

**BAGIAN II**

**MEMBINA KEMAMPUAN  
DALAM ILMU**



# MENGEJAR PELANGI EMAS<sup>1</sup>

Mudaham T. Zen

## PROLOG

Mengejar pelangi hanyalah suatu yang tak mungkin, yang akan berakhir dengan mimpi yang kosong. Tidak demikian dengan mengejar pelangi emas. Jika direncanakan dengan matang, dengan strategi yang jitu, ini akan berakhir dengan hujan emas. Inilah kemampuan kita dalam sains dan teknologi yang merupakan sumber yang tak akan habis-habisnya, yang akan mendorong bangsa ini ke arah kesejahteraan dan martabat. Kepemimpinan yang visioner sangat dibutuhkan untuk bisa mewujudkan "the mission sacré" atau misi suci itu, dengan memanfaatkan seluruh karakteristik unik dari Benua Maritim Indonesia (BMI), untuk mengembangkan kemampuan sains dan teknologi dalam satu generasi, agar kita menjadi sejajar dengan negara-negara maju di dunia. Hal itu dapat dicapai melalui: pertama, mengembangkan sains dan teknologi yang memanfaatkan potensi sumber-sumber yang tersedia dengan cara yang cerdas, diikuti tahap kedua dengan mengembangkan sains dan teknologi untuk mewujudkan keunggulan, kemakmuran, dan martabat.

Dalam hubungan ini, cerita tentang seorang petani dan anaknya dapat mengingatkan kita tentang kearifan. Pada suatu hari, ada seorang petani yang telah hidup lama dari tanah pertaniannya yang subur. Dia memiliki seorang anak laki-laki yang ingin diujudkannya menjadi seorang petani yang unggul dari tanah pertanian itu. Namun, putranya itu lebih tertarik untuk mencari "hujan emas" di negeri orang. Dia berkeliling dunia untuk mencari emas, tapi gagal. Akhirnya dia kembali pulang dan menemukan ayahnya masih setia menggarap tanah pertaniannya. Anak itu bercerita kepada ayahnya tentang keputusan-keputusan dan kegagalan yang dia alami, dan memohon nasihat. Maka petani itu bertanya kepada anaknya: "Menurutmu apa yang aku kerjakan sekarang"? Kemudian dia bercerita tentang kisah berikut pada anaknya.

"Saya mempunyai seorang kakek. Sebelum dia meninggal dia bercerita bahwa bertahun-tahun yang lalu beberapa orang perompak datang ke sini dan mengubur sebuah kotak penuh dengan bongkahan emas. Setelah beberapa

---

<sup>1</sup> Diterjemahkan oleh Prima Roza, SE, MEd. Admin. KK Ilmu Kemanusiaan ITB

waktu, para perompak itu pergi dan menghilang. Kakekku membeli tanah itu. Dia menggali sambil menggarap tanah tersebut untuk kehidupannya. Sejak itu dia terus menggali dan menggali (untuk mencari emas juga) dan menggarapnya. Tanah itu tanah yang subur, yang memberikannya keberuntungan. Jadi dia mengajak anaknya untuk terus menggali, karena tinggal sedikit saja tanah yang belum tergarap. Dia yakin akhirnya mereka akan menemukan emas yang dicari itu. Dia berkata, dia melihat para perompak mengubur kotak pandora itu di suatu tempat”.

Anaknya terus menggali sambil membantu ayahnya menggarap tanah pertanian tersebut. Mereka berhasil dan menjadi makmur dari bercocok tanam. Ayahnya meninggal tidak lama setelah itu, meninggalkan pada anaknya pertanian yang subur sehingga menjadi sejahtera. Pada suatu sore menjelang matahari terbenam, dia duduk di atas bukit sambil memandang ke bawah ke tanah pertaniannya yang kaya, subur, dan membentang luas. Tiba-tiba dia jatuh berlutut, mencium tanah dan menangis. “Bagaimana aku begitu buta. Bongkahan itu ada di sana, di depan mataku”.

Moral cerita ini sangat sederhana. Benua Maritim Indonesia adalah Taman Ilahi. Garap dan manfaatkan dengan bijak. Seluruh rahasia ilmiah yang tersembunyi dibalik gelombang dan gunung-gunung adalah bongkahan emas itu. Ini adalah sumber yang tak akan pernah habis-habisnya: pengetahuan!

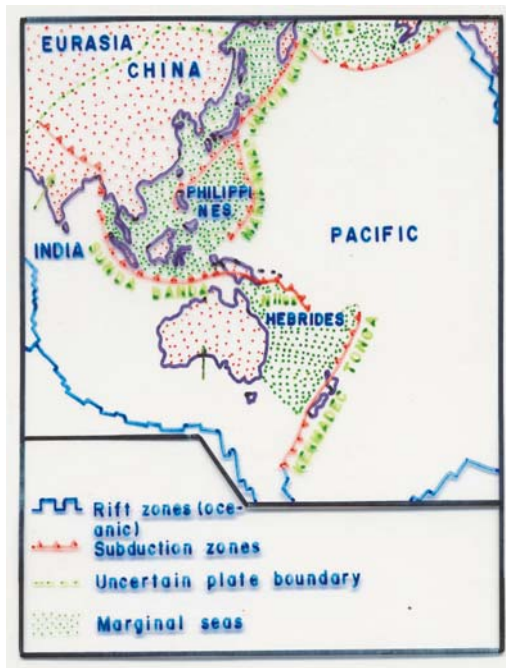
Apa yang dapat kita simpulkan dari semua ini? Tentu Indonesia harus mengeksplorasi sumber-sumber alamnya. Tetapi harus dikelola dengan arif agar berkesinambungan. Ada hal lain yang tersembunyi di belakang sumber-sumber itu, yang lebih bernilai dari apapun, yakni harta karun ilmiah. Benua Maritim Indonesia adalah laboratorium alami terbesar dan paling beraneka ragam di permukaan bumi ini. Ini adalah surga bagi ilmuwan kebumihan, ilmu hayati, kelautan, budaya, dan surga bagi teknologi kelautan. Semua itu tersedia di halaman rumah kita. Tuhan telah memberikan itu untuk kita. Kita harus mulai menggarapnya sehingga Indonesia dapat menjadi pusat ilmu pengetahuan alam dan pusat studi kelautan dan teknologi kelautan yang terbaik di dunia. Kalau kita tidak dapat melakukannya, itu merupakan dosa atas karunia yang begitu besar dari Tuhan.

### **BENUA MARITIM INDONESIA LABORATORIUM ALAM TERBESAR UNTUK SAINS DAN TEKNOLOGI**

Sejak tahun '90an Zen menyebut kepulauan Indonesia sebagai Benua Maritim Indonesia, atau Taman Ilahi (Zen, 1998). Menurut terminologi, sebenarnya ini berasal dari ahli-ahli iklim yang menyebutnya rangkaian kepulauan, dimulai ujung semenanjung Malaysia sampai ke tengah Samudra Pasifik, sehingga disebut benua maritim. Bagian yang melingkupi Republik Indonesia adalah yang terbesar, dan Zen menemukan pembenaran untuk menamainya Benua Maritim Indonesia (Zen, 2000).

Dalam Konferensi Nasional Benua Maritim di Makassar 26 Desember 1996, Presiden Indonesia meresmikan nama Benua Maritim Indonesia atau BMI. Secara geologik BMI mempunyai struktur busur kembar yang bersifat pinggiran benua (Gambar 1 – 2). Dia membentang dari 92° Bujur Barat sampai 141° Bujur Timur, dan dari 7° 20' Lintang Utara sampai 14° Lintang Selatan. Ini adalah Republik Kepulauan terbesar. Indonesia terdiri dari:

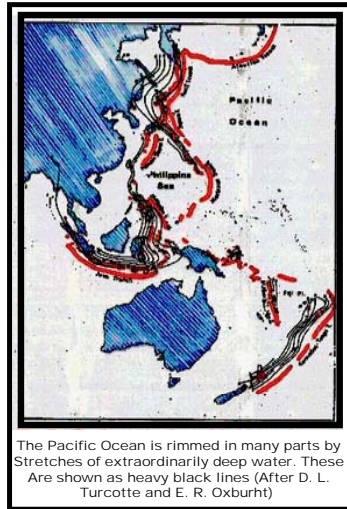
1. 17.508 pulau yang 5.707 di antaranya telah bernama, 11.801 sisanya belum bernama.
2. Zona Ekonomi Eksklusif (ZEE), mencakup seluruh wilayah nasional dari NKRI yaitu: 7,9 juta kilometer persegi, yang terdiri dari perairan seluas 3,1 juta km<sup>2</sup> perairan antar pulau 2,8 juta km<sup>2</sup>, dan perairan ZEE 2,7 juta km<sup>2</sup>. Gambar 3 menggambarkan Indonesia dengan 33 provinsinya.



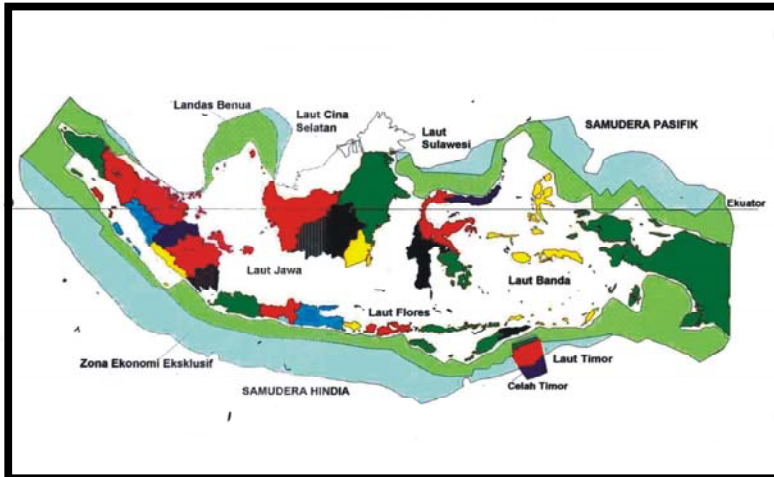
**Gambar 1.** Benua Maritim Indonesia (BMI) menjaga jalur laut dari Samudra Hindia ke Samudra Pasifik, serta menjembatani Eurasia dan Australia (Zen dan Moedomo, 2004).

Struktur kepulauan Indonesia adalah hasil dari pertemuan 3 lempeng besar bumi (major earth plate), dengan satu lempeng di tengah-tengah. Lempeng itu adalah Eurasia, Pasifik dan Samudra Hindia-Australia, dan lempeng Filipina.

Secara geofisik dan geologik, ini adalah suatu daerah yang paling aktif di dunia. Tidak hanya itu, pertemuan 3 dinamika alam, yaitu bumi, lautan, dan atmosfer, menciptakan iklim seperti El Nino, La Nina, dan bermacam variasi iklim lainnya antara BMI dan Australia. El Nino terlahir di sini, begitu juga dengan La Nina.



Gambar 2. Sistem Busur Kembar BMI dengan struktur Pinggiran Benua (Zen dan Moedomo, 2004).



Gambar 3. BMI dengan 33 provinsi serta batas-batas laut teritorial, dan Zona Ekonomi Eksklusif (Zen dan Moedomo, 2004).

**Tabel 1. Perkiraan biaya degradasi lingkungan hidup pada beberapa negara Asia (UNDP Report, 1990).**

Negara	Tahun atau Periode	Kerusakan Lingkungan	Biaya Tahunan (dalam milyar US dollar)	Persentase Biaya terhadap PDB
China	1990	• Kerugian produktivitas akibat erosi, perusakan hutan dan rawa.	13,9 – 26,6	3,8 - 7,3
		• Kerugian produktivitas dan kesehatan akibat polusi lingkungan di perkotaan	6,3 – 9,3	1,7 – 2,5
Indonesia	1989	• Kandungan debu dan logam berbahaya di atas standar WHO di Jakarta	2,2	2,0
Pakistan	Awal 1990 - an	• Dampak kesehatan akibat polusi air dan udara, dan kerugian produktivitas akibat perusakan hutan dan erosi tanah	1,7	3,3
Filipina	Awal 1990- an	• Kerugian produktivitas dan kesehatan akibat polusi air dan udara di Manila dan sekitarnya	0,3 – 0,4	0,8 – 1,0
Thailand	1989	• Dampak kesehatan akibat debu dan logam berbahaya di atas standar WHO	1,6	2,0

**Tabel 2. Elemen Budaya Sains dan Teknologi**

1. Disiplin yang kuat
2. Akurat, tekun, sistematis dan metodik
3. Tepat waktu
4. Taat janji
5. Bertanggung jawab
6. Transparan
7. Demokratik
8. Selalu bersemangat dan selalu ingin menjadi lebih baik
9. Terobsesi dengan kebersihan diri dan lingkungan
10. Selalu ingin mempelajari hal baru
11. Selalu berkomunikasi dengan dunia ilmiah
12. Siap untuk menjadi bagian dari kerja tim, dengan semangat dan upaya tim
13. Taat pada etika sains
14. Bekerja secara terus menerus dan konsisten pada satu subyek pada waktu tertentu
15. Percaya bahwa kerja itu mulia

**Tabel 3. Daftar sitasi (kutipan) dan jumlah publikasi berdasarkan keterangan dari ISI di tahun 1992 – 2002 (Science and Technology Indicator, 2004).**

BIDANG SAINS	ARTIKEL	SITASI	SITASI PER ARTIKEL	RANK (IND/SEMUA NEGARA)
PENGOBATAN KLINIS	500	4,426	7,72	55/104
ILMU TUMBUHAN dan HEWAN	508	1,565	2,80	57/103
ILMU-ILMU GEO SAINS	304	1,557	5,12	42/93
LINGKUNGAN/EKOLOGI	280	1,373	4,90	45/96
ILMU-ILMU PERTANIAN	237	898	3,79	45/91
IMUNOLOGI	77	894	11,61	52/87
MIKROBIOLOGI	99	826	8,34	53/86
BIOLOGI dan BOKIMIA	131	653	4,98	69/96
KIMIA	181	589	3,25	81/87
FISIKA	148	444	3,00	79/83
ILMU-ILMU SOSIAL, UMUM	155	401	2,59	45/97
EKONOMI dan BISNIS	83	383	4,61	37/76
BIOLOGI MOLEKULER dan GENETIKA	41	367	8,95	75/81
ILMU TEKNIK	192	336	1,75	68/94
SAINS ANGKASA	52	251	4,83	57/59
FARMAKOLOGI dan TOKSIKOLOGI	51	217	4,25	67/79
ILMU MULTIDISIPLIN	7	129	18,43	27,65
PSIKIATRI dan PSIKOLOGI	16	111	6,94	67/79

Sumber: Database ISI Essential Science Indicators

Tidak hanya itu, wilayah Indonesia kaya akan sumberdaya alamnya, dan mempunyai signifikansi sains dan teknologi yang sangat tinggi. Ini merupakan tantangan yang sangat besar bagi ilmuwan, insinyur, dan ilmuwan budaya Indonesia.

**Tabel 4. Beberapa Indeks pembangunan Kemanusiaan bagi beberapa Negara Asia (dari UNHD Report, 1998).**

Indikator	PDB per kapita	Suplay kalori harian per kapita	Suplay protein harian per kapita (gram)	Ilmuwan dan Teknisi R&D per 1000 orang	Presentase Penerimaan mahasiswa Mipa dan Ilmu Lingkungan	Pers. Comp. per 100 orang	Pemakaian kertas tulis&cetak dalam ton/1000 orang	Pengguna Internet per 100 orang	Sam-bungan telepon / 1000 orang
Negara	1995	1995	1995	1990 / 1996	1995	1995	1995	1995	1995
Indonesia	720	2,966	63	-	28	3,80	5,50	0,10	17
Malaysia	3,108	2,765	65	0,20	-	37,30	32,60	2,00	166
Filipina	630	2,319	57	0,20	31	8,60	5,30	0,20	21
Singapura	13,451	-	-	2,60	-	180,80	98,00	30,10	479
Thailand	1,843	2,247	56	0,20	19	13,60	13,10	0,70	59
Vietnam	816	25,438	52	0,0	-	0,40	1,30	-	11

- Tidak tersedia

Data Mentah dari UN Human Development Report 1998

Suatu hal yang sangat menakjubkan tentang Indonesia adalah karakter pinggiran benuanya (*continental margin type*). Busur dalam bersifat vulkanik, dan busur luar bersifat non vulkanik. Sebenarnya hal itu terdiri dari dua bagian yang berbeda: Bagian barat terdiri dari Paparan Sunda, sedangkan di timur ia terdiri dari Paparan Sahul. Di antaranya, terletak cekungan laut yang sangat dalam dengan berbagai kedalaman dari 1000 – 6000 meter dan berbagai macam bentuk. Cekungan-cekungan sedimen yang berpotensi tinggi dan mengandung cadangan minyak serta gas tersebar di seluruh pulau (Gambar 3).

