

PENGEMBANGAN KEMAMPUAN EMULASI MELALUI *TEACHING INDUSTRIES* DALAM BIDANG TEKNOLOGI

Amat Mukhadis

Abstract: *The development of technology in a century of knowledge is a cycle of three main elements: the use of technology in solving problems, developing new technologies, new technology development and a higher to solve new problems. This cycle continues conform to technological dialectic rhythm. The main characteristic of the dialectic of technology is that there is permanence in change. A nation will exist and excel in the dialectic of technology if you have emulation capability that is the ability to synergize elements of humanware, infoware, organoware, technoware. The development of these capabilities in universities was facilitated by the teaching learning industries. Teaching industries potentially facilitate the growth of industries emulation capability, through knowledge transfer, knowledge validation, knowledge-disgestion, skill development, and managerial and entrepreneurial development.*

Abstrak: Pengembangan bidang teknologi dalam abad pengetahuan merupakan siklus dari tiga unsur utama: pemanfaatan teknologi dalam memecahkan masalah, pengembangan teknologi baru, dan pengembangan teknologi baru yang lebih tinggi dalam pemecahan masalah baru. Siklus ini terus berlangsung sejalan dengan ritme dialektika teknologi. Karakteristik utama dari dialektika teknologi adalah adanya keabadian dalam perubahan. Suatu bangsa akan eksis dan unggul dalam dialektika teknologi bila memiliki kemampuan emulasi, yaitu kemampuan mensinergikan unsur *humanware, infoware, organoware, technoware*. Pengembangan kemampuan ini di perguruan tinggi difasilitasi oleh pembelajaran *teaching industries*. *Teaching industries* berpotensi memfasilitasi tumbuhnya kemampuan emulasi, melalui *knowledge transfer, knowledge validation, knowledge digestion, skill development, dan managerial and entrepreneurial development*.

Kata-kata kunci: kemampuan emulasi, *teaching industries*, teknologi, perguruan tinggi

Ritme baru dalam era pengetahuan ditandai adanya semua upaya dan bentuk pemenuhan kebutuhan hidup berbasis pengetahuan. Hal ini ditandai adanya dunia memasuki warna paradigma berpikir berbasis pengetahuan. Misalnya

ekonomi berbasis pengetahuan (*knowledge based economy*), *knowledge based society*, dan industri berbasis pengetahuan (*knowledge based industry*) (Ditjen Dikti, 2004). Penanda bidang ekonomi yang berbasis pengetahuan adanya persaingan

Amat Mukhadis adalah Dosen Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Malang. Kampus: Jl. Semarang 5 Malang-65145

dalam kerjasama dan kerjasama dalam persaingan secara global (Satari, 1993; Djojonegoro, 1994). Karakteristik kerjasama ini tidak hanya terbatas pada intra-daerah, antardaerah dalam satu negara, tetapi bahkan mencakup antarnegara melalui pembentukan *pasar bersama*. Indikator dari ritme pasar bersama adalah diberlakukannya ekonomi global yang antara lain melalui kesepakatan *GATT* di Marrakesh (1994), *APEC* di Bogor (1994), *MEE* di lingkungan Eropa, *NAFTA* di lingkungan Amerika, dan *AFTA* di lingkungan *ASEAN*.

Peristiwa kerjasama ekonomi dalam konteks global, bila kita cermati banyak mengandung muatan persaingan yang ketat. Prinsip saling menguntungkan dalam konteks ini hanya akan tercapai, apabila di antara bangsa yang bekerjasama memiliki kekuatan yang berimbang. Namun, apabila terjadi sebaliknya, yaitu ketimpangan kekuatan, maka pihak yang lemah akan selalu dalam keadaan yang sulit (Ohmae, 1995) dan "menjadi pecundang" atau bahkan kemungkinan besar akan menjadi korban dari hukum dan aktivitas kerjasama itu sendiri. Dalam menghadapi ritme "persaingan dalam kerjasama" dan "kerjasama dalam persaingan" ini, keunggulan kompetitif sumberdaya manusia yang berkualitas memegang peranan penting (Djojonegoro, 1996; dan Munawar, dkk., 2002). Pengembangan bidang teknologi dalam abad pengetahuan ini merupakan suatu proses yang mengandung tiga unsur utama. *Pertama*, proses pemanfaatan teknologi dalam memecahkan masalah. Proses ini merupakan representasi aplikasi pola prosedural atau langkah-langkah yang sesuai dengan karakteristik alternatif teknologi yang dipilih dan yang pada akhirnya ditetapkan pada konteks masalah yang dipecahkan. Orientasi utama dari proses ini adalah adanya kesesuaian, tingkat kerumitan, keterlaksanaan, efektivitas, dan efisiensi, serta kemenarikan

suatu alternatif teknologi sebagai piranti pemecahan masalah. *Kedua*, proses identifikasi keuntungan dan kerugian, atau proses identifikasi dan pengembangan alternatif pemecahan masalah baru yang muncul akibat penggunaan teknologi. Proses ini lebih terkait dengan pertimbangan dampak yang ditimbulkan sebagai akibat eksekusi pada aspek pertama (pemanfaatan teknologi). Dampak pemanfaatan teknologi dapat dipilih menjadi dua, yaitu dampak internal dan eksternal (Kotrlik, dkk., 2000). Dampak internal merupakan akibat alternatif pemanfaatan teknologi dalam pemecahan masalah yang dapat merusak keberadaan, sifat, karakteristik, dan keberlangsungan teknologi itu sendiri. Sedangkan dampak eksternal merupakan akibat alternatif pemanfaatan teknologi dalam pemecahan masalah yang dapat merusak lingkungan atau latar dimana teknologi itu diterapkan. Faktor keuntungan relatif, kesesuaian dengan norma, dan keramahan dengan lingkungan menjadi dimensi pertimbangan yang penting. *Ketiga*, proses pengembangan teknologi yang lebih tinggi, lebih sesuai, lebih efektif, lebih efisien, dan lebih menarik sebagai alternatif pemecahan masalah yang baru sebagai akibat pemanfaatan alternatif teknologi. Proses yang terakhir ini lebih diakibatkan oleh (1) penggunaan alternatif teknologi yang telah ditetapkan untuk melakukan pemecahan masalah itu sendiri, (2) kurang tuntasnya dalam mengidentifikasi dan menetapkan karakteristik dan jenis masalah yang dipecahkan, dan (3) kombinasi antara penetapan alternatif teknologi dan ketidaktuntasan dalam pemecahan masalah akibat kesalahan atau kekurangtepatan penetapan katakteristik masalah yang dipecahkan. Ritme ini akan terus menerus berlangsung dan tidak terbatas oleh ruang dan waktu serta tingkatan peradaban teknologi itu sendiri. Namun, dalam konteks ini yang membedakan tinggi-rendahnya peradaban teknologi yang digunakan oleh suatu bangsa adalah

percepatan perubahan dalam melakukan identifikasi masalah dan penemuan alternatif pemecahan masalah baru (Wibowo, 2002). Keadaan ini, biasanya dijadikan indikator dalam mengukur dan memilah suatu bangsa ke dalam kelompok bangsa yang tergolong maju, berkembang, atau terbelakang dalam pemanfaatan teknologi.

