



PROSPEK PENGEMBANGAN PENELITIAN INTERDISIPLINER

Pendahuluan: Landasan Legal dan Pengertian Sains dan Teknologi

Untuk pertama kalinya dalam sejarah Republik Indonesia, bahwa pengembangan ilmu pengetahuan dan iptek (Iptek) telah mempunyai landasan legal konstitusional. Amandemen UUD 1945, pasal 31 ayat 5 menyatakan 'Ilmu pengetahuan dan teknologi untuk pembangunan peradaban bangsa'. Begitupula pada tahun 2002 yang lalu sebagai tindak lanjut dari pasal 31 ayat 5 Amandemen UUD 1945 diatas, maka telah disahkan UU No. 18/2002 tentang Sistem Nasional Penelitian, Pengembangan serta Penerapan Ilmu Pengetahuan dan Teknologi, yang kemudian dikenal sebagai UU Sisan P3IPTEK. UU No.18 ini telah pula diikuti oleh Inpres No. 7 tentang Jakstranas. Dengan adanya tiga dokumen legal-konstitusional diatas, maka kewajiban semua elemen yang terkait dengan penelitian dan pengembangan Iptek untuk memulai penelitian, pengembangan, serta penerapan Iptek bagi kesejahteraan bangsa ini.

Sains (*science*) atau ilmu pengetahuan mempunyai pengertian sebagai *the organized exploration of the universe to get knowledge and the systematic accumulation of that knowledge*. Sedangkan teknologi (*technology*) mempunyai pengertian sebagai *the application of science to meet human needs or to solve problems*. Antara *science* dan *technology* sudah menjadi satu kata: *Scitech* atau **Iptek**, yang sulit untuk dipisahkan, kemajuan sains akan

memacu pengembangan dan aplikasi teknologi ; sedangkan kemajuan di bidang teknologi akan menyingkap rahasia-rahasia alam (sains) lebih dalam.

Sebagaimana telah disebutkan diatas, bahwa sains berfungsi untuk menyingkap rahasia-rahasia alam ini, baik yang ada di darat, samudra, angkasa maupun jauh di kedalaman antariksa, kemudian memformulasikannya kedalam bentuk formula matematika atau hukum-hukum fisika, kimia maupun biologi, sehingga dapat digunakan untuk memahami fenomena-fenomena alam tersebut. Aplikasi dari sains kedalam bentuk teknologi akan menghasilkan produk-produk teknologi, termasuk diantaranya instrumen-instrumen canggih, yang digunakan untuk penelitian/riset guna menyingkap kembali rahasia-rahasia alam.

Kemajuan Sains dan Teknologi: Munculnya Paradigma Quantum dan Biologi Molekuler

Abad terakhir dari Millenium ke-II sekarang ini ditandai oleh munculnya paradigma ilmu pengetahuan dan teknologi (Iptek) baru, yang diinisiasi oleh munculnya Teori Mekanika Kuantum oleh Heisenberg dkk, serta Teori Relativitas Umum oleh Albert Einstein. Paradigma Iptek yang baru ini bersifat **probabilistik-relativistik**, dan melengkapi paradigma Iptek lama yang telah ada sebelumnya, yang dikenal sebagai paradigma Newtonian dan bersifat mekanistik-deterministik itu (Prigogine and Stengers, 1984, lihat pula Baiquni, 1990). Dipadu dengan temuan struktur kimia DNA oleh Watson dan Crick, yang melahirkan biologi molekuler, maka paradigma Iptek baru ini telah menjadikan ilmu-ilmu dasar (fisika, kimia, biologi, dan astronomi) mempunyai daya prediksi yang lebih tajam dan kuat.