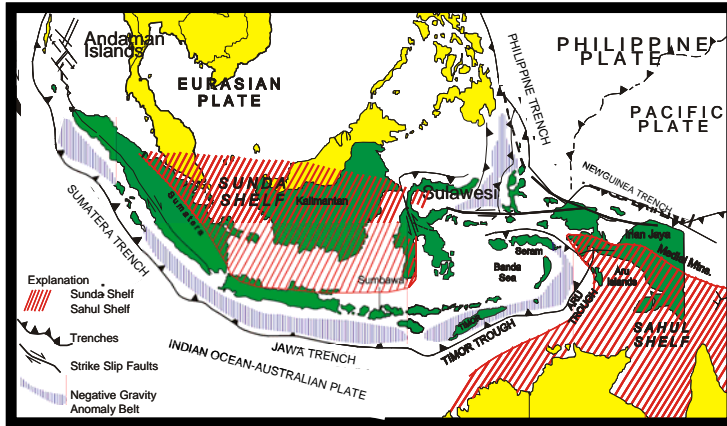
Indonesia mempunyai jalur seismik dan vulkanik terpanjang dengan 128 pusat-pusat peletusan. Di samping itu Indonesia memiliki lajur anomali gaya berat isostatik negatif terpanjang di dunia, dimana yang terendah adalah di Laut Banda (- 150 mgal), di daerah antara Kepala Burung dan Sulawesi (- 157 mgal), dan timur laut Minahasa (- 240 mgal). (Umbgrove, 1949; van Bemmelen, 1949; Zen, 2001; Kuenen, 1950; Katili, 1989; Hamilton, 1979; Taib, *et al.*, 2001).

Beberapa lajur magmatik melintasi pulau-pulau Indonesia. Di sanalah cebakan-cebakan mineral ditemukan. Pegunungan Ertsberg dan Grasberg di Papua kaya dengan emas dan tembaga, dan masih banyak lagi di tempat-tempat lain seperti Minahasa, Kalimantan dan Pulau Sumbawa.

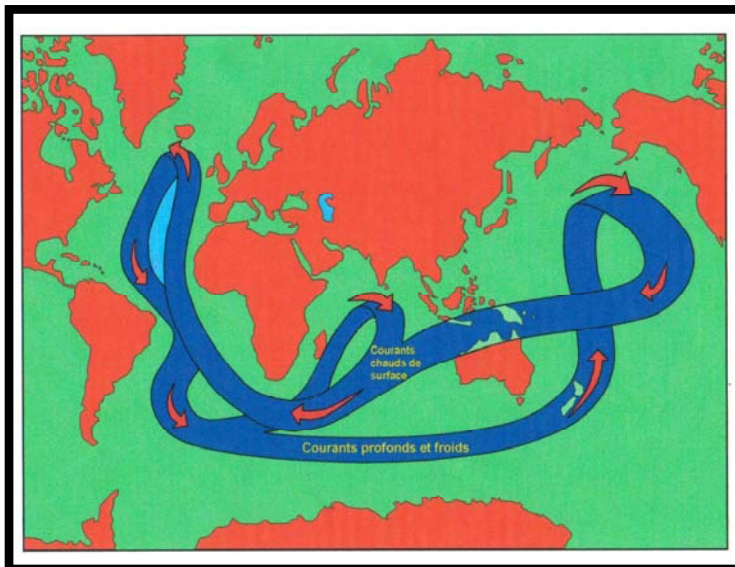
Jalur vulkanik Indonesia mengandung banyak sekali sumber-sumber panas bumi dengan potensi lebih dari 16.000 MWel kapasitas terpasang. Sebenarnya itu dapat memberikan listrik untuk seluruh kepulauan Indonesia. Sekarang (2005), kapasitas listrik yang terpasang telah mencapai 800 MW. Gunung-gunung berapi di Indonesia bertipe strato, apabila meletus mereka akan memuntahkan debu, pasir, lapilli, dan aliran lava. Debu vulkanik merupakan pupuk alam yang luar biasa, dan gunung berapi merupakan sumber pupuk yang tak akan habis-habisnya bagi petani Indonesia. Gunung berapi menciptakan tanah yang subur. Di samping itu, badan vulkanik merupakan reservoir air. Singkatnya, gunung-gunung berapi itu adalah hikmah yang tersembunyi, karena mereka memberikan pemandangan yang indah.

Selain gunung-gunung berapi, di sepanjang Indonesia membentang jalur gempa terpanjang dengan fokus-fokus dangkal, sedang, maupun dalam. Bila kita tidak siap, kehancuran yang parah dapat terjadi seperti gempa Aceh dengan tsunami yang luar biasa, yang telah membunuh sekitar 230 ribu orang pada akhir tahun 2004. Namun karena jalur gempa ini dan gunung berapinya, Indonesia seharusnya menjadi negara yang dapat mengeksport ahli-ahli vulkanologi dan seismologi serta ahli seismotektonik dan insinyur gempa bumi ke seluruh dunia.

Laut Indonesia sangat kaya dengan berbagai macam ikan, dan daerah pesisirnya mempunyai potensi sangat tinggi bagi perkembangan akuakultur. Indonesia mempunyai hutan hujan tropis terbesar di dunia sesudah Brazil dan Afrika. Hutan dan laut Indonesia harus dimanfaatkan sebesar-besarnya sebagai sumber abadi bagi industri farmasi dan kosmetika. Ketamakan, ketidakacuhan serta salah urus dan korupsi menghancurkan sebagian besar wilayah ini. Pemerintah Indonesia melakukan segalanya untuk menghentikan *illegal logging*,



**Gambar 4.** Pola Struktur BMI dengan Paparan Sunda di barat dan Paparan Sahul di timur beserta lautan-lautan dangkal dan daerah dengan palung-palung laut dalam di tengahnya yang membentang antara Sulawesi dan Papua (Zen dan Moedomo, 2004).



**Gambar 5.** Ban berjalan alami yang terdiri dari massa air yang bergerak dari Samudra Pasifik melalui kepulauan Indonesia ke Samudra Hindia; ia bergerak ke barat dan naik ke Samudra Atlantik. Dari Atlantik Utara ia turun dan kembali lagi ke arah timur dan terus ke Samudra Pasifik (Fieux, 1996).

dan menanam kembali bagian-bagian hutan yang telah rusak. Dengan bantuan masyarakat, LSM, dan organisasi-organisasi dunia, ini pasti akan berhasil. Dalam waktu 25 tahun dari sekarang, pulau-pulau ini akan hijau kembali. Yang tak kalah pentingnya, Indonesia mempunyai keanekaragaman hayati, alam, etnis, dan sosial budaya. Keanekaragaman itu adalah *asset* yang luar biasa apabila dikelola dengan baik. Karena di sana terletak kekuatan Indonesia. Maka kita harus menjaga, memelihara dan mengolahnya dengan hati-hati.

## **REVOLUSI ILMIAH YANG MELAHIRKAN BUDAYA BARU ABAD 21**

Stonier (1990) mengatakan dengan sangat bagus bahwa materi dan energi membangun struktur permukaan jagat raya. Struktur internalnya lebih rumit. Struktur ini terdiri dari bukan saja materi dan energi, tapi juga dari informasi. Kaku (1998) juga mengatakan dengan meyakinkan bahwa 3 pilar dari sains adalah materi, kehidupan, dan energi. Jika kedua ilmuwan di atas benar, maka kita dapat menyimpulkan bahwa jagat raya ini terdiri dari materi, energi, dan informasi, sedangkan pilar dari sains modern adalah kehidupan, materi dan pikiran. Kulminasi dari itu semua adalah inti dari sel, dan perkembangan dari komputer elektronik. Sebenarnya itulah revolusi sains yang melahirkan perubahan paradigma abad 21 yang akhirnya menghasilkan budaya baru. Ketiga revolusi itu adalah Revolusi Quantum, Biomolekuler, dan Komputer.

### **Revolusi Quantum**

Orang Yunani berpikir bahwa jagat raya terbuat dari 4 elemen: air, udara, bumi, dan kehidupan. Democritus percaya bahwa ke 4 elemen itu dapat dipecah lagi menjadi unit yang lebih kecil yang dia sebut atom. Tetapi tak seorangpun dapat menjelaskan bagaimana atom-atom dapat menciptakan begitu banyak ragam zat yang kita lihat di alam.

Semua teka-teki itu terjawab pada tahun 1925 dengan lahirnya Teori Quantum. Teori ini memecah gelombang dari penemuan ilmiah yang terus tak dapat diredakan sampai sekarang (Kaku, 1998). Revolusi Quantum menyumbangkan kepada dunia sains deskripsi lengkap dari materi, dan bagaimana menjelaskan penggandaan tak berhingga dari materi yang tersusun di sekitar kita. Banyak ilmuwan besar menyumbang untuk penemuan dan pengembangan Teori Quantum; seperti Max Plank, Erwin Schrödinger, Werner Heisenberg, Dirac dan banyak lagi yang lainnya. Pada tahun 1930 Dirac mempublikasikan sebuah buku penting berjudul Quantum Mechanics. Semua ilmuwan ini sebenarnya sedikit mengurangi misteri materi menjadi beberapa postulat: (i) energi tidak kontinu, dia terjadi dalam bundelan diskrit yang disebut quanta; (ii) partikel sub – atom mempunyai sekaligus partikel dan gelombang seperti kualitas, dengan mengabaikan persamaan Schrödinger. Teori Quantum menjadi model standar yang dapat memprediksi sifat-sifat apa saja dari inti atom yang sangat kecil sampai supernova raksasa di dirgantara (Kaku, 1998; Jeans, 1948; dan Holton, 1958).

## Revolusi Komputer

Dibandingkan dengan perkembangan cabang sains yang lain, seperti fisika misalnya, komputer relatif baru. Bahkan selama Perang Dunia II khususnya, komputer mekanik telah digantikan oleh tabung vakum. Namun ukurannya sungguh sangat besar. Titik baliknya dimulai tahun 1948, ketika ilmuwan di Bell Laboratories menemukan transistor. Inilah yang menghantarkannya ke komputer modern. Satu dekade setelah itu laser ditemukan, yang merupakan unsur penting terciptanya internet dan lalu lintas informasi. Keduanya berupa perangkat mekanika quantum.

Listrik dapat dipahami sebagai pergerakan elektron seperti tetesan air yang akhirnya akan membentuk sungai. Namun ada kebocoran-kebocoran (bubbles of holes) dalam aliran itu yang berlaku sebagai elektron dengan arus positif. Pergerakan aliran dari kedua lubang dan elektron memungkinkan transistor melipatgandakan setiap sinyal listrik kecil. Inilah dasar dari elektronika modern (Kaku, 1998; Penrose, 1991).

Sekarang ini puluhan juta transistor dapat dijejalkan ke dalam area seluas ujung kuku (chips). Di masa datang, gaya hidup kita secara keseluruhan akan berevolusi bila *microchips* menjadi berlimpah dengan sistem pintar itu menyebar sampai ke lingkungan kita. Yang paling penting adalah: Di masa lalu kita hanya dapat mengagumi fenomena yang disebut kepintaran (intelligence), di masa akan datang kita akan mampu memanipulasinya sesuai dengan keinginan kita (Kaku, 1998).

## Revolusi Biomolekuler

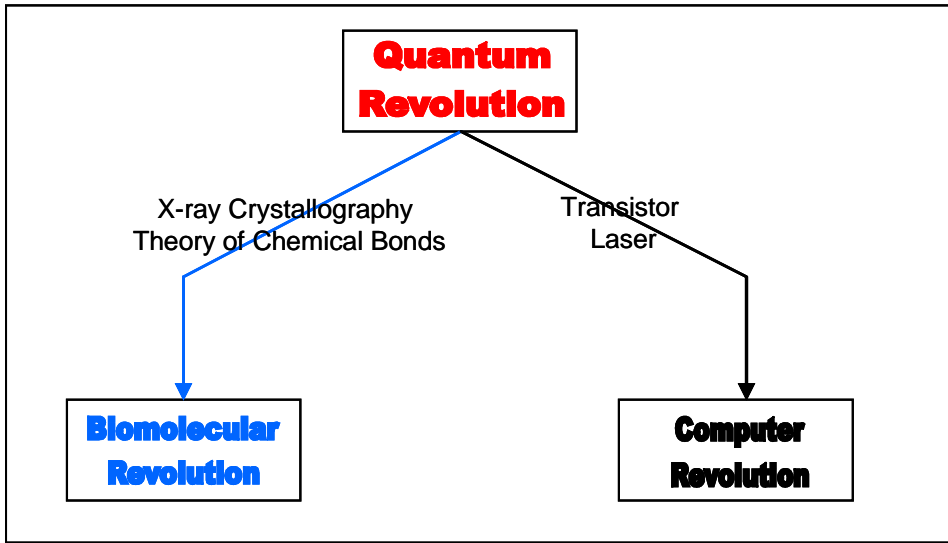
Pada tahun 1994 Edwin Schrödinger dalam bukunya "What is Life" mengklaim bahwa kehidupan dapat diterangkan dengan kode genetik yang tertulis dalam molekul dalam sebuah sel. Ini adalah gagasan yang berani. Hal ini tidak lebih dari mengatakan bahwa rahasia kehidupan dapat dijelaskan dengan Teori Quantum.

James Watson dan Francis Crick (op cit Kaku, 1998) membuktikan konjektur di atas dengan menggunakan sinar X crystallography. Dengan menganalisa pola sinar X yang dikelilingi DNA, mereka mampu merekonstruksi struktur atom dari DNA dan mengidentifikasi struktur *helical* gandanya. Teori Quantum juga menyingkapkan kepada kita sudut dan kekuatan ikatan antar atom. Dengan hal itu, kita dapat menentukan posisi semua molekul secara individual dalam kode genetik dari virus kompleks semacam HIV, misalnya (Kaku, 1998; Dawkins, 2001).

Hal itu berarti bahwa teknik molekuler biologi memungkinkan kita membaca kode genetik kehidupan, seperti kita membaca buku kode DNA lengkap dari beberapa organisme mahluk hidup seperti virus, bakteri satu sel, dan ragi, yang telah dikoding dari satu molekul ke molekul yang lain. Keseluruhan gen manusia telah dapat dikoding sejak 2005. Hal ini menjadikan kita pemilik manual kemanusiaan. Penemuan ini menjadi milik dunia sains dan kedokteran abad 21 (Kaku, 1998; Dawkins, 2001).

### Matinya Reduksionisme

Semua aktivitas yang diuraikan tadi sangat penting, namun yang lebih penting adalah konsekuensinya. Reduksionisme berarti mengecilkan segala sesuatu menjadi komponen sangat kecil. Era ini sudah hampir hilang. Di masa lalu reduksionisme secara spektakuler sangat berhasil membukakan pintu untuk rahasia atom, molekul DNA, dan sirkuit logik komputer.



