

INDUSTRIAL ENGINEERING ROADMAP : RETURN TO WORK FOR ENHANCING PRODUCTIVITY

Oleh:

Sritomo W. Soebroto

Laboratorium Ergonomi & Perancangan Sistem Kerja

Jurusan Teknik Industri – Fakultas Teknologi Industri

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Ph/Fax : (031) – 5939361/5939362; email : msritomo@rad.net.id

Research and teaching in Industrial Engineering takes as its primary focus how humans work in organizations; include in this term the following areas of motion and time studies, human factors, job design, ergonomics, productivity and efficiency studies.

(Diane E. Bailey and Stephen R. Barley, 2004)

Pendahuluan

Industrialisasi di Indonesia telah berlangsung hampir 40 tahun lamanya. Sebagaimana sejumlah negara berkembang lainnya, Indonesia juga menempuh jalur kebijakan industrialisasi mirip sama yaitu melakukan promosi ekspor dan substitusi impor pada tahap awal prosesnya. Namun dibandingkan negara yang lain --- khususnya negara-negara tetangga di Asia (Korea Selatan, Thailand, Malaysia dan belakangan Vietnam) --- langkah kebijakan industrialisasi di Indonesia tidak berhasil menciptakan struktur industri yang kompetitif. Penyebabnya jelas, yaitu tidak adanya kebijakan industrialisasi yang terintegrasi dengan kebijakan sektor lain seperti perdagangan, pengembangan sumber daya manusia dan teknologi (Kompas, 18 Juli 2008). Hal tersebut sebuah paradoks yang sungguh diluar nalar akal sehat mengingat potensi geografis maupun sumber daya alam yang begitu kaya dan dimiliki Indonesia; namun tidak/kurang dimiliki oleh negara-negara Asia lainnya. Sebagian menyalahkan kebijakan pemerintah yang selalu berubah-ubah, disisi lain kalangan industri sendiri juga tidak memiliki ketangguhan didalam menghadapi persaingan global.

Dalam kurun waktu dua-tiga dekade (1970-1990-an) lebih, perekonomian Indonesia telah mengalami transformasi perubahan dari perekonomian berbasis pertanian (*agricultural based*) menuju ke arah perekonomian berbasis industri (*industrial based*). Sebuah proses yang sering disebut dengan industrialisasi. Indonesia yang dahulunya dikenal sebagai sebuah negara yang begitu kaya dengan sumber daya alam (*natural resources*) namun dengan tenaga kerja tidak terampil (*unskilled labor*) dalam jumlah besar; kemudian tumbuh dan berkembang sebagai negara industri baru (*new industrialized country*) dengan penerimaan devisa terbesar berasal dari hasil produksi di sektor industri, sumber daya alam dan tetap didukung dengan tenaga kerja kurang terampil. Indikator paling populer bisa ditunjukkan dari kontribusi nilai tambah dari sektor industri manufaktur dalam GDP, serta kontribusi dari sektor manufaktur untuk total ekspor.

*Disampaikan dalam acara **Seminar Nasional Membangun Ekonomi Bangsa Melalui Kemandirian Industri Nasional** di Aula Timur ITB - Bandung tanggal 11 Juli 2009, penyelenggara ISTMI, BKSTI dan Prodi Teknik Industri ITB.*

Pada tahun 1970, nilai tambah yang diperoleh dari sektor industri manufaktur hanya memberi kontribusi sebesar 7.5% dari nilai GDP; sedangkan sektor pertanian tercatat lebih dari 35% dari nilai GDP. Pada awal tahun 1990-an, terjadi kenaikan dua kali lipat dan menjelang krisis ekonomi di pertengahan tahun 1990-an kontribusi nilai tambah di sektor manufaktur ini terus bertambah naik sampai lebih dari 20%. Sebuah pertumbuhan yang sangat menggembirakan dan bahkan melebihi kontribusi sektor pertanian dalam penerimaan devisa negara (GDP). Untuk komposisi nilai ekspor, kontribusi di sektor manufaktur juga terus tumbuh berkembang naik; dari hanya sekitar 3% di awal tahun 1970-an meningkat mendekati angka 60% di awal tahun 1990-an. Meskipun Indonesia memiliki pengalaman bagus dalam proses industrialisasi, namun kinerja industri nasional relatif terendah dibandingkan dengan negara-negara di regional Asia lainnya. Perkembangan industri nasional yang tumbuh secara signifikan sampai awal tahun 1990-an, kemudian mencapai titik balik pada saat terjadi krisis ekonomi yang memberikan dampak penurunan yang cukup signifikan dalam hal output (nilai tambah) dan ekspor di sektor industri manufaktur pada pertengahan tahun 1990-an. Situasi yang kemudian kita kenal sebagai "*deindustrialization*".

Kecenderungan telah terjadi proses "*deindustrialisasi*" juga bisa ditunjukkan dengan enggannya investor asing atau konglomerat (pemilik uang) untuk melakukan investasi di sektor industri "*penghasil devisa*" manufaktur dalam mengolah bahan baku, memberi nilai tambah dan berorientasi ekspor. Sebaliknya telah terjadi pergeseran besar-besaran dalam peran maupun struktur industri nasional kita yaitu dari mulanya ada kemauan dan sekaligus berani untuk bermain di sektor manufaktur --- bahkan diantaranya juga memunculkan rancangan produk (*engineering design*) sendiri --- untuk kemudian beralih peran hanya sekedar melayani jalur distribusi barang dan/atau sekedar penyedia suku-cadang. Bukan pilihan strategi bisnis yang salah, kalau orientasinya sebatas bagaimana bisa menarik modal dan keuntungan besar secepatnya bisa diraih dengan resiko yang hampir tidak ada. Bisa pula dimengerti kalau sebagian besar konglomerat "*nasional*" dan penguasa uang di negeri ini melakukan pilihan bisnis seperti itu. Secara lahiriah bukankah mereka ini lebih bernaluri sebagai pedagang, *gambler*, atau oportunis daripada mewarisi sebuah tradisi sebagai perancang, pembuat maupun inovator produk? Sungguh sebuah pilihan yang cenderung menihilkan arti idealisme, profesionalisme bahkan nasionalisme/patriotisme. Kita tampaknya lebih senang dan bangga sebagai konsumen daripada produsen dan cukup puas memperoleh devisa dengan menjual sumber daya alam mentah daripada memproduksi barang yang bernilai tambah lebih besar (Wignjosoebroto, 2001, 2006). Deindustrialisasi jelas telah terjadi khususnya di sektor-sektor manufaktur dan mengakibatkan banyak persoalan yang tidak terlalu gampang untuk dicarikan solusi-solusi konkritnya.

