

KEBIJAKSANAAN RISET DI BIDANG ILMU HAYAT DALAM PANDANGAN GLOBAL DAN NASIONAL INDONESIA *)

Oleh :

Prof. Dr. Ir. Doddy Tisna Amidjaja
Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia

PENDAHULUAN

Jika persepsi saya benar, maka yang dimintakan dari saya dalam membahas topik yang berjudul "Kebijaksanaan Riset di Bidang Ilmu Hayat Dalam Pandangan Global dan Nasional Indonesia", adalah pertama-tama melihat peran Ilmu Hayat dalam cakrawala global sebagai latar belakang untuk memperluas wawasan, selanjutnya secara lebih khusus mengkaji peran Ilmu Hayat dalam konteks wilayah negara Indonesia, dan akhirnya membicarakan bagaimana seyogyanya dikembangkan kebijaksanaan riset dalam bidang Ilmu Hayat, khususnya di Indonesia, dengan mengidentifikasi prioritas-prioritas masalah yang perlu dipecahkan terlebih dahulu.

Menerawang peran Ilmu Hayat dalam pandangan global, maka dengan sendirinya kita harus berkontemplasi kembali mengenai hakekat hubungan Ibu Pertiwi "*mother Earth*" khususnya biosferanya, dengan hidup dan kehidupan yang disangganya, dalam daur-daur ulang (siklus), yang mengikuti hukum-hukum alam tertentu. Meskipun pola-penghidupan di biosfera dunia, selama 1 atau 2 juta tahun sejak Homo Sapiens diduga tampil dipermukaan bumi, telah banyak berubah, namun ketergantungan manusia dan segala potensinya untuk menyangga kehidupan "*lifesustaining capacity*" masih tetap, dengan segala prinsip-prinsip alamiahnya.

Melihat kondisi dunia sekarang, dan kecenderungan-kecenderungan perkembangan, khususnya dalam aspek "Ruang hidup" "*Lebensraum*"; faktor-faktor esensial bagi kehidupan, serta sumber-sumber daya alamnya, maka dengan sendirinya terlintas dalam pikiran, ucapan Paul Valery : "*Le temps du monde fini commence*". Dunia kita ini, bagaikan suatu satelit yang mengambang di angkasa raya, dengan sumber bahan-bahan utama

*) Dibawakan oleh Prof. Dr. D. Sastrapradja, LIPI.

energi matahari yang membawa angkasawan-angkasawan, yang terus memperbanyak diri, sedangkan bakal hidupnya, meskipun untuk sebagian besar dapat terus-menerus memperbaharui diri dengan daur-ulang "recycling"; namun terbatas pula, karena ada nilai-ambang-toleransi akan kadar unsur-unsur yang berperan dalam proses recycling tersebut, yang dapat meracuni kelangsungan proses siklis tersebut.

Memang akhirnya, masalah kita di dunia ini adalah masalah kemandirian *existence* kemanusiaan "Mankind" secara keseluruhan, di dalam dunia yang sudah menampakkan batas-batas daya-dukungnya. Hal tersebut dinyatakan dengan jelas dalam suatu konferensi — international yang telah diadakan pada bulan Mei 1984 di Washington D.C., yang bertema : "The Global possible : Resource development and the New Century". Pertanyaan utama ingin dicari jawabannya oleh konferensi adalah : "Dapatkah dunia membalikkan arah deteriorisasi "kemunduran" sumber-sumber daya dan lingkungan yang kini sedang berlangsung dan berbarengan dengan itu meningkatkan kualitas hidup untuk semua dan mencapai tingkat standar hidup yang cukup layak bagi orang-orang yang tiada beruntung".

Beberapa pokok yang dianggap penting, menyangkut perubahan-perubahan yang esensial bagi dunia agar menjadikannya kembali berkemampuan dapat mempertahankan diri "sustainable" dan juga mampu memperbaharui diri "renewable"; yakni :

- Suatu perubahan (transisi) demografi kepada suatu populasi dunia yang stabil.
- Suatu perubahan pemakaian energi, dimana energi itu diproduksi dan dipergunakan dengan efisiensi yang tinggi, tanpa memperberat masalah-masalah global lainnya.
- Suatu perubahan (transisi) sumber-daya, yang menyandarkan kepada "pendatan/hasil" alam, dan bukannya memakan "modal" alam.
- Suatu transisi ekonomi kepada perkembangan yang dapat terus dipertahankan "sustainable growth" dan pembagian keuntungan/manfaat yang lebih merata.
- Transisi politik kepada "permintaan dan penawaran" serta tawar-menawar global yang didasarkan kepada tujuan-tujuan komplementair antara Utara dan Selatan.

Tindakan-tindakan yang secara urgen perlu diambil menyangkut usaha-usaha untuk meniadakan tekanan-tekanan terhadap lingkungan hidup manusia dan biosphera pada umumnya, yang kian hari kian meningkat. Dahulu, masalah-masalah yang parah dapat dilokalisasi, baik dalam rangkumannya maupun dampak-dampaknya, seperti : asap-asap industri dan perkotaan; sungai-sungai tanpa kehidupan, atau tanah yang tersterilkan karena uap-uap.

Kini, komponen-komponen utama dari sistim yang menunjang kehidupan manusia sedang lambat-laun menjalani proses perubahan yang membayakan :

- Proses peningkatan konsentrasi Karbondioksida dan lain-lain gas di udara, membahayakan terjadinya perubahan iklim yang tidak dapat kita duga bentuk dan dampaknya.
- Pandang Pasir, sabana dan padang-ilalang bertambah luas. Hutan-hutan dengan segala kekayaannya mundur, bertambah kurang arealnya. Kota-kota di negara berkembang tumbuh lebih cepat daripada pertambahan kemampuan pelayanan, penyediaan kebutuhan-kebutuhan dasar kesehatan dan penyediaan air bersih.

Tindakan yang urgen yang perlu diambil adalah :

- a). Stabilisasi populasi manusia (\pm 8 milliard pada pertengahan abad ke-21).
- b). Peningkatan kualitas hidup.
- c). Penyediaan bahan-makanan yang cukup, dengan sandaran utama pada penggunaan teknologi pertanian yang tidak merusak kualitas biosphera lahan pertanian.
- d). Penyelamatan hutan-hutan, terutama hutan daerah tropika dengan segala kemanfaatannya, serta menyelamatkan spesies-spesies tumbuh-tumbuhan dan hewan yang bertambah langka atau menjelang punah.
- e). Pemeliharaan lingkungan yang sehat.

Masing-masing tindakan tersebut dapat diperinci dalam berbagai program-program dan kegiatan-kegiatan untuk ditangani, namun jika kita berwawasan global, maka usaha-usaha tersebut memerlukan kerjasama antar-pemerintah; antar lembaga ilmiah dan masyarakat ilmuwan; bisnis dan kelompok-kelompok orang/swasta, yang merasa terpenggil "*concerned*". Sehingga dapat tercipta suatu kemitraan global antar negara maju dan antar negara maju dengan negara berkembang untuk menaikkan kualitas hidup. Sedangkan kerjasama damai antar-negara itu dapat menghindarkan perang nuklir, yang merusakkan bencana yang terbesar bagi dunia. Di dalam semua program-program dalam tindakan-tindakan yang sangat urgen itu, biologi menempati posisi sentral, karena semuanya menyangkut alam hayati yang memerlukan pengertian-pengertian yang lebih mendasar mengenai hakekatnya, baik sebagai organisme serta struktur dan sifat unsur-unsur dasarnya, maupun sebagai proses-proses hidup serta sistim-sistim persekutuan hidup.

Apa yang diutarakan itu semua, sebagai identifikasi masalah global kemandirian kemanusiaan "*survival of mankind*" dalam dunia yang ternyata memiliki daya-dukung yang mempunyai batas-batas tertentu, berlaku pula bagi wilayah yang lebih khusus di dunia, yakni di dalam batasan-batasan kawasan nasional Indonesia. Sedangkan untuk keperluan Lokakarya ini, kita dapat menarik daripadanya masalah-masalah yang dapat dipecahkan dengan penguasaan pengetahuan, ketrampilan teknik-teknik serta penggunaan teknologi yang didasarkan kepada Ilmu Hayat.

RISET DI BIDANG ILMU HAYAT

Jika kita sudah mencoba mengidentifikasi masalah-masalah utama global yang pada dasarnya dihadapi pula pada tahapan batasan wilayah nasional, serta membicarakan pula tindakan-tindakan urgen yang perlu diambil untuk meniadakan dampak-dampak negatif dari masalah yang terus berkembang itu, maka kita akan tinjau peran riset biologi dalam usaha-usaha tersebut.

Sebelumnya kita mengkaji secara terperinci peran biologi dalam masing-masing tindakan-urgen yang telah saya sebutkan di atas, maka perlu kita sadari bahwa sebelumnya biologi dapat berperan dengan baik untuk turut memecahkan masalah yang memerlukan pendekatan multi-atau interdisiplinair, maka biologi harus mencapai suatu taraf perkembangan sendiri dahulu secara disiplinair, dan tumbuh berremifikasi dalam bidang-bidang spesialisasi yang lebih halus. Pohon — ilmiah biologi "*biological scientific-tree*" hanya akan mampu menjadi alat atau pisau analisa yang ampuh, bila ia telah mencapai taraf dapat tumbuh dengan kekuatan sendiri. Dan kita baru akan mampu mempergunakan alat-analisa ilmiah biologi dengan baik, bila kita sudah memahami/menguasai sejauh mungkin taraf-perkembangan "*state of the art*" biologi dengan teknik-teknik serta teknologi yang berhubungan dengan perkembangan.

