

# Manusia, Organisasi, Manajemen dan Pendidikan Tinggi Sains & Teknologi

Oleh :

*Sritomo W. Soebroto*

Laboratorium Ergonomi & Perancangan Sistem Kerja

Jurusan Teknik Industri FTI-ITS

<[msritomo@rad.net.id](mailto:msritomo@rad.net.id)>

*“Engineering is the profession in which a knowledge of the mathematical and natural sciences gained by study, experience and practice is applied with judgement to develop ways to utilize, economically, the materials and forces for the benefit of mankind”*

(Accreditation Board for Engineering and Technology – ABET, 1993)

1. Ada berbagai definisi dan pengertian yang diberikan untuk istilah “sains” (science). Ada yang menyebutkannya sebagai “*pengetahuan yang sistematis*”, dan ada pula yang mendefinisikan sebagai “*suatu aktivitas studi yang mencoba memahami segala bentuk kejadian, gejala dan fenomena alam*”. Perkataan sains sendiri berasal dari “*scire*” (Greek) yang berarti tidak lain dari mengetahui dan belajar memahami. Antara sains dan teknologi secara mendasar akan memiliki hubungan dan pengertian yang erat. Teknologi seringkali dijelaskan sebagai sains terapan (applied science), yaitu sebuah ikhtiar praktis untuk mengubah alam (*to create the world that never has been*) demi dan semata untuk kemaslahatan manusia daripada upaya untuk mengerti atau memahaminya (*to study the world as it is*). Terkait dengan upaya melakukan perubahan kondisi alam tersebut, maka diperlukan teknik, cara (metode) serta alat (ingenium/ingenious) yang dirancang-bangun secara khusus.

2. Dari beberapa definisi mengenai teknologi, dapat disimpulkan bahwa teknologi adalah aneka kumpulan pengetahuan dan peralatan yang dipergunakan atau dibuat oleh manusia untuk secara progresif menguasai alam lingkungannya. Karena itu teknologi bisa dianggap sebagai suatu hasil usaha yang dikembangkan oleh manusia untuk merancang serta membuat mesin atau fasilitas produksi; merencanakan proses maupun teknik untuk mengoperasikan peralatan kerja; serta untuk mengorganisasikan aktivitas kerja untuk memenuhi kebutuhan manusia. Teknologi pada dasarnya akan sangat tergantung pada kreativitas manusia, yang mana tidak akan kita jumpai muncul dari makhluk yang lain. Teknologi adalah suatu produk yang dihasilkan dari usaha/kerja manusia atau lebih tepatnya sebagai produk budi-daya manusia (*man-made object*). Karena banyak berkaitan dengan kehidupan manusia, maka tidak bisa tidak teknologi akan dipertimbangkan sebagai faktor dominan yang berpengaruh secara signifikan dalam proses perubahan sosial (*technology change society*).

3. Beberapa karakteristik teknologi yang nampak menonjol antara lain dapat dinyatakan sebagai berikut (a) merupakan kebudayaan (budi-daya) manusia yang bisa muncul setiap saat dan di setiap tempat tidak peduli tingkat perkembangannya, (b) selalu berlandaskan pengetahuan dan mengaplikasikannya didalam upaya pemecahan masalah (problem solving), (c) merupakan proses

-----  
\*) *Disampaikan dalam acara Semiloka Nasional “Peningkatan Peran Studi Sosial dan Humaniora di Perguruan Tinggi Teknologi Menyongsong Otonomi Daerah” yang diselenggarakan oleh Jurusan MKU – Fakultas MIPA-ITS pada tanggal 6 Nopember 2000 di Kampus ITS-Sukolilo, Surabaya 60111.*

