*) sampai saat ini masih sering dijumpai di hutan pedalaman pulau-pulau besar misalnya Kalimantan, Sumatra, Sulawesi, dan Papua. Tidak terkecuali berbagai jenis dan kultivar lokal tumbuhan pangan antara lain pisang, gewang, sagu, ubi-ubian, buah merah, kelapa hutan, tumbuhan obat seperti jahe, kunyit, dan kencur; tumbuhan rempah dan industri, misalnya lada, pala, cengkih dan lain-lain; tumbuhan kayu untuk bahan bangunan, contohnya ulin, sungkai, dan kayu besi.

Masyarakat Dani di Pegunungan Tinggi Jayawijaya, Papua, telah lama membudidayakan berbagai kultivar lokal tanaman, di antaranya 10 kultivar lokal pisang (*Musa* sp.), 4 kultivar lokal ubi yang terdiri atas 3 jenis, yaitu *Dioscorea alata*, *Dioscorea esculenta*, dan *Dioscorea bulbifera*, 3 kultivar lokal keladi (*Colocasia esculenta*) yang dibedakan berdasarkan warna umbinya, 2 kultivar lokal buah merah (*Pandanus conoideus*), kelapa hutan (*Pandanus julianettii*, *Pandanus brosimos*), dan paling tidak ada 5 kultivar lokal kecipir (*Psophocarpus tetragonolobus*). Variasi kultivar ini perlu diselamatkan dan dikumpulkan sebagai sumber plasma nutfah yang tidak ternilai untuk kepentingan pengembangan sumber daya pangan lokal dan untuk pengembangan ilmu pengetahuan, khususnya dalam bidang pertanian.

Dalam hal pusat dunia tempat asal usul tanaman budi daya, Indonesia dimasukkan ke dalam salah satu pusat Asia Tenggara, atau pusat Indochina-Indonesia, atau lingkaran pulau-pulau selatan yang membuktikan bahwa kawasan ini kaya akan jenis jahe-jahean, pisang, padi, tebu, kacang-kacangan (kara pedang, *Canavalia gladiata*; benguk, *Mucuna pruriens*; kecipir, *Psophocarpus tetragonolobus*; petai, *Parkia speciosa*; jengkol, *Pithecellobium jiringa*), bambu, kelapa, ubi gem-bili, mangga, dan lain lain. Selanjutnya, sudah bukan rahasia umum bahwa di pulau-pulau nusantara merupakan pusat buah-buahan seperti manggis (*Garcinia mangostana*), rambutan (*Nephelium lappa*



Foto: E.B. Waluyo

Keanekaragaman pisang yang diperjualbelikan di sekitar kita

-ceum), durian (*Durio zibethinus*), dan jeruk nipis (*Citrus aurantifolia*). Oleh karena itu, pada umumnya kawasan pulau-pulau di lingkaran selatan selalu menghijau sepanjang tahun maka masyarakat tidak terdorong untuk membudidayakan sayur-sayuran yang tersedia sepanjang tahun dan mudah dipanen dari jenis liarnya. Tidak terkecuali dalam hal sumber daya genetik, Indonesia dan Indochina dicatat sebagai salah satu pusatnya. Selain itu, Indonesia merupakan kawasan dengan kerabat liar terbanyak dan berpotensi ekonomi.

Meskipun bangsa Indonesia sejak dahulu kala hidup ditengah-tengah kekayaan sumber daya alam, namun sejarah juga mencatat bahwa kebanyakan tanaman pangan dan tanaman perdagangan berasal dari negara lain. Seiring dengan kemajuan

20% dari total jenis sayur-sayuran yang diperjualbelikan di pasar tradisional adalah jenis-jenis pendatang yang bukan tanaman asli nusantara



Foto: E.B. Waluyo

zaman dan toleransi masyarakat terhadap invasi kebudayaan luar menyebabkan secara perlahan banyak sekali jenis tanaman asing telah melebur dalam kehidupan sehari-hari di berbagai suku bangsa kita. Masuknya kebudayaan Hindu dan Buddha membuat leluhur bangsa Indonesia mulai menyadari gatra estetika tetumbuhan. Mereka mencoba memperkenalkan makna dan arti tanaman seroja (*Nelumbo nucifera*) dan pohon bodi (*Ficus religiosa*) sebagai pohon suci. Kemudian kebudayaan Islam memperkenalkan delima (*Punica granatum*), kurma (*Phoenix dactylifera*), salam koja (*Clausena* sp.) dan kemudian orang China membawa shio (*Magnolia figo*), lobak (*Raphanus sativus*), dan teh (*Camellia sinensis*).

Kedatangan bangsa Eropa membawa tidak kurang dari 2.000 jenis seperti jagung, buncis, kentang, cabai, ubi kayu, kelapa sawit, karet, kopi, dan tanaman hias. Dari keseluruhan proses pembelajaran terhadap pengenalan tumbuhan, lebih dari

6.000 jenis tumbuhan berbunga, baik yang liar maupun budi daya, dikenali dan dimanfaatkan untuk keperluan bahan makanan, pakaian, perlindungan, dan obat-obatan. Masyarakat Indonesia mengonsumsi tidak kurang dari 100 jenis tumbuhan dan biji-bijian sebagai sumber karbohidrat. Tidak kurang dari 100 jenis kacang-kacangan, 450 jenis buah-buahan serta 250 jenis sayur-sayuran dan jamur.

Keserbagunaan dan Edibilitas (Dapat Dimakan) Jenis Tumbuhan

Meskipun Indonesia disebut-sebut sebagai negara agraris, tetapi kenyataannya masih banyak daerah yang kekurangan pangan. Bertambahnya penduduk bukan hanya menjadi satu-satunya pemicu yang menghambat untuk menuju ketahanan pangan nasional. Akan tetapi, berkurangnya lahan pertanian yang dikonversi menjadi pemukiman dan lahan industri, telah menjadi ancaman dan tantangan tambahan bagi bangsa Indonesia untuk menjadi bangsa yang mandiri dalam bidang pangan. Ini semua merupakan beban ikutan baru, baik dari segi ekonomi, ketahanan nasional maupun kesehatan masyarakat.

Dalam hal pangan tercatat kurang lebih 20.000 jenis dari 250.000 jenis tumbuhan berbunga dilaporkan bermanfaat untuk dapat dimakan (*edible plants*). Dari jumlah tersebut baru kira-kira 20 jenis yang sekarang telah dimanfaatkan sebagai tanaman pangan. Sayangnya, penduduk dunia

saat ini hanya mengandalkan gandum, padi, jagung, dan kentang sebagai pangan utama. Dalam kaitan dengan pangan ini, keanekaragaman budaya di Indonesia juga menyuguhkan keanekaragaman dalam membudidayakan. Keanekaragaman tipe ekosistem yang ditemui di seluruh Nusantara memberi peluang ditemukannya berbagai kultivar lokal tanaman pangan. Berbagai macam varietas padi lokal telah berkembang di berbagai lahan di seluruh Indonesia sejak ratusan tahun lalu. Budi dayanya dilakukan, baik di dataran rendah (sawah), dataran tinggi, lahan kering (gogo), maupun lahan rawa/pasang surut. Uniknya masing-masing daerah memiliki varietas tanaman pangan andalan. Contohnya: di Jawa Barat dengan varietas Cianjur, Jawa Tengah dengan Rojo Lele, dan Jawa Timur dengan beras mentiknya. Orang Dayak Benuaq di pedalaman Kalimantan Timur mengenal 67 kultivar lokal padi dan 36 kultivar jenis padi ketan atau biasa disebut pulut. Walaupun sebenarnya padi yang sekarang menjadi pangan utama bagi hampir seluruh penduduk Indonesia belum diketahui secara pasti dari mana nenek moyangnya (*progenitor*), namun forma dan varietasnya sangat banyak. Beruntung secara kelembagaan BB-Biogen, Kementerian Pertanian telah berhasil menyimpan sekitar 3.500 nomor aksesori padi, yang meliputi padi sawah, padi gogo, dan padi pasang-surut.

Tidak dapat dipungkiri bahwa secara tradisi, penduduk lokal Nusantara sejak lama telah mengenal umbi-umbian sebagai pangan lokal utama atau pangan alternatif pada waktu-waktu tertentu.



Foto: E.B. Waluyo

Gambar umbi-umbian yang dijual di pasar tradisional beberapa di antaranya merupakan produk hasil domestikasi oleh pembudidaya tradisional

Contohnya orang suku Dani di pegunungan tinggi Jayawijaya, sejak ratusan tahun telah melakukan kegiatan budi daya tanaman talas (*Colocasia* spp.), gadung (*Dioscorea* spp.), dan suweg (*Amorphophallus* spp.). Kelompok tanaman ini mereka budidayakan sebelum mengenal ubi jalar (*Ipomoea batatas*) sebagai makanan pokoknya. Di antara tanaman pokok ini, mereka juga menanam labu-labuan (*Lagenaria* spp.), tebu (*Saccharum officinarum*), kecipir (*Psophocarpus tetragonolobus*), sowa (*Setaria palmifolia*) dan buah-buahan semisal pisang. Aktivitas bertani yang mereka lakukan seperti ini secara tidak sengaja telah melahirkan berbagai kultivar lokal tanaman budi daya, di antaranya 10 kultivar lokal pisang (*Musa* sp.), 4 kultivar lokal ubi yang terdiri atas 3 jenis (*Dioscorea alata*, *Dioscorea aculeata*, *Dioscorea bulbifera*), 3 kultivar lokal keladi yang dibedakan berdasarkan warna umbinya (*Colocasia esculenta*), 2 kultivar lokal buah merah (*Pandanus conoideus*), kelapa hutan (*Pandanus julianettii*, *Pandanus brosimos*), dan paling tidak ada 5 kultivar lokal kecipir (*Psophocarpus tetragonolobus*).

Khusus pengetahuan kita tentang umbi-

umbian, tidak kurang dari 59 jenis *Dioscorea* telah dipertelakan yang disertai dengan informasi distribusi, ekologi serta potensi ekonominya. Dari jumlah tersebut 18 jenis di antaranya telah dikenal masyarakat dan mulai dibudidayakan karena dipercaya merupakan sumber karbohidrat, alkohol, tepung, obat, racun ikan, dan insektisida. Lebih jauh diketahui bahwa umbinya mengandung tanin, saponin, dan alkaloid. Selain gadung (*Dioscorea*) dan talas (*Colocasia*), kelompok umbi-umbian yang potensial untuk dikembangkan sebagai cadangan pangan adalah suweg (*Amorphophallus*). Di Indonesia, dari hasil penelitian diketahui ada 300 kultivar talas budi daya yang dibedakan berdasarkan ukuran, bentuk, warna daun, batang, umbi, dan bunga. Sebagai contoh di Jawa Tengah pernah ditemukan ada 14 kultivar dan di Jawa

Timur ditemukan 3 kultivar. Di antara ubi-ubian yang relatif populer adalah ubi jalar (*Ipomoea batatas*). Jenis ini walaupun bukan asli Indonesia, tetapi sudah membudaya dan menjadi makanan pokok bagi sebagian kelompok etnis di Indonesia. Menurut catatan Lembaga Pusat Penelitian Pertanian (1969), ada beberapa klon ubi jalar harapan yang menjadi prioritas pengembangan, yaitu Southern Queen (27 klon), tembakur ungu (klon Jawa Barat), Putih kalibaru (klon Jawa Timur), Daya, Jongga, Karya, Kendali payak putih (klon Jawa Timur), edang (klon Jawa Barat), SBY (4 klon), serdang, dan tanjung kait. Terkait dengan sumber pangan alternatif ini, LIPI juga mengadakan serangkaian penelitian umbi *Tacca* untuk menghasilkan produk turunan yang berfungsi khusus dan bernilai ekonomi tinggi, yaitu oligosakarida. Diharapkan oligosakarida ini mampu diaplikasikan pada berbagai produk di industri pangan, dan minuman, atau menjadi produk suplemen dalam industri farmasi.

Dominasi pangan tidak sekadar dari umbi-umbian. Berbagai kelompok etnik Nusantara mengenal jenis pangan lain. Menurut catatan Balai Pengkajian Teknologi Pertanian (BPTP)-Papua disebutkan ada 27 kultivar sagu (*Metroxylon sagu*), 15 di antaranya tidak berduri, sedangkan 12 kultivar masih berduri. Lain halnya dengan penduduk di NTT, mereka mengenal gewang (*Corypha utan*) dan lontar (*Borassus flabellifer*) sebagai sumber makanan yang lain. Selain sagu, penduduk Papua juga mengenal pandan sebagai sumber pangannya.

Pohon Lontar.
Di antara berbagai jenis pohon pangan, lontar menjadi sumber lumbung gula alternatif



Foto: EB. Waluyo

Mereka masih melakukan “budi daya tahap awal” atau pradomestikasi beberapa jenis pohon pangan seperti buah merah (*Pandanus conoideus*) atau sait dalam bahasa Dani, kelapa hutan (*Pandanus julianettii*), dan woramo (*Pandanus brosimos*).

Selain berkontribusi sebagai sumber pangan, tumbuhan juga merupakan sumber vitamin dan mineral yang biasanya berupa buah-buahan dan sayuran. Indonesia kaya akan buah-buahan lokal, baik yang asli maupun yang telah mengalami naturalisasi karena dibudidayakan sejak ratusan tahun yang lalu. Pulau-pulau besar seperti Kalimantan, Sumatra, Jawa, Sulawesi, Nusa Tenggara, dan Papua merupakan pusat-pusat keanekaragaman buah-buahan. Berbagai jenis buah lokal dapat diperoleh dengan mudah melalui pengumpulan dari hutan, ditanam dikebun dan ladang, di pekarangan rumah, dan bahkan di kota-kota besar dikembangkan dalam bentuk pot. Keanekaragaman jenis buah-buahan yang tinggi ditemukan di pulau Kalimantan. Keluarga mangga-mangga (*Mangifera* spp.) tercatat sekitar 24 jenis dan durian (*Durio* spp.) ada sekitar 20 jenis dari 30 jenis yang tersebar di dunia. Dari jumlah tersebut 14 jenis di antaranya endemik di Borneo.

Di berbagai kebun, pekarangan dan tegalan merupakan tempat ditemukan berbagai kultivar primitif pohon buah-buahan, seperti durian (*Durio zibethinus*), rambutan (*Nephelium lappaceum*), duku (*Lansium domesticum*), mundu (*Garcinia*

dulcis), sentul (*Sandoricum koetjape*), rukam (*Flacourtia rukam*), pisang (*Musa x paradisiaca*), buni (*Antidesma bunius*), dan tumbuhan liana yang biasanya merupakan sumber karbohidrat, misalnya ubi-ubian (*Dioscorea alata*, *D. penthaphylla*, *D. hispida*). Terdapat juga jenis-jenis sumber protein/lemak misalnya dari kacang-kacangan, seperti kecipir (*Psopocarpus tetragono-lobus*), kacang panjang (*Vigna sinensis*), kara wedus (*Lablab purpureus*), dan kacang kayu (*Cajanus cajan*). Terna rerumputan, seperti jahe-jahean, jahe (*Zingiber officinale*), kunyit (*Curcuma domestica*), dan serai (*Cymbopogon nardus*).

Masyarakat Indonesia juga telah mengenal jamur sebagai sumber pangan sejak dahulu. Rumphius (1875) telah menyebutkan paling tidak 11 jamur yang dimanfaatkan oleh orang Ambon dan sekitarnya. Sementara itu, Heyne (1950) menyebutkan ada 81 jenis jamur di Jawa dan pulau-pulau lain di Indonesia yang umum dipergunakan oleh masyarakat Indonesia, baik sebagai bahan sayuran/ bahan makanan, maupun sebagai obat dan ragi. Sebagai contoh jamur *Rhizopus orizae* yang berperan untuk memfermentasi saat pembuatan tempe dan oncom. Selain itu, *Saccharomyces cerevisiae* yang banyak digunakan dalam pembuatan tape, brem, dan roti. Jenis lain *Lasiodiplodia theobromae* atau dikenal juga dengan nama *Botryodiplodia theobromae* yang sebenarnya merupakan jamur penyebab penyakit. Namun, di Jawa Tengah jamur ini secara tidak sengaja tumbuh pada

singkong yang sengaja dijemur beberapa minggu di atap hingga singkong berwarna hitam karena tumbuhnya jamur tersebut. Singkong yang hitam tersebut dikenal dengan nama gatot dan merupakan makanan tradisional di Jawa Tengah bagian selatan. Jamur yang berbadan buah dan difungsikan sebagai jamur yang dapat dimakan, misalnya jamur merang (*Volvariella volvacea*). Jamur dari alam yang banyak dikonsumsi oleh masyarakat adalah *Termitomyces* atau jamur rayap, jamur jantung (*Laetiporus miniatus*), jamur kapuk (*Coprinus macrorhizus*), jamur morel (*Morchella*), jamur pertu (*Calvatia*, *Lycoperdon*), supu palahlar (*Rusulla* spp.), sayur kayu (*Lentinus* spp.), jamur kuping (*Auricularia auricular*), jamur bawang (*Lycoperdon piriforme*), supu taropong (*Coprinus atramentarius*), jamur hati (*Boletus subtomentosus*), supu mayang (*Clavaria cyanocephala*), jamur nasi atau jamur gigi (*Hydnum fragile*).

cuscus maculatus, *Phalanger orientalis*, babi hutan (*Sus scrofa*), biawak (*Varanus* spp.), tikus tanah (*Isodon macrourus*), burung kumkum (*Ducula* spp.) kelelawar (*Pteropus electo*), dan kuskus tanah (*Phalanger gymnotis*).

Jenis-jenis hewan yang juga dimakan adalah belalang dari subordo Caelifera dalam Ordo Orthoptera, ulat jati, laron. Sementara itu, hewan lain yang dimakan oleh masyarakat secara umum adalah siput laut dan siput darat, seperti satai poka yang berasal dari kerang air tawar dan terdapat di desa Pohara, Kendari. Jenis-jenis siput lain yang dimakan oleh masyarakat Indonesia adalah lokan, kepah, siput mentarang, siput gayam, ni pu lala, lala, retak seribu, siput gonggong, siput gondang, siput biji nangka, tiram, kupang atau siput sudu, siput duri, siput paha ayam, siput buluh, siput paha, dan siput sedut.

Pemanfaatan satwa liar oleh masyarakat, misalnya oleh suku Biak sebagai sumber protein misalnya kuskus pohon (*Spilo-*

Selain sumber tersebut di atas, alam Indonesia juga menyediakan berbagai jenis tumbuhan bahan obat. Meskipun dunia

Kios jamu. Di pasar-pasar menyajikan berbagai jenis tumbuhan dan tanaman untuk keperluan obat tradisional



pengobatan dan kosmetika moderen berkembang dengan pesat, bukan berarti pengobatan tradisional dan penggunaan kosmetika tradisional telah menghilang. Berdasarkan buku tumbuhan berguna Indonesia oleh Heyne (1927) telah tercatat 996 jenis tumbuhan berpotensi sebagai bahan obat tradisional. Jika ditambahkan dengan algae, fungi, paku, dan Gymnospermae jumlahnya bisa mencapai 1.050 jenis. Selain itu, terdapat sekitar 3.689 jenis yang dipertelakan di dalam buku *Medicinal Herb Index in Indonesia* (1986) dari yang dipertelakan sejumlah tidak kurang dari 7.000 jenis tumbuhan memiliki khasiat obat. Jumlah khasanah kekayaan biologi berkhasiat obat tersebut akan bertambah berlipat karena beberapa satwa asli Indonesia banyak pula dipergunakan sebagai bahan seperti beberapa jenis cicak-cicakan untuk anti-alergi, bisa ular, cacing untuk anti-typhoid, dan sebagainya.

Rintisan penelitian tumbuhan dan satwa untuk obat Indonesia bukanlah hal yang baru. Apalagi beberapa tahun terakhir ini, paradigma dunia pengobatan cenderung mengikuti gaya hidup kembali ke alam. Itulah sebabnya dunia kefarmasian moderen kembali mempelajari obat-obatan tradisional. Sudah menjadi rahasia umum bahwa tumbuhan tropika adalah sumber senyawa bioaktif yang sangat beragam karena setiap jenis mengandung senyawa fenolat, alkaloid, terpenoid, maupun asam amino non-protein yang berbeda-beda. Metabolit sekunder ini terbukti merupakan sumber penting dalam

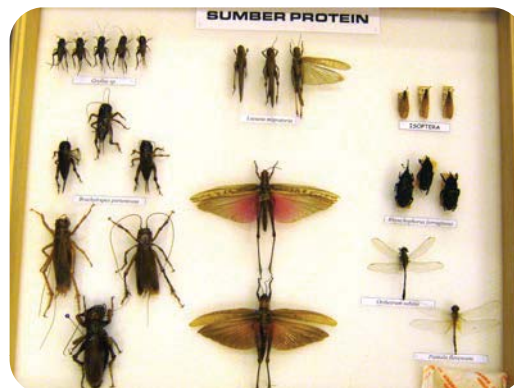


Foto: Y. Rahayuningsih

Aneka macam sumber protein hewani yang telah dimanfaatkan oleh masyarakat



Isonocela jubata Dumeril & Bibron, 1837

Gonocephalus kuhlii (Schlegel, 1848)



Cyrtodactylus sp.

Pseudocalotes gymnanistriga (Gray, 1831)



Draco fimbriatus Kuhl, 1820

Boiga drapiezii (Boie, 1827)

Foto: A. Riyanto

Pemanfaatan Reptilia sebagai obat tradisional, telah dimanfaatkan oleh sebagian masyarakat, salah satu di antaranya adalah sebagai antihistamin. Keberadaan potensi Reptilia sekarang mulai diincar dalam skala industri untuk mendapatkan bioaktif.

dunia farmasi yang bermanfaat untuk obat baru. Penelitian pengembangan obat baru dari sumber alam telah mengalami evolusi mulai dari identifikasi bahan awal (*botanical* dan *zoological materials*), aktivitas biologi, dan sediaan galenik. Kemudian berkembang menjadi kajian biosintesis, biosintesis terarah, kemo-taksonomi, genomik, dan biosintesis kombinasi. Penemuan alkaloid morfin, striknin, dan kuinin pada awal abad ke-19 merupakan era baru dalam penggunaan tumbuh-tumbuhan sebagai bahan obat

dan hal ini merupakan titik awal penelitian tumbuh-tumbuhan obat secara moderen.