Pertumbuhan pohon-ilmiah biologi, mendapatkan materi utamanya; untuk pertumbuhan akar, batang dan cabang — cabang utamanya, melalui penelitian-penelitian dasar. Jika dahulu pada pertumbuhan — awal ilmu-ilmu dasar, masih dapat kita membedakan dengan jelas penelitian-dasar dari penelitian terapan, namun kini dengan jelas sekali tampak, bagaimana hasil-hasil penelitian dasar menunjukkan aspek penerapannya, bahkan dalam banyak hal merupakan suatu faktor utama sebagai penyebab loncatan "*leapfrogging*" kemajuan dalam aspek penerapan suatu hasil riset. Sehingga perbedaan antara "*theoretical biology*" dan "*applied biology*", dalam aspek kemungkinan kegunaan dan manfaatnya langsung atau tidak langsung kepada manusia (dipandang secara anthropocentris), adalah hanya dalam jangka waktu saja. Hasil riset fundamental manfaatnya adalah dalam wawasan jangka panjang, sedangkan riset biologi-terapan ingin memecahkan masalah-masalah yang segera dihadapi. Meskipun, seperti dikatakan tadi, kedua hasil dapat bergabung "*merging*" dan terjadilah loncatan — perkembangan.

Di dalam bidang ilmu dasar lainnya, seperti kimia dan fisika, kita dapat mengikuti bagaimana teori-teori mengenai quantum mekanik, massa, energi, struktur atom dan inti, berkembang bukan saja menjadi bom-atom, sebagai senjata perang yang dahsyat, tetapi pula berkembang kepada pemanfaatan untuk aspek-aspek kesejahteraan, seperti pembangkit tenaga listrik, radioisotop bagi terapi kedokteran dan diagnosa sebagai zat-perunut "*tracer*"; dan lain sebagainya.

Di dalam biologi, perkembangan dari biologi klasik (taxonomis, morfologis, dan seterusnya) menjadi biologi modern, hanya dapat terjadi dengan pengaruh perkembangan ilmu-ilmu dasar lainnya, serta perkembangan peralatan-peralatan dan teknik-teknik yang bertambah canggih yang dipergunakan dalam penelitian biologi, seperti mikroskop (optis, electron), teknik-teknik histokimia, teknik-teknik analisa kimia, micromanipulator, teknik kultur-jaringan radio-isotop komputer, bioteknologi dan seterusnya.

Bahkan Szent-Gyorgy (1960) menyatakan, bahwa "The future of biology lies in electronics". Saya kira tidak usah saya terangkan estafet hasil-hasil pemikiran : dari Mendel — ke Morgan — ke Aveny c.s. tentang peran DNA dan dari Miescher (1868) ke Watson dan Crick (1953) tentang struktur DNA. Bagaimanapun juga, penelitian biologi di dunia kini menunjukkan kegiatan yang sangat intensif, ekstensif dan serba-canggih, baik untuk mendapatkan informasi dasar, maupun untuk penerapan-penerapan dengan memperhatikan aspek-aspek ekonomis. Menurut UNESCO, yang mengkoordinasikan kerjasama ilmiah secara global, dinyatakan sebagai berikut :

- "Inbiology, emphasis is being placed increasingly on the *study of relationships*. The elucidation and stimulation of *immunological mechanisms*, the operation of the *nervous system*, the development of *embryos* and *morphogenesis* are central to the thinking biologists. The contributions from physics, chemistry and matematics, no less than those of genetics, biochemistry and physiology, are proving to be vital for this purpose".
- "There is also growing evidence that *agriculture health and industry* will increasingly have resource to data drawn directly from biological research, especially in *molecular and cell biology*, general and *applied microbiology*, genetics, *biochemistry* and *plant physiology*. Industrialists are much more alert than in the past to advances in the biological sciences and the prospects opened up by new *biotechnologies* and *biochemical engineering* for *producing a grat number of products* or *by products* wich will have a key part to play in the economy. *Environmental protection and improvement* benefit directly from progress in *ecology*, that is to say *the study of natural cycles in the biosphere, population trends, demographical and cycles*".
- "In all these fields and disciplines basic research is more and more closely linked with the emergence of technological innovations. For example it was basic research work in nuclear physics, solid state physics, quantum mechanics and mathematics which led to nuclear power stations, lasers and microprocessors, whose properties were defined and fields of application envisaged before their production was actually undertaken. Basic research should therefore be supported, though not in any way at the expense of applied research, which is

fully justified once the specific goal can be defined and achieved. Many researchers in fact concern themselves with translating their discoveries into socially useful applications, for example those who have contributed over the last twenty years to the spectacular advances in the biological sciences and are now conducting practical work in the medical and pharmacoetical fields, alongside clinicians and pharmacists”.

(Program VI.1.: "Research, Training and International Cooperation in the Natural Sciences")”.

Pengamatan (pernyataan) tersebut di atas, dilaksanakan dalam berbagai Program, Sub-Program dan proyek-proyek kerjasama, yang koordinasinya dilaksanakan oleh Jaringan-jaringan Ilmiah International "*International Scientific Networks*”:

Program-Program penting, antara lain; manusia dan biosphera, sumber-sumber genetik dunia, berbagai type ekosistem (ekosistem pulau, arid/semi arid) dan pengelolaan tanah, oseanologi, dimana marine-biologi mendapat perhatian yang besar, dan lain-lain.

Sedangkan beberapa bidang Sains dan Teknologi dianggap sebagai kunci bagi perkembangan kemampuan ilmiah yakni; mikroelektronik dan teknologi komputer; mikrobiologi, genetika, enzimologi, imunologi, kultur jaringan dan bioteknologi; penguasaan sumber-sumber energi baru; teknik-teknik fisiko-kimia.

Sudah barang tentu, masih banyak riset dalam berbagai bidang biologi di dunia, yang tidak dikoordinasikan UNESCO karena sifatnya terlampaui unit atau tingkat-kemajuannya sudah sangat jauh, seperti Astrobiologi, yang mungkin sudah berkembang pula dengan sudah adanya "*space labs*,” dan lain-lain. Di dalam skema berikut (Gambar I), saya mencoba menunjukkan Dukungan Biologi kepada Sektor-Sektor Pembangunan, yang utamanya ditujukan terhadap :

- a). Pertanian dalam arti kata yang luas (termasuk Kehutanan, Peternakan, Perikanan, dan lain sebagainya);
- b). Kesehatan, baik yang menyangkut penyakit-penyakit parasitik, maupun obat-obatan Vaksin, Antibiotika, dan lain-lain;
- c). Industri, disampingnya industri bahan-makanan, industri obat-obatan, juga bahan-bahan baku bagi industri kimia seperti berbagai macam asam amino, etanol, dan lain-lain;
- d). Energi, misal biomassa dan biogas, tetapi pula dengan daya mikroba dapat dibuat proses produksi baru yang hemat energi (lihat c);
- e). Lingkungan, misalnya untuk mengendalikan pencemaran, "*oil recovery*,” *mineral leaching*,” dan lain sebagainya;
- f). Dan lain-lain, seperti menunjang HANKAM (perang-biologi dan lain-lain).

Pengenalan sumberdaya alam hayati, nabati dan hewani di Indonesia, meskipun sudah sejak lebih dari satu abad dimulai dan secara taksonomi sudah banyak yang dikenal, namun pada umumnya pengenalan dan analisa *sifat-sifat yang lebih mendalam dan potensi-potensi kemanfaatan yang terkandung didalamnya masih sangat sedikit dilaksanakan*. Lagi pula dari species-species yang terdapat dan sudah dikenal pada beberapa dekade yang lampau, ada yang sudah mulai langka dan meningkat jumlah spesies yang dalam bahaya kepunahan, bahkan mungkin cukup banyak yang telah lenyap, tanpa kita sempat mengenal kemanfaatannya. Hal-hal tersebut menyangkut sumberdaya alam nabati, sedangkan dari sumberdaya alam hewani, terutama menyangkut Vertebrata dan dari Avertebrata terutama Insekta. Tetapi dari lain-lain phyla, terutama kandungan lautan dan tanah "soil biology", masih sedikit sekali informasi yang kita miliki, sekalipun hanya taksonomi.

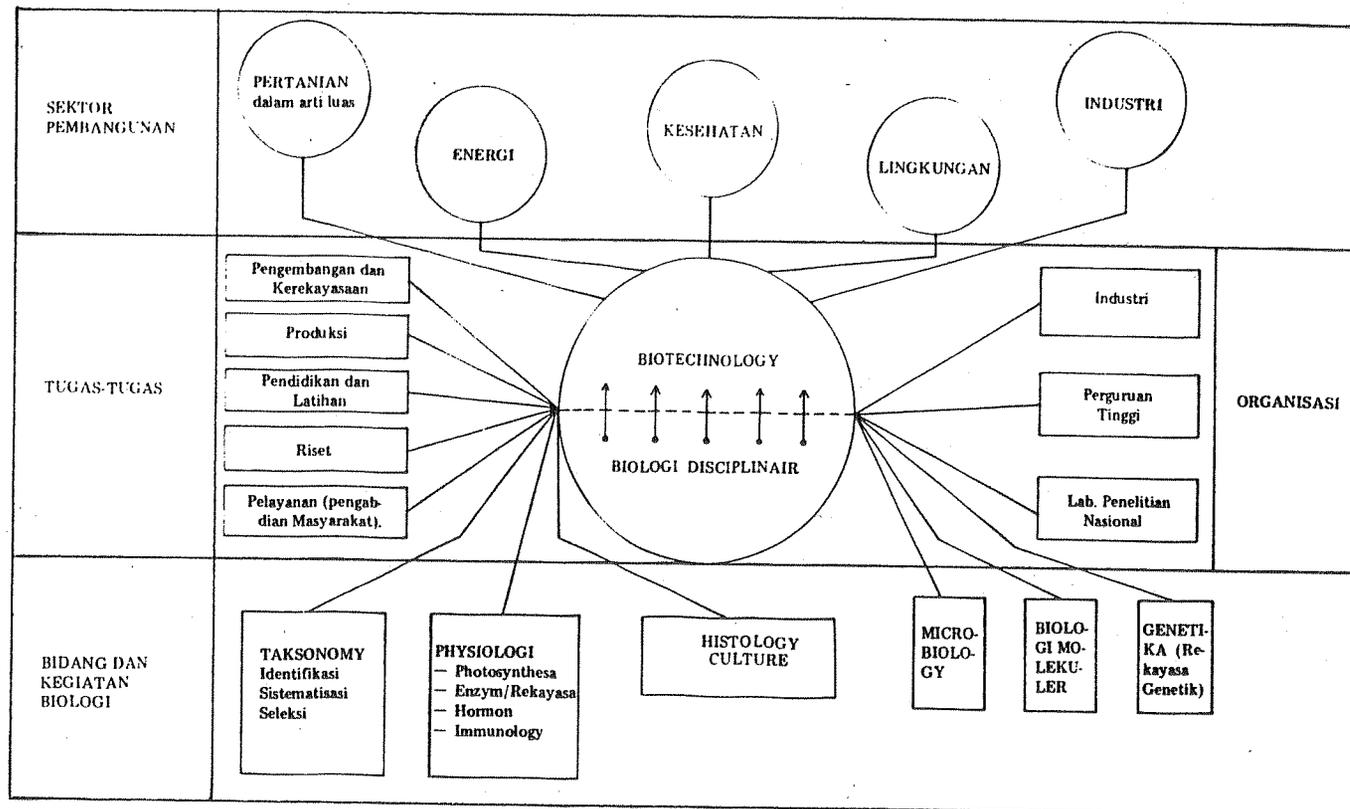
Karenanya program plasma-nutfah nasional yang didukung oleh LIPI, Departemen Pertanian, merupakan suatu usaha yang vital, dikaitkan dengan *eksplorasi, evaluasi dan penggunaan sumber-sumber daya hayati*. Selanjutnya perlu dipelajari konservasi biji-biji atau bagian-bagian lain agar dapat disimpan dalam waktu lama, dan sewaktu-waktu dihidupkan kembali. Sudah barang tentu pemeliharaan *ex-situ* adalah cara yang terbaik dilaksanakan dalam kebun raya, dan lain sebagainya. Bahkan lebih baik lagi kalau dibuat cagar-cagar alam.

