

INDUSTRI BERBASIS KEANEKARAGAMAN HAYATI, MASA DEPAN INDONESIA

Endang Sukara¹ dan Imran SL Tobing²

¹Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia

²Fakultas Biologi Universitas Nasional, Jakarta

ABSTRAK

Indonesia merupakan salah satu negara megabiodiversitas, bahkan merupakan yang terkaya di dunia. Ironisnya, mengapa rakyat tetap miskin dan bahkan melarat? Ini semua terjadi karena kekurangmampuan kita menilai potensi dan memanfaatkan keanekaragaman hayati. Indonesia baru mampu menjual pohon/kayu dan hewan sebagai bahan baku – bukan produk akhir, Indonesia baru menilai tumbuhan dan hewan – belum mikroorganisme, padahal mikroorganisme sangat potensial dan berharga dengan nilai ekonomi sangat tinggi, yang dapat dimanfaatkan tanpa harus merusak lingkungan. Keanekaragaman hayati telah dikembangkan di berbagai negara sebagai bahan dasar industri dengan keuntungan milyaran dollar. Keanekaragaman hayati kita juga dapat dikembangkan, dan sangat prospektif dijadikan sebagai dasar pengembangan industri. Keanekaragaman hayati kita di tingkat molekuler atau tingkat gen merupakan kekayaan yang tak ternilai harganya. Kita harus rebut teknologi; kita harus dapat mewujudkan Indonesia sebagai negara yang lebih bermartabat dan disegani negara lain. Satu-satunya cara adalah dengan terus memacu diri mengembangkan sumber daya manusia yang berkemampuan ilmu pengetahuan dan teknologi tinggi. Dengan menyandingkan ilmu pengetahuan yang tinggi dan kekayaan alam khususnya kekayaan keanekaragaman hayati yang kita miliki merupakan keniscayaan untuk mewujudkan cita-cita para pendiri bangsa, menjadi negara yang adil, makmur, gemah ripah loh jinawi.

Kata Kunci : industri, keanekaragaman hayati, masa depan, Indonesia

PENDAHULUAN

Indonesia adalah negara maritim, ditaburi dengan lebih dari 17.500 pulau – besar dan kecil. Negeri ini tepat berada di daerah khatulistiwa mempunyai lebih dari 42 tipe ekosistem daratan dan 5 (lima) tipe ekosistem laut yang sangat unik – mulai dari hamparan es abadi di puncak gunung Jaya Wijaya Papua hingga ke palung laut paling dalam. Keunikan ekosistem ini telah menjadikan Indonesia dianugerahi sumber daya alam hayati yang sangat berlimpah dan sangat beranekaragam. Tidak ada satu negarapun di dunia yang memiliki kondisi alam seperti negeri kita,

Indonesia. Tidaklah berlebihan bila dikatakan, bahwa Indonesia merupakan negara terkaya di dunia dalam hal keanekaragaman hayati (biodiversitas). WRI, IUCN dan UNED (1995) menjelaskan bahwa Indonesia memiliki sampai 25 % aneka spesies di dunia padahal luas wilayah daratannya hanya 1.3% dari luas daratan dunia.

Secara geografis, Indonesia juga sangat strategis karena berada di antara dua benua, Asia dan Australia dan di antara dua samudra, samudera Hindia dan Pasifik serta merupakan pertemuan atau peralihan dua kawasan biogeografi penting – kawasan Oriental dan kawasan Australian.

Kondisi seperti ini menjadikan Indonesia merupakan kawasan terunik di dunia, yang mengandung kekayaan alam yang dimiliki oleh dua kawasan biogeografi. Kawasan Indonesia juga merupakan batas penyebaran berbagai biota khas Oriental maupun biota khas Australian. Dengan dasar inilah para peneliti menetapkan beberapa garis khayal yang merupakan batas penyebaran berbagai biota Oriental dan biota Australian. Garis Wallace yang membentang di antara pulau Sulawesi dan Kalimantan merupakan batas penyebaran biota Australian; garis Lydecker yang berada antara Kepulauan Maluku dan Papua merupakan batas penyebaran biota Oriental; dan garis Weber yang berada di antara Sulawesi dan Kepulauan Maluku merupakan garis tengah peralihan antara kawasan Oriental dan kawasan Australian.

Keunikan alam Indonesia ini telah mengundang berbagai peneliti manca negara datang ke Indonesia. Kekayaan alam Indonesia juga telah membuat berbagai negara ingin menguasainya, baik secara langsung maupun secara tak langsung; bahkan beberapa telah menikmati. Mengapa hal seperti ini dapat terjadi? Mengapa Indonesia dengan kekayaan alam yang begitu melimpah sebagian rakyatnya masih miskin dan bahkan melarat? Apakah kekayaan alam dan keanekaragaman hayati yang begitu berlimpah mempunyai prospek bagi bangsa ini untuk mengembangkan bioindustri sebagaimana telah dicontohkan oleh negara-negara barat?

