



Majelis Guru Besar
Institut Teknologi Bandung

Orasi Guru Besar Emeritus

Profesor Sjamsul Arifin Achmad

→

**PERGURUAN TINGGI BERBASIS RISET
DALAM PEMBANGUNAN NASIONAL
BERBASIS ILMU PENGETAHUAN**

27 Maret 2009

Balai Pertemuan Ilmiah ITB

Judul: **PERGURUAN TINGGI BERBASIS RISET DALAM
PEMBANGUNAN NASIONAL BERBASIS ILMU PENGETAHUAN**
Disampaikan pada sidang terbuka Majelis Guru Besar ITB,
tanggal 27 Maret 2009

Hak Cipta dilindungi undang-undang.

Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh isi buku ini dalam bentuk apapun, baik secara elektronik maupun mekanik, termasuk memfotokopi, merekam atau dengan menggunakan sistem penyimpanan lainnya, tanpa izin tertulis dari Penulis.

UNDANG-UNDANG NOMOR 19 TAHUN 2002 TENTANG HAK CIPTA

1. Barang siapa dengan sengaja dan tanpa hak mengumumkan atau memperbanyak suatu ciptaan atau memberi izin untuk itu, dipidana dengan pidana penjara paling lama **7 (tujuh) tahun** dan/atau denda paling banyak **Rp 5.000.000.000,00 (lima miliar rupiah)**.
2. Barang siapa dengan sengaja menyiarkan, memamerkan, mengedarkan, atau menjual kepada umum suatu ciptaan atau barang hasil pelanggaran Hak Cipta atau Hak Terkait sebagaimana dimaksud pada ayat (1), dipidana dengan pidana penjara paling lama **5 (lima) tahun** dan/atau denda paling banyak **Rp 500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah)**.

Hak Cipta ada pada penulis

Data katalog dalam terbitan

Sjamsul Arifin Achmad

**PERGURUAN TINGGI BERBASIS RISET DALAM
PEMBANGUNAN NASIONAL BERBASIS ILMU PENGETAHUAN**

Disunting oleh Sjamsul Arifin Achmad

Bandung: Majelis Guru Besar ITB, 2009

iv+40 h., 17,5 x 25 cm

ISBN 978-979-19147-5-8

1. Pendidikan Tinggi 1. Sjamsul Arifin Achmad

Percetakan cv. Senatama Wikarya, Jalan Sadang Sari 17 Bandung 40134

Telp. (022) 70727285, 0811228615; E-mail:paulusuyanto@yahoo.co.id

DAFTAR ISI

	halaman
1. Pendahuluan	1
2. Peran Ilmu Pengetahuan Dalam Pembangunan	2
3. Penelitian Sebagai Hakekat Universitas	5
4. Tanggung Jawab Dosen Sebagai Ilmuwan	8
5. Kerjasama Internasional di Bidang IPTEK	10
6. Interaksi Antara Ilmu Pengetahuan, Ilmuwan, dan Birokrat	12
7. Kelompok Penelitian di ITB	13
8. Keanekaragaman Hayati Tema Utama Penelitian	15
9. <i>Drug Discovery Program</i> Tumbuhan Tropika Indonesia	21
10. Bioteknologi Tumbuhan Endemik Indonesia	28
11. Kesimpulan	32
Daftar Pustaka	34
Curriculum Vitae	39

PERGURUAN TINGGI BERBASIS RISET DALAM PEMBANGUNAN NASIONAL BERBASIS ILMU PENGETAHUAN

Ilmu pengetahuan dan teknologi adalah grow force dari pembangunan dan universitas adalah hot-house untuk pendidikan dan penelitian, sedangkan kelompok penelitian merupakan pusat gravitasi kegiatan yang teratur.

PENDAHULUAN

Judul yang dipilih untuk presentasi ini dari segi logika mungkin agak konservatif. Oleh karena itu, mungkin tidak pada tempatnya apabila saya mencoba merangkai suatu definisi tunggal yang sederhana dan benar yang sesuai dengan judul dimaksud. Akan tetapi, dalam presentasi ini saya akan mencoba menterjemahkannya berdasarkan pengalaman pribadi dalam pelaksanaan dan pengembangan pendidikan dan penelitian yang telah kami lakukan di Program Studi Kimia, Institut Teknologi Bandung, selama lebih → kurang empat dekade terakhir.

Globalisasi adalah salah satu dampak dari pada kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi (IPTEK), misalnya dalam bidang transportasi, komunikasi, dan informasi. Globalisasi adalah bukti nyata dari ungkapan lama yang menyatakan bahwa ilmu pengetahuan, yaitu pemahaman dialogis dan hubungan yang bertanggung jawab antara umat manusia dan alam semesta, bersifat universal. Kemajuan IPTEK telah menumbuhkan ekonomi yang berlandaskan ilmu pengetahuan dan menghasilkan produk-produk dengan muatan IPTEK yang semakin meningkat. Siklus produk, mulai dari penelitian dan pengembangan (R&D), produksi, dan pemasaran akan semakin singkat. Oleh karena itu, tidaklah mengherankan apabila dari waktu ke waktu muncul keinginan atau permintaan agar kegiatan R&D yang merupakan tanggung jawab institusi pendidikan tinggi dan lembaga penelitian terus ditingkatkan.

Presiden Susilo Bambang Yudhyono beberapa waktu yang lalu pernah mengemukakan keinginan, pemikiran, atau kebijakan mengenai pembangunan nasional Indonesia berbasis ilmu pengetahuan. Pemikiran ini tentu dimaksudkan agar supaya daya saing produk industri kita yang menggunakan tenaga kerja yang murah, misalnya, dapat ditingkatkan menjadi produk dengan daya saing yang bertumpu pada penggunaan tenaga kerja terampil dan teknologi yang lebih tinggi, dan tidak membahayakan lingkungan. Oleh karena itu, seyogianya, dalam era globalisasi sekarang ini pembangunan nasional didukung oleh sumberdaya manusia yang berkekuatan IPTEK, yaitu sumberdaya manusia yang cerdas, profesional, berpikiran luas, dan menguasai masalah global.

Dunia usaha juga sangat membutuhkan suatu sistem pendidikan yang berorientasi penelitian (*research oriented*) yang dapat menyiapkan sumber daya manusia yang profesional dan mampu menciptakan serta menggunakan teknologi, sehingga dapat meningkatkan produktivitas dan efisiensi usahanya. Bertolak dari hal-hal tersebut di atas, memang sudah tiba saatnya bagi seluruh jajaran pendidikan tinggi di Indonesia, termasuk ITB sebagai universitas riset dalam bidang sains, teknologi, dan seni untuk meningkatkan komitmennya sedemikian rupa sehingga sistem pendidikan kita mampu memberikan paspor kepada lulusannya yang dapat digunakan untuk menembus lapangan kerja yang lebih bergengsi bernuansa ilmu pengetahuan.

PERAN ILMU PENGETAHUAN DALAM PEMBANGUNAN

Jepang merupakan suatu negara yang menarik yang merefleksikan keberhasilan pembangunan nasional berlandaskan ilmu pengetahuan dan teknologi dalam jangka waktu yang relatif singkat. Hayashi (1978) secara ringkas mengungkapkan bahwa IPTEK mulai muncul di Jepang pada awal pemerintahan Meiji yang berkuasa pada tahun 1868 dalam rangka melaksanakan

kebijakan modernisasi industri. Banyak diantara industri ini merupakan badan usaha milik negara. Bersamaan dengan itu dibukalah pengajaran berbagai disiplin ilmu pengetahuan dan teknologi di universitas, untuk mendidik dan melatih tenaga kerja dan memperkenalkan ilmu pengetahuan dan teknologi yang berasal dari negara Barat. Program ini merupakan landasan bagi pembangunan industri moderen di Jepang.

Dalam pertumbuhan industri ini, Jepang banyak mengeluarkan biaya untuk royalties terhadap paten, dan gaji yang tinggi untuk mendatangkan para pakar luar negeri yang qualified, jauh di atas standar hidup rata-rata di Jepang yang pada waktu itu masih sangat rendah. Sekitar tahun 1910, mengikuti pertumbuhan industri ini, kegiatan R&D di berbagai universitas di Jepang mulai bergeser ke penelitian-penelitian yang orisinal dengan orientasi jauh ke depan.

Setelah Perang Dunia II, Jepang berada dalam situasi yang sangat sulit. Jepang adalah suatu negara yang memiliki wilayah yang relatif kecil, tidak memiliki sumber daya alam yang berarti, dan mempunyai penduduk dengan jumlah yang cukup besar. Jepang harus memulai kembali membangun industri, karena sebagian besar kapasitas industri hancur akibat perang. Pada waktu itu, sasaran pembangunan di Jepang ialah mengejar ketinggalan mereka dari negara-negara industri maju, seperti Eropa dan Amerika. Sasaran ini hanya dapat dicapai dengan banyak bergantung pada pembangunan beberapa sektor industri yang sangat selektif dan berlandaskan ilmu pengetahuan.

Sehubungan dengan itu, pada tahap pertama, pembangunan di Jepang secara selektif difokuskan kepada penempatan tenaga kerja dan sumber daya lainnya pada dua sektor industri utama, yaitu batu bara dan baja, yang dimulai pada tahun 1945. Pada tahap kedua, yang berlangsung pada tahun 1950-1955, sasaran pembangunan nasional di Jepang ialah meningkatkan kapasitas daya saing dalam perdagangan internasional, dengan cara meningkatkan struktur industri ke tingkat yang lebih tinggi melalui pengembangan industri berat dan industri kimia, termasuk industri manufaktur yang menghasilkan mesin-mesin, logam, bahan-bahan kimia, dan kemudian elektronik. Melalui program

pembangunan ini, pada tahun 1960, output industri berat dan kimia mencapai 65% dari total produksi seluruh industri di Jepang, ekivalen dengan negara-negara di Eropa dan Amerika Serikat.

Pada tahap berikutnya, yang dimulai pada akhir tahun 1960-an kebijakan industri di Jepang diarahkan kepada industri yang berbasis ilmu pengetahuan yang lebih intensif, atau "*knowledge-intensive industries*". Pada tahap ini teknologi dan inovasi mempunyai peran yang lebih penting lagi, menggunakan tenaga kerja ilmiah secara lebih intensif pula.

Sementara itu reformasi pendidikan yang berlangsung sesudah perang difokuskan pada pengembangan program pascasarjana, yang terdiri dari program magister dan program doktor. Program ini, khususnya program magister, sangat dibutuhkan oleh sektor industri karena menghasilkan tenaga profesional yang sudah mempunyai dua tahun pengalaman di bidang penelitian, dan cukup fleksibel untuk ditugaskan di industri. Dari sekitar 13.500 mahasiswa yang menerima ijazah magister setiap tahun, 8000 orang diantaranya memilih bidang teknologi, yang menunjukkan bahwa sebagian besar mahasiswa berijazah magister turun ke industri untuk bekerja sebagai engineers. Sebagian besar mahasiswa yang memperoleh gelar doktor mengisi lapangan kerja di institusi pendidikan, dan sebagian kecil saja terjun ke industri. Tambahan pula, kegiatan penelitian di industri-industri besar di Jepang juga terus meningkat, baik dalam bidang penelitian dasar maupun penelitian terapan, masing-masing sebesar 25 dan 67 % dari anggaran R&D, lebih besar dari di Amerika Serikat.

Catatan di atas menunjukkan bahwa pembangunan ekonomi nasional di Jepang berhasil dengan sangat mengagumkan. Dapat diduga bahwa keberhasilannya tersebut disebabkan oleh perencanaan strategi pembangunan yang sangat tepat, pada awalnya dengan target dua industri pilihan utama, seperti batu bara dan baja. Seiring dengan itu ialah memilih jenis-jenis penelitian yang dilakukan, dan mengerahkan komitmen dari pada resources untuk mendukung pilihan-pilihan tersebut. Saat ini, Jepang adalah salah satu raksasa ekonomi terbesar di dunia, sehingga kebijakan R&D tidak lagi bersifat selektif. Kecuali

membangun industri-industri penting yang berorientasi kepada peningkatan standar hidup dan kesejahteraan sosial, program R&D juga diarahkan pada pertumbuhan material, seperti energi, angkasa luar, ilmu pengetahuan nuklir, dan pertahanan yang berlandaskan teknologi tinggi atau high technology.

