

PENGEMBANGAN TEKNOLOGI BERWAWASAN LINGKUNGAN

Surna T. Djajadiningrat
Asmen III Lingkungan Hidup

PENDAHULUAN

Dalam perkembangan budaya manusia, tingkat penguasaan akan ilmu pengetahuan dan teknologi sesuatu masyarakat bangsa makin memainkan peran yang penting di dalam menentukan kedudukan peran masyarakat bangsa tersebut di antara masyarakat bangsa-bangsa di dunia.

Pergeseran pengaruh budaya bangsa-bangsa di dunia dalam abad kedua puluh ini jelas sangat ditentukan oleh kemampuan masing-masing bangsa dalam menumbuh-kembangkan dan memfungsikan ilmu pengetahuan dan teknologi dalam kehidupan.

Secara ringkas dapat kiranya dikatakan bahwa kadar ilmu pengetahuan dan teknologi dalam budaya sesuatu masyarakat bangsa akhir-akhir ini makin menjadi penentu dalam menempatkan harkat masyarakat bangsa tersebut di antara bangsa-bangsa lain.

Akan tetapi makin berkembang dan berpengaruhnya ilmu pengetahuan dan teknologi mengakibatkan kadar artifak di dunia makin meningkat, dan membawa kepada terjadinya perubahan, dan sering juga, disrupsi ekosistem. Perubahan-perubahan tersebut membawa keadaan ekosistem selalu ke keadaan baru, yang sebelum mencapai suatu keseimbangan baru telah bergerak lanjut ke keadaan yang lain lagi.

Gejala-gejala perubahan keadaan dan disrupsi lingkungan hidup tersebut, yang tertampikan sebagai gejala penciptaan ketersediaan sumberdaya, pencemaran, pergeseran kelakuan cuaca di muka bumi, dan pola laku dalam kehidupan bermasyarakat yang bertautan dengan keadaan itu, menimbulkan kesadaran baru. Kesadaran baru ini menampakkan gejala sebagai gerakan pelestarian lingkungan hidup.

Kini dunia ilmu pengetahuan dan teknologi dapat dikatakan sedang melakukan dialog baru dengan alam. Kearifan dalam budaya yang menghasilkan teknologi yang mengikuti jalur gerak yang menyelaras dengan dinamika keseimbangan alam mulai bersintesa dengan pola pendekatan ilmu pengetahuan dan teknologi budaya dunia barat yang tegar, yang mungkin

akan membentuk pola baru dalam perkembangan ilmu dan teknologi.

Mengingat bahwa kearifan tentang kehidupan yang menyelaras dengan lingkungan telah mengakar dalam budaya bangsa, bukan tak mungkin, bahwa dalam pola baru perkembangan ilmu dan teknologi yang terjadi di dunia tersebut masyarakat ilmuwan Indonesia akan bergerak di garis depan di beberapa bidang ilmu dan teknologi. Akan tetapi mungkin juga bahwa, karena keterbatasan kefahaman sebagian besar masyarakat ilmiah dan masyarakat luas tentang ilmu dan teknologi, pola perkembangan baru tersebut tak dirasa maupun disadari, sehingga dalam upaya mensejahterakan kehidupan masyarakat, pemfungsian teknologi yang terjadi justru yang mengikuti paradigma yang mulai ditinggalkan.

PERUBAHAN GLOBAL SEBAGAI AKIBAT PROSES ANTROPOGENIK

Pada umumnya berbagai perubahan nyata yang mempengaruhi kehidupan serta lingkungan di bumi disebabkan oleh *proses alam* yang tak dapat dielakkan seperti seleksi alam, jarak antara matahari dan bumi, perubahan arah angin dan sungai, turbulensi atmosfera dan samudra, ekspansi dan kontraksi tudung-tudung es di daerah kutub gerak perkisaran kontinen dan lain-lain.

Berbagai perubahan alam tersebut *masa kini* dengan cepat dipengaruhi oleh sejumlah deretan perubahan yang bersifat global yang berasal dari ulah manusia atau *proses antropogenik*.