Gambar 6. Revolusi Quantum melahirkan Revolusi Komputer dan Revolusi Biomolekuler melalui transistor, laser kristalografi sinar X, teori ikatan kimia

Abad 21 adalah abad integrasi, kooperasi, dan riset multi disipliner. Ahli biologi, fisika, matematika, dan mungkin juga ilmu-ilmu sosial dan budaya bekerja bersama untuk memecahkan lebih banyak lagi masalah-masalah fundamental. Ini artinya kita beralih dari reduksionisme ke sinergisme (de Rosnay, 2000). Dalam kata-kata Kaku (1998): "Akhir abad 20 yang mengakhiri fase besar dari sejarah sains telah membukakan pintu kepada perkembangan menarik berikutnya. Sekarang kita sedang mengalami transisi dari pemain catur amatir ke *grand master*, dari pengamat menjadi koreografer alam".

Inti dari semua itu adalah penemuan Teori Quantum. Teori tersebut memicu dua revolusi lain (Gambar 6). Di masa lalu kata kunci adalah spesialisasi, bahkan over-spesialisasi. Para ilmuwan menyelidiki lagi lebih dalam menjadi sub disiplin sains. Era baru abad 21 adalah sinergisme dari ketiga revolusi itu, fertilisasi silang dari ke tiga bidang tersebut. Ini merupakan titik balik yang tajam dalam perkembangan sains. Penyerbukan silang antara ketiga revolusi di atas akan cepat terakselerasi dan akan memperkaya perkembangan sains.

Namun dapat dibayangkan bahwa menjadi ilmuwan riset masa depan akan sulit tanpa pengetahuan kerja tentang ketiga bidang di atas. Dia akan berada pada kompetisi berbeda yang tidak menguntungkan. Di pihak lain, ketiga bidang tersebut akan saling mengisi dan memperkuat satu sama lain. Perkembangan eksponensial dari kekuatan komputer dapat menciptakan mekanisasi dan otomatisasi proses "gene sequencing". Komputer Silicon akhirnya akan terlalu merepotkan. Kemajuan dalam riset DNA memungkinkan arsitektur baru yang dapat menghitung molekul organik. Penemuan dalam satu bidang menyuburkan penemuan-penemuan dalam bidang lain yang sebelumnya tidak berhubungan. Keseluruhannya lebih dari sekedar jumlah (Kaku, 1998). Secara bertahap kita memasuki budaya simbiosis abad 21.

### **Munculnya Industri-Industri Tak Tampak**

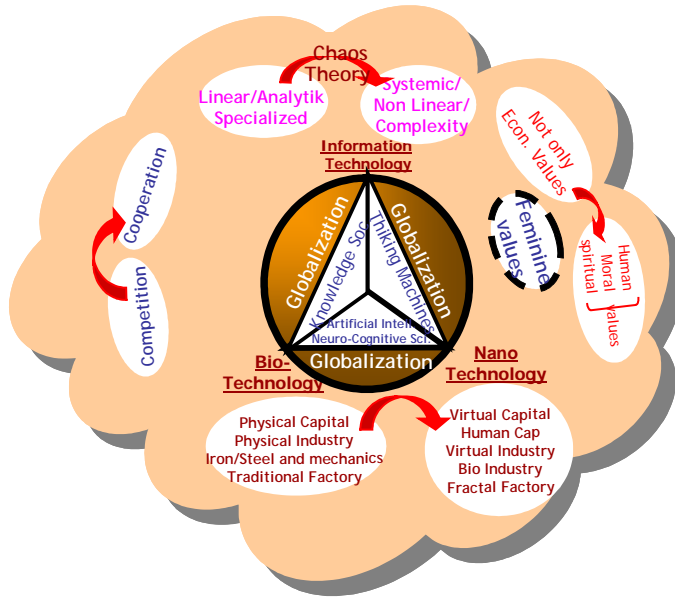
Teknologi informasi dianggap sebagai fondasi dari ekonomi tanpa barang oleh para ilmuwan. Walaupun memproses material tetap merupakan tugas dasar dari industri, di masa akan datang, struktur industri akan berubah secara mendasar (Stehr, 1994). Biologi mekanisme, kimia dan mikro elektronika akan berubah dalam dua cara: akan ada kecenderungan penggabungan antar disiplin dalam bidang berbeda, bersama dengan akan adanya kenaikan kontrol organisasi atom dan molekul untuk pembentukan segala macam material dan mesin mikro (de Rosnay, 2000).

Pada abad 21 para insinyur memfokuskan diri pada metode proses kompleks yang kecil tak berhingga, seperti memproses atom, membangun struktur makro, merakit mesin mikro biologi dan mekanik, merakit prosedur untuk pengelolaan dan pengontrolan sistem yang kompleks bagaimana manusia bekerja, mereka juga akan membuat proses gerakan pengatur makro skala planet. Pekerjaan itu mencakup *engineering* makro sampai ke teknologi nano, tanpa meninggalkan teknologi mikro tentunya.

Dari seluruh kemungkinan itu, mikrobiologi akan memimpin jalan kesana (de Rosnay, 2000), diikuti teknologi genetik. Dalam kasus ini, bioteknologi merupakan salah satu sistem mikro teknologi. Bakteri merupakan pabrik mini yang diprogram kembali dengan peralatan kode molekul (seperti computer programming). Alat baru dari bioteknologi ini adalah dasar untuk pengembangan bio industri.

Masa depan industri material sedang diciptakan dari gabungan 4 sektor, bioteknologi, kehidupan artifisial (neo biologi), elektronika molekul (dan biotech), dan nano teknologi. Sebagai perluasan dari seluruh kemungkinan diatas kita akan melihat industri-industri kimia, dan mikro elektronika, yang berupa manipulasi rasional dari material suatu bidang "cross disciplinary", hal ini akan melibatkan kesehatan, sains komputer, robotik, komunikasi, *agrifood*, pertambangan, produksi dan distribusi.

Manusia bergerak dengan lambat tapi pasti, dari modal fisik ke modal virtual, dan dari industri fisik ke industri virtual (lihat Gambar 7). Kompleksitas industri fraktal dan robot akan menginvasi kehidupan kita. Inilah yang disebut "*silent revolution*" terbesar di dunia.



Gambar 7. Suatu gambaran skematik yang disederhanakan mengenai Peradaban Baru Abad ke – 21 (Zen dan Moedomo, 2004).

### Budaya Baru Abad 21

Nilai-nilai abad ini lebih memecah-mecah orang daripada mempersatukannya. Faktor utama dari pembangunan ekonomi dan sosial adalah kompetisi. Dalam konteks teori Darwin hal itu dapat dibenarkan, dan satu-satunya nilai yang dianut oleh mayoritas manusia di dunia. Walaupun abad lalu ditandai dengan kecemerlangan “*the spirit of enterprise*”, yang mensukseskan kapitalisme, ada banyak hal yang harus dikoreksi. Memang dalam bidang pertumbuhan ekonomi, Amerika Serikat, Eropa, Canada, Jepang, dan Australia membuat kemajuan yang mencengangkan dalam kesejahteraan materi (Thurow, 1998), tapi jika kita lihat kesenjangan dan kehancuran lingkungan hidup, banyak hal yang harus direnungkan. Mari kita lihat hal-hal apa saja yang harus dibenahi dari akhir abad yang lalu, sebelum kita melompat ke masa depan. Pada akhir abad lalu dunia menjadi sejahtera, tapi jurang antara si kaya dan si miskin, dan degradasi mutu lingkungan hidup dunia sangat menyedihkan.

Kesenjangan: Di tahun 1960, 20 % dari penduduk dunia yang hidup di negara-negara kaya memiliki 30 kali pendapatan 20% orang miskin; di tahun 1995, menjadi 82 kali lebih banyak. Kesenjangan dalam satu negara lebih menyedihkan lagi. Di Brazil 50 % orang termiskin menerima 18 % pendapatan nasional pada tahun 1960, menurun ke 11,6 % pada tahun 1995. Yang terkaya 10 % menerima 54 % pendapatan nasional di tahun 1960, dan naik menjadi 63 % di tahun 1995 (Laporan Pembangunan Manusia PBB, 1998).

## **Apakah Kita Masih Memiliki Nurani?**

Ongkos Lingkungan: Tanpa memandang kategorisasi, ongkos lingkungan yang harus dibayar karena degradasi lingkungan bagi kemanusiaan sangatlah besar (Tabel 1). Hanya kurang dari seperlima rumah tangga miskin di negara-negara berkembang yang dapat memiliki aliran air ke rumah mereka. Namun rakyat miskin menanggung beban dari polusi air. Dari 2,7 juta kematian yang berhubungan dengan polusi air setiap tahun, 1,9 juta adalah disebabkan polusi dalam rumah, di daerah pedesaan. Degradasi dari 1,5 juta hektar tanah di negara-negara berkembang mengacaukan kehidupan orang-orang miskin. Hal ini sangat menakutkan dan membutuhkan perhatian setiap manusia lain di bumi ini. Pertanyaannya adalah dapatkah teknologi yang melahirkan abad 21 memperbaiki kesenjangan dari kerusakan lingkungan di atas? Manusia modern harus mencari solusi untuk itu.

Manusia simbiosis akan muncul dari kesamaan nilai-nilai. budaya baru ini mulai kelihatan bentuknya pada akhir abad 20 ketika teknologi informasi, bioteknologi, dan nano teknologi bertemu. Bahkan sebelum itu, munculnya masyarakat pengetahuan, munculnya mesin spiritual, neuro cognitive science sudah bekerja untuk mendorong lahirnya revolusi industri ke dua pada abad 21. Semua itu mungkin dapat terjadi dengan proses globalisasi untuk menjadi lebih baik, sekaligus lebih buruk (Gambar 7) (Zen dan Moedomo, 2004; de Rosnay, 2000).

Pesan dari artikel ini adalah: Orang Indonesia harus bekerja sangat keras untuk menguasai teknologi, revolusi quantum, revolusi biomolekuler, dan revolusi komputer. Ini adalah persoalan hidup atau mati. Tapi ini tidak membebaskan kita dari tanggung jawab untuk memperbaiki kerusakan yang ada bagi kemanusiaan dan lingkungan hidup selama abad ke-20. Di atas semua itu, karena struktur BMI, orang Indonesia harus mengembangkan sains dan teknologi untuk menanggulangi bencana alam, yang pada gilirannya untuk tujuan menyelamatkan kehidupan dan mengurangi kerugian. Jadi sains dan teknologi bukan hanya untuk sains itu sendiri, atau untuk menciptakan kesejahteraan.

## **MENCIPTAKAN KESEJAHTERAAN DAN KEMAKMURAN MELALUI SAINS DAN TEKNOLOGI**

### **Masyarakat Pengetahuan**

Banyak ahli (de Rosnay, 2000; Thurow, 1999) mengatakan bahwa zaman tenaga kerja dan harta kekayaan sudah lewat. Namun masyarakat modern masih tetap dinilai dari kemakmuran dan tenaganya. Mereka mempunyai asosiasi yang sangat dekat dengan teori sosial, ekonomi, dan politik, serta dengan realitas, walaupun kita tahu dan menyadari bahwa tenaga kerja dan modal akan mengalah terhadap faktor pembangun baru yang kita sebut dengan pengetahuan. Dari sini muncul masyarakat pengetahuan. Hal ini adalah produk dari sains. Semua orang mengetahui itu. Sains menghasilkan bom nuklir, senjata kimia, senjata biologi, semua jenis alat penghancur lainnya.

Dunia kita secara terus menerus diproduksi dari dan oleh sains, dan pengertian kita atas transformasi ini didasarkan atas gagasan yang dikembangkan dalam sains. Perkembangan masyarakat pengetahuan berhubungan erat dengan transformasi dasar dalam struktur aktivitas ekonomi. Denominator yang paling menentukan dalam perubahan struktur perekonomian, kelihatannya merupakan perpindahan dari suatu perekonomian yang digerakkan, terutama oleh masukan-masukan bahan mentah kedalam proses produksi dan organisasinya ke perekonomian yang mentransformasikan kegiatan produksi dan proses distribusi yang ditentukan lebih banyak oleh masukan dan luaran pengetahuan (Stehr, 1994). Inilah masyarakat pengetahuan, dan ini memberikan dorongan yang kuat bagi manusia untuk memasuki budaya baru abad 21, tidak hanya revolusi quantum.

Lester Thurow (1999) dalam bukunya "Creating Wealth" menulis dengan tegas: Pada abad 21 kekuatan otak dari imajinasi, penemuan, dan organisasi teknologi adalah kunci bahan strategik. Kaku (1998) menulis, bahwa dalam kenyataannya banyak negara yang diberkahi dengan sumber daya alam yang berlimpah akan menemukan bahwa kekayaan mereka harganya murah. Perdagangan menjadi global, dan pasar akan dihubungkan secara elektronik. Modal akan diubah menjadi barang dan beredar di seluruh dunia secara elektronik. Di zaman ini, pengetahuan dan keterampilan merupakan sumber dari keunggulan bersaing. Berdasarkan hal itu, banyak negara sedang berlomba menjadi yang superior dalam sains dan teknologi, seperti Amerika Serikat, Canada, Jepang, Australia, dan Eropa. MITI Jepang mengumpulkan daftar prioritas teknologi mereka sebagai berikut:

1. Mikro elektronika.
2. Bioteknologi.
3. Sains material baru dan industrinya.
4. Telekomunikasi.
5. Pembuatan pesawat penumpang.
6. Mesin peralatan dan robot.
7. Komputer (hardware dan software).

Semua cabang industri di atas mempunyai akar pada revolusi quantum, komponen, dan biologi molekuler.

Thurow (1994) memberikan contoh bahwa melesatnya perekonomian AS adalah karena sains dan teknologi modern. Pada tahun '90 an perekonomian AS mengandalkan perekonomian lain di dunia. Ada jurang yang sangat dalam antara perekonomian AS dengan perekonomian negara lainnya. Dua trilyun dollar AS yang ditambahkan ke PDB AS selama tahun '90 an, lebih besar dari PDB semua negara, kecuali Jepang.

Itulah kenyataannya. Abad 20 adalah abad Amerika; abad 21 akan kembali menjadi abad Amerika lagi, menurut banyak analis, walaupun di sana sini terjadi pergolakan dan resesi. Namun, apapun jadinya abad 21, kelihatannya masih akan menjadi abad Amerika, dan mesin pendorong abad ini adalah sains dan teknologi.

Sekarang kita sudah berada di abad 21. Harga minyak di pasar dunia melewati \$ 70 AS per barrel, dan AS masih sangat ingin mengontrol cadangan minyak Iraq. Indonesia sangat terpukul dengan harga minyak. Namun Indonesia akan benar-benar mati tanpa minyak dan sumber-sumber lain seperti gas, batu bara, mineral, dan sumber-sumber hutannya.

Berdasarkan premis ini kita dapat mengelompokkan negara-negara di dunia menjadi empat kelompok besar yaitu:

1. Negara-negara kaya sumber daya alam.
2. Negara-negara dengan kemampuan sains dan teknologi yang tinggi tanpa sumberdaya alam.
3. Negara yang kaya sumberdaya alam, kaya dalam sumberdaya manusia yang canggih, dan mempunyai kemampuan dalam sains dan teknologi.
4. Negara-negara yang tak memiliki apapun, baik sumberdaya alam, sumberdaya manusia yang canggih, dan teknologi.

Negara-negara dalam kelompok ke 3 akan menjadi negara *super power*. Indonesia adalah negara yang kaya akan sumberdaya alam, dan tenaga manusia, dan kini dalam tahap pengembangan kemampuannya dalam sains dan teknologi. Konsekuensinya kita harus mendidik dan melatih orang-orang Indonesia sehingga mereka menjadi sumber daya yang mempunyai nilai ekonomi tinggi. Rakyat Indonesia tidak boleh mengatakan bahwa "sumber daya alam tidak lagi dibutuhkan, dan yang dibutuhkan adalah teknologi". Pernyataan ini adalah pernyataan yang bodoh. Kita membutuhkan teknologi, begitu juga sumber-sumber alam. Yang kita harus lakukan adalah mengembangkan kemampuan kita dalam teknologi untuk memanfaatkan SDA itu setinggi-tingginya. Kita mampu melakukan itu.