RITME DIALEKTIKA DALAM BIDANG TEKNOLOGI

Peradaban teknologi diawali dengan penemuan dan penggunaan teknologi api dalam memenuhi kebutuhan hidup manusia (Alisjahbana, 1989). Penggunaan teknologi ini dapat dengan nyata membedakan perikehidupan makhluk Allah yang disebut manusia dengan makhluk Allah yang lain yang disebut binatang. Di samping itu, penemuan teknologi api ini dapat membuat manusia mampu bertahan hidup lebih lama (berumur lebih panjang), dapat melakukan proses reproduksi untuk memperbesar populasi manusia, dan dapat meningkatkan kesejahteraan hidupnya. Bersamaan dengan itu, efek samping yang ditimbulkan dari pemanfaatan teknologi juga mengancam keselamatan jiwa manusia yang juga tidak dapat dielakkan. Hal ini dapat dicontohkan sebagaimana yang sedang terjadi di negara kita tercinta saat ini. Walaupun, bangsa kita telah meninggalkan era agraris dan memasuki era industri, bahkan era informasi dan memasuki peradaban era pengetahuan, namun setiap tahun masih dihadapkan pada masalah bahaya kebakaran hutan (terutama di daerah Kalimantan dan Sumatera). Hanya tingkat keseriusan dan intensitas dampak negatif dari penggunaan teknologi dalam kehidupan manusia itulah yang membedakan antara ritme dialektika pada peradaban teknologi sederhana dan teknologi yang lebih modern (teknologi canggih).

Penemuan peradaban teknologi berikutnya yaitu teknologi pertanian pada kira-kira 12000 tahun Sebelum Masehi.

Teknologi ini mendorong tumbuhnya cara bercocok tanam dan terbentuknya masyarakat desa pertanian. Pada peradaban ini ditandai adanya (1) pemenuhan kebutuhan hidup manusia yang lebih terjamin, (2) semakin cepatnya pertumbuhan teknologi budidaya pertanian pada masyarakat desa, dan (3) lebih banyak waktu luang untuk berkreasi, berpikir, bereksperimen mengenai teknologi pertanian dalam kehidupannya sehari-hari sebagai wahana ditemukannya ilmu pengetahuan dan teknologi pertanian yang lebih baru (Alisjahbana, 1989). Mengacu pada ritme ini dapat dikatakan bahwa ilmu pengetahuan pada awalnya dikembangkan setelah ditemukan dan digunakannya teknologi sebagai alat pemecahan masalah dalam kehidupan sehari-hari. Dengan kata lain, ilmu pengetahuan (sains) pada perkembangan tahap awalnya "*sebagai anak*" dari teknologi. Namun, anak teknologi yang bernama pengetahuan ini dalam perjalanan ruang dan waktu lebih cepat berkembang menjadi dewasa, sehingga dengan sangat cepat pula menambah pengertian-pengertian dan prinsip-prinsip tentang berbagai hukum alam semesta ini yang dapat mengarahkan dan/atau menstimulasi perkembangan teknologi itu sendiri. Perkembangan hubungan selanjutnya antara sains sebagai "*anak*" dan teknologi sebagai "*bapak*" ini berjalan sangat mesra, harmonis, saling memperkuat dan bersinergi yang berlangsung secara terus menerus dan berkesinambungan. Sampai saat ini sudah tidak jelas lagi, mana yang mendahului dan mana yang didahului, mana yang berperan sebagai "*anak*" dan mana yang berperan sebagai "*bapak*".

Bertolak dari peradaban pertanian ini pula, Toffler (1980) berangkat untuk memilahkan peradaban teknologi menjadi tiga tahapan. Ketiga tahapan peradaban teknologi yang dimaksudkan adalah peradaban pertanian (yang disebut peradaban Gelombang I), peradaban industri (yang

disebut peradaban Gelombang II), dan peradaban informasi (yang disebut peradaban Gelombang III). Pemilahan peradaban teknologi yang lain yang lebih jauh diramalkan dan digolongkan ke depan yaitu menjadi lima peradaban dirumuskan oleh Disraeli (dalam Widodo, 2000). Kelima tahapan peradaban itu, yaitu peradaban pertanian (*green revolution, the first wave*), peradaban industri (*industrial revolution, the second wave*), peradaban informasi (*information revolution, the third wave*), peradaban produktivitas (*productivity revolution, the fourth wave*), dan peradaban imajinasi (*imagination revolution, the fifth wave*). Pemilihan peradaban dari kedua ahli tersebut berbeda dalam pentahapannya, tetapi ada kesamaan sifat dari pentahapan tersebut sebagai representasi adanya perubahan yang abadi dan terus berlangsung sesuai rentang perjalanan ruang dan waktu. Sebagai representasi tahapan perkembangan teknologi ini dapat diberikan contoh dalam bidang disket. Perkembangan teknologi disket dari sisi ukuran besarnya fisik, kemampuan menyimpan data juga mengalami perubahan yang sangat signifikan. Utamanya, bila kita perhatikan perkembangan mulai disket yang tipis dan besar sampai saat ini telah ditemukan disket yang relatif kecil, apalagi sampai perkembangan 2007 ini telah dihasilkan *flashdisk* yang bisa berkemampuan di atas 100 Giga, dan bentuk fisiknya pun sangat "mungil".

Kecepatan laju perubahan pentahapan peradaban teknologi dalam suatu bangsa ini sangat tergantung dari empat unsur utama yang bersinergi. *Pertama*, unsur perangkat manusia (*technology-humanware*) yaitu bagaimana manusia sebagai pelaku pemanfaatan, pengembangan dan pelestarian teknologi dapat selalu meningkatkan kemampuannya mulai dari mengenal sampai mengembangkan inovasi dari teknologi pada zaman itu. Di sini dituntut adanya kemampuan yang

selalu ditingkatkan sesuai karakteristik ritme dialektika teknologi itu sendiri, yaitu mulai dari mengenal, mengoperasikan, menyusun, memperbaiki, mengandakan, mengadaptasi, dan akhirnya terbentuk kemampuan melakukan inovasi. Kemampuan inovasi dalam konteks teknologi ditandai oleh keunggulan kompetitif daripada teknologi yang sudah ada.

Kedua, unsur perangkat teknologi (*technology-technoware*), yaitu karakteristik teknologi yang digunakan pada zaman itu, baik karakteristik kuantitatif maupun kualitatif. Karakteristik kuantitatif lebih mengacu pada wujud fisik (*hardware*) dari teknologi sebagai alat pemecahan masalah dalam kehidupan yang dapat diperikan indikatornya meliputi antara lain besar bentuk fisik, tingkat kerumitannya, dan tingkat kemenarikan tampilan produk teknologi. Sedangkan karakteristik kualitatif lebih mengacu pada perangkat lunak (*software*) dan mekanisme penggunaannya dalam pemecahan masalah dalam kehidupan sehari-hari yang ditunjukkan dengan indikator kecanggihan *software*, dan sistem operasinya mulai dari cara manual, dengan mesin, mesin serbaguna, mesin khusus, mesin otomatis, dan mesin komputerize.

Ketiga, unsur perangkat informasi (*technology infoware*), yaitu karakteristik informasi yang terkait dengan pemanfaatan dan pengembangan teknologi yang menjadi dasar untuk melakukan evaluasi kelemahan atau kekurangan dan upaya mencari alternatif pemecahan masalah dalam kehidupan. Unsur ini menjadi penting utamanya dalam hal diseminasi berbagai hasil pengembangan teknologi baru pada setiap tahapan peradaban teknologi. Indikator dari pentingnya unsur ini dalam pengembangan teknologi adalah adanya tahapan bagaimana keberadaan teknologi itu mudah dikenali, dijelaskan, dispesifikasikan, dimanfaatkan, dipahami, digeneralisasikan, sampai dengan meng-

evaluasi fakta-fakta teknologi (*wujud teknologi*) oleh pengguna sebagai unsur *humanware*.