Dunia kefarmasian mulai maju dengan pesat berkat ditemukannya teknik-teknik kromatografi dan penentuan struktur molekul secara spektroskopi. Penemuan senyawa bioaktif farmakologi yang sangat berarti, seperti alkaloid bisindole vimblastin dan vinblastin dari tanaman *Catharanthus roseus* (Apocynaceae), yang kemudian dikembangkan menjadi obat komersial untuk penyakit kanker adalah contoh perkembangan itu dan telah dilakukan pengujian aktivitas antioksidan 35 ekstrak tumbuhan berguna Indonesia dari suku Lauraceae, Myrtaceae, Leguminosae, dan Rosaceae, koleksi P2-Biologi-LIPI. Hasilnya memperlihatkan bahwa hampir seluruhnya aktif sebagai antiradikal bebas DPPH. Dari sejumlah ekstrak yang diuji, hanya ada dua ekstrak yang memiliki aktivitas paling tinggi, yaitu ekstrak kulit batang *Neolitsea caesiaefolia* dan *Endiandra beccariana*, masing-masing 94,6% dan 94,2%. Analisis ekstrak yang lain juga dilakukan di laboratorium fitokimia P2-Biologi-LIPI adalah evaluasi aktivitas antibakteri jenis *Quassia indica*, *Irvingia malayana*, *Ailanthus integrifolia* (Simaroubaceae). Hasilnya memperlihatkan bahwa ketiganya memiliki kemampuan untuk menghambat pertumbuhan bakteri uji, yaitu *Escherichia coli*, *Salmonella typhi*, *Streptococcus agalactiae*, dan *Staphylococcus aureus*. Secara tradisional, sebagian besar

Simaroubaceae telah lama dimanfaatkan untuk tonikum, antidesentri, obat cacing, dan insektisida alami. Bahkan terkait dengan kesehatan dan kosmetik tradisional. Hasil penelitian tentang jamu dalam kehidupan perempuan suku Talang Mamak di Bukit Tiga Puluh didapat ada 80 jenis tumbuhan, 6 jenis di antaranya berperan dalam perawatan ibu hamil, yaitu selusuh sawa (*Scindapsus hederaceus*), gimba darah (*Amischotolype mollissima*), mahang kuku (*Macaranga kingii*), daun burung layang-layang (*Adenia cordifolia*), asam gelugur (*Garcinia atroviridis*), dan tarum anjing (*Helicia robusta*).

Erat kaitan dengan kehidupan masyarakat di pedesaan, upaya penggunaan lahan, langsung ataupun tidak langsung berhubungan dengan pemanfaatan dan pelestarian keanekaragaman hayati tumbuhan. Hampir sebagian besar masyarakat di sekitar hutan masih mengandalkan pasokan dari alam secara langsung (misal: rotan, tengkawang, kayu meranti, cendana, dan lain-lain) tanpa melalui proses budi daya. Desakan ekonomi menyebabkan pemanfaatan tersebut tidak lagi mengindahkan kaidah keserasiannya sehingga mengancam kelestarian sumber daya hayati di habitat alamnya. Pengikisan populasi cendana (*Santalum album*), kayu gaharu, kayu ramin dan lain-lain semata-mata karena eksploitasi untuk memenuhi kebutuhan ekonomi sehingga menyebabkan pertum-

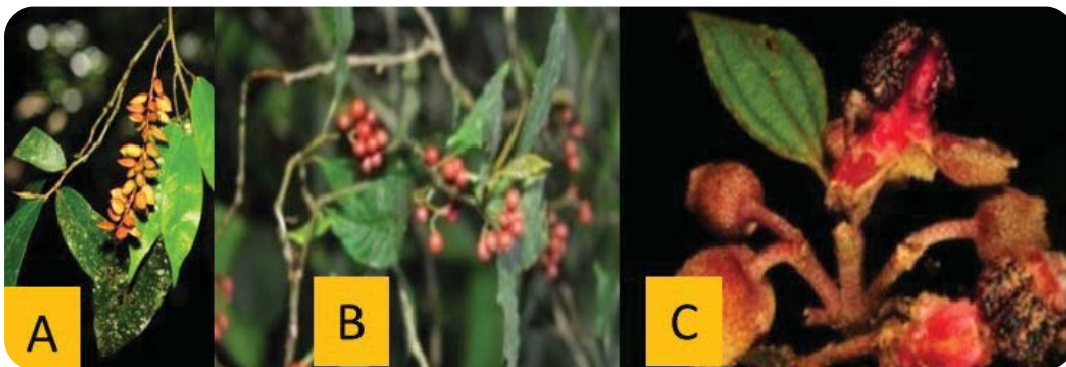
buhan dan persebarannya terganggu.

Sejak lama, orang Dawan di Pulau Timor menggunakan kepandaian dan pengalamannya dalam memanfaatkan tumbuhan sebagai bahan dasar membuat kain. Sebelum mengenal benang sintetis, mereka memanfaatkan bulu buah kapas (*Gossypium* spp.) atau randu (*Ceiba petandra*) sebagai bahan dasarnya. Dalam pewarnaan pun mereka memanfaatkan bahan-bahan tumbuhan yang tersedia di sekitarnya, misalnya untuk memperoleh warna coklat tua diambil dari pepagan pohon sogi (*Peltophorum pterocarpum*), warna biru tua atau hitam dari godogan tarum (*Indigofera* sp.), warna kuning tua dari umbi kunyit (*Curcuma longa*), warna kecokelat-cokelatan dari akar mengkudu (*Morinda citrifolia*) atau pepagan pohon

kosambi (*Schleichera oleosa*). Untuk memantapkan warna, agar tidak luntur digunakan umbi anggrek (*Bulbophyllum* sp.) sebagai bahan campuran. Terkait dengan kain dan pewarna alami ini, pada umumnya masyarakat di Indonesia bagian timur memintal dan menenun, sedangkan untuk membuat kain "selimut" dan "sarung" dipercayakan kepada wanita. Biasanya waktu pengerjaannya dilakukan setelah kegiatan utama bertani dan



Pewarna alami. Contoh jenis pewarna alami yang dipergunakan dalam pewarnaan tenun Sumba.



Proses pembuatan pewarna alami dan aneka tumbuhan untuk pewarna alami:
A. *Antidesma minus*;
B. *Medinilla* sp.;
C. *Melastoma malabathricum*.



Foto: T. Jarwaningsih

menyiapkan makan buat keluarga. Ada semacam ketentuan adat bahwa memintal dan menenun menjadi ukuran moral bagi mereka, sebab dalam tradisinya akan

menjadi aib bagi keluarga jika anak gadisnya tidak bisa memintal dan menenun kain.

Bab V Konservasi Keanekaragaman Hayati





Konservasi Keanekaragaman Hayati

Eksplorasi dan Inventarisasi

Secara biogeografi, kawasan Indonesia dibagi dalam tujuh kawasan pulau utama (*Major islands*), yaitu Sumatra, Jawa dan Bali, Kalimantan (Borneo), Sulawesi, Nusa Tenggara, Maluku, dan Papua. Keseluruhan kepulauan Indonesia tersebut (bersama Semenanjung Malaysia, dan Kepulauan Filipina) oleh peneliti lebih dikenal sebagai kawasan Malesia dengan tiga pusat keanekaragaman hayati terbesar: di Sumatra, Borneo, dan Papua. Kawasan Papua khususnya mempunyai tingkat endemisitas flora yang paling tinggi di Indonesia, diperkirakan mencapai 60–70%. Secara ekologi dan biologi Papua termasuk kawasan Malesia timur sehingga sebagian ilmuwan memisahnya dari Malesia dan menyebutnya Papuasiasia.

Secara biogeografi, kawasan Papua dan Maluku juga sangat menarik dan unik karena merupakan kawasan transisi atau batas keanekaragaman antara flora Asia dan Australia. Kondisi yang sama terjadi pada pola biogeografi fauna Indonesia. Nilai endemisitas Sulawesi dan Papua tergolong sangat tinggi dibandingkan pulau-pulau besar lainnya seperti Jawa, Sumatra, dan Kalimantan. Tingginya endemisitas mendorong upaya-upaya penyelamatan melalui konservasi *in situ* dan *ex situ*. Hingga saat ini, masih banyak pulau (terutama pulau-pulau kecil dan bagian timur Indonesia) yang kurang dieksplorasi dan diteliti secara seksama. Kondisi tersebut disebabkan karena informasi yang tersedia mengenai keanekaragaman hayati dan karakteristik

ekosistem kawasan-kawasan ini masih sangat sedikit diketahui. Sebagai contoh, inventarisasi dan koleksi flora fauna yang telah dilakukan di kawasan Indonesia bagian timur Indonesia seperti Papua, Maluku, Sulawesi masih sangat sedikit, yaitu kurang dari 20 koleksi/100 km².

Walaupun konservasi *in situ* merupakan bentuk konservasi yang ideal, ancaman dan gangguan terhadap kawasan konservasi ini sangat besar. Keanekaragaman hayati di sini menghadapi ancaman sangat serius. Mengingat seriusnya kerusakan yang terjadi di berbagai kawasan konservasi *in situ* di Indonesia, keberadaan kebun raya-kebun raya menjadi makin penting dan merupakan kontribusi signifikan dalam upaya pelestarian berbagai jenis tumbuhan yang terancam kepunahan (langka), endemik, ekotipe, unik, atau bernilai ekonomi.

Penyelamatan melalui konservasi *ex situ* dalam bentuk kebun raya memiliki makna ganda, yaitu selain menyelamatkan tumbuhan juga sekaligus menyelamatkan faunanya. Kondisi yang demikian adalah karena Indonesia sebagai kawasan tropika dengan kelembaban sangat tinggi maka kelangsungan perkembangbiakan alami flora melalui penyerbukan alami sangat bergantung pada faunanya. Penyerbukan alami lainnya seperti melalui angin menjadi jauh lebih sedikit karena sifat iklim yang basah menyebabkan polen sulit tersebar jauh.

Upaya pembangunan sebuah kebun raya sebenarnya terletak pada tujuan pembangunannya. Berdasarkan pada tujuan pembangunannya, masing-masing kebun raya tentu mempunyai tujuan yang berbeda-beda. Bagi sebuah institusi konservasi seperti kebun raya, koleksi tumbuhan yang dimiliki dapat berfungsi sebagai benteng terakhir bagi usaha penyelamatan berbagai jenis tumbuhan yang terancam kepunahan. Dari segi ilmiah (penelitian), kebun raya dapat berfungsi sebagai laboratorium hidup dan menyediakan material/bahan untuk penelitian bagi berbagai disiplin ilmu, termasuk taksonomi, ekologi, biologi konservasi, hortikultura (adaptasi, kultivasi, pemuliaan), dan bioprospeksi. Bagi para pemulia tanaman (*breeders*) kebun raya dapat menyediakan material genetika yang diperlukan untuk menghasilkan benih unggul atau tanaman dengan karakteristik yang sesuai dengan keinginan. Bagi mahasiswa dan pelajar, keberadaan kebun raya akan sangat memudahkan dalam melakukan observasi, penelitian dan kegiatan ilmiah lainnya. Mereka tidak perlu harus masuk ke dalam

hutan atau kawasan-kawasan lain yang sering tidak terjangkau dan mahal biayanya. Dari segi pendidikan, kebun raya merupakan tempat yang sangat strategis untuk menyampaikan pesan-pesan konservasi dan lingkungan secara efektif kepada masyarakat luas.

Pembangunan Kebun Raya Baru di Setiap Ekoregion

Jumlah kebun raya di Indonesia dan Asia Tenggara masih sangat sedikit, terutama bila dibandingkan dengan Eropa dan di Amerika Utara. Jumlah kebun raya di dunia pada saat ini mencapai sekitar 1.850 buah. Saat ini Indonesia baru memiliki empat Kebun Raya yang telah jadi, yaitu Kebun Raya Bogor (mengelola tumbuhan dari dataran rendah basah), Kebun Raya Cibodas (mengelola tumbuhan dataran tinggi basah), Kebun Raya Purwodadi-Pasuruan (mengelola tumbuhan dataran rendah kering) serta Kebun Raya Ekakarya Bali (mengelola tumbuhan dataran tinggi kering).

Keempat Kebun Raya yang ada sekarang baru memiliki kawasan seluas 451.5 ha dan mengkonservasi lebih dari 65.000 spesimen tumbuhan yang mencakup setidaknya 3.000 jenis tumbuhan asli Indonesia, termasuk 20 persen jenis tumbuhan Indonesia terancam kepunahan. Jumlah ini relatif masih sangat sedikit dibandingkan dengan tingginya keanekaragaman tumbuhan Indonesia. Kebun Raya Indonesia telah memberikan kontribusi yang nyata dalam pengembangan 50 jenis

Boulevard
Kebun Raya
Enrekang,
Sulawesi
Selatan



Foto: Kebun Raya Bogor



Kebun Raya Balikpapan

tumbuhan asli Indonesia maupun tumbuhan introduksi yang bernilai ekonomi, seperti karet, kina, teh, kelapa sawit, dan lain-lain.

Jumlah ini sangat tidak mencukupi apabila dibandingkan dengan luas wilayah, keanekaragaman ekosistem dan ekoregion serta keanekaragaman biota Indonesia. Keanekaragaman flora dari ekosistem gambut, air tawar, bakau, karst, kerangas,

alpin, dan seterusnya yang jumlahnya lebih dari 48 tipe ekosistem ternyata belum banyak terwakili. Salah satu pendekatan ilmiah yang bisa diterapkan untuk mengonservasi sumber daya hayati Indonesia adalah melalui pendekatan ekoregion. Melalui pendekatan ekoregion ini wilayah geografis dibedakan berdasarkan karakteristik iklim, tanah, air, ketinggian tempat, flora dan fauna asli, serta pola interaksi manusia dengan alam.



Rencana Pengembangan Kebun Raya di Indonesia

Sumber: Kebun Raya Bogor

Realisasi Pengembangan Kebun Raya di Indonesia sampai dengan tahun 2012



Sumber: Kebun Raya Bogor

Dengan mengacu pada konsep ‘terrestrial ekoregion’ dan ‘WWF ekoregion’ maka Indonesia paling tidak memerlukan 47 kebun raya yang merepresentasikan jumlah ekoregion yang ada.

Pembangunan kebun raya daerah yang merupakan salah satu strategi konservasi tumbuhan di Indonesia telah ditetapkan sebagai Prioritas Nasional tahun 2010–2014 dan dipertegas dengan diterbitkannya Peraturan Presiden RI No. 93 Tahun 2011 tentang Kebun Raya. Sampai tahun 2012, Pusat Konservasi Tumbuhan (PKT) Kebun Raya Bogor sudah berperan aktif dalam Pembangunan 19 Kebun Raya Daerah yang terdapat di 16 provinsi, dengan luas total lebih dari 3.600 ha dan jumlah koleksi lebih dari 10.000 spesimen, yakni Jambi (KR Bukit Sari), Lampung (KR Liwa), Jawa Barat (KR Kuningan), Jawa Tengah (KR Baturraden), Kalimantan Tengah (KR Katingan), Kalimantan Timur

(KR Balikpapan), Kalimantan Selatan (KR Banjar/ Kalimantan Selatan), Sulawesi Selatan (KR Enrekang, KR Pucak dan KR Parepare), Nusa Tenggara Barat (KR Lombok Timur), Kalimantan Barat (KR Sambas dan KR Danau Lait), Kepulauan Riau (KR Batam), Sumatra Utara (KR Samosir), Sumatra Barat (KR Solok), Sumatra Selatan (KR Sumatera Selatan), Sulawesi Utara (KR Minahasa) dan Sulawesi Tenggara (KR Kendari). Semua kebun raya yang akan dikembangkan tersebut difokuskan pada jenis tumbuhan asli terutama jenis endemik, terancam kepunahan, dan berpotensi, yang diharapkan dapat mengembalikan fungsi ekosistem.

Konservasi *ex situ* Anggrek Kebun Raya sebagai Sumber Bibit Industri Anggrek Silangan

Indonesia merupakan surga bagi anggrek



Pembibitan
Anggrek Alam
di Kebun Raya
Baturraden

Foto: SiR. Ariati

yang diperkirakan ada 5.000 jenis anggrek alam tersebar di seluruh wilayah Nusantara. Dalam satu negara jumlah tersebut merupakan yang tertinggi nilai keanekaragamannya. Keanekaragaman yang tinggi dari anggrek membuka peluang untuk industri kerahayuan, yaitu dengan jalan menyilangkan dan menghibridisasi anggrek Indonesia untuk diperdagangkan misalnya di Negara Taiwan yang menjadikan anggrek sebagai simbol negara atau logo perusahaan penerbangan karena mampu menghasilkan devisa negaranya.

Peran Kebun Raya dalam melakukan konservasi *ex situ* anggrek, tidak hanya mengoleksi tumbuhan hidup yang berasal dari habitat alamnya, tetapi juga dengan mengonservasi biji maupun bagian tumbuhan lainnya (embrio atau protocorm) dalam bentuk *gene banks* (bank genetik). Koleksi tumbuhan hidup juga memiliki peranan dalam konservasi anggrek karena dengan adanya koleksi hidup perkecambahan biji secara buatan dapat dilakukan dalam jumlah banyak. Hanya saja untuk jenis-jenis anggrek

saprofit dan beberapa jenis anggrek terestrial perkecambahan biji masih lebih efektif dengan cara simbiosis. Selain itu peran kebun raya adalah untuk keperluan identifikasi ataupun untuk kepentingan penelitian lainnya (fisiologi, morfologi, molekuler genetik, dsb.). Selanjutnya, hibridisasi untuk industri harmoni keestetikaan akan anggrek unggul lebih mudah dilakukan karena dekat dengan material yang bisa dipantau bunganya setiap saat.

Namun, di sisi lain juga terdapat kekurangannya. Tumbuhan yang dipelihara dalam budi daya, secara fisiologi hasil perbanyakan atau keturunannya akan lebih mudah beradaptasi dengan kondisi rumah kaca dari pada alam liar. Hal ini akan berakibat pada seleksi jenis yang tumbuh dalam kondisi lingkungan yang buatan. Masalah lainnya adalah bahwa tidak semua jenis anggrek dapat dipindahkan tumbuhnya ke luar habitatnya, terutama jenis-jenis saprofit yang sangat tergantung pada lingkungan sekitarnya karena ketergantungannya

dengan simbiosis jamur *mycorrhiza* tertentu. Di samping itu, dalam luasan lahan yang sempit tidak mungkin menampung seluruh jenis tumbuhan dengan sampel individu yang mewakili keanekaragaman genetik untuk setiap jenisnya.

Oleh karena itu konservasi *ex situ* tidak bisa dikatakan sebagai strategi konservasi yang paling efektif, namun sifatnya hanya sebagai komplemen atau bagian dari usaha konservasi secara keseluruhan.

Daftar jenis terancam kepunahan sering digunakan sebagai panduan dalam proses untuk pengambilan keputusan. Namun cara tersebut kurang efisien dalam mempromosikan pemulihan atau meminimalkan tingkat kepunahan secara global

karena sering menghabiskan dana besar dengan peluang kepunahan tertinggi. Publikasi daftar jenis anggrek yang terancam justru sering meningkatkan ancaman terhadap jenis anggrek itu sendiri. Daftar jenis yang masuk kategori IUCN dengan beberapa kategori telah banyak digunakan dengan standar evaluasi untuk kategori kelangkaan jenis tanaman dan hewan yang mempunyai resiko kepunahan. Menurut *World Conservation Monitoring Centre* (WCMC, 1995), jenis tumbuhan yang terancam di Indonesia paling tinggi ditempati oleh anggrek sebanyak 39%, Dipterocarpaceae 19%, Arecaceae 12% dan lain-lain 30%.

Kelangkaan suatu jenis tumbuhan dapat ditentukan berdasarkan kategori-kategori yang sudah tercantum dalam

Keanekaragaman
jenis Anggrek



Foto: P.Lisdiyanti & SR. Ariati

International Union Conservation Nation (IUCN) Red List Categories. Publikasi terbaru IUCN kurang lebih ada 386 jenis tanaman Indonesia yang terdaftar, tetapi tidak satupun jenis anggrek yang disebutkan (IUCN, 2009). Sebelumnya, 11 jenis anggrek dari 50 anggrek langka Indonesia telah dideskripsikan berdasarkan Redlist kategori IUCN 1994 dan hasilnya dianggap sebagai sumber yang lebih komprehensif dan akurat.

Di antara anggrek Indonesia yang dipilih, paling tidak ada 44 jenis yang memiliki prioritas tinggi untuk tindakan konservasi sesegera mungkin. Jenis-jenis anggrek tersebut adalah *Arachnis hookeriana*, *Ascocentrum aureum*, *Cymbidium hartianum*, *Dendrobium ayubii*, *D. Capra*, *D. devosianum*, *D. jacobsonii*, *D. laxiflorum*, *D. militare*, *D. nindii*, *D. pseudoconanthum*, *D. taurulinum*, *D. tobaense*, *Paphiopedilum gigantifolium*, *P. glaucophyllum*, *P. kolopakingii*, *P. mastersianum*, *P. moquettianum*, *P. niveum*, *P. primulinum*, *P. sangii*, *P. schoseri*, *P. supardii*, *P. victoria-Mariae*, *P. victoria-regina*, *P. violascens*, *Papilionanthe tricuspidata*, *Paraphalaenopsis denevei*, *Paraph. labukensis*, *Paraph. laycockii*, *Paraph. serpentilingua*, *Phalaenopsis celebensis*, *Ph. floresensis*, *Ph. gigantea*, *Ph. Inscription-sinensis*, *Ph. javanica*, *Ph. modesta*, *Ph. tetraspis*, *Ph. venosa*, *Ph. viridis*, *Vanda devoogtii*, *V. jennae* dan *V. sumatrana*.

Anggrek-anggrek tersebut pada umumnya memiliki distribusi geografis yang sempit, hampir endemik Indonesia dan banyak di antaranya hidup sebagai anggrek epifit,

lebih rentan terutama karena perusakan hutan primer yang mengakibatkan hilangnya habitat anggrek terutama di dataran rendah.

Kebun Raya untuk Konservasi Ex-situ *Rafflesia*

Rafflesia spp. memiliki nilai sangat strategis, baik dinilai dari sisi konservasi maupun ilmiah. Hampir semua marga *Rafflesia* dikategorikan sebagai tumbuhan langka dengan status genting dan akan menuju kepunahan. Tumbuhan ini umumnya merupakan jenis endemik dan langka karena hanya ditemukan di kawasan-kawasan yang sangat spesifik di permukaan bumi.