Perlombaan pencarian obat baru seiring dengan munculnya penyakit-penyakit baru semakin menarik minat negara-negara maju. Kekayaan alam hayati wilayah tropis, khususnya Indonesia, menjadi incaran banyak pihak. Kegiatan pencarian senyawa bahan alam untuk keperluan bisnis, "*bioprospecting*", dari kekayaan keanekaragaman hayati asli Indonesia semakin kencang dan bahkan

diprediksi banyak kalangan di dunia akan menjadi bidang bisnis yang akan meledak sekeras ledakan bisnis dotcom beberapa waktu yang lalu. Hal ini juga terpicu ketika kemajuan di bidang **bioteknologi** turut mempengaruhinya. Berhasilnya proses pemetaan gen manusia telah mampu menjelaskan tentang mekanisme sesuatu penyakit manusia dengan lebih gamblang. Pengetahuan ini telah dijadikan pedoman oleh industri obat raksasa negara maju untuk proses pengembangan obat-obat baru. Pengetahuan ini telah berhasil merumuskan berbagai metoda pencarian obat dari sumber daya alam hayati tropika. Korea Selatan misalnya 7 tahun lalu telah menambah dana riset sebesar 43% dibandingkan dengan sebelumnya. Sementara itu, dana yang dialokasikan pihak Amerika untuk riset dalam bidang bioteknologi pada tahun yang sama jauh lebih besar Amerika Serikat yaitu sekitar 18 miliar dolar. Sementara itu Jepang mengalokasikan dana 4,6 miliar dolar untuk tujuan yang sama. Tokyo sendiri telah mencanangkan 18 miliar dolar untuk riset di bidang bioteknologi dan berambisi untuk mengubah bioteknologi menjadi bisnis senilai 234 miliar pada tahun 2010. Singapura juga mengikuti jejak Jepang dengan mengalokasikan dana riset sebesar 570 juta dolar. Singapura berambisi bukan saja sebagai pusat regional percobaan klinis, melainkan ingin menjadi rumah bagi 15 perusahaan *bioscience* kelas dunia pada tahun 2010. Negeri pulau itu juga telah meluncurkan sebuah program gen Singapura yang ambisius, yakni untuk mempelajari pembuatan genetika dari berbagai orang Asia dengan proyek sebesar 34 juta dolar yang dimaksudkan sebagai landasan untuk mengembangkan obat-obat baru dan perawatan tertentu. Taipei menyiapkan 900 juta dolar untuk litbang dan modal ventura. Pusat Riset, Biomedical Engineering Center, di Hsinchu yang baru berdiri setahun telah

mempatenkan 120 produk dan telah melisensi ke berbagai perusahaan.

Beberapa perusahaan di kawasan Asia kini tengah bersemangat menekuni usaha berkaitan dengan bioteknologi. Takeda Chemical Industries mengembangkan obat-obat baru secara genetik sejak 1995. Takeda menyatakan bahwa informasi pengembangan obat-obatannya bisa diperpendek sampai 5 tahun. Kini Takeda memproduksi obat untuk penanganan kanker prostat dengan nilai omzet sebesar 8,6 miliar dolar dengan laba 1,1 miliar. Sementara itu Kyowa Hokko Kogyo melakukan kegiatan penemuan untuk penanganan kanker, obat alergi dan hipertensi dan bulan Oktober lalu meluncurkan mikroba pengurai polutan. Perusahaan ini memegang 450 paten di Jepang, omzetnya 3,5 miliar dengan laba 106 juta dolar sedangkan biaya untuk litbang sebesar 244 juta dolar. Medical & Biological Laboratories, Shenzhen Kexing Bioproducts, Shenyang Sunshine Pharmaceutical masing-masing meraih laba 4,4; 7,2 dan 1,2 juta dolar. Berdasarkan hal itulah tulisan ini dibuat untuk merangsang generasi muda agar lebih memahami potensi keanekaragaman hayati Indonesia, kemudian ikut menjaganya, mempelajarinya dan berupaya lebih keras untuk mengembangkan serta memanfaatkannya sebagai modal untuk pembangunan demi kesejahteraan masyarakat dan bangsa Indonesia..

BUKTI BAHWA INDONESIA MEMANG MEMILIKI KEKAYAAN SUMBER DAYA ALAM HAYATI YANG TIDAK TERTANDINGI DI DUNIA

Berbagai sumber telah mengakui bahwa Indonesia memang Negara dengan megabiodiversitas. Beberapa sumber menyebutkan bahwa Indonesia berada di

urutan ke 3 setelah Brasil (Amerika Selatan) dan Zaire (Afrika), sedangkan beberapa sumber lain menempatkan Indonesia di posisi ke dua setelah Brasil. Prediksi ini umumnya didasarkan pada kekayaan di darat, padahal Indonesia mempunyai laut yang jauh lebih luas dari darat – dan kekayaan laut masih sangat sedikit yang terungkap. Jika kekayaan sumber daya alam hayati di laut diperhitungkan, tidak diragukan lagi, negara kita adalah negara yang memiliki kekayaan keanekaragaman hayati tertinggi di dunia. Potensi kekayaan ini akan semakin bertambah bila kekayaan mikroorganisme – yang juga masih sangat sedikit terungkap - ikut diperhitungkan. Mikroorganisme (mikroba) dapat hidup di semua tempat; dari palung laut sampai dengan puncak gunung Jaya Wijaya dengan es abadinya. Mikroba dapat dijumpai baik di dalam air, di dalam tanah, di udara, di dalam jaringan tumbuhan, di dalam tubuh hewan dan bahkan pada tubuh manusia.

Hasil penelitian membuktikan bahwa dari waktu ke waktu masih saja ditemukan berbagai spesies baru di berbagai wilayah Indonesia; baik hewan maupun tumbuhan (KLH, 2005). Dengan demikian, tidaklah meragukan bahwa negara kita, memang negara terkaya akan keanekaragaman hayati di dunia.

Bukti kekayaan keanekaragaman hayati Indonesia ini tercermin dari hasil penelitian LIPI dan WWF Indonesia tentang kekayaan jenis tumbuhan di hutan dataran rendah di kawasan Tesso Nilo (Riau). Penelitian di kawasan ini yang dilakukan pada tahun 2003 yang lalu berhasil mencatat bahwa sekurang-kurangnya ditemukan 215 jenis tumbuhan berbunga dalam areal hanya 0,2 ha. Hasil ini merupakan sesuatu yang menghebohkan, karena dari penelitian dengan menggunakan metode yang sama di 1800 permanen plot di seluruh dunia tidak ada

satu kawasanpun yang mempunyai kekayaan jenis tumbuhan seperti ini (lebih dari 200 spesies per 0,2 ha). Dengan penelitian ini dapat dikatakan bahwa Tesso Nilo merupakan kawasan dengan kekayaan keanekaragaman hayati (tumbuhan berbunga) tertinggi di dunia.