Rencana pembangunan nasional Indonesia yang berbasis ilmu pengetahuan juga tersirat dari beberapa kesimpulan yang tertuang dalam keputusan atau kesimpulan Rapat-Rapat Kerja Komisi X, DPR RI dengan Menteri Riset dan Teknologi, Direktur Jenderal Pendidikan Tinggi, dan beberapa orang Rektor yang berlangsung akhir-akhir ini. Kesimpulan tersebut merumuskan suatu kebijakan riset unggulan nasional dalam beberapa masalah utama sebagai berikut.

1. Perubahan iklim dan pelestarian keanekaragaman hayati.
2. Energi terbarukan.
3. Ketahanan pangan.
4. Gizi dan penyakit tropis.
5. Mitigasi dan manajemen bencana.
6. Seni dan sastra (dalam mendukung industri kreatif).

Berdasarkan kebijakan R&D nasional tersebut, tersirat bahwa pelestarian dan pemberdayaan keanekaragaman hayati merupakan salah bidang unggulan yang utama yang dapat difokuskan kepada masalah energi terbarukan, pangan, gizi, dan kesehatan.

PENELITIAN SEBAGAI HAKEKAT UNIVERSITAS

Secara tradisional, di Indonesia kegiatan R&D umumnya dilaksanakan di universitas dan institusi pendidikan tinggi lainnya, sedangkan upaya penelitian yang substansial yang dilakukan oleh institusi penelitian lainnya mulai pula terwujud.

Berdasarkan Undang-Undang No. 20, Tahun 2003, Pasal 20 ayat (2),

perguruan tinggi berkewajiban menyelenggarakan pendidikan, penelitian dan pengembangan, dan pengabdian masyarakat, atau tridharma. Memang, kualitas dan reputasi penelitian suatu universitas adalah wujud kekuatan intelektual universitas yang bersangkutan. Tanpa itu, pengajaran yang efektif dan stimulating, serta masyarakat akademik yang sesungguhnya akan sukar terwujud. Tambahan pula, penelitian harus dilakukan selaras dengan aturan-aturan kejujuran akademik, dengan rasa tanggung jawab sosial dan moral yang bermanfaat bagi umat manusia.

Suatu kecenderungan akhir-akhir ini ialah terjadinya evolusi yang cepat mengenai pengembangan universitas riset. Tentu banyak argumentasi yang dapat diajukan untuk menjelaskan mengenai kebutuhan dan pentingnya universitas riset tersebut. Argumentasi utama yang dapat diterima oleh semua pihak yang berkepentingan tentunya ialah semakin dekatnya hubungan antara penelitian dan pengembangan dengan pembangunan sosial dan ekonomi. Argumentasi berikutnya yang dapat dikemukakan tentulah berhubungan dengan evolusi ilmu pengetahuan yang cepat dan hakekat riset moderen yang semakin kompleks dan beragam. Sehubungan dengan itu, timbul pertanyaan: bagaimana Indonesia dapat semaksimal mungkin menggunakan ilmu pengetahuan dan teknologi untuk meningkatkan kesejahteraan bangsa. Ketiga kekuatan tersebut, perkembangan ilmu pengetahuan, R&D, dan pembangunan sosial dan ekonomi, merupakan unsur utama untuk pertumbuhan nasional dan merupakan satu-satunya harapan untuk dapat mengembangkan kehidupan masyarakat yang lebih baik.

Masalah yang masih selalu dihadapi ialah bahwa kapasitas sumberdaya manusia dan infrastruktur yang tersedia untuk penelitian belum memadai dan perlu ditingkatkan. Hal ini memerlukan dukungan pemerintah dan industri. Sementara itu, oleh karena terbatasnya sumberdaya manusia dan dana, universitas dan lembaga penelitian lainnya perlu selektif dan dengan cermat melakukan pilihan mengenai program penelitian: *apa yang dapat dilakukan dan apa yang perlu dan sebaiknya dikerjakan*. Tidak ada suatu institusi yang dapat

melakukan apa saja pada waktu yang bersamaan. Institusi penelitian harus memilih bidang-bidang tertentu dimana input yang marginal dapat memberi hasil-hasil jangka pendek yang memadai, tetapi memberi manfaat jangka panjang yang lebih besar. Pilihan perlu dilakukan, kemudian, pilihan-pilihan tersebut perlu dirumuskan secara tuntas dan jelas, sebagai kebijakan R&D institusi tersebut, sesuai dengan kebijakan R&D nasional. Melalui seleksi ini dapat dihindari terjadinya penelitian yang menyebar atau scattered, "*with a little bit for everyone*".

Pengalaman menunjukkan bahwa perencanaan strategi yang berhasil dicirikan oleh proses seleksi R&D yang rumit. Namun, beberapa unsur yang penting dapat dikemukakan antara lain ialah sebagai berikut:

1. Mengembangkan objektif R&D yang baik dan dapat dicapai secara institusional, yang dapat dimengerti dan dapat didukung oleh masyarakat akademik.
2. Evaluasi yang realistis mengenai kekuatan dan kelemahan institusi relatif terhadap kekuatan eksternal, unit-unit R&D yang dipunyai, sasaran, dan lahan penelitian yang disenangi.
3. Evaluasi yang seksama mengenai peluang R&D yang potensial di masa yang akan datang.
4. Pertimbangan yang mendalam mengenai program-program R&D alternatif untuk mencapai sasaran.
5. Konsepsi tentang keunikan institusi berdasarkan keunggulan komparatif dan kelemahan dalam program R&D.

Universitas riset sebagai pelaksana R&D harus tumbuh secara rasional dan berimbang sesuai dengan tingkat perkembangan penelitian di universitas yang bersangkutan, dan target yang ingin dicapai. Melalui penelitian yang teratur dan berkesinambungan, civitas akademika dapat memenuhi tanggung jawab mereka kepada disiplin ilmu, kepada institusi, masyarakat, dan diri sendiri, dan turut pula memberikan kontribusinya terhadap kemajuan ilmu pengetahuan dunia. Oleh karena itu, untuk meningkatkan kualitas penelitian universitas harus

berupaya memberikan jaminan agar semua civitas akademika mempunyai peluang untuk melaksanakan penelitian mereka, universitas harus faham akan potensi dan prestasi mereka tanpa deskriminasi. Universitas perlu pula menyediakan infrastruktur yang diperlukan untuk mendukung program penelitian, seperti peralatan laboratorium yang moderen, pusat informasi dan dokumentasi, dan bengkel untuk perawatan dan perbaikan peralatan sebagai unit-unit pelayanan ilmiah.

Walaupun masih pada tahap awal, pengelolaan sebagai suatu institusi pendidikan dan penelitian yang terintegrasi, bersama-sama dengan tumbuhnya mesin penggerak untuk melaksanakannya, universitas riset akan tumbuh menjadi suatu kenyataan yang hidup.

TANGGUNG JAWAB DOSEN SEBAGAI ILMUWAN

Pada kesempatan ini saya ingin mengajukan suatu pertanyaan. Apakah seorang dosen sebagai ilmuwan mempunyai tanggung jawab untuk memajukan ilmu pengetahuan? Jika demikian, apakah dosen mempunyai tanggung jawab kepada masyarakat mengenai efek sosial dari pada pengembangan ilmu pengetahuan dimaksud? Kita bersama-sama telah memperhatikan sejumlah perubahan yang terjadi akhir-akhir ini yang mungkin dapat memberikan beberapa saran sebagai penjelasan untuk pertanyaan tersebut.

Pada hakekatnya, dosen sebagai ilmuwan bekerja berdasarkan suatu kepercayaan bahwa mereka adalah peneliti yang tidak begitu saja tertarik pada kebenaran suatu fakta, tetapi mencari jawaban: *"what is behind the fact, the answer will lead to new discovery"*. Berdasarkan falsafah ini, sebagai ilmuwan dosen memberikan perhatian untuk megembangkan ilmu pengetahuan, sedemikian rupa sehingga ilmu pengetahuan mampu memberikan kontribusi dalam meningkatkan kesejahteraan masyarakat. Sebagai ilmuwan dosen mempunyai pandangan bahwa penelitian dan pengembangan dalam berbagai bidang ilmu

pengetahuan lebih dari semata-mata untuk maksud intelektual. Dosen percaya bahwa penelitian ilmiah yang fundamental, misalnya sains genomik, berpotensi untuk mengatasi masalah kesehatan, pangan, dan pertanian. Sebagai ilmuwan dosen juga memberikan perhatian mereka kepada persoalan-persoalan masyarakat yang timbul sebagai akibat kemajuan ilmu pengetahuan, misalnya limbah industri. Oleh karena itu, akhir-akhir ini banyak akademisi menekuni penelitian yang penting dan berhubungan langsung dengan kesejahteraan fisik masyarakat, selaras dengan kapasitas ilmiah, bakat, dan pilihan masing-masing. Ini adalah merupakan kenyataan yang sangat penting, karena tanpa peneliti dan inovator masyarakat tidak akan memiliki banyak kenyamanan, seperti penemuan dan teknologi vaksin dan antibiotik yang mendukung kesehatan. Memang, ilmu pengetahuan sangat banyak dampaknya terhadap masyarakat, dan kepentingan ekonomi dan sosial mempengaruhi arah ilmu pengetahuan. Ilmu pengetahuan adalah *"agent of change"* di dalam masyarakat.

Penelitian ilmiah yang bersifat fundamental, terapan, dan pengembangan teknologi ketiganya bersifat komplementer dan sinergistik. Penelitian fundamental seringkali memberikan hasil yang sangat mengagumkan. Misal, suatu penelitian kimia fundamental pada akhir abad ke-19 berhasil menemukan untuk pertama kalinya suatu senyawa kimia yang sangat sederhana, yaitu asam salisilat, dari suatu jenis tanaman *Spiraea ulmaria*. Senyawa kimia ini berkhasiat sebagai obat demam, obat nyeri, dan obat rematik. Melalui reaksi kimia, menggunakan teknologi yang sangat sederhana pula. senyawa ini dapat diubah menjadi obat aspirin yang kemudian diproduksi secara komersial pada tahun 1897. Setelah lebih dari 100 tahun, pada waktu ini aspirin masih merupakan obat yang paling berhasil, terkenal, dan berguna di seluruh dunia. Perbedaan antara penelitian fundamental, terapan, dan pengembangan teknologi sudah semakin pudar, apalagi dalam program penelitian yang bersifat *"mission oriented"*.

Kebutuhan IPTEK di Indonesia untuk menunjang pembangunan nasional berbasis ilmu pengetahuan masih sangat tinggi. Walaupun Indonesia nomor

lima terbesar di dunia dari segi jumlah penduduk, wilayah yang cukup luas, dan sumber daya alam yang memadai, namun, kegiatan R&D dalam bidang sains dan teknologi masih terasa sangat rendah sekali. Ketidak seimbangan ini perlu mendapat perhatian yang serius dari para akademisi/ilmuwan untuk mewujudkan harapan mengenai pembangunan berbasis ilmu pengetahuan. Salah satu strategi yang dapat ditempuh ialah meningkatkan kapasitas ilmuwan untuk melaksanakan R&D eksperimental yang fundamental sesuai dengan kebijakan IPTEK institusi/nasional.

Setiap dosen/ilmuwan memahami peranan IPTEK yang sangat penting dalam pembangunan, dan bertanggung jawab mengenai hal tersebut. Rasa tanggung jawab ini adalah rangkaian logika sehubungan dengan pemahaman yang lebih baik mengenai kedudukan IPTEK dalam masyarakat. Lagi pula, para akademikus di perguruan tinggi dan ilmuwan di institusi lainnya mempunyai banyak pilihan dalam melaksanakan tanggung jawab mereka, baik dari segi pendidikan maupun penelitian yang bersifat fundamental, terapan, dan pengembangan teknologi yang berimbang dan berguna bagi kehidupan masyarakat.

KERJASAMA INTERNASIONAL DI BIDANG IPTEK

Perguruan tinggi adalah pusat masyarakat intelektual dan tidak disangsikan lagi merupakan hot-house untuk melakukan pendidikan dan pelatihan dalam bidang pengetahuan sains (know-what), bidang teknologi (know-how), dan seni. ITB berada di ujung terdepan dalam ilmu pengetahuan bidang sains, teknologi, dan seni, dan memiliki keterampilan-keterampilan khusus dalam bidang-bidang ini yang dapat disumbangkan kepada masyarakat. Oleh karena itu, ITB perlu mempertahankan struktur dan keunggulan pendidikan dalam bidang-bidang ini sebagai titik sentral sistem pendidikan sarjana dan pascasarjana di Indonesia.