yang berlangsung secara akumulatif dan sulit untuk dibagi-bagi dalam periode-periode pengembangannya secara tegas dan terpisah, (d) merupakan dasar/landasan usaha manusia untuk tetap survive dan mencapai masa depan yang lebih baik, dan (e) selalu berusaha mencapai hubungan yang harmonis antara kehidupan manusia dan alam lingkungan sekitarnya. Pertumbuhan dan perkembangan teknologi pada dasarnya sudah berlangsung berabad-abad yang lampau, seiring dengan sejarah kehidupan manusia sendiri. Revolusi industri yang berlangsung di daratan Eropa sekitar pertengahan abad 18 yang lalu sementara ini dianggap sebagai tiang tonggak (*miles stone*) bagi pertumbuhan dan perkembangan teknologi modern. Revolusi industri selain membawa dampak pada penemuan-penemuan teknologi (hardware maupun software) yang semakin lama semakin canggih tingkatannya, ternyata juga banyak membawa perubahan dalam cara manusia menata dan mengelola kehidupannya. Struktur kehidupan masyarakat yang berpola tradisional-agraris --- yang sangat kuat tergantung pada kondisi alam lingkungannya --- selanjutnya bergeser dan berubah menjadi struktur masyarakat modern-industrial yang serba rasional, formal, serta menempatkan semua proses kegiatan dalam ukuran tercapainya tingkat efektivitas, efisiensi maupun produktivitas yang setinggi-tingginya.

4. Pertumbuhan dan perkembangan teknologi semakin lama tampaknya akan semakin cepat, kompleks dan semakin sulit untuk diikuti. Kecepatan pertumbuhan dan arah perkembangan teknologi juga semakin sulit untuk bisa diikuti lagi karena pengaruh mekanisme penemuan yang semakin sistematis dan efisien. Kalau saat-saat lalu banyak penemuan teknologi baru yang diperoleh dari “*pelanggaran-pelanggaran*” tradisi (norma dan adat), hal-hal yang diperoleh secara serba kebetulan dan tidak disengaja, ataupun berbagai eksperimen yang bersifat “*trial & error*”; maka akhir-akhir ini lebih banyak lagi inovasi teknologi baru yang dihasilkan melalui cara-cara yang lebih sistematis, ilmiah dan mengikuti proses yang serba runtut dan terencana. Besarnya keinginan untuk memecahkan persoalan-persoalan kehidupan manusia di era global dan kebutuhan akan penemuan-penemuan yang mampu memberikan manfaat untuk mencari solusi persoalan tersebut, merupakan kekuatan pendorong menuju ke pengembangan teknologi modern. Hanya saja satu hal yang patut untuk disadari bahwasanya sebuah temuan teknologi acapkali justru tidak hanya memberikan solusi positif terhadap persoalan yang dihadapi, melainkan juga akan memberikan permasalahan baru bagi keseimbangan alam dan kehidupan manusia. Karena banyak berkaitan dengan kehidupan manusia itulah, maka teknologi seringkali dipertimbangkan sebagai faktor penentu yang juga dominan didalam proses perubahan sosial. Persoalan pokoknya seringkali perubahan teknologi yang begitu cepat berlangsung (berupa deret ukur), acapkali diantisipasi secara terpontal-pontal oleh aturan maupun tatanan sosial-masyarakat yang tidak bisa dirubah secara gegabah (berupa deret hitung). Teknologi tidak hanya memiliki sifat “*akumulatif*”, tetapi seringkali pula bersifat “*multiplikatif*” khususnya terkait dengan penemuan-penemuan teknologi baru yang lain. Adakalanya dampak yang ditimbulkan oleh sebuah temuan teknologi seringkali memerlukan “*obat penawar*” berupa penemuan-penemuan teknologi selanjutnya.

5. Revolusi industri yang berlangsung lebih dari dua abad yang lalu banyak membawa perubahan-perubahan didalam banyak hal. Awal perubahan yang paling menyolok adalah dalam hal diketemukannya rancang bangun (rekayasa/engineering) mesin uap sebagai sumber energi untuk berproduksi, sehingga manusia tidak lagi tergantung pada energi ototi ataupun energi alam; dan yang lebih penting lagi manusia bisa menggunakan sumber energi tersebut dimanapun lokasi kegiatan produksi akan diselenggarakan. Hal lain yang patut dicatat adalah diterapkannya rekayasa tentang tata cara kerja (methods engineering) untuk meningkatkan produktivitas kerja

