

ISBN 979-98496-3-2

Difusi Teknologi

Teori, Pendekatan & Pengalaman

Penyunting :
Atang Sulaeman

Difusi Teknologi

Teori, Pendekatan dan Pengalaman

Penyunting :
Atang Sulaeman

Penulis :

Achmad Zatnika
Amy Hardianto
Arwanto
Atang Sulaeman
Bambang Haryanto
Dedi Suhendri
Dharmawan
Hamir Hamzah
Hartaya
Kuncoro Budy Prayitno
Muchdie
M. Yusuf Samad
Mulyadi Agus Widodo
Nelson Simanungkalit
Soleh Iskandar
Sri Royanigsih
Rachmat Karyanda
Ruki Savianto
Syakur Salim
Ugay Sugarmansyah
Untung Sumotarto

Penerbit
Pusat Pengkajian Kebijakan Difusi Teknologi
Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi
Jakarta

Perpustakaan Nasional Indonesia : Katalog Dalam Terbitan (KDT)

DIFUSI TEKNOLOGI
TEORI, PENDEKATAN, DAN PENGALAMAN

Atang Sulaeman/Muchdie, dkk.

----- Jakarta : Pusat Pengkajian Kebijakan Difusi
Teknologi Badan Pengkajian dan
Penerapan Teknologi 2005

xvi hlm + 255 hlm; 15 x 23 cm

ISBN 979-98496-3-2

Diterbitkan oleh :

Pusat Pengkajian Kebijakan Difusi Teknologi
Deputi Bidang Pengkajian Kebijakan Teknologi
Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi

Gedung II BPPT, lantai 12
Jl. M. H. Thamrin, No 8 Jakarta 10340
Tlp. 0213169412/18 Fax. 0213169406
atang_sulaeman@yahoo.com

Edisi ke-1 tahun 2005

Desain muka : Deden Suropto & Adji
Tata letak : Atang Sulaeman

Dicetak oleh : Percetakan BPPT 3169007

Hak cipta dilindungi Undang-undang. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh isi buku ini dalam bentuk apa pun, termasuk menfotokopi, merekam, atau dengan sistem penyimpanan lainnya, tanpa izin tertulis dari Penerbit.

Kata Pengantar

Daya saing suatu negara ditentukan antara lain oleh tingginya inovasi teknologi dalam berbagai bidang pembangunan. Pengalaman dari banyak negara maju membuktikan, bahwa teknologi merupakan penghela utama (*prime mover*) untuk kemajuan ekonomi. Inovasi merupakan kata kunci yang sangat penting dalam proses pembangunan ekonomi berbasis teknologi. Manfaat inovasi tidak akan pernah dinikmati masyarakat apabila tanpa melalui sebuah proses, yakni proses difusi teknologi.

Difusi teknologi adalah proses penyebarluasan teknologi kepada suatu sistem sosial. Proses difusi teknologi merupakan suatu proses yang sangat penting dari suatu rangkaian penerapan teknologi pada suatu lembaga, perusahaan, maupun negara. Dari sisi mekanisme, difusi teknologi merupakan sebuah proses yang sangat kompleks, karena proses ini sangat dipengaruhi oleh jenis inovasi/teknologi dan sistem sosial (calon) penerima inovasi/teknologi. Oleh karena itu lama waktu yang diperlukan untuk mendifusikan sebuah inovasi/teknologi sangat sulit diperkirakan. Lama waktu yang diperlukan untuk mendifusikan suatu inovasi/teknologi bisa satu bulan sampai puluhan tahun. Ada inovasi/teknologi yang lebih mudah didifusikan dibandingkan dengan jenis inovasi/teknologi lain pada satu masyarakat yang sama. Di sisi lain, ada masyarakat yang lebih mudah mengadopsi (menerima, menerapkan) suatu jenis inovasi/teknologi dibandingkan masyarakat yang lainnya.

Menyadari bahwa difusi teknologi merupakan salah satu faktor penting dalam proses penerapan teknologi pada suatu masyarakat, sementara itu buku mengenai difusi teknologi masih sangat jarang terutama terbitan dalam Bahasa

Indonesia, maka Pusat Pengkajian Kebijakan Difusi Teknologi BPPT berupaya untuk menerbitkan Buku Difusi Teknologi : Teori, Pendekatan, dan Pengalaman.

Buku ini antara lain meng-*eksplor* mengenai difusi teknologi baik dari aspek teori, pendekatan, maupun pengalaman. Untuk memudahkan para pembaca, kami membagi buku ini ke dalam tiga bagian, yakni Bagian I berisi Teori dan Model Dasar Difusi Teknologi, Bagian II berisi Pendekatan Difusi Teknologi, dan Bagian III yang berisi beberapa pengalaman proses difusi teknologi yang pernah dilakukan oleh para peneliti Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT).

Kami menyadari bahwa buku yang dihasilkan masih jauh dari sempurna, oleh karena itu kritik dan saran konstruktif dari para pembaca sangat kami harapkan untuk perbaikan buku kami selanjutnya.

Penghargaan yang sebesar-besarnya kami sampaikan bagi para penulis, penyunting, serta percetakan BPPT yang karena kerja kerasnya akhirnya dapat menyelesaikan buku ini.

Akhirnya kami hanya berharap, buku yang sederhana ini paling tidak dapat memberikan inspirasi, terutama bagi kalangan yang berkiprah di bidang kebijakan publik, dalam membuat kebijakan yang berhubungan dengan proses penyebaran dan penerapan teknologi.

Semoga.