IPTEK mempunyai ciri-ciri internasional, oleh karena tidak ada faktor jarak

antara pusat-pusat pendidikan, penelitian, dan pengembangan IPTEK nasional dan internasional. Banyak kemajuan yang dapat dicapai dalam pembangunan IPTEK dan pengembangan R&D melalui pertukaran informasi, cross-fertilization, dan kerjasama akademik, menggunakan interaksi dengan institusi sejenis di luar negeri. Oleh karena itu, persepsi tentang perlunya belajar dan menggali pengetahuan di luar negeri perlu ditingkatkan. Kerjasama yang ekstensif antara kelompok ilmuwan di Indonesia dan di luar negeri perlu dibina, untuk mengatasi kesenjangan dalam infrastruktur pendidikan dan IPTEK, misalnya turut serta dalam proyek-proyek IPTEK yang bersifat internasional. Dapat ditambahkan bahwa kegiatan kerjasama internasional ini akan membekali para ilmuwan dengan pandangan yang lebih luas dan sikap yang lebih baik terhadap pekerjaan di negeri sendiri dan negara asing, meningkatkan daya saing, serta memiliki kemampuan mengisi pekerjaan-pekerjaan di negara asing, dan dengan demikian memiliki occupational mobility yang tinggi.

Sebagai contoh yang pernah kami alami sendiri ialah kerjasama regional Asia Tenggara untuk pengembangan pendidikan dan ilmu pengetahuan yang berhubungan dengan keanekaragaman hayati melalui "*Regional Network for the Chemistry of Natural Products in Southeast Asia*", yang telah berlangsung sejak tahun 1975 dan dikelola oleh Unesco. Jaringan regional ini beranggotakan sejumlah negara di Asia Tenggara dan Asia Timur, yaitu Australia, Cina, Filipina, Indonesia, Jepang, Korea Selatan, Malaysia, Selandia Baru, Thailand, dan Vietnam. Melalui jaringan regional ini lembaga-lembaga pendidikan dan penelitian di negara-negara anggota yang lebih maju, seperti Jepang dan Australia, secara efektif mengkoordinasikan kegiatan agar potensi ilmu pengetahuan dan teknologi mereka secara maksimal dapat disumbangkan untuk meningkatkan kapasitas para ilmuwan dan institusi penelitian di negara-negara sedang berkembang yang menjadi anggota jaringan regional ini.

Melalui jaringan regional ini para ilmuwan dari masing-masing negara anggota, secara perorangan maupun kelompok dapat berkontribusi dalam kerjasama regional melalui partisipasi dalam pertemuan-pertemuan ilmiah

berupa konferensi, seminar, dan workshop, dan mempublikasi temuan-temuan penelitian yang penting dan orisinal. Jaringan regional ini membuka banyak peluang bagi para ilmuwan untuk mencari solusi mengenai masalah-masalah penting di negara masing-masing atau mengadaptasi teknologi terbaru sesuai keperluan. Di Indonesia, misalnya, ratusan ilmuwan yang tergabung dalam kelompok-kelompok ilmuwan yang berasal dari berbagai universitas dan lembaga penelitian memperoleh peluang membangun jaringan nasional ilmiah, kemudian melalui jaringan nasional berinteraksi dengan jaringan regional. Dari segi Indonesia, kerjasama melalui jaringan regional ini ternyata sangat produktif dan sangat bermakna hingga kini.

INTERAKSI ANTARA ILMU PENGETAHUAN, ILMUWAN, DAN BIROKRAT

Mengingat bahwa keputusan terakhir mengenai hal-hal yang berhubungan dengan pengembangan IPTEK pada umumnya berada di tangan para pejabat pemerintah yang bersangkutan, maka salah satu tanggung jawab lain dari para ilmuwan dan teknokrat ialah memberi masukan-masukan dan petunjuk kepada para birokrat pengambil keputusan.

Pertama-tama, untuk menghasilkan suatu kebijakan yang efektif dan realistis dalam pengembangan IPTEK organisasi pemerintah memerlukan pengetahuan tentang perkembangan ilmu pengetahuan dan pengalaman-pengalaman para ilmuwan dalam berbagai bidang ilmu. Hubungan simbiotik antara tiga unsur, yaitu ilmu pengetahuan, para ilmuwan sebagai pelaku, dan pejabat pemerintah sebagai pengambil keputusan sangat perlu diperlukan. Apalagi mengingat, banyak pejabat birokrasi yang ditunjuk atau dipilih untuk bertugas dalam pemerintahan seringkali merasa perlu atau disibukkan oleh permasalahan-permasalahan, sasaran, dan hasil karya jangka pendek, dan dengan demikian harus bekerja dengan sistem pengelolaan krisis, sehingga

studi-studi untuk maksud jangka panjang ke depan seringkali kurang mendapat perhatian. Sebaliknya, para ilmuwan dan teknokrat, berdasarkan latar belakang pendidikan dan pengetahuan khusus serta hakekat sebagai ilmuwan menyebabkan mereka cenderung mempunyai pandangan-pandangan jauh ke depan, dan mempunyai bekal yang diperlukan untuk melakukan analisis jangka panjang. Dalam hubungan ini para ilmuwan di bidang IPTEK mempunyai banyak peluang dan kompetensi untuk memberikan kontribusinya ke dalam proses pemerintahan.

KELOMPOK PENELITIAN DI ITB

ITB sebagai universitas riset seyogianya mempunyai program pendidikan sarjana dan pascasarjana yang kohesif dan bersifat "*research degree*" berlandaskan penelitian atau "*research based education*". Menurut pandangan ini, aspek-aspek pendidikan pada tingkat sarjana dan pascasarjana terkait sangat erat dengan kegiatan penelitian ilmiah. Konsep universitas riset ditinjau dari segi maksud, tujuan, sasaran, dan struktur untuk menunjang program tersebut, akan berbeda dari satu universitas ke universitas yang lain. Perbedaan ini tentunya dipengaruhi oleh tingkat perkembangan dan potensi ilmu pengetahuan, target masa depan, dan tradisi dalam berbagai lapangan, misalnya penelitian ilmiah.

Sesuai dengan pengalaman di ITB, unit-unit akademik seperti kelompok-penelitian dalam bidang ilmu tertentu merupakan sarana yang sangat strategis dan efektif dalam melaksanakan dan meningkatkan kualitas pendidikan, penelitian, dan kerjasama akademik. Oleh karena itu, kelompok penelitian sebagai unit akademik perlu dibina dan dikembangkan.

Kelompok Penelitian atau Koza di Jepang, terdiri dari beberapa orang staf fungsional akademik, yang bekerja sebagai suatu teamwork dengan semangat persaudaraan, kerukunan, dan persamaan, dalam menyusun dan melaksanakan program penelitian. Oleh karena penelitian adalah suatu proses yang dapat

diajarkan kepada mahasiswa, maka kelompok penelitian merupakan pula sarana yang sangat strategis untuk membimbing mahasiswa penelitian baik pada tingkat sarjana maupun pascasarjana. Dapat dicatat, suatu pesan indah dari Barton, Nobel Laureat (1969): *(he) was working with his own hands. This was an ill-advised activity. (He)..... had, and still has, a brilliant mind. However, its extension to the control of his hands was somewhat lacking, so he did not accomplish very much until his first graduate students arrived. After that, his career, characterized by exceptionally imaginative chemistry, flowered (Seeman, 1991).* Dengan kata lain, kelompok penelitian adalah fondasi dan pusat gravitasi kegiatan penelitian, sekali gus sarana yang strategis untuk pendidikan para ilmuwan.

Sebagai contoh, Kelompok Penelitian Kimia Organik Bahan Alam (KOBA), Program Studi Kimia, FMIPA, ITB, yang dibangun sejak awal tahun 1980-an, terdiri dari 4-6 orang staf fungsional akademik dengan latar belakang pendidikan S-3, dan melakukan pekerjaan postdoctoral secara berkala di luar negeri. Untuk mengembangkan diri sebagai *"practicing scientists"*, masing-masing staf dosen juga aktif melakukan kegiatan penelitian pada garis terdepan bidang ilmu kimia organik bahan alam, bersama-sama dengan sekitar 30 orang mahasiswa penelitian. Setiap anggota kelompok penelitian KOBA juga bertanggung jawab dalam masyarakat akademik yang lebih luas, melalui kerjasama akademik, partisipasi aktif dalam berbagai pertemuan ilmiah, dan publikasi pada tingkat nasional, regional, dan internasional. Kelompok penelitian ini cukup produktif ditinjau dari segi pelatihan, pendidikan, dan penelitian dan telah dapat ditumbuhkan sebagai salah satu pusat gravitasi pengembangan ilmu pengetahuan kimia organik bahan alam (KOBA).

Secara rinci dapat dikemukakan bahwa kelompok penelitian ini sebagai suatu team terlibat secara langsung dalam kegiatan pendidikan dan penelitian, dengan beberapa ciri sebagai berikut:

1. Masing-masing staf dosen kaya akan ide-ide penelitian, penuh imajinasi, serta mempunyai sikap dan pandangan bahwa ilmu pengetahuan adalah pencerminan diri, lebih dari sekedar karier.

Dengan bekal tersebut, kelompok sraf dosen ini bersama-sama melakukan penelitian yang berorientasi jangka panjang dan pada garis terdepan bidang ilmunya, sekali gus merupakan sarana pendidikan bagi mahasiswa program sarjana dan pascasarjana.

2. Masing-masing staf dosen turut membina iklim akademik melalui bimbingan dan konsultasi yang teratur dan interaksi yang berkualitas dengan mahasiswa untuk mengembangkan keterampilan profesional dan intelektualitas.
3. Staf dosen sebagai anggota kelompok mengembangkan entusiasme sebagai peneliti, sikap sopan santun dan tenggang rasa, kejujuran dan kebenaran dalam menyusun catatan laboratorium, melaporkan hasil-hasil penelitian secara teratur, dan turut serta dalam berkomunikasi, seperti kolokium, menulis makalah, skripsi, tesis, atau disertasi.
4. Sebagai suatu team, staf dosen mengembangkan infrastruktur, seperti peralatan laboratorium yang diperlukan, perpustakaan, dana penelitian berupa research grants dari instansi dalam dan luar negeri, dan kerjasama penelitian dengan institusi sejenis pada tingkat nasional, regional, dan internasional.

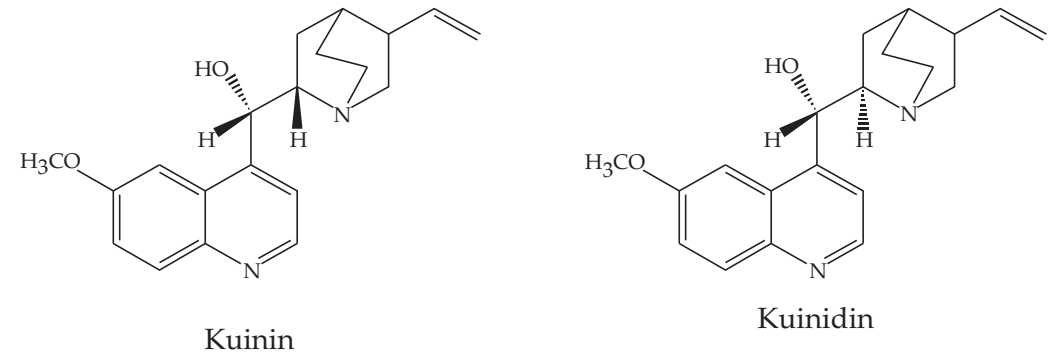
Jadi, pada hakekatnya kelompok penelitian bertugas mengembangkan penelitian termasuk melatih sekelompok mahasiswa dengan maksud membimbing mahasiswa ke dalam keluarga besar masyarakat ilmiah, untuk menjadi peneliti yang mandiri, dan ilmuwan masa depan yang mampu melangkah melewati pendidikan formal pascasarjana.

