

# SINERGI ILMU PENGETAHUAN, TEKNOLOGI DAN REKAYASA DALAM KONTEKS PEMBANGUNAN INDONESIA

Bambang Hidayat\*

*Selama ada manusia di situlah tumbuh teknologi karena semua teknik pembentukan perkakas, guna membantu dan memudahkan hidup manusia, adalah pratanda teknologi. Kapak batu primitif pada manusia purba merupakan hasil teknologi dan sekaligus tanda awalnya kebudayaan. Teknologi seperti halnya bahasa, upacara, tata nilai, perdagangan dan seni adalah sebagian intrinsik sistem budaya dan, sekaligus merupakan pencerminan nilai suatu sistem.*

Dewasa ini teknologi merupakan sistem sosial kompleks yang berjejaring dengan penelitian, rancang bangun dan pembuatan berseni selain dengan keuangan, produksi dan lain sebagainya yang merupakan atribut kemanusiaan. Dalam pengertian luas teknologi merentang semua kemampuan mengubah "dunia": memotong, membentuk atau mencampur material; memindahkan serba jasad dari satu tempat ke tempat lain, baik dengan tenaga otot, ulah, suara ataupun sarana lain buatan manusia. Perubahan dan perubahan itu merupakan kebutuhan penyelarasan maupun kelestarian. Pengadaan pangan, papan dan perlindungan adalah pancer murni

aspirasi kemanusiaan yang mempunyai pengetahuan, seni maupun kontrol.

Hasil perubahan atau perubahan itu kadang kala tidak terduga dan sering menjadi rumit. Kerumitan itu dapat berupa keuntungan tidak terduga tetapi juga biaya dan risiko yang tidak diharapkan. Oleh karena itu, menduga efek suatu teknologi menjadi sama pentingnya dengan memajukan kemampuan teknologi. Karena manusia adalah makhluk berfikir maka pengalaman dan wawasan hidupnya selalu mengusahakan penggunaan teknologi sebijak mungkin untuk kepentingan kelangsungan hidup spesiesnya.

Kita berkenalan dengan isti-

---

\*) Prof. Dr. Bambang Hidayat, Guru Besar Departemen Astronomi, FMIPA, ITB Bandung

lah "rekayasa" yakni penerapan secara sistematis ilmu (pengetahuan) untuk membangkitkan dan menerapkan teknologi. Berubahlah teknologi dari pekerjaan tangan menjadi pengetahuan sendiri. Pengetahuan adalah perangkat untuk memperkirakan kelakuan dan sifat sesuatu sebelum sebuah perangkat dibentuk atau seperti dalam ilmu pengetahuan alam, diamati. Proses umpan balik mulai tumbuh karena dalam proses rekayasa itu ilmu pengetahuan membagi warna dan daya bagi teknologi; sebaliknya hasil teknologi memberi masukan baru kepada ilmu pengetahuan. Tatkala teknologi menjadi lebih canggih kaitan dengan ilmu pengetahuan menjadi makin erat. Teknologi tidak hanya merupakan alat bagi ilmu pengetahuan tetapi, juga menumbuhkan motivasi dan arah suatu teori dan penelitian. Contoh sederhana adalah teori hukum kekekalan energi didesakkan oleh masalah teknologi untuk memperbesar efisiensi mesin uap komersial di masa awal revolusi industri. Akhir-akhir ini, dikotomi antara rekayasa dan ilmu pengetahuan diperlihatkan dengan nyata oleh pemetaan genetik DNA manusia yang termotivasi oleh teknologi rekayasa genetika. Keduanya tidak hanya memungkikan pemetaan itu dapat dilaksanakan, tetapi juga

menjadi alasan bahwa pemetaan dapat dilangsungkan.

Pada beberapa cabang teknologi, rekayasa dan ilmu pengetahuan tampak tidak terpisahkan. Pembuatan transistor dan superkonduktor adalah contoh dari *fisika-solid-state* yang meramu rekayasa dan ilmu pengetahuan menjadi produk jadi. Di situ tampak sifat ilmu pengetahuan yang memanfaatkan matematika sebagai alat. Lebih penting untuk disimak ialah bahwa dalam proses itu tampak karakter asli kemanusiaan dalam kreativitas dan logika, keinginan kerjasama dan ciri modern pertanggungjawaban ilmiah. Ketiga kelompok mempunyai wilayah tanggung jawab mandiri tetapi ada sinergi.