Keempat, unsur perangkat organisasi (*technology organoware*), yaitu karakteristik yang lebih mengarah pada kelembagaan dalam pemanfaatan dan pengembangan teknologi sebagai sarana pemecahan masalah dalam kehidupan. Unsur ini penting bila dikaitkan dengan begitu kompleks sifat dari teknologi, sifat dari informasi, dan sifat dari sisi pengguna teknologi (manusia) termasuk juga varietas dari ketiganya dalam kehidupan nyata. Indikator dari unsur ini antara lain dapat dipilah ke dalam kelembagaan yang masih sangat sederhana (individu), kelompok kecil, departemen, perusahaan, kelompok industri regional, nasional, sampai industri internasional.

Penggolongan yang lain, sebagai kelanjutan perkembangan teknologi informasi adalah dikembangkannya teknologi *Nano* (teknologi molekuler) oleh Drexler (1986). Teknologi ini didasarkan pada kemampuan mengatur, menyusun, dan meletakkan unsur-unsur utama dan partikel atom. Pada peradaban teknologi ini, beda antara berlian dan batu bara hanya terletak pada variasi dan letak susunan atomnya. Demikian pula beda antara pasir dan transistor. Dari kaca mata peradaban ini, teknologi saat ini (era industri dan informasi) masih tergolong ke dalam teknologi kelompok atom kasar (*bulk-technology*). Sedangkan pada era teknologi *nano*, nantinya berupaya memproses, mengatur, dan meletakkan atom atau molekul secara individu dengan lebih presisi dan terperinci. Dalam era ini, nantinya juga ada yang disebut *nanocircuit*, *nanocomputer*, dan *nanomachines*, seperti pada peradaban teknologi *mikroelektronika*, ada *microcircuits*, dan *microcomputer*. Ukuran mesin-mesin dalam era teknologi *nano* ini pada satuan *nanometer* (kira-kira satu perseribu dari mikrometer). Tekonologi *nano* akan ber-

kembang tidak hanya terbatas pada dimensi-dimensinya saja, tetapi juga prosesnya yang berbasis pada penyusunan atom, molekul, atau partikel sesuai sifat akhir yang dikehendaki (Hadiwaratama, 2007). Perkembangan ke depan, teknologi *nano* ini akan sangat dominan dalam memajukan teknologi informasi, biologi, dan teknologi manufaktur. Hal terakhir ini akan berimbas pada tatanan ekonomi dunia yang pertumbuhannya yang lebih ditentukan oleh daya inovasi sumebrdaya manusianya.

Memang saat ini pun para ahli kimia telah bekerja dengan teknologi *nano* ini (walaupun masih sederhana). Bahan baku (mesin) utamanya adalah *protein* sebagai bahan rekayasa dan sel-sel hidup. Contohnya dari teknologi ini yaitu penggunaan mesin *sintesis gene* (*gene synthesis machines*) dalam membuat sintesis dan analisis dari molekul DNA. Contoh mesin *nano* lain adalah *restriction enzymes* yang digunakan untuk memotong dan menyambung kembali mata-rantai DNA, dan mesin *nanorhibomes* yang biasa digunakan untuk meng-*assembling* molekul-molekul DNA. Prinsip kerja dari protein dan *enzym* ini sebetulnya dapat juga dijelaskan dengan rumus-rumus mekanika (misalnya, kerja otot-otot tangan manusia pada waktu bergerak mendekat, waktu mengambil, dan menarik suatu objek tertentu). Namun selama ini, penjelasan terhadap ritme tersebut lebih sering menggunakan rumus-rumus kimia.

Sifat-sifat *gene* di atas, juga berlaku pada unsur-unsur informasi yang berinteraksi dengan akal-budi manusia. Sifat-sifat ini oleh Dawkins (1976) disebut sebagai *meme*. Contoh dari wujud konkret *meme* ini adalah ide atau gagasan, peribahasa, dan rancangan. *Meme* berkembang baik melalui otak manusia yang disebut dengan proses imitasi dan mutasi dengan wahana pembelajaran. Perkembangan *meme* ini juga mengalami seleksi alam (yang berguna dan berkasiat bagi

kelangsungan hidup sajalah yang bisa eksis). Dalam perkembangan berikutnya *meme* lebih cepat daripada *gene* dalam menstimulasi pembaharuan teknologi, daya cipta, dan karya manusia. Kenyataan ini akan mempercepat laju ritme dialektika teknologi, terutama pada peristiwa terjadinya interaksi secara dialektik antara *gene* (sebagai sumber alam) dan *meme* (sebagai budaya).

TUNTUTAN KEMAMPUAN EMULASI DALAM BIDANG TEKNOLOGI

Karakteristik utama dari ritme dialektika teknologi adalah adanya keabadian dalam perubahan. Perubahan itu sendiri melaju semakin cepat seiring dengan perjalanan ruang dan waktu. Ritme ini oleh Soedjatmoko (1984), disebut sebagai suatu perbandingan langsung kenisbian antara pemanfaatan suatu alternatif teknologi sesuai tahapan dan peradabannya dan pemecahan masalah sebagai wujud dari upaya peningkatan taraf kehidupan di dunia ini. Dalam konteks ini, masalah kehidupan yang dipecahkan bersifat unik dan membutuhkan suatu jawaban atas pemecahannya sebagai representasi pemanfaatan teknologi yang tidak seragam. Sebagaimana pendapat Nadler dan Hibino (1994), penanda ritme dialektika teknologi adalah "*no two situation are like, each problem is embeded in a unique array of related problems, the solution to a similar problem in another organization*". Dalam peradaban teknologi informasi dan teknologi *nano* menurut Handy (1990), akan mempercepat perubahan-perubahan dan akan timbul banyak cara berpikir yang mungkin tergolong tidak masuk akal (*unreason*) dan pemikiran-pemikiran yang bertentangan dengan pola dan kelogisan berpikir yang dianut selama ini (*upsidedown thinking*).

Kecenderungan di masa mendatang yang akan terjadi menurut Sarwono (1993), Slamet (1993), dan Hadiwaratama (2007), antara lain (1) sains dan teknologi

menjadi dasar pengembangan pola pikir yang bergerak dari pola pikir yang terbatas menjadi pola pikir yang beragam baik kuantitas maupun kualitas (*liniear thinking, lateral thinking, deductive and enductive thinking, creative thinking, dan anticipative thinking*), dan munculnya sikap budaya baru masyarakat, (2) pertumbuhan ekonomi dan industri sangat ditentukan oleh peran penguasaan pengetahuan (*knowledge capital*), yaitu ekonomi akan berbasis pengetahuan (*knowledge based economy*), dan insdustri berbasis pengetahuan (*knowledge based industry*), (3) persaingan tidak hanya terjadi pada keunggulan kualitas dan aksesibilitas terhadap sesuatu produk teknologi yang ditawarkan, tetapi juga pada unsur kecepatan, fleksibilitas, dan kepercayaan, (4) perubahan tingkat kompetisi, yang bergerak dari kompetisi yang longgar ke arah kompetisi yang lebih ketat dalam upaya peningkatan efektivitas dan efisiensi pencapaian tujuan, dan (5) perubahan sistem kerja, yang bergerak dari tumpuan kekuatan individu ke arah tumpuan kerja tim (terutama dalam dunia usaha), upaya peningkatan efektivitas dan efisiensi pemecahan masalah lebih ditentukan oleh keberhasilan kerja tim.