Perubahan global dalam biosfir dan geosfer dapat dikaitkan dengan pertumbuhan penduduk yang cepat, penggunaan sumber daya alam per kapita yang berlebihan dan perusakan ekosistem yang mapan. Gejala ini adalah begitu umum dipandang dari sudut *antropomorfik* (ukuran manusia) sehingga dianggap sebagai kejadian serba biasa saja di muka bumi yang stabil. Tetapi ditinjau dari sudut ilmiah maka perubahan global kontemporer ini menunjukkan adanya suatu *krisis biotik*.

Sebagai contoh, dapat dikemukakan bahwa binatang menyusui di Amerika Utara telah mengalami kepunahan 1.000 kali lebih cepat setelah *Homo Sapiens* menginjakkan kakinya di benua ini, dibandingkan dengan punahnya hewan ini pada masa geologi yang lampau. Tingkat pemunahan ini kelihatannya bertambah secara eksponensial.

Produksi energi dan pertanian yang intensif serta peningkatan teknologi telah merubah muka bumi, komposisi atmosfera, air serta tanah, sifat kimiawi air, daerah hutan serta variasi tumbuhan dan hewan.

Tanda-tanda yang merisaukan telah nampak pada kerugian dalam cadangan global sumber daya alam seperti hutan, tanah yang subur, air yang dapat diminum dan pada pengadaan pangan. Juga terjadi perubahan yang mencekam pada iklim dunia disebabkan karena efek "gas rumah kaca", deplesi ozon dan lain-lain.

Dampak aktivitas manusia terhadap rupa bumi dan terhadap sumber daya tanah akan mempengaruhi usaha tersedianya pangan, energi dan tumbuh-tumbuhan di masa depan yang diperlukan untuk memenuhi kebutuhan yang meningkat dari penduduk dunia.

Karbon, nitrogen, fosfor dan belerang dibutuhkan untuk pembentukan molekul-molekul utama bagi kehidupan. Disamping fluks (aliran) alam ini, aktivitas manusia kini sedang menghasilkan fluks C, N, P dan S yang proporsinya mulai mendekati fluks alam. Kejadian ini sangat merisaukan karena mulai mengganggu keseimbangan biokimia yang sangat peka itu.

Berbagai contoh perubahan global ini adalah kerusakan besar pada hutan di Eropa dan Amerika karena hujan asam, rusaknya danau-danau besar karena limbah industri, kerusakan dan hilangnya hutan di daerah tropis dengan cepat, pendangkalan sungai dan danau karena erosi, deplesi dan pengotoran air tanah di kota-kota besar, perluasan daerah gurun pasir dan lain-lain.

PENGIJAUAN TEKNOLOGI SEBAGAI JAMINAN KELANGSUNGAN HIDUP MANUSIA

Bagaimanakah kita dapat memenuhi sasaran jangka panjang yang diinginkan masyarakat, yaitu memperbaiki kualitas lingkungan dan sekaligus mencapai pertumbuhan pesat dalam aktivitas ekonomi? Dua sasaran ini akan

merupakan tantangan yang dominan dalam abad 21.

Ilmu dan teknologi dapat menolong manusia dari berbagai ancaman perubahan global yang telah kita utarakan. Akan tetapi perlu diingat pula bahwa ekonomi dunia bertumbuh terus begitu pula penduduk bumi. Untuk sampai pada pertumbuhan ekonomi sejumlah \$ 600 milyar pada tahun 1900, manusia memerlukan seluruh waktu dalam sejarah hidupnya. Kini ekonomi dunia bertambah lebih dari dua kali jumlah ini tiap dua tahun.

Pakar-pakar kependudukan dan ekonomi telah meramalkan bahwa pada pertengahan abad 21, suatu jangka waktu yang tak terlalu lama, penduduk dunia yang berjumlah 5 milyar akan menjadi 10 milyar dan ekonomi global kita akan mencapai \$ 13 triliun yang berarti 5 kali lebih besar daripada masa kini.