Secara singkat dapat dijabarkan bahwa ilmuwan melihat polanya untuk mengerti alam materi, dan rekayasa melihat apakah pola itu dapat di-"manipulasi" agar segi positif kelakuan materi bermanfaat. Ilmuwan memperhatikan bahwa teori sesuai dengan data pengamatan; matematikawan mencari bukti logis hubungan abstrak' rekayasawan menghasilkan dan memperlihatkan bahwa rancang bangunnya dapat berfungsi. Yang harus disadari ialah bahwa ilmuwan tidak dapat menjawab semua pertanyaan mendasar; matematikawan tidak se-

lalu dapat membuktikan semua hubungan fungsional yang ada; dan rekayasawan tidak dapat selalu membuat rancang bangun dan memecahkan semua masalah. Mereka harus saling mengisi untuk menghasilkan yang terbaik. Oleh karena itu agenda penting adalah teknologi berbasis ilmu pengetahuan untuk masa depan, dan untuk menghadapi perkembangan di masa depan ini kita harus menyelaskan pengertian pembangunan (ekonomi) berkualitas ilmu pengetahuan.

### **Ilmu Pengetahuan di Indonesia**

Kita sekarang melihat ilmu pengetahuan dan pengajarannya di Indonesia yang dapat dikatakan merupakan transplantasi dari pendidikan model Barat (Hidayat, 1980). Oleh karena merupakan proses transplantasi, kadang kala pertumbuhannya menemui beberapa kendala yang bertautan dengan budaya dan kebiasaan setempat, lokal atau regional. Sikap yang seharusnya berkembang bersama dengan kegunaan ilmu pengetahuan bagi kehidupan dan sosial belum sepenuhnya terimbas. Hal yang sama diamati oleh Koshland (1933) di banyak negara Asia - yang memperlihatkan bahwa pengalihan sikap dan budaya mengenai ilmu pengetahuan dan ikutannya; yakni penelitian (ri-

set) terhambat oleh beberapa faktor sosial dan budaya. Di Indonesia hal ini pernah diamati oleh Zen (1991).

Indonesia, seperti yang kita lihat, telah mempunyai lembaga pendidikan yang mengalihkan pengajaran ilmu pengetahuan dan teknologi. Negara mempunyai tujuan luhur yakni mencerdaskan bangsanya, berkehendak mengejar kemajuan di bidang ekonomi dan industri dengan kiat memperkuat komitmen kita dengan ilmu pengetahuan. Oleh karena ilmu pengetahuan merupakan budaya yang secara sistematis menyusun alur pemikiran, maka tumpuan kita adalah pada pendidikan formal dalam berbagai strata pendidikan. Pendidikan yang baik harus dapat mengimbas kepribadian dan kemampuan internal, bukan hanya memberikan dan meramu hasil orang lain menurut suatu resep. Oleh karena itu membicarakan peningkatan komitmen pengetahuan dasar untuk kesejahteraan bangsa tidak akan lepas dari proses pendidikan sebagai sarana mengubah sikap dan kiat. Buah pendidikan tidak segera dapat dilihat karena memerlukan tenggang waktu yang panjang antara hasil dan proses Pendidikan Ilmu Pengetahuan tidak lepas dari kaidah itu.

Irawan (1994) pernah mem-

pertanyakan secara retorik apakah pendidikan itu sebuah investasi atau konsumsi. Pendidikan yang hanya berupa pengajaran saja jelas belum memadai untuk menyongsong masa depan. Dalam majalah Nature (16 Desember 1993) terungkap bahwa, sebagai perbandingan, India meletakkan dasar ambisi positif untuk sukses dan mendudukkan dirinya sebagai "first-rank industrial power on the strength of its own research and development" (hal. 611). Dan riset itu adalah riset dasar. Bukan secara kebetulan kalau ulasan mengenai kemajuan di Cina (Abelson, 1993) juga menyentuh hal yang sama. Jadi pendidikan yang berjalan bersama dengan pemupukan nilai penelitian merupakan suatu tindak yang tidak dapat kita tanggalkan. Richmond (1993) di Inggris melihat, *Without an excellent basic research base, I do not believe Britain can ever produce a highly developed workforce for the nee, of its industry in the next century*. Jepang yang pernah terkenal menjadi negara penjiplak memahami hal itu dan dalam 20 tahun terakhir ini telah mengubah sistem pengajarannya. Ilmu pengetahuan dasar dan humaniora menjadi lebih dipentingkan.