Berdasarkan kedua pendapat di atas, dapat dikatakan bahwa kecenderungan yang akan terjadi pada era pengetahuan dapat dikelompokkan menjadi sebagai berikut. *Pertama*, bidang teknologi baik secara kuantitatif maupun kualitatif. Secara kuantitatif teknologi akan berkembang dan bervariasi sesuai dengan variasi kondisi geografis dan keunggulan sumber daya alam yang ada. Secara kualitatif teknologi akan berkembang sesuai dengan tingkat kekompleksan/kerumitan masalah yang dihadapi. Dari sini pengguna teknologi akan berbanding langsung dengan tingkat kerumitan dan/atau kekompleksan komponen terkait yang menjadi dimensi masalah yang akan

dipecahkan dengan teknologi. Berdasarkan hal ini akan dapat dikelompokkan ke dalam teknologi rendah (teknologi padat karya), teknologi menengah dan teknologi tinggi. Perkembangan teknologi di masa mendatang (baik secara kuantitatif maupun kualitatif) akan membawa dampak positif dan negatif. Dampak negatif dari pemakaian teknologi pada peradaban (rendah, menengah dan tinggi) ini merupakan unsur *antecedent* yang dapat mempercepat perkembangan (baik secara reguler maupun loncatan) teknologi menjadi semakin bertambah pesat.

Kedua, bidang sumberdaya manusia, baik secara individu maupun kelompok. Secara individu sumberdaya manusia di masa mendatang diharapkan lebih tangguh, mandiri, tanggung jawab, tekun, disiplin, jujur dan berwawasan luas serta mampu mengidentifikasi, mencari dan memanfaatkan informasi. Kesemua sifat yang dituntutkan ini merupakan akumulasi dari dimensi kualitas pribadi yang diinginkan (Kauffman, 1984; Schultz, 1977; Wijaya, 1991). Secara kelompok sumberdaya manusia di masa mendatang diharapkan memiliki variasi keunggulan dalam bidang masing-masing yang akan menjadikan variasi komponen yang representatif dalam kelompok tertentu (tergantung lingkup sistemnya) yang dapat membangun efek sinergik dalam kerja kelompok. Keadaan ini merupakan kekuatan potensial yang dapat meningkatkan efektivitas dan efisiensi dalam memecahkan masalah yang dihadapi atau mengantisipasi dan memilih alternatif pemecahan masalah yang timbul akibat pemecahan masalah sebelumnya.

Ketiga, bidang kelembagaan (terutama pendidikan/pembelajaran) yang berkaitan erat dengan perubahan tuntutan sumberdaya manusia (individu atau kelompok) dalam pengembangan teknologi yang sesuai. Kecenderungan individu (formal/nonformal) di masa mendatang oleh Scanlon (1974), diharapkan dapat

mendukung ke arah keberhasilan dalam (1) pembangunan sumberdaya manusia dan alam secara terpadu yang siap menuju masyarakat era informasi atau era pengetahuan, (2) permasyarakatan teknologi (rendah, menengah dan tinggi) atau teknologi dan budaya informasi, (3) pengembangan kreativitas dalam masyarakat dari pembinaan iklim yang membentuk budaya wiraswasta, (4) pengembangan pola pikir yang integralistik dan penerapan sistem teknologi, (5) menciptakan kerjasama antarbeberapa pihak dalam upaya pengembangan teknologi dan sistem informasi, dan (6) pengembangan dan penerapan etika teknik baik secara individu maupun kelompok sebagai benteng dan sebagai representasi tanggung jawab sosial dan moral dalam kaitannya dengan upaya pengembangan teknologi.

Keempat, sumberdaya alam mendatang yang berfungsi sebagai anak kunci keberhasilan dalam upaya berbagai pemecahan masalah yang penekannya juga akan mengalami perubahan sesuai dengan tingkatan perkembangan teknologi yang digunakan (*US Department of Labor*, 1991). Sebagaimana dikatakan oleh Mangunwijaya (1989), bahwa penekanan unsur keberhasilan atau anak kunci pada tahapan era agraris adalah tingkat kepemilikan tanah, pada era industrialisasi adalah modal uang dan teknologi, dan pada era lepas tahun 2000 mendatang adalah pemilikan informasi dan/atau pengetahuan. Pada era ini satu unit informasi akan menghasilkan 100 kali informasi baru. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa pada era mendatang akan terjadi pergeseran peran sumberdaya alam. Hal ini ditunjukkan oleh peranannya dalam kompetisi dunia pada tahapan perkembangan teknologi tertentu (informasi), sehingga modal keunggulan bahan baku saja menjadi kurang berarti. Pada tahapan ini akan banyak bahan baku buatan yang lebih cocok dan lebih murah.

Keunggulan sumberdaya alam (bahan baku) dalam hal ini belum menentukan tingkat kekuatan ekonomi suatu bangsa, karena kekuatan ekonomi sangat ditentukan oleh kesanggupan suatu bangsa untuk melakukan pengembangan (dalam masyarakat) secara terus menerus dalam bidang sains dan teknologi.

Berpijak pada keempat kelompok besar kecenderungan perkembangan di masa mendatang, tampak bahwa peranan manusia (sumberdaya manusia) menjadi sangat menentukan, baik dalam pengembangan teknologi yang sesuai dengan tuntutan tahapan peradaban pada waktu, pemanfaatannya dalam pemecahan masalah yang dihadapi, maupun upaya pencegahan hal-hal negatif dari dampak teknologi. Dengan kata lain, proses alami yang disebut sebagai ritme dialektika teknologi akan dapat menjadi pemicu dalam percepatan perubahan (mungkin loncatan) perkembangan teknologi yang lebih efektif dan efisien di masa mendatang dari suatu bangsa sangat bergantung pada keunggulan sumberdaya manusianya. Hal yang sebaliknya, akan terjadi yaitu suatu bangsa akan tergulung dan tenggelam dalam arus ritme dialektika yang semakin deras apabila tidak memiliki keunggulan sumberdaya manusia, sebagaimanaantisipasi Winer (Pratedjo, 1982) bahwa ketidakmampuan manusia dalam mengendalikan teknologi (yang digunakan) akan menimbulkan (1) kebutuhan yang hanya dapat dipuaskan oleh teknologi itu sendiri, dan (2) teknologi yang akan mengubah kepercayaan, adat istiadat, agama dan organisasi sesuai dengan tuntutan teknologi.

Untuk itu, agar suatu bangsa dapat selalu eksis dan selalu berkembang dalam lingkaran siklus kenisbian yang semakin cepat ini, maka menurut Slamet (1993) diperlukan sumberdaya manusia dalam bidang teknologi yang memiliki karakteristik berikut ini. *Pertama*, memiliki kemampuan *berpikir kritis, sintetik, dan*

praktikal. Kemampuan ini merupakan prasyarat bagi terbentuknya keunggulan kemampuan dalam mengidentifikasi, menganalisis, memahami dan menetapkan skala prioritas alternatif pemecahan masalah yang dihadapi secara efektif dan efisien. Representasi kemampuan berpikir kritis lebih berorientasi pada kemampuan menganalisis dan berpikir kritis terhadap suatu fenomena (masalah). Kemampuan berpikir sintetik lebih berperan dalam penemuan terhadap alternatif pemecahan masalah yang belum dikenal sebelumnya (berpikir kreatif), sedangkan kemampuan berpikir praktikal adalah kemampuan melaksanakan alternatif pemecahan masalah yang telah ditemukan, dinilai khalayak, diberi masukan, dan bagaimana kita menyikapi terhadap masukan (Hounton, dkk., dalam Joni, 2005). *Kedua*, memiliki kepekaan, kemandirian, dan tanggung jawab yang tinggi. Kemampuan ini sebagai variabel *antesedent* yang dapat memperkecil kemungkinan terjadinya *culture sock* baik individu, kelompok maupun masyarakat dalam menghadapi loncatan perkembangan teknologi.