Dua proses fundamental dalam transformasi teknologi, yaitu penemuan dan pengembangan ilmu dan teknologi, harus diberi cukup dana dan insentif untuk memungkinkan kita mengetahui sistem bumi dan daur-daurnya serta akibat-akibat dari ulah manusia secara akurat.

Teknologi abad 21 harus dapat menciptakan suatu teknologi pertanian yang berkelanjutan secara ekonomi dan ekologi serta menekankan pada penggunaan rendah pupuk komersial, pestisida dan energi. Teknologi ini harus dapat pula menjamin pengalihan industri dari suatu proses yang padat material ke proses yang menggunakan bahan bakar dan bahan baku secara lebih efisien dengan tidak atau sedikit menghasilkan limbah industri yang berbahaya. Teknologi harus dapat pula memberikan pada kita penilaian yang dini dan tepat mengenai inovasi teknologi serta konsekuensi yang sengaja atau tidak sengaja.

Para pakar di abad 21, harus dapat mendesain dan memasarkan suatu teknologi yang bersih dengan harga yang memadai. Dengan demikian, maka transisi yang diperlukan adalah bersifat teknologis akan tetapi dorongan kearah ini harus bersumber pada harapan serta kekhawatiran manusia, pada sikap ingin tahu terhadap proses-proses alam yang mengendalikan bumi dan keyakinan bahwa sesuai proses yang tak sesuai dengan proses alamiah sedang berlaku disekitar mereka. Kenyataan bahwa para politisi dan pengambil kebijaksanaan di seluruh dunia mulai menyadari hal ini adalah suatu tanda yang menggembirakan.

TANTANGAN ILMU PENGETAHUAN ALAM DI ABAD 21

Untuk menangani masalah ini, maka para ahli perlu memperkuat dasar pengetahuannya dalam semua cabang sains yang menyangkut bumi. Aktivitas ini memerlukan suatu pandangan global dan suatu usaha baru untuk mempelajari bumi serta penghuninya sebagai suatu sistem yang berkaitan erat satu dengan yang lain. Usaha ini mengharuskan kerjasama semua bangsa yang maju maupun yang berkembang, serta interaksi dan pertanggungjawaban bersama antara berbagai ilmu yang secara tradisional tak tergantung dan tak berkaitan satu sama lain. Secara optimal perlu diterapkan teknologi mutakhir seperti satelit, roket, teknik penginderaan jauh, peralatan canggih dalam geosains laut, komputer besar untuk penyimpanan data, analisis isotop stabil, geomagnetik analisis *micropobe*, mikro dan makro pelobiologi, radar dan sebagainya.

ICSU (International Council for Scientific Union) telah menyusun suatu program studi multi-disiplin perubahan global dengan tujuan melukiskan dan memperdalam pengetahuan kita tentang interaksi proses-proses fisika, kimia dan biologi yang mengendalikan seluruh sistem bumi, lingkungan yang unik dari kehidupan, perubahan-perubahan yang berlaku dalam sistem ini dan cara bagaimana sistem ini dipengaruhi oleh aktivitas manusia. Pakar-pakar Indonesia dapat pula berpartisipasi dalam proyek-proyek riset dasar tersebut yang antara lain menyangkut bidang-bidang :

1. Ekosistem terestris dan interaksinya dengan atmosfera
2. Ekosistem marin dan interaksinya dengan atmosfera
3. Proses-proses geologi, masa lampau dan masa kini
4. Lingkungan atmosfera atas dan angkasa luar

Penelitian ini akan menyangkut penciptaan berbagai model berskala besar dari perubahan global antaranya model biosfer global untuk memperdalam pengetahuan kita mengenai perubahan-perubahan dalam biosfer terestris atau marin yang terjadi dalam skala waktu tahunan atau ratusan tahun. Studi ini akan pula menambah pengetahuan kita tentang gas-gas yang sumber utamanya adalah biogenik dan efeknya terhadap atmosfera. Aneka proses ekosistem akan dipelajari ialah bagaimana proses-proses ini akan berinteraksi dengan lingkungan

global yang sedang berubah. Masalah ini erat kaitannya dengan distribusi ekosistem dan tingkat perubahan.