Tantangan Global Industri Nasional

Industri --- tidak peduli macam-ragamnya, visi-misinya, maupun skala ukuran operasionalnya (kecil, menengah atau besar), BUMN/BUMD maupun swasta --- adalah sebuah aktivitas produktif yang dirancang untuk melibatkan berbagai parameter produksi mulai dari modal (*capital*), tanah (*land*) dengan segala sumber daya yang bisa dieksploitasi; dan manusia (*man*) yang akan merencanakan, mengorganisasikan, mengoperasikan dan mengendalikan semua parameter produksi tersebut dalam sebuah proses transformasi masukan (*resource inputs*) --- secara fisik maupun non-fisik --- menjadi keluaran (*finished goods/outputs* berupa produk maupun jasa) yang memiliki nilai tambah baik berupa nilai tambah fungsional maupun nilai

tambah ekonomis. Perubahan dan pengembangan teknologi baik berupa teknologi perangkat keras maupun lunak tidak hanya ditujukan untuk meningkatkan nilai tambah produk-produk industri; akan tetapi juga mampu memperbaiki jalur distribusi barang ke konsumen dengan *biaya* yang lebih rendah, *kualitas* yang lebih baik, dan *waktu* yang lebih cepat/singkat (jangan biarkan konsumen antri menunggu). Selain itu sistem produksi juga menjadi lebih *fleksibel* (lentur dan luwes) dalam memenuhi permintaan konsumen yang bervariasi, dan secara berkelanjutan mampu melakukan *inovasi* guna mengantisipasi siklus hidup produk yang semakin pendek. Parameter biaya, kualitas, waktu, fleksibilitas dan inovasi tersebut merupakan kunci sukses dan menjadi paradigma bagi sistem produksi dari sebuah proses bisnis industri; tidak peduli apapun skala tingkatannya (kecil-menengah-besar) untuk meningkatkan daya saing produknya di era global (Wignjosoebroto, 2006).

Globalisasi bisa dipersepsikan macam-macam tergantung dari sisi dan kepentingan apa orang melihatnya. Globalisasi bisa diartikan sebagai *ancaman* terutama bagi mereka yang tidak siap untuk menghadapi arus perubahan cepat; akan tetapi juga bisa dipersepsikan sebagai *peluang* bagi mereka yang mampu mempersiapkan diri dengan sebaik-baiknya. Globalisasi telah membawa semua persoalan menjadi semakin kompleks, persaingan semakin keras, dan memerlukan perubahan-perubahan baik dalam struktur organisasi, manajemen maupun sumber daya pendukung operasional di lini produksi. Industri yang dahulunya dioperasikan dengan konsep pemanfaatan sumber daya (bahan baku/material, enersi, modal, dan manusia) yang serba terbatas --- untuk itu sistem produksi harus benar-benar dioperasikan secara efektif dan efisien --- dalam era global ini haruslah kemudian dikembangkan dengan penguasaan informasi (*knowledge based industry*) dan jaringan kerja (*networking*) yang lebih sinergetik. Begitu juga sistem produksi yang dahulunya dikembangkan melalui konsep produksi masal (*mass-production*) dengan bertumpu pada pembuatan produk-produk standard, cenderung kemudian harus ditata kembali secara fleksibel, responsive dan inovatif ke upaya pemenuhan kepuasan kustomer yang sangat beragam (*mass-customization*) dengan pasar yang lebih luas (*mass-marketing*). Begitu juga organisasi industri yang awalnya dirancang mengikuti pola struktur hirarki-birokrasi yang menempatkan manusia sebagai pekerja (karyawan) pabrik, selanjutnya beranjak dan bergeser maju dalam pola struktur jaringan kerja (*network*) dengan menempatkan pekerja sebagai "*sparring partners in progress*". Disini aktivitas kerja manusia --- dan begitu pula struktur organisasi kerjanya --- akan beraliansi dalam sebuah mata rantai kerja sama dengan semangat kebersamaan (*collaboration & partnership*).

Tantangan global yang membawa dampak kearah suasana persaingan "*hidup-mati*" yang begitu keras memaksa industri terus menerus berupaya meningkatkan kemampuan daya saing-nya. Dalam hal peningkatan daya saing, industri tidak saja harus mampu meningkatkan produktivitas totalnya akan tetapi juga harus mampu meningkatkan kualitas, menekan biaya dan memenuhi keinginan kustomer secara tepat waktu. Perubahan paradigma yang terjadi baik di lini produksi/operasional (mikro) maupun lini strategis-makro (manajemen puncak) haruslah bisa diantisipasi dan kemudian diadopsi secara layak. Menghadapi situasi dan kondisi semacam ini diperlukan seorang manajer industri yang menguasai benar metode/keilmuan Teknik Industri yang tidak saja dipakai untuk memecahkan persoalan-persoalan yang bersifat teknis-operasional (*engineering design & process*), akan tetapi juga yang bersifat non-teknis (sosial-ekonomis) serta kiat-kiat untuk mengendalikan persoalan manusia (*human skill*). Disisi lain juga diperlukan seorang manajer industri yang mampu bertindak sebagai pemecah persoalan, pengendali perubahan dan peredam konflik yang senantiasa dapat memformulasikan dan melahirkan konsep-konsep baru untuk menghadapi segala kompleksitas dan ketidak-pastian yang terjadi

(Wignjosoebroto, 2006). Globalisasi jelas membawa banyak tantangan, ancaman maupun peluang yang harus dihadapi oleh dunia industri dan secara serta-merta akan langsung menjadi tanggung-jawab disipin dan profesi teknik industri. Tantangan global tidak bisa tidak menghadapkan dunia pendidikan tinggi teknologi industri mampu mengikuti dan menangkap arah perkembangan sains-teknologi yang melaju cepat seiring dengan tuntutan masyarakat (termasuk industri) pemakai jasa pendidikan tinggi. Disini pendidikan tinggi haruslah mampu mempersiapkan sumber-daya manusia yang berkualitas, dan memenuhi tuntutan persyaratan maupun standard kompetensi kerja yang berdaya-laku internasional.