yang lebih efektif-efisien dengan menganalisa kerja sistem manusia-mesin sebagai sebuah sistem produksi yang terintegrasi. Apa-apa yang telah dikerjakan oleh Taylor, Gilbreth, Fayol, Gantt, Shewart, dan sebagainya telah menghasilkan paradigma paradigma baru yang beranjak dari struktur ekonomi agraris bergerak menuju ke struktur ekonomi produksi (industri). Fokus dari apa yang telah diteliti, dikaji dan direkomendasikan oleh para pionir teknik produksi/industri ini --- yang selanjutnya dicatat sebagai awal dari era "*scientific management*" --- berkisar pada dua tema pokok yaitu (a) telaah mengenai "*interfaces*" manusia dan mesin dalam sebuah sistem kerja, dan (b) analisa sistem produksi (industri) untuk memperbaiki serta meningkatkan performans kerja yang ada. Apa-apa yang telah dilakukan oleh Taylor dan para pionir keilmuan teknik dan manajemen industri lainnya itu (kebanyakan dari mereka justru berlatar belakang insinyur) juga telah membuka cakrawala baru dalam pengembangan dan penerapan sains-teknologi demi kemaslahatan manusia. Dalam hal ini penerapan sains, teknologi serta ilmu-ilmu keteknikan (engineering) tidak harus selalu terlibat dalam masalah-masalah yang terkait dengan perancangan perangkat keras (*hardware*) berupa teknologi produk maupun teknologi proses; akan tetapi juga ikut bertanggung-jawab dalam persoalan-persoalan yang berkembang dalam perancangan perangkat teknologi lain-nya (*software, organoware* dan *brainware*). Begitu pula, kalau sebelumnya orang masih terpancang pada upaya peningkatan produktivitas melalui "*sumber daya pasif*" (mesin, alat ataupun fasilitas kerja lainnya), maka selanjutnya orang akan menempatkan manusia sebagai "*sumber daya aktif*" yang harus dikelola dengan sebaik-baiknya guna meningkatkan kinerja organisasi (perusahaan).

6. Penerapan ilmu-ilmu tentang sosial-kemanusiaan (humaniora) dalam perancangan teknologi industri telah menempatkan rancangan sistem kerja yang awalnya serba rasional-mekanistik menjadi tampak lebih manusiawi.. Disini perilaku (psikologi) manusia baik secara individu pada saat berinteraksi dengan mesin (sistem manusia-mesin) dan lingkungan kerja fisik (kondisi ergonomis), maupun pada saat berinteraksi dengan sesama manusia (human relation) dalam sebuah aktivitas kelompok akan memberi pengaruh signifikan dalam upaya peningkatan produktivitas kerja. Persoalan perancangan tata cara kerja di lini aktivitas produksi nampak terus terarah pada upaya mengimplementasikan konsep "*human-centered engineered systems*" untuk perancangan teknologi yang akan melibatkan faktor manusia didalamnya. Demikian juga sesuai dengan ruang lingkup industri yang pendefinisannya terus melebar-luas --- dalam hal ini industri akan dilihat sebagai sebuah sistem yang komprehensif-integral --- maka persoalan industri tidak lagi dibatasi oleh pemahaman tentang perancangan teknologi produk dan/atau teknologi proses (ruang lingkup mikro) saja, tetapi juga mencakup ke persoalan organisasi dan manajemen industri dalam skala sistem yang lebih luas, makro dan kompleks. Problem industri tidak lagi berada didalam dinding-dinding industri yang terbatas, tetapi juga merambah menuju ranah lingkungan luar-nya, sehingga memerlukan solusi-solusi yang berbasiskan pemahaman mengenai konsep sistem, analisis sistem dan pendekatan sistem dalam setiap proses pengambilan keputusan.

7. Untuk mengantisipasi problematik industri yang semakin luas dan kompleks tersebut, maka didalam penyusunan kurikulum pendidikan tinggi sains-teknologi (tidak peduli program studi ilmu keteknikan macam apa yang ingin ditawarkan) seharusnya tidak lagi semata hanya memperhatikan arah perkembangan ilmu dan keahlian teknis (engineering); melainkan juga harus dilengkapi dan diserasikan dengan ilmu-ilmu lain yang memberikan wawasan maupun keterampilan (skill) yang berhubungan dengan persoalan manusia, organisasi & manajemen industri, serta persoalan-persoalan praktis yang dihadapi oleh industri dalam aktivitas rutin-nya sehari-hari. Arah perkembangan dan kemajuan di bidang sains-teknologi memang perlu untuk senantiasa diikuti, akan tetapi yang juga tidak kalah pentingnya adalah bagaimana persoalan-

