

Kebijakan Ilmu dan Teknologi

H. Haryo ASWICAHYONO*

Bangsa Indonesia sudah bertekad untuk mencapai tahap tinggal landas pada akhir Pelita VI, dalam arti dapat tumbuh dan berkembang atas kemampuannya sendiri menuju masyarakat adil dan makmur berdasarkan Pancasila. Salah satu syarat utama yang harus dipenuhi untuk dapat mencapai tahap tinggal landas tersebut adalah, tercapainya tingkat tertentu dalam penguasaan dan pengembangan ilmu dan teknologi oleh masyarakat tersebut. Oleh sebab itu diperlukan suatu kebijakan ilmu dan teknologi yang sifatnya terpadu dan menyeluruh, sehingga ilmu dan teknologi bisa semakin dikuasai.

Tulisan berikut dimaksudkan untuk memberikan gambaran secara garis besar tentang fungsi-fungsi dan kegiatan-kegiatan ilmu dan teknologi, serta kebijakan-kebijakan maupun faktor-faktor yang mempengaruhinya, dalam rangka penyusunan kebijakan ilmu dan teknologi.

FUNGSI DAN KEGIATAN ILMU DAN TEKNOLOGI

Berdasarkan fungsi dan kegiatannya, ilmu dan teknologi bisa dibedakan dalam tiga bidang,¹ yaitu yang berkaitan dengan sisi kebutuhan akan teknologi, yang berkaitan dengan sisi suplai teknologi, dan yang menghubungkan sisi kebutuhan dan sisi suplai teknologi. Setelah diketahui situasi dan kondisi ketiga bidang tersebut, barulah disusun kebijakan yang dapat mempengaruhinya.

*Staf CSIS.

¹International Development Research Centre (IDRC), *Science and Technology Policy Implementation in Less-Developed Countries: Methodological Guidelines for the STFI Project* (Lima, 1975), hal. 9.

Sisi Kebutuhan

Sisi kebutuhan ini berkaitan dengan perilaku dan keputusan-keputusan teknologis yang diambil oleh unit-unit produksi. Kebutuhan ini tidak hanya berupa kebutuhan akan teknologi baru, tetapi juga kebutuhan teknologi untuk penyempurnaan teknologi yang sudah ada. Sedangkan bila ditinjau asal teknologi tersebut, sebagian berasal dari luar negeri yang biasanya diberikan oleh MNC dan sebagian lain sudah bisa disediakan dari dalam negeri.

Mengingat begitu beragamnya teknologi yang ada dan sangat dinamisnya perkembangan teknologi, maka pemilihan teknologi menjadi masalah kunci dalam kebijakan teknologi. Pemilihan teknologi tergantung pada kriteria-kriteria yang diambil oleh pembuat keputusan. Prof. Habibie mengambil dua kriteria dalam pemilihan teknologi,² yaitu: (1) dapat diterapkannya rencana produksi progresif; (2) mula-mula berorientasi pada kebutuhan pasar dalam negeri. Kriteria-kriteria tersebut membawanya pada pilihan wahana-wahana transformasi industri yang meliputi: (1) industri alat pengangkutan (pesawat terbang, kapal laut, dan transportasi darat); (2) industri elektronika serta komunikasi; (3) industri energi; (4) industri rekayasa; (5) industri alat dan mesin pertanian; (6) industri pertahanan. Kriteria kedua ini perlu mendapat perhatian secara khusus, mengingat kriteria tersebut dapat mengakibatkan timbulnya lingkungan yang tidak sehat dalam pemilihan teknologi. Orientasi pasar dalam negeri yang biasanya diiringi distorsi harga pada berbagai faktor produksi dapat menyebabkan ketidaktepatan pemilihan teknologi.³

Kriteria lain dapat juga dipertimbangkan dalam pemilihan teknologi, misalnya kriteria keunggulan komparatif. Bila kriteria ini yang dipakai, maka mungkin teknologi yang berkaitan dengan sektor agribisnis yang mendapat prioritas untuk dikembangkan.⁴

Teknologi baru yang mempunyai nilai komersial tinggi di masa depan, bahkan mungkin dapat menggeser teknologi yang telah kita kuasai, perlu juga diperhatikan secara serius. Bioteknologi dan rekayasa genetik misalnya, diramalkan akan sangat besar pengaruhnya pada sektor kimia, farmasi, pangan dan energi. Keunggulan-keunggulan kita saat ini besar kemungkinan menjadi

²B.J. Habibie, "Beberapa Pemikiran Tentang Strategi Transformasi Industri Negara Berkembang," *Suara Karya*, 20 Juni 1983.