Rafflesia menghendaki persyaratan biologi yang sangat kompleks yang tecermin dari habitatnya yang sangat spesifik. Kehidupannya sangat bergantung pada pohon inang dan ekosistem pendukungnya. Hal inilah yang menyebabkannya sangat rentan terhadap perubahan atau gangguan. Demikian spesifiknya sehingga habitatnya sulit untuk dimanipulasi atau ditiru dalam sebuah ekosistem buatan. Usaha untuk melakukan konservasi secara ex-situ terhadap *Rafflesia* sudah dilakukan oleh Kebun Raya Bogor sejak awal abad ke -20 yang dirintis oleh peneliti-peneliti Belanda, namun belum memberikan hasil yang memuaskan.

Kegiatan penelitian yang telah berlangsung sejak tahun 2004 telah dilakukan dengan pendekatan yang lebih komprehensif dan

melibatkan penelitian dari berbagai aspek kehidupan *Rafflesia* seperti studi kultur jaringan, karakterisasi biji hingga anatomi. Dari studi ini telah berhasil dikoleksi tumbuhan inang *Tetrastigma* spp. yang berhasil ditumbuhi oleh *R. patma*. yang mekar pada tahun 2010 dan 2012. Sebuah pencapaian yang patut dibanggakan. Namun di masa yang akan datang diperlukan usaha yang lebih keras lagi, mengingat apa yang telah dicapai belum sepenuhnya menjawab tantangan bahwa *Rafflesia* bisa hidup dalam kondisi konservasi *ex-situ* dalam jangka panjang. Diperlukan jumlah populasi yang cukup agar *Rafflesia* hidup dan berbiak dari

generasi ke generasi dalam kondisi *ex-situ*.

Salah satu permasalahan yang dihadapi adalah belum berhasilnya perbanyakan terhadap *Rafflesia* terkait dengan karakter biologis tumbuhan ini sebagai parasit yang sangat tergantung pada habitatnya yang sangat spesifik sehingga menghasilkan interaksi yang rumit. Saat ini usaha konservasi baru dilakukan secara pasif dengan cara melindungi habitatnya.

Sebagai salah satu tumbuhan langka yang menjadi ikon strategis bagi konservasi tumbuhan. Melindungi tumbuhan ini berarti turut melakukan perlindungan terhadap habitatnya. Program pengembangan konservasi *ex-situ* *Rafflesia* merupakan satu terobosan baru, dengan melakukan konservasi tumbuhan ini diharapkan mendapatkan dukungan nasional maupun internasional.

Pengalaman melakukan beberapa kali transplanting, baik sebagian tanaman inang (dengan cara grafting) maupun memindahkan seluruh inangnya pada *Rafflesia patma* telah menimbulkan harapan untuk mengulanginya pada jenis kerabat *Rafflesia* lainnya, seperti *R. arnoldi* yang memiliki nilai konservasi lebih tinggi. Keberhasilan melakukan konservasi *ex-situ* *Rafflesia* akan bernilai strategis bagi kebun Raya Bogor karena hal ini belum pernah dilakukan oleh Kebun Raya lain di dunia.

Rafflesia micropylora



Rafflesia patma mekar pertama kali di Kebun Raya Bogor pada tahun 2010



Foto. SR. Ariati

Bab VI Pentingnya Koleksi Biologi Indonesia





Pentingnya Koleksi Biologi Indonesia

Koleksi Spesimen

Di negara-negara maju seperti Amerika, Prancis, Belanda, dan Australia, pada umumnya mereka memiliki “Museum Natural History” atau Museum Sejarah Alam. Museum sejarah alam ini menyimpan dan memamerkan koleksi spesimen berupa kekayaan alam termasuk keanekaragaman hayati. Sebagian besar koleksi yang dimiliki adalah spesimen ilmiah yang disimpan dan dirawat dengan baik di ruang terpisah dari pameran. Opset atau tata posisi gaya spesimen antara yang dipamerkan dan yang untuk ilmiah, berbeda. Namun, baik yang ilmiah maupun yang dipamerkan tersimpan rapi dan dikelola sesuai standar baku. Untuk mempermudah pemahaman bagi masyarakat atau pengunjung pameran maka spesimen pameran dibentuk seperti ketika hidup di alam, supaya dapat menginformasikan nama jenis yang bersangkutan, habitat, dan perilakunya.

Koleksi ilmiah yang tidak disajikan untuk pameran, biasanya dilengkapi dengan data yang lebih komplit. Standardisasi secara internasional dalam pengelolaan spesimen koleksi herbarium, museum, kultur koleksi, dan tumbuhan hidup, harus diterapkan dalam mengelola spesimen ilmiah. Negara-negara maju sudah sangat paham akan manfaat besar dari spesimen yang tersimpan di museum. Oleh karena itu, mereka mengelola koleksinya dengan maksimal dan menerapkan standar baku pengelolaan. Museum Zoologi Bogor dan Herbarium Bogoriense yang didirikan tahun 1894 dan 1841 dengan sejumlah

spesimen koleksi hingga saat ini masih tersimpan dan dirawat. Oleh sebab itu, untuk meningkatkan kapasitas dan kualitas yang lebih baik sejak tahun 1997, Museum Zoologi Bogor (MZB) disusul dengan pendirian koleksi Herbarium Bogoriense (2007), dan pendirian koleksi kultur mikroba Indonesia (InaCC) (2012) telah meningkatkan sistem pengelolaan spesimen dari yang memprihatinkan menjadi bertaraf internasional yang diakui dunia. Dengan status internasional tersebut maka Puslit Biologi-LIPI dengan MZB, Herbarium Bogoriense (BO), dan InaCC dipercaya dunia untuk menyimpan spesimen acuan. Mengingat pentingnya manfaat spesimen

Kelompok	Jumlah
Dicotyledonae	605.607
Monocotyledonae	97.140
Cryptogamae	55.968
Lichens	6.673
Algae	1.511
Musci	19.496
Hepaticae	16.876
Jamur	11.412
Pteridophyta	69.187
Gymnospermae	5.295
Fosil	166
Carpology	8.233
Koleksi basah	12.236
Spesimen tipe	17.037
Jumlah	870.869

Koleksi spesimen flora di Herbarium Bogoriense Puslit Biologi-LIPI

Untuk menggali pengetahuan kekayaan flora berikut kegunaannya, masih diperlukan evaluasi dan pengumpulan data koleksi flora dari lokasi yang belum terjamah di Indonesia

Sumber: Puslit Biologi-LIPI

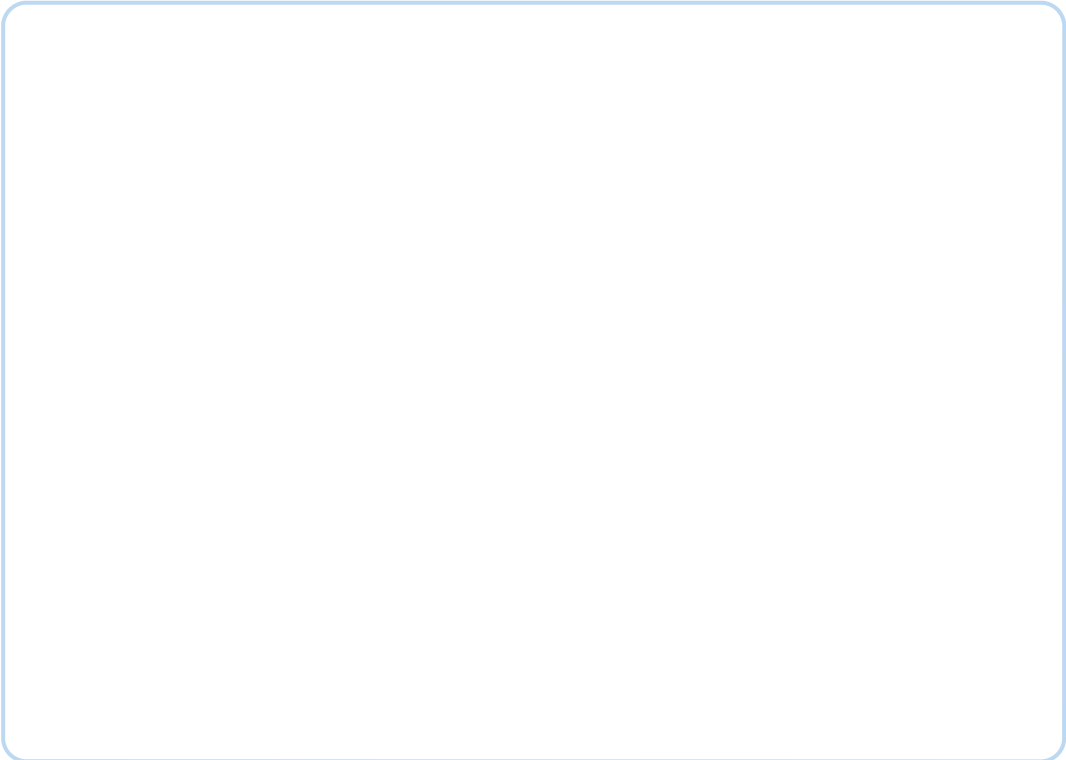
Koleksi spesimen fauna di Museum Zoologicum Bogoriense Puslit Biologi-LIPI

Takson	Indonesia	Koleksi MZB (Spesies)	Spesimen	Spesimen Tipe	
				Spesies	Spesimens
Mamalia	708	460	33.794	117	303
Burung	1.602	1.200	32.324	166	869
Insekta	45.000	15.805	2.530.743	891	2.674
Ektoparasit (Insekta)	?	105	3310*	11	26
Ektoparasit (Acari)	?	97	7073*	38	308
Herpetofauna	1.112	800	24.988	105	618
(Reptil + Amphibia)	1.112	800	24.988	105	618
Moluska	5.170	3.007	201.420	165	1.053
Ikan	5.472	1.300	144.516	250	536 *
Krustasea	1200	270	(37.060) 3.150 *		167 *
Helminth/parasit	?	116	1.706 *	28	51 *
TOTAL		23.160	3.004.845 + 4.856*		

* Nomor Katalog

Sumber: Puslit Biologi-LIPI

Masih banyak lokasi yang belum diketahui data profil kekayaan fauna. Untuk menggali kekayaan pengetahuan berikut kegunaannya, masih diperlukan evaluasi dan pengumpulan data koleksi fauna dari lokasi yang belum terjamah di Indonesia.

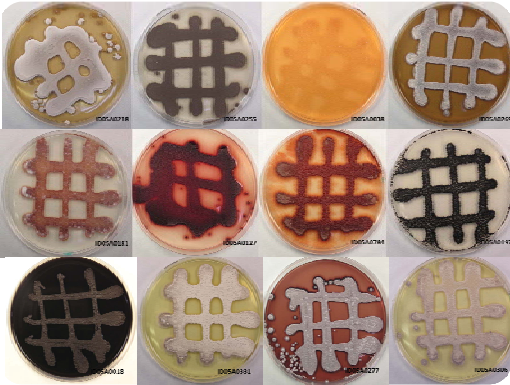
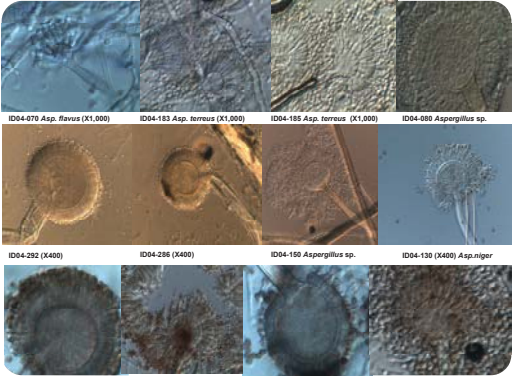


Sumber: Puslit Biologi-LIPI

untuk berbagai kepentingan maka pengelolaan koleksi agar berstandar internasional harus diterapkan meskipun membutuhkan biaya yang tidak murah. Bagi negara maju, anggaran untuk penelitian keanekaragaman hayati dan pengelolaan spesimen selalu tersedia dalam jumlah cukup. Indonesia dikenal memiliki keanekaragaman hayati yang tinggi, mestinya juga tersedia anggaran yang cukup dari pemerintah untuk penelitian keanekaragaman hayati dan pengelolaan spesimen, baik di MZB, BO maupun InaCC.

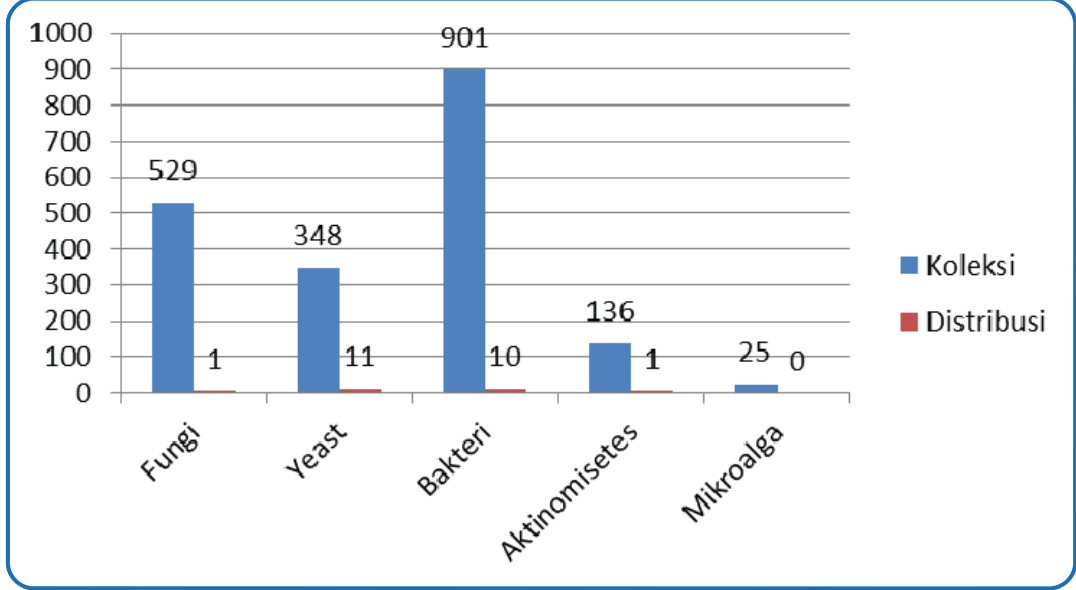
Koleksi Kultur Mikroba

Saat ini, koleksi hidup mikroba yang disimpan di Indonesian Culture Collection (InaCC), Pusat Penelitian Biologi LIPI terdiri atas 1.939 koleksi, yang dapat diakses untuk umum terbagi dalam koleksi fungi/



Koleksi kultur fungi Aspergillus Indonesia dan koleksi actinomycetes Indonesia. INACC-Puslit Biologi-LIPI

Kondisi jumlah koleksi kultur InaCC Puslit Biologi-LIPI dan distribusinya



Hasil koleksi mikroba Indonesia yang telah diidentifikasi jenis berdasarkan analisis gen rRNA hasil kerja sama riset dengan Jepang (2003–2009)

Jenis	Jumlah koleksi	Jumlah Marga
Fungi berfilamen	2.518	205
Yeast/Khamir	525	27
Aktinomisetes	3.193	64
Bakteri Pendegradasi Minyak Mentah	500	
Total	6.711	

kapang sebanyak 529 isolat, yeast/khamir sebanyak 348 isolat, bakteria sebanyak 901 isolat, actinomycetes sebanyak 136 isolat, dan mikroalga sebanyak 25 isolat. Kultur koleksi sebelum InaCC terbentuk diawali dari koleksi oleh peneliti LIPI 1970-an yang menyimpan beberapa jamur tempe, *Rhizobium* dan lain-lain. Hingga saat ini InaCC telah mengoleksi kultur yang

berasal dari berbagai daerah di Indonesia, antara lain P. Jawa, Sulawesi, Sumatra, Papua, Kalimantan, dan Nusa Tenggara, namun ada juga yang berasal dari luar negeri misalnya dari Jerman, Cina, dan Taiwan. Pemanfaatan koleksi ini masih sedikit ditunjukkan oleh angka distribusi pada isolat.

Tempat penyimpanan koleksi spesimen flora dan mikroba terbesar di Asia



Foto: Puslit Biologi-LIPI

Selain itu, ada pula koleksi mikroba hasil kerja sama riset dengan luar negeri, seperti Jepang dan Amerika Serikat yang dalam waktu dekat akan diregistrasi ke InaCC. Pembinaan koleksi mikroba sedang secara serius dilakukan di Pusat Penelitian Biologi LIPI menyusul koleksi fauna dan flora yang sudah mendunia.

Koleksi Tumbuhan Hidup

Kebun Raya merupakan bentuk nyata dari koleksi hidup kekayaan hayati Indonesia. Setiap koleksi tumbuhan di kebun raya mempunyai dokumentasi yang tertelusur, yang merupakan sejarah hidup koleksi tersebut di kebun raya, mulai dari awal masuk ke kebun raya sampai koleksi tersebut mati. Data dan informasi koleksi ini merupakan dokumentasi penting untuk kegiatan penelitian dan pendidikan.

Melalui Kebun Raya banyak jenis ataupun kultivar yang telah dikembangkan menjadi tumbuhan potensial sumber pendapatan devisa Negara, sebagai contoh adalah tanaman kelapa sawit yang berasal dari Afrika Barat, pengembangannya diawali dari koleksi Kebun Raya Bogor.

Masih banyak koleksi kebun raya yang hingga saat ini belum diketahui potensinya untuk pengembangan lebih lanjut sebagai sumber plasma nutfah.



Salah satu sudut di Kebun Raya Bogor dan beberapa koleksinya



Foto: Kebun raya Bogor

Saat ini terdapat empat kebun raya di bawah naungan LIPI, yaitu Kebun Raya Bogor, Kebun Raya Cibodas, Kebun Raya Purwodadi Pasuruan, dan Kebun Raya Eka Karya Bedugul Bali. Keempat kebun raya tersebut menyimpan koleksi tumbuhan, baik dari Indonesia maupun dari belahan dunia lainnya. Keberadaan empat Kebun Raya dirasa masih sangat kurang untuk mengonservasi keanekaragaman tumbuhan Indonesia dibandingkan dengan laju kepunahan tumbuhan sehingga diterbitkanlah Peraturan Presiden No. 93 Tahun 2011 tentang Kebun Raya, yang mengatur

	Kebun Raya Bogor	Kebun Raya Cibodas	Kebun Raya Purwodadi	Kebun Raya Eka Karya Bali
Suku	238	240	175	206
Marga	1.389	902	980	1.021
Jenis	4.273	1.929	2.207	2.314
Spesimen	23.541	11.855	13.760	19.894

Koleksi hidup tumbuhan di empat Kebun Raya-LIPI

Sumber: Kebun Raya Bogor-LIPI

Tempat
penyimpanan
koleksi
spesimen
fauna terbesar
di Asia



Foto: Puslit Biologi-LIPI

pembangunan kebun raya di Indonesia dalam upaya penyelamatan flora Indonesia secara *ex situ*. Sampai tahun 2012, telah terbina 19 Kebun Raya Daerah yang tersebar di seluruh Indonesia. Dengan meningkatnya jumlah kawasan konservasi ini diharapkan dapat mengonservasi lebih banyak flora Indonesia terutama yang terancam kepunahan dan bernilai ekonomi. Pangkalan data koleksi yang terintegrasi dibangun dan terpusat di Kebun Raya Bogor. Selain koleksi tumbuhan hidupnya, data dan informasi setiap koleksinya dapat dimanfaatkan untuk tujuan penelitian, pendidikan maupun pengembangan lebih lanjut.

Informasi Keanekaragaman Hayati

Spesimen yang tersimpan di museum dan herbarium sebagian besar sudah diidentifikasi nama jenisnya dan diketahui kedudukan dalam klasifikasi. Oleh karena itu, spesimen-spesimen koleksi tersebut dapat memberi informasi keanekaragaman jenis dan ekologi atau data biologi lainnya. Beberapa museum sejarah alam, seperti MZB dan Herbarium Bogorienses

telah mengembangkan koleksi genetika dan menjadi “Bank Gen”. Dengan demikian, dari spesimen yang tersimpan di museum, baik herbarium maupun kultur koleksi mikroba (InaCC) juga dapat menginformasikan keanekaragaman genetika. Dari data keanekaragaman dapat dilihat potensi yang terkandung yang selanjutnya dapat dimanfaatkan oleh para pengambil kebijakan untuk menentukan langkah pendayagunaan jenis yang bersangkutan.

Dari rangkaian kajian keanekaragaman hayati dengan menggunakan spesimen dan dibandingkan dengan kondisi saat penelitian maka informasi tentang status jenis dapat diperoleh. Status jenis yang dimaksud adalah endemik, langka, hampir punah, sudah punah, dan yang memiliki persebaran luas atau umum. Pengetahuan status jenis ini sangat berguna dalam menentukan kebijakan pengelolaan jenis yang bersangkutan terutama untuk pelestarian, perdagangan bersyarat atau perdagangan bebas. Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI) yang dipercaya sebagai pemegang otoritas ilmiah harus mampu menyajikan informasi

tentang keanekaragaman hayati yang ada di Indonesia. Di samping itu, LIPI juga dapat menentukan status jenis dari keanekaragaman hayati yang dimiliki Indonesia. Dengan demikian, LIPI dapat mengusulkan jenis-jenis untuk di tempatkan pada status jenis tertentu pada regulasi peraturan pemerintah. Sementara itu, Kementerian Kehutanan dan Perikanan sebagai pemegang otoritas pengelola, mempunyai wewenang menentukan status jenis dan angka kuota biota yang dapat diperdagangkan.

Kajian keanekaragaman juga dapat menentukan apakah jenis tertentu merupakan jenis asli Indonesia atau pendatang. Apabila termasuk jenis introduksi atau pendatang dan kebetulan di alam dijumpai dalam populasi tinggi maka jenis tersebut perlu diwaspadai. Jenis pendatang dalam populasi tinggi dapat mengancam jenis-jenis asli yang sekerabat karena mereka dapat menjadi pesaing dalam pencarian pangan atau merajalela, mengganggu keseimbangan ekosistem dan menjadi jenis invasif. Data-data tentang jenis pendatang ini juga dapat dimanfaatkan oleh para pengambil kebijakan dalam memberlakukan ketentuan untuk mengantisipasi jenis pendatang yang berpotensi menjadi jenis invasif, contohnya enceng gondok yang awal mulanya didatangkan hanya untuk tumbuhan hias.

Bahan Penelitian

Spesimen ilmiah ini sangat bermanfaat sebagai bahan penelitian bidang biologi terutama untuk taksonomi atau biosistematika. Setiap spesimen ilmiah harus disertai label yang berisi informasi tentang

lokasi dan tanggal koleksi, siapa kolektornya dan disertai nama jenis spesimen tersebut. Banyak juga spesimen yang dilengkapi dengan data cara koleksi, habitat atau tempat ditemukannya jenis yang bersangkutan. Setiap data yang ada pada label dapat memberikan informasi yang sangat berguna. Studi taksonomi dan biosistematika sangat bergantung akan tersedianya spesimen. Dari kajian biosistematik akan diperoleh pengetahuan tidak hanya keanekaragaman, kekerabatan atau filogeni, tetapi juga evolusi.