Ketiga, memiliki daya/kemampuan emulasi yang tinggi. Kemampuan ini merupakan prasyarat suatu individu, kelompok, masyarakat, bangsa dan negara untuk melakukan loncatan dalam pengembangan teknologi sebagai alat pemecahan masalah dalam kehidupan. Peradaban teknologi yang unggul suatu bangsa merupakan representasi dari kemampuan emulasi, dan bukannya sekedar kemampuan emitasi. Wujud dari kemampuan ini adalah dapat melakukan sinergi dari berbagai produk teknologi mutakhir (negara maju) menjadi suatu sosok produk teknologi yang lebih baru generasinya dan yang memiliki keunggulan kompetitif. Keunggulan kompetitif dari teknologi ini baik dari aspek bentuk fisik yang lebih kecil, kuat dan menarik, lebih sederhana konstruksinya, lebih besar dan

bervariasi manfaatnya, lebih efektif, efisien, dan lebih murah harganya.

Keempat, memiliki keterampilan mencari, memanfaatkan dan mengembangkan informasi yang tinggi. Keterampilan ini merupakan kunci sukses bagi sumberdaya manusia (individu/kelompok) dalam menghadapi persaingan pada era informasi, bahkan di era pengetahuan. Pada era ini akan berlaku hukum bahwa hanya suatu bangsa yang mampu memiliki, mengelola dan menguasai informasi/pengertianlah yang akan memimpin dalam pemanfaatan dan pengembangan, dan pelestarian teknologi. Keterampilan ini merupakan fondasi dalam membangun tiga kemampuan yang dibutuhkan dalam era pengetahuan yaitu kemampuan generik, kemampuan memecahkan masalah, dan kemampuan mengatasi transisi, baik yang bersifat reguler maupun loncatan (Sukanto, 1988).

Kelima, memiliki kualitas pribadi yang baik. Unsur ini merupakan hal yang tidak kalah pentingnya dalam *survival* baik individual maupun bangsa yang sesuai dengan tuntutan irama globalisasi. Kemampuan ini sebagai representasi kompetensi personal dan kompetensi sosial (Breadberry dan Greaves, 1999). Kompetensi personal dalam hal ini sebagai perpaduan antara kemampuan merasakan emosi tepat waktu dan memahami kecenderungannya (kesadaran diri) dan kemampuan memanfaatkan *skill*/kesadaran diri terhadap emosi untuk mengelola perilaku positif (manajemen diri). Sedangkan kompetensi sosial perpaduan antara kemampuan memahami emosi orang lain tepat waktu dan kemampuan berempati (kesadaran sosial) dan kemampuan mengelola kesadaran diri dan sosial untuk berinteraksi dengan orang lain (manajemen hubungan sosial).

Keenam, memiliki kemampuan kerja tim yang baik. Hal ini selaras dengan tuntutan meningkatnya kualitas pemecahan masalah yang dihadapi (pada era

pengetahuan) yang semakin kompleks. Keadaan ini menuntut adanya kerja tim yang terpadu secara integral dan memiliki efek sinergistik.

Ketujuh, memiliki kemampuan berpikir global dalam memecahkan masalah lokal. Tuntutan ini disebabkan adanya sifat ketergantungan yang tinggi di antara individu atau kelompok bangsa atau negara dalam upaya memenuhi kebutuhan hidup. Di samping itu, adanya dampak yang mengglobal dari pemanfaatan teknologi yang seakan tidak mengenal batas ruang dan waktu. Pada era ini dampak pemecahan masalah lokal bisa mengglobal, begitu juga, sebaliknya dari pemecahan masalah global akan potensi berdampak pada tataran lokal.

Kedelapan, memiliki sifat terbuka terhadap perubahan dan sikap berkembang. Tuntutan ini berdasarkan identifikasi sifat era pengetahuan yang memiliki laju perubahan yang sangat pesat, baik secara linier maupun loncatan. Untuk itu, sikap terbuka dan sikap berkembang dalam meningkatkan strategi pemecahan masalah baru sangat diperlukan dengan tanpa harus kehilangan jati diri. Kemampuan ini direpresentasikan dalam kemampuan melakukan aktivitas *learning*, *unlearning*, dan *relearning* yang berlangsung sepanjang waktu dimana berada dan bekerja.

Kesembilan, memiliki budaya kerja yang tinggi. Pada era saat ini, bangsa Indonesia merupakan era transisi dari budaya agraris ke budaya industri, bahkan ke budaya informasi. Implikasi dari keadaan ini dituntut adanya pemilikan etos kerja yang tinggi. Era ini tidak hanya menuntut sumberdaya manusia yang pandai dan terampil (Oentoro, 2000), tetapi memiliki karakter yang baik, kreatif, semangat wirausaha, dan berkomunikasi (lisan dan tertulis). Hal ini sesuai dengan pendapat Sutandi yang menjabat sebagai *General Manager Pakuwon Group* bahwa keahlian seorang calon karyawan bukan menjadi pertimbangan utama dalam se-

leksi wawancara, tetapi orientasi lebih difokuskan pada apakah calon karyawan berkarakter atau tidak, sebab tidak sedikit calon karyawan memiliki IP tinggi, tetapi mereka kurang siap "melakoni" budaya pekerja dan budaya kerja (Kompas, 2007).

Karakteristik sumber daya manusia di atas, merupakan prasyarat bagi keunggulan dalam melakukan sinergi pemanfaatan dan pengembangan teknologi baru yang bersifat *emulasi*. Dengan kata lain, kemampuan sumberdaya manusia yang akan eksis dan selalu menguasai dunia dalam pengembangan dan pemanfaatan teknologi adalah kemampuan *emulasi*. Kemampuan ini merupakan representasi dari keunggulan dalam melakukan sinergi tiga komponen utama teknologi itu sendiri, yaitu sumber daya manusia sebagai *human embodied technology*, peralatan dan pemrosesan sebagai *capital embodied technology*, dan peningkatan organisasi kelembagaan teknologi sebagai *technology disembodiment* (Pamungkas, 1993). Kemampuan emulasi oleh Widodo (2000), dalam pengembangan dan keunggulan teknologi merupakan sinergi dari empat komponen utama teknologi, yaitu *humanware* (perangkat sumberdaya manusia), *infoware* (perangkat informasi), *organo-ware*, (perangkat kelembagaan) dan *technoware* (perangkat teknologi). Dari komponen keunggulan teknologi sebagai representasi kemampuan emulasi ini peran sumberdaya manusia paling dominan. Hal ini disebabkan oleh keberadaan dan keunggulan beberapa komponen yang lain (perangkat teknologi, informasi, dan organisasi kelembagaan) merupakan bentuk konkret hasil rekayasa manusia yang menghasilkan produk teknologi yang "high quality, low-cost, low-risk, high competitive" (Mukhadis, 1997).

TEACHING INDUSTRIES SEBAGAI WAHANA PENGEMBANGN KEMAMPUAN EMULASI DALAM PEMBELAJARAN BIDANG TEKNOLOGI

Secara umum, Bunk (1994), menyarankan orientasi pembelajaran bidang teknologi berikut ini. *Pertama*, menekankan pada aspek pengembangan personalitas pebelajar yang meliputi dimensi *self-determination* atau autonomi, dimensi tanggungjawab atau etos kerja, dan dimensi *cooperation* atau partisipasi. *Kedua*, berorientasi pada aspek perubahan tingkah laku yang meliputi dimensi intelektual atau kognitif, dimensi motorik atau keterampilan, dan dimensi tanggungjawab atau afektif. *Ketiga*, orientasi pada aspek pencapaian kualifikasi yang meliputi dimensi penguasaan kemampuan metodikal (*the ability to work methodically*), dimensi kemampuan mempertimbangkan kesesuaian perilaku sosial (etika) yang erat dengan manfaat dan pengembangan teknologi di masyarakat (*the ability to get along with people*), dan dimensi kemampuan untuk bekerjasama dengan komponen sistem yang lain dalam pemanfaatan dan pengembangan teknologi (*the ability to cooperation*).