Jakarta, Agustus 2005

Direktur PPKDT – BPPT

Muchdie., Ir., MS., PhD

Daftar Isi

Kata Pengantar	i
Catatan Penyunting	iii
Daftar Isi	ix
Daftar Tabel	xiii
Daftar Gambar	xv

BAGIAN I TEORI DAN MODEL DASAR

Bab I	1
Pendahuluan <i>Muchdie</i>	
Bab II	18
Pemahaman Difusi Teknologi dalam Perspektif Ilmu Alam <i>Nelson Simanungkalit, Dedi Suhendri, dan M. Agus Widodo</i>	
Bab III	31
Model-model Ekonomi Difusi Teknologi <i>Muchdie dan M. Agus Widodo</i>	
Bab IV	49
Mekanisme Difusi Teknologi <i>Kuncoro B. Prayitno dan Amy Hardianto</i>	

Bab 1

Pendahuluan

Oleh
Muchdie*)
muchdie@bppt.go.id

PENGANTAR

Sepanjang sejarah, teknologi telah memberikan pengaruh yang mendalam bagi perkembangan kemanusiaan dan kemajuan peradaban. Dibutuhkan waktu sekitar 2 juta tahun untuk mengubah kebiasaan manusia bercocok tanam dari peladang berpindah menjadi petani yang memanfaatkan peralatan dan menggunakan tenaga hewan. Kemajuan ini secara signifikan membawa perubahan bagi peradaban manusia. Beberapa ribu tahun kemudian telah disaksikan munculnya teknologi roda, kincir dan peralatan-peralatan mekanis. Kurang dari dua abad yang lalu mesin uap dan sistem pabrik telah mendorong dimulainya revolusi industri. Energi dihasilkan dari air, dari tenaga mekanis, listrik dan nuklir sehingga memungkinkan umat manusia untuk melakukan perubahan dalam cara hidupnya. Belum pernah ada dalam sejarah dimana teknologi mempunyai peran yang begitu besar dalam kehidupan manusia, seperti halnya sekarang ini. Teknologi telah merambah ke dalam segala aspek kehidupan manusia. Keberhasilan kegiatan pemerintah, perusahaan global, perusahaan swasta dan individual sangat bergantung kepada teknologi. Tingkat kemajuan teknologi dan ketergantungan masyarakat terhadap teknologi telah mempercepat pergerakan dunia menuju abad 21.

Teknologi selalu memainkan peran utama dalam menciptakan kemakmuran suatu bangsa dan secara langsung mempengaruhi standar hidup dan mutu kehidupan. Ketika manusia primitif menggunakan cabang kayu untuk mengambil buah, mereka sudah

*) Direktur Pusat Pengkajian Kebijakan Difusi Teknologi - BPPT

mengembangkan suatu teknologi untuk mempertahankan hidupnya. Memang dibutuhkan waktu untuk melakukan uji-coba, untuk berkreasi dan secara sabar mengembangkan peralatan, untuk memperoleh pengetahuan, mengembangkan metode untuk memindahkan material dan produk serta untuk menerapkan prosedur dalam menjalankan pemerintahan. Singkat kata, teknologi dibutuhkan untuk mencapai tujuan.

Peradaban dibangun menggunakan teknologi yang inovatif dan bisa punah jika teknologinya tertinggal. Masyarakat Mesir kuno menikmati kesejahteraan yang melimpah karena menggunakan teknologi dalam budidaya dan penyimpanan hasil panen. Mereka menggunakan teknologi untuk membangun kota, piramid yang besar dan tempat-tempat ibadah. Orang China membangun tembok tinggi untuk melindungi peradabannya. Kapak, roda, busur dan panah, pedang adalah teknologi-teknologi yang membantu masyarakat menggunakan sumberdaya agar dapat memenuhi keinginan dan kebutuhannya. Secara simultan, peralatan ini digunakan untuk mempertahankan wilayah dan hak milik serta untuk memperoleh kemakmuran dan kekuasaan. Teknologi memberdayakan manusia baik untuk perang maupun untuk perdamaian dan manusia mempunyai pilihan untuk menggunakan teknologi tersebut. Apakah untuk kebaikan atau untuk kejahatan.

Adam Smith telah menulis secara intensif tentang sifat dan penyebab kemakmuran suatu bangsa. Dalam bukunya ***The Wealth of Nations*** dia memperkenalkan sebuah alat analisis tentang bagaimana kemakmuran suatu bangsa diciptakan dan distribusikan. Dia berpendapat bahwa modal adalah hal terbaik untuk menghasilkan kemakmuran; setiap negara harus memproduksi barang dimana dia mempunyai keunggulan absolut, yaitu barang yang dapat diproduksi secara lebih efisien dibandingkan jika diproduksi di negara lain; kekuatan pasar dan perdagangan bebas, bukan pemerintah, harus dapat menentukan arah, volume dan komposisi serta distribusi kemakmuran.

Ekonom telah lama berdebat tentang nilai teknologi pada masyarakat modern. Ekonom terkenal berkebangsaan Jerman, *Joseph Schumpeter*, menjelaskan sistem ekonomi kapitalis yang dicirikan oleh kepemilikan individu, oleh produksi untuk pasar dan

oleh fenomena kredit. Sementara *David Richardo* membahas kemajuan suatu bangsa terutama disebabkan oleh pertumbuhan penduduk. *Schumpeter* berpendapat bahwa inovasi pada masyarakat kapitalis yang bersaing melekat dalam pendirian perusahaan baru. Upaya untuk mendefinisikan berbagai sumber pertumbuhan ekonomi dan besarnya kontribusi telah dilakukan oleh banyak ekonom, termasuk *Abramovitz* (1956), *Solow* (1956-1957), *Dennison* (1962, 1967, 1979, 1985), *Kuznets* (1971), *Kendrick* (1973), *Jorgenson et. al* (1987) dan *Boskin dan Lau* (1992).