Kegiatan-kegiatan penelitian tersebut tidak hanya ditujukan kepada species-species yang telah dikenal dan dipergunakan manfaatnya oleh manusia, namun sangat perlu adalah untuk menemukan *sumber-sumber manfaat baru*.

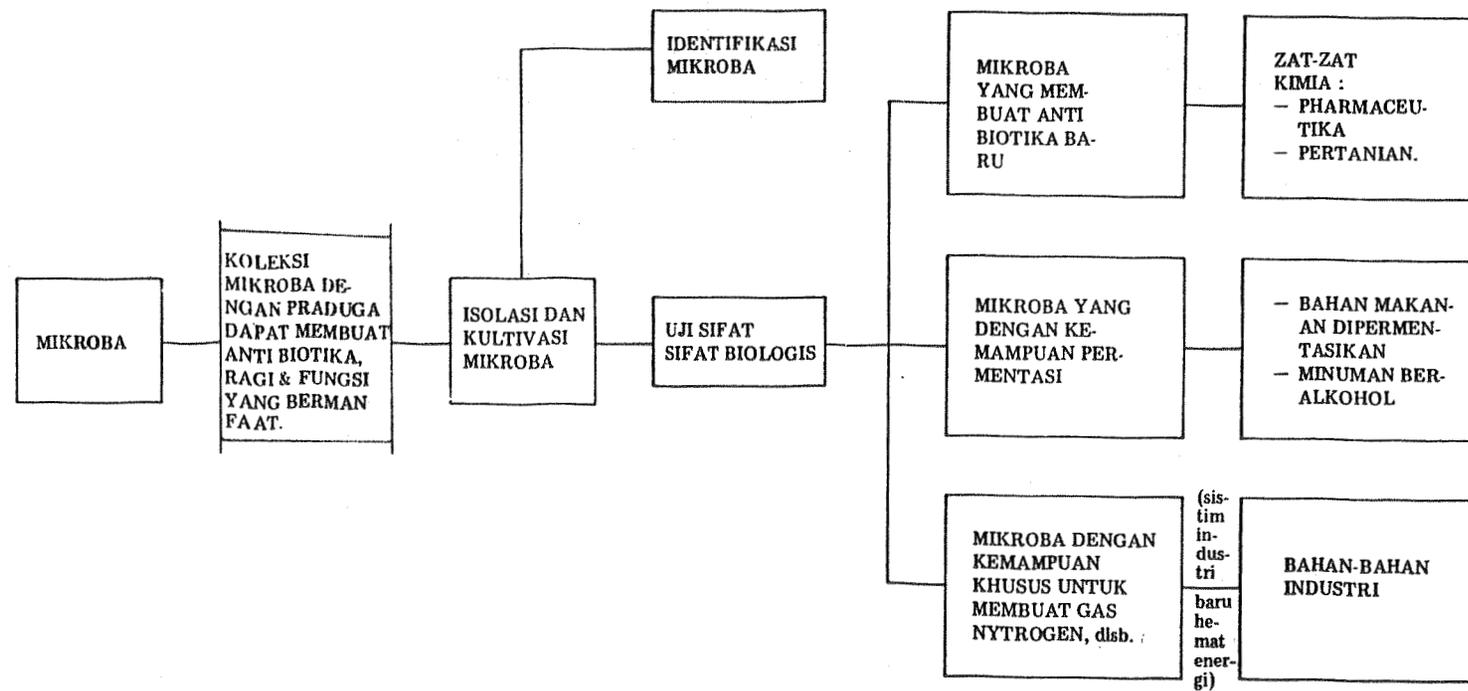
Demikian pula penelitian itu tidak hanya ditujukan kepada organisme-organisme bersel banyak akan tetapi pula terhadap mikroba-mikroba. Sedangkan daerah surveynya, adalah baik di *ekosistem-alamiah* (di daratan: hutan alamiah dan lautan), maupun *ekosistem yang dibentuk oleh manusia secara sadar "man-made ecosystems"*, seperti kebun-kebun pekarangan, ladang, sawah, dan lain-lain dan yang terbentuk karena dampak aktivitas manusia yang tak sadar seperti sabana, padang rumput, padang ilalang, dan lain sebagainya.

Tidaklah berlebihan kiranya jika dinyatakan, bahwa program menginventarisasi kembali sumberdaya alam hayati yang pernah kita kenal, dan yang belum kita kenal, serta mengkoleksi biji-bijinya atau bagian-bagian lain untuk mempropagasikan kembali, adalah urgen dan berkejaran dengan waktu, karena laju pembangunan yang cepat dan membutuhkan lahan atau merusak ekosistem dengan mengorbankan hutan-hutan alam atau jalur-jalur /daerah-hijau sekitar daerah pemukiman. Skema-skema berikut menunjukkan aliran kegiatan tahap-tahap penelitian dalam mencari sumber-sumber daya alam hayati yang bermanfaat. (Lihat Gambar II dan III).

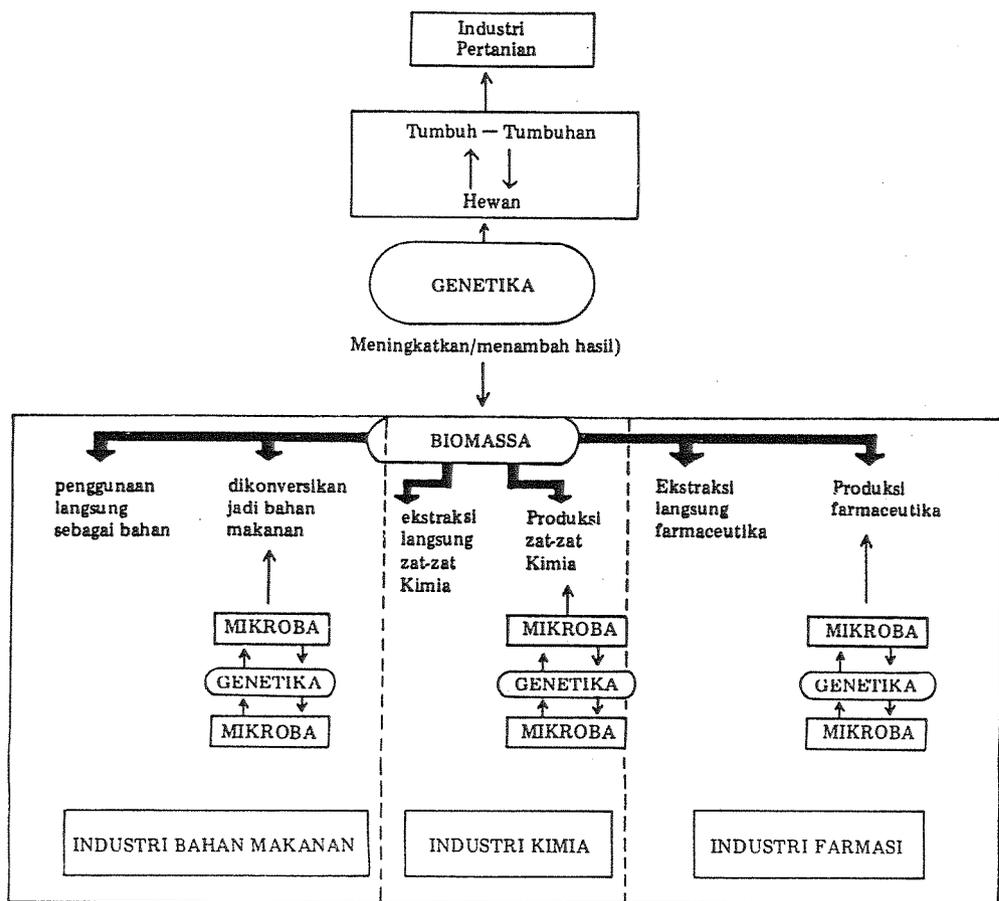
Gambar 1. DUKUNGAN BIOLOGI KEPADA SEKTOR-SEKTOR PEMBANGUNAN



Gambar 3.



Gambar 4.



Fengumpulan plasma-nutfah, saya kira tidak hanya penting bagi tersimpannya bibit-bibit asli (dengan genom asalnya yang lengkap) yang baru, dan dapat dikembangkan menjadi komoditi baru yang bermanfaat, akan tetapi penting pula, bila kita dapat menemukan kembali bentuk genom asli dari komoditi yang sudah kita manfaatkan sekarang dengan cara pemuliaan (breeding dengan seleksi), seperti padi, tebu, ternak, dan lain sebagainya.