Informasi biologi dan ekologi seperti masa kawin, bunting, anakan, menyusui, bertelur, pupa serta ulat dapat dikaji dari spesimen koleksi. Dari data tanggal koleksi dan keterangan keadaan spesimen ketika ditangkap atau habitat yang ada pada setiap spesimen dapat menjadi dasar studi biologi atau ekologi jenis, baik berupa data pembungaan dan pembuahan maupun musim reproduksi jenis yang bersangkutan.

Informasi Persebaran, Habitat dan Populasi

Profil keanekaragaman hayati untuk setiap provinsi di Indonesia dapat ditelusur dari koleksi yang dimiliki oleh LIPI dan pustaka yang ada. Oleh sebab itu, upaya pemulihan habitat yang rusak dapat dirujuk sesuai aslinya melalui koleksi ilmiah LIPI.

Kondisi tersebut terjadi karena data lokasi dari setiap spesimen dapat menginformasikan daerah persebaran jenis yang bersangkutan. Terlebih, jika data lokasi yang ada juga dilengkapi dengan koordinat maka daerah persebaran jenis yang

bersangkutan dapat dipetakan. Meskipun ketika mengoleksi kita tidak harus mengumpulkan spesimen sebanyak-banyaknya, tetapi dengan jumlah spesimen yang banyak di dalam koleksi juga dapat menginformasikan perkiraan besar-kecilnya populasi jenis yang bersangkutan saat itu. Catatan habitat sangat berguna karena dapat menginformasikan kondisi hutan, vegetasi atau lokasi pada saat pengoleksian. Di samping itu, informasi tentang perilaku jenis yang bersangkutan biasanya juga dapat diekstrak dari data habitat dan cara koleksi. Dengan demikian, data yang terkandung dapat dijadikan dasar kajian untuk studi biologi yang lebih maju.

Penyusutan

Keanekaragaman Hayati

Data tanggal yang tertera di dalam label spesimen dapat menginformasikan musim keberadaan jenis yang bersangkutan. Selain musim kehadirannya, tidak jarang spesimen juga dapat menginformasikan status daur hidup mereka, misalnya sedang masa bertelur, bunting, migrasi, “swarming”, anakan, dewasa atau sedang musim kawin ketika koleksi dilakukan. Apabila koleksi dilakukan berkala walau tidak setiap tahun, data tanggal koleksi ini dapat memberi gambaran dinamika keberadaan jenis yang bersangkutan. Laju penyusutan keanekaragaman hayati pada suatu tempat juga dapat ditelusuri melalui data tanggal yang ada pada spesimen. Sebagai salah satu contoh kasus terjadinya penyusutan keanekaragaman dari hasil

penelitian para peneliti LIPI bahwa udang mencapai sekitar 80% dan ikan 75% di sungai Ciliwung dan Cisadane dalam kurun waktu 100 tahun. Penelusuran spesimen dilakukan mulai dari hasil koleksi 1910–2010. Penyusutan keanekaragaman udang dan ikan yang dilaporkan tersebut diduga akibat terjadinya perubahan kondisi perairan—yang mungkin disebabkan oleh adanya perubahan vegetasi di sepanjang sungai dan penggunaan sungai yang tidak bijak sehingga menimbulkan polusi. Dengan demikian, melalui spesimen koleksi ikan dan udang dapat ditelusuri perubahan lingkungan di sekitar sungai Ciliwung dan Cisadane.

Kondisi yang sama, yaitu hilangnya keanekaragaman flora di Pulau Jawa juga menunjukkan bahwa dari 68 jenis flora endemik di Jawa, 195 jenis di antaranya sulit bahkan tidak ditemukan lagi.

Perubahan Iklim Global

Dampak perubahan iklim global dapat ditelusuri melalui koleksi spesimen yang ada di museum dan Herbarium. Data yang dapat menginformasikan perubahan iklim global diperoleh dari catatan lokasi dan tanggal dari setiap spesimen. Ternyata jenis-jenis tertentu menunjukkan adanya pergeseran distribusi atau daerah persebarannya. Di beberapa negara penelitian dampak perubahan iklim terhadap keanekaragaman hayati dengan menggunakan spesimen binatang yang ada di museum sudah banyak dilakukan. Di Indonesia penelitian serupa belum pernah dilakukan secara mendalam, tetapi

penelusuran spesimen burung kepinis *Hirundo rustica* oleh Somadikarta (2012) menunjukkan bahwa migrasi jenis ini mencapai Indonesia diduga karena musim dingin yang terlalu panjang di bumi belahan utara. Pada lokasi yang sama di beberapa lokasi di Lombok, hasil koleksi Collembola yang dilakukan pada tahun 1986–1987 dibandingkan dengan tahun 2004 sangat berbeda keanekaragaman dan jumlah individu yang ditangkap. Penyusutan keanekaragaman dan populasi terdeteksi dari menurunnya jumlah jenis dan individu yang terkoleksi. Kondisi vegetasi pada tahun 2004, dijumpai sudah tidak serimbun dan keadaan lantai hutannya juga tidak selembap tahun 1986–1987 menjadi penyebab berkurangnya keanekaragaman, sebagai contoh pada kasus serangga dan populasi Collembola. Di antara biota, seperti contoh pada biota tanah, Collembola merupakan salah satu takson penting untuk indikator hayati keadaan tanah, terutama kelembapan. Kenaikan suhu dan penurunan kelembapan lantai hutan pada tahun 1986–1987 dan 2004 diduga menjadi penyebab Collembola tidak nyaman hidup pada lokasi tersebut sehingga spesimen yang terkoleksi pada tahun 2004 jauh lebih sedikit, baik dari keanekaragaman maupun jumlah individu. Hal yang sama terjadi

pada tumbuhan, dari data spesimen flora akan mudah diketahui bahwa masa pembungaan dan pembuahan tumbuhan di Indonesia ada kecenderungan bergeser. Hal ini menunjukkan bahwa perubahan iklim sangat memengaruhi pembungaan dan pembuahan sehingga tidak mengherankan bahwa saat ini dijumpai mangga yang berbuah di bulan Desember padahal sebelumnya buah mangga berbuah di bulan April.

Inspirasi Karya Seni

Spesimen koleksi yang ditata dengan posisi indah dapat menjadi pajangan penghias ruang, misalnya kupu-kupu. Selanjutnya, bentuk dan anatomi pohon sangat indah untuk dijadikan sebagai motif batik. Seorang perancang motif batik terinspirasi berkarya batik bermotifkan harimau dan burung setelah melihat koleksi spesimen di MZB dan Herbarium Bogoriense. Di samping itu, ada juga perancang barang pecah belah untuk merancang gambar kupu-kupu, kumbang, dan kepik pada mug. Selain indah, rancangan pada mug dilengkapi keterangan tentang jenis yang bersangkutan. Karya seni tersebut sekaligus merangsang dan meningkatkan kepedulian terhadap satwa-satwa Nusantara.

Bab VII

Langkah Kedepan

Bioresources Indonesia





Langkah ke Depan Bioresources Indonesia

Bioresources yang tertuang dalam buku ini baru sebagian kecil yang sedang LIPI lakukan dan dari pemaparan tentang *bioresources* Indonesia dari Bab I sampai dengan Bab VI, sekarang menjadi jelas bahwa *bioresources* Indonesia masih sedikit yang terungkap dengan tuntas, baik sejak keberadaan, karakterisasi, pemanfaatan maupun hingga konservasi-nya. Oleh sebab itu, untuk menghadapi pembangunan berbasis ekonomi hijau dan merupakan daya saing bangsa yang dapat menjadikan *bioresources* sebagai pilar masyarakat dalam mengentaskan kemiskinan, menghadapi mitigasi bencana, perubahan iklim, pesatnya pertumbuhan penduduk, dan juga pesatnya laju deforestasi di Indonesia maka peningkatan *bioresources* Indonesia perlu digarap lebih teliti dan cermat sehingga berhasil menanggulangi hal-hal tersebut diatas dalam waktu 10–25 tahun mendatang. Dengan demikian, perlu dicermati tentang penelitian yang perlu dilakukan sehingga menghasilkan produk yang dapat membawa masyarakat dan bangsa ini lebih mumpuni, makmur, dan berswasembada pangan, papan maupun sandang dan obat-obatan.

Bioresources merupakan Plasma Tersembunyi

Bioresources Indonesia merupakan plasma nutfah yang tersembunyi, namun sayangnya potensi yang begitu besar ini belum dipahami secara baik oleh sebagian besar bangsa ini. Potensi biodiversitas di dalamnya juga belum dikenali dengan baik dan pemanfaatan *bioresources* hayati

belum dilakukan secara optimal. Pengelolaan *bioresources* yang ideal adalah pendekatan yang menyeluruh, baik dari aspek inventarisasi, karakterisasi, pemanfaatan maupun konservasi. Dalam hal ini, termasuk di dalamnya adalah konservasi *ex situ* dan koleksi ilmiah. Karena itu, percepatan inventarisasi jenis yang ada di Indonesia seharusnya segera dilakukan, untuk dijadikan pilar dalam pengelolaan *bioresources* yang berpotensi untuk papan, pangan, dan sandang serta obat-obatan.

Bioresources Indonesia sebagai Pilar Utama Ekonomi Dunia

Sepanjang perjalanan sejarah, *bioresources* Indonesia telah menjadi pilar utama ekonomi. Sejak dari perdagangan rempah-rempah pada masa kolonial Belanda hingga pemerintahan RI sebelum tahun 1990-an, komoditas kopi, teh, tembakau, coklat, cengkeh, karet, dan produk perkayuan telah menjadi komoditas ekspor utama. Selama 2 dasa warsa dari sekarang, ekspor *bioresources* melebar kearah komoditas berbasis sawit, *pulp/paper*, perikanan, dan produk olahan berbasis *bioresources*. Demikian pula industri jasa lingkungan dan industri jasa lain yang terkait *bioresources*, meningkat tajam. Saat ini PDB Indonesia masih mengandalkan *bioresources*, mulai dari sektor produksi primer dan jasa yang terkait mencapai lebih dari 60% . Ini juga terefleksi pada angka penyerapan angkatan kerja dari kegiatan ekonomi yang berbasis *bioresources*, mencapai lebih dari

65%. Dengan kata lain, jika pembangunan memprioritaskan pada pengelolaan *bioresources* maka masalah pengangguran dapat dikurangi secara nyata. Keadaan ini masih bisa ditingkatkan di masa mendatang dengan memerankan sentuhan IPTEK yang lebih intensif dalam pengelolaan *bioresources*. Berbagai produk berbasis teknologi di bidang farmasi dengan sentuhan bioteknologi molekuler telah terbukti memberikan nilai tambah yang jauh lebih besar untuk *bioresources*. Di masa mendatang diprediksi bahwa ekonomi *bioresources* yang diperdagangkan dunia sangat kental kandungan genetiknya, baik di tingkat gen maupun kombinasinya. Untuk itu, kapasitas riset dan iptek dalam negeri harus ditingkatkan. Dengan demikian, totalitas dalam pengelolaan *bioresources* dengan segala mata rantai nilai yang terkait dan didukung oleh kemampuan iptek yang handal maka keinginan Indonesia menjadi kekuatan ekonomi baru, yang patut diperhitungkan dunia, akan mudah dicapai dalam waktu yang relatif pendek. Peran pengelolaan *bioresources* tidak saja untuk mendukung pembangunan sosial-ekonomi, tetapi juga berposisi penting dalam ekologi global, seperti pengaruh perubahan iklim dunia.

Menghadapi Tantangan *Bioresources* Indonesia untuk Pembangunan Ekonomi Hijau

Dampak negatif dari revolusi hijau semakin dirasakan pada era akhir-akhir ini, yaitu semakin rendahnya kualitas biologi, kimia, dan fisika tanah yang berdampak pada penurunan produksi dan meningkatnya serangan hama dan penyakit tanaman.

Untuk menggalang ekonomi hijau dan mengatasi dampak negatif dari revolusi hijau, peningkatan penggunaan pupuk organik dengan memanfaatkan mikroba lokal diharapkan akan menjadi pilar kebangkitan pertanian. Agen pembenah tanah, seperti pupuk organik berupa kompos atau kotoran hewan yang telah diproses dengan sentuhan teknologi yang sesuai, dan juga agen hayati seperti mikroba penyubur perakaran memiliki peran sentral dalam memperbaiki sifat tanah. Peluang ini sangat sesuai untuk menindaklanjuti hasil-hasil penelitian agen pembenah tanah dan mikroba perakaran sebagai agen pupuk organik hayati skala laboratorium, rumahkaca, dan lapangan yang telah dilakukan oleh LIPI. Kekayaan koleksi mikroba yang berasal dari hampir seluruh wilayah Indonesia dan penguasaan teknik dalam preservasi merupakan aset Indonesian Culture Collection (InaCC-LIPI) dan bangsa, yang sangat berharga sebagai pilar penunjang pengembangan pupuk organik hayati sesuai dengan kondisi wilayah target aplikasi.

Mikroba-mikroba yang digunakan didukung oleh data ilmiah yang secara rinci efektivitas dan aktivitasnya dapat diandalkan. Untuk pembuatan biang pupuk organik hayati sepenuhnya memanfaatkan bahan organik yang ada di masyarakat, seperti bekatul, tepung ikan, tepung jagung, tetes tebu, dan ekstrak taoge. Teknologi yang sangat sederhana secara manual, mengandalkan sepenuhnya tenaga manusia sehingga biaya produksi ditekan serendah mungkin

Melalui perbaikan kualitas tanah tersebut diharapkan produk-produk material unggulan dapat dipacu lebih tinggi dengan terciptanya aneka macam biokomposit, bioplastik, dan nanokomposit yang mulai dilirik untuk menjadikan *bioresources* Indonesia sebagai pilar industri ekonomi hijau

Penggunaan energi terbarukan menjadi pilar utama masa depan untuk menyongsong ekonomi hijau, *bioresources* Indonesia menjadi pilihan potensial untuk bahan baku bioethanol dan biodiesel dengan menggunakan biomassa ber-lignoselulosa dan algae. Penggunaan ini menjadi lebih kompetitif jika kekayaan mikroba yang ada, berikut mikroba yang ada dalam tubuh khazanah fauna dipergunakan secara optimum. Penggunaan bahan ini dapat mengurangi kompetisi peruntukan antara untuk kebutuhan pangan atau pakan dan energi yang saat ini banyak dikembangkan dari bahan berpati dan bergula. Bioetanol ini dapat menjadi substitusi premium. Penggunaan etanol untuk bahan bakar dapat menurunkan ketergantungan terhadap bahan bakar fosil, mengurangi defisit perdagangan, menciptakan pekerjaan di daerah pedesaan, mengurangi polusi udara, dan mengurangi perubahan iklim global akibat pelepasan CO₂. Etanol mengandung oksigen 35% lebih tinggi dibandingkan gasolin sehingga dapat mengurangi polusi dan emisi NO_x dari pembakaran serta kandungan oktannya lebih tinggi

Bioresources Indonesia dalam Menghadapi Perubahan Iklim dan Mitigasi Bencana

Perubahan iklim sudah ada di hadapan kita semua, berbagai bibit penyakit dan hama yang semula tidak terlihat akhirnya mulai muncul satu per satu dan mengganggu kestabilan ketahanan pangan, energi, obat dan sebagainya. Untuk mengatasi hal tersebut, penggalangan bibit pangan dengan aneka ketahanan, seperti tahan terhadap air masin, asam, kekeringan, dan banjir dengan kombinasi pemanfaatan mikroba lokal melalui substitusi pupuk organik sangat diperlukan untuk meningkatkan ketahanan pangan. Penggunaan tareang sebagai pengganti gandum dengan nilai gizi protein tinggi dapat dipertimbangkan karena sumber plasma nutfah unggul tersebut telah dikembangkan oleh sebagian kecil masyarakat Sulawesi Barat.

Oleh sebab itu, untuk mengurangi dampak dari perubahan iklim global dan degradasi atau pengikisan sumber plasma nutfah, pengembangan kebun raya sebagai pilar utama untuk menampung atau menyelamatkan plasma nutfah lokal sangat diperlukan untuk setiap ekosistem.

Langkah ke Depan Bioresources Indonesia

Melihat kenyataan tersebut maka dalam jangka menengah dan jangka panjang pengelolaan *bioresources* termasuk di dalamnya adalah biodiversitas perlu

dilakukan dengan langkah-langkah: (1) Mengadakan gerakan penyadaran pentingnya pengelolaan *bioresources* dan biodiversitas untuk pembangunan dalam sektor pangan, bioenergi, obat-obatan dan jasa lingkungan, (2) Meningkatkan pemanfaatan potensi biodiversitas yang sudah terbukti bermanfaat yang pada akhirnya mengurangi tekanan keaneka-ragaman hayati, (3) Meningkatkan kualitas dan kuantitas biodiversitas dengan melakukan perlindungan spesies, ekosistem, dan genetik, (4) Meningkatkan pelaksanaan penelitian mendasar tentang pemanfaatan dan pengelolaan biodiversitas; (5) Konsisten mengimplementasikan konvensi melalui perencanaan, manajemen pengetahuan, dan *capacity building*; (6) Dukungan pendanaan untuk riset, pengembangan *data base*, pengembangan tenaga ahli taksonomi, penggalangan taksonomi dan hukum SDH. Dengan melaksanakan hal ini maka potensi bioresources akan menjadi pilar utama dalam pembangunan ekonomi hijau yang menopang pada kemajuan dan kesejahteraan bangsa. Dengan demikian, anugerah Tuhan kepada bangsa Indonesia dapat memberikan kemakmuran. “*No resources, No Research, No Future*”.

Kebijakan Pemerintah dalam Mendukung Bioresources Indonesia ke Kancah Dunia.

Penyeimbangan antara pelestarian dan pemanfaatan sumber daya alam hayati dapat berlangsung secara berkelanjutan,

jika upaya konservasi berpijak pada dukungan ilmu pengetahuan dan teknologi (iptek). Perkembangan iptek yang makin pesat, persaingan antar-bangsa yang semakin ketat serta dampak arus globalisasi yang semakin meluas, menuntut pemanfaatan, pengembangan, dan penguasaan iptek secara tepat, cepat, dan cermat serta bertanggung jawab agar mampu memacu pembangunan menuju terwujudnya masyarakat yang mandiri, maju, dan sejahtera. Selain itu, dalam menghadapi perkembangan permasalahan akses terhadap sumber daya genetik, Indonesia sebagai negara dengan kekayaan *bioresource* sangat perlu memiliki kemampuan penguasaan ilmu dan teknologi agar dapat mengolah kekayaan tersebut. Melalui iptek, kita akan dapat memperoleh dan memiliki nilai tambah terhadap sumber daya sesuai permintaan pasar dengan tetap mempertahankan pelestarian, fungsi, dan kemampuan lingkungan hidup agar dapat menjamin pembangunan yang berkelanjutan. Pewujudannya memerlukan keseriusan semua pihak, mulai dari para pengambil kebijakan, pengelola, dan juga para peneliti. Kebijakan mengenai dana penelitian di bidang *bioresource* perlu diberikan porsi yang cukup besar sehingga arah dan kegiatan penelitian yang terkait *bioresource* dapat dilakukan oleh peneliti Indonesia dan tidak tergantung dari dana-dana penelitian yang dibawa oleh para peneliti asing yang melakukan penelitian *bioresource* di

Indonesia. Dalam memanfaatkan *bioresources* secara berkelanjutan, Indonesia perlu menentukan kebutuhan teknologi, mencari dan mengelola informasi tentang teknologi, menyesuaikan teknologi yang ada, dan mengembangkan teknologi sendiri. Melalui kebijakan tersebut di atas, diharapkan dapat mengurangi terjadinya pencurian sumber daya genetik dari *bioresource* di Indonesia. Selanjutnya, *bioresources* semakin berdaya guna bagi bangsa jika hubungan antara industri dan hasil kajian penelitian lembaga riset Indonesia, yang melibat-kan *bioresources* Indonesia dapat didorong melalui pemberian fasilitas kemudahan dan keuntungan bagi perusahaan yang melakukannya. Dengan demikian, aset negara diharapkan juga akan meningkat secara tidak langsung.

Kebijakan lainnya dalam pengelolaan *bioresource* di Indonesia yang cukup penting antara lain adalah perlu mempertimbangkan munculnya berbagai peraturan baru yang mungkin akan mampu memperjelas struktur, tanggung jawab dan kewenangan kelembagaan, dan pengembangan kebijakan yang mampu melindungi keberadaan *bioresource* sebagai aset negara untuk masa kini dan masa depan.

Otoritas pengelola yang terkait dengan pemanfaatan *bioresource* di Indonesia terdapat di beberapa kementerian seperti Kementerian Kehutanan, Kementerian Kelautan dan Perikanan,

dan Kementerian Pertanian, tetapi sebagai *focal point* dalam pelaksanaan konvensi keanekaragaman hayati terdapat di Kementerian Lingkungan Hidup. Banyaknya kementerian yang bertanggung jawab terhadap pengelolaan dan pemanfaatan *bioresource* di Indonesia, menyebabkan pengelolaannya kurang efektif dan efisien. Terkait dengan otoritas keilmuan bidang keanekaragaman hayati, hanya satu lembaga penelitian yang bertanggung jawab, yaitu Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI) (PP No. 8 Th. 1999 dan PP No. 60 Th. 2007) sehingga pertimbangan/rekomendasi yang diberikan dapat lebih cepat, akurat, netral, dan dapat dipertanggungjawabkan. Selain itu, LIPI juga ditunjuk sebagai *focal point* SBSTTA dan GTI dalam pelaksanaan konvensi Keanekaragaman Hayati. Oleh karena itu, melalui kegiatan penelitian dengan segala keterbatasannya selalu berupaya untuk mengungkapkan kekayaan *bioresource* Indonesia (temuan jenis baru dan juga informasi tentang hilangnya keanekaragaman hayati), potensi dan juga penelitian-penelitian untuk meningkatkan nilai tambah dari *bioresource* di Indonesia.