Tanpa ingin terjebak dalam persoalan yang menjurus ke ranah politik makro diluar konteks tema dan substansi yang ada; sebuah analisis akal sehat sepatutnya dibuat dan difokuskan dalam persoalan-persoalan teknis mikro di lantai produksi yang justru menjadi akar permasalahan terpuruknya sektor industri nasional. Tidak mudah memang untuk menyimpulkan faktor apa saja yang menjadi akar permasalahan; begitu pula tidak cukup sederhana untuk sekedar menimpakan semua persoalan sebagai ekspresi ketidak-mampuan manajemen didalam menghadapi tantangan persaingan global. Namun kalau melihat ke berbagai kasus yang terjadi dan cenderung untuk dijadikan "*kambing hitam*" terpuruknya industri nasional; barangkali semuanya terletak pada ketidak-berdayaannya industri nasional didalam menghadapi persaingan global. Kalau kemudian mau ditarik lebih jauh lagi faktor rendahnya tingkat produktivitas kerja --- baik dalam skala mikro maupun makro --- dan ketidakmampuan industri nasional didalam mengelola kekayaan sumber daya alam secara lebih mandiri tampaknya merupakan akar dari semua pokok permasalahan yang ada.

Ergonomi : Produktivitas Kerja dan Daya Saing Industri

Mengapa Indonesia masih saja lemah dan ketinggalan dalam kemampuannya untuk bersaing? Mengapa produk-produk nasional tidak bisa bersaing sehingga kita akhirnya lebih senang kembali untuk menjual barang mentah (*raw material/natural resources*)? Berdasarkan World Competitiveness Report (2005), daya saing Indonesia berada pada urutan ke 74 dari sekitar 120 negara di dunia. Negara-negara di Asia seperti Malaysia, Thailand, India, Korea Selatan, Jepang, dan lain-lain tercatat menduduki ranking tinggi jauh melampaui Indonesia dalam hal daya saing dan produktivitas nasional. Kita semua memahami betapa pentingnya produktivitas dalam proses pembangunan nasional; oleh karena itu berbagai upaya dan cara perlu dilakukan untuk meningkatkan produktivitas di berbagai sektor. Produktivitas pada hakekatnya merupakan sebuah alat untuk mengukur tingkat efisiensi bangsa/negara dalam hal menghasilkan barang maupun jasa. Seberapa besar nilai tambah yang telah dihasilkan diukur berdasarkan besaran keluaran (outputs) relatif terhadap masukan (input). Kelemahan daya saing dan upaya peningkatan produktivitas merupakan isu penting yang harus diantisipasi oleh industri nasional -- tidak peduli tingkatannya --- dan dalam hal ini implementasi disiplin ergonomi di industri akan menjadi sangat relevan. Ergonomi secara nyata banyak memberi dampak dalam kehidupan sehari-hari, mulai dari rumah kediaman sampai ke tempat kerja di industri. Ergonomi tidak hanya diimplementasikan untuk perancangan produk, fasilitas kerja maupun tempat/lingkungan kerja dengan sasaran meningkatkan efektivitas, efisiensi dan produktivitas kerja (Wignjosoebroto, 2006). Selain itu juga diaplikasikan untuk meningkatkan kenyamanan, kesehatan dan keselamatan manusia-pekerjanya (*comfort, safety and health*).

Banyak istilah maupun definisi yang terkait dengan pemahaman mengenai ergonomi seperti *human factors*, *ergonomics*, *human engineering*, *human factors psychology*, *applied ergonomics* dan *industrial engineering/ergonomics*. Dari sekian banyak istilah-istilah tersebut yang sering digunakan adalah *human factors* dan *ergonomics*. Pemahaman mengenai *human factors* biasanya dikaitkan dengan problematik psikologi kerja (*mental workloads* dan *cognitives issues*); sedangkan ergonomi sendiri dikaitkan dengan *physical works*. Selanjutnya pengertian mengenai *human engineering* atau *applied/industrial ergonomics* akan banyak dihubungkan dengan aplikasi data maupun pertimbangan faktor manusia (*human factors engineering*) dalam proses perancangan, test, evaluasi, modifikasi dari produk (peralatan, fasilitas) dari sebuah sistem kerja.

Definisi yang paling sederhana dan ringkas dari ergonomi adalah studi tentang kerja; dan selalu dikaitkan dengan kerja fisik (*physical*) maupun mental (*psychological*) manusia. Dalam hal ini pendekatan ergonomi fokus pada evaluasi dan perancangan tempat kerja; baik problematik kerja secara fisik (*manual lifting*, *repetitive motion*, *lighting*, *noise* dan *energy expended*) maupun mental-kognitif (*perception*, *attention*, *decision making*, dll). Problematik kerja yang sering dialami manusia seperti *eyestrain*, *headaches* and *musculoskeletal disorders* dan berbagai masalah lain yang bisa memberikan dampak serius yang mengarah ke kondisi kerja tidak produktif akan bisa dicegah melalui pendekatan ergonomi

Aplikasi ergonomi industri --- *the science of people at industrial works* --- terkait dengan hal-hal yang fokus pada kinerja manusia (*physiology* dan *psychology*) untuk memperbaiki sistem kerja yang melibatkan manusia, material, mesin/peralatan, tata cara kerja (*methods*), enersi, informasi dan lingkungan kerja. Dalam hal ini ada tiga area aplikasi ergonomi industri yang sering diangkat sebagai topik studi yaitu permasalahan yang menyangkut (a) *employee safety and health concern*, (b) *cost-or-productivity related fields*, dan (c) *the comfort of people*. Weiner and Moroney (1995) melihatnya dari tingkatan mikro, ergonomi industri akan terkait dengan persoalan-persoalan faktor manusia sebagai individu dalam perancangan area/stasiun kerja (*workplace design*) dan ranah kognitif; sedangkan untuk tingkatan makro, ergonomi industri akan berhadapan dengan berbagai ragam variasi budaya (*cultural variables*) yang memerlukan pendekatan-pendekatan sistemik dan holistik didalam menyelesaikan persoalan industri yang semakin kompleks. Dalam konteks implementasinya di ranah usaha (industri) kecil menengah, baik tingkatan mikro maupun makro, semua permasalahan yang menyimpang dari norma kaidah ergonomi dengan mudah akan dijumpai.