Tulisan disampaikan dalam Seminar Nasional Pengembangan Penelitian Interdisipliner di Perguruan Tinggi, Lembaga Penelitian UGM. Senin, 7 Juli 2003 di Yogyakarta Plaza Hotel, oleh Prof. Dr. Umar Anggaru Jenie, M.Sc., Apt., Ketua Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia,



Dalam bukunya yang terkenal *Visions*, Prof. Michio Kaku (1997) juga menyatakan bahwa perkembangan iptek di akhir abad XX ini, ditentukan oleh tiga macam revolusi dalam ilmu pengetahuan, yaitu (1) **Revolusi Quantum**, yang memungkinkan untuk memunculkan material-material (bahan) baru; (2) **Revolusi Komputer**, yang didasarkan atas perkembangan mikroelektronika maupun makroelektronika, serta (3) **Revolusi Biomolekuler**, yaitu dengan perkembangan di dunia biologi molekuler dan rekayasa genetika. Akibatnya adalah **munculnya ilmu-ilmu terapan serta teknologi-teknologi yang lebih maju, bahkan baru sama sekali**. Sebagai contoh, dibidang sains material muncul teknologi yang memungkinkan dibuatnya serat komposit, serat optik, *chips, integrated circuits* yang kesemuanya ini memacu majunya teknologi mikroelektronika, komputer, mikrofonika. Begitu pula munculnya produk-produk bioteknologi sebagai akibat dari revolusi biomolekuler telah memacu perkembangan di banyak disiplin ilmu pengetahuan seperti kesehatan / kedokteran, pertanian, biologi, dll.

Dr. Arthur Clark. - seorang science fiction writer terkemuka, menyatakan bahwa *future is not determined only by the logics, but also by faith and imagination which sometimes contradict with the logic itself*. Beliau menegaskan secara jelas bahwa masa depan **tidak hanya tergantung dari logika** yang berlaku saat itu saja, namun juga pada *faith* (kepercayaan kuat) dan imajinasi, yang kadang-kadang **berlawanan** dengan logika yang berkembang saat itu. Pada saat itu (1940-an) memang sedang terjadi perkembangan serta aplikasi teknologi yang pesat dari Teori Mekanika Quantum (TMQ). Sejak Weiner Heisenberg mengemukakan Uncertainty Principles, pada dekade 1920an, yang kemudian diikuti dengan terungkapnya TMQ oleh Erwin Schrodinger, dunia fisika mendapatkan *fresh blood* dalam pengungkapannya tentang dinamika dari materi-materi fundamental. Terobosan dalam dunia fsika inilah yang kemudian memunculkan paradigma baru dalam dunia

pengetahuan fisika, yaitu paradigma Quantum. Apabila dibandingkan dengan Teori Mekanika 'klasik-nya Newton, (TMK), yang bersitat deterministic-mekanistik itu, maka akan nampak bahwa terobosan quantum berlawanan dengan logika fisika yang diakui saat itu. Ambil contoh pandangan tentang materi misalnya, bagi TMQ maka materi, (misal elektron) dapat mempunyai dua sifat sekaligus (dual properties), yaitu sebagai materi (karena ia mempunyai massa) dan sekaligus juga sebagai gelombang (karena mempunyai panjang gelombang tertentu). 'TMK-nya Newton yang sudah berumur lebih dari 300 tahun itu tidak dapat menerima 'logika' *dual properties* dari suatu materi seperti yang dikemukakan oleh TMQ itu. Tapi ternyata terobosan baru ini mampu bertahan dan bahkan berkembang pesat dalam aplikasinya. Penerapan teknologinya dapat kita lihat dari produk-produk industrial akhir abad XX dan awal abad XXI ini. Paradigma baru ini, yaitu Paradigma Quantum telah mampu berpengaruh pada dunia kimia dan bahkan biologi!! Teori Valensi dalam dunia kimia yang berpegang pada paradigma klasik (Newtonian) telah tergantikan oleh Teori Valensi yang lebih canggih lagi dengan berbasiskan pada teori-teori Orbital Molekuler berdasarkan paradigma Quantum. Singkat kata, **Paradigma Quantum, yang dulunya dianggap berlawanan dengan logika fisika saat itu-, telah mampu menjadikan ilmu-ilmu dasar (fisika, kimia, astronomi, dan biologi) mempunyai daya prediksi yang jauh lebih kuat dalam mengungkap fenomena-fenomena alam, dibaningkan sebelum ditemukannya TMQ**. Inilah arti penting dari suatu terobosan, dari suatu *faith and imagination*, yang dilakukan oleh seorang peneliti yang sadar akan pengembangan keilmuannya. Munculnya paradigma quantum pada paruh kedua abad XX yang lalu, telah mengubah sama sekali cara berpikir para scientists (pada aras basic sciences) dalam memandang fenomena-fenomena alam. Teori-teori baru pada level basic sciences bermunculan, dan aplikasi teknologi dan industrialnya terasa dengan berkembangnya teknologi material baru,



seperti munculnya serat komposit, serat optik, bahkan juga ditemukannya system IC (integrated circuit) tak terlepas dari pengaruh paradigma quantum ini.