persoalan industri seperti peningkatan daya saing, perselisihan perburuhan, pencemaran lingkungan, rendahnya kualitas sumber daya manusia, kelangkaan energi, restrukturisasi organisasi, analisa finansial, dan sebagainya ikut dipikirkan serta dicarikan solusi pemecahannya. Persoalan-persoalan semacam ini jelas harus bisa dijawab oleh manajemen dan pengambil keputusan di lingkungan industri (yang banyak diantara mereka memiliki latar belakang pendidikan di bidang teknologi dan engineering). Untuk menghadapi persoalan-persoalan yang kebanyakan lebih bersifat kualitatif dan *non-eksak* semacam ini, jelas kurikulum pendidikan tinggi sains-teknologi akan memerlukan "*suplemen*" berupa materi-materi yang berasal dari luar kepakaran ilmu keteknikan (engineering) seperti hal-nya organisasi/manajemen (industri), ekonomi (makro-mikro), bisnis, analisa finansial, psikologi industri, ergonomi, kepemimpinan (leadership), etika profesi dan wawasan sosial-ekonomi lainnya.

8. Pendidikan tinggi sains-teknologi tidak hanya diharapkan mampu menghasilkan lulusan dalam jumlah yang dibutuhkan, akan tetapi juga harus mampu menghasilkan lulusan yang berkualitas global, profesional dan memenuhi syarat-syarat kompetensi bekerja yang dituntut oleh pasar tenaga kerja. Tantangan global menghadapkan dunia pendidikan tinggi sains-teknologi agar mampu mengikuti dan menangkap arah perkembangan sains-teknologi yang melaju begitu cepat, dan disisi lain harus pula menghasilkan lulusan yang berdaya-saing tinggi dan memenuhi tuntutan persyaratan maupun standard kompetensi kerja internasional. Langkah evaluasi diri (melalui SWOT analysis), pemetaan posisi maupun "*benchmarking*" harus dan penting untuk senantiasa dilakukan. Untuk langkah ini, maka dengan mengacu pada "*ABET-Engineering Criteria 2000*" nampak bahwa lulusan perguruan tinggi sains-teknologi (engineering) tidak saja harus menghasilkan lulusan yang memiliki keahlian dan kepakaran di bidang keteknikan saja; tetapi juga harus memiliki wawasan, pemahaman serta kemampuan yang berdimensi diluar lingkup bidang ilmu keteknikan yang antara lain berupa: (a) kemampuan untuk bekerja dalam kelompok, (b) pemahaman tentang tanggung jawab sosial dan etika profesi, (c) kemampuan untuk mengkomunikasikan ide maupun gagasan secara terorganisir, sistematis dan runtut (communication skill), (d) wawasan dan pengetahuan yang luas untuk memahami berbagai dampak lingkungan dan sosial yang ditimbulkan oleh penerapan profesi keinsinyuran didalam menjawab tantangan maupun kebutuhan yang ada, (e) wawasan yang luas serta kepekaan yang tinggi didalam mensikapi isu-isu kontemporer dan aktual dalam berbagai ruang lingkup seperti sosial, ekonomi, politik, budaya, hukum dan pertahanan-keamanan, dan (f) kemampuan manajemen dan kepemimpinan (leadership) untuk menghadapi persoalan-persoalan praktis-nyata serta memberikan solusi yang terbaik berdasarkan pola pikir serta pola tindak yang efektif-efisien dan melalui mekanisme pendekatan sistem. Pendidikan tinggi sains-teknologi yang berkualitas global tidak lagi bisa diselenggarakan dengan kurikulum ataupun metoda pengajaran yang "*konvensional*", dan untuk itu harus dilakukan perubahan-perbaikan untuk memenuhi standard lulusan yang memiliki kompetensi/kualifikasi minimum yang dipersyaratkan oleh ABET 2000.