Kendati fakta bahwa teknologi adalah kekuatan sangat dahsyat yang mempengaruhi kehidupan umat manusia saat ini, tapi bagi banyak orang teknologi masih merupakan suatu misteri. Bahkan definisinya pun masih mengabaikan orang kebanyakan dan bahkan profesional. Oleh karenanya menjadi penting untuk memulai buku ini dengan mendefinisikan teknologi secara jelas. Ini memungkinkan diperolehnya pemahaman bersama sehingga setiap pembaca dapat memberikan argumen terhadap isi buku ini.

DEFINISI TEKNOLOGI

Teknologi dapat didefinisikan sebagai semua pengetahuan, produk, proses, peralatan, metode dan sistem yang digunakan dalam penciptaan barang dan jasa (*Khalil, 2000*). Dalam terminologi yang lebih sederhana, teknologi adalah cara dalam melakukan sesuatu. Teknologi adalah alat dimana kita dapat mencapai tujuan. Teknologi adalah penerapan praktis dari pengetahuan, suatu alat yang membantu upaya-upaya manusia.

Adalah sangat wajar untuk memandang teknologi dalam terminologi perangkat keras (*hardware*) seperti mesin, komputer ataupun barang elektronik. Akan tetapi, teknologi juga mencakup hal lain yang lebih luas dibanding mesin. Terdapat sejumlah entitas teknologi selain perangkat keras, antara lain perangkat lunak dan keterampilan manusia.

Zeleny (1986) menekankan hal ini dengan menyatakan bahwa teknologi terdiri atas 3 hal yang saling berkaitan, sama-sama

menentukan dan sama pentingnya, yaitu : perangkat keras (*hardware*), perangkat lunak (*software*), dan perangkat otak (*brainware*). Perangkat keras adalah struktur fisik dan tata-letak logis dari peralatan atau mesin yang digunakan untuk melaksanakan tugas. Perangkat lunak adalah pengetahuan tentang bagaimana menggunakan perangkat keras dalam rangka menjalankan tugas. Perangkat otak adalah argumen mengapa menggunakan teknologi dengan cara tertentu. Ini dikenal juga dengan *know-why*.

Selain ketiga komponen tersebut ada komponen keempat yang perlu dibahas secara terpisah karena komponen tersebut mencakup semua tingkatan teknologi, yaitu *know-how*. Ini berkaitan dengan ketrampilan teknis tentang bagaimana melakukan sesuatu secara baik. *Know-how* bisa jadi merupakan suatu hasil dari pengalaman, alih pengetahuan atau praktek langsung. Seseorang memperoleh ketrampilan teknis dengan cara menempuh pendidikan formal ataupun informal atau dengan cara bekerja bersama-sama dengan ahli di suatu bidang tertentu. *Know-how* dapat juga diperoleh melalui suatu metode pengalihan teknologi, yang merupakan fokus utama buku ini.

Sementara itu, ESCAP (1998) dan ADB (1995) seperti dibahas dalam Alkadri et. al (1999) memahami teknologi melalui keempat komponennya, yang dalam banyak hal mirip dengan yang dikemukakan Zeleny (1986), yaitu : perangkat teknis (*technoware*), kemampuan sumberdaya manusia (*humanware*), perangkat informasi (*infoware*) dan perangkat organisasi (*orgaware*). Perangkat teknis, disebut juga dengan *object-embodied technology* yang lebih mengarah kepada *physical facilities*, mencakup peralatan, perlengkapan, mesin-mesin, kendaraan bermotor, pabrik dan infrastruktur fisik yang dipergunakan manusia dalam proses mengubah *input* menjadi *output*. Kemampuan sumberdaya manusia, dikenal juga dengan *person-embodied technology*, meliputi pengetahuan, keterampilan/keahlian, kebijaksanaan, kreativitas, prestasi dan pengalaman seseorang atau sekelompok orang dalam memanfaatkan sumberdaya alam dan teknologi yang tersedia. Perangkat informasi, dikenal juga sebagai *document-embodied technology*, berkaitan dengan proses, prosedur, teknik, metode, teori, spesifikasi, desain, observasi, manual dan fakta lainnya yang

diungkapkan melalui publikasi, dokumentasi dan cetak-biru (*blue-print*). Perangkat organisasi, dikenal sebagai *institution-embodied technology*, dibutuhkan untuk mewadahi fasilitas fisik, kemampuan manusia dan fakta yang terdiri atas praktek-praktek manajemen, keterkaitan dan pengaturan organisasi untuk mencapai hasil yang positif.

Ilmu Pengetahuan dan Teknologi. Saat ini kita berada dalam era masyarakat yang berbasiskan ilmu pengetahuan (*knowledge-based society*); dalam era perekonomian yang berbasiskan ilmu pengetahuan (*knowledge based economy*). Teknologi merupakan penerapan ilmu pengetahuan dalam menciptakan barang dan menyediakan jasa. Dalam arti negatif, teknologi dapat juga digunakan untuk tujuan merusak. Untuk apapun penggunaannya, kemajuan teknologi selalu mengikuti kemajuan perkembangan ilmu pengetahuan. Memang, ilmu pengetahuan bukanlah informasi, tetapi ilmu pengetahuan didasarkan atas informasi yang tersedia. Manusia telah mampu memilah informasi yang tersedia menjadi sekumpulan fakta, prinsip-prinsip dan teori. Hanya jika ilmu pengetahuan secara praktis diterapkan untuk menciptakan sesuatu yang baru, untuk mengoperasikan sistem atau untuk menyediakan jasa, maka dia menjadi teknologi.