KEANEKARAGAMAN HAYATI SEBAGAI TEMA UTAMA PENELITIAN

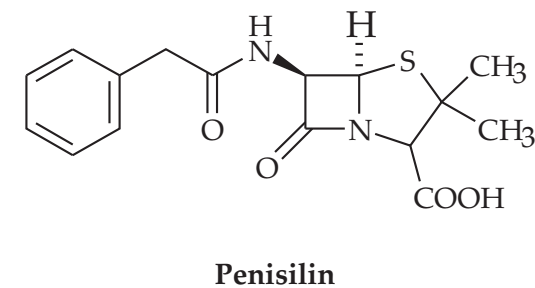
Alam telah menciptakan suatu keanekaragaman organisme yang luar biasa selama evolusi yang telah berlangsung beberapa milyar tahun. Pada waktu ini

terdapat sedikitnya 250.000 spesies tumbuhan, 30 juta spesies serangga, dan 1,5 juta spesies jamur. Semua organisme ini terdapat secara bersama-sama dalam berbagai ekosistem, dan saling berinteraksi dengan berbagai cara dimana ilmu kimia memegang peranan yang sangat penting, misalnya dalam sistem pertahanan diri, interaksi simbiosis, dan polinasi. Semua organisme ini mempunyai sistem biokimia sel hidup yang sama, dan disamping itu menghasilkan beranekaragam senyawa kimia yang disebut metabolit sekunder yang berguna dalam interaksi antara sesama organisme tersebut. Mengingat jumlah organisme yang ada, dan tidak terbatasnya interaksi yang mungkin terjadi, tidaklah mengherankan apabila *metabolit sekunder* yang diproduksi oleh berbagai organisme ini sangat beranekaragam dan sangat banyak jumlahnya. Pada waktu ini tercatat lebih dari 100.000 metabolit sekunder yang berasal dari sejumlah spesies organisme yang telah dipelajari. Ekstrapolasi jumlah organisme yang telah dipelajari dan jumlah metabolit sekunder yang dilaporkan menunjukkan bahwa seluruh spesies tumbuhan dapat menghasilkan berjuta-juta metabolit sekunder (Verpoorte, 1998).

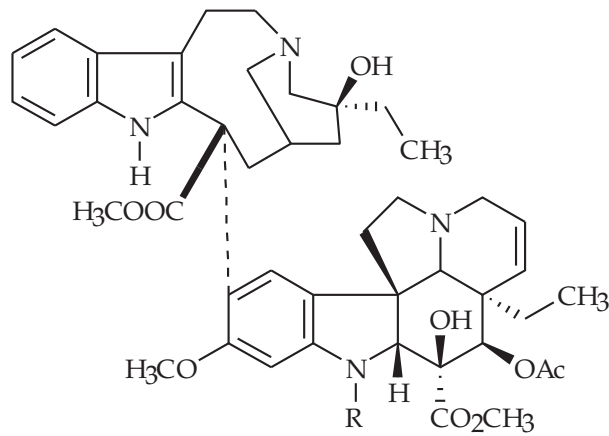
Sebagai produk interaksi dengan lingkungannya, penduduk di wilayah Amazon, Amerika Selatan, sejak lama telah menggunakan kulit pohon kina, *Cinchona spp.*, untuk pengobatan penyakit malaria. Penyelidikan kimia terhadap kulit pohon kina pertama kali dilaporkan oleh peneliti Perancis Caventou dan Pelletier (Grabley, 1999a). Dari penelitian ini dan penyelidikan-penyelidikan selanjutnya berhasil ditemukan lebih dari 30 senyawa kimia metabolit sekunder golongan alkaloid yang berbeda-beda, termasuk senyawa kuinin dan kuinidin. Kedua senyawa ini telah digunakan dan diperdagangkan masing-masing untuk pengobatan penyakit malaria dan gangguan jantung.



Contoh lain ialah penemuan penisilin yang berasal dari mikroorganisme *Penicillium notatum* oleh Alexander Fleming pada tahun 1928. Sebagai obat antibakteri yang efisien, tanpa efek samping yang berarti, penisilin telah mulai diperdagangkan pada tahun 1941 sebagai obat antibiotik. Setelah penemuan ini perhatian dan penyelidikan terhadap mikroorganisme sebagai sumber metabolit sekunder yang berguna dalam bidang pengobatan terus meningkat (Grabley, 1999a).

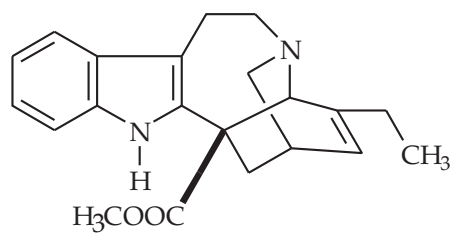


Contoh lain ialah tumbuhan Tapak Doro atau *Catharanthus roseus (Vinca rosea)*, suatu tumbuhan tropika yang berasal dari Madagaskar yang digunakan secara tradisional untuk pengobatan penyakit diabet (Grabley, 1999a). Penyelidikan kimia terhadap tumbuhan ini menghasilkan lebih dari 80 senyawa alkaloid, diantaranya yang terpenting ialah senyawa vinkristin, vinblastin, katarantin, dan vindolin.

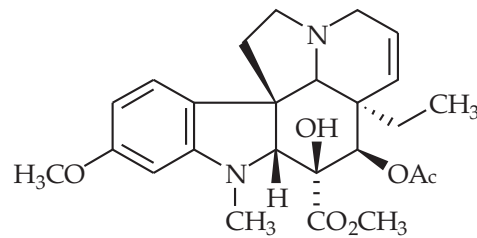


Vinkristin : R = CHO

Vinblastin : R = CH₃



Katarantin

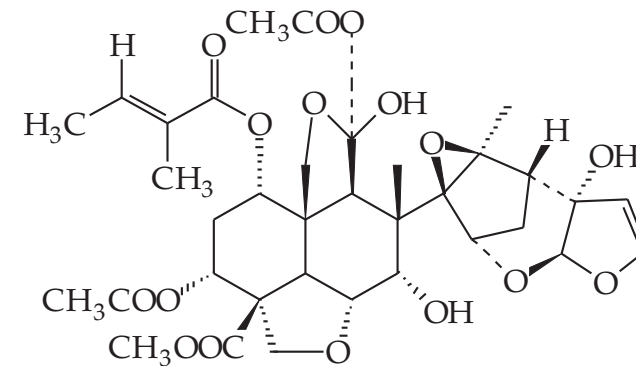


Vindolin

Alkaloid vinkristin adalah senyawa yang sangat efektif untuk pengobatan kanker leukemia, sedangkan vinblastin digunakan sebagai obat penyakit Hodgkin. Namun, kelimpahan alami dari vinkristin dan vinblastin sangat kecil, masing-masing 40-50 mg per ton daun kering, sehingga untuk keperluan pengobatan harga kedua senyawa ini sangat mahal. Namun, kedua senyawa ini dapat diproduksi melalui reaksi penggabungan antara senyawa katarantin dan vindolin yang juga merupakan alkaloid utama yang dapat diperoleh dalam jumlah yang lebih banyak dari tumbuhan tersebut, *C. roseus*.

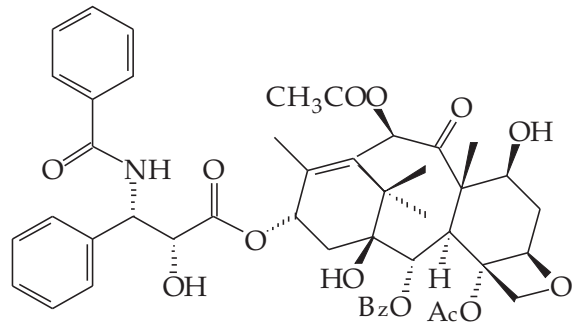
Contoh berikutnya ialah tumbuhan Nimba atau *Azadirachta indica*, yang berasal dari India. Selama berabad-abad tumbuhan ini telah digunakan sebagai bahan insektisida. Penyelidikan kimia menunjukkan bahwa tumbuhan ini

menghasilkan banyak senyawa kimia termasuk senyawa azadiraktin, suatu senyawa insektisida alami yang sangat efektif.

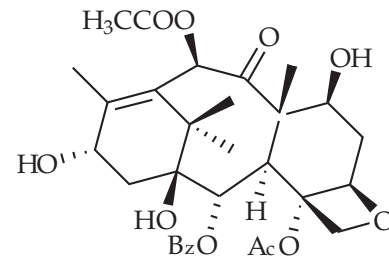


Azadiraktin

Contoh berikutnya lagi ialah tumbuhan *Taxus brevifolia*. Tumbuhan ini, yang berasal dari wilayah barat laut Amerika Serikat, menghasilkan banyak metabolit sekunder, termasuk senyawa taksol dan bakatin III. Senyawa taksol akhir-akhir ini telah diperdagangkan untuk pengobatan berbagai jenis kanker, seperti kanker payudara dan paru-paru, dengan nilai perdagangan mencapai US\$ 1 milyar per tahun. Taksol (disebut juga paklitaksel) telah dapat diproduksi menggunakan bakatin III sebagai bahan baku, yang juga diproduksi oleh tumbuhan tersebut dalam jumlah yang lebih banyak. Beberapa senyawa metabolit sekunder atau derivatnya yang telah diproduksi dan diperdagangkan sebagai obat moderen tercantum pada Tabel 1.



Katarantin



Vindolin

Daftar 1. Beberapa senyawa kimia sumber alam hayati atau derivat sebagai obat moderen yang telah dikomersialisasi.

Tahun	Nama obat	Indikasi	Perusahaan
1826	Morfin	Analgesik	E. Merck
1899	Asam asetil salisilat (Aspirin)	Analgesik Antiflogistik dll.	Bayer
1941	Penisilin	Antibakteri	Merck
1964	Cefalosporin	Antibakteri	Eli Lilly
1983	Siklosporin A	Imunosupresan	Sandoz
1987	Artemisinin	Antimalaria	Baiyunshan
1987	Lovastatin	Antihiperlipidemik	Merck
1988	Simvastatin	Antihiperlipidemik	Merck
1990	Acarbose	Antidiabetik	Bayer
1993	Paklitaksel (Taksol)	Antikanker	BMS
1995	Dokotaksel (Taksotere)	Antikanker	Rhone-PR
1996	Topotekan	Antikanker	Upjohn
1996	Miglitol	Antidiabetik	Bayer

Dengan sedikit contoh di atas dapat ditarik kesimpulan bahwa keanekaragaman hayati, baik berupa tumbuh-tumbuhan, serangga, hewan, maupun mikroorganisme adalah sistem kimiawi yang merKayasa atau memproduksi berbagai jenis metabolit sekunder dengan arsitektur molekul yang beranekaragam dan sebagai "chemical entity" sangat potensial untuk pengembangan obat berbagai penyakit, insektisida, herbisida, dan lain-lain. Dengan kata lain, setiap spesies tumbuhan, hewan, dan mikroorganisme mempunyai nilai-nilai kimiawi untuk ditelaah dan dikembangkan dalam memenuhi kebutuhan masyarakat di bidang kesehatan, pertanian, dan industri lain.

DRUG DISCOVERY PROGRAM TUMBUHAN TROPIKA INDONESIA

Indonesia merupakan salah satu negara terkaya di dunia dalam keanekaragaman hayati, nomor dua setelah Brazil. Wilayah daratan Indonesia hanya 1,3% dari permukaan daratan di muka bumi, akan tetapi di Indonesia terdapat 10% atau lebih 30.000 spesies tumbuh-tumbuhan berbunga yang ada di dunia. Walaupun tumbuh-tumbuhan tropika ini merupakan sumber senyawa-senyawa kimia yang sangat potensial, namun dari segi kimia sebagian besar tumbuhan ini belum pernah diteliti secara sistematis dan berkelanjutan.

Perlu dicatat, berdasarkan obat-obat yang tersedia dalam perdagangan pada waktu ini, dari perkiraan 30.000 jenis penyakit hanya sepertiga diantaranya yang dapat disembuhkan dari segi symptom, tetapi hanya beberapa penyakit saja yang sesungguhnya dapat disembuhkan. Oleh karena itu, penelitian yang berhubungan dengan kontribusi sumber alam hayati berupa *chemical entity* atau kombinasi untuk bidang kesehatan terus berlanjut dan semakin meningkat. Contohnya ialah, lebih dari 30% obat-obatan yang beredar dalam perdagangan global berasal dari sumber alam hayati. Selama tahun 1983-1994 sebanyak 40% obat baru yang memperoleh izin beredar dari FDA di Amerika Serikat adalah

senyawa kimia metabolit sekunder. Tambahan lagi, pada tahun 1992 sebanyak 18 dari 42 obat baru yang beredar adalah senyawa kimia metabolit sekunder atau derivatnya (Grably, 1999a, 1999b).