Studi mengenai ergonomi telah berubah secara signifikan dalam beberapa dekade terakhir. Di awal tahun 1950-an, berbagai penelitian tentang ergonomi (*human factors*) banyak terkait dengan urusan perancangan meja-kursi ataupun *knobs-dials-displays*; namun belakangan banyak studi yang dilakukan oleh para ergonom yang mulai mengarah ke ranah persepsi-kognitif yang terkait dengan kompleksitas sistem informasi yang merupakan beban kerja yang sering dihadapi oleh professional dan *white-collar workers* lainnya (Bailey and Barley, 2004). Begitu juga studi tentang ergonomi tidak lagi hanya fokus ke aktivitas manual-fisik (*method study*, *motion & time study*, *job design*, dll) seperti yang umum dijumpai di industri kecil-tradisional; tetapi sudah merambah ke aras makro dalam skala organisasi industri dan kaitan dengan lingkungannya. Awal mulanya banyak orang mencoba mengkaitkan disiplin teknik industri dengan studi tentang kerja (ergonomi), karena ada keterkaitan erat disiplin ini dengan berbagai studi yang telah dilakukan oleh Taylor dan para pioner lainnya. Penelitian-penelitian tentang ergonomi banyak memberikan peluang guna memperoleh dana/sponsor, khususnya dari industri yang menaruh perhatian dalam riset mengenai beban kerja (*work load analysis*), tata

cara kerja (*work methods*), sistem manusia-mesin (*human-machine interfaces*), produktivitas dan keselamatan kerja (*work safety*). Namun tidak seperti studi yang terkait dengan produktivitas (*motion and time studies*), ergonomi merupakan studi yang paling banyak memperoleh dukungan dari pekerja/operator karena hasilnya bisa dirasakan langsung dan membuat kerja mereka menjadi lebih nyaman, aman/sehat dan mudah diselesaikan.

Industrial Engineering Roadmap: Dari Studi Kerja Manusia ke Optimasi Sistem Industri

Sejak kapankah disiplin dan/atau profesi Teknik Industri (*Industrial Engineering*) lahir dan dikenal orang? Sebagai sebuah disiplin kecabangan dari ilmu keteknikan/teknologi secara formal orang mengenalinya sekitar pertengahan tahun 1900-an, setelah sebelumnya orang mengenal terlebih dahulu beberapa disiplin seperti Teknik Sipil, Teknik Mesin, Teknik Elektro, Teknik Kimia dan berbagai macam derivasi disiplin-disiplin tersebut. Namun, agak berbeda dengan disiplin keteknikan yang lain, orang seringkali menjumpai berbagai kesulitan didalam mencoba mendefinisikan secara konkrit mengenai karakteristik, ciri spesifik, maupun ruang lingkup yang berkaitan dengan fungsi maupun peran disiplin teknik industri ini didalam menjawab tantangan dan persoalan di dunia industri. Disiplin teknik industri sering dianggap tidak tepat untuk dimasukkan didalam ranah habitat "*engineering*" yang begitu mengunggulkan kemampuan dan kompetensi merancang --- bisa berupa rancangan produk ataupun rancangan proses --- dengan berlandaskan analisa pendekatan kuantitatif dan serba eksak. Disisi lain problematika industri yang dijumpai seringkali juga lebih cenderung begitu kompleks, gampang berubah, penuh unsur ketidak-pastian, abstraktif dan sulit diramalkan dengan pendekatan obyektif; sehingga memerlukan penyelesaian yang lebih bersifat sistemik, holistik, dan komprehensif-integral.

Sebagai disiplin ilmu keteknikan yang tergolong "*baru*", profesi teknik industri lahir sejak ada persoalan produksi, sejak manusia harus mewujudkan sesuatu untuk memenuhi keperluan hidupnya, dan sejak manusia ada. Kelahiran profesi teknik industri memiliki akar kuat dari proses revolusi industri yang membawa perubahan-perubahan didalam banyak hal. Perubahan lain yang pantas untuk dicatat sebagai tonggak (*milestone*) kelahiran profesi teknik industri adalah diterapkannya rekayasa tentang tata-cara kerja (*methods engineering*) dan pengukuran kerja (*work measurement*) yang bertujuan untuk meningkatkan produktivitas dan kualitas kerja. Langkah-langkah strategis yang dikerjakan oleh Taylor, Gilbreths, Fayol, Gantt, Shewart, Granjean, Barnes, Mundel, Kroemer, Sanders dan sebagainya yang telah menghasilkan paradigma-paradigma baru dalam berbagai penelitian kerja dengan fokus pada manusia sebagai penentu tercapainya produktivitas dan kualitas kerja (*quality of work life*) yang lebih baik lagi (Emerson and Nahring, 1988).