Pustaka Acuan



Pustaka Acuan

- Abdurrohim, S., Mandang, Y.I., and Sutisna, U. 2004. *Atlas Kayu Indonesia Jilid III. Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Hasil Hutan*. Badan Litbang Kehutanan, Departemen Kehutanan.
- Abe, K., Iwamoto, S., Yano, H. 2007. Obtaining Cellulose Nanofibers with a Uniform Width of 15 nm from Wood. *Biomacromolecules* 8: 3276–3278.
- Adegunwa, A.E., and Omitogun, L. 2011. Effect of processing on nutritional contents of yam and cocoyam tubers. *J. Appl. Biosci.* 46:3086–3092.
- Aduening, J., Lamboll, J., Mensah, G., Lamptey, J., Moses, E., Dankyi, A., Gibson, R. 2006. Development of superior cassava cultivars in Ghana by farmers and scientists: The process adopted, outcomes and contributions and changed roles of different stakeholders. *Euphytica* 150: 47–61.
- Afni, K. 2008. Analisis Kelayakan Pengusahaan Lobster Air Tawar (Kasus K'BLAT'S Farm, Kec. Gunung Guruh, Kab. Sukabumi, Jawa Barat). *Skripsi*. Bogor: Program Studi Manajemen Agribisnis, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor. [Tidak Dipublikasikan].
- Agus, F. 2007. Cadangan, Emisi dan Konservasi Karbon pada Lahan Gambut. [[http://balit-tanah.litbang.deptan.go.id/dokumentasi/lainnya/buku%20bunga%20rampai%20kta%2012-07%20\(fahmuddin_agus\).pdf](http://balit-tanah.litbang.deptan.go.id/dokumentasi/lainnya/buku%20bunga%20rampai%20kta%2012-07%20(fahmuddin_agus).pdf)], Diunduh pada 16 Agustus 2012.
- Akkerman, I., Janssen, M., Rocha, J., Wij, H. 2002. Photobiological hydrogen production photochemical efficiency and bioreactor design. *Int J Hydrogen Energy*. 27: 1195–1208.
- Akmal Putra, NSSU., Jamal, K., Bachtiar, I. 2009. Tingkat serapan beberapa jenis rumput laut *Kappaphycus* spp. Pada pola budidaya sistem long line di kawasan budidaya rumput laut Galesong Kabupaten Takalar. [<http://www.scribd.com/doc/43391645/Serapan-Karbon-Beberapa-Jenis-Rumput-Laut>], Diunduh pada 16 Agustus 2012.
- Alaerts, G. J., Rahman Mahbubar, M.D. and Kelderman, P. 1996. Performance analysis of a full-scale duckweed-covered sewage lagoon. *Water Res.* 30(4): 843–852.
- Allen, G.R. & Hadiaty, R.K. 2011. A new species of Rainbow fish (*Melanotaeniidae*) from western New Guinea (West papua Province, Indonesia). *Jurnal of the Australian New Guinea fishes association, ANGFA, Fishes of Sahul* 25 (1): 601–607.
- Amir, M. and Kahono, S. 2002. The insect visitors of *Crotalaria juncea* (Mimosaceae) flower at Cibinong, Bogor, West Java. *Ekologia*: 2 (2), 10–13.
- Amir, M. and Kahono, S. 1994. Pollination in *Crotalaria usaramoensis* (Baker) (Papilionidae) by Bee Pollinators. *Treubia* 31 (1): 55–57.
- Amir, M., Kahono, S & Erniwati. 2004. Inventarisasi dan Karakterisasi Serangga Pengunjung Bunga Tanaman Buah-buahan di Jawa. *Laporan Teknik*. Proyek Inventarisasi dan Karakterisasi Sumber Daya Hayati. Pusat Penelitian Biologi-LIPI.
- Amir, M., Kahono, S., & Erniwati. 2004. Inventarisasi dan Karakterisasi Serangga pengunjung bunga Tanaman Buah-buahan di Jawa. *Laporan Teknik*. Proyek Inventarisasi dan Karakterisasi Sumberdaya Hayati. Pusat Penelitian Biologi-LIPI.
- An, C.G., Weng X.L., Xu Y.Z., Fan Y.J., and Zhao Y.L. 2011. Histological and ultrastructural studies on the male reproductive system and sperma-togenesis in the red claw crayfish, *Cherax quadricarinatus*. *J. of Crustacean Biology*. 31 (2): 223–230.
- Anand, P.A., Kunnumakkara, B., Sundaram, C. Harikumar, K.B., Tharakan, S.T., Oiki, S.L. Sung, B., & Anggarwai, B.B. 2008. Cancer is a preventable disease that requires major lifestyle changes. *J. pharma Res.* 25(9):2097–2116.
- Anbarini, R. 2009. Liputan Pimnas XXII: Ganyong Pun Dapat Jadi Es Krim Lezat. <http://www.unpad.ac.id/berita/liputan-pimnas-xxii-ganyong-pun-dapat-jadi-es-krim-lezat>.
- Anonim. 1981. *Daftar Komposisi Bahan Makanan*. Direktorat Gizi Departemen Kesehatan RI. Jakarta
- Anonim. 1982. *Planktonology*. Ditjen Perikanan Dept. Pertanian, Jakarta, 130 hlm., 438 ilustrasi.
- Anonim. 1986. *Jenis-jenis Pohon Disusun Berdasarkan Nama Daerah dan Nama Botaninya Di Seluruh Indonesia*. Badan Inventarisasi dan Tata Guna Hutan. Departemen Kehutanan. Jakarta.
- Anonim. 2005. Pergeseran Kebijakan Energi akan Menguntungkan Sumatra Selatan. http://dbm.djmbp.esdm.go.id/old/portaldpmb/modules/_news_detail.php?id=1518, ESDM (Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral).
- Anonim. 2006. *Penelitian, Pengembangan dan Penerapan IPTEK Energi Terbarukan Untuk MendukungKeamanan Ketersediaan Energi 2005–2025*, Kementerian RISTEK, Jakarta.

- Anonim. 2009. Biodiesel: 25 mesin Pres Jarak Tak Berfungsi, *Kompas*, Kamis 17 September 2009, hlm. 24.
- Anonim. 2012. Biodiesel Jadi Indikasi Pengelolaan Lingkungan, *Kompas*, Rabu 8 Februari 2012, Ilmu Pengetahuan dan Teknologi, hlm. 14.
- Ansal, M.D., Dhawan, A., and Kaur, V.I. 2010. Duckweed based bio-remediation of village ponds: An ecologically and economically viable integrated approach for rural development through aquaculture. *Livestock Research for Rural Development* 22(7): Article #129. Retrieved April 1, 2012, from <http://www.lrrd.org/lrrd22/7/ansa22129.htm>
- Anshori, I. 2011. Nabati Tak Mau Menanti. *Majalah Energi*, Edisi Juni 2011. 17–19
- Astuti, I.P.L. Poernama S. Said, T.D., Kosasih, R.N.A. (Ed.). 2001. An Alphabetical List of Plant Species Cultivated in the Bogor Botanical Garden 2001. Indonesian Institute of Sciences Bogor Botanic Garden - Bogor.
- Astutik, S. 2011. Carbon stock linkage to plant diversity on Mount Gede Pangrango National Park as the core zone of Cibodas Biosphere Reserve. *MAB Young Scientist Award Research Report*. MAB-UNESCO, France
- Backer, C.A., van der Brink, R.C.B. 1965. *Flora of Java Vol II*. Groningen: Noordhoff. 641p.
- Baillie, C. 2004. Why Green Composites? In: Baillie (Ed.). *Green Composites: Polymer Composites and the Environment*. Woodhead Publishing Ltd. pp. 1–8.
- Balat, M. and H. Balat. 2009. Recent trends in global production and utilization of bio-ethanol fuel. *Applied Energy* 86:2273–2282.
- Bappenas. 2003. *Indonesian Biodiversity Strategy and Action Plan 2003–2020*. National Development Planning Agency (Bappenas), Jakarta.
- Barbosa, M.J., Rocha J.M.S, Tramper J., Wijnsels R.H. 2001. Acetate as a carbon source for hydrogen production by photosynthetic bacteria. *J Biotechnol* 85:25–33.
- Bender, J., Phillips, P. 2004. Microbial mats for multiple applications in aquaculture and bioremediation. *Bioresour Technol* 94:229–238.
- Benemann, J.R. 1998. The technology of biohydrogen. In *Biohydrogen*. Aborsky O.R. (Ed.). Plenum Press New York and London. (19–30).
- Berdy, J. 2005. Bioactive microbial metabolism. *J. of antibiotics* 58: 1–6. Bérdy. *J. Antibiotics* 58,1–26.
- Berglund, L.A. 2004. Cellulose Based Nanocomposites. In: Mohanty (Ed.). *Natural Fibers, Biopolymers and Their Biocomposites*. CRC Press LCC. pp. 807–832.
- Biro Pusat Statistik. 2011. *Statistik Indonesia*. Biro Pusat Statistik, Jakarta.
- Blakesley, D., Hardwick, K., and Elliott, S. 2002. Research needs for restoring tropical forest in Southeast Asia for wildlife conservation; framework species selection and seed propagation. *New forest* 24: 165–174.
- Blanco A., Sanz B., Llama M.J., and Serra J.L. 1999. Biosorption of heavy metals to immobilised *Phormidium laminosum* biomass. *J Biotechnol* 69: 227–240.
- Bledzki, A.K., Faruk, O., and Sperber, V.E. 2006. Cars from Bio-Fibers. *Macromolecular Materials Engineering* 291: 449–457.
- Bligh, E.G. and Dyer, W.J. 1959. A rapid method of total lipid extraction and purification. *Can. J. Biochem. Physiol.*, 37, 911–917.
- Brink, M., and Escobin, R.P. 2003. Plant Resources of South-East Asia No. 17. Fibre Plants. Prosea Foundation. Bogor, Indonesia, 456 pp.
- Budiharta, S., Widyatmoko, D. Irawati, Wiriadinata, H., Rugayah, Partomihardjo, T. Ismail, Uji, T., Keim, A.P., and Wilson, K.A. 2011. The processes that threaten Indonesian plants. *Oryx* 45(2): 172–179
- Budiman, I., Gopar, M., Subyakto, and Subiyanto, B. 2009. Pengaruh Lama Perlakuan Uap pada Serat terhadap Sifat Fisis dan Mekanis Papan Semen Serat Sisal. *J. Ilmu dan Teknologi Kayu Tropis* 7(1): 27–33.
- Budiman, I., Maddu, A., Pari, and G., Subyakto. 2010. Pembuatan Serat Karbon dari Serabut Kelapa: Analisis Derajat Kristalinitas dan Struktur Permukaan Serat Karbon Menggunakan X-Ray Diffraction dan Scanning Electron Microscope. *Prosiding Seminar Nasional Masyarakat Peneliti Kayu Indonesia XIII*, Bali 10–11 November 2010. 519–528.
- _____. 2011. Development of Cement-Coir Carbon Fiber Composites with Self-Detection Capability. *Wood Research Journal* (submitted).
- Budiman, I., Syamani, F.A., Subyakto, dan Subiyanto, B. 2005. Pemanfaatan Serat Abaca (*Musa textilis* Nee) untuk Komposit Papan Serat dengan Perekat Semen. *Prosiding Seminar Nasional Masyarakat Peneliti Kayu Indonesia ke VIII*. Fakultas Kehutanan, Universitas Mulawarman. Tenggarong, 3–5 September 2005. pp.8–66–71.
- Burja, A.M., Abou-Mansour, E., Banaigs, B., Payri, C., Burgess, J.G., and Wright, P.C. 2002. Culture of the *Marine cyanobacterium, Lyngbya majuscula* (Oscillatoria), for bioprocess intensified production of cyclic and linear lipopeptides. *J. Microbiol. Meth.*, 48, 207–219.
- Barchia, F., S. Nur Muin, D. Gita, N. Silalahi, Robiah dan A. Sani. 2009. Tampilan Kentang Hitam (*Coleus tuberosum*) pada Tanah Mineral

- Masam Bengkulu. *Makalah Tanaman Pangan*. E-Paper Universitas Bengkulu. <http://unib.ac.id/epaper/dokumen>
- Burja, A.M., Abou-Mansour, E., Banaigs, B., Payri, C., Burgess, J.G., and Wright, P.C. 2002. Culture of the *Marine cyanobacterium, Lyngbya majuscula* (Oscillatoriaceae), for bioprocess intensified production of cyclic and linear lipopeptides. *J. Microbiol. Meth.*, 48, 207–219.
- Burkill, I.H. 1951. Dioscoreaceae. *Flora Malesiana* 43 (1): 293–335.
- Cardozo, K.H.M., Thaiz, G., Marcelo, P.B., Vanessa, R.F., Angela, P.T., Norberto, P.L., Sara, C., Moacir, A.T., Anderson, O.S., Pio, C., and Ernani, P. 2007. Review: Metabolites from algae with Economic Impact. *Comparative Biochemistry and Physiology*, Part C 146: 60–78
- Castenholz, R.W. 2001. Class I: Chloroflexi. In: Boone D.R., Castenholz R.W., Garrity G.M. (Eds.) *Bergey's manual of systematic bacteriology*. Springer, New York, pp. 427.
- Castenholz, R.W. 2001. Phylum BX. Cyanobacteria. Oxygenic photosynthetic bacteria. In: Boone D.R., Castenholz R.W., Garrity G.M. (Eds.) *Bergey's manual of systematic bacteriology*. Springer, New York, pp. 474–487.
- Cedergreen, N. and Madsen, T.V. 2002. Nitrogen uptake by the floating macrophyte *Lemna minor*. *New Phytologist* 155: 285–292.
- Chaillan, F., Gugger, M., Saliot, A., Coute, A., Oudot, J. 2006. Role of cyanobacteria in the biodegradation of crude oil by a tropical cyanobacterial mat. *Chemosphere* 62:1574–1582
- Charoensub, R., Thiantong, D. and Phansiri, S. 2008. Micropropagation of Bat Flower Plant, *Tacca chantrieri* Andre. *Nat. Sci.* 42:7–12
- Chen WH, Chen, SY., Khanal, SK., Sung, S. 2006. Kinetic study of biological hydrogen production by anaerobic fermentation. *Int J Hydrogen Energy* 31:2170–2178.
- Chen, X., Sun, Y., Xiu, Z.L., Li, X., and Zhang, D. 2006. Stoichiometric analysis of biological hydrogen production by fermentative bacteria. *Int J Hydrogen Energy* 31:539–549.
- Cheng, J., Landesman, L., Bergmann, B.A. Classen, J.J., Howard, J.W., and Yamamoto, Y.T. 2002. Nutrient removal from swine lagoon liquid by *Lemna minor* 8627. *Transaction of the ASAE* 45(4): 1003–1010
- Chisti, Y. 2007. *Biodiesel from Microalgae*, Institute of Technology and Engineering, Massey University, *Biotechnology Advances* 25. 294–306.
- Chisty, Y. 2007. Biodiesel from microalgae. *Biotechnology Advances* ; 25 (294–306)
- Clark, T.B., Kellen W.R., Fukuda T., and Lindegren J.E. 1968. Field and laboratory studies on pathogenicity of the fungus *Beauveria bassiana* to three genera of mosquitoes. *J. Invertebrate Pathology* 11:1–7.
- Clark, T.B., Kellen, W.R., Fukuda, T., and Lindegren J.E. 1968. Field and laboratory studies on pathogenicity of the fungus *Beauveria bassiana* to three genera of mosquitoes. *Journal of Invertebrate Pathology* 11:1–7.
- Cohen, Y. 2002. Bioremediation of oil by marine microbial mats. *Int Microbiol* 5:189–193
- Coursey, D.G. 1976. *Dioscorea* Spp. (Dioscoreaceae): in evolution of Crop Plants. Simon (Ed.). London P. 70–74.
- Craig, R.J., Adey, W.H., Jenson, K.R., St. John, M.S., Green, F.B., and Oswald, J. 1996. Phosphorus removal from wastewater using an algal turf scrubber. *Water Sci Technol* 33:191–198.
- Dafni, A. 1992. *Pollination ecology. A Practical approach*. Oxford University Press. 250 pp.
- Damayanti, E., Poeloengasih, CD., Warakasih, I. 2009. Komposisi Nutrien dan Kandungan Senyawa Bioaktif Pati Ganyong (*Canna edulis* Ker.) Kultivar Lokal Gunungkidul. *Prosiding Seminar Pemberdayaan Masyarakat Melalui Pemanfaatan Bahan Baku Lokal*. LIPI & Pemkab Gunungkidul-Bappeda Kab.Gunung kidul, 5 Desember 2007.
- Dapur Ipoek. Cookies Coklat Arrawrut (Tepung garut atau tepung larut). <http://ipoekmasak.blogspot.com/2010/01/cookies-coklat-arrawrut-tepung-garut.html>
- Das, D. and Veziroglu, T. 2008. Advances in biological hydrogen production processes. *Int J. Hydrogen Energy*. 33:6046–6057.
- Dermibas, A. 2005. Bioethanol from cellulosic materials: a renewable motor fuel from biomass. *Energy Sources* 27:327–337.
- Dermibas, A. 2007. Producing and using bioethanol as an automotive fuel. *Energy Sources*. Part B, 2: 391–401.
- Dinas Kelautan dan Perikanan Provinsi Sulawesi Selatan 2006.
- Donaldio, S., Maffioli, S. Monciardini, P., Sosio M., and Jabes, D. 2010. Antibiotic discovery in the twenty-first century. *J. Antibiotics* 63: 423–453.
- Dransfield, S. and Widjaja, E.A. 1995. Plant Resources of South-East Asia No. 7. *Bamboos*. Backhuys Publishers, Leiden. 189pp.
- Duarte, C.M., Middelburg, J.J., and Caraco, N. 2005. Major role of marine vegetation on the oceanic carbon cycle. *Biogeosciences* 2: 1–8.
- Effendi, S. 2002. Teknik perbanyakan ubi kayu secara mudah dan murah. *Buletin Teknik Pertanian*. 7(2): 66–68.
- El-Kheir, W.A., Ismail, G., El-Nour, F.A., Tawfik, T., and Hammad, D. 2007. Assessment of the Efficiency of Duckweed (*Lemna gibba*) in Wastewater Treatment. *International J. of*

- Agriculture and Biology* 9(5): 681–687.
- El-Shafaia, S.A., El-Goharya, F.A., Nasra, F.A., van der Steenb, N.P., and Gijzenb, H.J. 2004. Chronic ammonia toxicity to duckweed-fed tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture* 232: 117–127.
- Ermin, F. 2007. Analisis Kelayakan Investasi Pengusahaan Lobster Air Tawar CV. Vizan Farm dan CV. Sejahtera Lobster Farm. *Skripsi*. Bogor: Program Studi Manajemen Agribisnis, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor. [Tidak Dipublikasikan].
- Erniwati dan Kahono, S. 2008. Karakterisasi serangga pengunjung bunga beberapa tanaman buah-buahan di Jawa Timur. *Kongres V, Persatuan Entomologi Indonesia*, Cibinong 18–19 Maret 2008.
- Erniwati, Amir, M., dan Kahono, S. 2004. Aktivitas kunjungan serangga penyerbuk pada bunga buah-buahan terpilih di Jawa Timur. *Laporan Teknik*. Proyek Inventarisasi dan Karakterisasi Sumberdaya Hayati. Pusat Penelitian Biologi-LIPI.
- Escheverria, S.P. 2007. Molecular cloning and characterization of potential *Fusarium* resistance genes in banana (*Musa acuminata* ssp. *malaccensis*). [QUT Thesis]. Available on line at: <http://eprints.qut.edu.au/16573/>
- Faegri K. and van der Pijl, L. 1971. *The principles of pollination ecology*. Pergamon Press. 291 pp.
- Fahmi, A. and Antarlina, S.S. 2007. Ubi alabio sumber pangan baru dari lahan rawa. *Sinar Tani*, 24 Januari 2007.
- FAO. 2003. Faostat database. [online]. <http://faostat.fao.org>.
- FAOSTAT. 2010. <http://faostat.fao.org/site/567/default.aspx#ancor>
- Farida, W.R. 2012. Kualitas daging dan bagian tubuh lain terenggiling (*Manis javanica* Desmarest, 1822). *Jurnal Biologi Indonesia* 8(1):141–154
- Fascetti, E., D'Addario, E., Todini, O., Robertiello A. 1998. Photosynthetic hydrogen evolution with volatile organic acids derived from the fermentation of source selected municipal solid wastes. *Int J Hydrogen Energy* 23:753–760.
- Ferdoushi, Z., Haque, F., Khan, S. and Haque, M. 2008. The effects of two aquatic floating macrophytes (*Lemna* and *Azolla*) as biofilters of nitrogen and phosphate in fish ponds. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 8: 253–258.
- Flemming, H.C., 1993. Biofilms and environmental-protection. *Water Sci Technol* 27:1–10.
- Fourqurean, J.W., Duarte, C.M., Kennedy, H., Marbà, N., Holmer, M., Mateo, M.A., Apostolaki, E.T., Kendrick, G.A., Jensen, D.K., McGlathery, K.J., Serrano, O. 2012. Seagrass ecosystems as a globally significant carbon stock. *Nature Geoscience* 5:505–509.
- FQPA (Food Quality Protection Act). 1996. *IPM Practitioner* 18(10):10–13.
- Free, J.B. 1993. *Insect Pollination of crops*. Second edition. Academic Press. 684 pp.
- French, B.R. 2006. Food plants of Papua New Guinea. A compendium. Revised edition. Privately published as an electronic book in pdf format. 38 West St., Burnie. Tasmania 7320, Australia. In Herison, C. et al. 2010. Genetic Relationship of Yam (*Dioscorea* sp.) Accessions Collected from Several Regions in Java and Sumatera Island. *Akta Agrosia* 13 (1): 55–61.
- French, B.R. 2006. Food plants of Papua New Guinea. A compendium. Revised edition. Privately published as an electronic book in pdf format. 38 West St., Burnie. Tasmania 7320, Australia. In Herison, C. et al. 2010. Genetic Relationship of Yam (*Dioscorea* sp.) Accessions Collected from Several Regions in Java and Sumatera Island. *Akta Agrosia*. 13 (1): 55–61.
- Gopar, M., Subiyanto, B., Subyakto. 2000. Effects of Cutting Time of Bamboo on Hydration Behavior and Compression Strength of Bamboo-Cement Composite. *Proceedings of The Third International Wood Science Symposium*, Kyoto, Japan, November 1–2, 2000. pp. 83–89.
- Goyder D. 2008. *Hoya multiflora* Blume (*Asclepiadaceae*). *Curtis's Bot. Magazine* 7(1):3–6
- Grove J.F., and Pople, M. 1980. The insecticidal activity of beauvericin and the enniatin complex. *Mycophatologia* 70:103–105.
- Harlioglu, M.M., Harlioglu A.G. 2006. Threat of non-native crayfish introduction into Turkey: Global lessons. *Rev Fish Biol Fisheries* 16: 171–181. [terhubung berkala]. [18 Februari 2011].
- Hasan, M.R. & Chakraborti, R. 2009. Use of algae and aquatic macrophytes as feed in small scale aquaculture: A review. *FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper*. No. 531.
- Hawkes, J. 1983. *The Diversity of Crop Plants*. Harvard University Press, Cambridge Mass. 184 pp.
- Hayakawa, M., Yoshida, Y., and Limura, Y. 2004. Selective isolation of bioactive soil Actinomycetes belonging to the *Streptomyces violaceusniger* phenotypic cluster. *J. Appl. Microbiol* 96: 973–981.
- Hendra, M. 2009. Etnoekologi Perladangan dan Kearifan Botani Lokal Masyarakat Dayak Benuaq di Kabupaten Kutai Barat, Kalimantan Timur. *Disertasi Sekolah PascaSarjana*, IPB. 2009: 312 p.
- Herder, F., Hadiaty, R.K., and Nolte, A. 2012. Pelvic-fin brooding in a new species of riverine