³Gustav Ranis, "Appropriate Technology, Obstacle and Opportunities," dalam Samuel M. Rosenblatt (ed.), *Technology and Economic Development: A Realistic Perspective* (USA: Westview Press, Inc., 1979), hal. 42. Untuk melihat kontras pengalaman dua negara berkembang, baca pengarang yang sama, *Appropriate Technology in the Dual Economy: Reflection on Philippine and Taiwan Experience* (International Economic Association: Macmillan, 1979).

⁴Christianto Wibisono, "Integrasi Pemasaran dan Produksi," *Kompas*, 27 Februari 1985.

tidak ada artinya dibandingkan dengan keunggulan yang diperoleh berkat perkembangan teknologi tersebut

Di samping kebijakan yang mempengaruhi kebutuhan teknologi impor, diperlukan juga kebijakan untuk meningkatkan kebutuhan akan teknologi domestik. Beberapa kebijakan yang ditujukan untuk meningkatkan permintaan akan teknologi domestik sudah dikeluarkan oleh pemerintah, di antaranya Keppres No. 29 tahun 1984 mengenai pelaksanaan APBN, yang mewajibkan Departemen/Lembaga yang melakukan pemborongan/pembelian menggunakan barang produksi dalam negeri, serta wajib menggunakan kontraktor dan/atau konsultan nasional sepanjang kemampuannya telah ada di dalam negeri. Lebih dari itu diperlukan kebijakan yang lebih mendasar yang dapat meningkatkan kebutuhan akan teknologi domestik, yaitu kebijakan untuk meningkatkan kemampuan mulai dari studi kelayakan sampai rancang bangun dan perkerjasama (*design and engineering*) industri, karena pada tahap awal tersebut ditentukan seberapa jauh teknologi domestik dapat dimasukkan. Bila hal tersebut diserahkan pada konsultan/kontraktor asing, maka kemungkinan besar teknologi dari negaranya yang akan mengisi industri tersebut.

Di atas sudah disebutkan, di samping kebutuhan akan teknologi baru, diperlukan juga penyempurnaan teknologi yang sudah dimiliki. Lembaga yang bergerak di bidang ini bertugas mencari masalah-masalah yang dihadapi oleh industri lokal, kemudian memecahkannya. Masalah-masalah itu baik yang bersifat teknis seperti penghematan bahan baku dan energi serta penyempurnaan proses produksi, maupun yang non-teknis seperti manajemen, transportasi, perizinan dan biaya sosial.

Betapa tidak efisiennya penggunaan energi pada pabrik/industri, bisa dilihat misalnya pada hasil penelitian studi grup Perancis terhadap besarnya energi spesifik, yaitu energi yang diperlukan untuk menghasilkan satu kilogram barang, di Indonesia:⁵

Tekstil	2.460,94 - 5.777,40	kkal/kg
Gula	5.089,16 - 9.716,30	kkal/kg
Kertas	3.471,10 - 9.399,02	kkal/kg
Semen	800,00 - 1.681,00	kkal/kg
Baja	1.984×10^3 - 12.308×10^3	kkal/ton

Variasi yang demikian besar menunjukkan, beberapa pabrik masih bisa diperbaiki efisiensinya. Dengan beberapa investasi untuk "heat recovery" dapat

⁵Ariono Abdulkadir, "Energi Dalam Industri," makalah yang disampaikan pada Lokakarya Energi, 1985, hal. 7.

dicapai penghematan antara 2,5 - 18,5% di atas nilai yang diperoleh tanpa investasi.⁶

Lembaga "Engineering Extension Service" ini bisa dimulai dari lembaga auditing energi,⁷ kemudian dikembangkan lebih jauh untuk pelayanan ilmu dan teknologi yang lain.

Sisi Suplai

Sisi suplai berfungsi menyediakan ilmu dan teknologi yang dibutuhkan oleh unit produksi. Pihak-pihak yang paling bertanggung jawab dalam penyediaan ilmu dan teknologi ini meliputi organisasi riset, perguruan tinggi/ pendidikan vokasional dan perusahaan jasa (konsultan, kontraktor, surveyor).