Saat ini Indonesia mempunyai sekitar 10.000 Ph.D dalam berbagai disiplin sains dan teknologi, serta ilmu-ilmu sosial. Universitas tersebar luas di seluruh negeri, dimana lima di antaranya adalah yang terbesar, dan merupakan pelopor. Mereka adalah: Universitas Indonesia, di Jakarta; Institut Pertanian Bogor, di Bogor; Universitas Gajah Mada di Yogyakarta; Universitas Airlangga, di Surabaya; dan Institut Teknologi Bandung, di Bandung. Di samping itu banyak pula universitas swasta seperti Trisakti, Tarumanegara, Maranatha, Universitas Surabaya, dan banyak lagi, yang sama atau mungkin lebih baik dari 5 besar yang disebutkan di atas. Perkembangan ini sangat menggembirakan.

Di samping universitas, ada Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI), Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT), Badan Tenaga Atom Nasional, dan Lembaga Statistika, Lembaga Angkasa Luar dan Penerbangan Nasional, dan Lembaga Survei dan Pemetaan. Banyak pula lembaga Riset dan Pengembangan (Litbang) di bawah bermacam-macam departemen/kementerian yang tersebar di seluruh negeri. Kalau melihat gambaran permukaan saja, maka kita dapat menamakan Indonesia sebagai negara yang berorientasi riset terbaik di dunia. Tetapi sayangnya, kenyataannya tidak begitu.

Tentu saja dibandingkan dengan universitas dan litbang di AS, Eropa, Jepang, dan Australia, yang dipunyai Indonesia masih di bawah standar, namun

tidak harus mulai dari nol untuk membangunnya. Indonesia telah memiliki sesuatu. Di samping itu, Indonesia memperoleh manfaat besar dari warisan tradisi akademik Belanda, seperti Observatorium Boscha, Kebun Raya Indonesia (Bogor dan Cibodas, dsb.nya), serta Survei Geologi di Bandung.

Pada saat ini tidak ada kepemimpinan nasional. Negara berjalan tanpa arah dan tujuan. Bila rakyat Indonesia bisa bersatu, memberikan perhatian lebih pada pendidikan, riset dan pengembangan, dan di bawah kepemimpinan yang visioner, Indonesia dapat menuju era modern, stabilitas, dan kemakmuran.

### **Kondisi Indonesia**

Gambaran Indonesia saat ini sangat menyedihkan. Pada tahun 1997 Indonesia dihantam krisis keuangan yang juga memukul Thailand, Malaysia, Hongkong, dan Korea Selatan. Sebelum krisis, PDB per kapita Indonesia mencapai AS \$ 1000. Pada tahun 1998, pendapatan per kapita turun menjadi AS \$ 720. Pada tahun 2004, masih melayang pada AS \$ 800. Dari sudut pandang indeks pembangunan manusia (HDI), Indonesia berada pada ranking 111, yang pada tahun 1998 berada pada nomor 96 (Laporan Pembangunan PBB, 1998, 2001).

Memperhatikan laporan PBB itu, kita dapat menyimpulkan bahwa negara-negara dengan PDB kecil menunjukkan bahwa tidak terjadi proses penambahan nilai dalam sistem produksinya. Itu berarti bahwa teknologi tidak digunakan, atau paling tidak sedikit sekali.

Di pihak lain teknologi baru dapat bermanfaat, dikuasai dan digunakan apabila terdapat sistem pemerintahan yang baik dengan kemauan politik yang baik pula, yang didukung oleh semua lapisan masyarakat. Sains dan teknologi membutuhkan lingkungan yang kondusif. Untuk saat ini kondisi demokratis, liberal, dan lingkungan kapitalistik adalah elemen-elemen yang paling kondusif yang dapat mendorong tumbuhnya sains dan teknologi. Bahkan China, suatu negara yang tak pernah mati, dengan komunismenya, hanya dapat meloncat kedepan dengan mengadopsi konsep ekonomi pasar bebas yang tidak lain adalah ekonomi kapitalistik.

Di Indonesia? Tak seorangpun tahu sistem mana yang diadopsi negara ini. Orang hanya tahu bahwa "mereka bukan salah satu dari sistem yang ada". Tapi ini tidak dapat berlangsung selamanya. Indonesia harus mengadopsi sebuah sistem dan menerapkannya dengan konsisten dan tanpa kenal lelah. Kelihatannya Indonesia harus mengembangkan sains dan teknologi yang berbasiskan ekonomi pasar bebas sosialik, yang di dasarkan pada nilai-nilai budaya Indonesia. Orang Indonesia harus menggali warisan budayanya.

### **Warisan Budaya**

Sebelum perang, Belanda telah meletakkan dasar pengembangan sains di Indonesia. Ini dimulai sejak pembentukan Asosiasi Ilmu Alam Royal East Indies 1847, Het Natuur-en-Geneskundig Archief, adalah embrio dari Royal Science Society, dan The Society for the Advancement of the Medical Sciences. The Royal Science Society of the Dutch East Indies didirikan pada tahun 1850

(Mc Donald & Willekens). The Royal Science Society ini biasa disebut KNU yang menanamkan bibit pertama dari sains di Indonesia. Dari sini, penekanan difokuskan pada sains kebumian dan kehidupan. Banyak ekspedisi laut telah dilakukan dan pendirian *geological surveys* termasuk *vulcanological surveys*, *seismological surveys*, dan juga pertambangan, menyumbang sangat besar pada pengembangan sains kebumian dan ilmu-ilmu alam lainnya.

Apa yang harus dilakukan Indonesia adalah mengangkat kembali apa yang ditinggalkan Belanda, sambil sekali gus menegembangkan tradisi ilmiah. Dengan mencermati semua laporan, publikasi pada *De Ingenieur van Nederlands Indië. (Verslagen en Mededelingen)* yang dapat dikumpulkan sampai pada waktu itu, akan terlihat bahwa nafas akademik ada di situ. Ikutilah jejak Belanda. Inilah yang belum kita lakukan. Inilah tragedi, tragedi ilmiah yang akan membawa kepada kehancuran.

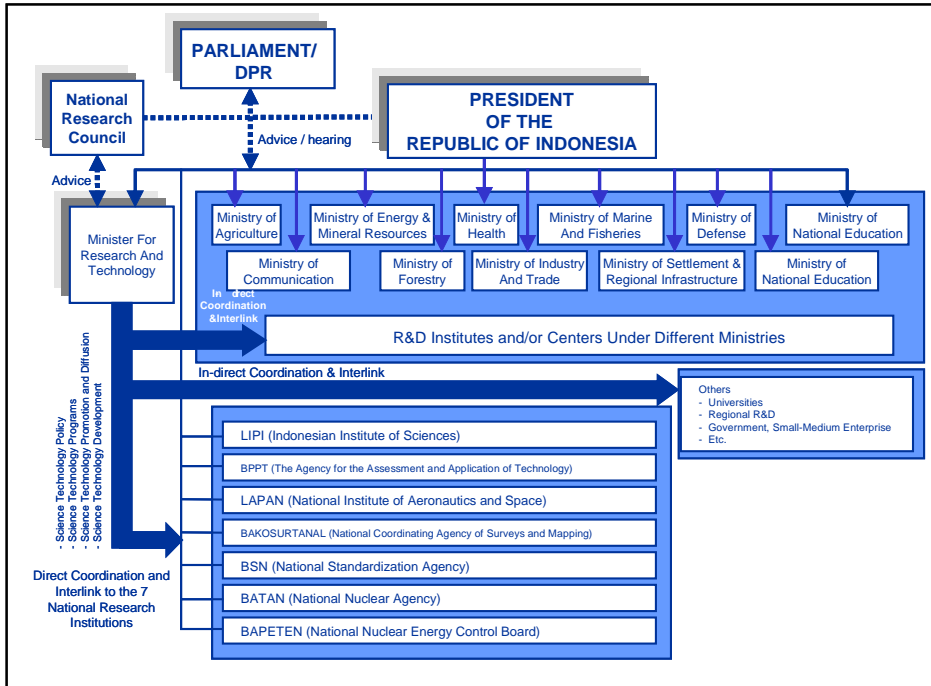
### **Kehancuran Indonesia**

Setelah 60 tahun merdeka, sejarah sains Indonesia sangat menyedihkan. Kenapa? Disini tidak ada visi teknologi, tidak ada kebijakan yang kuat, lembaga organisasi yang kuat, dan yang kekuatan manusianya tersebar di seluruh dunia. Ini menyedihkan karena Indonesia mempunyai kesempatan dalam sejarahnya 1976 – 1996, ketika B.J. Habibie menduduki jabatan Menteri Negara Ristek. Dia seorang jenius, pekerja keras, (tidur tidak lebih dari 5 jam sehari), dengan stamina seperti kuda. Di samping itu semua, dia adalah kesayangan Presiden. Dia adalah insinyur yang brilliant dengan latar belakang industri yang hebat di Jerman ketika menjadi Wakil Presiden dan Direktur Research and Development di Messerschmit Bulkow and Blohm.

Kehancuran itu datang ketika dia terperosok ke dalam lumpur dengan banyak fungsi. Bayangkan dia adalah:

1. Menteri Negara Ristek, langsung dibawahnya ada 6 Litbang.
2. Presiden dari Akademi Ilmu Pengetahuan Indonesia.
3. Presiden Grup Industri Strategik (pesawat terbang, perkapalan di Surabaya, Krakatau Steel di Cilegon, Pindad, Inka, Inti, Dahana, dan Pabrik Amunisi di Malang).
4. Kepala Otorita Batam.
5. Ketua ICMI.

Di atas semua itu, beliau biasa mendapatkan tugas khusus dari Presiden (biasanya berhubungan dengan pengembangan industri). Obsesinya adalah industri pesawat terbang, dulu dan sekarang. Seluruh jiwa raganya, atau paling tidak 75 % dari waktu dan pikirannya diserap oleh pesawat udara. Setiap orang, tidak peduli siapapun itu, akan menenggelamkan diri sendiri pada banyak fungsi dan tugas. Dengan demikian, dia hanya dapat mencurahkan perhatiannya, rata-rata 10 menit saja sehari, untuk memikirkan mengembangkan infrastruktur sains, menciptakan atmosfir ilmiah, dan khususnya mengembangkan secara sistematis tenaga manusia ilmiah, memformulasikan kebijakan sains, dan mengimplementasikannya. Disitulah tragedi dimulai.



**Gambar 8.** Suatu gambaran skematik dari lembaga-lembaga R & D yang ada, yang berada di bawah koordinasi Menteri Negara Riset dan Teknologi Indonesia (2002).

Presiden Soeharto mempunyai kepemimpinan yang kuat, tapi rezimnya dikikis oleh korupsi dan kroniisme. Dr. B.J. Habibie menjadi Wapres tahun 1997. Ketika Soeharto mundur, pada tahun 1998, Habibie dipercayai melanjutkan tugasnya. Seluruh rezim Soeharto runtuh. Bersama dengan itu, Habibie juga ambruk setelah menjadi Presiden selama kira-kira setahun. Demam reformasi mengikis habis seluruh negeri. Hal ini berubah menjadi euforia, mengikis habis semua yang telah dibangun Soeharto, termasuk Habibie dan semua Lembaga yang dibangunnya. Indonesia tidak akan pernah lagi dalam sejarahnya, memiliki kesempatan emas untuk membangun negara dengan sains dan teknologi seperti yang dimiliki Habibie di masanya. Soeharto memberi Habibie kekuasaan yang sangat besar. Secara sadar atau tidak dia menghancurkan Habibie. Tragisnya, di akhir masa jabatannya Soeharto dan keluarganya menganggap Habibie sebagai pengkhianat bagi mereka.

### Warisan Dr. B.J. Habibie

Dr. Habibie menjadi Menteri Ristek hampir selama 30 tahun. Dia telah menciptakan dan mewariskan:

1. Akademi Ilmu Pengetahuan Indonesia
2. PUSPIPTEK (diinisiasi oleh Menteri Soemitro Djodjodikoesoemo, tapi dibangun dan dikembangkan oleh Habibie). Kini berkembang dengan baik.

3. Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi.
4. Pusat Riset Biotek, kelanjutan dari Eyckman Institute
5. Pusat Riset Nuklir di Puspitex Serpong sebesar 35 MW.
6. Otorita Batam (semula dimulai Ibnu Sutowo, mantan Presiden Direktur Pertamina dan sangat berkembang di masa Habibie).
7. IPTN yang berkembang dari Lembaga Industri Pesawat terbang menjadi suatu industri penerbangan.
8. CN 235 dan CN 210 adalah pesawat udara sipil yang diproduksi oleh Industri Pesawat Terbang PT. D.I yang dirancang oleh Habibie.
9. ITI di Serpong.

Ini adalah sesuatu yang harus diingat. Dari segi industri dia telah meninggalkan konsep yang sangat terkenal dengan manufaktur progresif yang disebut "Wahana Habibie: Bermula pada Ujung, berakhir pada Awal".

### **Apa Yang Telah Dicapai Indonesia?**

Ini adalah pertanyaan besar. Bagaimana kita mengukur prestasi atau kegagalan kita?

1. Dalam bidang sains yang paling gampang dilihat adalah jumlah publikasi ilmiah para ilmuwan Indonesia di jurnal prestisius internasional dan bandingannya dengan negara-negara berkembang lainnya.
2. Berapa paten yang telah terdaftar.
3. Apa kontribusi sains dan teknologi terhadap industri Indonesia (kandungan teknologi suatu produk).
4. Bagaimana kondisi litbang Indonesia.

Tentu kategori ini kelihatan agak kasar, tapi untuk sementara merupakan satu-satunya wahana untuk memberikan "rasa" tertentu dalam rangka mengevaluasi prestasi Indonesia. Menurut butir 1 sampai 4 di atas, bagaimana dengan Indonesia?

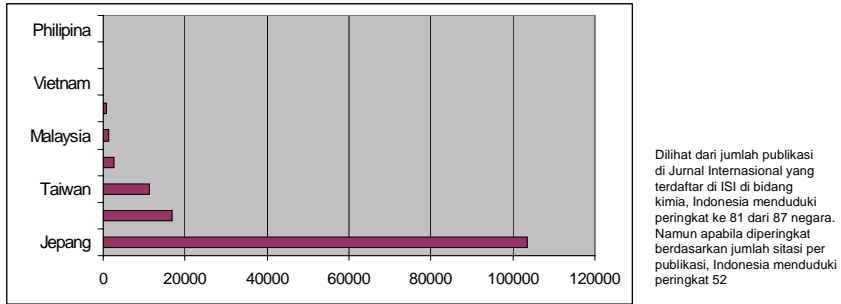
Kantor Menteri Ristek di Jakarta mempublikasikan buku kecil berjudul "Indikator Sains dan Teknologi Indonesia Tahun 2004", dan sebuah buku berjudul Pedoman Riset Sains dan Teknologi Pemerintah di Indonesia, diterbitkan tahun 2002. Kedua dokumen di atas bersama dengan Laporan PBB tentang Pembangunan Manusia adalah sumber utama artikel ini.

Publikasi ilmiah untuk periode 1992 – 2002 dalam berbagai disiplin seperti kedokteran, tanaman dan peternakan, ilmu kebumihan, pertanian, ilmu lingkungan, digambarkan pada Tabel 2. Daftar itu mencakup 18 bidang sains dan rekayasa. Daftar ini diperoleh dari pangkalan data ISI.

Perhatikan kolom peringkat (ranking). Untuk fisika, Indonesia menempati peringkat 79 dari 83 negara, dan untuk bidang kimia, menempati peringkat 81 dari 87 negara. Untuk ilmu kebumihan peringkat 42 dari 93 negara, biologi dan biokimia 69 dari 96 negara. Daftar ini tidak menjelaskan nama negara. Ini hal yang penting.

Gambar 9 memperlihatkan informasi tentang publikasi bidang Kimia dibandingkan dengan Filipina, Vietnam, Thailand, Singapura, Taiwan, Korea

Selatan, dan Jepang. Diagram di atas diperoleh dari pangkalan data ISI, yang penting untuk indikator sains. Diagram ini juga memperlihatkan bahwa Indonesia menduduki peringkat 81 dari daftar 87 negara. Didasarkan pada kutipan (citation) dari publikasi Indonesia, negara kita menempati peringkat 52 diantara 87 negara.