Kemajuan teknologi informasi di paruh kedua abad ke-20 telah melipatgandakan jumlah informasi yang tersedia. Ini menciptakan ledakan ilmu pengetahuan dan lebih lanjut membawa perubahan yang dramatik dalam perkembangan teknologi. Invensi transistor dan kemudian pengembangan sirkuit terpadu (*integrated circuit, IC*) telah mendorong pengembangan komputer dan revolusi informasi. Kapasitas pengolahan informasi terus menerus meningkat.

Era informasi di akhir abad ke-20 telah menciptakan ledakan ilmu pengetahuan dan memberikan dampak terhadap kecepatan perubahan teknologi. Kecepatan perubahan teknologi memberikan dampak yang mendalam bagi kehidupan masyarakat, termasuk juga standar kehidupan. Ketika kita bergerak ke abad 21, revolusi industri telah membuka jalan bagi revolusi teknologi.

KLASIFIKASI TEKNOLOGI

Teknologi dapat diklasifikasikan dengan beberapa cara. Klasifikasi berikut penting bagi pemahaman terhadap kosa-kata umum untuk memahami isi buku ini.

Teknologi Baru (*New Technology*). Teknologi baru adalah teknologi yang baru saja diperkenalkan atau diterapkan dalam suatu proses menghasilkan barang atau menyediakan jasa. Contohnya adalah perangkat lunak (*software*) komputer baru yang diperkenalkan untuk mengembangkan penggambaran teknik (*engineering drawing*) dan dengan demikian menggantikan penggambaran secara manual (*manual drafting*). Contoh lain adalah situs internet yang dirancang untuk memasarkan produk suatu perusahaan. Teknologi tersebut tidak harus selalu baru secara global, cukup baru bagi perusahaan atau bagi siapapun yang menggunakannya. Bisa jadi teknologi tersebut telah dikembangkan beberapa tahun yang lalu dan digunakan oleh orang atau perusahaan lain, tetapi akan termasuk baru jika diperkenalkan untuk pertama kali pada suatu situasi yang baru. Teknologi baru mempunyai dampak yang mendalam bagi perbaikan produktivitas dan menjaga daya saing industri suatu perusahaan.

Teknologi Baru-Muncul (*Emerging Technology*). Teknologi baru-muncul adalah teknologi yang belum komersial tetapi akan menjadi komersial dalam kurun waktu 5 atau 10 tahun mendatang. Bisa jadi teknologi tersebut secara terbatas telah digunakan pada saat ini dan diharapkan akan muncul secara signifikan. Contohnya adalah rekayasa genetika, teknologi nano, superkonduktivitas dan internet sebagai pengganti komputer pribadi. Teknologi baru-muncul akan menciptakan industri baru dan membuat yang ada menjadi kuno.

Teknologi Tinggi (*High Technology*). Teknologi tinggi merujuk kepada teknologi maju atau teknologi canggih. Teknologi tinggi digunakan oleh beragam industri yang memiliki karakteristik tertentu. Suatu perusahaan diklasifikasi sebagai teknologi tinggi jika memenuhi kriteria berikut :

- Mempekerjakan orang-orang terdidik, dimana sejumlah besar pegawai adalah ilmuwan dan insinyur.
- Teknologinya berubah lebih cepat dibanding perusahaan lain.
- Bersaing dengan inovasi teknologi.
- Memiliki pengeluaran litbang yang besar
- Mempunyai potensi menggunakan teknologi untuk pertumbuhan yang cepat dan keberlangsungannya terancam oleh munculnya persaingan teknologi.

Teknologi Rendah (*Low Technology*). Teknologi rendah merujuk kepada yang telah merasuk ke dalam bagian kehidupan manusia. Teknologi rendah digunakan oleh berbagai perusahaan yang mempunyai karakteristik berikut:

- Mempekerjakan orang-orang dengan pendidikan atau ketrampilan yang rendah.
- Menggunakan peralatan manual atau semi-otomatis.
- Mempunyai pengeluaran litbang yang rendah (di bawah rata-rata industri)
- Teknologinya statis atau dengan hanya sedikit perubahan.
- Produk yang dihasilkan untuk memenuhi kebutuhan dasar seperti pangan, perumahan, pakaian dan layanan dasar.

Teknologi Menengah (*Medium Technology*). Istilah teknologi menengah merujuk pada sehimpunan teknologi yang terletak antara teknologi tinggi dan teknologi rendah. Biasanya menunjukkan teknologi-teknologi yang sudah matang (*mature technologies*) yang lebih disukai dibanding yang lain dalam proses pengalihan teknologi. Contoh industri yang termasuk dalam kategori ini adalah industri barang konsumsi dan industri otomotif.

Teknologi Tepat Guna (*Appropriate Technology*). Istilah teknologi tepat guna dipakai untuk mengindikasikan ketepatan antara teknologi yang digunakan dengan sumberdaya yang dibutuhkan agar penggunaannya optimal. Teknologi dalam klasifikasi ini bisa saja berupa teknologi rendah, menengah ataupun tinggi. Tidak akan adanya gunanya menerapkan teknologi

tinggi jika tidak didukung oleh infrastruktur yang tepat dan tenaga trampil. Ini merupakan dilema yang dihadapi banyak negara sedang berkembang yang ingin mengalihkan teknologi dari negara maju. Mungkin saja mereka mendorong penggunaan teknologi tinggi, padahal teknologi menengah jauh lebih efektif. Menerapkan teknologi yang tepat guna akan menghasilkan penggunaan sumberdaya yang lebih baik dan meningkatkan efisiensi produksi.