Gaung Tesso Nilo sebagai kawasan terkaya di dunia belumlah reda. Berita menghebohkan kembali terjadi ketika LIPI dan Conservation International (CI) berhasil mencatatkan rekor baru ketika melakukan penelitian di kawasan Batang Gadis – Natal (Sumatera Utara) pada tahun 2004. Kawasan Batang Gadis ternyata lebih kaya dari kawasan Tesso Nilo yakni dijumpainya 225 jenis tumbuhan berbunga pada kawasan hutan seluas 0,2 ha. Dengan kedua hasil kajian ini, dipastikan, bahwa kawasan Tesso Nilo dan Batang Gadis merupakan kawasan yang memiliki kekayaan keanekaragaman flora tertinggi dunia hingga saat ini.

Hasil penelitian tersebut menjadi bukti yang sangat mengagumkan tentang kekayaan sumberdaya alam hayati (keanekaragaman hayati) Indonesia. Kekayaan keanekaragaman hayati Indonesia diyakini tidak hanya di dua kawasan itu saja; masih banyak kawasan-kawasan lain yang datanya minim atau belum terungkap sama sekali. Kekayaan keanekaragaman hayati Indonesia tidak hanya tumbuhan berbunga saja; masih banyak golongan tumbuhan lainnya, dan berbagai spesies hewan, dan mikro-organisme yang masih sangat sedikit yang diketahui.

Kekayaan keanekaragaman hayati Indonesia merupakan potensi besar yang dapat dimanfaatkan sebagai modal dasar dalam pembangunan. Keanekaragaman hayati dapat dijadikan sebagai bahan baku untuk berbagai keperluan; seperti bahan baku untuk pangan, bahan baku untuk obat-obatan, maupun bahan baku untuk industri modern lainnya. Beberapa jenis

memang sudah dimanfaatkan, tetapi baru sebagian kecil; padahal potensinya sangat besar.

Penggalian potensi sumberdaya alam hayati akan terus dilakukan untuk menopang perkembangan industri dan perekonomian Indonesia. Hasil penelitian LIPI dan Shiseido terhadap sekitar 200 spesies tumbuhan, membuktikan bahwa banyak spesies tumbuhan yang mempunyai bahan aktif potensial untuk kosmetik. Laporan penelitian LIPI dan Shiseido pada tahun 2007 membuktikan bahwa setidaknya ada 30 paten yang mungkin dapat diusulkan karena memiliki potensi bagi perkembangan industri kosmetika dan kesehatan kulit.

Setiap lembar daun adalah “Chemical Library”; dan setiap jenis tumbuhan, hewan, maupun mikro-organisme mempunyai kandungan kimia tertentu yang dapat dimanfaatkan untuk berbagai keperluan manusia. Dalam penelitian terkininya, LIPI berhasil menemukan molekul baru dari daun **sukun** yang terbukti sangat ampuh untuk pengobatan penyakit kardiovaskuler dan berbagai penyakit yang berhubungan dengan pembuluh darah. Tumbuhan **pegagan** (*Centella asiatica*) juga diketahui mempunyai senyawa kimia yang sangat bermanfaat untuk penyembuhan penyakit hepatitis, dan rimpang **dlingo** dapat dimanfaatkan sebagai anti-diabetes.

Demikian juga dengan hewan, potensinya sebagai bahan baku dalam pengembangan industri terus terungkap. Page (2004) menjelaskan beberapa jenis hewan seperti kodok dan serangga terbukti sangat potensial dikembangkan sebagai bahan baku gen untuk pengembangan berbagai jenis obat. Serangga **Aristolochia** mempunyai potensi besar untuk dikembangkan dalam dunia industri karena jenis ini ternyata mengandung berbagai senyawa kimia unik yang dapat dimanfaatkan sebagai *anti-bacterial*, *anti-fungal*, *anti-*

malaria, herbicide, anti-tumor, immuno-stimulant, anti-rheumatic, termination of frengnacy, dan bahkan untuk bahan baku obat *contraceptive*. Selanjutnya, dijelaskan bahwa **kodok** menghasilkan “magainin” sejenis peptida rantai pendek yang berperan mematahkan “*channel ion gradient*” yang pada akhirnya menyebabkan kematian kuman penyakit. Sungguh magainin ini mempunyai peluang untuk dikembangkan menjadi bahan baku antibiotika baru. Kekayaan keanekaragaman hayati Indonesia berupa hewan **amfibia** juga sangat tinggi, dan berbagai spesies baru terus ditemukan. Expedisi Foya Membramo Papua pada tahun 2005-2006 telah berhasil menemukan setidaknya 20 spesies baru kodok dan 4 spesies reptilia (Tropika Indonesia, 2006). Namun demikian penemuan-penemuan ini baru sebatas bertambahnya kekayaan spesies, belum menyentuh pemanfaatan secara langsung sampai ke molekul aktif dan genetika molekular. Selanjutnya Supriyono dan Wijayanti (2001) menjelaskan bahwa hewan spon *Theonella swinhoel* yang ditemukan di perairan sebelah utara Papua diketahui menghasilkan senyawa yang mempunyai potensi antikanker. Senyawa yang ditemukan mempunyai keunggulan tersendiri karena kekhasannya, hanya menghambat pertumbuhan sel kanker dan tidak menghambat sel normal

Lain halnya dengan negara-negara maju, kekayaan sumber daya alam hayati di Indonesia masih belum banyak disentuh oleh pakar biologi sementara para peneliti di negara maju dengan kesungguhan dan dukungan dana yang sangat luarbiasa, mereka telah mampu memanfaatkan keanekaragaman hayati sebagai bahan baku untuk pengembangan berbagai bidang industri. Prescott-Allen dan Prescott-Allen (1986) melaporkan bahwa keuntungan ekonomis yang diperoleh dari berbagai spesies yang hidup di alam bebas

diperhitungkan mencapai nilai 87 milyar dollar per tahun pada tahun 1970an.