Banyak penelitian dan lembaga penelitian di Indonesia lahir. Jauh sebelum pendidikan formal

tertier dapat diselenggarakan. Hortus Botanicus Bogor misalnya (Pyenson, 1988) dan banyak *proefstations* (Pyenson, 1994; van der Schoor, 1993) lahir 75 tahun sebelum ada universitas adalah tempat pengecambahan ilmuwan Belanda yang mengembangkan biologi dan kemudian menjadi suatu madzhab tersendiri dalam dunia keilmuan. Hal yang sama diperlihatkan oleh kolonialis Inggris di India (Kochar, 1992), dengan nuansa tujuan yang sedikit berbeda. Mereka memanfaatkan ilmu pengetahuan dasar untuk kepentingan eksplorasi dan penguasaan wilayah. Apapun yang pernah terjadi dalam panggung sejarah itu hasilnya sama bagi pendidikan tingkat tinggi yakni membentuk manusia yang sadar hukum alam. Pada waktunya hukum dan pengetahuan dasar itu diterapkan untuk kepentingan industri, ekonomi bahkan tidak jarang untuk memperkokoh kekuasaan.

Dengan menyebut fakta sejarah itu tidak berarti penulis mengajak kembali ke alam 150 tahun yang lalu. Sebaliknya kita harus ingat keunggulan komparatif yang kita miliki sekarang, dibandingkan dengan keadaan 150 tahun yang lalu. Statistik keberadaan lembaga-lembaga kita sudah tercakup dalam *Science and Technology Indicators of*

*Indonesia*. Buku terbitan BPPT tahun 1993 ini mengungkap wajah kuantitatif lembaga riset di Indonesia. Direktori pendidikan di Indonesia (vide: Hidayat 2001) memperlihatkan jumlah universitas yang besar, yang harus kita syukuri.

Dapat kita simak bahwa dari dokumen terakhir ini sudah banyak fakultas Ilmu Pengetahuan dan Teknologi yang dapat kita harapkan untuk membantu terselenggaranya masa depan terbasis ilmu pengetahuan. Namun, wajah kuantitatif itu sebenarnya harus kita cermati karena yang lebih kita perlukan ialah kualitas dan komitmen kita kepada pengajaran dan pendidikan, agar dapat menumbuhkan korp inti ilmuwan. Seperti yang dikatakan oleh Swarup (1991), *Human progress has always depended on the achievements of a few individuals of outstanding ability and creativeness*. Walaupun dalam garis besar adagium itu benar. Indonesia mempunyai kiat untuk meningkatkan kemampuan bangsa ini secara serentak, setidaknya menyadarkan adanya budaya yang bernama ilmu pengetahuan dan rekayasa.

Pendidikan (Baiquni, 1991), pada dasarnya adalah pengu-bahan sikap individu dengan memberikan imbuhan positif pada nilai natura individu yang bersangkutan. Harapan pendid-

diknya ialah agar imbuhan itu menjadi bekal seseorang untuk dapat mendayagunakan keunggulan diri, sedangkan yang bersangkutan yang telah terasah dan terarah oleh proses pendidikan itu merasakan nilai tambahan, dengan itu, mampu mengembangkan dirinya. Perasaan dan sikap terakhir itu merupakan cap penting keluaran suatu proses. Sebaliknya, proses pendidikan yang tidak menimbulkan sikap demikian dapat dikatakan kurang berhasil.

## **Pendidikan**

Kita tidak berbicara mengenai pendidikan secara umum, tetapi mengenai pendidikan yang tertuju dan terpola mengangkat dan memadukan hasilny dalam budaya kehidupan (vide: Magnis Suseno, 2001). Untuk masa depan yang masih panjang atribut budaya yang bermakna ilmu pengetahuan dan teknologi akan tetap menjadi sumbu utama penyelenggaraan hidup yang lebih baik. Tanpa menyadari hal tersebut kita akan selalu terdesak, karena gerakan mendasak itu akan terjadi jika ada gradien budaya, yang nyatanya telah mendudukkan kita pada tangga potensial yang belum tinggi. Lingkungan di sekitar kita makin canggih, makin tinggi potensial kebudayaan ilmu penge-

tahuan dan teknologinya. Kalau tidak diimbangi, maka potensial lebih mereka akan terus mengalir, menerjang benteng pertahanan kekuatan kita (vide: Hidayat, 1994).