Indonesia: Benua Maritim Nusantara dengan Potensi Kuat pada Sumberdaya Alam

Allah swt. telah memberikan tiga anugerah yang tidak akan habis, kepada bangsa Indonesia ini. Ketiga anugerah tersebut adalah: (1) Sinar Matahari yang cukup, (2) Tanah Vulkanik yang subur, dan (3) Laut Samudra yang luas. Ketiga anugerah inilah yang kemudian memunculkan keanekaragaman hayati (biodiversity), keanekaragaman fisik/mineral (physical/mineral-diversity), dan keanekaragaman budaya (cultural-diversity); oleh karena itu kita harus mensyukuri semua nikmat Allah swt. ini dengan menjaga kelestarian dalam pemanfaatannya. Hal yang patut disyukuri juga adalah bahwa walaupun luas daratan Indonesia hanya sekitar 1.3% dari luas daratan Dunia, namun seluruh daratan Indonesia mampu mendukung 17% kehidupan fauna/flora Dunia.

Bentangan geografi Indonesia dari Sabang sampai Merauke adalah sepanjang jarak antara pantai timur sampai pantai barat Amerika Serikat, atau sama dengan jarak antara London sampai Istanbul di Eropa. Dengan luas perairan (laut) lebih besar dari luas daratannya serta dengan iklim yang khas tropikal antara benua Asia dan Australia, maka Indonesia disebut pula sebagai suatu **Benua Maritim Nusantara**. Bersama-sama dengan Brasilia dan Zaire, Indonesia disebut sebagai wilayah *megabiodiversity*; dan secara urutan 'luas/besar'nya maka Indonesia merupakan *megabiodiversity* nomor dua setelah Brasilia. Namun apabila kekataan kelautan dimasukkan, maka Indonesia merupakan wilayah *megabiodiversity* terbesar di dunia.

Kekayaan laut Indonesia memang memberikan prospek yang menjanjikan, Marinebioprospecting dan marine physical/mineralprospecting haruslah menjadi focus utama dalam eksplorasi kelautan kita.

Marine-bioprospecting meliputi keanekaragaman hayati laut yang menyimpan banyak sekali senyawa-senyawa bioaktif yang mempunyai prospek ekonomi yang menjanjikan. seperti bioaktif yang bermanfaat sebagai bahan obat/kefarmasian, makanan, pakan, zat warna dan sebagainya. Sedangkan marine-physical/mineral prospecting meliputi keanekaragaman mineral seperti sumber-sumber minyak lepas pantai; atau keanekaragaman fisik kelautan yang dapat dimanfaatkan secara teknologi, seperti pengembangan energi gelombang pantai. [Sebagai catatan: panjang pantai seluruh Indonesia adalah sekitar 108.000 Km, sedang jumlah pulau sekitar 18.000 buah. Ini merupakan data baru dan masih bersifat sementara., yang didapat sebagai hasil kerjasama LIPI dengan LAPAN dalam program COREMAP (*Coral Reef Rehabilitation and Management Program*); dan masih dievaluasi lebih lanjut bersama Kementerian Riset dan Teknologi bersama dengan Bakosurtanal]. Semuanya eksplorasi ini, baik *marine bio* maupun physical/mineral-prospecting haruslah dilakukan dengan pendekatan penelitian. Marilah kita bicara sebentar tentang riset atau penelitian.