Karena bentuk asli itu memiliki potensi-potensi (genom) yang komplit, sebagaimana dikaruniakan Tuhan atau alam kepada kita, Mungkin pada suatu ketika varietas-varietas yang kita sudah seleksi dan "muliakan", dengan menghilangkan potensi sifat-sifat yang pada suatu ketika kita tidak inginkan, dan hanya menyisakan atau menonjolkan potensi sifat yang kita inginkan, (yang berarti mengurangi potensi-potensi), tidak tahan akan pengaruh suatu kondisi lingkungan tertentu dan bila kultur varietas itu homogen (monokultur) maka akan punahlah seluruh kultur itu. Maka untuk memperkuat kembali kita perlu menyilangkan kembali dengan bentuk asalnya, agar ada penambahan dari potensi-genetik, dengan spektrum-diversitas yang lebih luas. Suatu ekosistem yang heterogen, luas spectrum diversitasnya akan lebih lentur dalam menghadapi pengaruh-pengaruh buruk, hanya akan terjadi pergeseran-pergeseran saja dalam keseimbangan dinamik antar komponen-komponennya.

Pada kesempatan ini saya ingin kemukakan, bahwa para biologiwan yang semuanya telah belajar genetika, bahkan cukup banyak yang berpotensi dalam ilmu itu masih telampau sedikit yang menerapkan ilmu itu secara nyata bagi kemanfaatan pemuliaan, baik dalam hortikultura (sayuran, buah-buahan, peternakan), maupun peternakan masih sedikit kita lihat hasil karya para genetis dalam pemuliaan sumberdaya hayati itu. Kalau kita "committed" kepada pembangunan maka kiranya haruslah lebih banyak orientasi para "genetici" kepada aspek pemuliaan ini. Genetika terapan "applied genetics" harus dikembangkan karena akan besar dampaknya kepada mikro organisme, tumbuh-tumbuhan dan hewan.

Perkenankanlah saya menunjukkan dalam suatu skema penerapan Genetika terhadap mikro organisme, Tumbuh-tumbuhan dan Hewan.

A. Penelitian Biologi, Perannya dalam Menopang Program Pembangunan Nasional.

Pembangunan Nasional berencana, yang tengah dilaksanakan di Indonesia sejak permulaan Pelita pertama pada tahun 1969 dengan tekad dan kecenderungan terus ditingkatkan intensitas dan eksistensinya diwaktu yang akan datang, untuk mencapai baik kuantitas maupun kualitas hasil yang mencukupi dan relevan dengan tuntutan-tuntutan kondisi zaman yang semakin kompleks lagi pula menuntut kwalita produk-produk yang lebih canggih dan mampu bersaing, baik untuk memenuhi selera konsumen dalam

negeri yang makin meningkat, maupun dalam usaha memasukkannya dalam saingan pasaran internasional, hanya mungkin berlangsung dengan lancar bila prasyarat-prasyarat vital bagi berjalannya proses pembangunan itu dapat dipenuhi. Kiranya perlu saya tekankan disini, bahwa jika mempergunakan istilah produk-produk pembangunan, saya tidak bermaksud untuk mempersempit arti dan tujuan pembangunan di Indonesia, dengan semata-mata memperhatikan pembangunan ekonomi, akan tetapi kecanggihan yang dituntut itu menyangkut pula hasil pembangunan mental-spiritual, yang didalam hasil keseluruhannya, pembangunan Indonesia itu, harus menimbulkan peningkatan ketahanan nasional, sehingga negara dapat mandiri dengan teguh dan laju berkembang dengan aman, sejahtera dan harmonis, dengan kekuatan sendiri dalam konstelasi interrelasi dan interdependensi lingkungan *dalam negeri* dan *luar negeri* yang semakin kompleks. Adapun prasyarat-prasyarat yang harus dipenuhi bagi pembangunan itu adalah :

1. *Modal-pembangunan*, yakni yang terdiri dari :
 - a. Sumber-daya manusia, yang menyangkut baik jumlah, maupun kualitas-kualitas dalam aspek-aspek pengetahuan/kecerdasan, ketrampilan-ketrampilan dan sikap-sikap (ketaqwaan, kesadaran bernegara, dan lain-lain);
 - b. Sumber-daya alam, baik yang dapat diperbaharui (hayati), maupun yang tidak dapat diperbaharui, yang harus ditingkatkan mutu pengelolaannya, baik dalam kelestarian, maupun untuk meningkatkan nilai-tambahnya, dengan kemampuan yang tergantung dari kualitas sumber-daya manusia (a);
 - c. Dana, baik yang dihimpun sebagai usaha-usaha dan produksi dalam negeri maupun dari sumber-sumber luar negeri.
2. *Lingkungan yang kondusif*, yakni :
 - a. Kestabilan politik dalam negeri, sehingga pembangunan tidak akan terganggu atau terbengkalai karena gejolak-gejolak sosial yang negatif/destruktif;
 - b. Kredibilitas dalam lingkungan antar-negara internasional/regional, yang akan banyak tergantung pula dari kondisi tersebut pada (a), sehingga pihak-pihak luar-negeri yang kita inginkan partisipasinya didalam pembangunan Indonesia dapat diundang untuk investasi dalam usaha, membantu dana/tenaga ahli, dan lain sebagainya (memenuhi sebagian 1c).
3. *Kebijakan "Policy" pembangunan* yang tegas, konsekuen dan kontinue, dengan perencanaan yang secara realistik memperhitungkan kelayakan "*feasibilities*" didasarkan kepada wawasan yang luas cakupannya, baik dalam ruang maupun waktu.

Bagi ke-3 kelompok prasyarat tersebut untuk pemenuhannya, terutama agar potensi-potensi yang laten tersimpan dapat diubah menjadi kekuatan-kekuatan yang dinamis positif yang mendorong laju pembangunan, memerlukan adanya informasi dan pengertian-pengertian yang obyektif, ilmiah baik mengenai keadaan "state of the art"; maupun proses-proses yang berlangsung ditiap domain dari kelompok prasyarat tersebut di atas.

Pada hakekatnya untuk setiap kelompok prasyarat bagi penerapannya di dalam masyarakat diperlukan dilaluinya urutan "sequence" tahap-tahap kegiatan, yakni: Penelitian dasar umum, diteruskan dengan penelitian dasar lebih terarah pada aspek penerapan — penelitian untuk penerapan — pengembangan teknologinya untuk penerapan hasil penelitian itu dan percobaan dalam skala kecil — studi kelayakan penerapan untuk umum — proyek perintis untuk menguji proses dan model rekayasa — penelitian ulang — pelaksanaan dalam skala lebih luas "up-scaling" — penerapan secara luas "large scale" dalam/bagi masyarakat. Diterjemahkan dalam tata-cara penentuan kebijaksanaan negara maka urutan pertimbangan-pertimbangan itu secara sederhana adalah 1. Pertimbangan Dasar Ilmiah, 2. Pertimbangan Dampak Masyarakat, 3. Pertimbangan Politis. Kita memahami, bahwa sesungguhnya dari ke-3 kelompok prasyarat tadi yakni modal pembangunan, maka *sumber-daya manusia* dan *sumber-daya alam*, di Indonesia tersedia dengan berlimpah, bila dibandingkan dengan lain-lain negara, yang antara lain disebabkan oleh posisi dan keadaan geografi Indonesia. Diterjemahkan ke dalam topik pembicaraan yang dimintakan kepada saya dalam Lokakarya ini, maka yang perlu kita tinjau adalah unsur penelitian, aktivitas penelitiannya serta pengelolaannya sedangkan materi atau obyek penelitiannya adalah sumber-daya alam hayati "biological natural resources".

Dan oleh karena setiap sektor kegiatan di dalam masyarakat, apalagi yang dilaksanakan oleh lembaga-lembaga negara, adalah "committed" kepada pembangunan, maka para peneliti dan program penelitian sumber-daya alam hayati "bio-resources"; haruslah pula ditujukan untuk menunjang pembangunan, baik bagi pemenuhan kebutuhan sekarang, jangka menengah, maupun dalam jangka panjang. Dan sebagaimana dikatakan tadi, kita harus meningkatkan mutu atau nilai tambahnya dari para tenaga akademik peneliti dalam bidang biologi, maupun dari komoditi hayatinya, sehingga dapat memberikan saham penerapannya dalam berbagai sektor pembangunan Indonesia.

B. Dukungan Biologi kepada sektor-sektor Pembangunan.

Sesungguhnya saya tidak usah menerangkan lagi dihadapan para ilmuwan Biologi dan ilmuwan-ilmuwan lain yang serumpun dalam Ilmu-ilmu Hayati ("life-Sciences") tentang kegiatan-kegiatan di dalam kehidupan kita yang didasarkan kepada pengelolaan bahan hayati atau produk-produk ja-

sad-jasad hidup, yang bagaimanapun juga hal itu hanya mungkin didapatkan/dilaksanakan karena adanya pengetahuan dan ketrampilan, yang didapatkan baik sebagai hasil penelitian dan latihan yang sistematis atau pengumpulan pengalaman secara kumulatif, empiris, yang diteruskan dari generasi yang satu kepada yang berikutnya.

Seperti telah saya terangkan di atas ada suatu urutan "sequence" kegiatan ilmiah yang harus dilalui setapak demi setapak, sebelum sesuatu bahan hayati itu dapat menjadi suatu komoditi ekonomis, atau mempunyai manfaat lain.

Dasarnya yang pertama adalah penelitian dasar umum, selanjutnya penelitian dasar yang lebih terarah dengan tujuan mencari sifat-sifat tertentu untuk suatu keperluan tertentu.

Di dalam biologi, penelitian yang dasar sekali, adalah penelitian taxonomis deskriptive. Tahap berikutnya adalah pengenalan sifat-sifat khusus secara analitik, apakah untuk meneliti kandungan-kandungan kimiawinya, struktur-struktur yang lebih halus, misalnya studi tentang chromosoma dan pemetaan-gen "gene-mapping"; maupun untuk sifat-sifat faalnya.