9. Kemampuan dasar yang menjadi acuan standard untuk menentukan kompetensi/kualifikasi lulusan (insinyur) menurut ABET-Engineering Criteria 2000 seperti tersebut diatas saat ini sudah disosialisasikan, diterapkan dan dikembangkan di Amerika Serikat dan ada kecenderungan untuk selanjutnya akan ditetapkan sebagai acuan internasional. Dari apa-apa yang telah diformulasikan dapat ditarik kesimpulan bahwasanya lulusan (alumnus) pendidikan tinggi sains-teknologi diharapkan nantinya tidak saja memiliki kemampuan akademis dan profesi keteknikan (insinyur) yang baik, tetapi juga memiliki wawasan dan kepekaan terhadap masalah-masalah sosial-kemasyarakatan. Begitu juga seorang lulusan pendidikan tinggi sains-teknologi diharapkan kelak akan mampu bersikap dan bertindak selaku seorang profesional (kelompok sosial yang memiliki

keahlian/kepakaran khusus) yang dituntut untuk bertanggung-jawab dan selalu terikat dengan kode etik profesinya. Sebagai seorang profesional, maka seorang insinyur harus mampu mempertahankan *idealisme* yang menyatakan bahwa keahlian profesi yang dikuasainya bukanlah sebuah *komoditas* yang hendak diperjual-belikan sekedar untuk memperoleh nafkah ataupun keuntungan, melainkan sebuah *kebijaksanaan* yang hendak diabdikan demi dan semata untuk kesejahteraan umat manusia. Kalau toh didalam “*pengamalan*” profesi yang dilakukan ternyata diperoleh semacam imbalan maupun penghargaan berupa “*honorarium*”, maka hal itu haruslah dipandang sebagai sekedar bentuk tanda kehormatan (*honour*) demi tegaknya kehormatan profesi yang dimilikinya. Tanda kehormatan berupa honorarium ini jelas akan berbeda nilainya dengan upah atau gaji yang hanya pantas diterimakan bagi seorang pekerja upahan biasa. Sebagai anggota kelompok sosial berkeahlian, seorang insinyur harus memiliki kebanggaan profesi dan berkewajiban untuk menerapkan kode etik profesi untuk menjaga martabat, kehormatan, dan/atau itikad-itikad etis pada saat mengamalkan keahlian serta kepakaran profesinya demi dan semata untuk “*the benefit of mankind*”.

10. Teknologi ataupun ilmu keteknikan (*engineering*) secara umum dapat dipahami sebagai ilmu terapan (*applied science*) atau penerapan dari prinsip-prinsip keilmuan dasar (*mathematical and natural sciences*) melalui penggunaan model dan teknologi (*hardware* maupun *software*) untuk berbagai macam kebutuhan yang bermanfaat bagi manusia. Kajian terhadap apa-apa yang dihasilkan oleh kepakaran “*tukang*” insinyur ini haruslah mampu memberikan jawaban dan rekomendasi terhadap dua pertanyaan yang menyangkut (a) apakah proses penemuan dan pengembangan karya keinsinyuran tersebut sudah mengindahkan nilai-nilai (*moral dan norma*) kemanusiaan ataukah justru mengabaikannya; dan (b) penerapan hasil karya keinsinyuran tersebut sebenarnya untuk apa, untuk siapa, bagaimana cara pengoperasian dan penanggulangan terhadap kemungkinan terjadinya *dampak* (*negatif*) yang ditimbulkannya. Banyak hal-hal yang sering memicu kontroversi pada saat sebuah teknologi (*produk atau proses*) sebagai karya keinsinyuran sedang dikembangkan, dicoba ataupun ingin diterapkan. Sebagai contoh, apakah dapat dibenarkan untuk mengadakan eksperimen --- baik itu dilakukan menurut metode ilmiah (*scientific method*) ataupun metode yang bersifat coba-salah (*trial & error*) --- dengan menugaskan manusia untuk menguji berbagai akibat dari perubahan rancangan organisasi, sistem kerja maupun pengoperasian sebuah fasilitas kerja? Bilamana manusia itu sendiri bersedia untuk dijadikan “*kelinci percobaan*”, apakah persoalan yang kemudian muncul tidak akan menjadi persoalan pelanggaran etika profesi yang kemudian menjadi bahan perdebatan yang berlarut-larut?