Potensi keanekaragaman hayati tidak hanya untuk kepentingan pengembangan berbagai industri di bidang medis, keanekaragaman hayati juga sangat penting untuk mendukung pembangunan di sektor pertanian termasuk di antaranya reklamasi lahan marginal dan bioremediasi, perbaikan varietas tanaman pangan, *biofertilizer, biopesticide*, pengolahan hasil pertanian. Lebih jauh, kekayaan keanekaragaman hayati yang sangat besar dan keunikan serta kekhasan kekayaan ini sesungguhnya dapat juga dimanfaatkan untuk mengembangkan industri pariwisata di Indonesia. Untuk keperluan ini, Indonesia juga mempunyai beragam landskape ekosistem yang begitu khas termasuk di dalamnya berbagai jenis flora dan fauna spektakuler yang sangat potensial untuk dikemas menjadi berbagai paket wisata dalam rangka menggenjot industri pariwisata modern di Indonesia. Menurut Fillon *et al* (1985) Kanada dengan kekayaan sumber daya alam yang terbatas dapat mengembangkan industri pariwisata alam dengan nilai devisa tidak kurang dari 800 juta dollar pertahun. Bila Kanada saja dapat mengembangkan dan menjual alamnya dengan harga ratusan juta dollar setiap tahun, tidak mustahil kalau Indonesia juga dapat mengikutinya, bahkan untuk melebihinya. Karena dalam hal kondisi alam dan keanekaragaman hayati, Kanada sangat jauh berada di bawah Indonesia.

KEKAYAAN SUMBER DAYA MIKROBA

Kekayaan sumberdaya alam hayati yang terungkap masih sangat terbatas dan umumnya adalah flora dan fauna. Sementara itu, kekayaan sumber daya mikroorganisme masih sangat sedikit yang

diketahui. Padahal, sumber daya ini potensinya jauh lebih besar dalam proses pengembangan industri berbasis keanekaragaman hayati. Mikroorganisme diketahui dapat menghasilkan berbagai senyawa kimia yang sangat bermanfaat bagi hidup dan kehidupan umat manusia. WRI, IUCN dan UNEP (1995) menjelaskan bahwa dalam bidang farmakologi modern, seperempat resep dokter di Amerika Serikat mengandung komponen aktif yang berasal dari sumber daya alam hayati dan lebih dari 3.000 jenis antibiotika – termasuk penicilin dan tetrasiklin – berasal dari mikroorganisme. Senyawa kimia sebagai bahan baku obat termasuk setidaknya 20 jenis obat yang paling laku dijual di Amerika Serikat diperoleh atau berasal dari sumber daya alam hayati. Pada tahun 1988 saja, penjualan obat sejenis ini telah menghasilkan nilai jual mendekati 6 milyar dolar. Informasi terakhir hasil penjualan obat penurun kadar kolesterol dalam darah pada tahun ini mencapai lebih dari 16 milyar dolar.

Fungi dari golongan **aktinomisetes** merupakan salah satu yang paling menjanjikan karena kemampuannya menghasilkan beragam senyawa aktif bahan baku industri, termasuk industri di bidang medis. Berbagai produk yang sudah dikembangkan dari kelompok aktinomisetes antara lain adalah bahan baku anti-tumor (*streptonigrin* dan *anthracyclines*), herbisida (*bialophos*), nematosida, insektisida, mitisida dan acarisida (*milbemycin*, *nikkomycin*, dan *avermectins*), anti-protozoa (*lasalocid*, *monensin*, dan *nigericin*), anti-fungals (*amphotericin*), anti-bakteri (*macrolides*, *rifamycins*, *chloramphenicol*, *tetracyclines*, dan *aminoglycosides*), serta anti-virals (*ribavirin*, *rifamycins*, dan *anthracyclines*).

Kemampuan untuk mendapatkan aktinomisetes dari alam sudah dikuasai para peneliti Indonesia. Akibatnya, ribuan jenis aktinomisetes kini telah berhasil

