

ILMU PENGETAHUAN, INOVASI TEKNOLOGI DAN ALIH TEKNOLOGI

H. Darmawan Harsokoesoemo

PENDAHULUAN

Cara hidup dan gaya hidup masyarakat di banyak negara di dunia pada saat ini sangat dipengaruhi oleh barang dan jasa hasil rekayasa dan teknologi. Tidak dapat disangkal lagi bahwa tingkat kesejahteraan hidup masyarakat pada umumnya sudah jauh lebih tinggi dari tingkat hidup masyarakat beberapa dasawarsa yang lalu.

Orang sependapat bahwa teknologi adalah salah satu pendorong utama kegiatan dan kemajuan ekonomi suatu negara, oleh karena itu, setiap negara berusaha menciptakan suatu iklim yang membolehkan teknologi berkembang dengan subur.

Makalah pendek ini akan mencoba menjelaskan hubungan antara ilmu pengetahuan dan teknologi yang berkembang sangat pesat dalam abad ke-20 yang hampir berakhir ini dan yang telah membawa manusia pada tingkat ilmu dan teknologi yang tidak pernah diduga sebelumnya.

PENEMUAN BARU (INVENTION), INOVASI DAN TEKNOLOGI

Dalam satu kalimat, ilmu pengetahuan dan teknologi dapat dirangkum sebagai berikut: teknologi adalah aplikasi praktis (yang bermanfaat bagi manusia) dari ilmu pengetahuan. Berbagai pertanyaan yang tidak semua jawabannya mudah untuk diberikan akan timbul dari kalimat tersebut, karena sangat erat terkait dengan ilmu pengetahuan dan teknologi adalah: penelitian (*research*), penemuan (*invention*), kreativitas, inovasi, barang dan jasa (*products and services*), perancangan dan pembuatan produk, industri, dana dan keuntungan (*funds and profits*), dll.

Penelitian adalah kegiatan yang menghasilkan ilmu pengetahuan, yang dapat berupa pengetahuan baru tentang fenomena alam (penelitian dasar atau *basic research*) atau dapat berupa pengetahuan yang dapat dijadikan dasar untuk mengembangkan produk baru atau proses baru (penelitian terapan atau *applied research*). Produk baru (dan proses baru) yang dasar-dasarnya dihasilkan oleh penelitian dinamakan penemuan baru (*invention*). Penemuan baru (*invention*) mengandung arti bahwa yang ditemukan tersebut belum pernah ada sebelumnya. Dalam bentuknya yang asli, maka penemuan baru tersebut belum berupa produk yang sudah dapat dimanfaatkan oleh pemakai (*user, customers*). Masih diperlukan langkah-langkah panjang dan usaha-usaha intensif untuk mengembangkan penemuan baru tersebut sampai menjadi produk yang bermanfaat dan yang mempunyai nilai komersial, yaitu harganya terjangkau oleh masyarakat luas dan pembuat produknya pun memperoleh keuntungan finansial. Semua langkah dan usaha dalam rangka mengembangkan hasil penemuan penelitian menjadi produk yang bermanfaat dinamakan teknologi.

Langkah-langkah dan usaha-usaha inovatif dalam mengembangkan produk yang bermanfaat tersebut tidak hanya terbatas pada hal-hal teknis saja, misalnya perancangan dan pembuatan (*design and manufacturing*) tetapi meliputi pula inovasi dalam pemilihan merek, inovasi dalam menyusun organisasi dan manajemen, inovasi dalam pengemasan (*packaging*), pemasaran, pelayanan purna-jual, dll. Semua kegiatan yang terjadi setelah munculnya penemuan baru dicakup oleh satu istilah yaitu teknologi. Dalam hal teknologi tersebut berkaitan dengan suatu penemuan baru, maka teknologi tersebut dinamakan teknologi baru. Dalam hal penemuan baru tersebut berupa transistor, maka teknologinya diberi nama teknologi transistor, sehingga terdapat teknologi pesawat terbang, teknologi komputer dan teknologi-teknologi lainnya.