Maka salah satu upaya pendidikan kita ialah memperkenalkan ilmu pengetahuan dan teknologi dalam kehidupan kita. Upaya lain, tentu saja mempertinggi kemampuan penelitian dan pengembangan (Hidayat, 2001). Yang menjadi pertanyaan ialah bagaimana meningkatkan potensi kita dalam pengetahuan dan teknologi untuk mengimbangi desakan luar. Pendidikan dapat dilaksanakan melalui berbagai cara, mulai dari yang informal, dengan sistem pendito dan cantrik, sampai kepada sistem ketat formil, di mana anak didik dianggap sebagai komputer dan sangat impersonal. Yang pertama mempunyai batasan karena nisbah masukan-keluaran terlalu kecil, walaupun akan menjamin kelanjutan tradisi di samping menghasilkan pakar unggul. Di ujung lain, kita bekerja secara statistik dan akan menghasilkan satu angkatan kerja terdidik masal, tetapi belum tentu cakap dan termotivasi. Penanaman motivasi di samping kecakapan sangat penting untuk dihiraukan.

Motivasi dapat tumbuh secara natura, tetapi dapat juga dikem-

bangkan. Pendidik adalah pengembang motivasi itu. Orang mengatakan bahwa pengalaman adalah guru terbaik. Kaidah ini betul, dan berlaku juga pada upaya pemekaran pendidikan ilmu pengetahuan dan teknologi. Pengalaman saintifik dan teknologik sangat diperlukan bagi seorang pendidik ilmu pengetahuan agar ia dapat meneruskan rasa dan nuansa kegiatan yang bernama ilmu pengetahuan dan teknologi. Tentu saja, agar dapat menerobos benteng psikologik anak didik diperlukan pengetahuan paedagogik. Pendidik ilmu pengetahuan atau pendidik teknologi di tingkat tertier memerlukan *know-how* dan *know-why*.

Hasil ilmu pengetahuan adalah ulah manusiawi, yang tersusun atas usaha berturutan, logik dan rasional. Memperkenalkan ilmu pengetahuan sebagai kumpulan fakta saja belum menumbuhkan benih unggul; malah lebih cenderung menimbulkan penghafal yang baik, yang kurang mementingkan hubungan sebab dan akibat. Padahal dalam pendidikan ilmu pengetahuan dan teknologi harus disadarkan bahwa kefungsiannya dalih yang koheren, dan bukan spekulasi, yang akan mendorong kemajuan ilmu. Pengamatan paling sederhana pun, jika hendak dijadikan ungkapan tersusun

logik, memerlukan perencanaan dan kontrol. Harus ada agenda perancangan.

Dewasa ini, karena berbagai kendala, sering terjadi pada pendidikan ilmu pengetahuan dan teknologi, kegiatan yang kurang hidup atau kurang bermakna. Padahal pendidikan berfungsi menggairahkan kasmaran (bahasa Jawa, artinya jatuh cinta, yang menggila). Kekurangan laboratorium mengurangi kemungkinan mereka bereksperimen. Tetapi, yang terjelek ialah kekurangan usaha untuk menambah pengalaman di bidang itu sendiri. Oleh karena itu kedua macam fasilitas tersebut dapat dikatakan harus disediakan bagi pendidikan.

Sudah dikatakan bahwa penumbuhan rasa kasmaran (cinta menggila) adalah salah satu fungsi pendidikan. Pendidikan ilmu pengetahuan harus dapat memberi bekal kepada anak didik dalam bentuk kemampuan.

1. untuk mengejawantahkan kelakuan dan hakikat alami, tidak hanya secara kualitatif, tetapi secara kuantitatif (nyatakan perubahan suhu dengan derajat: luas dengan metrik, dan sebagainya).

2. mengerti bahwa pengetahuan adalah wawasan tentang alam sekitar. Untuk mengerti kita harus merencanakan untuk mengerti.

3. meniti adanya hukum mekanistik dan fisik yang menguasai alam. Alam bukan magik, bukan hasil sulapan. Dalam pendidikan ilmu pengetahuan harus tampak proses yang dilaksanakan manusia, bukan hanya kumpulan fakta.