Penelitian: Makna Filosofis

Diatas telah dijelaskan apa yang disebut sebagai ilmu pengetahuan atau sains (science) itu. Lebih rinci lagi Wilardjo (2003) membedakan antara pengertian pengetahuan dan ilmu. Beliau menjelaskan bahwa Pengetahuan (knowledge) ialah segala sesuatu yang kebenarannya tertangkap dan tercerap oleh kita. Ia dapat berupa bagian dari realitas yang mempunyai keberadaan obyektif, dan dapat pula konsep abstrak yang bersesuaian dengan realitas. Bahkan bisa saja ia belum tentu bersesuaian secara langsung dengan realitas, tetapi gambaran, sifat-sifat dan hubungannya dengan konsep lain yang beraras lebih rendah, cukup jelas tertangkap (apprehended) oleh kita. Sedangkan ilmu (science), menurut Wilardjo, adalah pengetahuan yang diperoleh dan divalidasi dengan menyusuri daur imbas-jabar-tasdik



(siklus indukto-dedukto-validatif). Lebih jauh beliau menjelaskan bahwa daur itu (boleh dianggap) bermula dari dunia nyata (fakta dan empiria), masuk ke dalam dan menjelajahi alam pikiran, dan akhirnya sampai di dunia nyata lagi. Daur inilah yang sejatinya merupakan substansi pokok dari suatu aktivitas penelitian.

Penelitian, ialah kegiatan untuk mengembangkan atau menerapkan ilmu (Wilardjo, 2003). Namun dalam kegiatan penelitian ini termasuk pula penyingkapan (*discovery*) fenomena-fenomena baru, baik fenomena alam maupun sosial, jadi tidak hanya pengembangan dan penerapan ilmu saja. Hidayat (2002a) menekankan bahwa penelitian merupakan **kompas moral akademia**, utamanya dalam aras pendidikan pascasarjana pada lembaga-lembaga pendidikan tinggi maupun lembaga-lembaga riset. Dan karena keberadaan suatu universitas dalam suatu masyarakat (baca: bangsa) adalah merupakan **simbol peradaban** bangsa itu, maka universitas harus mempunyai **komitmen yang kuat** dalam pengembangan aktivitas penelitiannya. **Kehormatan suatu universitas terletak pada komitmennya dalam mendukung upaya penelitian** (Hidayat 2002). Sebagai contoh, *California Institute of Technology* (CALTECH.), dalam sejarah kegiatan penelitiannya sampai dengan tahun 1999, telah mampu menyumbangkan 29 pemenang hadiah Nobel di berbagai bidang sains (Zewail, 2002). Itulah yang menyebabkan CALTEH menjadi salah satu kiblat utama dalam bidang *frontiers of science*.

Model pengembangan penelitian melalui daur imbas-jabar-tasdik (induktif-deduktif-validatif), serta penelusuran daur itulah (yaitu: bertolak dari dunia nyata, masuk ke alam pikiran, lalu kembali mencari pijakan di alam kenyataan) yang oleh Wilardjo (2003) disebut dengan **aktivitas meneliti**. Penelitian harus open-ended (berujung-terbuka); hasilnya dapat diperkirakan akan sesuai dengan apa yang diharapkan, tetapi tidak pernah dapat dipastikan. Dengan kata lain penelitian dapat

berhasil atau dapat pula gagal. Penelitian juga dapat memberikan hasil negatif, artinya justru menemukan hal yang bertolak belakang dengan tujuannya semula. Semua itulah yang merupakan **makna filosofis** dari kegiatan penelitian itu, yaitu pengujian suatu pengetahuan (*knowledge*) melalui daur imbas-jabar-tasdik, sampai dengan kesimpulan yang didapatnya untuk menjawab suatu 'pertanyaan'. "Pertanyaan" dimaksud dapat berupa penyingkapan, pengembangan, maupun penerapan suatu fenomena.

Penelitian Interdisipliner

Disiplin adalah wadah pandangan yang koheren tentang suatu aspek suatu ilmu, atau pokok pemikiran masyarakat yang berbobot filsafawi (Hidayat, 2003b). Wadah ini menyimpan kode rasional dan etika yang harus ditaati oleh anggotanya, untuk mengumpulkan pengetahuan guna membangun suatu tesa. Jumlah disiplin keilmuan telah berkembang menjadi begitu banyak, sampai kepada aras spesialis, sub-spesialis maupun sub-sub-spesialis. Begitupula masalah keilmuan maupun sosial yang harus dicari solusinya melalui penelitian, dengan berjalannya waktu semakin kompleks dan dengan demikian pemecahannya memerlukan **pendekatan-pendekatan aktivitas penelitian interdisipliner**. **Keisolasian disiplin**, (baca: pendekatan monodisiplin yang ekstrem) hanya akan menimbulkan 'penderitaan' dalam memecahkan masalah yang begitu kompleks, dan akan berujung pada ketidakefektifan intelektual.