Sebenarnya apa-apa yang telah dilakukan oleh Taylor, dkk itu bukanlah sesuatu yang berdiri sendiri dan terlepas dari apa-apa yang telah dikerjakan oleh oleh para pioneer teknik industri sebelumnya. Bila istilah *produksi* maupun *industri* akan dipakai sebagai kata kunci yang melatar-belakangi lahirnya profesi teknik industri; maka setidaknya-tidaknya dalam hal ini Adam Smith (*The Wealth of Nations*, 1776) dan Charles Babbage (*On Economy of Machinery and Manufacturers*, 1832) telah mengemukakan konsep peningkatan produktivitas melalui efisiensi penggunaan tenaga kerja dan pembagian kerja berdasarkan spesialisasi/keahlian. Fokus persoalan mengenai apa yang diteliti, dikaji dan direkomendasikan oleh Smith maupun Babbage ini tampaknya

memberikan motivasi kuat bagi Frederick W. Taylor (*The Principles of Scientific Management*, 1905) untuk menempatkan “*engineer as economist*” didalam perancangan sistem produksi di industri, dimana konsep yang dikembangkan berkisar pada dua tema pokok, yaitu (a) telaah mengenai “*interfaces*” manusia dan mesin dalam sebuah sistem kerja, dan (b) analisa sistem produksi untuk memperbaiki serta meningkatkan performans kerja yang ada. Pendekatan ergonomi dalam perancangan teknologi di industri telah menempatkan rancangan produk dan sistem kerja yang awalnya serba rasional-mekanistik menjadi tampak lebih manusiawi. Disini faktor yang terkait dengan fisik (faal/fisiologi) maupun perilaku (psikologi) manusia baik secara individu pada saat berinteraksi dengan mesin dalam sebuah rancangan sistim manusia-mesin dan lingkungan kerja fisik akan dijadikan pertimbangan utama.

Teknik industri yang awal mulanya muncul sebagai sebuah disiplin yang fokus pada studi dan perancangan kerja; belakangan berkembang menjadi sebuah disiplin yang jauh berbeda secara signifikan dalam hal fokus maupun area luasan lingkup kajiannya. Telah terjadi penurunan intensitas untuk melakukan studi tentang kerja khususnya yang terjadi di lantai produksi (*shopfloor*) dan bergeser ke aras makro yang terkait dengan area sosial-ekonomi industri. Kondisi tersebut membawa disiplin teknik industri menjadi tidak lagi memiliki kemampuan untuk mengorganisasikan kerja dan merancang sistem kerja modern (Bailey dan Barley, 2004). Dalam perjalanan paruh abad 20, disiplin teknik industri dipahami sebagai sebuah filosofi manajemen dan pengembangan teknik-teknik untuk memperbaiki sistem produksi/industri dengan cara meningkatkan efisiensi kerja. Selain mengembangkan metode untuk melakukan studi gerak dan waktu (*motion and time study*) --- dimana studi ini dikenal luas sebagai awal muncul dan berkembangnya disiplin teknik industri --- para pioner juga mengorganisasikan/ melakukan aktivitas procurement, serta pengendalian kualitas, inventori dan perancangan sistem akuntansi. Mereka juga merancang ulang mesin perkakas (*machine tools*) untuk menambah ketelitian dan efisiensi kerja mesin. Selain itu juga melakukan eksperimen dengan pemberian bonus kerja (*incentive plans*) yang dipercaya akan bisa meningkatkan motivasi dan menghasilkan upah yang layak dari pekerja.

Sebagian besar aktivitas yang dikerjakan oleh seorang insinyur teknik industri di awal kemunculannya terpusat pada persoalan-persoalan yang dijumpai di pabrik dan tugas-tugas administrasi/manajemen yang umumnya dilaksanakan secara manual, repetitif dengan output berupa benda fisik. Selanjutnya setelah perang dunia kedua (1950-an), disiplin teknik industri bergeser ke arah perkembangan ke problematik industri dalam skala besar (makro) dengan berbagai kajian yang mengarah ke pendekatan kuantitatif dan analitis dalam penyelesaian persoalan industri yang semakin abstraktif, komprehensif, penuh dengan ketidakpastian dan sulit diprediksi. Meskipun di awal pertumbuhannya masih fokus dengan penanganan problematika di lantai produksi (*shop floor*) dalam ranah mikro, namun kemudian mulai beranjak dengan pengembangan berbagai model, tools dan metode pengelolaan (manajemen) proses produksi dan mata rantai distribusi. Selanjutnya juga mulai dikembangkan berbagai model maupun pendekatan matematika-optimasi (*operation research*) yang tidak hanya diaplikasikan untuk menyelesaikan problematika produksi di industri, transportasi, service/jasa dan aktivitas operasional lainnya. Disiplin teknik industri terus berkembang dengan berbagai metode dan cara pendekatan dalam ranah analisa serta proses pengambilan keputusan dengan memasukan faktor resiko yang sering dihadapi dalam dunia industri, bisnis dan manajemen.

Disiplin teknik industri mulai membuka pemahaman dan paradigma baru dalam studi mengenai rekayasa/keinsinyuran (*engineering*) yang tidak lagi melihat industri dalam aspek teknis (*controls*,

displays, dan *human-machine systems*), tetapi juga berbagai persoalan non-teknis seperti *costs analysis*, *environmental*, *management*, *social-engineering*, dan lain-lain (Bailey and Barley, 2005). Proses pengambilan keputusan didalam menyelesaikan persoalan di industri yang berskala besar tidak lagi bisa dilakukan secara parsial, sepotong-potong, dan linier; akan tetapi haruslah dilakukan dengan pola pikir dan tindak lateral dengan segala macam pertimbangan yang multi-dimensional, kualitatif dan terkadang memerlukan kepekaan intuitif. Problematika industri tidaklah semata ditentukan oleh sub-sistem materi (*material sub-system*) yang serba eksak, melainkan juga dipengaruhi lebih banyak lagi oleh sub-sistem manusia (*human sub-system*) dengan perilaku yang lebih sulit untuk diduga. Problematika industri selain akan tergantung pada faktor produksi pasif (bahan baku, mesin, gedung, ataupun fasilitas produksi lainnya), juga akan banyak dipengaruhi oleh faktor produksi aktif yaitu manusia (baik sebagai individu maupun kelompok kerja) dengan segala macam perilakunya.

Tabel berikut ini memberikan gambaran arah perkembangan disiplin teknik industri di awal kemunculannya sampai dengan kondisi yang dijumpai sekarang.