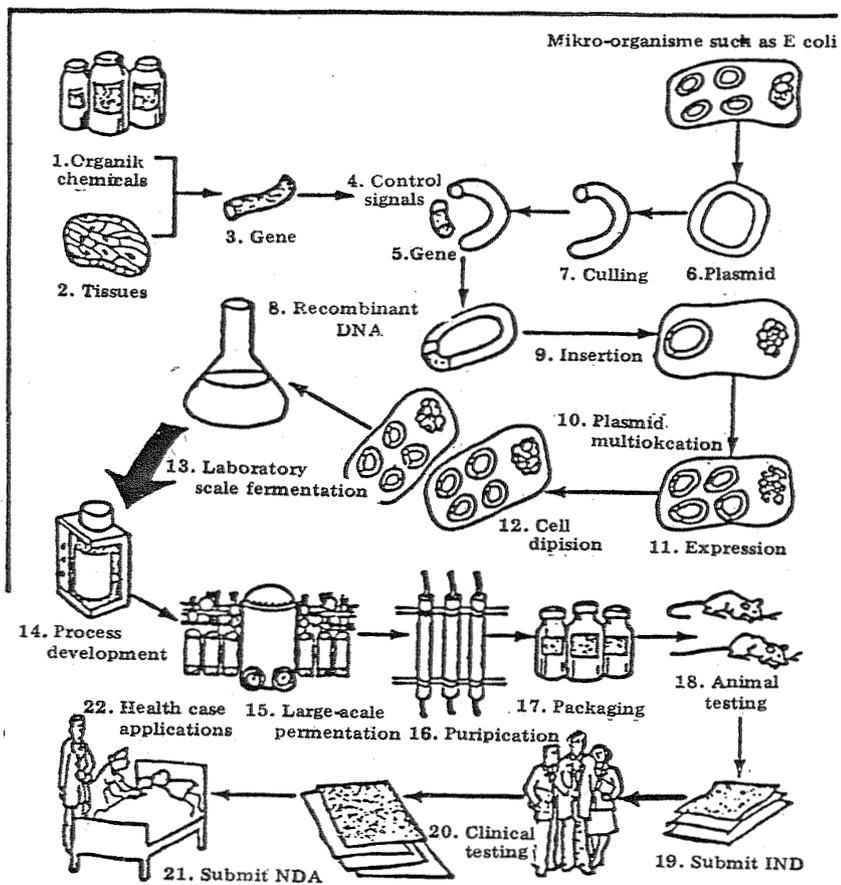
Aspek penggunaan materi hayati bagi keperluan manusia dapat berupa individu organisme itu sendiri, ataupun produk-produk berupa zat atau benda, sedangkan untuk pengembangan dari materi-hayati menjadi suatu ekonomis, diperlukan suatu teknologi tertentu, yang merupakan ramuan dari berbagai ilmu, bukan saja dari disiplin-disiplin ilmu Biologi, tetapi dari bidang ilmu lain seperti, kimia, fisika, teknologi kimia, kerakyasaan, ekonomi, dan lain sebagainya. Sehubungan dengan tujuan pemanfaatan bahan hayati, maka disampingnya teknologi pertanian, teknologi kehutanan, teknologi perikanan, kita mengenal sekarang istilah *bioteknologi*.

Penemuan-penemuan dan eksperimentase selanjutnya dengan berbagai microba dan sel mengembangkan genetika menjadi *genetika-terapan*, dengan jalan mikro-manipulasi pada tahap materi molekular gen: pemotongan-pemotongan "spicing" dan rekombinasi (rekayasa genetika) dan berkembanglah bioteknologi dengan berbagai kemungkinan terapannya.

Di atas telah diterangkan mengenai dukungan berbagai aspek penerapan bioteknologi terhadap sektor-sektor pembangunan, yakni melalui: 1. Teknologi fermentasi, 2. Industri Pharmaceutika, 3. Industri kimia, 4. Industri pemrosesan makanan dan pakan, 5. Pemakaian mikroba yang direkayasa-genetik dalam Lingkungan, 6. Pertanian, melalui biologi reproduksi, dan lain-lain.

Skema-skema berikut menunjukkan, bagaimana proses pengembangan suatu produk bagi penggunaan di dalam masyarakat, mulai dari tahap manipulasi gen.

Gambar 5.



C. Kedudukan Biologi dalam MATRIKS RIS-TEK.

Di dalam kebijaksanaan dasar Menteri Negara Riset dan Teknologi, beberapa sendi yang dipakai patokan untuk lebih mengefisienkan dan meng-efektipkan RIS-TEK bagi penunjang pembangunan, adalah: peningkatan keterpaduan dalam penyusunan prioritas program Riset, dengan dibentuknya *Dewan Riset Nasional* (DRN) sebagai penyempurnaan dan peningkatan kedudukan suatu badan konsultatif bagi Menteri Negara RISTEK, yakni Tim Perumus Evaluasi Program-program Utama Nasional Riset dan Teknologi (Tim PEPUNAS RISTEK), yang menghimpun sejumlah ahli-ahli yang representatif bagi bidang ilmunya, dan dengan dirumuskannya suatu MATRIKS NASIONAL Riset dan Teknologi, yang kini terus disempurnakan oleh DRN. Dengan dialog yang terus menerus dilaksanakan antar ahli dalam DRN, maupun dalam rapat-rapat koordinatif dengan LITBANG-LITBANG/Perguruan Tinggi, serta dengan diadakannya Lokakarya-Lokakarya Nasional tentang masalah-masalah tertentu, diharapkan bahwa akhirnya: MATRIKS NASIONAL RISTEK, dapat merupakan buku-induk sebagai pegangan bagi semua Lembaga Penelitian dan Pengembangan untuk menjabarkan dari Program-program Utama/Program yang termuat didalamnya, Program-program dan proyek-proyek penelitiannya bagi Lembaga.

MATRIKS tersebut dapat merupakan instrumen, baik bagi Menteri Negara RISTEK, maupun bagi BAPPENAS dan Departemen-departemen, et. bagi perencanaan pembiayaan dan monitoring pelaksanaan riset. Karena matriks tersebut akan merupakan buku induk yang penting, maka untuk memperkirakan seberapa jauh peranan Biologi untuk menunjang pembangunan, dapatlah kita kaji di dalam bidang mana dan Program utama mana penelitian biologi diperlukan.

Meskipun seyogyanya para peneliti sudah faham tentang isi buku matriks Nasional RISTEK tersebut, namun dapat saya kemukakan beberapa bidang yang menonjol di mana biologi berperanan, yakni sebagai dimaklumi di dalam matriks itu program-program utama RISTEK dikategorikan dalam 5 bidang, yakni: 1. Bidang kebutuhan dasar manusia, 2. Bidang sumberdaya alam dan energi, 3. Bidang industrialisasi, 4. Bidang pertahanan dan keamanan, 5. Bidang sosial ekonomi, budaya, falsafah, hukum dan perundang-undangan. Terutama peneliti Biologi, menyangkut 3 bidang pertama BUT-SARMAN, SDA-E dan Industrialisasi. Meskipun di bidang-bidang lain juga akan ada keperluan penelitian atas pandangan dari aspek biologi. Berikut ini sekedar untuk contoh, saya ajukan matriks Bidang Kebutuhan Dasar Manusia dan Bidang Sumberdaya Alam dengan beberapa program Utama.

Tabel 1 : BIDANG KEBUTUHAN DASAR MANUSIA

Program Utama	1. PRODUKSI DAN TEKNOLOGI PANGAN		
	a. SUMBER DAYA		
Matra	Hayati untuk Pangan	Fisik untuk Produksi	Lingkungan Untuk Produksi Pangan
D	1. Evaluasi Jenis	1. Evaluasi	1. Pemilihan lokasi untuk produksi pangan.
A	2. Seleksi bibit	2. Pemulihan	
R	3. Cara-cara agronomi	3. Pencegahan kerusakan tanah	
A	4. Pemulihan	4. Pemilihan lahan untuk produksi pangan	2. Ekstraksi Biomassa dengan cara budidaya atau penangkapan dari perairan dengan volume optimal dan lestari.
T	5. Konservasi	5. Pemilihan tanah untuk pemukiman	
		6. Pemanfaatan pekarangan	3. Pengairan, kombinasi yang paling sesuai/efisien berbagai faktor biotik dan fisik pada berbagai lingkungan pertanian (pekarangan, sawah, pasang surut, rawa).

Tabel 2 : BIDANG KEBUTUHAN DASAR MANUSIA

Program Utama	1. PRODUKSI DAN TEKNOLOGI PANGAN			2. SANDANG
	B. PENDAYAGUNAAN SUMBERDAYA PANGAN			
Matra	Penganeka Ragaman Pangan	Pengolahan dan Penerimaan Pangan	G i z i	Pola dan Mutu Sandang
D	1. Pengadaan sampai pada pengolahan siap dihidangkan di meja.	1. Teknologi hasil per- ikanan (tawar) 2. Teknologi peternakan 3. Teknologi pertanian 4. Penganekaragaman ha- sil olahan.	1. Patofisiologi gizi kurang	1. Penelitian jumlah san- dang. 2. Selera sandang 3. Keenakan dipakai san- dang.
A			2. Faktor Penyebab gizi salah	
R			3. Surveillance gizi	
A			4. Konsumsi pangan pen- duduk.	
T			5. Teknologi pangan se- derhana. 6. Intervensi terpadu pe- nyuluhan gizi. 7. Toksikologi pangan.	

Tabel 3 : BIDANG KEBUTUHAN DASAR

Matra	Program Utama	4. KESEHATAN DAN KELUARGA BERENCANA			
		Penyakit	Kesehatan Lingkungan	Pelayanan Kesehatan	Farmasi dan Obat-obatan
D	1. Survei morbiditas dan mortalitas.	1. Penyediaan air minum.	1. Penanganan partisi-pasi masyarakat.	1. Khasiat tumbuhan untuk pengobatan dan kontrasepsi.	1. Bidang biologi.
A	2. Patogenesis dan Patofisiologi.	2. Pembuangan dan pengolahan kotoran.	2. Ketenagaan dan metodologi latihan.	2. "Quality control."	2. Pathofisiologi dan teknologi kontrasepsi.
R	3. Epidemiologi penyakit menular.	3. Penyehatan perumahan/pemukiman.	3. Sarana pembiayaan dan obat.	3. Manajemen penyebaran obat.	3. Keluarga Berencana terpadu dengan swasembada Desa.
A	4. Reservoir dan penyebar infeksi.	4. Pencemaran lingkungan (air, tanah, makanan).	4. Manajemen pelayanan kesehatan termasuk masalah koordinasi dan integrasi.	4. Penelitian farmakoterapi.	
T	5. Teknologi diagnosis dan pengobatan termasuk pengembangan metodologi laboratorium dan eksperimen klinik "clinical trial"	5. Analisa Dampak Lingkungan khususnya Kesehatan Lingkungan.	5. Pengembangan teknologi kesehatan tepat guna untuk daerah pedesaan.		
			6. Peranan pengobatan tradisional.		
			7. Pengembangan sistem pelayanan kesehatan yang berhasil guna.		