Dalam melaksanakan aktivitas interdisipliner atau trans-disipliner, kita harus berusaha menyeberangi 'wilayah' (disiplin) lain agar memperoleh wawasan dan mengecap paradigma yang berkembang 'disana'. Dengan menapakkan kaki ada bidang fokus yang lebih luas itu, yaitu pada bidang yang komplementer. mulailah kita masuk jembatan interdisipliner untuk pemecahan masalah yang lebih komprehensif.



Jenis Penelitian

Penelitian merupakan inti pokok dari aktivitas Iptek. Secara garis besar penelitian dapat dibagi menjadi tiga jenis, yaitu: (1) **Penelitian Pengembangan Sains**, (2) **Penelitian Penerapan Sains menjadi Teknologi atau Produk Teknologi**, dan (3) **Penelitian Penerapan Teknologi pada Masyarakat**.

(1) **Penelitian Pengembangan Sains** merupakan jenis penelitian yang bertujuan untuk menyingkap fenomena-fenomena alam secara lebih mendalam. Penelitian ini sering pula disebut sebagai Penelitian Dasar atau Fundamental (*Fundamental Research* atau *Basic Research*). Contoh dari jenis riset ini adalah:

- **Menyingkap jenis-jenis biota terrestrial maupun marine yang terdapat di Nusantara**. Penelitian ini sering disebut sebagai *taxonomical studies*. Jenis penelitian ini bisa berupa **â-taksonomi**, yaitu berdasarkan morfologi organisme, atau **â-taksonomi**, yaitu dengan pendekatan kemotaksonomi (*chemotaxonomic*); dan dapat pula berupa **â-taksonomi**, yang menggunakan pendekatan biologi molekuler.
- Eksplorasi *bioprospecting* dari biota Indonesia. Penelitian ini umumnya menggunakan pendekatan *Natural Product Chemistry/Phytochemistry*, yang melibatkan pula analisis dan elucidasi struktur dari molekul hasil isolasi, serta uji farmakologi dan modifikasi struktur dengan pendekatan sintesis organik apabila diperlukan.
- Meneliti mekanisme biosintesis senyawa-senyawa hayati.
- Menyingkap *Weber Deep Sea*.
- Meneliti kejadian Quasar, *Black-hole*, serta lahirnya Tatasurya di Jagad-Raya ini.
- Meneliti lempengan-lempengan kerak bumi, serta evolusi kejadiannya.

Penelitian Pengembangan Sains ini berujung pada **formulasi hukum-hukum alam yang baru**. Jenis penelitian ini sangat mahal dan umumnya hanya mampu

dilakukan oleh Negara-negara maju. Namun demikian beberapa jenis penelitian fundamental ada yang relatif tidak mahal, utamanya jika *concern* dengan *pure mathematics and statistics*, juga *theoretical physics* atau *theoretical chemistry*. Beberapa penelitian fundamental ada yang sudah dapat dilakukan oleh lembaga-lembaga penelitian maupun perguruan tinggi di Negara-negara berkembang. Penelitian Pengembangan Sains seharusnya lebih banyak dilakukan oleh Perguruan Tinggi/Universitas, beberapa aspek diantaranya dapat pula dilakukan oleh Lembaga Penelitian semacam LIPI. Jenis penelitian fundamental yang sudah mampu dilakukan di Indonesia misalnya:

- Studi taksonomi biota laut. Dalam tahun anggaran 2004 nantinya (pada tahun 2003 ini studi awalnya mulai dilakukan), LIPI akan mencanangkan program penelitian terintegrasi, multiyears, yang dinamakan *Census of Marine Life (CoML)*. Program CoML ini akan meliputi eksplorasi marine bioprospecting, antara lain studi taksonomi biota laut, serta eksplorasi bioaktifnya.
- Penentuan struktur kimia dari beberapa produk alam.