4. mengapresiasi bahwa pendidikan, dan kelak pengamatannya, sebagai self-renewal, untuk mengembangkan pluralisme dalam pemikiran ilmiah.

5. akhirnya, ia dapat teknologi dibimbing oleh intuisinya, daya induktif dan ketajaman deduksi dan pengiraannya.

Uraian singkat ini merupakan pernyataan bahwa pendidikan bukan ditujukan untuk menghasilkan superstars (yang memang diperlukan, tetapi itu hanya satu dari seribu anak didik), melainkan pendidikan untuk populasi menengah yang banyak kita temui. Pertumbuhan apresiasi terhadap isu dalam ilmu pengetahuan kemajuan dan membuat Scientific Literary, agar masyarakat hidup tidak dalam phobi tetapi masyarakat yang terbuka bebas dari ketakutan dan tachyul.

### **Penelitian-Penelitian**

Pengalihan ilmu pengetahuan, yang kita sebut pengajaran, dan penelitian adalah dua buah sisi mata uang dalam ursa

akademia. Di situ diharapkan seorang staf pengajar tidak hanya mampu mengalihkan kumpulan ilmu yang terkodifikasi tetapi juga diharapkan mampu menumbuhkan pemikiran yang menanya atau mempertanyakan fenomena dan kesahihan suatu keterangan. Lebih dari itu - sebagai akibat lanjut - seorang staf pengajar pada dasarnya adalah sosok pendidik yang seharusnya dapat mengembangkan kerjasamanya untuk menumbuhkan suasana demokratis dapat menerima kritik dan memberi umpan argumen atau kontra argumen, dalam bingkai keilmuan tanpa menyentuh masalah pribadi. Keilmuan yang dimaksud di sini ialah satu perangkat pengetahuan yang sudah teruji kebenarannya, karena menerangkan gejala dan meramal dalam batas yang diperbolehkan. Seperangkat pengetahuan yang tak lekang oleh uji coba itu disebut hukum atau kaidah.

Dalam muatan tugas luhur itulah staf pengajar pendidikan tersier memperoleh kesempatan dalam kebebasan akademia melakukan upaya mempertajam persepsi untuk membuktikan sebuah hipotesa bahkan lebih jauh dari itu, untuk mengungkap paradigma dan fenomena baru. Tradisi akademia yang sudah menahun itu tidak seharusnya mengambil porsi pengajaran,

malah sebaliknya menambah bobot pengajaran (Wuryani, 1996). Tugas utama sebuah universitas ialah mengecambahkan dan memajukan ilmu pengetahuan yakni membentuk dan mengadakan ilmu serta melatih pikir. Ini berarti bahwa universitas melaksanakan penelitian bukan hanya untuk mempertemukan sesuatu, tetapi karena penemuan sesuatu itu mempersyaratkan pengetahuan secara kritis, sistematis dan mutakhir. Keadaan seperti itu merupakan suasana lingkungan subur untuk mendidik mahasiswa yang kelak kita harapkan menempati kedudukan pekerja pemikir tingkat tinggi.

Kumpulan pemikir yang terdiri dari guru dan murid adalah batu dasar bangunan akademia dan masyarakat modern. Model itu sebenarnya berpangkal semenjak jaman Plato di bawah birunya langit Yunani Kuno, merambat ke dunia klasik di Barat, dan berreinkarnasi di Byzantium. Mungkin juga ikut menumbuhkan inspirasi pertumbuhan akademia di Paris pada abad pertengahan. Riset dalam bingkai akademia adalah sebuah peristiwa yang lebih dari sekedar keluaran berujud tulisan literer. Penelitian juga merupakan rambu yang lebih dari sekedar keluaran berujud tulisan literer. Penelitian juga merupakan ram-