Data tersebut di atas memberi petunjuk bahwa metabolisme sekunder berbagai sumber alam hayati adalah merupakan suppliers bahan-bahan kimia baru farmasetika yang tidak akan pernah habis. Kenyataan ini merupakan pula sumber inovasi dalam penemuan dan pengembangan obat-obat baru, apalagi bila dikaitkan dengan ilmu pengetahuan genomik yang membuka peluang untuk menghasilkan senyawa-senyawa kimia dengan arsitektur molekul yang baru yang akan berguna mengatasi berbagai penyakit. Dengan perkataan lain, ilmu pengetahuan yang berhubungan dengan sumber alam hayati adalah salah satu medan ilmu pengetahuan yang utama di abad ke-21 ini.

Keunggulan Indonesia dalam keanekaragaman hayati, apabila didukung oleh infrastruktur yang memadai, merupakan peluang untuk meningkatkan ilmu pengetahuan yang berkaitan, melatih sumber daya manusia yang profesional, dan menghasilkan produk penelitian yang sangat kritis, seperti obat-obat baru untuk berbagai penyakit. Berdasarkan keyakinan itu, penelitian dan pengembangan kimiawi tumbuh-tumbuhan hutan tropika Indonesia yang sistematis dan berkelanjutan, dengan thema “*Drug Discover Program*”, telah mulai dilakukan oleh Kelompok Penelitian Kimia Organik Bahan Alam (KOBA), Program Studi Kimia, FMIPA, ITB, selama 3 dekade terakhir.

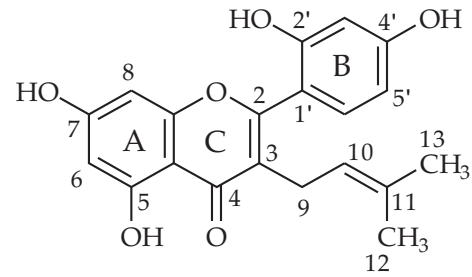
Kita berharap, melalui kegiatan penelitian jenis ini akan terjawab suatu pertanyaan berikut: Apabila dalam organisasi *Kerjasama Ekonomi Asia Pasifik (APEC)*, negara Amerika dapat memberikan kontribusinya dalam teknologi informasi, Jepang dalam produk-produk manufaktur, Cina dalam hal jumlah penduduk, apakah Indonesia mempunyai potensi untuk memberikan kontribusinya dalam ilmu pengetahuan dan teknologi yang berhubungan dengan keanekaragaman hayati?

Sehubungan dengan apa yang dikemukakan di atas, penelitian terhadap beberapa kelompok tumbuhan tropika Indonesia yang utama telah dilakukan.

Misalnya, tumbuh-tumbuhan yang dikenal sebagai Nangka-nangkaan yang termasuk famili Moraceae (Achmad, 2002, 2004, 2005; Hakim, 2002a, 2004, 2006). Moraceae adalah suatu famili tumbuhan yang besar, terdiri dari 60 genus dan 1400 spesies yang tersebar merata di berbagai wilayah Indonesia (Jarrett, 1959, 1960), termasuk genus *Morus* dan *Artocarpus*. Kedua genus ini termasuk tumbuhan yang sangat penting. Daun *Morus* atau murbei digunakan sebagai pakan ulat sutera. *Morus* juga digunakan dalam pengobatan tradisional untuk berbagai penyakit seperti asma, hipertensi, aterosklerosis, artritis, dan anemia (Kimura, 1996). Begitu pula *Artocarpus* atau Nangka-nangkaan, terdiri dari 60 spesies, termasuk Nangka, Cempedak, Keluwih, dan Sukun, yang merupakan tanaman pangan dan tersebar di seluruh Indonesia (Verheij, 1992; Lemmens, 1995). Kecuali bahan pangan, banyak spesies *Artocarpus* juga dikenal dalam pengobatan tradisional untuk penyakit malaria, saluran pencernaan, dan lain-lain (Heyne, 1987; Perry, 1980). Penyelidikan farmakologi menunjukkan pula bahwa spesies *Artocarpus* memperlihatkan pula efek hipotensif, antiinflamasi, antimikroba, dan antitumor (Nomura, 1998).

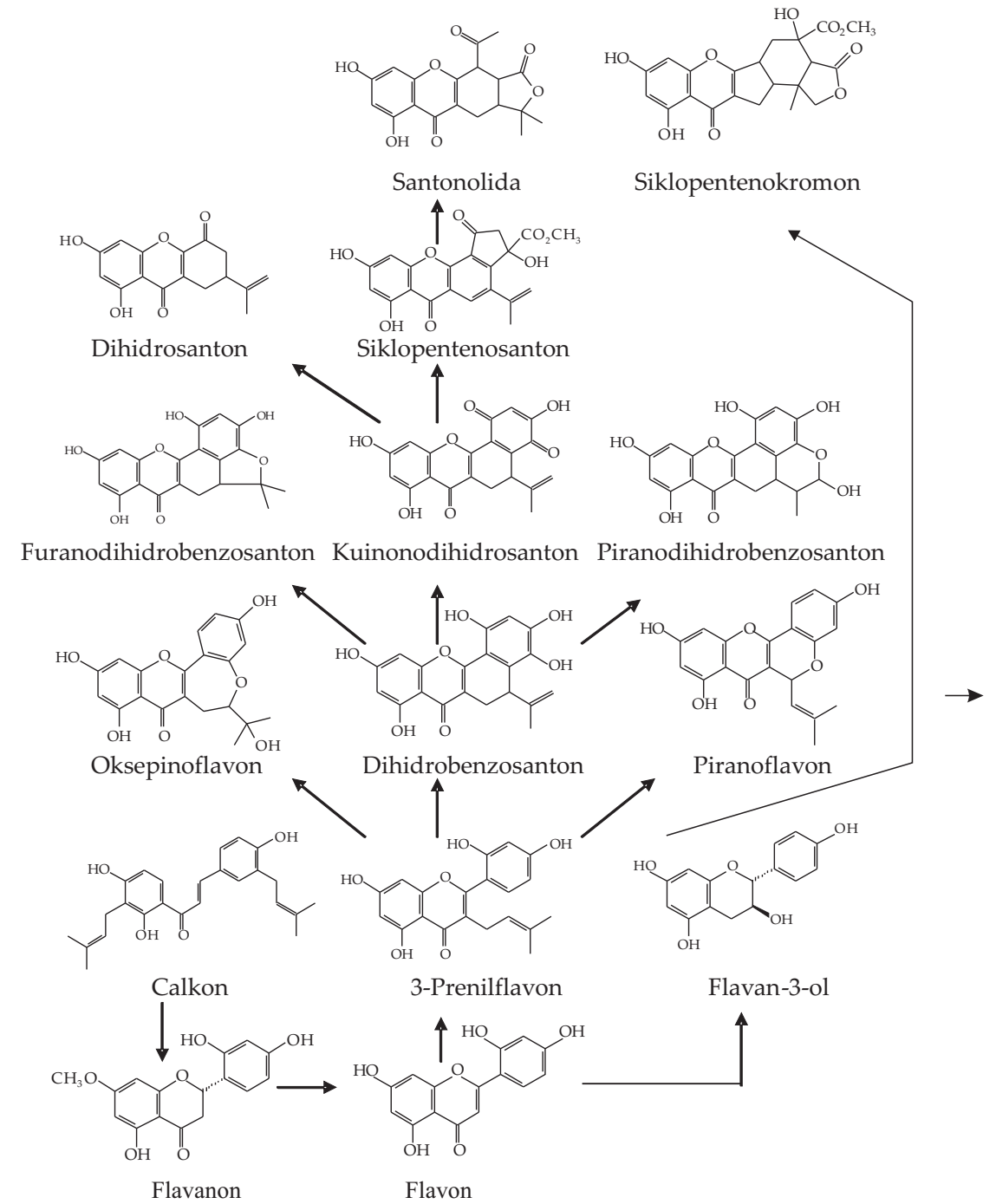
Penyelidikan kimia yang dilakukan oleh kelompok penelitian KOBA terhadap banyak spesies *Artocarpus* yang endemik untuk Indonesia telah berhasil menemukan banyak senyawa baru, yang diberi nama trivial artoindonesianin A, B, C, Z-1, Z-2, Z-3. Senyawa-senyawa kimia ini menunjukkan bahwa tumbuh-tumbuhan *Artocarpus* memproduksi banyak senyawa kimia metabolit sekunder turunan flavonoid, dengan ciri-ciri kimiawi yang unik yang belum pernah ditemukan dari tumbuhan lain apapun. Senyawa-senyawa ini terdiri dari sejumlah jenis dengan tipologi seperti tercantum pada Bagan 1.

Tipologi senyawa-senyawa ini didasarkan pada arsitektur molekul dengan kerangka dasar flavon yang mengandung gugus fungsi atau simbol-simbol, seperti isoprenil pada posisi-3 pada cincin C bersama-sama dengan simbol-simbol oksigen, khususnya pada posisi-2',4' atau -2',4'5' pada cincin B, seperti ditunjukkan oleh senyawa jenis 3-prenilflavon.



Turunan 3-Prenilflavon

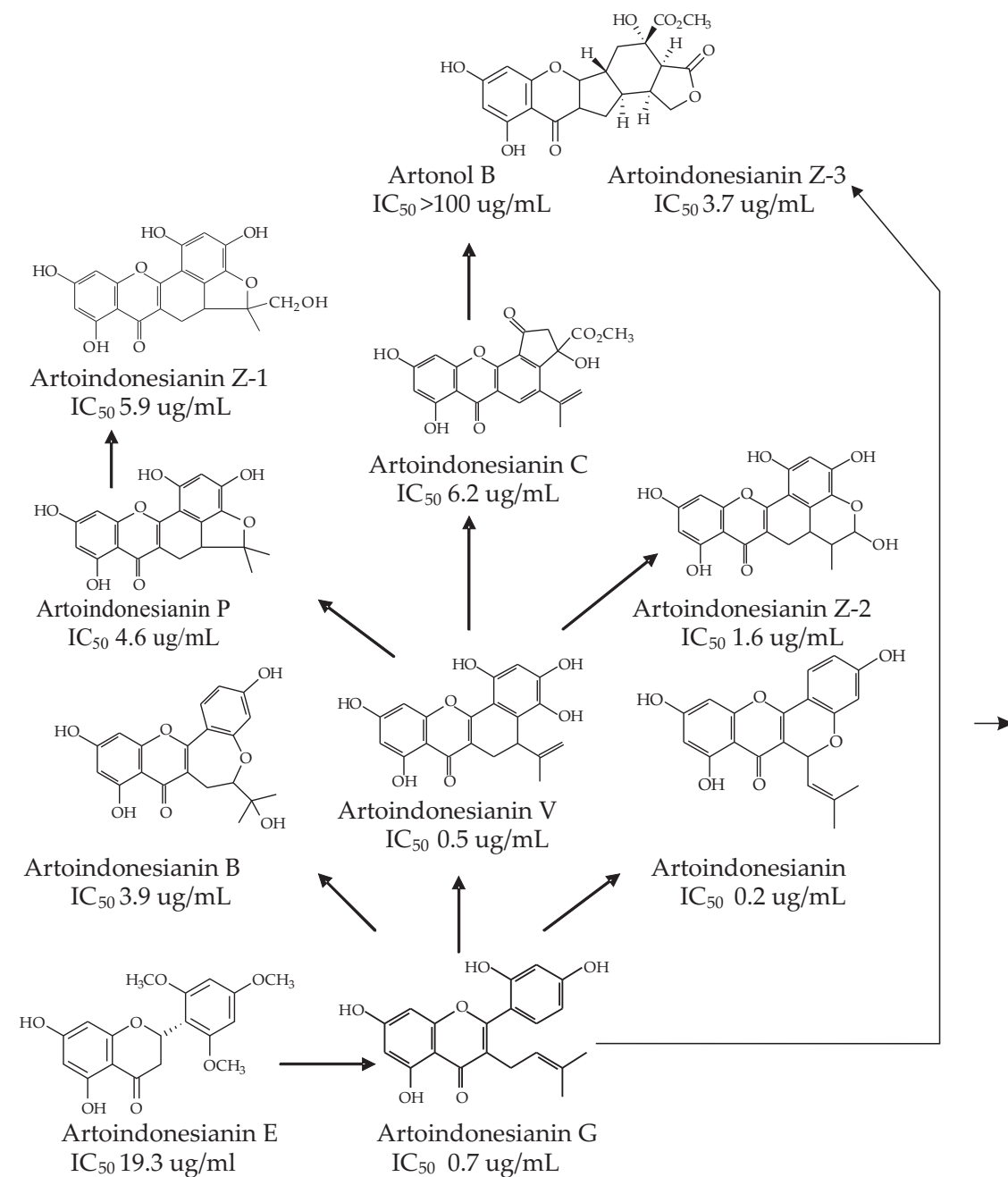
Senyawa jenis 3-prenilflavon, sesuai dengan distribusi dan sifat-sifat atau nilai masing-masing simbol mempunyai perilaku tertentu, baik fisik, kimiawi, dan biologi. Berdasarkan perilaku tersebut, jenis 3-prenilflavon yang berlaku sebagai prekursor dapat mengalami perubahan-perubahan kimiawi tertentu menghasilkan senyawa-senyawa jenis berikutnya, seperti oksepinoflavon, piranoflavon, dihidrobenzosanton, furanodihidro-benzosanton, piranodihidrobenzosanton, kuinonobenzosanton, siklopentenosanton, santonolida, dihidrosanton dan siklopentenokromon, seperti tersusun secara berurutan pada Bagan 1. Tipologi ini sekaligus merupakan saran mengenai asal-usul biogenesis berbagai jenis senyawa tersebut melalui proses-proses biotransformasi.