Upaya pengembangan pembelajaran teknologi akan bermakna (khususnya di perguruan tinggi), apabila pelaksanaannya lebih berorientasi pada tumbuh-kembangnya hal-hal berikut. *Pertama*, pengembangan wawasan dan kesadaran akan ritme dalam kehidupan sehari-hari atau dalam kehidupan global yang bermuara pada pendekatan pebelajar yang tanggap dan siap tangkas terhadap ritme perubahan yang serba nisbi. *Kedua*, pengembangan kemampuan untuk mengantisipasi, mengidentifikasi dan menyikapi terhadap kecenderungan perubahan sains dan teknologi serta kecenderungan keunggulan kompetitif dalam 'entrepreneurship atau bisnis' teknologi dan informasi/pengetahuan. *Ketiga*, pengembangan pengetahuan dan keterampilan dasar

dalam bidang teknologi melalui pelibatan langsung pada dunia kerja atau industri, dan lembaga penelitian yang ada di masyarakat, baik yang berstatus negeri maupun swasta. *Keempat*, pengembangan pola pembelajaran yang hanya menekankan pada menghafal ke pola pembelajaran yang berorientasi ke pengembangan belajar berpikir. *Kelima*, pengembangan pola pembelajaran yang lebih bersifat instruktif ke pola pembelajaran yang lebih menekankan pada pengembangan kemampuan dialogis.

Penekanan orientasi pengembangan pembelajaran di atas, merupakan *ideational scaffolding* dalam membangun interaksi antara dunia pendidikan dan dunia kerja (masyarakat) secara efektif. Sinergi dan interaksi ini dapat memperkecil jarak atau dinding pendidikan teknologi di perguruan tinggi dengan dunia kerja. Yang pada akhirnya, dapat digunakan sebagai jembatan ke arah pelaksanaan *teaching industries* yang memiliki fungsi sejajar dengan pelaksanaan *teaching hospital* pada pembelajaran bidang kedokteran, *teaching restaurant* pada bidang teknologi tata boga, atau *teaching school* pada pembelajaran bidang kependidikan selama ini. Dengan pembelajaran *teaching industries* ini berpotensi mengembangkan kemampuan penguasaan dan menghasilkan teknologi baru, kemampuan manajerial, dan kemampuan entrepreneurial dalam diri mahasiswa (Sukardi, 2006). Di samping itu potensi *teaching industries* dapat membangun sikap jujur, sopan, disiplin, kerja tim, efisiensi, efektif, mandiri, berpikir positif, inovatif, adaptif, belajar mandiri, sikap ilmiah, dan sikap profesional (Nataamijaya, 2004). Dengan kata lain, *teaching industries* selain dapat memfasilitasi pengembangan penguasaan teknologi (*hard skills*), juga pengembangan *soft-skills*, *analytical* dan *problem-solving skills*, pengembangan karakter yang kuat, dan akomodatif terhadap perubahan dengan tanpa kehilangan jati diri.

Hal ini tampak pada pembelajaran yang berorientasi pada pengembangan *generic skills* yang dibutuhkan dunia kerja dan *soft-skills* melalui kegiatan projek mini di kampus, pengalaman bekerja, dan pengalaman praktik lapangan. Pembelajaran *teaching industries* dapat dipilah berdasarkan jenis kegiatan, lokasi, bentuk kegiatan, dan sifat kegiatan (Ruhland, 2001). Jenis kegiatan dalam *teaching industries* mencakup keempat kegiatan yang dapat memfasilitasi tumbuhnya kemampuan emulasi, yaitu *knowledge transfer*, *knowledge validation*, *knowledge digestion*, *skill development*, dan *Managerial and entrepreneurial development*. Lokasi kegiatan pembelajaran dapat berlangsung di kelas, di laboratorium, di perpustakaan, di rumah, di masyarakat, dan di industri yang relevan. Bentuk kegiatannya dapat berupa perkuliahan, praktik di laboratorium, belajar mandiri atau kelompok dan tutorial oleh praktisi dan ahli di bidangnya, kerja produksi di bengkel, di latar kampus atau latar industri langsung. Sedangkan sifat kegiatannya dapat berupa tatap muka, terstruktur, mandiri/kelompok, terbimbing, proyek mini rekayasa dan budidaya baik di sekolah, di kampus, di masyarakat maupun di industri.

Teaching industries berupaya memadukan antara citra manusia rasional (cara berpikir barat) dan citra manusia kreatif (cara berpikir timur). Perpaduan kedua falsafah ini yang oleh Tabrani (2007) disebut sebagai *Limas Citra Manusia*. Limas Citra Manusia ini menjadi ciri khas setiap individu yang belajar teknologi, yang keberadaannya akan berbeda antara individu yang satu dengan yang lain. Kemampuan emulasi yang digambarkan dengan Limas Citra Manusia ini terdiri atas (1) kemampuan berpikir primeir, (2) kemampuan berpikir sekundeir, dan (3) kemampuan tertieir. Kemampuan berpikir primeir yang meliputi kemampuan fisik, kemampuan kreatif,

dan kemampuan rasio sebagai rusuk tegak dari limas citra. Dalam konteks ini rasio lebih menjadi milik dari kesadaran; kreativitas lebih menjadi milik dari penghayatan, ambang sadar dan tidak sadar; sedangkan kemampuan fisik lebih menjadi milik dari ketiganya yaitu alam sadar, ambang sadar, dan alam tidak sadar. Kemampuan berpikir sekundeir meliputi daya imajinasi, perasaan, dan gerak yang berperan sebagai rusuk alas dari limas citra. Kemampuan ini lebih menjadi milik ambang sadar, tetapi kadang manifestasinya mendekati kesadaran saat terungkap keluar. Kemampuan tertier meliputi dorongan (motif) berbuat sampai visi sebagai garis-garis di dalam limas citra dari alas menuju puncak limas. Kemampuan ini walaupun berada di alam tak sadar, bisa mendekati ambang sadar.

Unsur imajinasi merupakan anggota *triple* dari kreatif, rasio, dan imajinasi; perasaan sebagai anggota *triple* dari kreatif, fisik, dan perasaan; gerak (dalam dan luar) sebagai anggota *triple* dari unsur fisik, rasio dan gerak; alas limas citra merupakan *triple* dari unsur imajinasi, perasaan dan gerak. Setiap rusuk limas citra mempunyai sifat yang unik, tetapi perpaduan semua rusuk dari limas citra itulah yang disebut sebagai *Limas Citra Manusia*. Dari perspektif ini kemampuan emulasi individu dalam bidang teknologi merupakan hasil kerja semua rusuk, bukan hanya beberapa rusuk limas citra. Hubungan ketiga unsur proses penstrukturan kemampuan emulasi pada struktur kognitif individu disajikan dalam bentuk limas citra pada Gambar 1.