bu yang menuntun staf pengajar melayari lautan ilmu pengetahuan di antara tradisi dan pembaharuan. Tenaga pengajar memikul beban luhur, memilih yang terbaik dari masa lalu -- apakah itu dari buku ajar standar atau makalah ilmiah -- untuk mahasiswanya. Tetapi ia mempunyai janji tidak tertulis untuk mengarahkan mahasiswanya kepada hal yang baru dan inovatif. Kegagalan pengajar melakukan hal tersebut dapat dikatakan merupakan langkah terjerumus dalam langkah sterilitas kesarjanaan. Kita menghargai penemuan, bahkan kita tergantung daripadanya. Ketidakterlibatan pengajar dengan penelitian akan mengaburkan pandangan karena pisau analisis tidak lagi tajam untuk memisahkan mode yang trendi dari wawasan pembaharuan fundamental. Penelitian sebenarnya merupakan kompas moral sebuah universitas -- dan pada waktunya kompas itu merupakan ukuran peradaban institusi. Nilai dan harga negara sangat tergantung kepada ukuran itu -- dan sumbangan ilmuwannya tetap selalu ditunggu pembayar pajak.

Sudah sering kita melihat perangkat keras yang canggih dan kompleks, lalu menarik kesimpulan itulah parameter terpenting sebuah upaya penelitian. Sebenarnya kita tidak boleh lupa

bahwa penentu mutu penelitian terletak dalam pemikiran manusianya yang memilih dan memilih pertanyaan untuk dijawab, dan dalam keinginannya mengetahui lebih banyak serta aspirasinya untuk melukis suatu fenomena yang tampaknya tak bertautan dalam suatu alur pemikiran runtut sehingga merupakan pengertian utuh. Membatasi penelitian dalam suatu acara pengumpulan data secara rutin saja akan memiskinkan pandangan dan menyesatkan arah karena menimbulkan kejeuman dan kejenuhan. Tetapi pengumpulan data yang dilandasi pengertian untuk menjawab suatu hipotesa serta dibarengi dengan kemampuan memilih akan menumbuhkan keinginan tahu -- dan keinginan tahu ini adalah modal yang harus kita tanam dengan penuh kesadaran dan kecintaan kepada anak didik. Fakta tidak selalu diberikan kepada kita -- tetapi hanya muncul karena kejelian berkat adanya seperangkat skeptisisme yang terorganisasi dalam pemikiran peneliti. Kitalah yang memilih, menghitung dan mengukur besaran dan kita pulalah yang mengelompokkan agar peristiwa itu tersusun menjadi urutan logik serta bermakna. Mencari makna hasil pengamatan atau eksperimen adalah sukar, tetapi bukannya tidak

mungkin dijangkau oleh latihan.

Penelitian adalah suatu upaya yang kita kerjakan dan keserjanaan adalah masalah dan jawaban yang terkandung dalam ulah pikir kita. Lebih jauh lagi, penelitian adalah suatu proses untuk memperoleh keterangan, sedangkan keserjanaan adalah proses untuk mengemukakan itu menjadi (ilmu) pengetahuan. Karena itu timbul konsekuensi sebagai berikut: penelitian dapat dikerjakan dengan kerjasama, tetapi keserjanaan tidak -- bahkan cenderung berupa karya individual. Oleh karenanya, tidak ada pangkat dalam universitas yang menyebutkan "asisten keserjanaan", tetapi dengan bangga universitas mengangkat dengan harapan yang tinggi dan hormat asisten peneliti. Kedua jenis tipe itu bisa memadu di dalam satu sosok, tetapi bisa juga dimiliki oleh dua sosok yang terpisah. Yang membedakannya adalah peneliti selalu mempertanyakan pertanyaan dasar: di mana, bilamana, oleh siapa atau oleh apa; seberapa besar; seberapa berat, seberapa cepat. Pertanyaan keserjanaan diwarnai oleh pernyataan dasarnya: mengapa dan bagaimana. Bahkan sering dilanjutkan dengan pertanyaan yang menusuk dan menyuruk: lalu apa akibatnya. Dan sering dengan tujuan mengembangkan masalah: jika

tidak demikian, bagaimana? Sintesa dari berbagai, atau semua, jawaban itulah yang membuat peneliti seharusnya bergairah. Hasil mereka merupakan tanda diri peneliti tersebut. Dengan tanda pengenalan diri itulah dia memasuki dunia ilmu pengetahuan, yang mempunyai kode etik utama: orisinalitas.