Tabel : Kronologis Perkembangan Disiplin Teknik Industri

Phase Perkembangan	Problematik, Kasus, Konsep, atau Pengembangan Teori	Skala Pandang
Revolusi Industri (1750-1900-an)	Mekanisasi Proses-2 Produksi, Interchangeability Parts, Standardisasi Produk, Mass Production.	MIKRO
Scientific Management (1890 - 1930-an)	Time & Motion Studies, Organization (Functional) Design, Production Planning & Scheduling, Inventory Model (EOQ), Statistical QC, Line Balancing, etc.	
Industrial Engineering (1930-1950-an)	Tool Design, Engineering Economy, Human Engineering (Ergonomics), Facilities Location & Layout, Queuing Theory, Productivity Analisis, Management Controls, etc	
Operations Research (1945-1970-an)	Digital Computer, Mathematical Programming, Reliability Analysis, Decision/Optimization Theory, System Engineering, Automation, Mgmt Information System, etc	MIKRO & MAKRO
Industrial & System Engineering	Control Theory, Large-Scale System, Total System Design, Social System, Cybernetics, Behavioral Theory	

Sumber : Pritsker, AB. *Defining the Role of the Industrial Engineer in Integrating New Technologies*. Journal of Industrial Engineering, December 1985.

Selama perang dunia kedua berlangsung, tentara sekutu (Inggris dan Amerika) mempekerjakan sebuah tim yang terdiri dari para pakar matematika, fisika dan statistik untuk mengembangkan berbagai metoda pendekatan untuk menyelesaikan problematika logistik dan jaringan distribusinya (Bailey and Barley, 2004). Bekerja dengan menggunakan rancangan awal komputer, tim “operation research” ini sukses menyelesaikan problematika logistik, distribusi maupun transportasi yang dihadapi operasi militer sekutu pada saat yang relatif sama harus menghadapi berbagai front medan pertempuran yang tersebar dengan mengalokasikan secara optimal sumber-sumber daya yang terbatas. Operation riset (OR) secara cepat berkembang sebagai sebuah tool yang efektif bisa diaplikasikan untuk berbagai problematika yang kompleks

yang umum dijumpai bukan hanya di operasi militer, namun juga di industri. Sekitar pertengahan tahun 1960-an *queuing theory, decision analysis, network analysis, simulation techniques* dan *linear/dynamic programming* dikembangkan dan diaplikasikan di berbagai industri besar. Begitu juga *OR, seperti halnya dengan industrial statistics* --- sebagai *applied mathematics* --- diperkenalkan dan masuk ke dalam kurikulum wajib teknik industri sebagai dasar optimasi menyelesaikan problematika industri yang semakin besar skala produksinya serta semakin kompleks pengorganisasian/pengelolaannya.

Disiplin teknik industri telah mengembangkan dan mengaplikasikan berbagai model matematis sebagai dasar analisa dan pendekatan kuantitatif dalam penyelesaian persoalan teknis maupun manajemen produksi/industri dalam skala makro. Hal tersebut tidak jauh berbeda halnya saat para pioner teknik industri (Taylor, Gilbreths, dll) melakukan studi kerja manusia (*ergonomics, scientific management*) untuk meningkatkan produktivitas di rantai produksi dalam skala mikro. Seperti ergonomi, pendekatan matematis (OR) yang dilakukan oleh insinyur TI akan memberikan "*scientific legitimacy*" untuk optimasi dan pengambilan keputusan dalam organisasi maupun sistem produksi/industri yang semakin rumit dan kompleks permasalahan yang dihadapi..

Horizon Baru Disiplin Teknik Industri (Dari Ranah Mikro ke Makro?)

Banyak orang yang salah menginterpretasikan pengertian tentang teknik industri. Istilah "*industri*" dalam berbagai kasus sering dilihat dalam kaca-mata sempit sebagai "*pabrik*" yang banyak bergelut dengan aktivitas manufaktur. Meskipun secara historis perkembangan profesi teknik industri berangkat dari disiplin teknik mesin (produksi) dan terutama sekali sangat erat kaitannya dengan proses manufaktur produk dalam sebuah proses transformasi fisik; disiplin teknik industri telah berkembang luas dalam beberapa dekade terakhir ini. Sesuai dengan "*nature*"-nya, industri bisa diklasifikasikan secara luas yaitu mulai dari industri yang menghasilkan produk-barang fisik (*manufaktur*) sampai ke produk-jasa (*service*) yang non-fisik. Industri juga bisa kita bentangkan dalam pola aliran hulu-hilir sampai ke skala kecil-menengah-besar. Demikian juga problematika yang dihadapi oleh industri --- yang kemudian menjadi fokus kajian disiplin teknik industri --- bisa terfokus dalam ruang lingkup mikro (rantai produksi) dan terus melebar luas mengarah ke problematika manajemen produksi (perencanaan, pengorganisasian, pengoperasian dan pengendalian sistem produksi) yang harus memperhatikan sistem lingkungan (aspek politik-sosial-ekonomi-budaya maupun hankam) dalam setiap langkah pengambilan keputusan berdimensi strategik.

Disiplin Teknik Industri melihat setiap persoalan dengan metode pendekatan sistem dimana segala keputusan yang diambil juga selalu didasarkan pada aspek teknis (*engineering area*) dan aspek non-teknis. Wawasan "*Tekno-Sosio-Ekonomi*" akan mewarnai penyusunan kurikulum pendidikan teknik industri dan merupakan karakteristik yang khas yang menggambarkan ciri keunggulan serta membedakan disiplin ini dengan disiplin-disiplin keteknikan yang lainnya. Sebegitu luas ruang lingkup yang bisa yang bisa digapai oleh profesi teknik industri seringkali membuat kesulitan tersendiri didalam memberikan identitas yang jelas dan tegas mengenai apa yang sebenarnya bisa dikerjakan oleh profesi ini. Disiplin teknik industri pada hakekatnya bisa dikelompokkan kedalam tiga topik besar permasalahan yang dijumpai di industri yang selanjutnya bisa dipakai sebagai landasan utama pengembangan disiplin ini (Kimbler, 1995; Wignjosoebroto, 1997) ; yaitu *pertama*, berkaitan erat dengan permasalahan-permasalahan