Biaya riset yang dikeluarkan oleh negara-negara maju pada umumnya berkisar antara 2-3% dari GNP, sedangkan di negara berkembang berkisar antara 0,5 - 1%.⁸ Dalam nilai absolutnya pengeluaran untuk riset di negara maju 40 kali lebih besar daripada negara berkembang.⁹ Pengeluaran yang kecil tersebut masih dibagi-bagi lagi pada sejumlah besar unit penelitian dan pengembangan (litbang) yang pada umumnya dikuasai pemerintah. Hambatan finansial inilah, di samping kelangkaan tenaga riset dan peralatan yang kadaluwarsa, yang menyebabkan kemampuan penguasaan teknologi unit-unit litbang berada di belakang kemampuan penguasaan teknologi para industriawan, apalagi industri asing. Karenanya masalah seleksi, konsentrasi dan komersialisasi penelitian-penelitian menjadi masalah kunci dalam kebijakan riset di Indonesia. Masalah lain yang dihadapi oleh organisasi riset di Indonesia, berkaitan dengan kenyataan bahwa sebagian besar organisasi riset ini dikuasai pemerintah dan kurang ada kaitan dengan dunia bisnis sehingga penelitian yang diadakan kurang berorientasi pada pasar. Karena pada dasarnya riset merupakan bagian, kalau tidak mau dikatakan tulang punggung dari bisnis, maka peran-serta perusahaan swasta dalam riset perlu ditingkatkan sehingga akhirnya peran organisasi riset swasta menjadi lebih besar daripada organisasi riset pemerintah, atau bila pihak swasta belum mampu, mengingat

⁶*Ibid.*

⁷Lembaga auditing energi ini diusulkan oleh Ariono Abdulkadir dalam Lokakarya Energi, 1985.

⁸Economic and Social Commission for Asia and the Pacific, "Technology for Development: Regional and International Co-operation," laporan yang disampaikan pada Intergovernmental Meeting on Technology for Development, Bangkok, 1-3 Februari 1984, hal. 4-12.

⁹*Ibid.*

riset memerlukan biaya yang sangat tinggi, paling tidak organisasi riset pemerintah menjadi benar-benar terkait dengan dunia bisnis.

Sebagai penyedia utama tenaga terampil untuk melayani ilmu dan teknologi, dunia pendidikan perlu dikaitkan dalam satu sistem dengan pembangunan nasional, riset dan produksi.¹⁰ Berbeda dengan Korea misalnya, pendidikan tidak disebut dalam kaitan dengan sistem tersebut. Bukan karena pendidikan tidak penting dalam sistem tersebut, melainkan justru karena pendidikan sudah membudaya di negara tersebut.

Untuk menciptakan keterkaitan tersebut, diperlukan dua pendekatan dalam mempolakan pendidikan nasional:¹¹ *Pertama*, pendekatan keperluan tenaga kerja, dan yang *kedua*, pendekatan kultural pembentukan tenaga kerja. Dalam pendekatan pertama, jumlah tenaga kerja dihitung berdasarkan perkembangan pendapatan nasional di masa depan. Proses perhitungan ini kira-kira dapat disimpulkan melalui enam tahapan pokok:¹²

1. Proyeksi produksi (output) dari sektor-sektor industri yang dihitung berdasarkan tingkat perkembangan pendapatan nasional yang ditetapkan secara independen;
2. Taksiran mengenai perkembangan tingkat produktivitas tenaga kerja sektor-sektor industri;
3. Perkembangan produksi dan perubahan-perubahan produktivitas sektor-sektor industri menentukan jumlah bahan-bahan (input) yang diperlukan;
4. Perincian dari keseluruhan tenaga kerja yang diperlukan dalam berbagai jenis pekerjaan;
5. Jenis-jenis pekerjaan dinyatakan ke dalam jenis-jenis tingkat-tingkat pendidikan yang diperlukan;
6. Kemudian dihitung jumlah tenaga kerja yang harus dihasilkan oleh sistem pendidikan di tahun-tahun yang akan datang.

Pendekatan semacam itu misalnya dilakukan oleh Menaker Sudomo yang dengan koordinasi departemen-departemen lain, di antaranya dengan Depdikbud, menyusun kebijakan perencanaan tenaga kerja nasional.¹³

¹⁰"Pendidikan, Teknologi dan Proses Industrialisasi," *Manajemen*, Juli-Agustus 1982, hal. 46.

¹¹Daoed Joesoef, "Persoalan Approach dalam Mempolakan Pendidikan dalam Rangka Pembangunan Nasional," *Analisa*, Februari 1974, hal. 28.