Teknologi Tacit (*Tacit Technology*). Teknologi tacit adalah pengetahuan yang tidak diartikulasi. Tidak ada keseragaman dalam cara penyajian atau pernyataan kepada suatu kelompok besar orang. Biasanya didasarkan pada pengalaman dan lebih lanjut tetap berada pada pikiran orang yang mengembangkannya. Teknologi tacit ditularkan melalui percontohan atau pengamatan, dilanjutkan dengan asimilasi oleh mereka yang mencarinya. Pengalihan teknologi tacit terjadi melalui interaksi sumber dan pengguna.

Teknologi Terkodifikasi (*Codified Technology*). Teknologi dapat dilindungi dan secara efektif dialihkan jika dinyatakan dalam bentuk kode-kode. Gambar teknik adalah suatu bentuk kode yang menyatakan bentuk, dimensi dan toleransi tentang suatu produk. Pengalihan teknologi akan lebih mudah manakala teknologi tersebut dalam bentuk kodifikasi.

LINGKUNGAN TEKNOLOGI

Menurut teori, segala sesuatu yang berada di luar batas suatu badan atau organisasi merupakan unsur lingkungan. Akan tetapi, penjelasan ini tidak memadai untuk memahami pengaruh lingkungan terhadap berfungsinya suatu organisasi. Untuk itu perlu dipahami adanya tiga tingkatan lingkungan, yaitu (1) lingkungan tugas atau lingkungan operasi, (2) lingkungan industri atau lingkungan persaingan dan (3) lingkungan umum atau lingkungan makro; bahkan ada yang menyebutnya lingkungan jauh.

Lingkungan tugas (*task environment*) merujuk kepada elemen-elemen yang secara langsung berkaitan dengan kegiatan

organisasi, seperti pelanggan, pemasok, pesaing dan pihak-pihak berkepentingan lainnya. Banyak dari kegiatan operasional harian suatu organisasi mencakup kegiatan-kegiatan yang berkaitan dengan lingkungan tugasnya. Misalnya, sebuah perusahaan melakukan negosiasi dengan calon investor, atau meningkatkan pelayanan kepada kelompok pelanggan tertentu. Lingkungan tugas bersifat khas untuk suatu organisasi. Pelanggan kerap kali fanatik terhadap merk tertentu dan pemasok mungkin telah menetapkan status pelanggan kepada perusahaan.

Lingkungan persaingan (*competitive environment*) terdiri dari suatu organisasi dan pesaingnya yang beroperasi pada industri yang sama. Pada tingkatan ini, faktor-faktor lingkungan secara langsung mempengaruhi semua pesaing pada industri yang sama. Pendetang baru, produk pengganti, pemasok bahan baku atau komponen, pelanggan dan persaingan diantara para pelaku akan menentukan apa yang terjadi pada industri. Meskipun elemen-elemen pada lingkungan persaingan secara langsung berpengaruh terhadap pesaing, tetapi hal ini dapat terjadi secara berbeda. Misalnya, ketika sebuah perusahaan memasuki pasar, bisa jadi pendatang baru ini mempunyai dampak yang berarti bagi suatu perusahaan, tetapi tidak signifikan bagi perusahaan lain.

Lingkungan makro (*macro environment*) mempengaruhi hampir semua industri. Terdapat empat segmen utama pada lingkungan makro, yaitu : sosial, ekonomi, politik dan teknologi. Lingkungan sosial mencakup demografi (jumlah penduduk, struktur umur, penyebaran penduduk, etnik dan tingkat pendapatan), cara hidup (formasi rumah tangga, pola kerja, pendidikan, konsumsi dan *leisure*), dan nilai-nilai sosial (mencakup preferensi masyarakat terhadap suatu partai politik tertentu, sikap terhadap kebiasaan masyarakat jelek seperti merokok, keterbukaan terhadap sesuatu yang baru misalnya teknologi baru yang ramah lingkungan, atau nilai-nilai ekonomi yang tercermin pada pencapaian pertumbuhan ekonomi, atau pilihan antara kemajuan ekonomi dan biaya-biaya sosial).

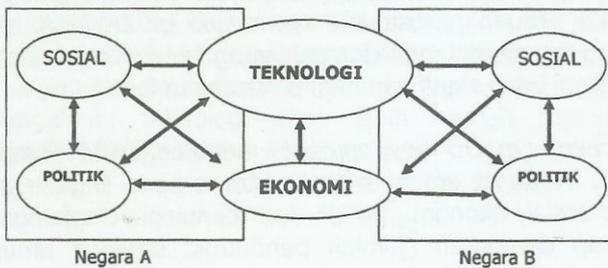
Lingkungan ekonomi mencakup serangkaian kondisi perekonomian yang dihadapi oleh perusahaan, seperti modal, sumberdaya alam dan agregasi semua pasar dimana barang dan jasa dipertukarkan untuk pembayaran. Kegiatan ekonomi tercermin pada tingkat dan

pola output, konsumsi, pendapatan, tabungan, investasi dan produktivitas.

Lingkungan politik mencakup semua proses pemilihan lembaga-lembaga legislatif, yudikatif dan eksekutif untuk menetapkan hukum, perundangan dan aturan. Ini merupakan elemen yang paling turbulen pada lingkungan makro.

Lingkungan teknologi berkaitan dengan tingkat dan arah kemajuan teknologi yang terjadi di masyarakat, mencakup produk baru, proses baru atau bahan baru serta tingkat umum dari kegiatan ilmiah dan kemajuan-kemajuan dalam ilmu-ilmu dasar seperti fisika dan biologi.