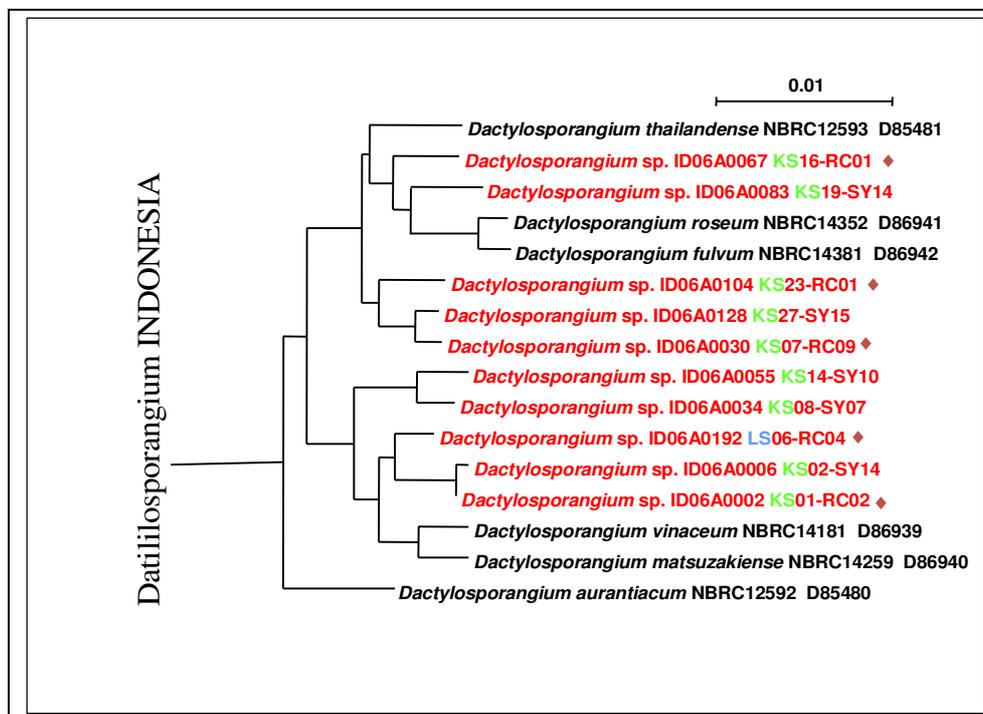
dikumpulkan oleh para peneliti LIPI. Hasilnya sangat mengagumkan. Dengan menggunakan aktinomisetes rujukan dari berbagai pusat penyimpanan mikroba di seluruh dunia, telah dibuktikan bahwa lebih dari 30 % merupakan spesies baru dan banyak diantaranya bahkan genus baru. Sudah barang tentu, potensi negeri ini untuk bisa mengembangkan berbagai senyawa aktif sebagai bahan baku pengembangan obat modern yang dapat dikembangkan sendiri menjadi industri farmasi yang disegani dunia. Contoh kongkrit kesuksesan bisnis dengan menggunakan aktinomisetes adalah Ranbaxy Laboratories Ltd. Perusahaan ini telah mampu mengembangkan salah satu jenis aktinomisetes yaitu *Dactylosporangium aurantiacum* menjadi Adoxa. Setelah mendapatkan pengakuan dari FDA, pada tahun 2006 yang lalu berhasil menjual produknya dengan nilai jual 62,7 juta dolar.

Hasil penelitian LIPI, telah membuktikan, bahwa *Dactylosporangium* di Indonesia sangat berpotensi untuk membangun industri farmasi di Indonesia. Eksplorasi *Dactylosporangium* di berbagai wilayah di Indonesia telah ditemukan berbagai jenis *Dactylosporangium* baru. Gambar 1 memperlihatkan kepada kita bahwa dari hasil penelitian terhadap contoh sampel tanah dari Kalimantan berhasil diisolasi setidaknya 10 (sepuluh) jenis *Dactylosporangium* baru. Ini merupakan potensi besar; karena spesies baru sungguh mempunyai peluang untuk pengembangan industri farmasi yang baru yang nilai bisnisnya bisa mencapai multimilyaran dollar.

Selain *Dactylosporangium*, jenis-jenis aktinomisetes yang lain sangat potensial dan berperan besar dalam perkembangan industri berbasis mikroorganisme ini. Ambil saja contoh *Streptomyces violascens* yang juga berhasil diisolasi dari bumi Indonesia.

Spesies ini sangat potensial memproduksi *ansamycin* dan *alulycin-type antibiotic*, *herbimycin* (herbisida alami), *antitumor*, *tyrosine kinase inhibitor* dan sebagai agensia untuk *angiogenesis* (proses fisiologi yang berhubungan dengan perkembangan pembuluh-pembuluh darah). Selanjutnya, penemuan **Acetobacter** yang dapat dipergunakan untuk pengembangan industri bacterial nanofibers merupakan kejutan baru di bidang nanoteknologi. Dengan pengembangan teknologi penguraian bio-selulosa, nata de coco sekarang sudah bisa diubah menjadi nano

fiber. Para pakar di Kyoto University saat ini sedang aktif mengembangkan berbagai produk dari nano fiber ini. Keunikannya, dengan bahan baku nano fiber dari bio-selulosa ini para pakar di Jepang telah berhasil mengembangkan material baru yang mempunyai sifat elastik seperti plastik, bening seperti kaca dan kuat melebihi kekuatan baja tipis. Akhirnya mereka dapat mengembangkan material sebagai pengganti LCD dan sedang berambisi membuat layar monitor fleksi yang dapat dengan mudah digulung. Mitsubishi berada di belakangnya.



Gambar 1. Potensi Dactylosporangium di Indonesia

Jenis-jenis mikroorganisme lainnya yang sudah terbukti bernilai dan telah dimanfaatkan dalam bidang industri antara lain adalah *Saccharomyces cerevisiae* (industri roti), *Bacillus thuringiensis* (pestisida mikrobial), *Aspergillus niger* (penghasil asam sitrat), dan *Rhizopus oligosporus* (digunakan dalam industri pangan) (Yulneriwarni, 2008). Demikian

juga berbagai jenis enzim yang dihasilkan oleh berbagai mikroorganisme telah dimanfaatkan untuk berbagai bidang industri; seperti amilase yang dihasilkan oleh *Bacillus subtilis*, *Bacillus licheniformis*, *Aspergillus niger* dan *A. oryzae* (industri pangan, kertas dan tekstil); enzim selulase yang dihasilkan oleh *Trichoderma viridae* dan *Penicillium funiculosum* serta enzim

xylanase yang dihasilkan *Aspergillus niger*, *A. ochraceus* dan *B. subtilis* (industri etanol dan kertas); glukosa isomerase yang dihasilkan *B.coagulans* dan *Lactobacillus brevis* serta renin yang dihasilkan *Mucor micchei* dan *Endothia parasitica* (industri pangan); dan protease yang dihasilkan *B.subtilis* dan *B.licheniformis* (industri kulit dan detergen) (Dordick, 1991). Selanjutnya berbagai jenis *Lactobacillus*, *Bacillus*, *Aspergillus*, *Acetobacter* dan berbagai jenis mikroorganisme lainnya telah diketahui dapat berperan dalam fermentasi makanan dan telah dimanfaatkan dalam skala industri dengan berbagai jenis produk seperti yoghurt, soyghurt, nata de coco, kefir, keju, sosis, kecap sauerkraut, pickel dan anggur (Ray, 2004; Drawert *et al*, 1995; Teuber *et al*, 1995).