¹²*Ibid.*, hal. 29.

¹³"Perencanaan Tenaga Kerja Nasional dan Pembangunannya: Masalah dan Prospeknya," *Manajemen*, September-Oktober 1983.

Agar kebudayaan atau sistem nilai yang dihayati masyarakat tidak menghambat perkembangan ilmu dan teknologi, maka pendekatan kedua menjadi sangat penting untuk diterapkan dalam penyusunan kebijakan pendidikan. Menurut Daoed Joesoef:

”... , berhadapan dengan kondisi-kondisi kemasyarakatan sebagaimana yang dihadapi oleh negara-negara muda seperti Indonesia, sumbangan pendidikan dan pembangunan ekonomi, menurut hemat kami (approach kultural) seharusnya untuk sebagian terbesar terdiri dari ”pengaruh inovatif” (innovative effects) terhadap kondisi-kondisi kemasyarakatan yang menghambat perkembangan pembangunan.”¹⁴

Pendekatan kedua ini pada dasarnya tidak ditujukan secara khusus untuk mempengaruhi fungsi dan kegiatan ilmu dan teknologi, tetapi mempunyai dampak yang sangat besar terhadapnya (*implicit science and technology policy*). Mengenai hal ini akan dibahas lebih lanjut dalam bagian lain tulisan ini.

Agar lebih jelas, kedua pendekatan tersebut ditabulasikan dalam tabel berikut:¹⁵

	Pendekatan 1	Pendekatan 2
Konsep	Efisiensi alokatif tenaga kerja	Efisiensi inovatif tenaga kerja
Pembiayaan	Pengeluaran konsumsi	Pengeluaran investasi
Kapasitas absorpsi terhadap ”hasil-hasil” pendidikan merupakan fungsi dari:	Struktur dan trend pertumbuhan modal nyata yang dipekerjakan	Efisiensi inovatif tenaga-tenaga kerja yang dipekerjakan

Salah satu bentuk teknologi¹⁶ yang harus disediakan oleh sisi suplai dan sangat penting peranannya dalam perencanaan strategik (misalnya dalam pemilihan teknologi) adalah informasi.

¹⁴Daoed Joesoef, *loc. cit.*, hal. 33.

¹⁵Diolah dari ”Persoalan Approach dalam Mempolakan Pendidikan dalam Rangka Pembangunan Nasional,” *Analisa*, Februari 1974.

¹⁶Russel B. Sunshine, ”Technology Transfers and Foreign Investment,” dalam Robert Hel-lawell dan Don Wallace, Jr. (eds.), *Negotiating Foreign Investments*, Vol. II (Washington, D.C.: The International Law Institute, 1982), hal. 7.4A.2. Di situ dijelaskan bahwa ada tiga bentuk teknologi: pertama, dalam bentuk barang-barang modal; kedua, dalam bentuk tenaga terlatih; dan yang ketiga, dalam bentuk informasi.

Derajat kepentingan informasi tergantung pada jenis-jenis informasi dan untuk kepentingan apa informasi tersebut. Diagram berikut menunjukkan derajat kepentingan tersebut:¹⁷

	Strategi	Taktikal	Operasional
Ketergantungan pada informasi eksternal	sangat tinggi	sedang	sangat rendah
Ketergantungan pada informasi internal	sedang	tinggi	sangat tinggi
Informasi online	rendah	tinggi	sangat tinggi
Informasi periodik	sangat tinggi	tinggi	sangat tinggi
Informasi deskriptif historis	rendah	tinggi	sedang
Informasi hasil terakhir	sedang	tinggi	sangat tinggi
Informasi prediksi masa depan	sangat tinggi	tinggi	rendah
Informasi yang berisi simulasi "apa yang terjadi jika"	sangat tinggi	tinggi	rendah

Sumber-sumber informasi yang ada di Indonesia, di antaranya Biro Pusat Statistik, Pusat Dokumentasi Ilmiah LIPI, Pusat Informasi Nasional, namun demikian masih belum bisa memenuhi seluruh spektrum informasi seperti yang disebut di atas. Mengingat tingkat perkembangan teknologi komunikasi yang telah kita miliki, sudah saatnya untuk menghubungkan kegiatan ilmu dan teknologi dalam satu jaringan sistem informasi untuk lebih memudahkan koordinasi antara pihak-pihak yang terlibat dalam kegiatan ilmu dan teknologi.