Keempat unsur lingkungan makro tersebut saling terkait satu dengan lainnya, dan mungkin berbeda dari satu negara ke negara lain. Gambar 1.1. memperlihatkan interaksi unsur-unsur lingkungan makro dari dua negara.



Gambar 1.1. Lingkungan Makro (Narayanan, 2000)

Lingkungan teknologi merupakan elemen yang sangat penting pada lingkungan makro. Elemen ini terkait dengan elemen lingkungan makro lainnya. Lingkungan teknologi merupakan segmen lingkungan makro yang paling *perpassive* karena tiga alasan, yaitu : (1) teknologi menghasilkan produk, proses dan material baru; (2) teknologi secara langsung berdampak terhadap semua aspek kehidupan masyarakat, seperti moda transportasi, energi, komunikasi, hiburan, kesehatan, pangan, pertanian dan industri; (3) teknologi mengubah aturan perdagangan global dan persaingan.

Apa yang membentuk lingkungan teknologi ? Lingkungan teknologi terdiri atas lembaga-lembaga yang berperan dalam penciptaan pengetahuan baru, yang seringkali disebut sebagai ilmu pengetahuan dan lembaga-lembaga yang berperan dalam aplikasi pengetahuan tersebut dalam rangka mengembangkan produk, proses dan bahan baru yang seringkali disebut sebagai teknologi. Jadi, lingkungan teknologi berkaitan dengan lembaga-lembaga pengembangan teknologi. Pengembangan teknologi sendiri terdiri atas dua kegiatan utama yaitu kegiatan penciptaan pengetahuan baru dan aplikasi dari pengetahuan tersebut.

Lingkungan teknologi bersifat dinamis dan berubah sepanjang waktu. Dengan demikian, organisasi dalam suatu lingkungan teknologi dan keterkaitan di antara segmen-segmen lingkungan juga berubah. Teknologi baru menumbuhkan kegiatan penciptaan pengetahuan dan aplikasinya, yang pada gilirannya akan meningkatkan kemampuan manusia.

Perubahan lingkungan teknologi terjadi dalam dua cara yang saling berkaitan, yaitu (1) perubahan yang terdorong (*induced changes*) dan (2) perubahan otonom (*autonomous changes*). "*Include change*" muncul sebagai konsekuensi dari perubahan faktor-faktor sosial, ekonomi dan politik. Misalnya, perubahan demografi dan cara hidup seringkali mempengaruhi sifat dan arah pengembangan teknologi. Demikian juga, nilai-nilai sosial, langsung ataupun tidak langsung, mempengaruhi perkembangan teknologi. Selain faktor sosial, peran dari faktor politik dan ekonomi terhadap pengembangan teknologi jauh lebih krusial. Pada tingkat nasional, lingkungan politik membentuk ruang lingkup dan arah penelitian dasar dan mengandalkan penelitian-penelitian terapan. Pengaruh lingkungan politik tidak hanya dirasakan melalui kebijakan teknologi pemerintah, tetapi bisa saja dalam bentuk mendorong penelitian dasar utama, melalui tahapan pengembangan teknologi atau dapat pula dalam bentuk sebagai fasilitator pengembangan teknologi sektor swasta. Lebih lanjut, kondisi perekonomian merupakan penyebab utama perubahan teknologi. Perusahaan seringkali mengandalkan teknologi untuk menjawab berbagai tekanan ekonomi. Mereka menerapkan teknologi yang lebih efisien untuk menekan biaya atau menggunakan teknologi untuk memperluas pasar. Industri otomotif akan meluncurkan mobil-mobil yang efisien bahan bakar

untuk memikat konsumen yang mulai sadar akan mahalnnya harga bahan bakar. Lebih lanjut, seringkali diyakini bahwa munculnya penelitian dasar dan terapan lebih didorong oleh kondisi pasar daripada ketersediaan tenaga peneliti.

Perubahan lingkungan teknologi secara otonom (*autonomous changes*) adalah perubahan lingkungan teknologi yang dilakukan oleh para pengembang teknologi dan sama sekali tidak disebabkan oleh faktor-faktor lingkungan lainnya. Dalam hal ini, perubahan teknologi lebih disebabkan oleh teknologi itu sendiri. Perubahan ini lebih sulit diperkirakan dibandingkan dengan *include change*, tetapi masih dapat ditelusuri melalui apa yang sedang terjadi menggunakan saluran informasi yang bersifat personal. Banyak contoh yang dapat diberikan berkaitan dengan perubahan lingkungan teknologi secara otonom. Misalnya, perkembangan teknologi semi-konduktor dan prosesor-mikro mempengaruhi pengembangan teknologi dari sejumlah banyak produk seperti komputer, peralatan listrik, otomotif, kulkas dan sistem kontrol energi. Kemajuan teknologi ruang angkasa seringkali mendorong perbaikan teknologi pada produk industri, komersial dan barang konsumsi, dan masih banyak contoh yang lain.

Sementara semua segmen lingkungan menjadi penyebab perubahan lingkungan teknologi yang terdorong, perubahan lingkungan otonom lebih dihela oleh dua perubahan yang mendasar, yaitu perubahan sosial dan perubahan ekonomi. Perkembangan sosial berkaitan dengan perkembangan teknologi produksi. Toffler (1993) telah menelusuri tahapan perkembangan sosial, dimana pada tahap pertama berkaitan dengan teknologi produksi pertanian, tahap kedua berkaitan dengan teknologi mesin produksi dan tahap ketiga berkaitan dengan teknologi informasi. Satu karakteristik penting dari tahap perkembangan sosial adalah bahwa perubahan sosial dari tahap satu dan dua ke tahap tiga, menyebabkan perubahan lingkungan teknologi menjadi semakin turbulen. Pertama, kegiatan pengembangan teknologi menyebabkan meningkatnya pertumbuhan pengetahuan dan teknologi. Kedua, terdapat salingketerkaitan yang lebih besar diantara lembaga-lembaga yang terlibat dalam pengembangan teknologi.