	Jepang	Korea	Taiwan	Singapura	Malaysia	Thailand	Vietnam	Indonesia	Philipina
Rank dari 87 Negara	2	13	18	42	54	61	80	81	86
Jumlah Paper	103.529	16.638	11.244	2.618	1.417	688	182	181	85
Rank Citasi per Paper	21	48	37	31	58	70	69	52	30

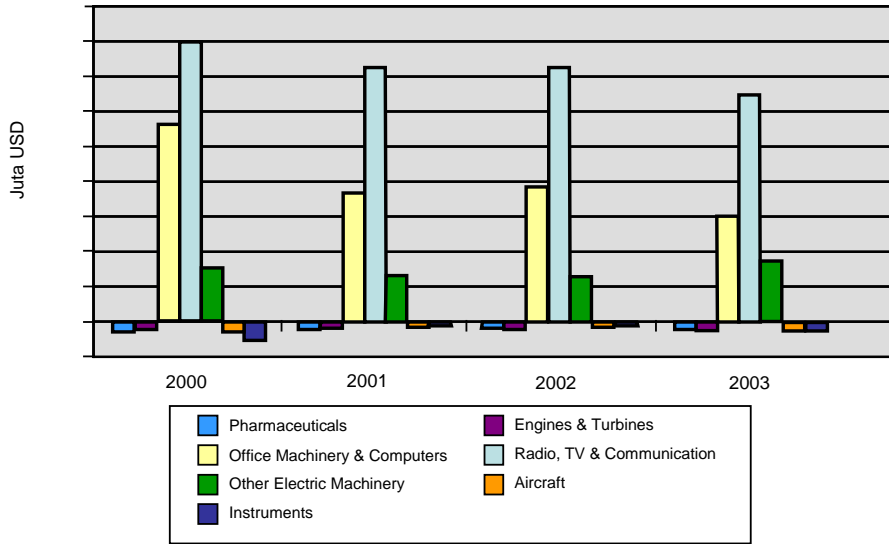
Sumber : ISI database Essensial Science Indicators

**Gambar 9. Diagram yang memperlihatkan jumlah publikasi bagi beberapa Negara ASEAN antara 1992 – 2002 (Dari Science and Technology Indicator, 2004).**

Pernyataan terakhir memperlihatkan penampilan yang agak menggembirakan. Namun diagram itu juga memperlihatkan bahwa di antara Negara Asean, kinerja Indonesia jauh di bawah Thailand, dan Malaysia. Indonesia berada dalam kelompok negara-negara Filipina dan Vietnam.

Gambar 9 dan Tabel 3 memperlihatkan cerita sedih, mengingat Indonesia mempunyai penduduk sekitar 200 juta orang yang menghuni BMI dan yang pada tahun 1997 dihantam oleh krisis keuangan. Sampai saat ini, Indonesia belum begitu pulih dari krisis, sedangkan semua negara ASEAN yang mengalami hal yang sama telah benar-benar keluar dari krisis, seperti Thailand, Vietnam, Hongkong, Korea Selatan, dan Taiwan. Sebenarnya Indonesia memiliki awal yang lebih dulu, jika diingat Indonesia mewarisi tradisi ilmiah Belanda.

Gambar 10–12 memperlihatkan Neraca Perdagangan dikaitkan dengan produk manufaktur berbasis teknologi pada periode 2000 – 2002. Gambar 10 memperlihatkan kinerja yang tidak begitu jelek. Gambar 11 sungguh menampilkan gambaran yang menyedihkan tentang industri dasar Indonesia. Gambar 12 memperlihatkan kinerja yang lebih baik.



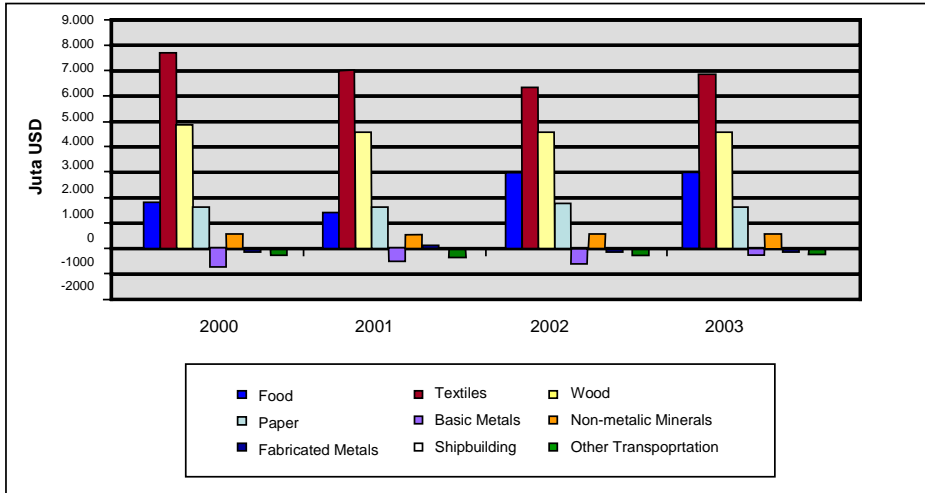
Sumber: diolah dari data ekspor impor, Badan Pusat Statistik

**Gambar 10. Neraca Perdagangan bagi Produk Berteknologi Tinggi antara tahun 2000 – 2003 (Science and Technology Indicator, 2004).**



Sumber: diolah dari data ekspor impor, Badan Pusat Statistik

**Gambar 11. Neraca Perdagangan untuk Produk Berteknologi Menengah antara tahun 2000-2003 (Science and Technology Indicators, 2004).**



Sumber: diolah dari data ekspor impor, Badan Pusat Statistik

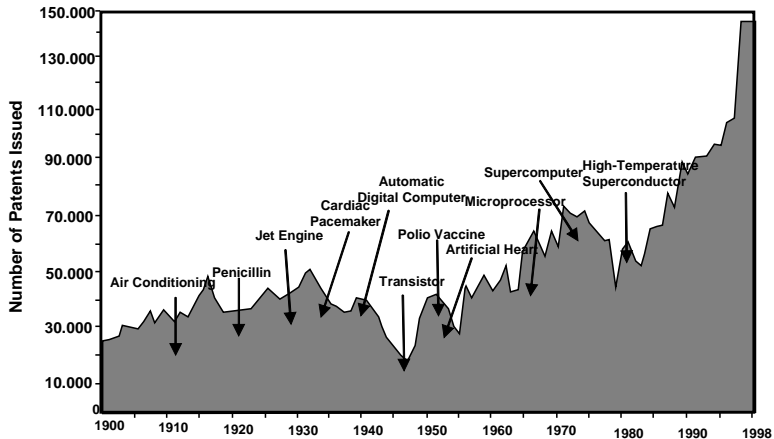
**Gambar 12. Neraca Perdagangan bagi Produk Berteknologi Rendah antara tahun 2000 – 2003 (Science and Technology Indicators, 2004).**

Paten yang terdaftar: Untuk tahun 1988, terlihat Indonesia, Malaysia, dan Thailand membukukan masing-masing 2 paten. Pada tahun 1989 ada kenaikan untuk Malaysia dan Thailand. Tapi tahun 2002, ada kenaikan yang signifikan, untuk Malaysia sebanyak 62, dan Thailand 61, sedangkan Indonesia hanya membukukan 15 paten saja.

Sebagai kesimpulan, lihat Tabel 4 dengan beberapa indikator Pembangunan Manusia seperti pendapatan per kapita, penggunaan komputer, internet, dan ketersediaan jalur telepon. Tampilan Indonesia sangat menyedihkan.

Apa yang dapat disimpulkan dari Tabel ini? Tabel tersebut memperlihatkan kebenaran telanjang bahwa negara-negara dengan PDB rendah tidak mempunyai kemampuan untuk menggunakan sains dan teknologi dalam proses peningkatan nilai tambah dalam sistem produksinya. Kelima gambaran tadi mengindikasikan bahwa tidak ada yang dapat dibanggakan oleh Indonesia. Ini adalah tragedi dan bencana sekaligus. Persoalan terbesar yang harus dijelaskan adalah mengapa? Dan bagaimana mengobatinya?

Sebagai perbandingan, perhatikan Gambar 13 yang memperlihatkan aktivitas paten AS selama periode 1900 – 1998. Amati situasi sesudah tahun 1985 sampai 1998. Hal ini memperlihatkan betapa kreatif, inventif, dan inovatifnya orang Amerika. Tentu saja, ini Amerika. Jika Indonesia dapat disamakan dengan Singapura, Korsel, dan Taiwan, itu sudah cukup baik. Ini haruslah menjadi target Indonesia. Jika Indonesia dapat mencapai peringkat itu, maka Indonesia dapat dikelompokkan dalam negara-negara "*adaptive technology*".



Sources: U. S. Patent and Trademark Office, U. S. Patent Activity, 1900-1998 (Washington: Government Printing Office, 1999); and Louisiana State University, Important Historical Inventions and Inventors, [www.lib.lsu.edu/sci/chem/patent/srs136/html](http://www.lib.lsu.edu/sci/chem/patent/srs136/html)

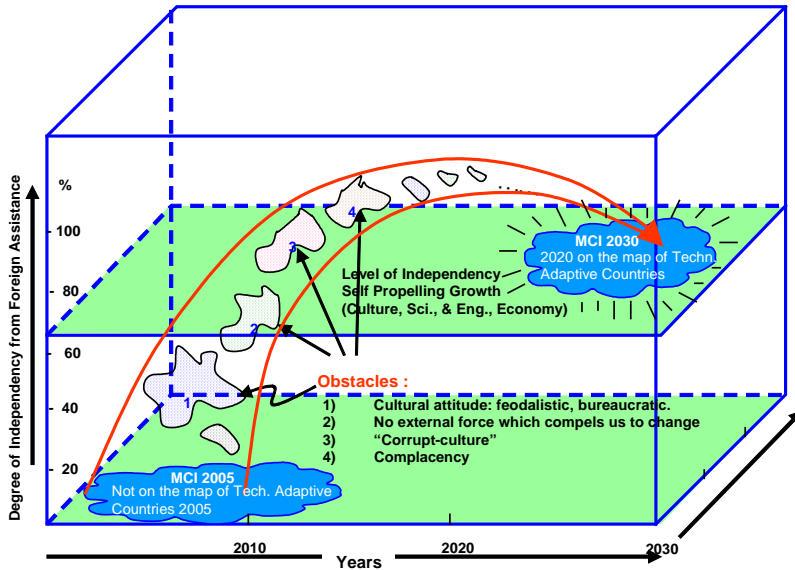
**Gambar 13. Kegiatan dalam bidang Paten di Amerika Serikat antara 1900 – 1998 (Moore and Simon, 2000)**

### Analisis dan Evaluasi

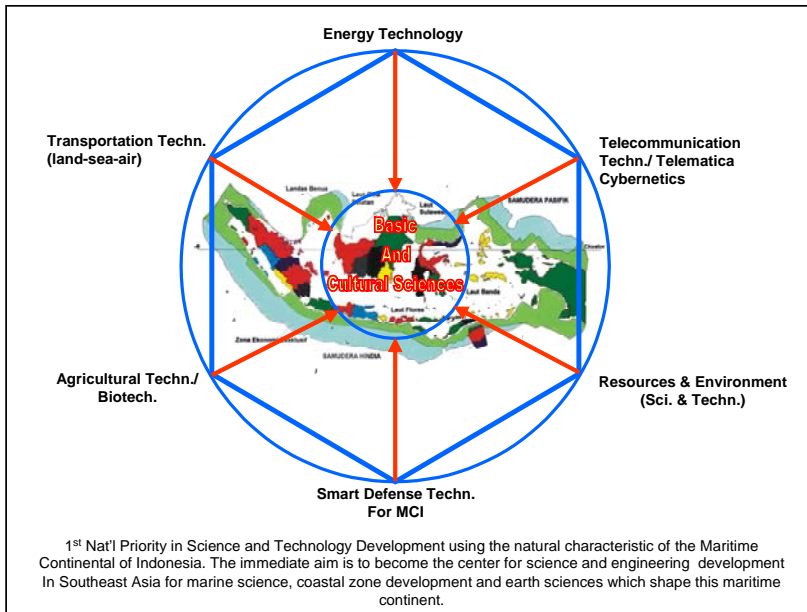
Mengapa semua ini terjadi? Indonesia tidak benar-benar mulai dalam keilmuan dari 1945, ketika kemerdekaan diproklamkan. Sebaliknya Indonesia telah mewarisi tradisi sains dari Belanda.

Tidak ada jawaban langsung dari pertanyaan tersebut, namun ada acuan yang dapat dikaji lebih dalam. Hal ini dimulai dari Revolusi tahun 1945. Tujuan dari revolusi itu adalah untuk memperoleh kemerdekaan. Pada saat yang sama ada gerakan anti Belanda. Apapun yang berasal dari Belanda atau apapun yang berbau Belanda harus dibuang jauh, seperti disiplin, ketelitian, kerapian, perhatian terhadap detail, bersifat metodik dan sistematis, dsb. Itu semua sebenarnya adalah elemen-elemen dasar budaya ilmiah (Tabel 2), atau bahan dasarnya. Dari sejak kemerdekaan kita selalu mengatakan: Pergilah ke Barat! Pergilah ke Amerika Serikat, pelajarilah sains dan teknologi, tapi jangan budayanya. Oleh sebab itu kita hanya mempelajari teknikalitas, kita melupakan budaya teknologi. Kedua budaya ini saling kait mengkait dan tidak dapat dipisahkan.

Sepertinya kita lupa, atau sengaja melupakan bahwa sains modern kita peroleh dari Eropa. Eropa memperoleh hal ini dari Yunani. Tentu saja ada beberapa pengaruh dari dunia Islam, namun sebagian besar sains modern adalah produk Eropa, dan warisan tradisi Yunani. Satu hal yang sangat penting. Filosofi Yunani dan pemikiran sains bukan berasal dari pendekatan yang mengklaim bahwa mereka memperoleh semuanya dari para dewa. Filsuf Yunani mengatakan dengan sangat sederhana bahwa mereka mempunyai hak untuk berbicara, dan profesi mereka adalah dalam bidang analisis dan pemikiran logik. Orang Yunani tidak bahagia mengetahui kenyataan yang ada. Mereka ingin memahami mengapa hal itu terjadi. Bukankah itu hebat?



Gambar 14. Visi Strategik Pengembangan Teknologi bagi Indonesia untuk mencapai derajat independensi tertentu.



Gambar 15. Enam kelompok disiplin Sains dan Rekayasa yang perlu mendapatkan prioritas sehubungan dengan kebutuhan BMI dengan kelompok ke – 8 di tengah beserta ilmu-ilmu dasar dan ilmu-ilmu sosial. Semua disiplin dan ilmu-ilmu itu berhubungan dengan sifat alamiah BMI.

Apa yang dapat mengantarkan Indonesia bertingkah laku seperti mereka? Mungkin pada dasarnya orang Indonesia tidak menyukai sains. Mereka mungkin menyukai teknologi, jalan tol, bangunan, jembatan, tapi tidak sains. Dengan perubahan waktu, mereka akan dipaksa untuk mencintai sains. Atau apakah ini ada dalam gen kita? Suatu topik yang bagus dan penting untuk didiskusikan.

Dengan pertahanan filosofik yang rapuh ini, orang Indonesia dikungkung oleh pergolakan sejarah sosio politik. Rakyat Indonesia telah hidup terlalu lama dalam kemiskinan. Hal ini mengikis nilai-nilai kemanusiaan dan martabat mereka.