(2) **Penelitian Penerapan Sains menjadi Teknologi/Produk teknologi**, umumnya dikerjakan oleh Lembaga Penelitian/Universitas/Industri pada tingkat hulu (*upstream*), dan oleh Industri, pada tingkat hilir (*downstream*). Pada tingkat *upstream* penelitian ini sering pula disebut sebagai **Penelitian Terapan**, sedang pada tingkat *downstream*, sering disebut pula sebagai **Penelitian industrial**. Pada tingkat *upstream* penelitian ini akan berujung pada ditemukannya **prototype** suatu produk atau teknologi baru sedangkan pada tingkat *downstream* akan berujung pada dihasilkan **produk atau teknologi baru**. Penelitian-penelitian semacam ini biayanya tergantung dari subyek penelitian yang kita kerjakan, sehingga dapat relative murah namun dapat pula sangat mahal. Lembaga penelitian semacam LIPI, maupun Perguruan Tinggi kiranya dapat melakukan jenis



penelitian terapan ini, yaitu pada tingkat *upstream*; karena memang lembaga penelitian maupun perguruan tinggi bukanlah lembaga industri yang akan menghasilkan produk komersial. Contoh-contoh penelitian jenis ini antara lain:

- Aplikasi Teknologi Rekayasa Genetika dalam pengembangan *Molecular Pharming* untuk produksi Human EPO (rencana oleh P2-Biotek LIPI, mulai 2004).
- Aplikasi metode QSAR (Quantitative Structure Activity Relationship) dalam modifikasi struktur bahan alam untuk mendapatkan aktivitas biologik yang lebih baik (dilaksanakan oleh Proyek MOLNAS, Fak. Farmasi UGM, 1991-2001).
- Aplikasi Teknik Biosintesis Hibrida dalam modifikasi struktur kimia jenis antibiotika makrolida (Dilaksanakan oleh *School of Pharmaceutical Sciences, Kitasato University, Jepang* dan PAU-Bioteknologi-UGM, 1993-1999).
- Aplikasi Energi Gelombang Samudra (dilakukan oleh BPPT bekerjasama dengan FT-UGM).
- Penerapan fenomena *wing in ground effect* (WIGE) dalam pengembangan wahanalaut yang cepat (dilakukan oleh BPPT).
- Penerapan hukum-hukum aerodinamik atau hidrodinamik dalam pengembangan kapal-kapal cepat hydrofoil (dilakukan BPPT).

(3) Penelitian Penerapan Teknologi pada Masyarakat. Penelitian jenis ini dimaksudkan untuk membantu masyarakat dalam memecahkan problema yang dihadapi dengan bantuan teknologi yang sudah tersedia. Jenis riset ini dapat dilakukan baik oleh lembaga penelitian, perguruan tinggi, maupun industri, atau kerjasama antara lembaga-lembaga tersebut. Perguruan tinggi melakukan riset jenis ini umumnya melalui lembaga pengabdian pada masyarakat. Dalam skala yang luas penelitian jenis ini dapat pula melibatkan pemerintah Pusat, Daerah maupun lembaga-lembaga

internasional. Contoh-contoh riset jenis ini antara lain:

- Proyek Penelitian *Brantas River Watch*, yang merupakan research collaboration antara LIPI, PT Jasa Tirta-I, PemDa Jatim, serta industri *Verbundplan* dari Austria. Penelitian dilakukan sepanjang sungai Brantas untuk mengetahui tingkat permukaan sungai, curah hujan, kualitas air sungai, *waste water treatment*, serta *industrial flow meter* dari industri yang ada disekitar DPS Brantas. Keikutsertaan masyarakat di sekitar Brantas menjadi focus utama dalam penelitian yang berjangka lebih dari 10 tahun ini.
- Penelitian Pengembangan Teknologi Tepat Guna untuk membantu industri kecil masyarakat.

Sebagai sebuah lembaga penelitian, LIPI lebih menekankan pada jenis penelitian kedua, yaitu aplikasi sains untuk pengembangan teknologi maupun produk teknologi. Suatu rencana penelitian haruslah disertai dengan *road-map* yang jelas, akan dibawa kemana riset yang anda lakukan, kapan target riset dapat dicapai, apakah riset akan diteruskan pada aras industrial atau tidak, dlsb-nya, harus tampak jelas pada *road-map* itu.