Lingkungan teknologi merupakan elemen yang sangat dinamis pada lingkungan makro, dimana perubahan lingkungan yang terdorong memang lebih mudah diperkirakan karena muncul sebagai akibat adanya perubahan elemen-elemen lain. Sedangkan perubahan otonom agak sulit diperkirakan mengingat hal ini terjadi karena adanya kegiatan para pengembang teknologi yang memfokuskan pada teknologi spesifik yang menjadi minatnya. Penelitian dasar dan terapan seringkali menciptakan teknologi-teknologi dengan kekuatan yang tidak terhindarkan. Akan tetapi, arah dan tingkat pengembangan teknologi dipengaruhi oleh faktor ekonomi dan politik.

Memasuki abad 21, perubahan teknologi terjadi dengan sangat cepat dan luar biasa dahsyat. Ini mendorong perubahan dalam lingkungan teknologi menjadi tidak menentu. Meskipun pengembangan yang spesifik terjadi pada berbagai sektor dan industri, ada tiga kecenderungan yang perlu mendapat perhatian khusus, yaitu : (1) globalisasi, (2) memendeknya waktu, dan (3) integrasi teknologi.

Globalisasi merujuk pada suatu proses dimana berbagai negara di dunia terkait secara politik dan ekonomi melalui perdagangan internasional. Dalam beberapa tahun terakhir hubungan perdagangan internasional telah meningkat dengan pesat. Terdapat empat aspek globalisasi yang mempunyai konsekuensi signifikan terhadap lingkungan teknologi, yaitu : (1) berubahnya alokasi sumberdaya, yaitu dialihkan untuk pengembangan teknologi, (2) berubahnya lokasi fasilitas manufaktur dari negara maju ke negara-negara sedang berkembang, (3) meningkatnya peran perusahaan multinasional, dan (4) keunggulan bersaing disandarkan pada keunggulan teknologi.

Hal kedua yang menjadi penyebab berubahnya lingkungan teknologi adalah memendeknya waktu, yang merujuk pada meningkatnya penurunan waktu antara kejadian kritis dalam pengembangan teknologi dengan tahap komersialisasi. Memendeknya waktu tercermin dalam kecepatan, yaitu kemampuan untuk belajar, mengadaptasi dan melakukan inovasi dengan kecepatan yang lebih tinggi. Persaingan akan mempercepat proses memendeknya waktu ini, yang dapat dilihat melalui memendeknya daur hidup produk, memendeknya waktu

pengembangan dan meningkatnya tekanan karena memendeknya periode pengembalian modal.

Integrasi teknologi merujuk pada gagasan pengembangan teknologi melalui kegiatan kombinasi teknologi yang ada. Dengan kata lain, sejalan dengan potensi pengembangan teknologi yang spesifik, terdapat potensi yang besar untuk mengkombinasikan teknologi yang ada untuk menghasilkan teknologi yang lebih baru dengan konfigurasi yang lebih baru. Integrasi teknologi ini dapat dilakukan melalui kombinasi teknologi yang ada untuk menghasilkan produk baru atau kombinasi teknologi untuk komersialisasi produk.

DINAMIKA PERUBAHAN TEKNOLOGI : INOVASI DAN DIFUSI

Perubahan lingkungan teknologi karena globalisasi, memendeknya waktu dan integrasi teknologi menyebabkan terjadi proses perubahan teknologi. Perubahan teknologi yang berhasil bisa terjadi dalam tiga bentuk, yaitu : (1) ketika solusi lama diterapkan pada persoalan baru, (2) ketika solusi baru ditemukan untuk mengatasi persoalan lama, (3) kombinasi diantara keduanya. Terobosan teknologi seringkali memunculkan kesempatan untuk menghasilkan produk baru yang lebih baik dibanding produk yang ada. Tetapi, perubahan teknologi juga memungkinkan perusahaan harus mendesain ulang produknya agar memenuhi kebutuhan konsumen. Seringkali, kebutuhan konsumen menjadi dasar dalam mengarahkan upaya perubahan teknologi, baik teknologi produk maupun teknologi proses.

Perubahan teknologi dapat terjadi pada dua tingkatan yang berbeda, yaitu pada tingkat individu perusahaan dan pada tingkat teknologi itu sendiri. Pada tingkat individu perusahaan, perubahan teknologi dapat dijelaskan sebagai suatu proses pemecahan masalah, yang biasanya terdiri atas 4 tingkatan, yaitu : (1) identifikasi masalah, (2) pemilihan teknologi, (3) pengembangan solusi, (4) implementasi atau komersialisasi. Dengan demikian, penyelesaian bagi suatu masalah dapat dilakukan baik dengan cara mengembangkan teknologi oleh

perusahaan itu sendiri melalui proses inovasi ataupun dengan cara mengadopsi inovasi dari luar organisasi melalui proses difusi.