Selama Orde Baru banyak sekali lembaga yang berlabel litbang. Tugas utama mereka adalah melakukan riset. Tapi mereka tidak melakukan riset, tidak di lembaga-lembaga ataupun di universitas. Yang dilakukan adalah survei, studi ataupun observasi. Honorarium bulanan yang mereka terima hanya cukup untuk menopang kehidupan selama dua minggu setiap bulannya. Ini adalah kenyataan, dan ini telah berlangsung berpuluh-puluh tahun. Kecuali pemerintah dan seluruh masyarakat mengubah kenyataan ini, kalau tidak walau sampai kapanpun komponen yang lain juga tidak akan berubah. Pemerintah harus mulai mentransformasikan seluruh sistem pendidikan termasuk universitas. Di universitaslah pekerja riset berasal. Pendidikan di luar negeripun tidak akan membantu. Sistemnya harus diganti, dan kita harus mulai menanamkan, membesarkan, dan menumbuhkan bibit-bibit budaya ilmiah. Karena membutuhkan waktu yang lama, kita harus mulai saat ini juga.

## **DUA PULUH LIMA TAHUN YANG AKAN DATANG**

Di abad ini, dunia tidak lagi dikelompokkan menurut ideologi atau kelompok politik. Saat ini hanya ada tiga pengelompokan yaitu:

1. Negara-negara "Innovative Technology" yang diwakili oleh AS, Canada, Eropa, Jepang, dan Australia.
2. Negara-negara "Adaptive Technology", diwakili Korsel, Hongkong, Taiwan, Singapura. Ke dalam grup ini akan masuk India, Malaysia, atau Indonesia.
3. Negara "Technology Excluder", diwakili banyak negara di Afrika, Timur Tengah, Asia Selatan, dan Republik Kepulauan di Pasifik dan Samudra Hindia.

### **Visi Strategik Teknologi Indonesia**

Untuk membangun masyarakat sains dan teknologi kita membutuhkan visi jangka panjang. Untuk itu kita harus pertama-tama menjawab beberapa pertanyaan:

1. Apa dan siapa kita?
2. Apa yang kita miliki?
3. Di mana kita berada?
4. Ke mana kita akan pergi dari sini?

Butir 1 sampai 3 menjelaskan kondisi kita saat ini, sedangkan butir 4 merupakan tujuan kita 25 tahun dari sekarang terhadap sains dan teknologi.

Kita rakyat Indonesia hidup dalam BMI. Rakyat Indonesia merupakan gabungan dari berbagai etnik dan agama, tinggal di daerah tropis antara benua Eurasia dan Australia, yang menghubungkan Samudra Pasifik dan Samudra Hindia (Zen dan Moedomo, 2004a; 2004b). BMI terdiri dari 17.508 pulau dengan wilayah lebih dari 7 juta km<sup>2</sup>, yang 1,9 juta km<sup>2</sup> berupa daratan. Selebihnya ditutupi oleh laut. Daerah pantainya lebih dari 81.000 km. Bangsa Indonesia harus memahami kenyataan itu.

Perairan Indonesia menawarkan jalur lewat bagi kapal-kapal dari Jepang, China, Taiwan, Hongkong, dan negara-negara Asia Timur lainnya, menuju Eropa. Transportasi laut masih merupakan yang termurah sampai saat ini. Di samping itu, walaupun telah tersedia satelit dan pesawat terbang, perairan Indonesia masih merupakan jalur terpendek dari Samudra Pasifik ke Samudra Hindia, misalnya untuk pelayaran angkatan laut Amerika ke Timur Tengah. Indonesia terletak sangat dekat dengan salah satu daerah yang tumbuh paling cepat di dunia (Zen dan Moedomo, 2004a; 2004b).

**Tabel 5. Disiplin sains dan rekayasa yang mutlak dan segera harus dikembangkan di Indonesia**

SAINS DAN REKAYASA YANG LANGSUNG BERHUBUNGAN DENGAN PENGEMBANGAN BMI				
<b>Laboratories - Studios - Field Stations</b>	<b>Sciences</b>			<b>Software Engineering</b>
	Biology/Botany/Zoology Tropical Forestry Ecosystem Marine Biology Coral Reefs Geol. Hazards Farmacy (Trop. Plants) etc.	Astronomy Geo - Sciences Ocean - Sciences Atmosp. - Sciences Coastal Hydro-Geology Geothermy Ocean Energy { Waves Currents	Ethnology Anthropology Linguistics etc.	
	<b>Engineering</b>			
Telecomm. System Transp. System Mitigation of Natural. Haz. Mariculture Farmaceutic. Industries etc.	Harbors Quays Airports/Airstrips Quays for water planes Bridges Trop. Clim. Res. Str. etc.	Coastal Engineering Offshore Engineering Underwater Engineering Deep Sea Engineering Coastal Hydrology Min. Beneficiation/Metallurgy Harnessing Ocean Energy (waves; currents) etc.	Defense System Wide Area Surveill. System (WASS) Satellite technologies ICT and Cybernetics Material sci. &eng etc.	

Oleh sebab itu, dari sudut pandang sains, Indonesia haruslah menggunakan sepenuhnya karakteristik dan keunggulan daerahnya untuk mengembangkan kemampuan riset dalam sains dan teknologi bersamaan dengan mengembangkan kapasitas risetnya dalam teknologi perangkat lunak untuk membebaskan Indonesia dari ketergantungan pada perangkat lunak komputer dari luar negeri (Zen, 2001). Hal ini telah dijelaskan oleh Zen dan Moedomo (2004a) dengan sangat detil. Perhatikan juga Tabel 5. Tabel 5 mengilustrasikan dengan sederhana dan secara garis besar beberapa disiplin sains dan rekayasa yang paling penting, lewat mana ilmuwan dan insinyur Indonesia dapat

berkembang pesat dalam waktu yang relatif singkat, karena laboratorium alami yang terbesar terletak di halaman belakang rumah kita. Namun kita harus mempunyai visi strategik yang jelas, apa yang harus dilakukan dan apa persyaratannya (Gambar 13 – 15).

### **Visi Indonesia mengenai Teknologi**

Indonesia menjadi pusat riset terbaik di Asia Tenggara dengan menggunakan karakteristik dan keunikan alam dari Benua Maritim Indonesia, secara maksimal dalam waktu 25 tahun dari sekarang, sehingga Indonesia akan dapat dikelompokkan dalam negara-negara “adaptive technology”, dengan mengembangkan sumber-sumbernya secara berkesinambungan dan untuk kebutuhan infrastruktur.

Visi ini mempunyai alternatif tujuan yaitu:

1. Mengembangkan kemampuan sains dan teknologi dalam rangka mengembangkan secara penuh potensi sumberdaya alam dan peluang yang ada serta sesuai dengan kebutuhan negara berdasarkan konfigurasi dan pola struktural BMI serta perangkat komputer terkait.
2. Tujuan jangka panjang adalah mengembangkan kemampuan sains dan teknologi demi kemajuan sains dan teknologi sendiri, yang berarti keunggulan, tapi yang dihubungkan dengan tujuan manusia, tanpa mengabaikan nilai-nilai spiritual bangsa.

Tujuan kedua adalah untuk keunggulan, untuk menjadikan Indonesia salah satu pusat riset terhormat untuk bidang ilmu-ilmu alam dan teknologi terkait di dunia. Dengan pusat riset yang baik, dilengkapi dengan hukum dan peraturan yang dijalankan, Indonesia akan mampu menarik ilmuwan asing yang mungkin bekerja dengan rekannya ilmuwan Indonesia. Dalam 15 tahun Indonesia akan muncul dalam peta pusat dan laboratorium sains dunia, dan Indonesia akan dikelompokkan menjadi negara “Adaptive Technology”.

### **Prioritas dan Alternatif**

Bila kita mengkaji visi dan tujuan diatas, ada banyak sekali disiplin sains yang harus dikembangkan. Indonesia tidak dapat mencapai segala-galanya sekaligus, dan sebaiknya memang tidak. Untuk Bangsa Indonesia dengan mempertimbangkan kondisi dan situasi sosial ekonomi saat ini, prioritas seharusnya diberikan kepada disiplin ilmu yang dekat dan berhubungan secara langsung dengan pengembangan BMI. Lihat Gambar 14.

**Rencana A.** Prioritas tertinggi: (1) Pengembangan energi; (2) Transportasi; (3) Telekomunikasi (ICT); (4) Teknologi Pertanian dengan penekanan pada Bioteknologi; (5) Pengembangan Sumber-Sumber dan Perlindungan Lingkungan; (6) Seni Pertahanan BMI; (7) Secara bertahap Ilmu-Ilmu Sains Dasar harus dikembangkan sehubungan dengan ke 6 disiplin di atas.

**Rencana B.** Jika itu masih terlalu luas, prioritas dipersempit menjadi: (1) Teknologi Pertanian dengan Biotek; (2) Teknologi Energi; (3) Telekomunikasi dan ICT.

**Rencana C.** Jika itupun masih terlalu luas, prioritas jatuh pada: (1) Teknologi Pertanian dengan Biotek (semua sains dan teknologi yang akan mendorong pertanian); (2) Teknologi energi (semua sains dan teknologi yang akan mendorong pengembangan energi).

Apapun keputusannya, Indonesia harus melakukan ini secara konsisten dan tak kenal lelah, untuk periode waktu tertentu, mungkin paling tidak 15 tahun. Konsentrasikan semua dana dan upaya untuk rencana A, B, atau C. Pilihan harus dibuat.

Visi strategik yang luas di atas menghendaki dua langkah acuan kebijakan:

1. Langkah pertama adalah memformulasikan kebijakan dalam rangka mengembangkan kapabilitas untuk memenuhi persyaratan pengembangan BMI di Asia Tenggara dalam waktu sesingkat mungkin.
2. Langkah kedua memformulasikan kebijakan-kebijakan yang berkaitan dengan "apa tujuan semua itu dilakukan" dalam jangka panjang.

Butir 1 – 2 memperlihatkan bahwa semuanya harus dikerahkan sesuai dengan kebutuhan BMI. Kedua objek yang berlawanan ini harus diaplikasikan dalam 3 skala prioritas, Rencana A, B, atau C.

Sesudah visi strategik yang disebut di atas, Indonesia harus mencoba untuk mewujudkan hal-hal berikut:

Pada fase pertama di setiap skenario, industri sudah harus terlibat. Indonesia harus mempunyai keinginan untuk:

1. Menjadi produsen makanan terbesar (beras, jagung, sagu) dan protein dari laut. Seluruh daerah pesisir Timur Sumatera, pesisir Selatan Kalimantan dan sebagian dari Pulau Lombok harus dijadikan sebagai lahan pertanian beras.
2. Indonesia harus bekerja untuk mewujudkan gagasan agar Indonesia menjadi tujuan wisata nomor satu di dunia, terutama wisata laut, kehidupan alam terbuka, dan pegunungan–pegunungan vulkanik Indonesia. Di Indonesia matahari bersinar 365 hari setahun. Selama musim dingin manusia di negara-negara bagian Utara akan mengejar matahari ke pulau-pulau Indonesia.
3. Selamatkan dan rehabilitasi hutan-hutan hujan Indonesia. Buat kawasan hutan menjadi hutan sesungguhnya lagi, dan Indonesia akan menjadi paru-paru alam di Asia Tenggara. Hal ini akan menarik turis, begitu juga pekerja riset, dan akan menghasilkan kayu-kayu baru beserta produk hutan lainnya.
4. Secara bertahap bangun infrastruktur bagi pelaku riset dalam ilmu-ilmu alam, dan antropologi. Bila dikelola dengan baik, hal ini akan menghasilkan devisa selain output ilmiah itu sendiri.

Yang paling penting adalah: **Indonesia harus mempunyai visi strategik, penetapan prioritas, bersikap konsisten dan tidak gampang menyerah untuk suatu jangka waktu tertentu.** Kemitraan dengan yang lain dibutuhkan. Mengingat Indonesia telah jauh tertinggal dari Thailand dan

Malaysia adalah merupakan keharusan bahwa Indonesia harus mempercepat pembangunannya, khususnya pembangunan sains dan teknologi. Jalan keluarnya adalah membangun kemitraan (partnership), sebuah kemitraan berjangka panjang dengan negara maju.

Kondisi yang harus dipenuhi adalah:

1. Mitra kerja kita harus mempunyai modal.
2. Mitra kerja kita harus mempunyai kemampuan teknologi
3. Mitra kerja kita juga harus memiliki kepentingan (politik dan ekonomi) untuk bekerjasama dalam jangka panjang dengan Indonesia, sehingga Indonesia dapat mengembangkan kemampuannya.

Mitra kerja yang dimaksud mungkin Jepang, karena Jepang pada saat ini kurang merasa nyaman dengan perkembangan China. Jepang masih membutuhkan pasokan bahan mentah, dan Jepang membutuhkan jalan melalui kepulauan Indonesia untuk membawa produk industrinya ke Eropa. Jepang mempunyai modal dan kapabilitas teknologi yang dibutuhkan, dan Jepang membutuhkan Indonesia. Kerjasama ini harus bersifat jangka panjang, dan hal ini harus didasarkan pada keuntungan bersama. Rakyat Indonesia harus menyadari bahwa kerjasama itu haruslah mengandung unsur memberi dan menerima dalam rangka memelihara hubungan jangka panjang. Tambahan lagi, Jepang mempunyai banyak nilai-nilai yang mengagumkan; disiplin, taat hukum, tekun, perhatian akan detil, dan etika-kerja. Hal ini adalah elemen-elemen budaya yang perlu kita pelajari dari Jepang.

### **Sains Dasar dan Ilmu-ilmu Budaya**

Secara bertahap, Indonesia harus berkonsentrasi mengembangkan sains dasar, seperti fisika, matematika, kimia, dan sibernetika. Tanpa sains dasar, sains terapan akan kering. Tanpa sains dasar, tradisi keilmuan kita akan dibangun di atas fondasi yang lemah (Zen dan Moedomo, 2004a), dan akhirnya ambruk atau Indonesia akan kehilangan kemampuan kompetitifnya.

Di atas semua itu, Indonesia juga harus mengembangkan ilmu-ilmu sosial dan budaya, seperti humaniora, filosofi, antropologi budaya, dan bahasa-bahasa. Orang Indonesia harus mempunyai penguasaan yang baik paling tidak dalam Bahasa Inggris selain Bahasa Indonesia. Pemerintah Indonesia dan masyarakat ilmiah harus meluncurkan program mentransformasikan Bahasa Indonesia menjadi bahasa ilmiah, tidak hanya menterjemahkan atau menemukan terminologi baru, tapi mentransformasikan struktur dan tata bahasa, sehingga bahasa Indonesia dapat menjadi bahasa ilmiah. Dalam jangka panjang, Indonesia harus berjuang untuk menempatkan Bahasa Indonesia sebagai "lingua franca" untuk Asia Tenggara (Zen dan Moedomo 2004a).

Penguasaan Bahasa Inggris adalah keharusan karena ini adalah bahasa internasional. Buku-buku yang baik kalau tidak ditulis dalam Bahasa Inggris, paling tidak akan mempunyai terjemahan dalam Bahasa Inggrisnya. Penguasaan Bahasa Inggris adalah kunci untuk membuka literatur dan sistem informasi dunia. Penguasaan terhadap Bahasa Indonesia dan Inggris menjadi

langkah pertama kearah berpikir logik dan sistematis. Apabila seseorang tidak berbicara suatu bahasa dengan benar, tidak ada kemungkinan baginya untuk mengatur pikirannya dengan runtut. Untuk Indonesia, karena lokasi dan hubungan dagang yang intensif, penguasaan Bahasa Mandarin dan Bahasa Jepang juga menjadi suatu keharusan. Dalam jangka panjang pengetahuan tentang budaya Jepang dan China akan sangat berguna.