Tabel 4 : BIDANG SUMBERDAYA ALAM DAN ENERGI

Program Utama Matra	REHABILITASI/PELESTARIAN
	<ul style="list-style-type: none"> a. Penelitian bencana banjir dan kekeringan. b. Penelitian bencana gempa, gunung berapi. c. Penelitian bencana hama tanaman. d. Penelitian pemulihan keseimbangan hidrologi/tata air. e. Penelitian penyempurnaan pengolahan air. f. Penelitian pengelolaan daerah aliran sungai. g. Penelitian proses fisika, kimia, sedimentasi di perairan pantai. h. Penelitian konservasi dan ekologi hutan bakau, nipah dan sago.
D	i. Survei dan monitoring pencemaran pada sumberdaya air, tanah, bahan makanan.
A	j. Survei dan monitoring kerusakan lingkungan wilayah pesisir, khususnya pencemaran dan pengaruhnya terhadap kelestarian lingkungan.
R	k. Penelitian dampak pembangunan terhadap lingkungan dan sumberdaya :
A.	<ul style="list-style-type: none"> k.1. Dampak penambangan dan pengolahan. k.2. Dampak pusat energi.
T	<ul style="list-style-type: none"> l. Penelitian pemanfaatan gas ikutan, mineral ikutan, limbah dan lain sebagainya. m. Penelitian efek limbah dan bahan ikutan pada kelestarian lingkungan. n. Survei dan monitoring bahan pencemaran (akibat bencana alam) pada lingkungan dan dampaknya. o. Penelitian pemulihan lingkungan.



Tabel 5 : BIDANG SUMBERDAYA ALAM DAN ENERGI

Program Utama	INVENTARISASI/PEMETAAN
Matra	
L	a. Pemetaan oseanografi, sifat-sifat kimia, fisika, geologi, biologi dan geofisika.
A	b. Inventarisasi potensi terumbu karang.
U	c. Pemetaan navigasi dan batimetrik.
T	d. Inventarisasi matra lautan.
	e. Inventarisasi sifat-sifat biologi biota yang berpotensi ekonomi.
	f. Penelitian perkembangan dan eksplorasi cadangan minyak, gas bumi dan terkait juga hubungannya dengan perkembangan harga dan teknologi.
	g. Eksplorasi potensi sumberdaya gradien suhu air laut.
	h. Penelitian dan pengembangan metode dan teknologi inventarisasi sumberdaya alam.

Tabel 6 : BIDANG SUMBERDAYA ALAM DAN ENERGI

Program Utama	EKSPLOITASI/PEMANFAATAN
Matra	
L	a. Penelitian sumberdaya genetik/pemanfaatan dalam bidang pangan, obat-obatan, industri dan energi.
A	
U	b. Penelitian pemanfaatan sumberdaya gradien suhu air laut.
T	

D. Pengelolaan Riset

Sudah dikemukakan tadi, bahwa kegiatan RISTEK harus menunjang pembangunan Indonesia, yang sifatnya semesta. Karenanya, kebijaksanaan IPTEK di Indonesia diturunkan dari GBHN, yang dijabarkan dalam kebijaksanaan-kebijaksanaan oleh Menteri yang bersangkutan, yakni Menteri Negara RISTEK. Didalam kewenangan koordinatifnya, Menteri Negara RISTEK menentukan prinsip-prinsip utama yang harus menuju kepada :

- a) Terdapatnya program-program RISTEK yang berkonvergensi, bahkan terpadu diantara berbagai lembaga penelitian.
- b) Prinsip-prinsip bagi penerapan IPTEK.
- c) Konsep fasa-fasa transformasi teknologi.
- d) Wahana-wahana bagi transformasi teknologi.

Untuk mencapai hal-hal tersebut, maka bagi tujuan :

- a) Dirumuskan; "Matriks Nasional RIS-TEK", oleh suatu tim ahli "Tim Perumus dan Evaluasi Program-program Utama Nasional Riset dan Teknologi" (Pepunas RISTEK) yang telah ditingkatkan menjadi Dewan Riset Nasional (DRN). Program-program dalam matriks tersebut, terus-menerus disempurnakan oleh DRN, dengan masukan-masukan dari LITBANG dalam rapat-rapat koordinasi dan lokakarya-lokakarya nasional untuk membicarakan masalah-masalah khusus.
- b) Dirumuskan; bahwa aplikasi teknologi untuk pembangunan di Indonesia, harus mempertimbangkan :
 - latihan dan pendidikan dalam IP-TEK harus erat berhubungan dengan kebutuhan-kebutuhan pembangunan.
 - teknologi yang dialihkan, diterapkan dan dikembangkan, harus mampu memecahkan masalah pembangunan.
 - teknologi yang diterapkan, harus menjadi kegiatan-kegiatan yang mandiri "self-sustaining".
 - teknologi yang diterapkan harus berkemampuan untuk menopang dan melindungi kemampuan IP-TEK nasional.
 - konsep teknologi yang akan diterapkan haruslah jelas dan realistik.

Prinsip-prinsip tersebut harus dikombinasikan dengan proses transformasi dari infrastruktur untuk transformasi industri dan teknologi, untuk menjamin kegiatan-kegiatan dimasa yang akan datang, utamanya dalam sektor industri, agar mampu untuk menopang :

- meningkatkan nilai tambah dalam sektor industri
- pengembangan teknologi hasil pertanian
- pengembangan industri yang padat-karya untuk mengurangi pengangguran
- pengembangan ekonomi untuk melayani penambahan penduduk.

Pokoknya, pengembangan dan penerapan IPTEK di Indonesia, harus sejauh mungkin memenuhi *empat kriteria ketepatan-gunaan*, yakni :

1. Dari segi teknis *feasible*," 2. dari segi sosial *compatible*" dan *acceptable*,"
3. secara ekonomi *responsible*" dan 4. secara ekologi tidak menurunkan kualitas lingkungan hidup.

Transformasi teknologi terdiri dari 4 tahap, yakni :

1. produksi barang-barang dengan teknologi yang didapatkan lisensinya, dengan tujuan penerapan kadar *"local content"* yang progressif (bertambah tinggi)
2. integrasi teknologi *"indigenous"* kepada rancangan yang lebih moderen dan blueprint baru
3. pengembangan teknologi baru (merancang hasil-hasil bagi masa depan)
4. penelitian dasar secara lebih meluas/intensif.

Untuk transformasi teknologi tersebut diperlukan/ditentukan 9 wahana :

1. industri dan pembuatan alat angkut udara
2. keperluan maritim dan pembuatan kapal
3. suku-cadang angkutan darat dan terutama perkeretaapian
4. elektronika dan telekomunikasi
5. energi
6. kerekayasaan
7. alat-alat pertanian dan mesin
8. pertahanan dan keamanan
9. lain-lain.

Semua dasar-dasar kebijaksanaan tersebut dapat digambarkan dalam skema: "Pola Umum RISTEK Nasional". Menurut ciri tugas dan fungsi utamanya, serta lingkup tanggung jawabnya, kita dapat bedakan 4 kelompok lembaga-lembaga penelitian, yakni :

- Perguruan-perguruan Tinggi, di lingkungan DEPDIKBUD.
- Lembaga-lembaga Penelitian non-Departemental (LPND, seperti LIPI, BPPT dan Badan-badan penelitian khusus: BATAN, LAPAN, BAKOSURTANAL).
- Lembaga-lembaga Penelitian dan Pengembangan Departemental (LITBANG), di lingkungan Departemen yang bersangkutan, seperti Departemen Pertanian, Departemen Kehutanan, Departemen Perindustrian, dan lain sebagainya.
- Lembaga-lembaga Penelitian Swasta, misalnya di Industri.

Keempat kelompok lembaga penelitian tersebut, yang mempunyai ciri dan lingkup tugas tersendiri, dalam usaha koordinasi itu, harus mengembangkan program-program koordinasi yang ideal, maka dalam keadaan kendala-kendala yang sama-sama dihadapi lembaga-lembaga tersebut di atas seyogyanya pertukaran informasi, penggunaan tenaga dan peralatan canggih

dapat berlangsung baik, dimana program/proyek penelitian saling isi mengisi, sebagai tahap-tahap berurutan dalam rantai panjang penelitian dasar hingga penerapan.

Secara ideal, seyogyanya ada estafet dari hasil tahap penelitian yang dilaksanakan oleh kelompok lembaga yang satu, kepada kelompok lembaga penelitian berikutnya untuk pengembangan selanjutnya dalam proses meningkatkan nilai tambah itu, misalnya, Perguruan Tinggi seyogyanya mengadakan penelitian dasar umum, LIPI penelitian dasar terarah; BPPT mengadakan pengkajian teknologi, dan sebagainya. Namun dengan ditaatinya dasar Tridharma, maka Perguruan Tinggi pun harus melaksanakan seluruh tahap dalam spectrum penelitian dasar hingga penerapan hasil pengolahan ilmu untuk diabdikan kepada masyarakat, Namun seyogyanya puncak atau fokus dari kegiatan penelitian itu, adalah penelitian-dasar yang bersifat umum, dalam semua disiplin ilmu yang diasuhnya.

Demikian pula LIPI dengan CVtur Dharmanya, meskipun fokusnya adalah pada IP (Ilmu Pengetahuan), yang lebih "mission oriented", akan juga melaksanakan semua tahap dari penelitian, pengembangan teknologi, hingga pengembangan model-model penerapan. Namun fokus utamanya adalah tetap pada mission oriented basic research. Sedangkan BPPT, yang fokus utamanya adalah assesment dari Teknologi, mungkin juga melaksanakan penelitian dasar bila diperlukan.