Sains dan teknologi serta segala usaha untuk meningkatkan produksi dan pendapatan perkapita serta memperbaiki infrastruktur, perlu serasi dan terpadu dengan proses perubahan sosial budaya yang sedang berlangsung dalam masyarakat. Hal ini akan membuka kemungkinan tercapainya pemerataan pendapatan (equitability), mengecilkan perbedaan (disparity) antara desa-kota, kaya miskin, pria wanita dan lain-lain, menjamin kemantapan (stability) dan keberlanjutan (sustainability), yang kesemuanya itu merupakan prinsip-prinsip mendasar dari suatu pembangunan berkelanjutan berwawasan lingkungan (sustainable ecodevelopment).

Jadi masalah dalam membangun perekonomian itu bukanlah mengembangkan sains dan teknologi canggih semata-mata. Tetapi kembali pada persoalan pokok yang sebenarnya dihadapi sejak manusia menyadari dirinya sebagai homo faber, manusia tukang, yaitu tujuan sosial apa yang ingin dicapainya dengan sains yang dikembangkan dan teknologi yang dibuatnya itu ? Atau dengan perkataan lain, bagaimanakah masyarakat dapat menguasai teknologi dan mengendalikannya untuk mewujudkan suatu masyarakat yang humanis, adil, makmur dan merata ? Bagaimanakah ia dapat mengembangkan teknologi yang sesuai dengan keperluan masyarakat, yang sesuai dengan sumberdaya yang ada padanya, serta menjamin lestariannya fungsi-fungsi lingkungan, dan dapat melayani suatu tujuan sosial, aspirasi manusia dan masyarakat?.

PENGEMBANGAN TEKNOLOGI YANG BERWAWASAN LINGKUNGAN DI INDONESIA

Biaya ekologi yang tinggi, baik dalam bentuk pencemaran, kerusakan lahan maupun pemborosan sumberdaya alam akibat pengaruh teknologi yang tidak terkendalikan, seperti tercermin dalam krisis yang sekarang melanda di negara-negara utara, menyarankan kepada kita supaya sedapat-dapatnya jangan mengulangi pola pembangunan negara industri yang semacam itu. Sebenarnya kepadatan penduduk kita sendiri telah memaksa kita untuk memilih strategi pembangunan yang berlainan, yaitu kebijaksanaan pertumbuhan ekonomi yang berorientasi pada penciptaan lapangan kerja, pe-

merataan pendapatan, kemampuan daya pulih sumberdaya alam dan daya dukung lingkungan yang dinamis serta ketahanan nasional (Social resilience) masyarakat. Begitupun teknologi yang kita pilih dan kembangkan perlu berada dalam batas sumber dan kemampuan kita sendiri, sehingga berkurang ketergantungannya pada produk-produk dari luar negeri.

Jelaslah bahwa strategi pembangunan harus secara gamblang dan konsisten ditujukan pada peningkatan swasembada, prakarsa dan kreativitas masyarakat sendiri, serta diarahkan pada penciptaan lapangan kerja di bidang pertanian maupun industri, dengan mengembangkan teknologi yang sesuai dengan basis sumber-sumber mereka. Teknologi itupun perlu juga memungkinkan masyarakat mengembangkan teknik-teknik produksi yang padat-karya serta melakukan diversifikasi kedalam kegiatan-kegiatan non agraris.

Tetapi mustahil masyarakat dapat mengembangkan teknologi itu atas usaha sendiri mengingat pengembangan tersebut mahal biayanya. Mengingat di Indonesia pelaku riset teknologi adalah perguruan tinggi, badan litbang departemen, lembaga ristek non-departemen dan lembaga ristek milik perusahaan, perlu kiranya dijalin kerjasama di antara lembaga-lembaga ini untuk memecahkan masalah bersama, yaitu pertumbuhan ekonomi, perbaikan daya saing, perbaikan kualitas hidup dan pelestarian fungsi lingkungan hidup.