PERAN BIOTEKNOLOGI

Perkembangan industri berbasis mikroorganisme dan perkembangan keilmuan dalam bidang nanoteknologi, telah semakin memberi harapan bagi Indonesia. Harapan baru yang lain adalah pemanfaatan keanekaragaman hayati Indonesia di tingkat molekular atau di tingkat gen. Sungguh, di dalam hal ini, Indonesia memiliki kekayaan yang tidak ternilai harganya yang seharusnya dapat dimanfaatkan sebagai fondasi dalam pembangunan negeri demi mengangkat harkat dan martabat bangsa serta mewujudkan kesejahteraan rakyat. Disinilah peran bioteknologi yang sesungguhnya.

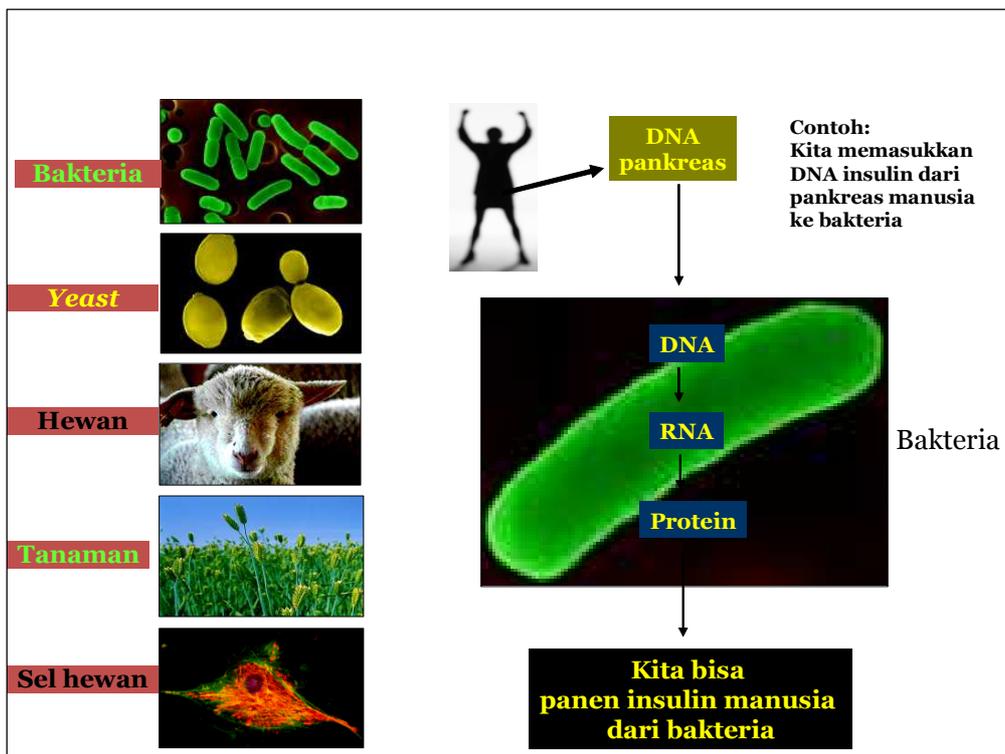
Bagi bangsa Indonesia seharusnya bersyukur. Kaula muda para peneliti handal di LIPI misalnya telah mampu menguasai bidang ini dengan baik. Peralatan yang dimiliki LIPI saat ini juga sangat mendukung. Kegiatan penelitian di bidang molekular genetik kini sedang dilakukan. Salah satu kegiatan para pakar

LIPI adalah mensintesis gen yang berperan dalam mengkode protein M2 yang sangat berperan dalam proses perkembangbiakan virus. Gen penyandi protein M2 ini telah diperoleh dan dipindahkan ke dalam sel bakteri. Kini kita mempunyai bakteri yang dapat menghasilkan protein M2. Bakteri rekombinan ini pada akhir penelitian diharapkan dapat dipakai sebagai alat dalam upaya mencari senyawa metabolit dari berbagai ekstrak yang terdapat di dalam kekayaan dan keanekaragaman hayati milik negeri ini. Apabila kita berhasil menemukan inhibitor protein M2 dari sumberdaya alam Indonesia melalui penggunaan bakteri hasil rekombinan ini, tidak mustahil Indonesia dapat mengembangkan bahan baku obat untuk menangkal berbagai penyakit yang diakibatkan oleh virus termasuk influenza, flu burung dan SAR.

Para pakar peneliti di LIPI juga sedang menekuni pengembangan vaksin melalui teknologi "molecular farming". Gen penyandi protein vaksin virus hepatitis B (HBV) sedang diupayakan dimasukkan ke dalam pisang. Dengan teknik ini LIPI bersama para pakar di ITB berambisi untuk merekayasa pisang secara genetik. Pisang hasil rekayasa ini kemudian akan dipakai sebagai bioreaktor untuk menghasilkan vaksin hepatitis B. Virus hepatitis B merupakan penyebab penyakit menular berbahaya. Virus ini menyebabkan peradangan hati, yang lama kelamaan akan menimbulkan kanker hati. Dengan berkembangnya bioteknologi seperti ini, gen Hepatitis B surface antigen (HBsAg) dapat dipindahkan ke dalam pisang dan pada akhirnya, vaksin dapat diproduksi oleh tanaman pisang. Dengan cara ini vaksin dapat diproduksi dengan harga yang sangat murah dan diharapkan dapat berguna untuk 14-16 juta orang yang terinfeksi di Indonesia sehingga tingkat kematian 200.000 orang pertahun dapat diturunkan.