Untuk menjelaskan cakupan istilah-istilah *invention*, *innovation* dan *technology* tersebut, sebenarnya dapat dikisahkan dibuatnya mesin fotokopi *xerox*. Penemuan hasil penelitian oleh *Chester Carlson* adalah proses *electrophotography*, produk yang dikembangkan berdasarkan penemuan tersebut di bawah pimpinan *Joe Wilson* dan *John*

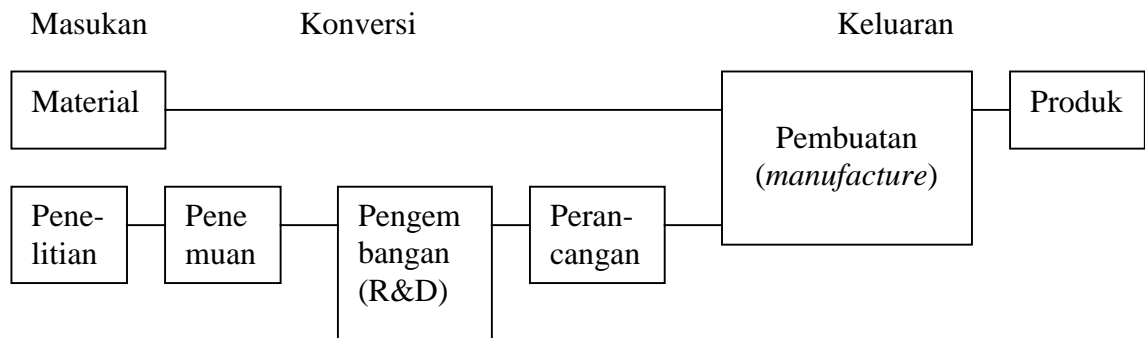
Dessauer adalah mesin fotokopi *xerox* dan teknologinya dinamakan teknologi fotokopi. Uraian tersebut dapat dibaca pada [3] atau ringkasannya pada [11].

INOVASI TEKNOLOGI

Proses pengembangan produk yang bermanfaat berdasarkan pada penemuan baru hasil penelitian dinamakan pula inovasi teknologi (*technological innovation*), yang berupa penemuan teknologi baru (*invention of technology* atau *generation of new technology*). Sebagai contoh, maka mesin fotokopi *xerox* adalah sebuah inovasi teknologi yang berupa sebuah teknologi baru. Dalam artian yang lebih luas inovasi teknologi tidaklah perlu didasarkan pada suatu penemuan baru, melainkan dapat pula dikembangkan dari teknologi atau teknologi-teknologi yang sudah ada. Jadi sebuah teknologi baru dapat membuahkan inovasi-inovasi teknologi lainnya, seperti halnya penemuan transistor menghasilkan teknologi transistor (teknologi baru) yang selanjutnya menghasilkan inovasi teknologi pada produk-produk baru yang memakai transistor sebagai salah satu komponennya, seperti VLSI (*very large scale integrated circuit*), mikrokomputer dll. jadi inovasi teknologi (*technological innovation*) tidaklah selalu berupa suatu penemuan teknologi baru (*invention of technology*), melainkan dapat pula berupa suatu inovasi pada sebuah teknologi yang sudah ada (*innovation through technology*).

Inovasi teknologi dapat berupa: (1) inovasi teknologi yang radikal yang menghasilkan produk yang didasarkan pada prinsip yang sama sekali berbeda dengan yang sudah ada, (2) inovasi teknologi yang berupa perbaikan suatu produk, (3) inovasi pada produk dan (4) inovasi pada proses atau proses pembuatan produk.

Di bawah ini digambarkan proses konversi beberapa masukan menjadi produk sebagai hasil inovasi teknologi [2]:



Proses pembuatan produk tersebut di atas menggambarkan posisi pemakai (*customer*) yang belum kuat. Produk seolah-olah adalah hasil pemikiran dan usaha sistem pembuat saja yang menyodorkannya pada masyarakat untuk membelinya. Pada jamannya, produk semacam itu banyak yang terhasil.

Pada masa kini produk baru haruslah dibuat berdasarkan kebutuhan dan keinginan masyarakat pemakai produk, untuk mencapai hasil yang baik. Kebutuhan dan keinginan masyarakat akan suatu produk baru dapat diketahui melalui kegiatan survei pasar.

INOVASI TEKNOLOGI UTAMA SEJAK 1940 [7]

Berikut ini dicantumkan beberapa inovasi teknologi yang terjadi pada dekade-dekade setelah tahun 1940 yang mempengaruhi cara dan tingkat hidup manusia di muka bumi ini. Hampir semua teknologi tersebut masih ada sampai kini, yang menghasilkan berbagai produk yang makin baik, makin canggih, makin handal, makin tahan lama, dan dalam banyak hal makin murah.