yang menyangkut dinamika aliran material yang terjadi di rantai produksi. Disini akan menekankan pada prinsip-prinsip yang terjadi pada saat proses transformasi --- seringkali juga disebut sebagai proses nilai tambah --- dan aliran material yang berlangsung dalam sistem produksi yang terus berkelanjutan sampai meningkat ke persoalan aliran distribusi dari produk akhir (output) menuju ke konsumen. Topik *kedua* berkaitan dengan dinamika aliran *informasi*. Persoalan pokok yang ditelaah dalam hal ini menyangkut aliran informasi yang diperlukan dalam proses pengambilan keputusan manajemen khususnya dalam skala operasional. Hal-hal yang berkaitan dengan perencanaan produksi agregat, pengendalian kualitas, dan berbagai macam problem manajemen produksi/operasional akan merupakan kajian pokoknya. Selanjutnya topik *ketiga* cenderung membawa disiplin teknik industri ini untuk bergerak kearah persoalan-persoalan yang bersifat makro-strategis. Persoalan yang dihadapi sudah tidak lagi bersangkut-paut dengan persoalan-persoalan yang timbul di lini aktivitas produksi ataupun manajemen produksi melainkan terus melebar ke persoalan sistem produksi/industri dan sistem lingkungan yang berpengaruh signifikan terhadap industri itu sendiri. Topik ketiga ini cenderung membawa disiplin teknik industri untuk menjauhi persoalan-persoalan teknis (deterministik-fisik-kuantitatif) yang umum dijumpai di lini produksi (topik pertama) dan lebih banyak bergelut dengan persoalan non-teknis (stokastik-abstraktif-kualitatif). Berhadapan dengan problematika yang kompleks, multi-variable dan/atau multi-dimensi; maka disiplin teknik industri akan memerlukan dasar kuat (dalam bidang keilmuan matematika, fisika, maupun sosial-ekonomi) untuk bisa memodelkan, mensimulasikan dan mengoptimasikan persoalan-persoalan yang harus dicarikan solusinya.

Begitu luasnya ruang lingkup yang bisa ditambah untuk mengaplikasikan keilmuan teknik industri jelas akan membawa persoalan tersendiri bagi profesional teknik industri pada saat mereka harus menjelaskan secara tepat "*what should we do and where should we work*" ? Pertanyaan ini jelas tidak mudah untuk dijawab secara memuaskan oleh mereka yang masih awam dengan keilmuan teknik industri. Kenyataan yang sering dihadapi adalah bahwa seorang profesional teknik industri sering dijumpai berada dan "*sukses*" bekerja dimana-mana mulai dari lini operasional sampai ke lini manajerial. Seorang profesional teknik industri seringkali membanggakan kompetensinya dalam berbagai hal mulai dari proses perancangan produk, perancangan tata-cara kerja sampai dengan mengembangkan konsep-konsep strategis untuk mengembangkan kinerja industri. Seorang profesional teknik industri akan bisa menunjukkan cara bekerja yang lebih baik, lebih cerdas, lebih produktif, dan lebih berkualitas. Seorang profesional teknik industri bisa diharapkan sebagai "*problem solver*" untuk membuat sistem produksi bisa dioperasikan dan dikendalikan secara lebih efektif, nyaman, aman, sehat dan efisien (Wignjosoebroto, 2006). Untuk itu eliminasi berbagai hal yang bersifat kontra-produktif seperti pemborosan waktu, uang, material, enersi dan komoditas lainnya merupakan fokus utama yang harus dikerjakan.

Dengan mengacu pada *ABET-Engineering Criteria 2000*, maka seorang profesional Teknik Industri tidak saja harus menguasai kepakaran (*hard-skill*) Teknik Industri; tetapi juga harus memiliki wawasan, pemahaman, dan kemampuan/kompetensi lainnya (*soft-skill*) seperti (a) kemampuan untuk bekerja dalam kelompok (organisasi), (b) pemahaman tentang tanggung jawab sosial dan etika profesi, (c) kemampuan berkomunikasi baik lisan maupun tulisan, (d) kesadaran lingkungan (alam maupun sosial), (e) kepekaan tinggi terhadap berbagai persoalan yang dihadapi menyangkut berbagai macam issue kontemporer, aktual maupun situasional dan (f) kemampuan berorganisasi, manajemen dan leadership, dan sebagainya. Berdasarkan ABET Engineering Criteria 2000 tersebut, seorang profesional Teknik Industri tidak saja diharapkan

akan memiliki kemampuan akademis dan kompetensi profesi keinsinyuran (engineering) yang baik saja, tetapi juga memiliki wawasan dan kepekaan terhadap segala permasalahan yang ada di industri maupun masyarakat.

Penutup

Guna mengantisipasi problematika industri yang semakin luas dan kompleks, maka disiplin teknik industri telah menunjukkan banyak perubahan maupun penyesuaian dengan arah perkembangan yang ada. Adanya kehendak untuk meningkatkan produktivitas, kualitas, dan disisi lain harus diikuti pula dengan keinginan untuk menekan biaya produksi (*costs reduction program*) serta waktu penyampaian barang (*time delivery*) secara tepat waktu merupakan langkah-langkah strategis yang harus dipikirkan oleh profesi teknik industri agar bisa meningkatkan daya saing perusahaan. Selain itu ruang lingkup pasar tidak lagi harus bersaing di tingkat lokal (nasional) melainkan mengarah ke tingkat persaingan pasar global. Perubahan tantangan yang dihadapi oleh dunia industri jelas sekali juga akan membawa perubahan pada fungsi dan peran yang harus bisa dimainkan oleh disiplin teknik industri. Kalau pada awalnya profesi teknik industri secara tradisional mengurus persoalan-persoalan di tingkat pengendalian operasional (manajemen produksi) seperti perancangan-perancangan tata-letak mesin, tata-cara kerja, sistem manusia-mesin (ergonomi) dan penetapan standard-standard kerja; maka dalam beberapa dekade terakhir ini profesi teknik industri lebih banyak dilibatkan untuk menyelesaikan persoalan-persoalan yang berkaitan dengan perencanaan strategis dan pengambilan keputusan pada tingkat manajemen puncak. Persoalan yang dihadapi oleh profesi teknik industri tidak lagi dibatasi dalam skala kecil (mikro) melainkan berkembang ke skala besar (makro). Sebagai contoh kalau awalnya studi pengukuran kerja lebih difokuskan ke skala stasiun kerja sekedar mendapatkan standard-standard (waktu, output ataupun upah) kerja untuk merealisasikan konsep "*the fair day's pay for the fair day's work*"; maka peran profesi teknik industri modern belakangan ini banyak diperlukan untuk melakukan pengukuran produktivitas dan kinerja makro organisasi-perusahaan guna menilai sehat tidaknya kondisi industri tersebut.