- ricefish (Atherinomorpha: Beloniformes: Adryanichthyidae) from Tana Toraja, Central Sulawesi, Indonesia. *Raff. Bul. Zool.* 60(2): 267–476.
- Herrera-estrella L. 2003. Use of biotechnology to increase food production on acid soil. [http://europa.eu.int/comm/research/conferences/2003/sadc/proestrella_en.html]
- Hodgkiss J. 2007. *The Hoya Society International*. London: Graylab-UK.
- Hoek C.V.D, Mann, D.G., and Jahns, H.M. 2002. *Algae; An introduction to phycology*. Cambridge University Press. ISBN. 0 521 30419 9.
- Hoffman C., van Donkelaar R., and Albers F. 2002. Hoya R.Br. In *Albes F & Meve U (Eds.). Illustrated Handbook of Succulent Plants: Asclepiadaceae*. Berlin: Springer-Verlag. 146–158
<http://anekaplanta.wordpress.com/2010/01/29/tepung-garut-alternatif-pengganti-tepung-terigu-2/>
<http://apoteker123.files.wordpress.com/2011/06/cacing2btanah.jpeg>
<http://apoteker123.files.wordpress.com/2011/06/cacing2btanah.jpeg>
<http://informasi-budidaya.blogspot.com/2011/08/manfaat-cacing-tanah.html>
<http://regionalinvestment.bkpm.go.id/newsipid/id/displayberita.php?in=207&ia=0> <http://www.dephut.go.id/informasi/humaslebah.html>
<http://regionalinvestment.bkpm.go.id/newsipid/id/displayberita.php?in=207&ia=0> <http://www.dephut.go.id/informasi/humaslebah.html>
<http://sidoarjo.olx.co.id/cacing-tanah-lumbricus-rubellus-iid-280736223>
<http://www.dephut.go.id/INFORMASI/RRL/RLPS/Klaster.htm>
<http://www.dephut.go.id/INFORMASI/RRL/RLPS/Klaster.htm>
<http://www.iptek.net.id/ind/warintek/?mnu=6&ttg=4&doc=4a6>
<http://www.lobsterairtawar.com/products.htm> [diakses 26 Oktober 2011 pukul 21.00 WIB].
<http://www.republika.co.id/berita/breaking-news/ekonomi/11/02/24/166068-impor-beras-ancam-kedaulatan-pangan-nasional>. 24 Februari 2011
<http://www.thatpetplace.com/Marosatherina-ladigesii-celebes-rainbowfish-208459>
<http://apoteker123.files.wordpress.com>
<http://www.askabiologist.asu.edu.jpg>
- Huntley, M.E., and Redalje. D.G. 2007. CO₂ Mitigation and renewable oil from photosynthetic micro-bes: A new appraisal. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* (2007) 12: 573–608 ; DOI: 10.1007/s11027-006-7304-1
- Igarhasi, Y. 2004. Screening of novel bioactive compounds from plant-associated Actinomycetes. *J. Actinomycetologica* 18(2): 63–66.
- Ike A., Murakawa, T., Kawaguchi, H., Hirata, K., and Miyamoto, K. 1999. Photoproduction of hydrogen from raw starch using a halophilic bacterial community. *J Biosci Bioeng* 88:72–77.
- Ikke, A., Toda, N., Murakawa, T., Hirata, K., and Miyamoto, K. 1998. Hydrogen production from starch in CO₂-Fixing microalgal biomass by halotolerant bacterial community. In *Biohydrogen* edited by Zaborsky OR; Plenum Press New York and London. 311–317.
- Immamudin, H. Suryana, N. Suhatman, A., Hidayat, A. (Ed.). 2005. An Alphabetical List of Plant Species Cultivated in the Cibodas Botanic Garden 2005. Indonesian Institute of Sciences Cibodas Botanic Garden-Cianjur.
- Inoue, T., Salmah, S., Abbas, I., dan Erniwati Y. 1985. Foraging Behavior of individual worker and foraging dynamics of colonies of three Sumatran Stingless bees. *Research on Population Ecology*. 27 (2).
- Iwamoto, S., Nakagaito, N.A., Yano, H., and Nogi, M. 2005. Optically Transparent Composites Reinforced with Plant Fiber-Based Nanofibers. *Applied Physics A* 81: 1109–1112.
- Iyer, T.S.R. 2005. Diversified Types of Coir Geotextiles. *Kerala Calling Magazine*, April 2005. pp. 20–21.
- Javed, M.A., Chai, M., and Othman, R.Y. 2004. Study of resistance of *Musa acuminata* to *Fusarium oxysporum* using RAPD markers. *Biologia Plantarum* 48(1): 93–99.
- Johnson, W. 2004. *Diazinon and Pesticide Related Toxicity in Bay Area Urban Creeks: Water Quality Attainment Strategy and Total Maximum Daily Load (TMDL)*. Final Project Report, California Regional Water Quality Board, San Francisco Bay Region, March 2004, 1515 Clay St., Oakland, CA. 120 pp
- Kabinawa, 2011. Biodiesel Mikroalga Botryococcus sp Strain Lokarta Pertamina, Edisi Juni 2011, Tekno, 35–36.
- Kabinawa, I., dan Nyoman K. 2008. Biodiesel: Energi terbarukan dari Mikroalga, *Warta Pertamina*. 9/3 1–35.
- Kadarusman, R.K. Hadiaty, G. Segura, G. Setiawibawa, D. Caruso, & L. Pouyaud. 2012. Four new species of rainbowfishes (Melanotaeniidae) from Arguni Bay, West Papua, Indonesia. *Cybiuim* 36(2): 369–382.
- Kahono, S. 2000. Lebah dan tawon penyerbuk di Taman Nasional Gunung Halimun dan distribusinya di Indonesia. Makalah ilmiah disampaikan pada *Seminar Nasional Sehari Pendayagunaan Sumber Daya Hayati Dalam Pengelolaan Lingkungan*, Salatiga, 3 Juni

2000. Diselenggarakan oleh Fakultas Biologi Universitas Kristen Satyawacana Salatiga.
- Kahono, S. 2001. Peranan dan Permasalahan Serangga Penyerbuk di Indonesia. *Fauna Indonesia* 5 (2): 9–16.
- Kahono, S. 2002. Monitoring koloni lebah madu *Apis dorsata* F. (Hymenoptera: Apidae) di Kebun Raya Bogor. Makalah disampaikan pada *Seminar Sehari Fakultas Biologi UGM*.
- Kahono, S. 2003. *Diversity of bees and wasps pollinators at Gunung Halimun National Park and its distributions in Indonesia*. Biodiversity Conservation Project, Cooperation between JICA, RC for Biology-LIPI and PHKA.
- Kahono, S. 2003. Penelitian pendahuluan ekologi lebah madu hutan *Apis dorsata* F. (Hymenoptera: Apidae) di Jawa Barat. *Laporan Teknik*. Pusat Penelitian Biologi LIPI.
- Kahono, S. 2003. Serangga Penyerbuk dan Perombak di Hutan Gambut Kelampangan, Kalimantan Tengah: Penelitian Pendahuluan Monitoring Perubahan Hutan. *Laporan Teknik*. Proyek Inventarisasi dan Karakterisasi Sumber Daya Hayati. Pusat Penelitian Biologi-LIPI.
- Kahono, S., Pudjiastuti, L.E., Erniwati dan Amir, M. 1987. *Insect flower visitor of Acasia villosa*. Technic report Research and Development Biological Resouces Research and Development for Biology, LIPI 1986/1987.
- Kahono, S., Amir, M., dan Erniwati. 1986. Insect flower visitor wild Leguminose in Bogor area. *Berita Biologi* 3(5), September 1986.
- Kahono, S., Amir, M., dan Erniwati. 2004. Saling ketergantungan antara penyerbuk dengan tumbuhan liar dan tanaman buah: Studi awal pemanfaatan dan konservasi serangga penyerbuk. *Laporan Teknik*. Proyek Penelitian Inventarisasi dan karakterisasi Sumber daya Hayati Pusat Penellitian Biologi LIPI.
- Kahono, S., Erniwati, dan Amir, M. 2005. Evaluasi Serangga Penyerbuk dan Penyerbukan di Jawa: Pemilihan Jenis Potensial Sebagai Dasar Pengembangan Jenis dan Konservasinya. *Laporan Teknik*. Proyek Penelitian Puslit Biologi LIPI.
- Kahono, S., Erniwati, Maulinda, D., Riyanto, A., Sugiyanto, Sarino, Cholik, E., dan Sofyan, R. 2005. Pengumpulan Informasi Awal Tentang Lebah Madu Hutan *Apis dorsata* F. Di Kawasan Taman Nasional Gunung Halimun-Salak dan Sekitarnya: Studi Pendahuluan yang Menuju Kepada Pemanfaatan dan Pengelolaannya. *Laporan Teknik*. Proyek Penelitian Puslit Biologi LIPI.
- Kahono, S., Nakamura, K. and Amir, M. 1999. Seasonal migration and colony behavior of the tropical honeybee *Apis dorsata* F. (Hymenoptera: Apidae). *Treubia* 31 (3): 285–299.
- Kahono, S., Pudjiastuti, L.E., Erniwati, dan Amir, M. 1987. Serangga Pengunjung Bunga *Acasia villosa*. *Laporan Teknik*. Penelitian dan Pengembangan Sumber Daya Hayati Puslitbang Biologi, LIPI 1986/1987.
- Kapdan I.K., and Kargi, F. 2006. Bio-hydrogen production from waste materials. *Enzyme Microb Technol* 38:569–582.
- Kartika T., Suciati, Guswenrivo, I., Tarmadi, D., Prianto, A.H., and Yusuf, S. 2005. “Feasibility of the Application of *Fusarium* sp. As Pathogenic Fungi to *Coptotermes* sp.”. Proceeding of International Wood Science Symposium XI. Bali, 29–31 August 2005. p: 173–177.
- Kartika T., Suciati, I. Guswenrivo, D. Tarmadi, A. H. Prianto, and S. Yusuf. 2005. “Feasibility of the Application of *Fusarium* sp. as Pathogenic Fungi to *Coptotermes* sp.”. *Proceeding of International Wood Science Symposium XI*. Bali, 29–31 August 2005. p: 173–177.
- Kasai F, Masanobu, K., Mayumi, E., Fumi, M., Kosei, Y., Mayumi, S., and Miwa, I. 2009. *Japanese J. Phycology* 57. 1
- Keith, P., G.R. Allen, C. Lord & R.K. Hadiaty. 2011. Five new species of *Sicyopterus* (Gobioidae: Sicydiinae) from Papua New Guinea & Papua, *Cybbium* (4): 299–318.
- Kementerian Pertanian. 2011. *Statistik Perkebunan 2009–2011*. Kementerian Pertanian, Jakarta.
- King C. 1993. Potential fecundity of redclaw crayfish, *Cherax quadricarinatus* von Martens, in culture. *Aquaculture* 114: 237–241 [terhubung berkala]. [06 Desember 2011].
- Kirtay E. 2011. Recent advances in production of hydrogen from biomass. *Energy* 52:1778–1789.
- Kleijn D., and van Donkelaar R. 2001. Notes on the taxonomy and ecology of the genus *Hoya* (*Asclepiadaceae*) in Central Sulawesi. *Blumea* 46: 457–483.
- KMNLH. 2007. *Status Lingkungan Hidup Indonesia 2006*. Jakarta.
- Koku, H., Inci, E., Ufuk, G., Meral, Y., and Lemi, T. 2002. Aspect of the metabolism of hydrogen production by *Rhodobacter sphaeroides*. *Int J Hydrogen Energy* 27:1315–1329.
- Koller, M., Anna, S., Philipp, T., Michael, K., Herbert, B., Sigurd, S., Simone, P., Hans, S., Martin, M., and Gerhart, B. 2012. Characteristics and Potential of Microalgal Cultivation Strategies: *Rev. J. Cleaner Production* 30: 1–12
- Korniushin, A.V. and Glaubrecht, M. 2003. Novel reproductive modes in freshwater clams: brooding and larval morphology in South-east Asian taxa of *Corbicula* (Mollusca, Bivalvia, Corbiculidae). *Acta Zoologica* 84: 293–315.

- Kotay, S.M., and Das, D. 2008. Biohydrogen as a renewable energy resource - Prospects and potentials. *Int J Hydrogen Energy* 33:258–263.
- Kottelat, M. 2012. *Rasbora rheophila*, a new species of fish from northern Borneo (Teleostei: Cyprinidae). *Revue Suisse de Zoologie* 119 (1): 77–87.
- Krishna, P.S., Venkateshwarlu, G., and Rao, L.Y. 1998. Study on fermentative production of rifamycin using *Amycolatopsis mediterranei*. *J. Microbiol. Biotechnol.* 14: 689–691.
- Kunle, O.O., Ibrahim, Y.E., Shaba, S., and Kunle, Y. 2003. Extraction, Physicochemical and Compaction Properties of Tacca Starch—a Potential Pharmaceutical Excipient.
- Kusumaningrum, W., Astari, L., and Subyakto. 2010. Pengembangan Proses Fibrilasi dari Sisal (*Agave sisalana*) yang Telah Diputihkan. *Prosiding Seminar Nasional Masyarakat Peneliti Kayu Indonesia XIII*, Bali 10–11 November 2010. pp.353–360.
- Kusumaningrum, W.B., Syamani, F.A., dan Subyakto. 2010. Papan Komposit Sisal (*Agave sisalana* Perr.) dan Bambu Betung (*Dendrocalamus asper* (Schultes f) Backer ex. Heyne). *Prosiding Seminar Nasional Masyarakat Peneliti Kayu Indonesia XII* Bandung, 23–25 Juli 2009. pp. 332–339.
- Landesman, L., Parker, N.C., Fedler, C.B., and Konikoff, M. 2005. Modeling duckweed growth in wastewater treatment systems. *Livestock Research for Rural Development* 17 (6): Art. #61. Retrieved April 1, 2012, from <http://www.lrrd.org/lrrd17/6/land17061.htm>
- Laporan Tahunan. 2010. Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia. Jakarta 12710.
- Larsdotter K. 2006. Wastewater Treatment With Microalgae - A Literature Review. *Vatten* 62: 31–38.
- Lembaga Pusat Penelitian Pertanian. 1969. *Ubi-ubian di wilayah tropika*. Brosur LP3, Bogor, 1969. P1–7, 1 tabel.
- Lemmens, R.M.H.J. I. Soerianegara; W.C. Wong. 1995. *Plant Resources of South-East Asia No. 5(2). Timber trees: Minor Commercial Timber*. Prosea Publisher, Bogor Indonesia.
- Leng, R.A., Stambolie, J.H., and Bell, R. 1995. Duckweed—a potential high-protein feed resource for domestic animals and fish. *Livestock Research for Rural Development* 7(1): <http://www.cipav.org.co/lrrd/lrrd7/1/3.htm>
- Lestari, S. 2004. Mengurai Susunan Periodik Unsur Kimia. *Kawan Pustaka*: 16–19.
- Li R.Y., and Fang H.H.P. 2008. Hydrogen production characteristics of photoheterotrophic *Rubrivivax gelatinosus* L31. *Int J Hydrogen Energy* 33:974–980.
- Li, Hui-Lin. 1970. The Origin of Cultivated Plants in Southeast Asia. *Economic Botany* (24): 3–19.
- Lin, C.Y., and Lay, C.H. 2004. Carbon/nitrogen-ratio effect on fermentative hydrogen production by mixed microflora. *Int J Hydrogen Energy* 29:4–45.
- Lingga, P., Sarwono, B., Rahardi, F., Rahardja, Afriastini, J.J., Wudianto, P.C., & Apriadi, W.H. 1991. *Garut Dalam: Bertanam Ubi-Ubian*. Jakarta: Penebar Swadaya. 245–259.
- Lingga, P., Afriastini, J.J. Sarwono, B. Wudianto, R. Rahardi, F. Apriadi, W.H. & C. Rahardja. 1991. *Bertanam Ubi-ubian*. Jakarta: Penebar Swadaya. 285 hal
- Lisdiyanti, P., Otoguro, M., Ratnakomala, S., Lestari, Y., Hastuti, E.D., Triana, E., Katsuhiko, A., & Widyastuti, Y. 2010. *Actinokineospora balien-sis* sp. nov., *Actinokineospora cibodasensis* sp. nov. and *Actinokineospora cianjurenensis* sp. nov., isolated from soil and plant litter. *IJSEM* 60(10): 2331–2335.
- Madigan M.T., Martinko, J.M., and Parker J. 2003. *Brock Biology of Microorganisms*. Pearson Education, Inc. tenth edition.
- Marriot, H. & Lancaster, P.A. 1983. *Bananas and Plantains*. In: Chan, H.T. (Ed.), Handbook.
- Marris, E. 2007. Conservation priorities: What to let go. *Nature* 450, 152–155. (Published online 7 November 2007).
- Marsh, G. 2003. Next Step for Automotive Materials. *Materialstoday*, April 2003, Elsevier Science Ltd. pp. 36–43.
- Martawijaya, A., Kartasujana, I., Kadir, K., and Prawira, S.A. 1986. *Indonesian Wood Atlas Volume I*. Forest Products Research and Development Centre, Agency for Forestry Research and Development, Department of Forestry.
- Martawijaya, A., Kartasujana, I., Mandang, Y.I., Prawira, S.A., dan Kadir, K. 1989. Atlas Kayu Indonesia Jilid II. Badan Litbang Kehutanan, Departemen Kehutanan. microgram quantities of protein utilizing the principle of protein dye binding. *Anal. Chem.*, 72, 248–254 (1976).
- Maryanto, I and Higashi, S. 2011. Comparison of zoogeografi among rats, fruit bats and Insectivorous bats on Indonesian islands. *Treubia*. 38: 33–52.
- Maryanto, I., Yani, M., Wiantoro, S., & Prijono, S.N. 2012 A New Species of fruit bat (Megachiroptera: Pteropodidae: Thoopterus) from Sulawesi and adjacent island. *Indonesia Western Australian Museum Record* 27: 68–84.
- Masruchin, N., Kusumaningrum, W.B., Ismadi, Subyakto. 2010. Characteristics of Sugarcane Bagasse Fiber (*Saccharum officinale*) Reinforced Polypropylene Composites. *J. Ilmu dan Teknologi Kayu Tropis* 8(1): 55–67.