Addendum: Perhatian terhadap Penelitian Basic Sciences

Setelah sekian lama kita digiring kearah penelitian yang sifatnya *quick yielding*, saya ingin titip pesan pada saudara-saudara para peserta seminar ini. Mohon agar saudara ikut pula melakukan pembinaan kemampuan riset fundamental atau riset pada aras *basic sciences* di negara kita tercinta ini. Penelitian jenis pertama jelas merupakan penelitian yang hanya dapat dirasakan oleh masyarakat ilmu pengetahuan; namun dalam penerapannya kelak tentu akan dapat pula dirasakan oleh masyarakat; begitupula untuk jenis penelitian kedua.

Perlulah ditekankan disini, bahwa penelitian fundamental sangatlah penting; karena disinilah diuji kemampuan para



peneliti dalam pengembangan Iptek, utamanya sains. Negara dunia ketiga yang kuat pada penelitian fundamental, seperti RRC, India, serta Pakistan ternyata menjadi sebuah negara yang sangat kuat pada pengembangan teknologinya, utamanya *hard technology*-, sehingga negara-negara majupun respek terhadapnya. Oleh karena itu tidak semestinya Indonesia mengabaikan jenis penelitian fundamental ini. LIPI menganggarkan 15% dari keseluruhan *budget* penelitiannya bagi riset fundamental ini.

Strategi lain yang perlu dipikirkan adalah, bagaimana kita (baca: Indonesia) dapat **memanfaatkan hasil-hasil riset fundamental dari negara maju**, untuk dikembangkan pada jenis riset kedua ! Taiwan, Singapura maupun Korea (baik Selatan maupun Utara) telah terbukti mampu melakukan hal itu. Oleh karena itu kitapun harus dapat melakukannya.

Riset fundamental memang nampak rumit, namun apabila kita mempunyai **kemampuan penalaran serta logika matematika yang kuat**, saya yakin suatu saat fenomena-fenomena alam yang serumit apapun, akan dapat tersingkap dan terjemahkan dalam formula-formula matematika, atau fisika atau kimia. Camkanlah kata-kata dari seorang pemenang Hadiah Nobel bidang Kimia tahun 1999, Prof. Dr. Ahmed Zewail bahwa *behind every universal phenomenon there must be beauty and simplicity in its description* ('dibalik setiap fenomena universal, pasti ada keindahan dan kesederhanaan dalam mendiskripsinya'). Kemudian beliau menambahkan: 'This belief remains true today'.

Penutup:

Perkenankanlah saya menutup makalah ini dengan mengutip pernyataan Brundtland (1997): "... *there is no other basis for sound practical decisions than the best available scientific evidence...especially true*

in the field of resource managements and environmental protection".

Daftar Pustaka:

- Baiquni, A.; *Perkembangan Sains dan Teknologi serta Dampaknya dalam Dua Dasawarsa Pertama Abad XXI, 1990, Prospek*, No.22, 181-188.
- Brundtland, J.; *Decision Making, 1997, Science*, 277, July, 457.
- Hidayat, B.; *Menghadirkan Penelitian sebagai Kekayaan Nasional dan Intelektual, 2002a*, Seminar peningkatan Kualitas Penelitian dan Pendidikan Pasca Sarjana, ITS, Surabaya, 4 September 2002.
- Hidayat, B.; *Setapak Setelah Johannesburg, 2002b*, Pelatihan Sosial dan Budaya Dasar, Surabaya, 25 September, 2002.
- Kaku, M., *VISIONS, How Science will Revolutionize the 21st Century, 1997*, Anchor Books, Doubleday, New York-Auckland, 3-22.
- Prigogine, I. And I. Stengers; *Order Out of Chaos. Man's Dialogue With Nature, 1984*, Redwood Burn Ltd. London.
- Wilardjo, L.; *Kebijakan Ristek (dengan acuan ke Orba), 2003, Jurnal Studi Pembangunan*, XV(1), 19-35.
- Zewail, A.H.; *Voyage Through Time, Walks of Life to the Nobel Prize, 2002*, World Scientific, New Jersey-Hong Kong.