### **Laboratorium, Studio, dan Stasiun Lapangan**

Di Indonesia, sudah menjadi standar pemikiran bahwa jika seseorang berbicara tentang mengembangkan suatu universitas, dia berpikir dalam bentuk berapa bangunan untuk kantor administrasi, fakultas baru, atau departemen. Sangat kecil pemikiran yang diberikan bagi membangun laboratorium atau fasilitas riset sederhana. Bila kita membangun fakultas atau departemen, kita membangun birokrasi. Bila kita bangun laboratorium untuk riset, ada kemungkinan bagi kita untuk menghasilkan pengetahuan. Bila kita ingin menjadi pekerja riset yang baik dan produktif, laboratorium atau paling tidak stasiun lapangan, dan perpustakaan adalah suatu keharusan. Fasilitas itu akan menarik pekerja riset asing, dan itu adalah persyaratan dasar untuk menyamakan dengan apa yang dikerjakan dunia, walaupun kita dapat *browse* melalui perpustakaan internet dan sistem informasi ilmiah elektronik.

Semua fasilitas itu membutuhkan uang, tapi itu adalah investasi masa depan. Dana untuk itu harus selalu tersedia. Perhatikan jumlah dana yang dihaburkan oleh pejabat pemerintah. Berapa jumlah uang terbuang melalui "illegal logging" dan penangkapan ikan gelap, dan dari mencuri dan merampok (mereka menyebutnya penyelundupan) minyak mentah. Perhatikan rekening tak resmi pejabat polisi, dan uang negara tak resmi yang didaftarkan pada rekening pribadi, penggelapan pajak dan negosiasi, dst, baik pada pemerintahan pusat maupun provinsi. Hal ini telah berlangsung bertahun-tahun. Pada tahun '70 an, orang berbicara tentang beberapa dollar US/barrel minyak untuk pendidikan. Kemana uang itu perginya? Demikian juga dengan industri hutan. Kemana uang reboisasi itu perginya? Tak satupun yang tahu. Hal ini tidak pernah dibicarakan lagi.

## **MENTRANSFORMASIKAN SISTEM PENDIDIKAN NASIONAL**

### **Tujuan Pendidikan**

Untuk muncul sebagai negara modern pada abad ini, Indonesia harus mentransformasi sistem pendidikannya. Hal ini haruslah mantap dan kuat. Prinsip dasar filosofik pendidikan harus didefinisikan dalam tujuan dari sistem itu, antara lain:

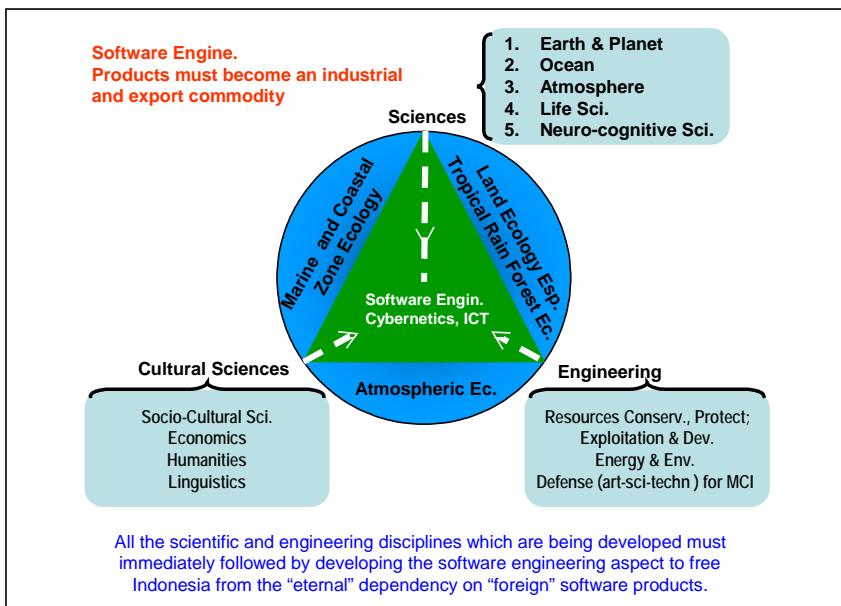
- Untuk membebaskan (dari rasa takut, prasangka, takhyul, dan ketidaktahuan)
- Untuk mempelajari seni memanfaatkan ilmu dalam kehidupan
- Untuk belajar hidup dari dan dengan laut, (karena Indonesia adalah benua maritim)

- Untuk mempelajari bahwa manusia adalah bagian dari alam (siapa yang menghancurkan lingkungan melakukan tindakan bunuh diri!)
- Belajar menjadi warga dunia, menjadi bagian dari komunitas dunia, etika pluralisme
- Untuk mengajari anak-anak kita berpikir, dan mengenal identitas mereka
- Belajar menjadi orang Indonesia.

### Universitas

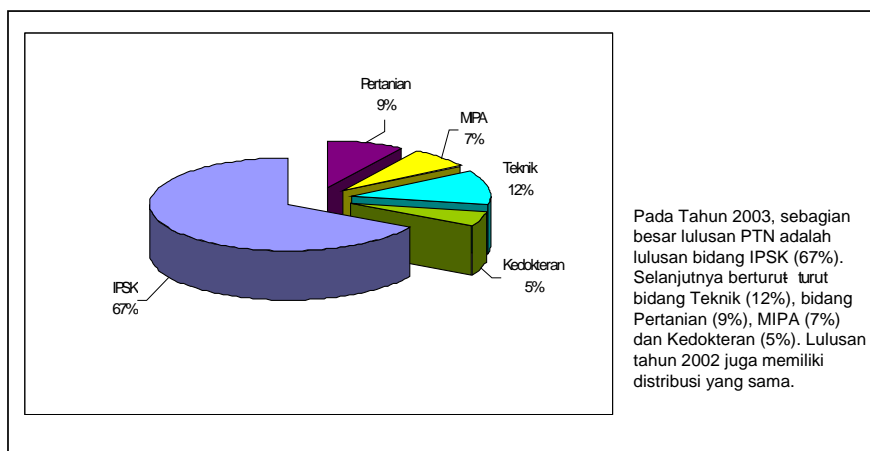
Universitas adalah rumah tempat belajar, rumah budaya penuntun nilai, agen perubahan dan “pabrik” pemimpin. Namun lebih dari itu semua, universitas membutuhkan biaya yang tinggi, satu-satunya pembenaran untuk keberadaan universitas adalah bahwa dia memindahkan pengetahuan dengan cara yang sangat imajinatif (Whitehead, 1961; Jantsch, 1972; Hutchins, 19? , Pareek, 1981).

Seluruh periode pertumbuhan dari bayi sampai ke kedewasaan membentuk suatu siklus besar. Tahapan romantik ini membentang pada selusin tahun pertama kehidupan. Tahapan presisi terbentuk sepanjang periode sekolah menengah, dan tahap generalisasi adalah periode memasuki kedewasaan. Untuk orang yang dapat memperoleh pendidikan formal sesudah periode sekolah ke universitas atau setingkatnya adalah periode yang baik untuk generalisasi. Spirit generalisasi harus mendominasi sebuah universitas.



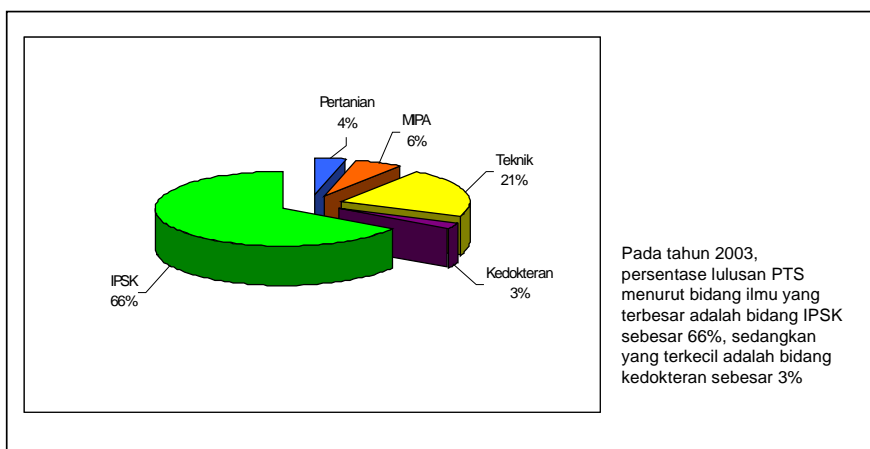
**Gambar 16.** Semua cabang ilmu yang dikembangkan sebagaimana diperlihatkan pada Gambar 15 harus pula diikuti dengan pembuatan perangkat lunak komputer dalam bidang masing-masing. Ini membebaskan Indonesia dari ketergantungan pihak luar.

Di sekolah seorang anak tumbuh dari bagian yang kecil menjadi seorang yang bisa memahami gagasan umum; di universitas dia harus mulai dari gagasan umum dan mempelajari penerapannya dalam kasus nyata. Suatu kuliah universitas yang direncanakan dengan baik adalah studi tentang generalisasi. Hal ini tidak perlu merupakan penyederhanaan dari fakta konkret, tapi fakta konkret harus dipelajari ketika menggambarkan lingkup gagasan umum (Whitehead, 1961).



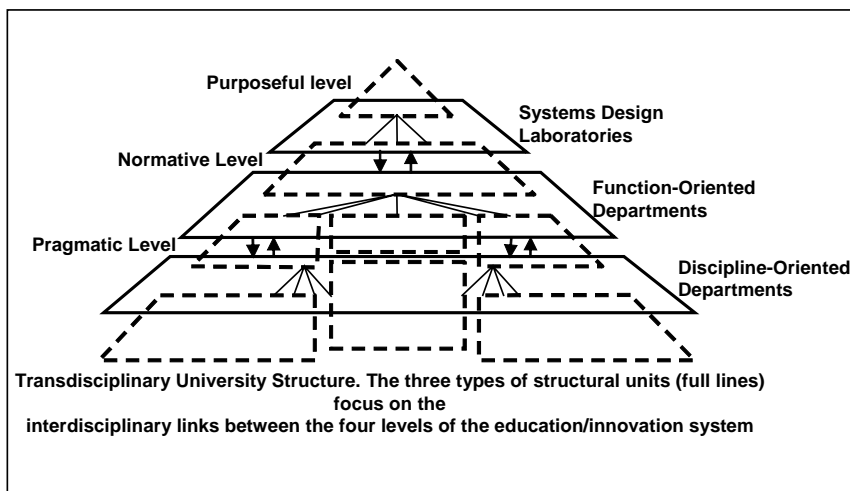
Sumber: Statistik Perguruan Tinggi, Ditjen Pendidikan Tinggi, Departemen Pendidikan Nasional

**Gambar 17. Persentase lulusan bagi berbagai disiplin ilmu dari berbagai universitas negeri (Science and Technology Indicators, 2004).**



Sumber: Statistik Perguruan Tinggi, Ditjen Pendidikan Tinggi, Departemen Pendidikan Nasional

**Gambar 18. Persentase lulusan dari universitas-universitas Swasta di tahun 2003 (Science and Technology Indicators, 2004).**



**Gambar 19.** Diagram skematik tentang universitas yang bersifat Inter dan Trans disiplinier (Eric Jantsch, 1972).

Seperti dinyatakan sebelumnya, fungsi utama dari sebuah universitas adalah memelihara hubungan antara pengetahuan dan roh kehidupan dengan menyatukan yang muda dan tua dalam suatu pertimbangan imajinatif dari pembelajaran. Universitas memindahkan informasi, namun di universitas informasi disampaikan dengan cara yang sangat imajinatif. Universitas yang gagal dalam hal ini tidak mempunyai alasan untuk tetap hidup.

Suasana itu muncul dari kegairahan, dan pemikiran imajinatif. Transformasikan pengetahuan. Di sana dalam situasi yang demokratis, suatu fakta bukanlah fakta semata, dia ditanam dengan segala kemungkinan. Ini bukan lagi merupakan beban dari memori. Dia memberikan energi kepada mimpi-mimpi kita, sebagai arsitek dari tujuan-tujuan. Ini sangat penting. Perhatikan Harvard, Berkeley, Cambridge, Sorbone, Heidelberg, Viena, Kyoto, Tokyo, dan Waseda, dst.

Di Indonesia ada bahaya besar. Transmisi atau pemindahan pengetahuan dimulai tanpa imajinasi. Ini merupakan tragedi. Tragedi bermula ketika seseorang yang imajinatif tetapi mempunyai sedikit pengalaman, yang berpengalaman mempunyai imajinasi yang lemah. Orang bodoh berbuat berdasar imajinasi tanpa pengetahuan, si congkak berbuat berdasar pengalaman tanpa imajinasi, sedangkan tugas universitas adalah mempersatukan imajinasi dan pengetahuan. Akhirnya universitas adalah arena di mana para muda mudi maupun yang lansia terlibat dalam petualangan tanpa akhir, petualangan gagasan.

Perhatikanlah sejarah kebudayaan Eropa, Perancis, Inggris, Jerman, Negeri Belanda, Italia, dan negara-negara Eropa Timur seperti Hongaria, Polandia, bahkan Ukraina. Perhatikan pula AS, Jepang, Cina, India, dan Australia. Apa yang kita lihat? Dalam organisme modern yang kompleks ini, petualangan hidup tidak dapat lagi dipisahkan dari petualangan intelektual.

Mari kita kembali sejenak ke masalah imajinasi. Ini adalah kata yang sederhana, tapi tidak begitu dipahami oleh sebagian besar akademisi Indonesia, dan karena itulah tragedi dimulai. Sebenarnya imajinasi adalah penyakit menular. Dia tidak dapat diukur dengan meteran atau ditimbang, dan disampaikan oleh pengajar kepada muridnya. Menurut Whitehead (1961) imajinasi hanya dapat dikomunikasikan oleh dosen yang pembelajarannya juga diperoleh melalui imajinasi. Mengajar, mendidik dan mentransfer pengetahuan kepada mahasiswa seperti menyerahkan obor. Obor yang menyala adalah imajinasi, dan keseluruhan organisasi dari sebuah universitas adalah penyediaan staf pengajar yang proses pembelajarannya disinari oleh imajinasi. Rahasia kehidupan belajar yang imajinatif adalah cara hidup dan bukan barang dagangan. Di universitas dua fungsi bergabung menjadi satu. Fungsi itu adalah pendidikan dan riset. Keduanya tak dapat dipisahkan. Sebuah universitas tanpa aktivitas riset akan mati. Bila kita benar-benar ingin membentuk masyarakat ilmiah maka "the conditio sine quanon" adalah mendorong mahasiswa mengerjakan riset. Mereka hanya akan mampu mengerjakan itu bila dosennya sendiri memperoleh pengetahuan imajinatifnya melalui riset yang mereka pelajari dari guru mereka yang imajinatif. Dengan demikian obor diteruskan dari satu generasi kepada generasi berikutnya. Kesempatan untuk melakukan riset di Indonesia yang berupa benua maritim ini sangatlah besar, terutama dalam bidang ilmu-ilmu alam dan aplikasi teknologinya. Ilmu-ilmu hayat, kebumian, kelautan, ilmu atmosfer, teknologi daerah pesisir, transportasi dan telekomunikasi, dan riset dalam persoalan perkaratan dan pengaruh cuaca di iklim dan lingkungan tropik.

Masalah paling penting dalam riset agar dapat diakui oleh masyarakat sains dunia adalah originalitas. Relatif lebih gampang untuk menulis sesuatu yang original dalam bidang riset yang disebutkan di atas yang didasarkan fenomena yang ditemui dalam BMI, daripada fisika partikel atau nano teknologi misalnya. Sejumlah ilmuwan Eropa membukukan nama mereka berdasarkan kerja mereka dalam Geologi, Geofisika, Biologi, Botani, Oseanografi, dan Ekologi Hutan Tropik. Ilmuwan seperti Vening Meinesz, Umbgrove, van Bemmelen, Berlage, Koning, Ritsema, Dubois, von Koningswald, dan banyak lagi. Apa yang harus kita lakukan adalah melanjutkan apa yang telah ditinggalkan Belanda.

BMI adalah laboratorium alami terbesar di dunia. Manfaatkan dengan sebaik-baiknya. Apa yang masih dibutuhkan adalah pusat-pusat penelitian, laboratorium, laboratorium junior, stasiun lapangan dalam berbagai bidang, dan semua unit itu harus dioperasikan dengan bekerjasama dan berkoordinasi dengan universitas daerah.