- Masruchin, N., Munawar, S.S., Subyakto. 2011. Mechanical and Thermal Properties of Poly (lactid acid) and Bamboo Fiber Composites. *J. Ilmu dan Teknologi Kayu Tropis* 9(1): 1–8.
- Mata, T.M., Antonio, A.M., and Nidia, S.C. 2010. *J. Renew. and Sus. Energy Rev.* 14 : 217–232
- Metheson, A., S.L., Buchmann, C. O'Toole, P. Westrich, and I.H. Williams. 1996. *The conservation of bees*. Academic Press. 252 pp.
- Michener, C.D. 2007. *The bees of the world*. Second edition. The Johns Hopkins University Press. Baltimore. 953 pp.
- Minowa T., Yokohama S., Kishimoto M., And Okura T. 1995. Oil production from algal cells of *Dunaliella tertiolecta* by direct thermochemical liquefaction. *Fuel* 75: 1735–1738.
- Minowa T., Yokohama, S., Kishimoto, M. and Okura, T. 1995. Oil production from algal cells of *Dunaliella tertiolecta* by direct thermochemical liquefaction. *Fuel* 75: (1735–1738).
- Miyake J. 1998. The science of biohydrogen. Di dalam: Zaborsky O.R., editor. *Biohydrogen. Proceedings of an International Conference on Biological Hydrogen Production*; Hawai, 23–26 June 1997. New York: Plenum Press. Hlm. 7–18.
- Mogea, J.P., Gandawidjaja, D., Wiriadinata, H., Nasution, R.E., and Irawati. 2001. *Tumbuhan Langka Indonesia*. Puslitbang Biologi LIPI.
- Mohan, S.V., Srikanth, S., Dinakar, P., and Sarma P.N. 2008. Photo-biological hydrogen production by the adopted mixed culture: data deve-losing analysis. *Int J Hydrogen Energy* 33:559–569.
- Mohanty, A.K., Misra, M., Drzal, L.T. 2002. Sustainable Bio-composites from Renewable Resources: Opportunities and Challenges in the Green Materials World. *Journal Polymers and the Environment*, 10 (1/2): 19–26.
- Morton, B., Prezant, R.S., and Wilson B. 1998 Class Bivalvia pp. 195–234 in Bessley, P.L., Ross G.J., Wells A. (Eds.). *Mollusca The Southern Synthesis. Part A: Fauna of Australia Volume 5*. Australian Biological Resources Study. Canberra.
- Murdiyarso, D., Donato, D., Kauffman, J.B., Kurnianto, S., Stidham, M. and Kanninen, K. 2009. *Carbon storage in mangrove and peatland ecosystems. A preliminary account from plots in Indonesia*. CIFOR. Bogor, Indonesia.
- Mustaid, S., Lugrayasa, I.N., Annasa, I.B.K., and D. Mudiana (Ed.). 2004. *An Alphabetical List of Plant Species Cultivated in 'Eka Karya' Botanic Garden 2004*. Indonesian Institute of Sciences 'Eka Karya' Botanic Garden-Bali.
- Nakagaito, A., and Yano, H. 2005. Novel High-Strength Biocomposites Based on Microfibrillated Cellulose Having Nano-order-unit Web-like Network Structure. *Applied Physics A* 80: 155–159.
- Nasution, R.E. 1991. A taxonomic study of the *Musa Auminata* Colla with its intraspecific.
- National Cancer Institute. 2010. What is cancer? www.cancer.gov. 7 Desember 2010.
- Ndazi, N., Tesha, J.V., Bisanda, E.T.N. 2006. Some Opportunities and Challenges of Producing Bio-Composites from Non-Wood Residues. *J. Material Science* 41:6984–6990.
- Neal, M.C. 1965. *In gardens of Hawai*. Lancaster Press, Lancaster. 924 p.
- Ng, H.H. and Kottelat, M. 2012. *Chaca serica*, a new species of frogmouth catfish (Teleostei: Siluriformes) from southern Borneo. *Zootaxa* 3258: 37–45.
- Nishino, T. 2004. Natural Fiber Sources. In: Baillie (Ed.): *Green Composites: Polymer Composites and the Environment*. Woodhead Publishing Ltd. pp. 49–80.
- Nooteboom, P. 1962. *Simaroubaceae*. In van Steenis CGJV (Ed.). *Flora Malesiana seri 1*. 6:193–226. Wolters-Noordhoff Publishing. Groningen, The Netherlands.
- NRC (National Research Council). 1993. *Pesticides in the Diets of Infants and Children*. National Academy Press, Washington, DC. 386h
- NRC (National Research Council). 1993. *Pesticides in the Diets of Infants and Children*. National Academy Press, Washington, DC. 386h
- Nuwamanya, E., Baguma Y., Kawuki R., and Rubaihayo, P. 2009. Quantification of starch physicochemical characteristics in a cassava segregating population. *African Crop Science Journal*. 16(3): 191–200.
- Ochse, J.J. 1931. *Indische groenten*. Vkslectuur, Batavia-C. 1001 p. 3 gb.of Tropical Foods. Marcel Dekker, New York, pp. 85–143.
- Oilalgae. 2011. Harvesting of Micro Algae. <http://www.oilgae.com/algae/har/mia/mia.html>
- Oksman, K., Sain, M. 2006. Cellulose Nanocomposites: Processing, Characterization, and Properties. American Chemical Society. 256pp.
- Otoguro, M., H. Yamamura, T. Tamura, R. Irzaldi, S. Ratnakomala, R. Ridwan, G. Kartina, E. Triana, A. Nurkanto, Y. Lestari, P. Lisdiyanti, Y. Widyastuti, & K. Ando. 2010. *Actinophytocola timorensis* sp. nov. and *Actinophytocola corallina* sp. nov., isolated from soil in Indonesia. *IJSEM* 61(4): 834–838.
- Pakatnauli. 2008. Krisis BBM, Jarak dan "Algae" Publikasi by Swandy Sihotang, April 22, 2008, 2 halaman.
- Pamungkas, J. 2011. Delicious!, marine worms from Ambon Island, Indonesia. *Marine Habitat Magazine* Issue 02: 35–37.
- Paramida, N.R. 2010. Tepung Ganyong. <http://kamiitp08.blogspot.com/2010/10/tepung->

[ganyong.html](#) (19 Des 2011)

- Parenti L.R. & Hadiaty, R.K. 2010. A new, remarkably colorful, small ricefish of the genus *Oryzias* (Beloniformes, Adryanichthyidae) from Sulawesi, Indonesia. *Copeia* 2010, 2: 268–273.
- Park, J.K. & Kim, W. 2003. Two *Corbicula* (Corbiculidae: Bivalvia) mitochondrial lineages are widely distributed in Asian freshwater environment. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 29: 529–539.
- Perrier X., Bakry, F., Carreel, F., Jenny, C., Horry, J.P., Lebot and V., and Hippolyte, I. 2009. Combining biological approaches to shed light on the evolution of edible bananas *Ethnobotany Research and Applications* 7: 199–216.
- Phillips P., Russell, A., Bender, J., and Muñoz, R. 1994. Management plan for utilization of a floating microbial mat with its associated detrital gelatinous layer as a complete tilapia *Oreochromis niloticus* feed system. *Bioresour Technol* 47: 239–245.
- Phobe, J.C.H., Combie, J., Albert, F.G., Tran, K.V., Cabrera, J., Correia, J., Guo, Y., Lindermuth, J., Rauert, N., Galbait, W., and Selitrennikoff, C.P. 2001. Extremophilic as unexplored source of antifungal compounds. *J. Antibiotics* 54: 56–65.
- Plantus. 2009. *Tepung Garut, Alternatif Pengganti Tepung Terigu*.
- Poerba, Y.S., Ahmad, F., & Witjaksono. 2012. Persilangan Pisang Liar Diploid *Musa acuminata* Colla var *malaccensis* (RIDL.) Nasution Sebagai Sumber Polen dengan Pisang Madu Tetraploid. *J. Biol. Indon.* 8: 181–196
- Possingham, H.P., Andelman S.J., Burgman, M.A., Medellin, R.A., Master L.L., and Keith D.A. 2002. Limits to the use of threatened species list. *Trends in Ecology and Evolution* 17(11): 503–507.
- Pozzi, R., Simone, M., Mazzeti, C., Maffioli, S., Monciardini, P., Cavaletti, L., Bamonte, R., Sosio, M., and Donadio, S. 2011. The genus *Actinoallomurus* and some its metabolites. *J. Antibiotics* 64 : 133–139.
- Prasetyo, K.W., Subyakto, Falah, F. 2005. Combination of Chitosan and Starch as Natural Wood Adhesive. *Proceedings of the 6th International Wood Science Symposium: Towards Ecology and Economy Harmonization of Tropical Forest Resources*. Bali, Indonesia. pp. 211–214.
- Prasetya, B., Subyakto, and Ruhendi, S. 1998. Utilization of Bark Extract of *Acacia mangium* Wild for Adhesives in the Wood Composite: Influence of Water Glass on the Gluing Quality of Plywood. *Proceedings of the Fourth Pacific Rim Bio-Based Composites Symposium*, Bogor, 2–5 November 1998. 27–35.
- Prianto A.H., D. Tarmadi, and S. Yusuf. 2008. “The nature of antitermite fractionated- compound of *Picrasma javanica* and *Nicotiana tabacum* with column chromatography”. *Proceeding of The 4th Pacific Rim Termite Research Group*. Bali, Indonesia, Maret 2008
- Prianto A.H., Guswenrivo, I., Kartika, T. Tarmadi, D., and Yusuf, S. 2005. “Study on Utilization of Active Component in Leaves and Bark of Neem (*Azadirachta indica* A. Juss) As Anti-Termite”. *Proceeding of International Wood Science Symposium.XI*. Bali, 29–31 August. p: 351–355.
- Prianto A.H., Tarmadi, D., and Yusuf, S. 2008. “The nature of antitermite fractionated- compound of *Picrasma javanica* and *Nicotiana tabacum* with column chromatography”. *Proceeding of The 4th Pacific Rim Termite Research Group*. Bali, Indonesia, Maret 2008
- Prince, R.C., and Kheshgi, H.S. 2005. The photobiological production of hydrogen: potential efficiency and effectiveness as a renewable fuel. *Crit Rev Microbiol* 31:19–31.
- Qu S., Liu G., Zhou B., Bellizi M., Zeng L., Dai L., Han B., and Wang G.L. 2006. The broad spectrum blast resistance gene Pi9 encodes a nucleotide-binding-site-leucine-rich repeat protein and is a member of a multigene family in rice. *Genetics*. 172:1901–1914.
- Rahadi, F. 2006. *Krisis BBM, Jarak dan Algae*. Revisi Terakhir, 29 Juli 2006.
- Rahayu S. 1999. Eksplorasi dan Pembudidayaan Hoya dalam rangka konservasi plasma nutfah. *Prosiding Seminar Nasional Konservasi Flora Nusantara*.
- Rahayu, S. 2011. Manfaat Hoya sebagai tumbuhan obat. *Warta Kebun Raya Bogor*.
- Rahayu, S. 2012. Aspek-aspek Ekologi Tumbuhan Hoya di Sumatra. *Prosiding Seminar Nasional XXI. Perhimpunan Biologi Indonesia- Universitas Syah Kuala, Aceh, 25–27 Nopember 2011*. Hlm. 61–65.
- Rahayu, S. 2012. Biomassa dan sekuensi karbon di hutan alami (data belum dipublikasi).
- Rauf, A.W. dan Lestari, M.S. 2009. *Pemanfaatan Komoditas Pangan Lokal Sebagai Sumber Pangan Alternatif di Papua*. *J. Litbang Pertanian*. 28 (2): 54–62.
- Redwood, M.D., and Macaskie, L.E. 2006. A two-stage, two-organism process for biohydrogen from glucose. *Int J Hydrogen Energy* 31: 1514–1521.
- Renu, S., M. Khanna, and R. Lal. 2008. Bioactive compounds from marine Actinomycetes. *Indian J. Microbiol.* 48: 410–431.
- Rifai, M.A. 1988. *Landasan Citra dan Jati diri Kebun Indonesia: Akar Sejarah Pertamanan Kita*. ASRI, *Majalah Interior, Taman dan Lingkungan*. 66: 57–59.

- Rifai, M.A. 1988a. Landasan Citra dan Jati diri Kebun Indonesia: Modal Sumber Daya yang Tersedia. *ASRI, Majalah Interior, Taman dan Lingkungan*. 66: 87–90.
- _____. 1989. Landasan Citra dan Jati diri Kebun Indonesia: Pengaruh dari Tamadun Timur. *ASRI, Majalah Interior, Taman dan Lingkungan*. 76: 34–35.
- Rintz, R.E. 1980. The biology and cultivation of Hoyas. *Asclepiadaceae* 19:9–17.
- _____. 1978. The peninsular Malaysian species of *Hoya* (Asclepiadaceae). *Malay. Nat. J.* 30 (3/4):467–522.
- Robert D.W. 1970. *Coelomomyces*, *Entomophthora*, *Beauveria*, and *Metarhizium* as parasites of mosquitoes. *Miscellaneous Publications of the Entomological Society of America* 7:140–155.
- Roubik, D.W. 1989. *Ecology and natural history of tropical bees*. Cambridge University Press.
- Rowe, P.R. 1984. Breeding bananas and plantain. *Plant Breeding Review*. 2: 135–155.
- Rumawas, F. 2004. Ubi-ubian sebagai salah satu pangan spesifik lokal dan strategi pengembangannya di Provinsi Papua. hlm. 27–32. *Dalam* Y.P. Karafir, H. Manutubun, Soenarto, Y. Abdullah, B. Nugroho, dan M.J. Tokede (Ed.). *Prosiding Lokakarya Nasional Pendetayagunaan Pangan Spesifik Lokal Papua. Kerja Sama Universitas Papua dengan Pemerintah Provinsi Papua*.
- Sabiham, S and S. Anwar. 2007. In search of new paradigm on sustainable humanosphere: prospect of bio-energy development in rural area. *Proceedings of the 1st Kyoto University-LIPI Southeast Asian Forum*. 26–27 November 2007, Jakarta-Indonesia.
- Sabiham, S. and B. Mulyanto. 2005. Biomass Utilization in Indonesia: Integration of Traditional and Modern Principles of Organic Matter Management. *Paper is presented in APECATC Workshop on Biomass Utilization*. Tokyo and Tsukuba Japan, 19–21 January 2005.
- Sachlan, M. 1976. *Planktonologi*. Undip, Semarang.
- Sasaki T. and Matsuki J. 1998. Effect of Wheat Starch Structure on Swelling Power. *Cereal Chem.* 75(4):525–529.
- Sasikala, K. and Ramana, CV. 1991. Photoproduction of hydrogen from waste water of a lactic acid fermentation plant by a purple non-sulfur photosynthetic bacterium, *Rhodobacter sphaeroides* O.U.001. *Indian J. Exp Biol* 29:74–75.
- Sastrapradja, S. 1998. Sumber Daya Hayati untuk Ketahanan Pangan Indonesia, dalam Sumber Daya Alam sebagai Modal dalam Pembangunan Berkelanjutan. Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia.
- Sastrapradja, S. 2006. Mengelola Sumber Daya Tumbuhan di Indonesia, Mampukah Kita? Enam Dasawarsa Ilmu dan Ilmuwan di Indonesia. *Naturindo*. 209–232.
- Sastrosupadi, A., Sudjindro, Hariyono, B., Nurheru, Santoso, B., Tirtosuprobo, S., dan Bahagio, S. 2004. Konservasi Sumber Daya Lahan dengan Tanaman Sisal (*Agave sisalana* Perrine) di Bendungan Karangates Malang. *Laporan Proyek*. Balai Penelitian Tanaman Tembakau dan Serat, Badan Litbang Pertanian. 36 pp.
- Sazdanoff, N. 2005. Modelling and simulation of the algae to biodiesel fuel cycle. Thesis. The Ohio State University.
- Scarponi, C. 2009. Industrial Applications for Natural Fibre Reinforced Composites. *JEC Magazine January-February 2009*. 5pp.
- Schoonhoven, L.M, Jermy, T., and van Loon, J.J.A. 1998. *Insect-plant biology, from physiology to evolution*. London. Chapman and Hall.
- Schröder, P., Navarro-Aviñó, J., Azaiz, H., Goldhirsh, AG., DiGregorio, S. Komives, T., Langergraber, G., Lenz, A., Maestri, E., Memon, AR., Ranalli, A., Sebastiani, L., Smrcek, S., Vanek, T., Vuilleumier, S., and Wissing, F. 2007. Using Phytoremediation Technologies to Upgrade Waste Water Treatment in Europe. *Environmental Science and Pollution Research* 14(7): 490–497.
- Schuitman, A. 2010. Orchids of Indonesia and their conservation. A paper presented in the 2010 International Seminar on Orchid Conservation and Agribusiness, Yogyakarta, October 27th, 2010.
- Schumacher, G. and Sekoulov I. 2002. Polishing of secondary effluent by an algal biofilm process. *Water Sci Technol* 46:83–90.
- Setiawan KH., Ismayati, M, Tarmadi, D. and Yusuf, S. 2010. “Termicidal Activities of Eugenol Derived from Indonesia Clove Leaf Oil (*Eugenia caryophyllata* Tumberg) against Subterranean Termite, *Coptotermes gestroi* Wasmann”. *Proceeding of The 7th Pacific Rim Termite Research Group, Singapore*, 1–2 Maret 2010. p. 37–41
- Setiawan, K.H., Tarmadi, D., Ismayati, M., and Yusuf, S. 2009. “Termicidal Activities of *Abrus precatorius* L. Leaves Extract Against Subterranean Termite *Coptotermes gestroi*”. *Proceeding of The 1st International Symposium of Indonesia Wood research Society (IWRS)*, Bogor, 2–3 November 2009, pp.: 208–211.
- Siqueira, E.M.A., Arruda, SF., Vargas, R.M. and Elizabeth M.T.S. 2007. B-carotene from

- cassava (*Manihot esculenta* Crantz) leaves improve vitamin A status in rats. *Comparative Biochemistry and Physiology, Part C* (146): 235–240.
- Sodhi, N.S., Brook, B.W., and Bradshaw, C.J.A. 2007. *Tropical Conservation Biology*. Blackwell Publishing. 332 pp.
- Soerianegara, I., and Lemmens, R.H.M.J. 1994. *Plant Resources of South-East Asia No. 5(1)*. Timber trees: Major Commercial Timber. Prosea Publisher, Bogor Indonesia.
- Soewilo, R.L.P., Astuti, I.P., and Said, T.D. (Ed.). 1999. An Alphabetical List of Plant Species Cultivated in The Purwodadi Botanical Garden 1999. Indonesian Institute of Sciences Purwodadi Botanic Garden-Purwodadi.
- Solanki, R., Khanna M., and Lal. R. 2008. Bioactive compounds form marine Actinomycetes. *Indian J. Microbiol.* 48: 410–431.
- Sosef, M.S.M., Hong, L.T., and Prawirohatmodjo. 1998. *Plant Resources of South-East Asia No. 5(3)*. Timber trees: Lesser Known Timber. Prosea Publisher, Bogor Indonesia.
- Sree K.S. and Padmaja, V. 2007. Effect of nutrient supplements on destruxin production from the culture filtrates of high and low virulent isolates of *Metarhizium anisopliae* (Metch.). *II International Conference on Environmental, Industrial and Applied Microbiology (BioMicroWorld2007)*.
- Stover R.H. and Simmonds, N.W. 1987. *Bananas*. Longman Sci & Technical, Essex, England.
- Strasser, H., Vey, A., and Butt, T.M. 2000. Are there any risks in using entomopathogenic fungi for pest control, with particular reference to the bioactive metabolites of *Metarhizium*, *Tolypocladium* and *Beauveria* species and technology 10: 717–735.
- Subagyo, H., Suharta, N., dan Agus, BS. 2000. Tanah-tanah pertanian di Indonesia. Hlm. 21–65 dalam A. Adimiharja, Li. Amien, F. Agus, D. Djunaedi (Ed.). *Sumber daya lahan Indonesia dan Pengelolaannya*. Pusat penelitian Tanah dan Agroklimat. Bogor.
- Subejo. 2010. Perangkap Malthus: Pertarungan Ledakan Penduduk dan Pangan. <http://subejo.staff.ugm.ac.id/wp-content/malthus-penduduk-pangan.pdf>.
- Subiyanto, B. dan Subyakto. 1995. Teknologi Pembuatan Papan Partikel Bambu-Semen I. Pengukuran Temperatur Hidrasi dan Pembuatan Papan Partikel Bambu-Semen dengan Kempa Injeksi Uap. *Prosiding Seminar Nasional Fisika Jakarta 1995*, Jakarta 9 Oktober, 1995. pp. 253–268.
- Subiyanto, B., Subyakto, Hermiati, E., Yusuf, S., Gopar, dan M., Sudijono. 2001. Penelitian Pembuatan Papan Tandan Kosong Kelapa Sawit dengan Perekat Semen. *Prosiding Seminar Nasional IV Masyarakat Peneliti Kayu Indonesia*, Samarinda, 6–9 Agustus 2001. pp. IV.24–IV.31.
- Subiyanto, B., Subyakto, Sudijono, Gopar, M., dan Munawar, S.S. 2004. Pemanfaatan Limbah Tandan Kosong dari Industri Pengolahan Kelapa Sawit untuk Papan Partikel dengan Perekat Phenol Formaldehyde. *J. Ilmu dan Teknologi Kayu Tropis* 2 (2): 99–102.
- Subyakto, Astari, L., dan Ismadi. 2011. Rice Husk Particleboard: Effects of Particle Size and Layer Positions on the Board Properties. *Proceedings The First International Symposium on Sustainable Humansphere*. Ambon, October 3, 2011. pp.125–127.
- Subyakto, Budiman, I., and Pari, G. 2011. Carbon Structure of Betung Bamboo (*Dendrocalamus asper*): Effects of Temperature and Time of Carbonization. Paper presented at *The Third International Symposium of Indonesian Wood Research Society*, Yogyakarta 2–3 November 2011.
- Subyakto, dan Prasetya, B. 2003. Pemanfaatan Langsung Serbuk Kulit Kayu Akasia sebagai Perekat Papan Partikel. *J. Ilmu dan Teknologi Kayu Tropis* 1(1):20–25.
- Subyakto, Hermiati, E., Masruchin, N., Ismadi, Prasetyo, K.W., Kusumaningrum, W.B. dan, Subiyanto, B. 2011. Injection Molded of Bio-Micro-Composites from Natural Fibers and Polylactic Acid. *Wood Research Journal* 2 (1):21–26.
- Subyakto, Hermiati, E., Yanto, D.H.Y., Masruchin, N., Fitria, Prasetyo, K.W., and Ismadi. 2009. Biocomposites of Polypropylene or Polylactic Acid Reinforced with Sisal or Bamboo Micro Fibers. *Proceedings The First International Symposium of Indonesian Wood Research Society*, Bogor 2–3 November 2009. pp. 106–110.
- Subyakto, Hermiati, E., Yanto, D.H.Y., Fitria, Budiman, I., Ismadi, Masruchin, N., and Subiyanto, B. 2009. Proses Pembuatan Serat Selulosa Berukuran Nano dari Sisal (*Agave sisalana*) and Bambu Betung (*Dendrocalamus asper*). *Berita Selulosa* 44(2): 57–65.
- Subyakto, Munawar, S.S., Gopar, M., Syamani, F.A., Budiman, I., and Subiyanto, B. 2005. Development of Biocomposites from Abaca Fiber Glued with Urea or Phenol Formaldehydes. *Proceedings International Symposium on Wood Science and Technology*. IAWPS2005. Yokohama, Japan. pp. 124–125.
- Subyakto, Prasetyo, K.W., Subiyanto, B., and Naiola,