Produksi obat berbasis “molecular farming” dapat dikembangkan dengan menggunakan gen dari berbagai jenis sumber daya alam hayati Indonesia. Gen fungsional untuk berbagai keperluan di bidang medis perlu diburu. Untuk mempercepat program “molecular farming”, gen dapat juga diperoleh dari bank data dunia atau dengan membuat gen

sintetis seperti gen penyandi protein M2 yang dilakukan oleh LIPI. Jika gen yang dimaksud sudah diperoleh, maka gen tersebut harus disisipkan kedalam pembawa seperti plasmid atau agrobakterium kemudian dipindah ke mahluk hidup lain yang sudah dikenal seperti bakteri, fungi, sel hewan, maupun sel tumbuhan (gambar 2).



Gambar 2. Produksi obat berbasis molecular farming menggunakan bakteria untuk menghasilkan insulin

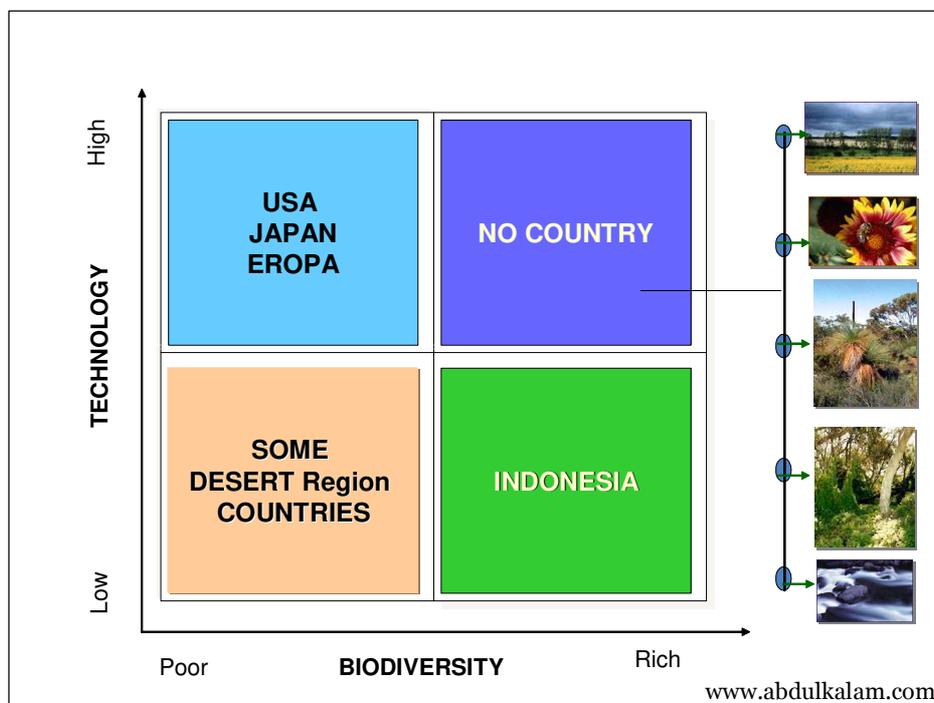
Gambar 2 ini juga memperlihatkan kepada kita, bahwa berbagai jenis bakteria setelah melalui rekayasa genetik kini dapat berperan sebagai penghasil insulin karena gen insulin sudah dimasukkan ke dalam bakteria ini yang pada akhirnya bakteria ini mempunyai kemampuan baru yakni mampu menghasilkan insulin. Perkembangan terbaru yang telah dilakukan oleh

para peneliti LIPI adalah keberhasilan mengisolasi gen penyandi human Erythroprotein (h-EPO) yang kini banyak diburu orang di dunia karena kemampuannya mematangkan sel darah merah. Human Erythroprotein (h-EPO) sangat dibutuhkan oleh pasien penderita penyakit degeneratif seperti gagal ginjal, HIV, AID dan berbagai penyakit lainnya ang

berhubungan dengan darah. Harga h-EPO saat ini melambung. Untuk 1 mg kita harus mengeluarkan \$ 2,500 (harga 1 g h-EPO tentunya mencapai \$2,500,000 atau dua setengah juta dolar). Penyebab mahalnya h-EPO adalah bahwa obat ini hanya bisa dihasilkan oleh ginjal manusia. Produksinya di luar tubuh manusia sangat rumit. Kabar yang menggembirakan adalah bahwa gen penyandi h-EPO telah berhasil diisolasi peneliti LIPI dan telah berhasil dimasukkan ke dalam Barley Mozaic Virus. Dengan teknik ini, h-EPO akhirnya dapat diproduksi oleh Barley melalui perantara virus khusus. Inilah yang kita kenal dengan “*molecular farming*”. Prosesnya disempurnakan dengan menyisipkan gen serupa kepada ragi roti (*Pichia pastoris*). Dengan demikian, dimasa tidak terlalu lama lagi Indonesia juga bisa berkiprah sejajar dengan negara maju menghasilkan protein

teurapeutik menggunakan teknik molekular farming ini. Dukungan pemerintah dan dunia usaha sangat menentukan kemandirian bangsa dalam bidang kesehatan ini. Sekalipun demikian, perkembangan teknologi di Indonesia, termasuk bioteknologi, masih sangat jauh tertinggal dibandingkan negara-negara lain; sehingga pemanfaatan keanekaragaman hayati (biodiversity) belum maksimal.