Undang para pekerja riset dari luar negeri. Berikan kesempatan untuk bekerja sama dengan "counterpartnya" pekerja riset Indonesia, membuat publikasi bersama. Apabila ada kebijakan riset yang baik dan efektif, dalam 15 tahun Indonesia akan muncul sebagai negara yang memberikan sumbangan berarti dalam bidang-bidang yang disebutkan di atas. Namun prasyarat pertama dan mutlak adalah bahwa para pekerja riset haruslah mendapatkan bayaran yang cukup, tunjangan sosial, dan asuransi. Hal ini harus dipenuhi, dan

Indonesia dapat menyediakan itu jika kita mempunyai pemerintahan yang baik dan bersih.

Untuk memulainya, universitas harus direformasi atau ditransformasi. Jumlahnya harus dikurangi. Satu universitas negeri yang besar di setiap provinsi lebih dari cukup. Sisanya adalah universitas swasta, akademi atau politeknik, tapi di bawah koordinasi yang ketat berhubungan dengan standar dan kualitas. Penekanan secara nasional haruslah pada sekolah kejuruan, sekolah teknik menengah, dan politeknik dalam rangka menghasilkan tenaga teknis menengah untuk industri. Sementara pada universitas penerimaan untuk bidang ilmu-ilmu alam dan teknologi harus lebih ditingkatkan (Gambar 17 – 18).

Telah banyak disinggung tentang universitas. Namun itu semua adalah masalah dasar dan sederhana. Untuk negara sedang berkembang seperti Indonesia yang memasuki abad 21, tujuan dari universitas harus dilihat dalam peran yang dimainkannya dalam memajukan kemampuan masyarakat dalam memperbaharui dirinya secara terus menerus.

Gardner (op cit Jantsch, 1992) mengatakan secara khusus tiga fungsi dari universitas sebagai berikut:

1. Mengembangkan pluralitas masyarakat, dengan melibatkan energi kreatif dari masyarakat sains dan teknologi, dan generasi muda, mahasiswa, dimanfaatkan tidak hanya untuk memecahkan persoalan tapi untuk menyumbang pada pembaharuan masyarakat.
2. Memperbaiki komunikasi internal antar pemegang kepentingan dalam masyarakat dengan menterjemahkan satu sama lain implikasi timbal balik dari sains dan teknologi pada satu sisi, dan tujuan sosial di lain pihak, dan dengan menunjukkan luaran jangka panjang dan rencana tindak alternatif dalam konteks sistem sosial yang telah dijelaskan sebelumnya.
3. Menyiapkan kepemimpinan positif dengan menetapkan ukuran dari tujuan bersama, menetapkan prioritas dan terus berharap, begitu juga dengan menggalakan eksperimen dalam masyarakat melalui gagasan dan rencana, dan di atas itu semua adalah cara untuk mendidik pemimpin untuk masyarakat.

Dengan berjalannya waktu, dan manusia secara pelan bergerak di abad 21, universitas dan fungsinya berubah, dan secara konsekuen juga strukturnya, departemen-departemen dan laboratoriumnya. Pada dasar struktur tersebut, departemen yang berorientasi disiplin masih berlaku. Di atas itu semua baru departemen yang berorientasi fungsi dan laboratorium "systems design" (lihat Gambar 19).

Secara bertahap maksud baru dari universitas bermakna bahwa universitas mentransformasi dirinya menjadi institusi politik dalam pengertian yang luas (Jantsch,1972; Zen, 1999). Universitas akan berinteraksi dengan pemerintah dan industri dalam perencanaan dan perancangan dari sistem masyarakat, khususnya pada pengendalian dari hasil introduksi teknologi ke dalam sistem tersebut. Sebagai akibatnya universitas akan menjadi pusat strategik

masyarakat untuk menyelidiki batas-batas dan unsur-unsur dari sistem masyarakat dan teknologi, baik yang sudah dikenal ataupun yang muncul.

Menuju abad 21 adalah suatu yang sangat penting, bahwa budaya teknologi dalam pengertian yang sangat luas (Tabel 2) diajarkan, dikembangkan, dan dikejar. Tabel di atas mengandung 15 elemen, namun semua sama pentingnya. Apa yang tak pernah dipelajari Indonesia adalah disiplin, kecuali dalam masa kolonial Belanda, dan periode singkat dari Jepang selama perang Pasifik. Apa yang baru (tapi menjadi ciri dalam industri dari negara-negara industri) adalah kerja tim, untuk membangun spirit dan upaya tim. Jika Indonesia ingin bersaing, tidak ada pilihan. Ini adalah sebuah budaya sendiri.

## EPILOG

Cerita tentang Indonesia dan hubungannya dengan pengembangan sains dan teknologi adalah cerita sedih. Wilayah Indonesia yang maju dan begitu subur tanahnya tidak akan pernah mandiri untuk memasok kebutuhan dalam negerinya akan jagung, kacang kedele, sayuran dan buah-buahan. Ini disebut tragedi. Sebuah tragedi karena IPB di Bogor meluluskan ribuan insinyur pertanian setiap tahun dan di antaranya banyak Ph.D. Di samping itu hampir setiap universitas di Indonesia mempunyai departemen pertanian.

Menghadapi globalisasi dan Masyarakat Ekonomi Asia Tenggara yang akan datang, Indonesia tidak memiliki banyak pilihan. Bila Indonesia mempunyai impian untuk memainkan peranan yang signifikan di Asia Tenggara atau dunia, maka Indonesia harus mentransformasikan dirinya menjadi negara modern dan mandiri dalam banyak produk pertanian dalam waktu sesingkat mungkin. Ini artinya Indonesia harus unggul dalam sains dan teknologi, dan dalam output industri yang mempunyai kandungan teknologi tinggi. Cara paling mudah untuk mengukur status Indonesia dalam sains dan teknologi adalah dengan memperhatikan daftar publikasi ilmiahnya, dari jumlah ilmuwan dan insinyur Indonesia yang hadir di lembaga-lembaga internasional yang berhubungan dengan sains dan teknologi, dan produk-produk yang berkaitan teknologinya.

Kelihatannya hukum besi sangat sulit, atau hampir tidak mungkin dilanggar. Jika Indonesia ingin memproduksi pengetahuan, maka pola pikirnya harus diarahkan untuk membangun laboratorium, laboratorium junior, studio, stasiun lapangan dimana orang-orang akan sungguh-sungguh bekerja untuk memproduksi pengetahuan dan berpikir lebih sedikit untuk hal-hal yang berhubungan dengan administrasi.

Dan yang juga sangat penting adalah bahwa seluruh atmosfir akademik dan lingkungannya harus diubah. Untuk memulainya pemerintah dan masyarakat luas harus belajar untuk memperlakukan ilmuwan layaknya manusia; yang berarti berikan mereka kondisi sosial yang lebih baik.

Di universitas, Guru Besar harus menjadi pemimpin riset, karena Guru Besar merupakan institusi itu sendiri. Banyak orang Indonesia menyadari itu, dan sebagian besar orang universitas juga menyadari itu. Hanya mereka enggan

untuk membicarakan hal ini dengan bebas dan terbuka. Sebagai sebuah negara, rakyat Indonesia belum keluar secara penuh dari cangkang kemunafikannya.

Merangkak cepat seperti seekor ulat besar, budaya baru abad 21 bergerak di seperempat bagian pertama abad ini. Sebentar lagi akan sampai pada separuh bagiannya dan mekar seperti pohon ki hujan, yang biasanya dipakai untuk mendekorasi alun-alun. Prosesnya tak dapat diulang kembali. Abad 20 telah menghilang. Apakah sebagian orang di dunia lebih bahagia atau tidak, bukanlah lingkup kajian artikel ini. Namun dalam waktu dekat, dunia takkan terlihat sama seperti biasanya.

Teknologi abad 21 mengubah segalanya. Bukan hanya barang dan produk yang kita lihat di sekeliling kita, tapi teknologi juga membawa budaya baru dengan gaya hidup baru, cara kerja baru, cara berpikir, juga kerangka referensi kita. Banyak orang yang cerdas, cekatan, kuat dan cerdas akan menerima manfaat darinya, tapi sangat banyak, jutaan orang akan menderita dan terjepit di jalan yang maha luas. Masalah nyata sekarang adalah seberapa cepat seseorang bisa "delearn" dan "learn" sesuatu yang baru.

Pertanyaan paling sulit adalah apa yang akan terjadi dengan Indonesia. Masihkah dia akan bertahan sebagai sebuah "nation state"? "Nation state" yang kaya atau miskin? Apakah dia akan termasuk kelompok negara-negara "Innovative Technology", "Adaptive Technology", atau "Technology Excluder". Lima belas tahun yang akan datang akan membuktikannya.

Sebagai langkah pertama dari "the giant leap" untuk menguasai teknologi, Indonesia harus memanfaatkan sebesar-besarnya keunikan alam dan budaya BMI sebagai wahana untuk mendorong Riset-Pengembangan dan Inovasi (RPI), karena BMI adalah laboratorium alami terbesar di dunia, dan itu terletak di halaman belakang rumah kita sendiri.

### **"Misi Suci"**

*Tempatkan Indonesia pada kelompok negara-negara "Adaptive Technology" dalam waktu 15 tahun ke depan.*

Pernyataan misi adalah penting, karena tujuan kita sangat spesifik dan dapat diukur. Ini adalah tugas (apa yang akan dicapai dalam periode dan dengan sumber daya tertentu). Tujuan proses juga harus dispesifikasi untuk mempromosikan nilai-nilai dan budaya apa yang mau dibangun.

Seluruh proses harus dilakukan dalam dua fase:

1. Fase pertama kembangkan sains dan teknologi sedemikian rupa dengan menggunakan SDA Indonesia secara bijaksana dan hati-hati untuk meningkatkan kesinambungan dan mendorong output industri Indonesia.
2. Fase kedua, disinilah pesta itu akan dimulai, mencari keunggulan. Indonesia akan mengeksport para ahli, perangkat lunak komputer, paten, dan membanjiri dunia dengan produk teknologi serta publikasi ilmiah. Indonesia haruslah produktif, dan berhenti bersikap naif.

Perhatikan apa yang dikatakan Sun Tzu:

*Tidak ada kawan abadi  
Juga tidak ada musuh abadi  
Yang ada hanya kepentingan abadi*

Oleh karena itu percayailah diktum ini:  
*Hanya yang produktif yang bisa menjadi kuat  
Hanya yang kuat dapat menjadi bebas.*

#### DAFTAR PUSTAKA

- Bemmelen, R. W. van. 1949. *The Geology of Indonesia*. Government Printing Office, The Hague, 1949.
- Cowley Michael and Ellen Comb. *Beyond Strategic Vision*. Butterworth-Heinemann, Boston, 1997.
- Dawkins, R. *River Out of Eden*. Phoenix Paperback. London. 2001.
- Falk, Richard. *Exploration at the Edge of Time*. Temple University Press, Philadelphia, 1992.
- Fieux, Michele. *La Circulation Oceanique*, in "Oceans et Atmosphere" (Collection Synopsis), Hachete Livres, 1996 Paris.
- Hamblin, W. K. and E. H. Christiansen. *Earth's Dynamic Systems*, 9<sup>th</sup> Edition, Prentice Hall, New Jersey, USA, 2001.
- Hamilton, W., *Tectonics of the Indonesian Region*, Prof Paper, US Geol. Survey, Reston Virginia, 1979.
- Holton, Gerald. *Concepts and Theories in Physical Sciences*. Addison-Wesley Publ. Co. Inc. Reading, Massachusetts, USA, 1958.
- Hutchins, Robert. Mentor Book, *Britannica Perspective*, (not known to the author).
- Ian Vasquez (Editor). *Global Fortune*. Cato Institute, Washington DC, 2000.
- Janstch, Erich. *Technological Planning and Social futures*, Cassell/Associated Business Programmes, London, 1972.
- Jeans, H. J. *The Growth of Physical Science*. Cambridge University Press, England, 1948.
- Kaku, Michio. *Visions*. Anchor Books, Double Day. New York, 1998.
- Katili, J. A. *Evolution of the Southeast Asia Arc Complex*, in Geologi Indonesia, Special Edition of the Journal of the geological Society of Indonesia commemorating the 60<sup>th</sup> anniversary of John Katili, edited by Purnomo, Prijosusilo, Jakarta 1989.
- Kuenen, Ph. H. *Marine Geology*. John Wiley & Sons, Inc. New York, 1950.
- Kurzweil, Ray. *The Age of spiritual Machines*, Penguin Books, New York 1999.
- MacDonald, B.I, Willekes, P.J. *De Koninklijke Natuurkundige Vereniging in Nederlands-Indie*. Koninklijke Natuurkundige Vereniging No.3, 19? (not known to the author).
- Moore, Stephen and J. L. Simon. *Twenty five miraculous US Trends of the Past 100 year*. In Global Fortune. Edited by Ian Vasquez. Cato Institute, Washington DC, 2000.
- Pareek, Udai. *Beyond Management*, Oxford & IBH Publishing Co, New Delhi, 1981.
- Penrose, Roger. *The Emperor's new mind*. Penguin Books, New York, 1991.
- Rosnay, Joel de. *The Symbiotic Man*. McGraw Hill, New York, 2000.
- Stehr, Nico. *Knowledge Society*. Sage Publications, London 1994.
- Stonier, Tom. *Information and the Internal Structure of the Universe*. Springer-verlag, New York, 1990.
- Taib, M. I. T., M. T. Zen, M. Untung, F. Hehuat. The Banda Dilemma. In Selected Papers On The Geodynamics of The Indonesian Region, Edited by M. T. Zen, Indonesian Ass. of geophysicists, Special Edition of Jurnal Geofisika, 2001.

- Thurow, Lester. *Creating Wealth*. Nicolas Brealey, London, 1999.
- Umbgrove, J. H. F. *The Structural History of the East Indies*. Cambridge University Press, 1949.
- UNDP. *Human Development Report 1998*. UNDP-Oxford University Press, New York, 1998.
- UNDP. *Human Development Report 2004*. UNDP-Oxford University Press, New York, 2004.
- Whitehead, A. N. *The Aims of Education* (11<sup>th</sup> printing), A Mentor Book, New York, 1961.
- Whitehead, A. N. *Science and the Modern World*. Free Press Paperback edition, New York, 1967.
- Zen, M. T. *An Inter and Trans-Disciplinary University to Enhance National Competitiveness or Productivity (Asking the Right Question)*. Jurnal Matematika dan Sains, Vol 4, Edisi Khusus No 1, 1999; Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Bandung.
- Zen, M. T. *Benua Maritim Indonesia dan Wawasan Kebangsaan*, dalam buku Amandemen UUD 45, Penerbit ITB, 2000.
- Zen, M. T. *Teknologi Nano dan Revolusi Industri Awal Abad ke-21, dalam "Indonesia Abad ke -21 di Tengah Kepungan Perubahan Global"*. Published by KOMPAS, Jakarta 2001.
- Zen, M. T. *ITB Harus Memimpin Pemberontakan Intelektual*, Berkala ITB, 31 Juli 2001c.
- Zen, M. T. *Selected Papers on the Geodynamics of the Indonesian Region*, Special Edition of Jurnal Geofisika, a Hagi Publication, Edited by M. T. Zen, 2001e.
- Zen, M. T. dan Moedomo, *Membangun Bangsa di Benua Maritim Indonesia (Forging a Nation in the Maritime Continent of Indonesia)*. Proceedings Workshop Membangun Indonesia Abad 21. Secerch Pemikiran ITB Membangun Bangsa Indonesia, Majelis Guru Besar ITB, Penerbit ITB, 2004.
- Zen, M. T. dan Moedomo, *Kematian dan Resureksi Sang Dinosaurius (In Search of Excellence)*. Proceedings Workshop Mewujudkan ITB Abad 21. Krida ITB Memandu Harapan Bangsa Indonesia. Majelis Guru Besar ITB, 31 Mei- 1 Juni 2004, Penerbit ITB, 2004.