11. Apakah etika profesi keinsinyuran (*engineering ethics*) itu? Etika profesi keinsinyuran dapat diformulasikan secara sederhana sebagai “*the study of the moral issues and decisions confronting individuals and organizations involved in engineering*”. Pengenalan dan pemahaman mengenai etika profesi ini perlu dilakukan sedini mungkin, dan sudah saatnya untuk dicantumkan dalam kurikulum pendidikan tinggi sains-teknologi. ABET sendiri telah memformulasikan pemahaman mengenai etika profesi ini sebagai salah satu kualifikasi minimum yang harus dipenuhi oleh seorang insinyur profesional. Hal ini akan menempatkan etika profesi keinsinyuran sebagai “*preventive ethics*” yang akan menghindarkan segala macam tindakan yang memiliki resiko dan konsekuensi yang serius dari penerapan keahlian profesional. Apakah mungkin masalah moral-etika ini diajarkan bagi mahasiswa sains-teknologi (*teknik*)? Meskipun tidak mudah --- karena ada yang beranggapan kalau persoalan moral-etika ini sudah “*inherent*” dengan kehidupan manusia itu sendiri sebagai produk warisan kultur-budaya masyarakat --- para calon “*tukang*” insinyur ini sebenarnya dapat diajari untuk “*think ethically*”, seperti halnya mereka selama ini bisa diajari untuk “*think scientifically*”.

12. Globalisasi jelas sudah membawa banyak tantangan, ancaman maupun (kemungkinan juga) peluang yang harus dihadapi serta menjadi tanggung-jawab kaum profesional. Persoalan-persoalan yang semakin kompleks, penuh ketidak-pastian, keterkaitan dan ketergantungan antar individu dalam sebuah sistem akan memberikan dampak sosial-kemanusiaan dari setiap kebijakan maupun keputusan yang diambil. Globalisasi seharusnya memberikan kesadaran baru bagi kehidupan manusia modern yang semakin peka dengan kondisi lingkungannya. Kesadaran untuk ber-etika lingkungan disini tidak lagi dibatasi oleh ruang lingkup penerapan yang merujuk pada nilai-nilai etika-moral kemanusiaan saja, tetapi juga diperluas dengan mencakup sumber-sumber alam (natural resources) lainnya yang juga perlu untuk dilindungi, dikelola, dirawat, dan dijaga kelestariannya seperti flora, fauna maupun obyek-obyek yang tidak bernyawa (yang merefleksikan warisan kultur-budaya) sekalipun. Setiap profesi --- tanpa terkecuali --- harus saling ber-sinergi, berkontribusi dan benar-benar menaruh perhatian akan dampak sosial-kemanusiaan dari setiap keputusan yang akan diambil dan diterapkan. Dalam konteks semacam ini, pengembangan sains-teknologi atau ilmu-ilmu keteknikan (engineering) yang oleh sebagian kalangan dipandang hanya mengembangkan sisi “*pikiran*” (eksak-rasional) manusia akan dirasakan kurang lengkap tanpa diikuti dengan pengembangan sisi “*hati*” (non-eksak dan berdimensi emosi cita-rasa) manusia.

### **Pustaka Rujukan**

Accreditation Board for Engineering and Technology (ABET). *1993 Annual Report*. New York : ABET, 1993.

Bennet, F. Lawrence. *The Management of Engineering: Human, Quality, Organizational, Legal and Ethical Aspects of Professional Practice*. New York: John Wiley & Sons, Inc. 1996.

Harris, J.R., et.al. *Engineering Ethics: Concepts and Cases*. Belmont: Wadsworth Publishing Company, 1995.

Pytlik, Edward C., et.al. *Technology, Change and Society*. Worcester, Massachusetts : Davis Publications, 1978.

Rochlin, Gene I. *Scientific Technology and Social Change*. San Francisco: W.H. Freeman and Company, 1974.

Sumaji, dkk. *Pendidikan Sains yang Humanitis : Persembahan 72 tahun Pater J.I.G.M. Drost, S.J.* Yogyakarta : Penerbit Kanisius, 1998.

Teich, Albert H. *Technology and the Future*. New York: St. Martin's Press, 1997.

Wignjosoebroto, Sritomo. *Etika Profesional : Pengamalan & Permasalahan*. Makalah disampaikan dalam Simposium “Pemulihan Ekonomi Nasional Bersendikan Industrialisasi dan Pemberdayaan Potensi Otonomi Daerah” – Badan Kejuruan Mesin – Persatuan Insinyur Indonesia (PII) pada tanggal 1 Desember 1999 di Jakarta.

Womack, James P., et.al. *The Machine that Changed the World*. New York: Rawson Associates, 1990.

---