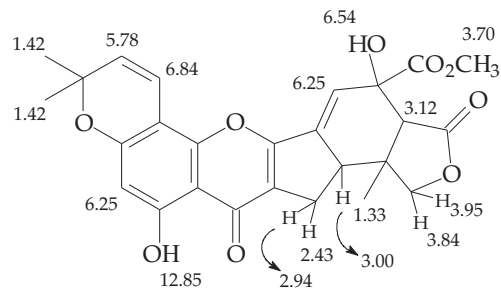
Bagan 1.
Keanekaragaman jenis molekul bioflavonoid dari spesies Artocarpus

Untuk maksud aplikatif, efek biologi senyawa-senyawa metabolit sekunder yang ditemukan dari banyak tumbuhan *Artocarpus* telah dipelajari pula terhadap sel tumor murine leukemia P388 dan parasit malaria *Plasmodium palcifarum*. Efek sitotoksik beberapa senyawa baru yang ditemukan terhadap sel tumor P388 tercantum pada Bagan 2 (Achmad, 1996, 2005; Hakim, 1999, 2001, 2002b, 2002c; Makmur, 2000; Suhartati, 2001; Syah, 2001, 2002a, 2002b, 2004a, 2006a, 2006b). Data yang diperoleh menunjukkan bahwa senyawa-senyawa turunan 3-prenilflavon dan turunan santon mempunyai sitotoksisitas yang signifikan. Aktivitas sitotoksik yang tinggi ditemukan pada turunan flavon dengan tersedianya simbol-simbol dengan sistem 3-isoprenil-2',4'-dioksigenasi. Selanjutnya, pada senyawa-senyawa jenis berikutnya, aktivitas sitotoksik ditentukan oleh adanya simbol-simbol prenil pada posisi C-3 dan simbol oksigen yang terletak bersebelahan pada posisi-4',5' pada cincin B. Efek biologi beberapa senyawa ini terhadap ulat sutera, *Bombyx mori* telah dipelajari pula. Pada penelitian ini diketahui bahwa senyawa baru artoindonesianin kuat sekali menghambat penyerapan asam amino leucine melalui membran usus ulat sutera, diduga berkaitan dengan pengaturan sistem produksi sutera pada ulat sutera, *Bombyx mori* (Parenti, 1998; Forcella, 1999). Akan tetapi, artoindonesianin C, yang tidak mengandung unit isoprenil pada posisi-3 tidak menghambat penyerapan asam amino (Parenti, 1998; Forcella, 1999).

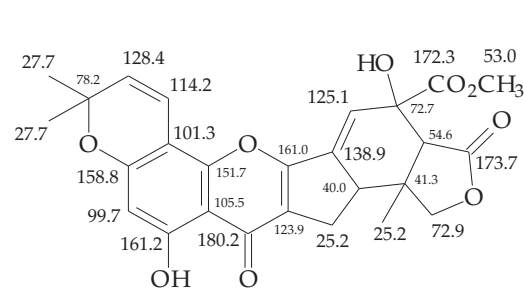
Arsitektur molekul semua jenis senyawa yang berhasil ditemukan dari banyak spesies *Artocarpus* ditetapkan berdasarkan pengumpulan data spektroskopi, misalnya spektrum NMR (*nuclear magnetic resonance*) menggunakan peralatan-peralatan moderen yang tersedia di berbagai lembaga di luar negeri melalui kerjasama penelitian. Sebagai contoh ialah penentuan struktur senyawa baru yang relatif kompleks, yaitu artoindonesianin Z-3, yang berasal dari *Artocarpus lanceifolius*, seperti tercantum pada Gambar 1 (Hakim, 2006).



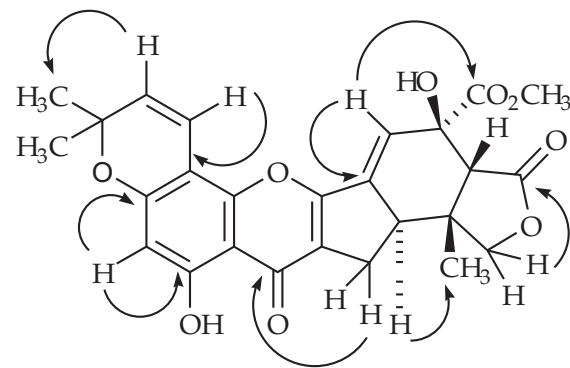
Bagan 2.
Aktivitas sitotoksik jenis-jenis flavonoida dari genus *Artocarpus*
terhadap sel tumor murine leukemia P388.



Distribusi sinyal-sinyal 1H-NMR



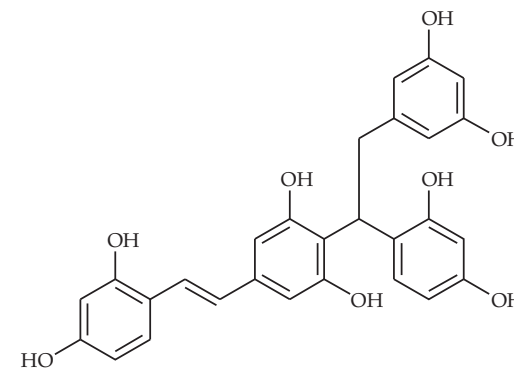
Distribusi sinyal-sinyal 13C-NMR



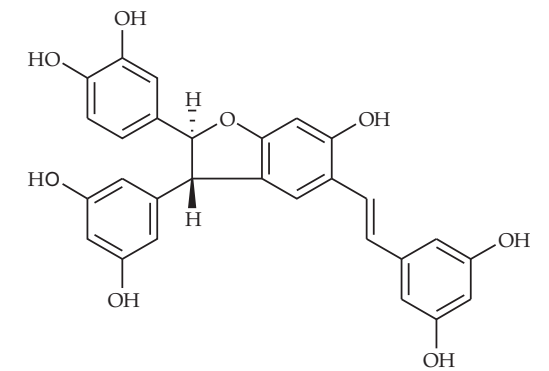
Korelasi antara masing-masing sinyal 1H- dan 13C-NMR

BIOTEKNOLOGI TUMBUHAN ENDEMIK INDONESIA

Morus macroura Miq. atau Andalus adalah salah satu spesies *Morus* yang sangat langka yang hampir mengalami kepunahan, dan hanya terdapat di Indonesia. Dari kulit tumbuhan ini ditemukan beberapa senyawa kimia jenis stilbenoid termasuk dua senyawa baru yang diberi nama trivial andalousin A dan andalousin B (Syah, 2000; 2004b).

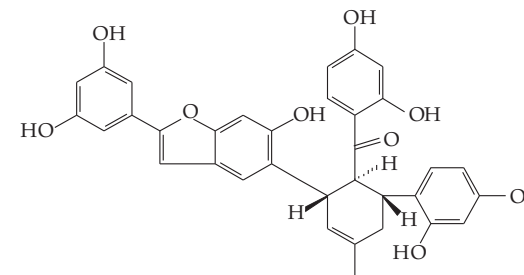


Andalousin A

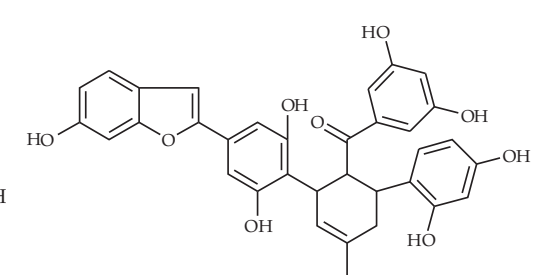


Andalousin B

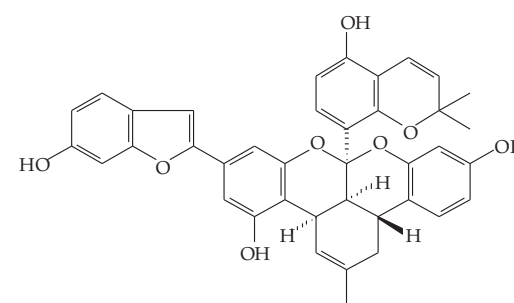
Dari kulit akar *M. macroura* ditemukan pula beberapa senyawa jenis adduct Diels-Alder, yang dihasilkan hanya oleh tumbuhan Moraceae, tidak pada tumbuhan lain. Senyawa dimaksud antara lain ialah mulberofuran C, mulberofuran J, kuwanon X, dan mulberofuran K (Hakim, 2005).



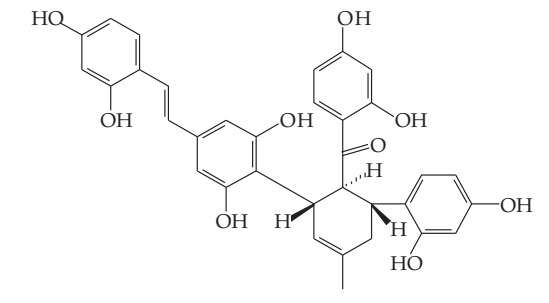
Mulberofuran C



Mulberofuran J

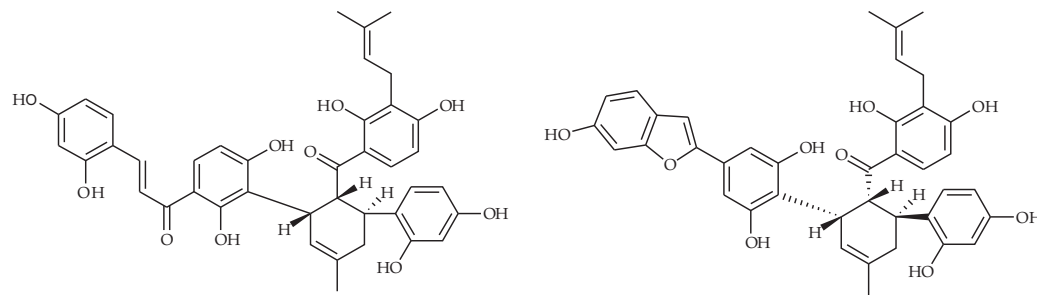


Mulberofuran K



Kuwanon X

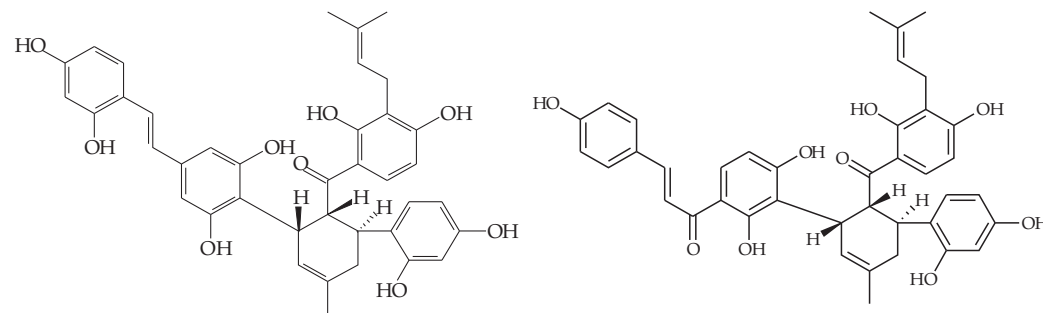
Mengingat kelangkaan tumbuhan ini, menggunakan bioteknologi kultur jaringan yang dikembangkan di laboratorium kami, dari tumbuhan ini dapat diperoleh beberapa senyawa jenis adduct Diels-Alder. Misalnya, dari kultur tunas dapat diproduksi senyawa jenis adduct Diels-Alder, yaitu kuwanon J dan calkomoracin (Hakim, 2005).