Yang penting adalah, menghindari duplikasi kegiatan penelitian yang tidak perlu.

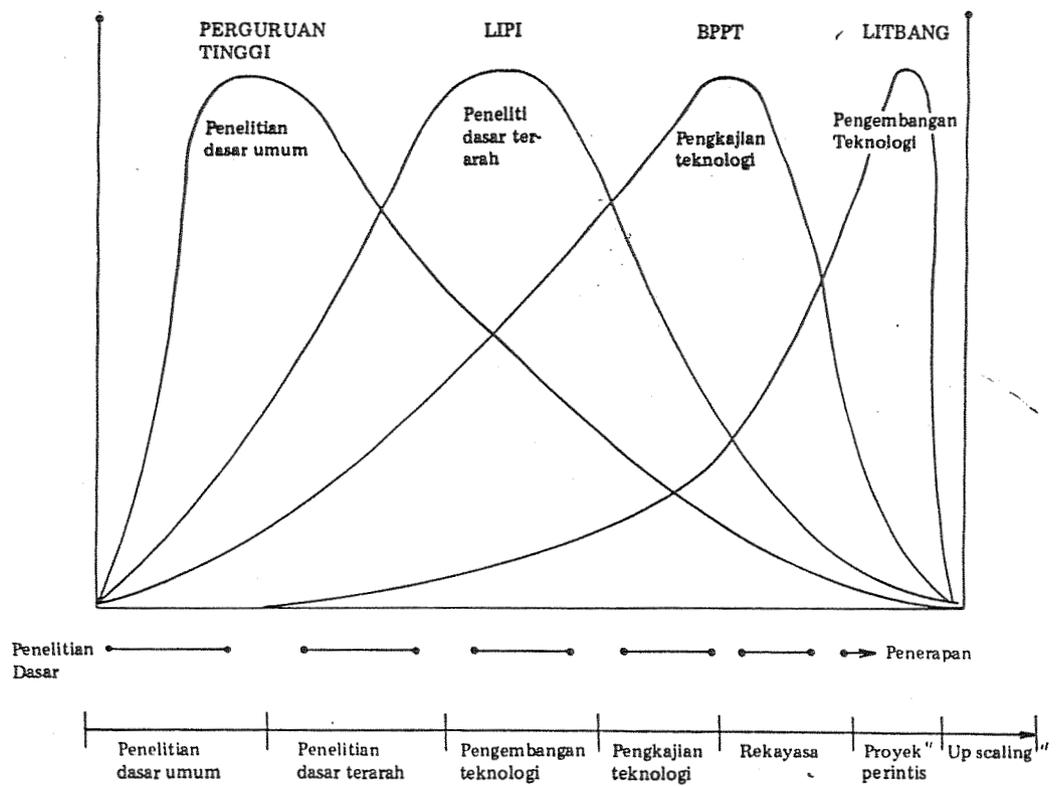
Kalau digambarkan dalam kurva-kurva mungkin gambarannya adalah sebagaimana terlihat pada Gambar 6, dimana puncak-puncak kurva, menunjukkan fokus utama dari Lembaga Penelitian yang bersangkutan.

B. Faktor manusia

Pemanfaatan teknologi memerlukan keserasian dengan sistim-nilai yang mendukung dan berlaku dalam masyarakat yang bersangkutan. Alih-teknologi mengandung segi-segi akulturasi yang tidak jarang menimbulkan dampak negatip dalam kehidupan dan pembangunan. Oleh karenanya, dalam penerapan teknologi diperlukan pengkajian yang seksama, baik dari segi teknis, ekonomi dan sosial budaya, maupun dari dampaknya terhadap lingkungan (lihat 4 kriteria ketepatan-gunaan teknologi, hal 67).

Pengkajian demikian dalam pembangunan Indonesia perlu dilaksanakan, namun masih perlu ditumbuhkan dan dikembangkan keahliannya. Hasil pengkajian tersebut jelas akan menuntun kepada perumusan kebijaksanaan pengembangan IPTEK khususnya dan pembangunan pada umumnya, yang lebih tepat, meliputi program dan prioritasnya, pendanaan, pengelolannya, dan lain sebagainya. Dalam hubungan ini diharapkan agar sistem

Gambar 6.



pendidikan dapat menghasilkan tenaga-tenaga yang diperlukan, serasi dalam kesiapan pengetahuan, ketrampilan dan sikap-sikap yang diperlukan. Sedangkan bagi para tenaga akademik yang telah memilih karir-ilmiah, perlu difikirkan sistim penghargaan dan insentip yang dapat menggairahkan kerja. Demikian pula forum-forum dan media untuk berkomunikasi ilmiah antar-akhli harus diperlancar dengan jalan majalah-majalah ilmiah; seminar dan lain-lain.

Pertemuan ilmiah; Himpunan-himpunan Profesi; Jaringan-jaringan kerja antar-akhli, maupun antar-lembaga, dan lain sebagainya, yang dapat menjangkau lingkungan nasional, regional dan internasional.

E. Kegiatan-kegiatan IPTEK menjelang Lepas-Landas

Beberapa kegiatan IPTEK, yang diperkirakan akan mempunyai peranan penting menjelang lepas landas adalah sebagai berikut :

- Teknologi pertanian untuk peningkatan budidaya dan pengelolaan, dan khususnya *teknologi lepas panen* dan pengelolaan hasil-pertanian diarahkan untuk mengurangi kerugian, meningkatkan mutu.
- Masalah air dan lingkungan, sehubungan dengan masalah kependudukan dan meluasnya lahan untuk keperluan pembangunan fisik akan meminta perhatian IPTEK yang lebih besar lagi.
- Pengolahan bahan kimia, bahan industri dan energi diarahkan untuk mendaya-gunakan sumberdaya-alam mencukupi kebutuhan industrialisasi dan meningkatkan nilai tambah ekspor.
- Masalah-masalah kelautan
Desain, rekayasa bidang konstruksi, diarahkan untuk meningkatkan kemandirian dalam pembangunan fisik dan pembangunan industri.
- Pengolahan dan penyebaran informasi bagi pembangunan, industri jasa, memerlukan penguasaan Teknologi informasi.
- Masalah-masalah Sosial-Budaya sehubungan dengan persyaratan pembangunan, maupun sebagai dampak-dampak pembangunan, perlu penanganan dengan lebih berbobot IPTEK dan konsepsional.
- Masalah-masalah dan pengolahan HANKAMNAS, memerlukan penanganan dengan bobot IPTEK yang jauh lebih canggih dan meluas.

Berdasarkan jenis-jenis kegiatan tersebut, maka bidang-bidang IPTEK yang penting untuk lebih diperhatikan adalah ilmu-ilmu terapan : Teknologi mesin, Elektroteknik, Sipil, Teknologi Kimia, Rekayasa Industri, Ruang angkasa, Ekonomi "*accounting*"; Ekologi; penerapan ilmu-ilmu Sosial/Kemanusiaan, Hukum, dan ilmu-ilmu dasar untuk menunjang pendidikan ilmu-ilmu terapan tersebut. Sedangkan untuk jangka panjang : Peningkatan ilmu-ilmu dasar untuk pengembangan ilmu, bidang ilmu interdisipliner yang maju, yakni : bioteknologi, informatika, ilmu bahan, dan kelautan. Demikian pula dibidang ilmu-ilmu sosial dan kemanusiaan, perlu ada peningkatan

spesialisasi. Perkembangan IPTEK nasional akan mendapatkan dampak dari perkembangan IPTEK internasional.

Kecenderungan perkembangan IPTEK dunia, mengarah ke bidang-bidang : Bioteknologi, Mikro-elektronika, Ilmu Bahan, Informatika, Teknologi membran (ultra-filtrasi dan osmosis, desalinasi proses, dan lain-lain), Energi alternatif (surya, angin, selvoltaile, biomassa, dan lain-lain), Kelautan (pertambangan laut dalam, OTEC, dan lain-lain), Telekomunikasi, Teknologi Antariksa.

DISKUSI

G.A. Wattimena (FAPERTA—IPB) :

1. Kurang begitu jelas dengan pengertian-pengertian penelitian dasar umum, dasar terapan, dan lain-lain. Rupanya tidak ada suatu pembagian yang tajam, sehingga dengan pembagian tugas untuk PT, LIPI, BPPT, LITBANG, untuk menekuni bidang pokok yang dibebani itu agak "overlap". Apakah kita tidak dapat membagi saja suatu penelitian yang mulai dari dasar sampai penerapannya, sehingga setiap pakar itu betul-betul mengetahui bidangnya bukan saja di bidang dasarnya tapi juga dibidang penelitian.
2. Dimana letaknya biologi di dalam ke-9 wahana tersebut?

D. Sastrapradja :

1. Kita tidak dapat membedakan secara tegas mana yang basik dan mana yang terapan. Grafik 6 hal. 71 hanya menggambarkan titik utama tugas masing-masing lembaga (PT, LIPI, BPPT, & LITBANG) dengan titik bobot yang berbeda-beda. Pada gambar tersebut terlihat adanya daerah yang "overlapping". Tidak mungkin grafik tersebut bersatu sehingga semua mengerjakan hal yang sama.
2. Biologi (terapan) masuk dalam wahana ke-9. Konsep 8 wahana dikembangkan oleh menristek yang orientasinya adalah "engineering hardware" dilihat dari segi permasalahan nasional.
 - Wahana 1 s/d 4 bertitik tolak pada transportasi dan telekomunikasi. Pertimbangan ini lebih banyak dipengaruhi oleh pertimbangan kenegaraan (politis) yaitu untuk menterjemahkan konsep wawasan nusantara.
 - Wahana 5 : arahnya pada kemampuan membuat turbin, boiler, dan sebagainya.
 - Wahana 6 : Dititik beratkan pada dasar-dasar untuk pertumbuhan industri konstruksi contoh : pabrik gula, pabrik semen dan sebagainya.
 - Wahana 7 : Dititik beratkan pada modernisasi.
 - Wahana 8 : Tidak dimaksudkan untuk mengembangkan industri HANKAM, secara terpisah, tetapi bagaimana mengembangkan industri yang ada pada wahana 1 s/d 7 agar dapat dimanfaatkan pada waktu perang.
 - Wahana 9 : Diharapkan dapat tumbuh karena dorongan wahana sebelumnya.