Dengan demikian diharapkan dapat berkembang suatu pola pembangunan yang menggunakan teknologi yang mampu memanfaatkan sumber daya secara berkelanjutan, serta tidak merusak fungsi-fungsi lingkungan. Untuk itu diperlukan kebijaksanaan-kebijaksanaan serta penerapan sains dan teknologi yang lebih spesifik yang dapat melindungi basis sumber daya tersebut, sekaligus meningkatkan produktivitas dan kualitas hidup masyarakat, di antaranya adalah :

Tata guna lahan dan tata ruang

Dalam upaya melindungi basis sumber daya alam, perlu perangkat kebijaksanaan yang produktif, yaitu perencanaan pemanfaatan sumber daya (*resources use plan*) yang menggunakan kriteria penggunaan terbaik untuk menentukan kawasan budi daya (pertanian, kehutanan, permukiman, dan lain-lain), kawasan dilindungi dan kawasan penyangga.

Untuk dapat melakukan perencanaan pemanfaatan sumber daya tersebut dapat dilakukan dengan bantuan teknologi canggih seperti penginderaan jarak jauh (*remote sensing*), foto udara dan teknologi sistem informasi geografi, yang dilengkapi dengan survai-survai lapangan.

Pengelolaan air

Sangat penting dikembangkan teknologi yang dapat menghemat penggunaan air. Selain itu perlu dikembangkan instrumen ekonomi yang dapat mencegah penggunaan air tanah secara berlebihan, melampaui kemampuan pengisian kembali *akifer* setempat.

Agro-ekoteknologi

Sampai tingkat tertentu, pemakaian bahan kimia pertanian dapat meningkatkan produksi pertanian. Lebih dari itu terjadi gejala *levelling off*, di samping menyebabkan terjadinya pencemaran air tanah, kebalnya hama dan penyakit dan menurunnya produktivitas lahan pertanian. Sebab itu pemakaian pupuk organik perlu lebih digalakkan untuk melengkapi penggunaan pupuk kimia. Pengendalian hama penyakit perlu didasarkan pada pengendalian hama-penyakit secara terpadu (*integrated pest control*), yang antara lain mengandalkan metode-metode biologis yang alami.

Agroforestry

Merupakan sistem pertanian tradisional perlu dihidupkan kembali, mengingat teknologi ini sangat cocok untuk petani kecil dan lahan marjinal, serta dapat menghasilkan pangan dan kayu dalam jumlah yang mencukupi. Agroforestry juga cocok diterapkan untuk mengendalikan kegiatan perambah hutan, sebelum mereka menguasai teknologi pertanian yang lebih modern.

Untuk itu penting peranan sains dan teknologi agar dapat meningkatkan teknologi tradisional ini, serta menyesuaikan dengan kondisi baru dan prioritas program-program pemerintah.

Bioteknologi

Termasuk kultur jaringan, dapat membantu menyediakan bibit-bibit unggul dalam jumlah banyak, dengan memanfaatkan plasma nutfah yang melimpah, yang merupakan keunggulan komparatif yang kita miliki. Selain di bidang pertanian dan kehutanan, bioteknologi juga perlu dikembangkan dibidang farmasi dan industri-industri lainnya.

Teknologi pasca panen

Untuk keperluan pengeringan, pendinginan dan pengawetan hasil panen, memerlukan adanya pengembangan teknologi energi surya dan sumber-sumber energi non-konvensional lain yang tersedia melimpah di lingkungan setempat.

Teknologi bersih

Untuk industri merupakan hal yang harus terus ditumbuh-kembangkan pada era industrialisasi dalam PJPT II nanti.

Teknologi ini perlu bersifat preventif, dan bukan semata-mata teknologi *end-of pipe treatment* belaka.