Pada tingkat teknologi, perubahan teknologi memperlihatkan dinamika evolusi yang tidak dapat sepenuhnya dikendalikan oleh satu organisasi. Meskipun terobosan teknologi agak sulit untuk diprediksi, sekali sebuah teknologi muncul, dinamika evolusi akan memperlihatkan pola yang dapat diprediksi sehingga arah perubahan teknologi dapat diketahui. Pelaku yang mungkin terlibat dalam dinamika evolusi antara lain: (1) pengembang teknologi, perusahaan yang melakukan inovasi untuk mencapai daya saingnya; (2) fasilitator teknologi, mereka yang menyediakan sumberdaya finansial untuk mendukung upaya inovasi; (3) pelanggan, yaitu mereka yang tertarik atas hasil pengembangan teknologi dan mereka yang akan membentuk arah pengembangan teknologi; (4) regulator, lembaga pemerintah yang menetapkan standar atau spesifikasi, dan (5) pihak-pihak lain yang mungkin memperoleh manfaat atau bencana dari perubahan teknologi.

Perubahan teknologi yang berhasil tidak hanya karena berhasil menemukan solusi bagi suatu masalah, tetapi juga bagaimana solusi tersebut diterima. Seringkali, walaupun inovasi menghasilkan teknologi yang lebih unggul tetapi gagal karena tidak diterima oleh konsumen. Kuncinya adalah bagaimana mengaitkan solusi teknologi dengan kenyataan di pasar. Oleh karenanya, perubahan teknologi mencakup dua proses yang saling berkaitan. Satu berkaitan dengan dimensi teknologi dan yang lainnya berkaitan dengan dimensi pasar. Yang pertama dikenal dengan proses inovasi dan yang kedua dikenal dengan proses difusi. Dengan demikian, perubahan teknologi terdiri atas dua proses yang saling berkaitan, yaitu proses inovasi dan proses difusi.

Inovasi, berasal dari bahasa Latin "innovare" yang berarti memperbarui atau membuat baru atau mengubah. Tulisan dan diskusi tentang inovasi telah ada pada bahasa Perancis kuno, bahasa Inggris kuno dan pada zaman kolonial Amerika Serikat. Meskipun inovasi merupakan kata yang tidak asing, kata ini telah digunakan secara luas dalam berbagai tulisan. Definisi tentang inovasi berbeda dalam dua hal, yaitu berkaitan dengan isi dari inovasi dan berkaitan dengan fokus dari definisi. Kata lain yang

berdekatan dengan inovasi adalah invensi (temuan). Invensi merujuk kepada proses kreatif dimana dua atau lebih gagasan dikombinasikan untuk menghasilkan suatu konfigurasi yang berbeda dengan yang ada. Menurut Schumpeter, invensi adalah suatu kombinasi baru dari pengetahuan-pengetahuan yang sudah ada. Sedangkan inovasi mencakup konsep yang lebih luas, dimana inovasi sudah melibatkan unsur komersialisasi. Misalnya, jika suatu perusahaan memproduksi barang atau jasa baru atau menggunakan sistem dan prosedur yang baru maka perusahaan tersebut sudah melakukan inovasi. Dengan demikian, inovasi akan mencakup baik suatu perubahan teknologi yang baru bagi perusahaan dan perekonomian maupun suatu perubahan yang telah digunakan oleh pelaku ekonomi.

Undang-Undang Republik Indonesia No. 18 Tahun 2002, memberikan definisi tentang invensi dan inovasi sebagai berikut :

Invensi adalah suatu ciptaan atau perancangan baru yang belum ada sebelumnya yang memperkaya khazanah serta dapat dipergunakan untuk menyempurnakan atau memperbaiki ilmu pengetahuan dan teknologi yang sudah ada.

Inovasi adalah kegiatan penelitian, pengembangan dan / atau perekayasaan yang bertujuan mengembangkan penerapan praktis dan konteks ilmu pengetahuan yang baru atau cara baru untuk menerapkan ilmu pengetahuan dan teknologi yang telah ada ke dalam produk atau proses produksi.

Inovasi juga merujuk pada *output* dan proses. Berkaitan dengan proses inovasi merujuk pada proses dimana individu ataupun organisasi tiba pada suatu solusi teknis. Model penyelesaian masalah pada dinamika perubahan teknologi merupakan kerangka dalam menjelaskan proses inovasi. Inovasi juga merujuk pada *output*, yaitu *output* dari suatu proses inovasi berupa barang atau jasa. Dalam hal ini, komputer pribadi (*personal computer*) ketika pertama kali digunakan merupakan suatu inovasi.

Sebagai suatu *output*, inovasi mempunyai 3 komponen, yaitu :
(1) komponen perangkat-keras (*hardware*) yang merupakan dari

aspek material atau aspek fisik dari inovasi, (2) komponen perangkat lunak (*software*) yang merupakan basis informasi yang dibutuhkan untuk menggunakan inovasi, (3) komponen evaluasi informasi yang merupakan informasi yang berguna bagi keputusan yang berkaitan dengan adopsi dari inovasi. Komponen ketiga merupakan hal penting dalam strategi pemasaran suatu perusahaan dan komponen ini sangat penting dalam proses difusi.

Sumber Bacaan

Alkadri, Dodi S. Riyadi, Muchdie, Siswanto S dan Fathoni M., 1999, Manajemen Teknologi untuk Pengembangan Wilayah, Direktorat Kebijakan Teknologi untuk Pengembangan Wilayah-BPPT, Jakarta.

Kementerian Riset dan Teknologi, 2002, Undang-Undang Republik Indonesia No. 18 Tahun 2002 tentang Sistem Nasional Penelitian, Pengembangan dan Penerapan Ilmu Pengetahuan dan Teknologi, Jakarta.

Narayanan, V.K., 2000, Managing Technology and Innovation for Competitive Advantage, Prentice Hall, UpperSadddle River, New Jersey.

Khalil, T.M., 2000, Management of Technology : The Key to Competitiveness and Wealth Creation, McGrawHill International Edition, Singapore.

Zeleny, M., 1986, "High Technology Management" in Human Systems Management, Vo. 6, pp:109-120.