D. Soedarmo :

Senang sekali telah digariskan kebijaksanaan nasional riset dan teknologi yang telah dirumuskan oleh Tim Pepunas, namun sayang hal itu belum diketahui oleh banyak pihak. Alangkah baiknya kalau hal itu bisa disebar-

kan ke berbagai peneliti di LITBANG, Departemen, dan Universitas. Akan lebih berharga jika dalam perumusan tentang program-program utama riset itu juga tercantum dana yang tersedia. Dengan demikian para peneliti dapat menyesuaikan pemikirannya, dan akan lebih ada jaminan usulan penelitiannya bisa diterima.

D. Sastrapradja :

Sampai sekarang, yang sah Pepuna ada dalam buku matrik, tetapi buku tersebut belum final, yang tercantum baru program-program utama. Setiap Universitas nantinya akan diberi buku tersebut. Mengenai biaya, buku tersebut baru dapat dipakai pada Lembaga-lembaga non departemen. Pada Departemen buku tersebut belum dapat dipakai karena programnya masih terlalu luas. Oleh LITBANG, Departemen diterjemahkan ada kaitannya dengan ke lima matrik atau tidak sampai sekarang biaya riset baru mencapai 0,3% GNP dan diusulkan agar bisa mencapai 1% GNP.

Z. Coto :

Pada semua tahap penelitian diperlukan peneliti yang "berbobot" dan dana yang cukup, tetapi saat ini jumlah peneliti belum cukup demikian juga dana. Sebagian besar peneliti ada di Perguruan Tinggi dan di beberapa Lembaga Penelitian. Kami berpendapat pembagian menurut tahapan tersebut dapat diterapkan bila jumlah peneliti dan dana, sudah lebih baik/cukup. Bagaimana kebijakan pengetahuan tenaga. Objek dan dana penelitian agar peneliti tersebut dapat terlaksana secara efisien dan efektif.

D. Sastrapradja :

Belum bisa dijawab dengan pasti sebab harus melihat keseluruhan mekanisme (seperti misalnya : di LIPI : ada dana yang mempunyai daya serap rendah). Ada aspek aturan/ijin yang harus dilalui sehingga dari mulai DIP itu disetujui sampai dalam bentuk yang memakan waktu hampir 3-4 bulan. Belum lagi ada revisi karena target berubah. Program indentifikasi kadang masih terlalu makro, ini berkaitan dengan cara penyajian informasi dalam DIP.

S.S. Sadjad :

1. Istilah "Dasar Umum" bisa terbaur dengan istilah mata kuliah Dasar Umum yang sudah biasa digunakan di Perguruan Tinggi dan memiliki pengertian khusus.
2. Volume kegiatan apa sebaiknya dalam pengertian relatif artinya puncahnya sama dengan 100 untuk masing-masing sektor.
3. Saya risaukan kegiatan yang "overlapped" tidak tergarap, karena saling menggantungkan/menambah bukan menjadi tanggungannya. "Sequence" dari penelitian dasar ke penerapan tidak selalu searah begitu. Bisa juga ditemukan dulu "technological findings", baru ditemukan meka-

nisme dasarnya. Secara ekonomis apakah tidak dikerjakan dulu yang terapan, kalau sudah kaya negara kita ini baru penelitian dasar.

D. Sastrapradja :

1. Tidak dijawab.
2. Grafik Gambar 6 halaman 71: adalah tidak riil, jangan mendasarkan pada bentuk grafik tapi berdasarkan pada presentase bobot, jenis kegiatan penelitian.
3. Kelihatannya yang perlu adalah pendekatan riset, yaitu pendekatan dari depan (memahami pengetahuan tentang teknologi yang diterapkan), seperti "policy" riset di Jepang. Di Indonesia tradisi penelitian dasar sudah ada, yang kurang justru teknologi.

D. Sastrapradja :

Sebagai negara yang sedang berkembang, dapat dimengerti bahwa di Indonesia pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi perlu diarahkan oleh kebijakan, berujud program-program berprioritas dan sebagainya. Sehubungan dengan kurangnya dana, fasilitas dan sebagainya. Teknologi yang tidak dibiayai diambil saja dari luar negeri mengambil manfaat dari keadaan interdependensi negara-negara "transfer of technology". Pemandangan, umumnya di luar negeri pengembangan IPTEK banyak ditentukan oleh adanya pakar-pakar, mereka diberi kesempatan merenung-renung, berfantasi dan berinovasi sehingga pengembangan ilmu pengetahuan banyak ditandai oleh penemuan-penemuan inovatif bertaraf pemenang hadiah Nobel.

Bagaimana di Indonesia kebijaksanaannya? Apakah ada peluang dan dukungan otoritas RISTEK untuk kegiatan-kegiatan seperti itu?

D. Sastrapradja :

"Policy" Ristek : Penelitian dasar harus tetap hidup, dan bergerak dengan dua arah dimana bobot terbesar pada penelitian terapan.

Di Indonesia banyak sekali kesempatan untuk mengembangkan penelitian dasar dengan berorientasi pada kondisi dan keadaan di Indonesia sekarang. Ristek akan memberikan perlindungan agar penelitian dasar tetap tumbuh. Waktu itu diputuskan bobot dari penelitian 30% Penelitian Terapan dan 70% Penelitian Dasar. Secara institusional penggali ilmu yang paling depan adalah Perguruan Tinggi. LIPI diharapkan menggali ilmu dasar terapan BPPT diharapkan menghasilkan disain-disain/upakarti (hasil yang khusus), dan LITBANG pengembangan teknologi.

S. Djojosebagio :

1. Mohon pendapat tentang struktur Bioteknologi di negara-negara berkembang, juga di Indonesia umumnya ada kecenderungan untuk membentuk struktur baru. Di Indonesia sekarang ini sedang giat mengembangkan Bioteknologi dan untuk mengembangkan ini dibuat/dibangun

dan diciptakan struktur baru yaitu bangunan laboratorium dan tenaga manusia yang baru. Di Luar Negeri berupaya tidak membuat/menetapkan hal-hal baru tetapi memperkuat yang telah ada. Di Luar Negeri untuk membangun Bioteknologi dibentuk "BOARD" untuk Bioteknologi sedangkan aktivitas dipusatkan pada laboratorium-laboratorium yang telah ada yang disebut "ASCOT" yang berusaha untuk mengkomersialkan hasil-hasil dari proses BIOTEKNOLOGI itu.

2. Di Indonesia kita sedang berusaha mentransfer teknologi, tetapi dasar-dasar teknologinya tidak dipahami, sehingga kalau ada kemacetan dalam melaksanakan teknologi sukar mencari pemecahannya. Oleh karena itu apakah tidak ada baiknya untuk menggalakkan "basic research" paling tidak untuk menjelaskan teknologi tersebut.

D. Sastrapradja :

1. Setuju kalau Bioteknologi itu memperkuat yang sudah ada. Di Indonesia, Biotek merupakan hal yang baru. Yang disebut "Traditional Biotechnology" sudah ratusan tahun lamanya (Contoh: pembuatan tempe, tape, oncom).

Panitia Nasional mencoba mengembangkan strategi Pengembangan Bioteknologi di Indonesia. Pada prinsipnya ada 4 kelompok; 1. Sektor produksi, 2. Sektor penerapan dan pengkajian, 3. Sektor penelitian dan pengembangan, 4. Sektor pembinaan tenaga dan penelitian. Menristek akan mengembangkan pusat di Cibinong yang sifatnya multi sektor, dengan menggunakan tenaga yang ada sekarang. Kita juga mendidik tenaga yang muda-muda ke Luar Negeri yang dapat menumbuhkan jika pulang nanti.

2. Transfer teknologi, ada yang disebut "Progressive Planning Manufacture". Teknologi sifatnya praktek ("learning by doing"). Kita harus bongkar pasang sehingga kita dapat mendalami apa dasarnya. Selanjutnya kita harus mampu mengintegrasikan (peranan disain). Pada suatu saat diharapkan untuk setiap produk sampai pada tahap penelitian dasar.

R.S. Hadioetomo :

1. Beberapa komentar antar lembaga berdasarkan sifatnya perlu dipikirkan lebih baik karena suatu kebijakan tidak boleh membingungkan. Pembagian berdasarkan % penelitian dasar dan % penelitian terapan bisa menimbulkan berbagai pertanyaan seperti, apa batasan antara penelitian dasar dan terapan, dan bagaimana nanti ada penelitian yang tidak tuntas. Agak sukar mengharapkan di Indonesia penelitian di suatu lembaga akan dilanjutkan di lembaga lain karena hal tersebut menuntut komunikasi dan kerjasama yang sempurna.

Contoh/saran : Penelitian di Perguruan Tinggi bisa :

- a. Goal oriented — membuahkan hasil yang bisa dipakai (jelas terapan)
- b. Untuk tujuan pendidikan semata — yang penting mahasiswa yang

bersangkutan ter-"exposed" pada berbagai teknik dan metode sebagai bekal untuk pekerjaannya setelah selesai (jadi sifat penelitiannya bisa dasar dan bisa terapan tapi tidak perlu tuntas dan tidak perlu bisa dipakai).

2. Bagaimana nilai perumusan suatu lokakarya dalam membantu menentukan kebijakan di tingkat pemerintahan ?

D. Sastrapradja :

1. Batasan antara penelitian dasar dan terapan sulit diberikan. Yang dikemukakan adalah gambaran secara makro. Ditinjau dari segi teknis, lebih baik tidak usah dibedakan.
2. Lokakarya adalah suatu pertemuan yang mendiskusikan sesuatu untuk menghasilkan suatu kesimpulan tertentu. Hal ini berbeda dengan simposium ataupun kongres, yang tidak perlu membuat kesimpulan. Bagi masyarakat ilmiah, Lokakarya sangat penting sebagai alat komunikasi yang efektif. Kesimpulan yang dihasilkan dapat berupa saran atau gagasan.