Kuwanon J

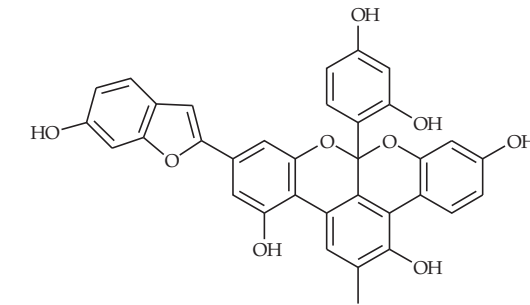
Calkomoracin

Selanjutnya, dari kultur akar *M. macroura* dapat pula diproduksi senyawa sejenis, yaitu kuwanol E, kuwanon R, dan mulberofuran P, bersama-sama dengan kuwanon J dan calkomoracin (Hakim, 2005).



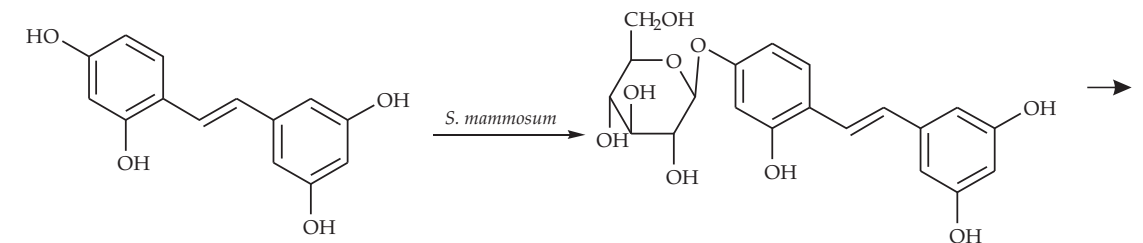
Kuwanol E

Kuwanon R



Mulberofuran P

Inovasi menggunakan proses biotransformasi dengan kultur sel *Solanum mammosum* sebagai medium, senyawa oksiresveratrol yang merupakan salah satu komponen utama yang potensial dari *M. macroura* dapat menghasilkan suatu glukosida, yaitu *trans*-oksiresveratrol 4-O- β -D-glukopiranosida (Hakim, 2004b).



Oksiresveratrol

trans-Oksiresveratrol 4-O- β -D-glukopiranosida

Uji bioaktivitas menunjukkan bahwa senyawa-senyawa jenis aduct Diels-Alder memperlihatkan pula aktivitas sitotoksik yang tinggi terhadap sel tumor murine leukemia P388, sedangkan andalasin A tidak aktif (Hakim, 2004b).

Penyelidikan terhadap tumbuhan tropika lainnya, misalnya kelompok Medang yang termasuk famili Lauraceae, dan kelompok Meranti atau Keruing yang termasuk famili Dipterocarpaceae, telah dilakukan pula. Dari kelompok tumbuhan Lauraceae ditemukan sejumlah senyawa baru, seperti indonesiol, kamaharlakton, striktifolion, idenburgen, linderan, pseudolinderadin,

isokurkumol, litseakasifolida, dan lain-lain (Achmad, 1992a, 1992b; Hakim, 1993; Juliawaty, 2000, 2002, 2006; Usman, 2006).

Selanjutnya, dari kelompok tumbuhan Meranti atau Keruing (famili Dipterocarpaceae) ditemukan pula sejumlah senyawa kimia baru turunan stilben, seperti diptoindonesin A, *cis*-diptoindonesin B, *trans*-diptoindonesin B, diptoindonesin C, dan lain-lain (Aminah, 2002; Atun, 2004; Sahidin, 2005; Soroyobudiono, 2008; Syah, 2003; Tukiran, 2005).

KESIMPULAN

Pertumbuhan ekonomi yang berlandaskan ilmu pengetahuan, yang dicirikan oleh produk-produk industri dengan muatan IPTEK yang tinggi, sangat bergantung pada pengembangan R&D selaras dengan kemajuan IPTEK yang tumbuh dengan sangat cepat. Daya saing produk industri yang menggunakan tenaga kerja yang murah harus ditingkatkan menggunakan tenaga kerja terampil dan teknologi yang lebih tinggi, dan tidak membahayakan lingkungan. Untuk maksud tersebut, diperlukan sistem pendidikan yang berorientasi penelitian, termasuk program pascasarjana, untuk menyiapkan sumber daya manusia profesional yang mempunyai kapasitas mengembangkan dan menggunakan ilmu pengetahuan dan teknologi yang berwawasan lingkungan, untuk meningkatkan produktivitas industri dan ekonomi nasional pada umumnya.

Mengingat keterbatasan infrastruktur, suatu universitas belum dapat melakukan penelitian apa saja pada waktu yang bersamaan. Untuk itu diperlukan adanya kebijakan R&D yang selektif, yang merupakan salah satu faktor utama yang tidak dapat dilupakan dalam pengembangan program penelitian. Infrastruktur sebagai mesin penggerak R&D, seperti staf dosen peneliti, peralatan laboratorium, dana penelitian, manajemen, dan hubungan luar negeri, perlu mendapat perhatian agar universitas riset dapat tumbuh menjadi suatu kenyataan yang hidup.

Tumbuh-tumbuhan hutan tropika Indonesia adalah sistem kimiawi yang memproduksi senyawa kimia metabolit sekunder yang tidak terbatas jumlahnya. Oleh karena itu, penelitian kimia terhadap keanekaragaman hayati Indonesia yang sifatnya orisinal, sistematis dan berorientasi jangka panjang dengan tema "*drug discovery program*" telah dilakukan. Penelitian terhadap beberapa kelompok tumbuhan yang endemik untuk Indonesia berhasil menemukan banyak jenis senyawa kimia baru yang unik yang merupakan keunggulan penelitian ini ditinjau dari segi pengembangan ilmu pengetahuan, pengembangan pendidikan, dan pengembangan produk-produk baru yang potensial. Kumpulan berbagai jenis senyawa ini sangat potensial untuk pengembangan bioindustri, agroindustri, dan industri lainnya dengan sasaran "*biodiversity based development*".

Kumpulan senyawa-senyawa ini sebagai "*new chemical entities*" yang memperlihatkan efek biologis tertentu, seperti efek sitotoksik terhadap sel tumor P388 dan anti-malaria, membuka peluang untuk menemukan "*lead compounds*" melalui uji-biologi yang lebih luas dengan target yang lebih spesifik, dan merupakan salah satu unsur aplikatif dari penelitian ini. Begitu pula, bioteknologi kultur jaringan telah digunakan untuk memproduksi jenis-jenis senyawa tertentu. Tambahan lagi, biotransformasi menggunakan kultur sel sebagai proses alternatif rekayasa molekuler di laboratorium telah berhasil pula diselidiki.

Keterampilan, ilmu pengetahuan, serta teknologi yang telah diperoleh pada waktu ini merupakan modal dasar yang sangat diperlukan bagi penelitian-penelitian selanjutnya, termasuk ilmu pengetahuan genomik, untuk memberi nilai tambah ilmiah yang lebih besar dalam rangka memberdayakan keanekaragaman hayati Indonesia secara berkelanjutan. ♦

DAFTAR PUSTAKA

Achmad, S.A., Ghisalberti, E.L., Hakim, E.H., Makmur, L., Manurung, M. (1992a). A new sesquiterpene alcohol from *Litsea amara* Bl. (Lauraceae), *Phytochemistry* (UK), 31(6), 2153.

Achmad, S.A., Azminah, Effendi, Ghisalberti, E.L., Hakim, E.H., Makmur, L., Allan H. White. (1992b). Structural studies of two bioactive furanosesquiterpenes from *Cryptocarya densiflora* (Lauraceae), *Aust. J. Chem.*, 45, 445.

Achmad, S.A., Hakim, E.H., Juliawaty, L.D., Makmur, L., Aimi, N., Ghisalberti, E.L. (1996). A New prenylated flavone from *Artocarpus champeden*, *J. Nat. Prod. (USA)*, 59(9), 878-879.

Achmad, S.A., Hakim, E.H., Makmur, L., Mujahidin, D., Juliawaty, L.D., Syah, Y.M. (2002). Discovery of natural products from Indonesian tropical rainforest plants, In, *Biodiversity: Biomolecular Aspects of Biodiversity and Innovative Utilization*, Bilge Sener (Ed.), Kluwer Academic/Plenum Publishers, London, 91-99.

Achmad, S.A., Ghisalberti, E.L., Hakim, E.H., Kitajima, M., Makmur, L., Mujahidin, D., Syah, Y.M. and Takayama, H. (2004). Molecular diversity and biological activity of natural products from Indonesian Moraceous plants, *Journ. Chem. Soc. Pak.*, 26(3), 316-321.

Achmad, S.A., Hakim, E.H., Juliawaty, L.D., Makmur, L., Syah, Y.M. (2005). Indonesian Rainforest Plants-Chemodiversity and Bioactivity, *Malaysian J. Sci.*, 24, 7-16

Aminah, N.S., Achmad, S.A., Ghisalberti, E.L., Hakim, E.H., Syah, Y.M. (2002). Dipteroindonesin A, a new C-glucoside of ϵ -viniferin from *Shorea seminis* (Dipterocarpaceae), *Fitoterapia (Italy)*, 73, 501-507.

Atun, S., Achmad, S.A., Ghisalberti, E.L., Hakim, E.H., Makmur, L., Syah, Y.M. (2004). Oligostilbenoids from *Vatica umbonata* (Dipterocarpaceae), *Biochem. System. Ecol. (UK)*, 32(11), 1051-1053.

Forcella M, Hanozet G, Pugliese A, Achmad SA, Hakim EH, Makmur L, Parenti P

(1999). Structure-activity relationships of substrats for the neutral amino acid transport in *Bombyx mori* anterior midgut, Italian Biochemical Society XIV Meeting (Proteine '99), Rome, Italy.

Grabley, S., Thiericke, R. (1999a). The impact of natural rproducts on drug discover, In, Grabley, S., Thiericke, R. (Eds.) In: *Drug Discovery from Nature*, Springer-Verlag, Berlin, 3-37.

Grabley, S., Thiericke, R., Zeeck, A. (1999b). The chemical screening approach, In: Grabley, S., Thiericke, R. (Eds.) *Drug Discovery from Nature*, Springer-Verlag, Berlin, 124-148.

Hakim, E.H., Achmad, S.A., Effendy, Ghisalberti, E.L., Hockless, D.C.R., White, A.H. (1993). Structural studies of three sesquiterpenes from *Litsea* spp.(Lauraceae), *Aust. J. Chem.*, 46, 1355.

Hakim, E.H., Fahriyati, A., Kau, M.S., Achmad, S.A., Makmur, L., Ghisalberti, E.L., Nomura, T. (1999). Artoindonesianin A and B, two new prenylated flavones from the root of *Artocarpus champeden*, *J. Nat. Prod. (USA)*, 62(4), 613-615.

Hakim, E. H., Aripin, A., Achmad, S. A., Aimi, N., Kitajima, M., Makmur, L., Mujahidin, D., Syah, Y. M., Takayama, H. (2001). Artoindonesianin E, a new flavanone derivative from *Artocarpus champeden*, *Proceedings ITB*, 69-73.

Hakim, E.H., Makmur, L., Achmad, S.A., Aimi, N., Ghisalberti, E.L., Kitajima, M., Mujahidin, D., Syah, Y.M., Takayama, H. (2002a). Recent studies on biological active natural products from *Artocarpus* Species of Indonesian rainforest, In: *Natural Products at the Turn of the Century*, Atta-ur-Rahman et.al. (Eds.), Prints Arts, Karachi, pp.331-338.

Hakim, E. H., Ulinuha, U. Z., Syah, Y. M., Ghisalberti, E. L. (2002b). Artoindonesianin N and O, new prenylated stilbene and prenylated aryllbenzofuran derivatives from *Artocarpus gomezianus*, *Fitoterapia (Italy)*, 73, 597-603.

Hakim, E.H., Asnizar, Yurnawilis, Aimi, N., Kitajima, M., Takayama, H. (2002c). Artoindonesianin P, a new prenylated flavone with cytotoxic activity from *Artocarpus lanceifolius*, *Fitoterapia (Italy)*, 73, 668-673.