Apakah sumbangan pengajaran bagi penelitian atau sebaliknya, dapatkah penelitian berdampak pada pengajaran. Hoffman (1996) mengatakan bahwa *Teaching is a sobering, civilizing, experience, and it militates against unprincipled excesses of specialization*. Dengan perkataan lain manusia pengajar dan peneliti hidup dalam dua budaya. Sebab budaya penelitian mensyaratkan ketrampilan dan motivasi yang berbeda dengan budaya pengajaran. Namun keduanya sangat dibutuhkan oleh universitas. Meminjam ungkapan Seldin (1996): *The good teacher who is also good researcher remains the Holy Grail for many institution*. Dan seharusnya tridarma pendidikan tinggi kita mendorong ke arah pembentukan sosok seperti itu, sebagai rasa tanggung jawab kita kepada masa depan sebagai akibat upaya pengadaan universitas. Pengupayaan penelitian haruslah kita pandang sebagai pemupukan *reservoir know-how* dan sumber daya manusia --

yang merupakan kekuatan unik sebuah lembaga pendidikan tinggi.

Janji kita untuk mengungkap kebenaran dan yang benar adalah inti metodologi penelitian dan mendudukkan lembaga penelitian -- universitas atau departemental -- bukan sebagai lembaga yang mudah terkolusi, karena terisi dengan tenaga yang biasa berpikir mandiri dan hanya melihat dan menghargai kebenaran. Dalam penelitian kita tidak boleh terperosok ke dalam ke-diri-an dan keangkuhan. Seperti adagium kuno mengatakan orang bijak adalah orang yang mau belajar dari pengalaman orang lain, sedangkan orang sakit (jiwa) adalah mereka yang hanya mau belajar dari dirinya sendiri. Peneliti yang tidak bijak akan mudah terjerumus. Karena itu vektor penelitian harus mengarah kepada penerbitan hasil penelitian agar mitra bestari (*peers*) mengetahui yang kita kerjakan dan, sebaliknya, pekerjaan orang lain yang dipublikasikan dapat kita pergunakan sebagai bahan acuan. Di situlah tumbuh secara alami dan mandiri proses ajar mengajar dan kritik. Memelajari karya orang lain sebagai perbandingan dapat menuntun kita agar kita terjerumus ke dalam kesalahan fatal yang pernah terjadi. Karena mengulangi penelitian orang lain tanpa mem-

perkenalkan paradigma atau informasi baru akan merupakan pemborosan dana dan waktu. Francis Bacon mengingatkan kita: *The lame in the path outstrip the swift who wander from it*. Pandangan tajam ke depan dengan kebijakan yang dikumpulkan dari wawasan hasil penelitian lain akan berdaya guna. Proses pengumpulan itu sendiri sudah memperkenalkan kita kepada suatu tindak awal penelitian -- yang sering disebut "studi literatur", suatu proses yang tidak bisa dihindari.

Tetapi perlu diingatkan bahwa salah satu kesalahan ilmuwan muda ialah percaya kepada apa saja yang dia baca dan tidak memisahkan hasil penelitian (atau pengukuran) yang dilaporkan terhadap interpretasi pelapor. Seseorang dengan latihan yang cukup atau mereka yang kecenderungan meneliti selalu mengaitkan hasil bacaan dengan pengetahuan yang dimiliki untuk melihat analogi yang bermakna dan memisahkan generalisasi. Sebagian kecil manusia mempunyai talent untuk itu, tetapi bukannya tidak mungkin teknologi pendidikan membentuk manusia yang bersifat kritis dan penuh dengan *organized scepticism* agar dapat membaca gejala alamiah, sosial atau buatan. Kewajiban universitas adalah menyediakan sarana untuk

itu, terutama manusia berdaya dan perpustakaan. Universitas yang mengabaikan perpustakaan adalah fasilitas pendidikan tersier yang tidak utuh karena mengabaikan hakiki pembentukan manusia yang ingin tahu. Pengumpulan informasi adalah pemupukan investasi mahal tetapi tidak dapat dihindari kalau kita ingin tenaga pengajar kita tidak myopik.