1940 an:

Televisi hitam putih (Amerika Serikat)

Transistor (Amerika Serikat)

komputer (Amerika Serikat)

Radar (Inggris)
Roket (Jerman)
Poliester (Inggris)
Acrylics (Amerika Serikat)
Penisilin (Inggris)
Streptomycin (Amerika Serikat)

1950 an:

VTR-video tape recorder (Amerika Serikat)
Esaki diode (Jepang)
Mesin-mesin NC (Amerika)
Satelit (Rusia)
Pesawat penumpang jet (Inggris)
Teknik listrik tenaga nuklir (Inggris)
Kamera polaroid (Amerika Serikat)
Mesin fotokopi (Amerika Serikat)
Polypropylene (Italia)

1960 an:

Laser (Amerika Serikat)
Integrated circuits (Amerika Serikat)
Photoelectric cells (Amerika Serikat)
Satelit komunikasi (Amerika Serikat)
Sinkansen (Jepang)

1970 an:

Microprocessors (Amerika Serikat)
Charged-couple devices (Amerika Serikat)
CT scanners (Inggris)
Optical fiber transmission (beberapa negara)
Robot industri (beberapa negara)

Perkembangan Teknologi Sampai Tahun 2000 [1]

Banyak ahli berpendapat bahwa teknologi yang berkembang sampai tahun 2000 yang akan sangat berpengaruh pada kehidupan manusia adalah (1) bioteknologi, (2) teknologi energi, (3) teknologi *advanced materials* dan (4) teknologi informasi. Beberapa ahli berpendapat bahwa teknologi CAD/CAM juga termasuk dalam teknologi yang berkembang sampai tahun 2000.

Biotechnology:

- Single cell protein*
- Bioengineering*
- Biomass*
- Medical diagnostics*
- Pharmaceuticals*

Energy technology:

- Heat Pumps*
- Solar energy Coal gasification*
- Renewable energy sources*
- Monitoring and control*

Advanced materials:

- Biocompatible material*
- Advanced composites*
- New materials for electronics*
- Superconductivity*

Information technology:

- Electronic office equipment*
- Fibre optics*
- Satellite developments*

Penyebutan teknologi-teknologi tersebut di atas berarti bahwa tidak ada teknologi-teknologi lain yang berkembang. Jauh daripada itu, teknologi-teknologi tersebut di atas adalah teknologi yang sedang menjadi perhatian masyarakat industri.

ILMU PENGETAHUAN DAN LEMBAGA PENELITIAN

Seperti telah disebutkan dalam subbab terdahulu, maka teknologi adalah aplikasi praktis dari ilmu pengetahuan. Jadi ilmu pengetahuan adalah fundasi atau soko-gurunya teknologi dan agar selalu tercipta teknologi-teknologi baru, maka ilmu pengetahuan haruslah selalu bertambah dengan penemuan-penemuan baru. Penemuan-penemuan baru tersebut dihasilkan oleh para peneliti di laboratorium-laboratorium penelitian, baik laboratorium-laboratorium di banyak universitas, laboratorium di perusahaan-perusahaan maupun lembaga-lembaga penelitian milik negara atau swasta.

Dalam penelitian terlibat beberapa pelaku dan sarana, yaitu: (1) para peneliti, (2) fasilitas fisik atau laboratorium di mana penelitian dilakukan, (3) lembaga-lembaga penelitian sebagai organisasi yang mewadahi para peneliti, (4) dana penelitian dan (5) kebijaksanaan penelitian.

Penelitian yang dilaksanakan di laboratorium-laboratorium universitas pada umumnya adalah penelitian dasar (*basic research*), meskipun tidak tertutup kemungkinan diselenggarakannya penelitian terapan. Sebaliknya penelitian yang dilakukan di laboratorium-laboratorium perusahaan adalah penelitian terapan, meskipun sering pula dilakukan penelitian dasar. Bagian atau divisi perusahaan yang melakukan penelitian biasanya digabungkan dengan bagian penelitian dan pengembangan atau *research and development (R&D) department*.

Universitas dan industri dapat bekerja sama untuk melakukan penelitian di satu bidang tertentu dengan menggabungkan fasilitas penelitian dan tenaga-tenaga ahli. Bahkan pemerintah pun dapat ikut serta, setidaknya-tidaknya dalam hal pengadaan dana bagi penelitian.