- B.P. 2005. Potential Biomass of Gewang (*Corypha utan* Lamk.) for Biocomposites. *Proceedings of the 6th International Wood Science Symposium: Towards Ecology and Economy Harmonization of Tropical Forest Resources*. Bali, Indonesia. p. 58.
- Subyakto, Prasetyo, K.W., Subiyanto, B., and Naiola, B.P. 2006. Penelitian Papan Partikel dari Batang Gewang (*Corypha utan* Lamk). *Prosiding Seminar Nasional Masyarakat Peneliti Kayu Indonesia ke IX*. Fakultas Kehutanan, Universitas Lambung Mangkurat. Banjarbaru, 11–13 Agustus 2006. pp.313–317.
- Subyakto, Prasetya, B., dan Subiyanto, B. 1997. Pembuatan Perakat Tanin dari Limbah HTI untuk Papan Partikel. *Prosiding Seminar Material '97*, Serpong, 19–20 Agustus 1997. pp. 253–267.
- Subyakto, Subiyanto, B., dan Sudijono. 1996. Pembuatan Papan Partikel Tahan Api dari Bambu Tali dan Kayu Karet. *Prosiding Seminar Material'96*, Serpong 18–19 Maret, 1996. pp.27–38.
- Subyakto, Suryanegara, L., Gopar, M., dan Prasetyo, K.W. 2005. Pemanfaatan Kulit Kayu Akasia (*Acacia mangium* Willd) untuk Papan Partikel dengan Kadar Fenol-Formaldehida Rendah. *J. Ilmu dan Teknologi Kayu Tropis* 3 (2): 64–67.
- Sudarmonowati, E., Hartati, N., Hartati, and Sukmarini L. 2007. Amylose content variation of Indonesian cassava genotypes and its correlation with RAPD and AFLP markers. *Proceedings of first International Meeting on cassava breeding, biotechnology and ecology*. Brasilia, 11–15 November 2006.
- Suddell, B.C. and Evans, W.J. 2005. Natural Fiber Composites in Automotive Applications. In: Mohanty, Misra, Drzal (Eds.): *Natural Fibers, Biopolymers, and Biocomposites*. CRC Press. pp. 231–260.
- Sudijono dan Subyakto. 2002. Bending and Shear Properties of Low Density Particleboard Laminated with Zephyr of Tali Bamboo. *Proceedings of The Fourth International Wood Science Symposium*, Serpong, Indonesia, 2–3 September 2002. pp. 219–222.
- Sudijono, dan Subyakto. 2003. Pemanfaatan Sabut Kelapa untuk Papan Partikel Berkerapatan Rendah dengan Perakat Phenol Formaldehida. *Prosiding Seminar Nasional VI Masyarakat Peneliti Kayu Indonesia*. Fahatan Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat. Padang. pp. 281–286.
- Sudjindro. 2007. Peluang dan Tantangan Pemanfaatan Tanaman Serat Alam sebagai Bahan Baku Tekstil di Indonesia. *Prosiding Lokakarya Nasional Kapas dan Rami*. Pusat Litbang Perkebunan. pp. 157–166.
- Suhardjono, Y.R., Noerdjito, W.A., dan Kahono, S. 1986. Potensi Lebah Madu Sebagai Penyerbuk Tanaman Buah. Makalah dibawakan dalam *Lokakarya Pembuaian Lebah Madu Dalam Rangka Peningkatan Kesejahteraan Masyarakat Desa di Sekitar Hutan*, Sukabumi, Mei 1986. 11 hlm.
- Sukamto, L.A., Ahmad, F., dan Wawo, A.H. 2010. Pengaruh Oryzalin Terhadap Tingkat Ploidii Tanaman Garut (*Maranta arundinacea* L). *Buletin Penelitian Tanaman Rempah dan Obat*. 21: 2. 93–102.
- Sulyo Y., Muharam, A., dan Winarno M. 1992. Evaluasi ketahanan varietas-varietas pisang terhadap virus bunchy-top. In: Muharam A., Djatnika, I., Sulyo, Y., & Sunarjono H. (Eds.) *Prosiding Seminar: Pisang sebagai Komoditas Andalan, Prospek dan Kendalanya*, 5 Nopember 1992, Pusat Penelitian dan pengembangan Hortikultura, Balai Penelitian Hortikultura Lembang, Sub Balai Penelitian Segunung. Pp: 38–40.
- Sumarjono, H.H. 2008. Berkebun 21 jenis tanaman buah. Panebar Swadaya. 175 hlm.
- Sumber: REN 21 2007 dan REN 21,2006 dalam Balat dan Balat,2009
- Suniarsyih, N.S. 2009. Pengendalian hama penyakit dan gulma secara terpadu (PHPT). <http://wibowo19.wordpress.com/2009/01/18/pengendalian-hama-penyakit-dan-gulma-secara-terpadu-phpt/>. Maret 2010.
- Sunita, M. and Mitra C.K. 1993. Photoproduction of hydrogen by photosynthetic bacteria from sewage and wastewater. *J Biosci* 18:155–160.
- Susilaningsih D., Siburian, M.D., and Murniasih, T. 2008. Biodiversity of hydrocarbon-producing microalgae from oil contaminated in coastal zone of Batam Island. *Marine Research Indonesia*. 33;2: 115–120.
- Susilaningsih, D., Djohan, A.C., Widyaningrum, D.W., and Anam, K. 2009. Biodiesel from Indigenous Indonesian Marine Microalgae, *Nannochloropsis* sp. On-line journal of *Biotechnology Research in Tropical Region*, Vol. 2, October 2009.
- Swaminathan, M.S. 1981. *Building a National Food Security System*. Indian Environment Society, New Delhi. 138 pp.
- Swanholm, C.E. 1959. A Chemical Study of The Bitter Principle of PIA (*Tacca leontopetaloides*). Theses. University of Hawaii
- Syamani, F.A., Prasetyo, K.W., Budiman, I., Subyakto, dan Subiyanto, B. 2008. Sifat Fisis Mekanis Papan Partikel dari Serat Sisal atau

- Abaka Setelah Perlakuan Uap. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kayu Tropis* 6(2):56–62.
- Syamani, F.A., Astari, L.A., and Subyakto. 2010. Technology of Producing Cellulose Nano-fibers from *Acacia mangium*. *Proceedings The Second International Symposium of Indonesian Wood Research Society*, Bali 12–13 November 2010. pp. 31–38
- Syamani, F.A., Budiman, I., Subyakto, and Subiyanto, B. 2005. Panel Product from Long Fibers of Abaka (*Musa textiles* Nee). *Proceedings of the 6th International Wood Science Symposium: Towards Ecology and Economy Harmonization of Tropical Forest Resources*. Bali, Indonesia. p. 47.
- Tan, H.H. 2012. *Systomus navjotsodhii*, a new cyprinid fish from Central Kalimantan, Borneo. *Raff. Bul. Zool. Sup.* 25: 285–289.
- Tarmadi D., M. Ismayati, K.H. Setiawan, and S. Yusuf. 2010. Antitermite activity of *Carbera manghas* L seeds extracts. *Proceeding of The 7th Pacific Rim Termite Research Group*. Singapura, 1–2 Maret 2010
- Tarmadi D., Prianto, A.H., Guswenrivo, I., Kartika, T., Yusuf, S. 2007. “Pengaruh Ekstrak Bintaro (*Carbera odollam* Gaertn) dan Kecubung (*Brugmansia candida* Pers) terhadap Rayap Tanah *Coptotermes* sp”. *J. Ilmu dan Tehnolgi Kayu Tropis*, 5 (1), 38–42. 1693–3834.
- Tarmadi D., Setiawan, K.H., Ismayati, M., and Yusuf, S. 2009. The Effication of Areca catechu L Kernel Extract against Subterranean Termite *Coptotermes gestroi*. *Proceeding of The 1st International Symposium of Indonesia Wood research Society (IWRS)*, Bogor, 2–3 November 2009, pp. 212–215
- Tavares, F.A., J.B.R. Rodrigues, D.M. Fracalossi, J. Esquivel, and R. Roubach. 2008. Dried duckweed and commercial feed promote adequate growth performance of tilapia fingerlings. *Biotemas* 21 (3): 91–97.
- Tiernan, J.P. 2011. Algae as indicators of climate change. (www.unfccc.int ≤ <http://www.unfccc.int> ≥).
- Toha. 2005. *Padi gogo dan Pola Pengembangannya*. Balai Penelitian Tanaman Padi. Balitbangtan.
- Tomich, T.P., van Noordwijk, M., Budidarsono, S., Gillison, A., Kusumanto, T., Murdiyarso, D., Stolle, F. and Fagi, A.M., 1998. *Alternatives to Slash-and-Burn in Indonesia*. Summary Report & Synthesis of Phase II. ASB-Indonesia and ICRAF-Southeast Asia
- Tsygankov A.A., Borodin V.B., Rao K.K., and Hall D.O. 1999. H(2) photoproduction by batch culture of *Anabaena variabilis* ATCC 29413 and its mutant PK84 in a photobioreactor. *Biotechnol Bioeng* 64:709–715
- Turbak, A.F., Snyder, F.W., and Sandberg, K.R. 1983. Microfibrillated Cellulose, a New Cellulose Product: Properties, Uses, and Commercial Potential. *J. Appl. Polym. Sci: Appl Polym Symp.* 37: 815–827.
- Turkarslan, S., Yigit, D.O., Aslan, K., Eroglu, I., and Gunduz, U. 1998. Photobiological hydrogen production by *Rhodobacter sphaeroides* O.U.001 by utilization of waste water from milk industry. Di dalam: Zaborsky OR, editor. *Biohydrogen. Proceedings of an International Conference on Biological Hydrogen Production*; Hawaii, 23–26 June 1997. New York: Plenum Press. 151–156.
- Ukpabi, U.J., Ukenye, E., and Olojede, A.O. 2009. Raw-Material Potential of Nigerian Wild Polynesian Arrowroot (*Tacca leontopetaloides*) Tumbers and Starch. *Journal of Food Technology* 7(4) : 135–138
- USDA National Plant Database. 2006
- Utami, N W. dan Diyono. 2011. Respons Pertumbuhan dan Produksi 4 Varian Ganyong (*Canna edulis*) terhadap Intensitas Naungan dan Umur Panen yang Berbeda. *J. Teknologi Lingkungan* 12(3): 333–343.
- Utami, N.W., Sutarno, H., dan Agung, R.H. 2009. *Laporan Perjalanan Banten*.
- van Dam, A.A., Beveridge M.C.M., Azim, M.E., and Verdegem, M.C.J. 2002. The potential of fish production based on periphyton. *Rev Fish Biol Fish.* 12:1–31
- van Steenis C.G.G.J. 1972. *The Mountain Flora of Java*. Leiden: E.J. Brill. 138p.
- van Steenis C.G.G.J. 2006. *Flora Pegunungan Jawa*. Terjemahan ke dalam bahasa Indonesia dari buku asli *The Mountain Flora of Java*. Pusat penelitian Biologi-LIPI, Bogor. 259hlm,
- Vaughn, C.C. and Hakenkamp, C.C. 2001. The Functional role of Burrowing bivalves in freshwater ecosystems. *Freshwater Biology* 46: 1431–1446.
- Vavilov, N.I. 1926. Studies on the Origin of Cultivated Plants. *Bull.Appl.Bot.* 16 (2): 139–248.
- Vazquez, F.J., and Greco, L.S.L. 2007. Intersex females in the red claw crayfish, *Cherax quadricarinatus* (Decapoda: Parastacidae). *Rev. Biol. Trop. (Int. J. Trop. Biol.* 55 (1): 25–32. [terhubung berkala]. [05 Mei 2011].
- Vilamayar Jr., F.G. and Jukema, J. 1996. *Maranta arundinacea* L. in *Plants Yielding non Seed Carbohydrates* (Eds.). Flach, M. & Rumawas, F.). *Prosea*, Bogor. p 113 – 116.
- Vymazal J., Sladedek V., and Stach J. 2001. Biota participating in wastewater treatment in a horizontal flow constructed wetland. *Water Sci Technol* 44:211–214
- Walujo, E.B. 1989. Sili, Rumah Tinggal Suku Dani di

- Lembah Baliem. *ASRI, Majalah Interior, Taman & Lingkungan*. 76l: 36–39.
- Walujo, E.B. 1994. Masyarakat Mukoko di Lembah Balim Irian Jaya: Suatu Tinjauan Etnobotani. Dalam *Pembangunan Masyarakat pedesaan: Suatu Telaah Analitis Masyarakat Wamena, Irian Jaya*. Pustaka Sinar Harapan 119–130 p.
- Walujo, Eko B., Soedjito, H., Widjaja, E.A., & Rifai, M.A. 1991. Penguasaan Etnoekologi Secuplikan Masyarakat Etnis di Indonesia. Makalah Utama pada KIPNAS V. LIPI 1991.
- Wang J., Raman, H. Zhang, G., Mendham, N., and Zhou. M. 2006. Aluminium tolerance in barley (*Hordeum vulgare* L): Physiological, mechanism, genetic and screening (Rev). *J. Zhejiang Univ. Sci.* 7(10): 769–787
- acid from root tips. *Plant Physiol.* 117(3): 745–751.
- Wang, Z., Yano, M., Yamauchi, U., Iwamoto, M., Monna, L., Hayasaka, H., Katayose, Y., and Sasaki T. 1999. The Pib gene for rice blast resistance belongs to the nucleotide binding and leucine rich repeat class of plant disease resistance genes. *Plant J.* 19: 55–64.
- Wanntorp, L., Kooyan, A., and Renner, S. 2006. Wax plants disentangled: A phylogeny of *Hoya* (*Marsdenieae*, *Apocynaceae*) inferred from nuclear and chloroplast DNA sequences. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 39: 722–733.
- Wawo, A.H. dan Sukanto, L.A. 2011. Kajian Cara Perbanyakan Dan Pertumbuhan Garut (*Maranta arundinacea* L) Pada Kondisi Ketersediaan cahaya yang Berbeda. *Jurnal rekayasa Lingkungan*. 7: (2) 127–136.
- Wawo, A.H. dan Utami, N.W. 2012. Respons Pertumbuhan Dan Produksi Garut (*Maranta arundinacea* L.) dari 3 Provenansi Terhadap intensitas Naungan dan Umur Panen Yang Berbeda. *Prosiding Seminar Nasional XXI. Perhimpunan Biologi Indonesia*. Perhimpunan Biologi Indonesia Cabang Aceh, Banda Aceh, 5 Maret 2012. Hlm. 405–408.
- Wen, S., and Chung, D.D.L. 2007. Electrical-Resistance-Based Damage Self-Sensing in Carbon Fiber Reinforced Cement. *Carbon* 45:710–716.
- Whitten T., Soeriaatmadja, R.E., and Afiff, S.A. 1999. *Ekologi Jawa dan Bali*. Prenhallindo, Jakarta. 972 hlm.
- Whitten, M.J. 1992. Pest management in 2000: what we might learn from the twentieth century, p. 9–44. dalam A.A.S.A. Kadir (Ed.), *Pest management and the environment in 2000*. C.A.B.I., Wallingford.
- Widjaja, E.A. Maryanto, I., Wowor, D., dan Priyono. S.N. 2011. Status keanekaragaman hayati Indonesia. Puslit Biologi LIPI. LIPI Press. 48 hlm.
- Widodo, Y. 2010. Harmonizing the supply of cassava to meet the increasing demand for food and various other uses in Indonesia. In R.H. Howeler (Ed.). *A New Future for Cassava in Asia: Its Use as Food, Feed and Fuel to benefit the Poor. Proc. Of the 8th Regional Workshop held in Vientiane, Lao PDR* October 20–24, 2008. NAFRI-Nippon Foundation-CIAT. Pp 79–99.
- Widyastuti, Y. and Ando, K. 2009. *Final Report*. Research Collaboration LIPI and NITE.
- Widyatmoko, D. 2012. Kemampuan penyerapan karbon di banyak tipe ekosistem (data belum dipublikasikan)
- Widjaja, E.A. , Maryanto, I., Wowor, D., dan Priyono, S.N. 2011. *Status keanekaragaman hayati Indonesia*. Puslit Biologi-LIPI.
- Wijaya. F., Solihin, D.D. Alikodra, H.S., and Maryanto, I. 2012. The diet of insectivorous Cave-dwelling bats from Gombong karst area Central Jawa. *J.Tropic. Biodiv. Cons.* 9(1): 49–59.
- Wimpenny, J., Manz, W., and Szewzyk U. 2000. Heterogeneity in biofilms. *FEMS Microbiol Rev* 24: 661–671.
- Wiyanto R.H., dan Hartono R. 2006. *Lobster Air Tawar: Pembenihan dan Pembesaran*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- World Conservation Monitoring Centre. 1995. Indonesian Threatened Plants. *Eksplorasi* 2 (3): 8–9.
- World Health Organization. 2011. Global health observatory metadata. <http://apps.who.int/athena/>.
- Wright C.G., Leidy, R.B., and Dupree, Jr. H.E. 1994. Chlorpyrifos in the air and soil of houses eight years after its application for termite control. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 52 (1):131–134.
- www.proseanet.org
- http://biogen.litbang.deptan.go.id/plasma_nutfah/template.php?l=commodity_menu.php&m=commodity_home.php&commodity_id=05017&group_id=05&institution_shortcode=BB-BIOGEN&num_accession=53 (diakses 2 Desember 2009)
- Xu, H., Miao, X., and Wu, Q. 2006. High quality biodiesel production from a microalga *Chlorella protothecoides* by heterotrophic growth in fermenters. *J. Biotechnology* 126 (499–507).
- Xuejun Liu, Huayang, He., Yujun, W., Shenlin, Z. and Xianglan, P. 2007. Transesterification of soybean oil to biodiesel using CaO as a solid base catalyst. *Science direct; Biotechnology Advance*; April 2007. (www.science-direct.com).

- Yano, H., and Nakahara, S. 2003. Bio-Composites Produced from Plant Microfiber Bundles with a Nanometer Unit Web-like Network. *J. Mat. Sci.* 39:1635–1638.
- Yanqun, L. Horsman, M., Nan Wu, and Christopher Q. Lan and Nathalie Dubois-Calero. 2008. Biofuels from Microalgae. *Biotechnol. Prog.* 2008, 24, 815–820
- Yao, W., Chen, B., and Wu, K. 2003. Smart Behavior of Carbon Fiber Reinforced Cement-Based Composite. *J. Mat. Sci. Tech* 19 (3): 239–242.
- Yetis M., Gu, U., Eroglu, I., Yu, M., and Tu, L. 2000. Photoproduction of hydrogen from sugar refinery wastewater by *Rhodobacter sphaeroides* O.U.001. *Int J Hydrogen Energy* 25:1035–1041.
- Yusuf S., Desyanti, Santoso, T., and Hadi, YS. 2005. "The application of entomopatogenic fungi as biocontrol for subterranean termites". *Proceeding of The 2nd Pacific Rim Termite Research Group*. Bangkok, Thailand, February 2005, p. 42–46.
- Zeven, A.C. and P.M. Zhukovsky. 1967. *Dictionary of the Cultivated Plants and Their Centre of Diversity*. Centre for Agricultural Publishing and Documentation. Wageningen 219 pp.
- Zhu, H., Suzuki, T., Tsygankov, A.A., Asada, Y., and Miyake, J. 1999. Hydrogen production from tofu wastewater by *Rhodobacter sphaeroides* immobilized in agar gels. *Int J Hydrogen Energy* 24:305–310.
- Zimmermann, T., Pohler, E., and Geiger, T. 2004. Cellulose Fibrils for Polymer Reinforcement. *Advanced Engineering Materials* 6 (9): 754–761.
- Zulfiana, Z., Tarmadi, D. Ismayati, M., dan Yusuf, S. 2010. "Pathogenicity of *Metarhizium anisopliae* to Subterranean Termites *Coptotermes* sp". *Proceeding of The 7st Conference of the Pacific Rim Termite Research Group (PRTRG)*. Singapore, 1–2 Maret 2010. pp: 7–11.

Daftar Kontributor



Daftar Kontributor

Achmad Dinoto
Agus Hadiat Tjakrawidjaya
Agus Hamdani
Amir Hamidy
Anang Setiawan Achmadi
Andria Agusta
Arief Hidayat
Arif Nurkanto
Ary Prihardhyanto Keim
Aryani Leksonowati
Atik Retnowati
Atit Kanti
Awal Riyanto
Baharudin Tappa
Bambang Prasetya
Bambang Subiyanto
Bambang Sunarko
Cahyo Rahmadi
Conni Margaretha Sidabalok
Deby Arifiani
Dede Irving Hartato (Alm)
Deden Girmansyah
Diah Sulistiarini
Dian Latifah
Didik Widyatmoko
Djajat Tisnadjaya
Djamhuriyah S. Said
Djauhar Asikin
Djunijanti Peggie
Dwi Agustiyani Muslichah
Dwi Astuti
Dwi Murti Puspitaningtyas
Dwi Susilaningsih
Eka Aditya Putri Iskandar
Eko Baroto Waluyo
Eko Harsono
Eko Sulistyadi
Elizabeth Anita Widjaja
Endang Purwaningsih
Endang Sukara
Endang Tri Margawati
Enny Sudarmonowati
Enung Sri Mulyaningsih
Euis Hermiati
Fajarudin Ahmad
Fauzan Ali
Fauziah
Gunawan Pratama Yoga
Hadi Dahrudin
Hadiyanto
Hagi Yulia Sugeha
Hari Sutrisno

Harmastini
Harry Wiriadinata
Hartutiningsih
Heddy Julistiono
Hellen Kurniati
Heryanto.
Hetty U. Ningrum
I Nyoman Kabinawa
Ibnu Maryanto
Iman Hidayat
Ina Erlinawati
Irma S. Arlyza,
Ivana Yuniarti
Iwan Saskiawan
Joeni Setijo Rahajoe
Johannes Moge
Joko Ridho Witono
Kartika Dewi
Laode Alhamd
Lisman Suryanegara
Livia Rossila Tanjung
Lina Juswara
Lukman
M. Rofik Sofyan
Maharadatunkamsi
Marlina Ardiyani
Mohammad Fathi Royyani
Muhammad Bajoeri
Mulyadi
Mumpuni
Mustaid Siregar
Nanang Suryana
Nanda Utami
Ning Wikan Utami
Nofdianto
Nova Mujiono
Nunik Sulistinah
Nunuk Widhyastuti
Nur Rohmatin Isnaningsih
Partomuan Simanjutak
Pradina Purwati
Puspita Lisdiyanti
Rahmi Dina
Reni Lestari
Renny Kurnia Hadiaty
Rianta Pratiwi
Ridha Mahyuni
Rini Handayani
Rini Riffiani
Rismita Sari
Ristiyanti Marsetiyowati Marwoto
Rochadi Abdulhadi

Rosichon Ubaidillah
Rosniati Apriani Risna
Rugayah
Rumantyo
Sarjiya Antonius
Sasa Sofyan Munawar
Satya Nugroho
Sigit Wiantoro
Sih Kahono
Siti Nuramaliati Prijono
Siti Roosita Ariati
Siti Susiarti
Sri Astutik
Sri Hartati
Sri Rahayu
Subyakto
Suhardjono
Sukma Nuswantara
Sulaeman Yusuf
Sulastri
Sulistiani
Sunaryo
Susi Rahmawati
Sutrisno
Syahroma Husni Nasution
Syahrudin Said
Syamsu A. Ali
Tjandra Chrismadha
Tika Dewi Atikah
Titin Ngatinem Praptosuwiryo
Tri Haryoko
Tri Marga Ermayanti
Trimanto
Triyanto
Tri Widiyanto
Tukirin Partomihardjo
Tutie Djarwaningsih
Wahyu Dwianto
Wartika Rosa Farida
Wien Koseharyoto
Wirdateti
Witjaksono
Woro Anggraitoningsih
Yantyati Widyastuti
Yayuk Rahayuningsih
Yupi Isnaini
Yopi Sunarya
Yuyu Suryasari
Yuzammi
Zaenal Arifin

Kementerian Perencanaan Pembangunan Nasional
alamat: Gedung BAPPENAS
Jl. Taman Suropati No. 2 Jakarta Pusat
Telepon: 021-3148546, Fax: 021-3915406
www.bappenas.go.id

Kementerian Riset dan Teknologi Republik Indonesia
Alamat : Gedung II BPP Teknologi Lt. 5,6,7,8,23 dan 24 -
Jl. MH Thamrin 8, Jakarta 10340, PO.Box 3110 JKP 10031
Tlp. (021)316-9119, 316-9127, Fax. (021)310-1835
www.ristek.go.id

Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia
Sasana Widya Sarwono,
Jl.Jend. Gatot Subroto 10, Jakarta 12710
www.lipi.go.id



Kementerian Perencanaan
Pembangunan Nasional



RISTEK