Sisi Kaitan

Sisi kaitan ini menghubungkan sisi suplai dan sisi kebutuhan ilmu dan teknologi, sehingga pengetahuan teknologikal bisa mengalir ke unit-unit produksi. Sisi ini juga menghubungkan kebutuhan unit-unit produksi terhadap sumber-sumber teknologi dari dalam maupun luar negeri (kebijakan alih teknologi).

¹⁷Economic and Social Commission for Asia and the Pacific, *op. cit.*, hal. 4-33.

Peran pemerintah dalam kebijakan ilmu dan teknologi seharusnya semakin lama semakin dipusatkan pada area ini, yaitu dengan memberikan kemudahan-kemudahan atau regulasi sehingga pengaliran pengetahuan teknologikal ke unit-unit produksi bisa terjamin. Bentuk-bentuk kemudahan tersebut misalnya berupa bantuan terhadap pengusaha swasta dalam pemilihan teknologi yang paling tepat, dalam memperkuat posisi swasta dalam tawar-menawar dengan pihak asing, juga agar tujuan jangka pendek pihak swasta sesuai dengan tujuan jangka panjang pemerintah.

Salah satu kebijakan terpenting dan pertama-tama harus dilakukan dalam area ini adalah regulasi impor teknologi. Selama ini di Indonesia pada dasarnya segala macam teknologi bebas masuk tanpa didaftar dan dipelajari untuk dibuat mekanisme dan aturan hukum yang memaksa terjadinya alih teknologi, sehingga tidak aneh bila setelah 10 kali kita membangun pabrik gula, teknologinya tetap masih belum dikuasai, sedangkan India setelah 4 kali membangun sudah bisa menguasainya. Secara garis besar di atas sudah disebutkan beberapa kriteria dalam pemilihan teknologi, namun untuk regulasi impor kriteria-kriteria tersebut perlu ditambah dengan kriteria lain yang lebih mendetail yang tergantung pada jenis teknologi yang ingin dikuasai, misalnya untuk penguasaan teknologi rancang bangun dan perekayasaan industri maka industri-industri yang pembangunannya berulang yang mendapat prioritas, seperti: pabrik semen, pabrik gula, pabrik pengolahan kelapa sawit, pabrik pupuk, teknologi eksplorasi/eksploitasi tambang dan minyak. Menurut Dr. R.B. Suhartono,¹⁸ Kepala Badan Penelitian dan Pengembangan Industri, Departemen Perindustrian, salah satu dampak negatif akibat tidak adanya regulasi tersebut adalah timbulnya segmentasi pasar yang menghambat proses alih teknologi.

Dalam bagian Suplai Teknologi telah disebutkan bahwa salah satu kelemahan terbesar dari organisasi riset kita adalah tidak adanya kaitan antara riset dan industri, dan lemahnya orientasi pasar dari riset, maka menjadi tugas pemerintah untuk mengaitkan organisasi riset tersebut dengan industri dan membantu pihak swasta yang mengembangkan riset. Usaha semacam ini sudah dirintis oleh pemerintah misalnya dengan didirikannya usaha milik pemerintah, PT Bahana Pembinaan Usaha Indonesia yang secara aktif menghubungi lembaga-lembaga penelitian di Indonesia yang mempunyai penemuan-penemuan baru di bidang teknologi yang bisa dikembangkan sebagai usaha komersial.¹⁹

¹⁸"Indonesia Belum Memiliki Peraturan Alih Teknologi," *Kompas*, 29 September 1983.

¹⁹"Program Industri dengan Landasan Teknologi Terapan," *Antara*, 6 Februari 1983.

Beberapa kegiatan yang sudah disebut-sebut di atas bisa juga dipandang dalam sisi ini, misalnya "engineering extension service," dan sistem informasi industri.

KEBIJAKAN ILMU DAN TEKNOLOGI YANG TAK LANGSUNG

Di samping kebijakan yang ditujukan untuk mempengaruhi fungsi dan kegiatan teknologi terdapat kebijakan yang tidak ditujukan secara langsung, namun memberikan pengaruh yang sangat besar terhadap fungsi dan kegiatan ilmu teknologi tersebut, misalnya pendekatan kultural dalam pendidikan yang telah dibahas di atas. Kebijakan tak langsung ini besar peranannya dalam menciptakan iklim yang baik untuk berkembangnya ilmu dan teknologi. Tabel berikut menunjukkan kebijakan tak langsung yang memberikan pengaruh yang cukup besar dalam ilmu dan teknologi:²⁰

a. Ekonomi (terutama ditujukan pada sistem ekonomi)