Alangkah baiknya jika suatu negara mempunyai satu kebijaksanaan nasional tentang penelitian, terutama penelitian di bidang ilmu pengetahuan alam dan teknologi, sehingga usaha-usaha penelitian dapat efektif dalam menghasilkan pengetahuan baru

yang strategis bagi pengembangan teknologi untuk pembangunan nasional. Pemerintah negara berkembang biasanya mencanangkan agar penelitian yang dilakukan oleh para peneliti adalah terutama penelitian terapan (*applied research*), tetapi petunjuk-petunjuk rinci tentang penelitian terapan tersebut biasanya belum tersusun.

AHLI TEKNOLOGI DAN PENUTUP

Negara berkembang berusaha untuk mengembangkan teknologinya yang akan menjadi motor penggerak kegiatan ekonominya.

Dalam tahap awal perkembangan teknologinya, maka dapat ditempuh jalan untuk mengalihkan teknologi negara maju ke negara lain. Jadi teknologi haruslah dibeli, direbut atau kalau perlu dicuri.

Berikut dicantumkan beberapa cara konvensional untuk mengalihkan teknologi [12] yaitu: (1) melalui *licencing* atau *franchise*, (2) melalui mendirikan perusahaan patungan, (3) membeli pabrik atau *manufacturing plant* baru, (4) melalui import barang-barang teknologi, (5) menjadi *specialized subcontractor*, (6) menjadi pemasok barang atau material berteknologi tinggi, (7) melalui pengumpulan informasi, (8) mengirimkan para ahli ke luar negeri baik perorangan maupun dalam tim, (9) bekerja di perusahaan asing, (10) menyewa tenaga ahli asing, (11) mengadakan perjanjian bantuan teknik (*technical assistance*), (12) dll.

Pemerintah adalah badan yang dapat berbuat paling efektif untuk terselenggaranya alih teknologi. Pemerintah dapat bekerja sama dengan pemerintah negara lain atau dengan badan-badan dunia seperti PBB dan Bank Dunia untuk mengalihkan teknologi ke negaranya. Umum mengira bahwa pemerintah hanyalah berfungsi menyediakan dana dan kemudahan dalam pembangunan industri, tetapi orang lupa bahwa dibalik itu semua terlibat kegiatan alih teknologi teknologi yang tidak sedikit.

BIBLIOGRAFI

1. West, Alan, "*Innovation Strategy*", Prentice Hall, 1992.
2. Twiss, Brian C., "*Managing Technological Innovation*", Pitman, 4th edition, 1992.
3. Douglas K. Smith and Robert C. Alexander, "*Fumbling the Future*", William Morrow and Company, Inc., New York, 1988.
4. Stephen R. Grossman, Bruce E. Rodgers and Beverly R. Moore, "*Innovation, Inc. Unlocking Creativity in the Workplace*", Wordware Publishing, Inc., 1988.
5. Bruce R. Guiley and Harvey Brooks, Eds., "*Technology and Global Industry*", National Academy Press, Washington, D.C., 1987.
6. Richard M. Cyret and David C. Mowery, Eds., "*Technology and Employment Innovation and Growth in the U.S. Economy*", National Academy Press, Washington, D.C. 1987.
7. Moritani, Masanori, "*Japanese Technology*", The Simul Press, Inc., 1982.
8. Darmawan Harsokoesoemo, "*Sekilas Tentang Perkembangan Iptek di Indonesia*", dipresentasikan pada Lokakarya Kurikulum & Silabi, Program Studi Teknik Mesin, Universitas Diponegoro, Semarang, 28 September 1994.
9. Darmawan Harsokoesoemo, "*Inovasi, Perancangan dan Bantuan Komputer dalam Perancangan*", Dipresentasikan pada Civitas Akademika Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro, 2 Mei 1992.
10. Darmawan Harsokoesoemo, "*Pola Perkembangan Teknologi dan Industri dan Gagasan tentang Pola Kerja Sama Industri, Universitas dan Pemerintah*", Dipresentasikan pada Rangkaian Hari Ulang Tahun PT Tambang Batubara Bukit Asam ke-10, 1 Maret 1991.
11. Darmawan Harsokoesoemo, "*Inovasi dan Kegiatan Inovatif di Laboratorium Perancangan Mesin ITB*", Dipresentasikan pada Seminar Inovasi Desain Mesin dan Penerapannya pada Industri di Indonesia, diselenggarakan oleh Himpunan Mahasiswa Mesin ITB, 26 – 27 September 1990.
12. Darmawan Harsokoesoemo, "*Alih Teknologi Melalui Manajemen Proyek*", Seminar Manajemen Proyek, IPSOI (Perancis – ITB) 1982.