Hakim, E.H., Juliawaty, L.D., Syah, Y.M., Achmad, S.A. (2004a). Molecular diversity of *Artocarpus champeden* (Moraceae): a species endemic to Indonesia, *Molecular Diversity (USA)*, 149-158.

Hakim, E.H., Achmad, S.A., Aimi, N., Indrayanto, G., Kitajima, M., Makmur, L., Surya, M.D., Syah, Y.M., Takayama, H. (2004b). *Regioselective glucosylation of oxyresveratrol by the cell suspension cultures of Solanum mammosum*, *J. Chem. Res.*, 10, 706

Hakim, E.H., Achmad, S.A., Juliawaty, L.D., Makmur, L., Syah, Y.M., Aimi, N., Kitajima, M., Takayama, H., Ghisalberti, E.L. (2006). Prenylated flavonoids and related compounds of the Indonesian *Artocarpus* (Moraceae), *J. Nat. Med. (Japan)*, 60, 161-184.

Hayashi, K., Ogata, N., Yamamoto, A. (1978). Criteria for the selection of research programmes, *Proceedings*, International Symposium on University/Industry Interactions in Chemistry, Toronto, Canada, pp. 97-105.

Heyne, K. (1987). Tumbuhan Berguna Indonesia, Vol.2, Badan Penelitian dan Pengembangan Departemen Kehutanan R.I., hal. 795.

Jarrett, F.M (1959). *J. Arnold Arboretum*, 40, 1, 30, 113, 298

Jarrett, F.M. (1960). *J. Arnold Arboretum*, 73, 320.

Juliawaty, L.D., Kitajima, M., Takayama, H., Achmad, S.A., Aimi, N. (2000). A new type of stilbene-related secondary metabolite, idenburgene, from *Cryptocarya idenburgensis*, *Chem. Pharm. Bull. (Japan)*, 48(11), 1726-1728.

Juliawaty, L.D., Watanabe, Y., Kitajima, M., Achmad, S.A., Takayama, H., Aimi, N. (2002). First total synthesis and determination of the absolute configuration of strictifolione, a new 6-(*w*-phenylalkenyl)-5,6-dihydro- γ -pyrone isolated from *Cryptocarya strictifolia*, *Tetrahedron Letters (USA)*, 43, 8657-8660.

Juliawaty, L.D., Aimi, N., Ghisalberti, E.L., Kitajima, M., Makmur, L., Syah, Y.M., Siallagan, J., Takayama, H., Achmad, S.A., Hakim, E.H. (2006). *Chemistry of Indonesian Cryptocarya Plants (Lauraceae)*, In: *Chemistry of Natural Products: Recent Trends & Developments* Goutam Brahmachari (Ed.), Research Signpost, Kerala, India, 399-423.

Kimura, T., But, P.P.H., Guo, J-X, Sung, C.K. (1996). International Collation of Traditional and Folk Medicine, Vol.1, Northeast Asia Part 1, World Scientific, Singapore, p.12-13.

Lemmens, R.H.M.J., Soerianegara, I., Wong, W.C. (Eds.). (1995). Plant Resources of South-East Asia, No. 5(2), Timber trees: Minor commercial timbers, Prosea Foundation, Bogor, Indonesia, 59-71.

Makmur, L., Syamsurizal, Tukiran, Achmad, S.A., Aimi, N., Hakim, E.H., Kitajima, M., Takayama, H. (2000). Artoindonesianin C, a new xanthone derivative from *Artocarpus teysmanii*, *J. Nat. Prod. (USA)*, 63, 243-244.

Nomura, T. and Hano, Y. (1994). Isoprenoid-substituted phenolic compounds of Moraceous plants", *Nat. Prod. Rep. (UK)*, 11, 205.

Parenti, P., Pizzigoni, A., Hanozet, G., Hakim, E.H., Makmur, L., Achmad, S.A., B. Giordana (1998). A new prenylated flavone from *Artocarpus champeden* inhibits the K⁺-dependent amino acid transport in *Bombyx mori* midgut, *Biochem. Biophys. Res. Communic (UK)*. 244, 445-448.

Perry, L.M. (1980). Medicinal Plants of East and Southeast Asia, The MIT Press, Cambridge, 269-271.

Sahidin, Hakim, E.H., Juliawaty, L.D., Syah, Y.M., Din, L.B., Ghisalberti, E.L., Latip, J., Said, I.M., Achmad, S.A. (2005). Cytotoxic properties of oligostilbenoids from tree bark of *Hopea dryobalanoides*", *Z. Naturforsch. (Ger)*, 60c, 273-277.

Saroyobudiono, H., Juliawaty, L.D., Syah, Y.M., Achmad, S.A., Hakim, E.H. (2008). Oligostilbenoids from *Shorea gibbosa* and their cytotoxic properties against P-388 cells, *J. Nat. Med. (Japan)*, 62, 195-198.

Seeman, J.I. (1991)., Some Recollections of Gap Jumping, Sir Derek H.R. Barton, American Chemical Society Washington, DC.

Suhartati, T., Achmad, S.A., Aimi, N., Hakim, E.H., Kitajima, M., Takayama, H., Takeya, K. (2001). Artoindonesianin L, a new prenylated flavone with cytotoxic activity from *Artocarpus rotunda*, *Fitoterapia (Italy)*. 72, 912-918.

Syah, Y.M., Achmad, S.A., Hakim, E.H., Makmur, L., Mujahidin, D., Iman, M.Z.N., Ghisalberti, E.L. (2000). Andalasin A, a new stilbene dimer from *Morus*

macroura Miq. (Moraceae)", *Fitoterapia (Italy)*. 71, 630-635.

Syah, Y.M., Achmad, S.A., Ghisalberti, E.L., Hakim, E.H., Makmur, L., Mujahidin, D. (2001). Artoindonesianin G-I, three new isoprenylated flavones from *Artocarpus lanceifolius*, *Fitoterapia (Italy)*, 72, 765-773.

Syah, Y.M., Achmad, S.A., Ghisalberti, E.L., Hakim, E.H., Makmur, L., Mujahidin, D. (2002a). Artoindonesianin M, a new prenylated flavone from *Artocarpus champeden*, *Bull. Soc. Nat. Prod. Chem. (Indonesia)*, 1, 31-36.

Syah, Y.M., Achmad, S.A., Ghisalberti, E.L., Hakim, E.H., Makmur, L., Mujahidin, D. (2002b). Artoindonesianins Q-T, four new isoprenylated flavones from *Artocarpus champeden* (Moraceae), *Phytochemistry (UK)*, 61, 949-953.

Syah, Y.M., Aminah, N.S., Hakim, E.H., Kitajima, M., Takayama, H., Achmad, S.A. (2003). Two oligostilbenoids *cis*- and *trans*-diptoindonesin B from *Dryobalanops oblongifolia*, *Phytochemistry (UK)*, 63, 913-917.

Syah, Y.M., Achmad, S.A., Ghisalberti, E.L., Hakim, E.H., Mujahidin, D. (2004a). Artoindonesianins V-W, two new isoprenylated flavones from the heartwood of *Artocarpus champeden* Spreng (Moraceae), *Fitoterapia (Italy)*, 75, 134-140.

Syah, Y.M., Achmad, S.A., Ghisalberti, E.L., Hakim, E.H., Makmur, L., Soekamto, N.H. (2004b). A stilbene dimer, andalasin B, from the root trunk of *Morus macroura*, *J. Chem. Res. (UK)*, 339-340.

Syah, Y.M., Achmad, S.A., Aimi, N., Hakim, E.H., Juliawaty, L.D., Takayama, H. (2006a). Two prenylated flavones from the tree bark of *Artocarpus lanceifolius*, *Z. Naturforsch (Germ.)*, 61b, 1134-1137.

Syah, Y.M., Juliawaty, L.D., Hakim, E.H., Achmad, S.A., Ghisalberti, E.L. (2006b). Cytotoxic prenylated flavones from *Artocarpus champeden*", *J. Natur. Med. (Japan)*, 60, 308-312.

Tukiran, Achmad, S.A., Hakim, E.H., Makmur, L., Sakai, K., Shimizu, K., Syah, Y.M. (2005). Oligostilbenoids from *Shorea balangeran*, *Biochem. System. Ecol. (UK)*, 33(6), 631-634.

Usman, H., Hakim, E.H., Harlim, T., Jalaluddin, M.N., Syah, Y.M., Achmad, S.A., Takayama, H. (2006). Cytotoxic chalcones and flavanones from the tree bark of *Cryptocarya costata*, *Z. Naturforsch. (Germ.)*, 61c, 184-188.

Verheij, E.W.M., Coronel, R.E. (Eds.) (1992). Plant Resources of Southeast Asia, No.2, Edible Fruits and Nuts, PROSEA, Bogor, hal. 79-95.



CURRICULUM VITAE

Nama : **Sjamsul Arifin Achmad**

Lahir : Padang, 11 April 1934

I. Latar Belakang Pendidikan:

1. B.Sc. (1st Hon.) Kimia – Universitas New South Wales, Australia (1960)
2. Ph.D. Kimia Organik – Universitas New South Wales, Australia (1964)

II. Keanggotaan Himpunan Profesi:

1. Anggota, The Chemical Society (London)
2. Sekretaris Nasional, International Union of Pure and Applied Chemistry (IUPAC)
3. Pemrakarsa, Anggota Dewan, dan National Point of Contact, Jalanan Regional Asia Tenggara Unesco untuk Ilmu Kimia Sumber Alam Hayati (1975-1995).
4. Ketua, Himpunan Kimia Indonesia (HKI) (1965-1975)
5. Ketua, Himpunan Kimia Bahan Alam Indonesia (1999-2004)

III. Pengalaman Akademik:

1. Dosen Departemen Kimia, ITB sejak tahun 1964.
2. Guru Besar Madya, Universitas Kebangsaan Malaysia (1975-1977).
3. Penilai eksternal disertasi Ph.D. sejumlah universitas di luar negeri.
4. Berpartisipasi dalam lebih 50 pertemuan ilmiah internasional di lebih 20 negara.
5. Membimbing 10 orang mahasiswa S-3, sebanyak 77 orang mahasiswa S-2, dan 98 orang mahasiswa penelitian S-1.
6. Mempublikasikan lebih 100 artikel dalam jurnal ilmiah dan lebih 300 presentasi makalah dalam pertemuan ilmiah, taraf nasional dan internasional.

IV. Pengalaman Profesional, a.l.:

1. Anggota Dewan Konsorsium Sains dan Teknologi, Ditjen Dikti (1971-1975).
2. Anggota Dewan Penyantun, Universitas Andalas, Padang (1986-1990).
3. Anggota Dewan Penyantun dan Anggota Dewan Pelaksana, Yayasan Keanekaragaman Hayati (KEHATI) (1994-2003).
4. Anggota Panel dan Steering Committee penelitian RUT dan RUSNAS, Menristek 1994-1999)
5. Anggota Penasihat sejumlah konferensi internasional di Bangladesh, Cina, Filipina, Korea, Malaysia, Vietnam, dan Padang.
6. Konsultan UNESCO untuk pendidikan kimia di Asia Tenggara (1967-1972).
7. Kepala, Pusat Pengendalian Mutu Barang, Departemen Perdagangan (1979-1984) dan Ketua Delegasi ke pertemuan-pertemuan karet alam Internasional: INRC, INRO, dan ANRPC (1981-1984).
8. Menerbitkan buku *Ilmu Kimia Bahan Alam; Ilmu Kimia Tumbuhan Obat Indonesia*, Jilid I; dan Associate Editor, *Medicinal and Poisonous Plants* (3 Jilid), PROSEA.

V. Penghargaan:

1. *Satya Lencana Karya 30 Tahun*
2. *Anugerah Sewaka Winayaroha* dari Dikti, Diknas (2007)
3. *Lencana Pengabdian 25 Tahun* dari ITB
4. *Ganesa Bakti Cendekia Satya* dari ITB (2004)
5. *Ganesa Bakti Cendekia Utama* dari ITB (2005)
6. *Sarwono Prawirohardjo Award* dari LIPI (2004)
7. *Habibie Award* dari Yayasan Sumber Daya Manusia IPTEK (2005)
8. *Honorary Doctor of Science (D.Sc.)* dari Univ. Kebangsaan Malaysia (2004)

VI. Hoby:

Musik klasik (Beethoven, Mozart, Chopin, dll.)