Ditengah-tengah keterpurukan industri nasional --- baik yang bergerak di sektor manufaktur maupun jasa --- didalam menghadapi persaingan global; disiplin teknik industri sudah sepatutnya mengambil peluang ini dengan menunjukkan letak keunggulan disiplin teknik industri dibandingkan dengan disiplin keteknikan maupun keilmuan yang lain untuk memberi solusi-solusi yang lebih cerdas. Tantangan maupun ancaman yang menimpa industri nasional justru membuka peluang lebih besar bagi disiplin teknik industri untuk melakukan penelitian-penelitian baik berupa penelitian dasar (*fundamental research*), penelitian terapan (*applied research*), ataupun penelitian tindakan/pesanan (*action research*). Cukup banyak kasus yang bisa ditarik dari situasi dan kondisi yang terjadi di industri nasional yang memberi banyak peluang bagi kita untuk mengaplikasikan semua "*IE's tools*" yang kita miliki guna memberikan analisa dan jawaban konkrit. Karakteristik disiplin teknik industri yang menekankan model pendekatan sistemik, holistik, serta komprehensif-integral akan sangat efektif untuk menyelesaikan persoalan-persoalan industri yang memiliki spektrum luas dari ranah mikro (teknis-operasional) sampai ke makro (sosial-ekonomis-lingkungan).

Kepustakaan

Bailey, Diane E. and Barley, Stephen R. *Return to Work: Toward Post-Industrial Engineering*. IIE Transactions (2005) 37, 737-752. ISSN: 0740-817X print/1545-8830 online.

Emerson, Howard P. and Douglas C.E., Naehring (1988). *Origins of Industrial Engineering: The Early Years of a Professions*. Atlanta, Norcross-Georgia: Industrial Engineering & Management Press, II.

Kompas (2008). *Industrialisasi : Mengapa Indonesia Gagal?* Kompas 28 Juli 2008 Halaman 44.

Kimble, D.L (1995). *The Development of Modern Industrial Engineering*. Engineering Horizons, Spring 1995. A Peterson's/COG Publications.

Weiner, Jon. (1995). *Research Techniques in Human Engineering*. Englewood Cliffs, N.J. : Prentice Hall PTR.

Wignjosoebroto, Sritomo (1997). *Prospek Perkembangan Profesi Teknik Industri Menghadapi Tantangan Masa Depan*. Jurnal Teknik Industri & Manajemen Industri – Ikatan Sarjana Teknik dan Manajemen Industri - Indonesia (ISTMI) – Vol. I No.1, Agustus 1997.

Wignjosoebroto, Sritomo (2001). *Peran Strategis Teknik Industri bagi Dunia Industri di Indonesia dalam Menghadapi Persaingan di Era Pasar Bebas*. Keynote paper disampaikan dalam acara Seminar Nasional “Peran dan Kesiapan Sektor Industri Menyongsong Diberlakukannya Otonomi Daerah Secara Penuh dan Era Perdagangan Bebas” dalam rangka Dies Natalis Universitas Islam Sultan Agung (Unissula) – Semarang ke-39, pada tanggal 27 Juni 2001 di Semarang.

Wignjosoebroto, Sritomo (2006). *Horizon Baru Disiplin Teknik Industri?* Keynote paper disampaikan sebagai pengantar acara Diskusi Internal “Peluang dan Tantangan Riset di Bidang Teknik Industri” yang diselenggarakan oleh Jurusan Teknik Industri – Fakultas Teknologi Industri, Universitas Trisakti pada tanggal 8 Juni 2006 di Hotel Santika Jakarta.

Wignjosoebroto, Sritomo (2006). *Aplikasi Ergonomi dalam Peningkatan Produktivitas dan Kualitas Kerja di Industri*. Keynote Seminar Nasional Ergonomi & K3 - “Peranan Ergonomi dan K3 untuk Meningkatkan Produktivitas dan Kualitas Kerja” yang diselenggarakan oleh Perhimpunan Ergonomi Indonesia dan Laboratorium Ergonomi & Perancangan Sistem Kerja Jurusan Teknik Industri FTI-ITS, tanggal 29 Juli 2006 di Kampus ITS, Sukolilo-Surabaya.

Wignjosoebroto, Sritomo (2006). *Indonesia Ergonomic's Road map. Where We Are Going?* Makalah disampaikan dalam Indonesia Panel: Ergo Future 2006 – International Symposium on Past, Present, and Future Ergonomics, Occupational Safety and Health, tanggal 28-30 Agustus 2006 di Universitas Udayana – Denpasar, Bali.

Wignjosoebroto, Sritomo (2006). *The Development of Ergonomic Method : Pendekatan Ergonomi Menjawab Problematika Industri*. Keynote paper yang disampaikan dalam acara Seminar Nasional Ergonomi 2006 “Pendekatan Ergonomi Makro untuk Meningkatkan Kinerja Organisasi” pada tanggal 21-22 Nopember 2006 di Auditorium Gedung D, Kampus A – Universitas Trisakti, Jakarta.

Wignjosoebroto, Sritomo (2008). *Industrial Engineering Roadmap: Return to Work for Enhancing Productivity*. Keynote paper yang disampaikan dalam acara Seminar Nasional Mesin-Industri (SNMI) ke IV pada tanggal 28 Agustus 2008 di Auditorium Universitas Tarumanegara, Jakarta.