Kemampuan emulatif dalam bidang teknologi secara teoretik dalam penstrukturan kognitif menurut model ini merupakan hasil kerja rasio, kerja kreatif, dan kerja imajinasi. Namun secara alamiah dalam kemampuan emulatif terlibat pula unsur perasaan, fisik, dan gerak. Mengacu pada Gambar 1, representasi kemam-

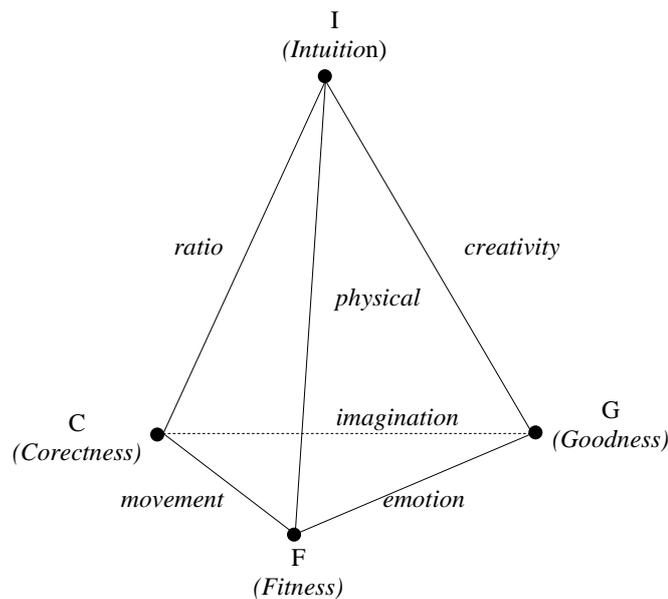
puan emulatif dalam struktur kognitif dapat dijelaskan sebagai berikut. *Pertama* sudut C (*correctness*) Limas Citra Manusia, yaitu merupakan pertemuan antara unsur rasio, imajinasi, dan gerak, tetapi di sini unsur rasio lebih dominan keberadaannya. Representasi keadaan ini dalam mengembangkan kemampuan berpikir lebih lebih berorientasi pada adanya tuntutan satu alternatif jawaban yang benar. Secara umum prinsip pelaksanaan dan pengembangan sistem pendidikan/pembelajaran kita saat ini mulai dari sekolah dasar sampai perguruan tinggi lebih mementingkan representasi cara berpikir ini dengan lebih berorientasi pada hemisfer kiri otak kita (William, 1983) dan lebih cenderung menggunakan bahasa kata (bentuk verbal). Implikasi dari prinsip sistem ini upaya pengembangan potensi otak pebelajar tidak menjadi optimal, karena rusuk-rusuk limas citra yang lain (emosi, fisik, dan kreativitas) kurang difasilitasi untuk berkembang. Fenomena pembelajaran yang dekat dengan prinsip ini, khususnya tampak dalam pembelajaran sains. Dimana, dalam pembelajaran ini tagihan akhirnya lebih berorientasi pada pengembangan jawaban satu yang paling benar.

Kedua sudut G (*goodness*) Limas Citra Manusia, yaitu merupakan pertemuan antara unsur kreatif, unsur imajinasi dan unsur perasaan, tetapi unsur kreatif di sini lebih dominan peran dan keberadaannya. Representasi keadaan ini dalam mengembangkan kemampuan berpikir lebih lebih berorientasi pada ditemukannya jawaban yang sama baiknya (*goodness*), tidak mengharuskan adanya satu jawaban yang benar. Peristiwa proses penstrukturan kognitif ini lebih cenderung berorientasi pada hemisfer otak kanan kita, dan lebih cenderung menggunakan bahasa rupa. Implikasi dari prinsip sistem ini upaya pengembangan potensi otak pebelajar juga tidak menjadi optimal, karena rusuk-rusuk limas citra yang lain

(rasio, gerak, dan fisik) kurang difasilitasi untuk berkembang. Fenomena pembelajaran yang dekat dengan prinsip ini, khususnya tampak dalam pembelajaran seni. Namun dalam perkembangannya sekarang pendidikan di bidang sains dan teknologi juga memerlukan acuan pengembangan sudut G (*goodness*) dan F (*fitness*) dari limas citra.

dan keserasian unjuk kerja fisik, dan gerak yang difasilitasi oleh perasaan.

Keempat sudut I (*intuition*) Limas Citra Manusia, yaitu merupakan titik puncak dari limas citra yang menjadi titik temu dari muara sudut *goodness*, sudut *correctness*, dan sudut *fitness* dengan unsur-unsurnya (rasio, kreativitas, fisik, gerak, perasaan dan imajinasi). Peran dan



Gambar 1. Limas Citra Manusia sebagai Model Pengembangan Potensi Individu dalam Pembelajaran (Sumber: Tabrani, 2007)

Ketiga sudut F (*fitness*) Limas Citra Manusia, yaitu merupakan pertemuan antara unsur fisik, unsur perasaan dan unsur gerak, tetapi unsur fisik di sini lebih dominan peran dan keberadaannya. Representasi keadaan ini dalam mengembangkan kemampuan berpikir cenderung lebih berorientasi pada tolok ukur dari sisi "*pas dan keserasian*" dalam melakukan pekerjaan atau unjuk kerja yang dikembangkan. Prinsip pendidikan/pembelajaran yang menganut sistem ini adalah pembelajaran dalam bidang desain, bidang kriya, bidang kerajinan tangan, bidang tari, dan bidang olah raga. Bidang-bidang tersebut dalam pengembangannya bila dilihat dari struktur kognitif merupakan representasi integrasi antara ketepatan

keberadaannya intuisi ini merupakan (1) peleburan antara alam sadar, alam ambang sadar, dan alam tidak sadar (yang meliputi seluruh susunan syaraf) ke dalam kemampuan penghayatan dan lebih banyak bekerja dengan praimajinasi (peleburan imajinasi konkret (bahasa rupa) dan abstrak (bahasa kata)), (2) representasi kemampuan berpikir holistik dan memudahkan pengembangan kemampuan berpikir sudut limas citra yang lain yaitu sudut G (*goodness*), sudut F (*fitness*), dan sudut C (*correctness*), dan (3) kecenderungan representasinya lebih dekat pada bidang yang terkait dengan agama, moral, budipekerti, dan falsafah.

Bilamana pembelajaran bidang teknologi bisa memfasilitasi pengembangan

kemampuan emulasi, maka sudut *correctness* (C), sudut *goodness* (G), dan sudut *fitness* (F) akan berkembang secara bertahap dan mengikuti bentuk spiral ke arah sudut *intuition* (I) sebagai puncak limas citra dengan melalui rusuk fisik, kreatif, dan rasio. Tingkatan pengembangan berpikir pada sudut (I) limas citra ini memungkinkan terbentuknya kemampuan untuk mengidentifikasi, menetapkan dan merumuskan masalah, serta mencari alternatif pemecahannya secara komprehensif dan menyeluruh beserta kemungkinan dampak negatif yang ditimbulkan, yang biasa disebut kemampuan emulasi teknologi. Pembelajaran dalam bidang teknologi pada hakikatnya berupaya memfasilitasi tumbuhkembangnya kesemua rusuk limas citra sebagai representasi kerja otak manusia, sehingga membentuk suatu Limas Citra Manusia yang meliputi otak untuk tahu/pengetahuan, badan untuk mampu/keterampilan, hati untuk mau/bersikap secara optimal pada setiap individu dengan tetap memegang teguh jati dirinya.