### Penutup

Keterkaitan antara ilmu pengetahuan, matematika, rekayasa dan teknologi telah diuraikan secara singkat. Dalam uraian itu baru sedikit disinggung aspek sosial, budaya dan manusiawinya, tetapi dalam pemikiran penulis tindak dan ulah *scientific* harus dianggap sebagai proses budaya. Produk teknologi tidak berdiri sendiri tanpa memikirkan manusia penggunaannya. Karena itu upaya menghasilkan teknologi melalui rekayasa harus selalu dituntun oleh kebijakan sosial dan budaya agar teknologi itu tidak menjadi corpus alinum dalam tubuh bangsa. Pendidikan dan penelitian merupakan seperangkat alat untuk memajukan bangsa dan diri kita. Kecuali kecakapan kita memerlukan komitmen dan moralitas agar proses pendidikan kita menghasilkan produk yang

sadar dunia nyata, rasional dan dapat bertindak efektif. Penelitian sendiri adalah porsi yang harus menjadi bagian tugas pengajar pendidikan tinggi.

### REFERENSI

- Anonim, 1993, 'Science and Technology, Indicators of Indonesia, 1993, diterbitkan oleh BPPT, 1993.
- Baiquni, A., 1991, Pendidikan Matematika dan Sains Menuju Pembudayaan Penalaran, dalam Memorandum Pandangan Badan Pertimbangan Pendidikan Nasional, Jakarta 1991.
- Eisyam, Asaab, 1993, Direktori Perguruan Tinggi Negeri di Indonesia Tahun 1993. Dir. Jen. Dik. Ti., Depdikbud, Jakarta, 1993.
- Hidayat, B., 1980, Implantation of Natural Science: an Indonesian Case, dalam Western Ideas and Higher Education in Asia, Proceedings of ASAIHL, Jakarta, 1981, Editors: C.P. Aquino and M. Mardjono.
- Hidayat, B., 1990, "Koleksi Data, Percobaan atau Riset", Majalah Pendidikan Ilmu Pengetahuan Alam", No. 98 tahun 9, hal. 1-6. Bandung, 1990.
- Hidayat, B., 2000, "University Re-

- search and Wealth of the Nation" dalam *Teaching of Astronomy in Asian-Pacific Region*, Bulletin No. 15, Mitaka, Tokyo, Japan, 2000, Pg. 63.
- Hidayat, B., 2001, "Kebijakan Ilmu Pengetahuan dan Ilmu Pengetahuan dalam Kebijakan", Makalah Strategi Kebijakan Riset, Meneg RISTEK, Jakarta, 26 Sept. 2001 (dalam Penerbitan).
- Hoffman, Ronald, 1996, "Research Strategy" Teach", *American Scientist*, 84, 20, 1996.
- Irawan, Prasetya, 1994, Pendidikan: Investasi atau Konsumsi, *Merdeka*, 11 Januari 1994.
- Kochar, R.K., 1992, Science in British India: Colonial Tool, *Current Science*, Vol. 63, Dec. 1992, pg. 1689.
- Koshland, D.E., 1993, The Career of Scientific Exploration, *Science*, Vol. 261, Sept. 24, 1993, Pg. 1650.
- Magnis Suseno, S.J. Frans, 2001, "Untuk Apa Pendidikan Astronomi" dalam Seminar "50 Tahun Pendidikan Astronomi di Indonesia", ITB, Bandung, 20 Oktober 2001.
- Pyenson, L., 1989, Empire of Reason: Exact Science, in Indonesia, 1840-1940, E.J. Brill, Leiden, 1989. Pyenson, L., 1994, Science in Indonesia, dalam *Encyclopedia of the The History of Science in Non-Western Culture*, Preprints dan komunikasi pribadi.
- Richmond, Sir Mark, 1993, The British Strategy in Science, *Nature*, Vol. 362, Aug, 1993, pg. 584.
- Seldin, P., 1980. "Successful Faculty Evaluation Programs", *Crugers*, New York, p. 130, 1980.
- Swarup, G., 1991, Hommi Bhabha - personal reminiscences, *Current Science*, Vol. 60, Jan. 1991, pg. 75.
- van der Schoor, Wim, 1993, Science for the Indies: Biology and Ideology, history of Science Congress, Zaraga, Spain, August 1993.
- Wuryani, W., 1996, "Dosen dan Penelitian", Ceramah pada Penataran Dosen PTS, Kopertis Wilayah IV, Bandung 15 Juli 1996.
- Zen, M.T., 1991, Duapuluh Lima Tahun Berikutnya, dalam *Menerawang Masa Depan Pengetahuan dan Teknologi* Editor: Saswiniardi Sasmojo; G. Raka; Ratna Panggabean; M.B. Budiarto; Lanny, T., Hardy dan Mubiar Purwasasmita; ITB, 1991.