Suatu fenomena di dunia, bahwa perkembangan teknologi tidak sejalan dengan peningkatan kekayaan keanekaragaman hayati (Gambar 3). Negara dengan kekayaan keanekaragaman hayati tinggi masih ditandai dengan rendah teknologi yang dikuasainya sedangkan negara-negara maju sekalipun miskin keanekaragaman hayatinya, penguasaan teknologinya sangat tinggi sehingga mereka lebih sejahtera dan mampu menguasai dunia



Gambar 3. Posisi berbagai negara berdasarkan kemajuan teknologi dan kekayaan keanekaragaman hayati

Negara-negara maju telah mampu memanfaatkan keanekaragaman hayati melalui akses terhadap kekayaan hayati kita yang sekalipun aksesnya terbatas, tetapi dengan teknologi yang dikuasainya, mereka dapat mengembangkan industri berbasis keanekaragaman hayati (bio-based industry) dengan sangat pesat. Sementara itu, kita yang memiliki kekayaan sumber daya alam khususnya kekayaan dan keanekaragaman hayati yang sangat tinggi hanya terlina dan terbuai dengan predikat “megadiversity country”. Oleh karena itu, kita harus belajar keras dan bekerja keras untuk merebut teknologi agar keanekaragaman hayati yang kita miliki ini dapat segera diolah dan dimanfaatkan. Industri berbasis keanekaragaman hayati seyogyanya dapat berkembang, dan potensi keanekaragaman hayati dapat dimanfaatkan untuk kesejahteraan masyarakat dan bangsa Indonesia yang kita cintai ini. Inilah tantangan dan sekaligus peluang bagi biologiwan muda untuk turut berpartisipasi dalam pembangunan dan sekaligus mengangkat harkat dan martabat bangsa.

KESIMPULAN

Kekayaan keanekaragaman hayati Indonesia merupakan sumberdaya yang tak ternilai harganya, tetapi masih sangat sedikit yang dimanfaatkan karena kurangnya pemahaman dan rendahnya penguasaan ilmu dan teknologi. Beberapa jenis sumber daya alam sudah terungkap potensinya dan dunia telah memanfaatkannya, tetapi bangsa ini masih tidur. Kita harus segera bangkit agar kekayaan alam dan keanekaragaman hayati dengan milyaran gen fungsional yang ada di dalamnya dapat kita manfaatkan sendiri untuk kemakmuran bangsanya.

Industri berbasis keanekaragaman hayati di Indonesia, harus segera dikem-

bangkan agar sumberdaya yang tersedia tidak menjadi sia-sia atau malah dimanfaatkan oleh orang lain atau oleh negara lain. Sebagai negara yang kaya-raya, negara megabiodiversitas, tidak seharusnya Indonesia terpuruk dan mengalami krisis berkepanjangan kalau kita mampu memanfaatkan keanekaragaman hayati sebagai modal dasar dalam pembangunan. Kita harus rebut teknologi; kita harus dapat mewujudkan Indonesia sebagai negara berpredikat maju dan menguasai ilmu pengetahuan termasuk bioteknologi sehingga pada akhirnya kita dapat menggunakan dan mengolah sendiri kekayaan keanekaragaman hayati yang kita miliki.

DAFTAR PUSTAKA

- Dordick JS. *Biocatalysts for Industry*. Plenum Press. London. 1991.
- Drawert F, Klisch W and Sommer G. fermentation processes ethanol, wine, beer. In : Prave P, Faust U, Sittig W and Sukatsch DA (Eds.) : *Fundamentals of Biotechnology*. VCH, Weinheim. 1987.
- Fillon FL, A Jackquemot and R Reid. *The Importance of Wildlife to Canadians*. Canadian Wildlife Services. Ottawa, Canada. 1985.
- KLH. *Status Lingkungan Hidup Indonesia 2005*. Kementerian Negara Lingkungan Hidup. 2005. h.138-159.
- Page, M. 2004. (Komunikasi Pribadi)
- Prescott-Allen C and Prescott-Allen R. *The First Resource*. Yale university Press. New Haven. Connecticut, USA. 1986.

- Ray B. *Fundamental Food Microbiology*. CRC Press. London. 2004.
- Supriyono A dan L Wijayanti. Eksplorasi senyawa aktif dari biota laut untuk aplikasi di bidang farmasi. In: Sinaga E, A Yanuar, AS Iskandar dan CH Situmorang (Eds.), *Riset Farmasi Indonesia memasuki millennium baru "Dari Biomolekul hingga Sediaan Farmasi"*. Kumpulan makalah Kongres Ilmiah III ISFI Jakarta 23-27 April 2000. Diterbitkan oleh Ikatan Sarjana Farmasi Indonesia. 2001.
- Teuber M, Geis A, Krusch U, Lembke U and Moebus O. *Biotechnological processes for the manufacture of foodstuffs and fodders*. In : Prave P, Faust U, Sittig W and Sukatsch DA (Eds.) : *Fundamentals of Biotechnology*. VCH, Weinheim. 1987.
- Tropika Indonesia. *Menggali Kekayaan Keanekaragaman hayati Memberamo*. Conservation International. Vol. 10 No.1. 2006.
- WRI, IUCN dan UNED. *Strategi keanekaragaman Hayati Global*. Walhi, GTZ, Penerbit PT Gramedia Pustaka Utama. Jakarta. 1995.
- www.abdulkalam.com.
- Yulneriwarni. *Aplikasi mikroba dalam industri*. Makalah pada Seminar *Aplikasi Biologi dalam Kehidupan Manusia*. Kerja sama antara MGMP-DKI dan Fakultas Biologi Universitas Nasional. Jakarta. 25 Maret 2008.
- Zahner H. *Antibiotics and other secondary metabolites*. In : Prave P, Faust U, Sittig W and Sukatsch DA (Eds.) : *Fundamentals of Biotechnology*. VCH, Weinheim. 1987.