- keuangan (kredit, tingkat bunga);
- fiskal (pajak, kurs devisa, pengawasan devisa);
- perdagangan luar negeri (tarif dan hambatan non-tarif);
- perdagangan dalam negeri (harga, pemasaran, belanja pemerintah);
- gaji dan kebijakan kompensasi tenaga kerja;
- penanaman modal asing, kompensasi dan nasionalisasi;
- kebijakan pembangunan ekonomi;
- kebijakan industri;
- kebijakan pertanian;
- instrumen hukum dan umum;
- kebijakan pengembangan regional.

b. Tenaga Kerja

- sistem pendidikan (tingkat buta huruf, pendidikan dasar, dan menengah, pendidikan kejuruan, dan pendidikan-pendidikan lain);
- kebijakan pendidikan tinggi (universitas, lembaga training, training manajemen, training purna doctoral);
- kebijakan pengiriman mahasiswa/karyawan ke luar negeri;
- training dan training ulang untuk industri, training untuk teknisi;
- kebijakan penggunaan tenaga asing;
- kebijakan emigrasi profesional;
- kebijakan repatriasi dari tenaga kerja terlatih;
- kebijakan yang berkaitan dengan mobilitas tenaga ahli;
- kebijakan untuk promosi sumber daya manusia;
- struktur gaji dan penghargaan; mobilitas.

²⁰IDRC, *op. cit.*, hal. 25.

c. Kebudayaan

- mekanisme untuk memodifikasi struktur nilai, kebiasaan, norma, dan sebagainya, termasuk peranan wanita;
- kebijakan ke arah modernisasi dan perubahan teknologikal;
- popularisasi ilmu dan teknologi;
- kebijakan ke arah modifikasi dari struktur status, prosedur pemberian penghargaan.

d. Ekologi dan Pemanfaatan Sumber Alam

- kebijakan eksploitasi cadangan sumber alam;
- kebijakan lingkungan hidup, polusi.

e. Demografi dan Sosial

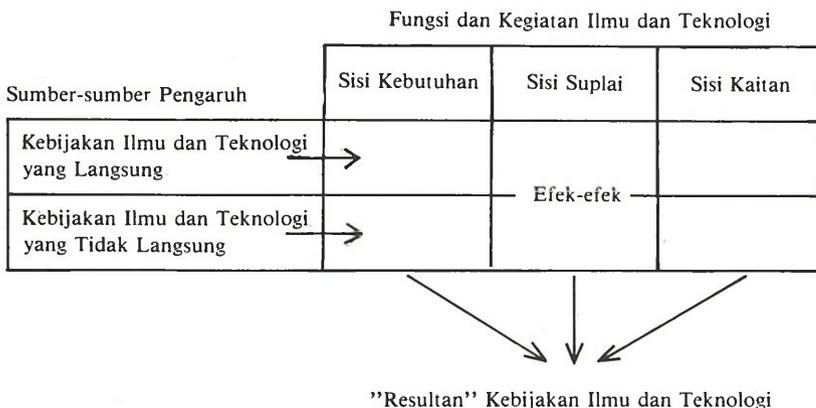
- kesehatan;
- tingkat kematian;
- keluarga berencana;
- kebijakan pendapatan, pemerataan pendapatan;
- kebijakan meningkatkan mobilitas sosial.

PENUTUP

Mengingat penguasaan ilmu dan teknologi tidak bisa ditangani secara terpisah-pisah, maka diperlukan kebijakan ilmu dan teknologi yang sifatnya ter-

Diagram 1

SKEMA UMUM INTERAKSI ANTARA SUMBER-SUMBER PENGARUH DENGAN FUNGSI DAN KEGIATAN ILMU DAN TEKNOLOGI



padu dan menyeluruh, yang berarti bahwa kebijakan ilmu dan teknologi harus meliputi kebijakan yang bersifat langsung maupun tak langsung dan menyentuh seluruh fungsi dan kegiatan ilmu dan teknologi yang telah diuraikan di atas (lihat Diagram 1).

Perhatian khusus pertama perlu diberikan pada kebijakan pemilihan teknologi karena itu merupakan awal yang menentukan kebijakan-kebijakan yang lain, kedua, kebijakan pendidikan khususnya pendekatan kultural, karena penguasaan ilmu dan teknologi lebih tergantung pada sumber daya manusia daripada kekayaan alam yang dimiliki.