Pelaksanaan pembelajaran bidang teknologi yang berorientasi pada pengembangan kemampuan emulasi yang perubahan struktur kognitifnya digambarkan melalui Limas Citra Manusia di atas, dapat difasilitasi dengan menerapkan *teaching industries* sebagai alternatif. Alternatif pembelajaran *teaching industries* sebagai wahana pengembangan kemampuan emulasi dalam bidang teknologi di perguruan tinggi tampaknya perlu segera dirintis, dikembangkan dan dibudidayakan. Potensi dari strategi pembelajaran ini (*jenis kegiatan, lokasi kegiatan, bentuk kegiatan, dan sifat kegiatan*), bila dikaitkan dengan proses penstrukturan kognitif (*limas citra manusia*) dalam upaya pengembangan kemampuan emulasi dalam bidang teknologi yang dipersyaratkan bagi sumberdaya manusia pada era pengetahuan ini sangat strategis. Potensi-potensi yang dimaksud antara lain

dapat diperikan berikut. *Pertama*, dimungkinkan pembelajaran dapat memfasilitasi pengembangan kemampuan yang menghasilkan teknologi baru dalam pemecahan masalah dalam kehidupan sehari-hari yang memiliki nilai kompetitif yang tinggi, pengembangan kemampuan manajerial yang memadai, dan pengembangan kemampuan *entrepreneurial* yang tangguh, peka, dan mampu bersaing dalam kerjasama, dan mampu bekerjasama dalam persaingan. Representasi dari kemampuan ini dapat dilihat dari kepemilikan karakter yang kuat, penguasaan teknologi (*hard skills*), penguasaan ethos kerja, komunikasi, manajemen waktu, adaptasi, mengelola diri, dan sikap interpersonal (*soft skills*), dan terbuka terhadap perubahan dengan tetap teguh jati diri.

Kedua, dimungkinkan dalam pembelajaran membentuk kelompok-kelompok kecil (mahasiswa) untuk melakukan rekayasa dan rancang bangun, terutama pada bidang elektronika, mesin produksi dan mesin otomotif, tata busana dan tata boga untuk kelompok mahasiswa teknologi. Kegiatan lain yang serupa untuk kelompok mahasiswa teknologi pertanian dengan melakukan budidaya pada bidang buah-buahan, berbagai macam bunga dan sayuran. Muara kegiatan ini dapat digunakan sebagai sarana untuk mengembangkan *kemampuan intuisi bisnis, kemampuan melihat kecenderungan masa depan, kecermatan perencanaan dan efisiensi implimentasi* dari suatu rancang bangun dan budidaya.

Ketiga, dimungkinkannya fungsi latar kampus dimana pembelajaran dikembangkan sebagai sarana “*pasar lelang*” terhadap hasil proyek mini rekayasa dan budidaya sebagai representasi akumulasi kemampuan intuisi dari puncak limas citra manusia bagi kelompok mahasiswa dengan melibatkan masyarakat sekitar. Melalui kegiatan ini juga dapat dilakukan pemilihan terhadap hasil proyek mini rekayasa dan budidaya yang terbaik dari

kelompok mahasiswa. Hal ini dapat mendorong dan menumbuhkembangkan budaya kompetitif dan budaya eksekusi.

Keempat, adanya kemungkinan sistem penilaian terhadap hasil belajar mahasiswa yang lebih otentik dan jelas tolok ukurnya. Sebab, penilaian hasil belajar mahasiswa lebih berdasarkan pada (1) ketajaman intuisi dalam melihat kecenderungan masa depan, tingkat kecermatan perencanaan dan efisiensi pelaksanaan “*proyek mini rekayasa dan budidaya*” yang dipilih oleh mahasiswa, dan (2) pelibatan masyarakat luas melalui produk “*proyek mini rekayasa dan budidaya*” yang di lelang kepada masyarakat luas. Dalam konteks ini kemampuan mahasiswa dalam mensinergikan antara penguasaan teknologi, sikap *entrepreneur*, dan kemampuan manajerial berpotensi memfasilitasi kemampuan *technopreneurship* (Bawono, 2006).

Kelima, dimungkinkan muncul berbagai tawaran kerjasama dengan perusahaan negeri dan swasta atau kelompok bisnis lain yang tertarik untuk menindaklanjuti dan mengembangkan beberapa produk dari *proyek mini rekayasa dan budidaya* yang memang berpotensi memiliki nilai kompetitif tinggi. Proyek mini rekayasa dan budidaya ini sebagai representasi integrasi unsur *techware*, *humanware*, *infoware*, dan *organoware* dalam membangun kemampuan emulasi dalam bidang teknologi.

Keenam, dimungkinkan terlaksananya pembelajaran sains yang mengacu pada teknologi dan masyarakat, dan pembelajaran teknologi yang berbasis sains dan masyarakat. Di samping itu, memperbesar kemungkinan terjadinya sinergi antara sains, teknologi, seni dan masyarakat yang mengarah pada penciptaan dan pengembangan pola pikir, kreativitas, dan inovasi teknologi baru. Keadaan ini potensial untuk menciptakan suatu loncatan dalam pemanfaatan dan pengembangan teknologi yang berbasis

pada keunggulan kompetitif dan etika teknologi.

Ketujuh, dimungkinkan menghasilkan lulusan yang berwatak berani mengambil resiko, selalu berinovasi, berorientasi pada perubahan, dan memiliki sikap persistensi. Keberanian mengambil resiko adalah sebagai representasi keberanian (*courage*), dalam pengambilan keputusan (*decision making*), sebagai *a leader job*. Sikap selalu berinovasi adalah selalu berpikir untuk mendapatkan ide-ide baru, yang dapat menjadi produk nyata yang dapat menguntungkan, sebagai representasi kreativitas dan kemampuan emulasi. Sikap berorientasi pada perubahan yaitu adanya persepsi bahwa perubahan sebagai sesuatu yang abadi dan perubahan sebagai hukum kehidupan (*law of life*), yang dijadikan sebagai *mind set* dalam pembuatan proyek mini rekayasa dan budidaya yang dijiwai oleh prinsip “*do something different, if you want a different result*” yang dilengkapi dengan kemampuan dalam mengelola perubahan itu sendiri. Sikap persistensi yaitu kesiapan untuk belajar dari kesalahan dan kegagalan yang dialami sebagai unsur utama dalam mencapai keunggulan kompetisi yang dilandasi perilaku yang tangguh, kokoh, ulet, tekun, gigih, dan memiliki daya enduransi yang tinggi.

Kedelapan, dimungkinkan menghasilkan calon pemimpin cendekia yang profesional, baik sebagai tenaga kerja pada bidang keahliannya, maupun kemampuan untuk melihat kesempatan dan menciptakan lapangan kerja baru. Dengan kata lain, orientasi pembelajaran teknologi yang mengarah pada *teaching industries* berpeluang besar untuk menghasilkan sumberdaya manusia yang memiliki kemampuan *sense of quality*, *sense of industry*, *sense of economy*, *sense of competitiveness*, dan *sense of business serta sense of society* yang tinggi. Yang berarti dapat memfasilitasi lulusan menjadi pencipta lapangan kerja (*job creator*)

yang profesional, pencari kerja (*job seeker*) yang berdaya saing, dan memiliki *high degree pursuer* yang unggul.

PENUTUP

Pertama, upaya manusia dalam memanfaatkan dan mengembangkan teknologi sebagai wujud *capital embodied technology* dalam kehidupan ini merupakan suatu mata rantai dan siklus terbuka yang memiliki tiga komponen utama. Ketiga komponen utama itu, adalah *pemanfaatan teknologi sebagai sarana pemecahan masalah yang dihadapi, mengidentifikasi dan menetapkan masalah baru yang muncul sebagai akibat pemanfaatan teknologi, dan mengembangkan teknologi baru* sebagai alternatif pemecahan masalah baru. Ritme ini merupakan inti dari sifat hukum dialektika teknologi.

Kedua, karakteristik utama dari ritme dialektika teknologi dalam berbagai tingkat peradaban teknologi adalah adanya keabadian perubahan itu sendiri, yang semakin lama semakin cepat melaju selaras dengan perjalanan waktu. Perubahan sebagai hukum dalam kehidupan teknologi dan sekali gus sebagai *mind set entrepreneur* yang dijadikan acuan dalam pengembangan kemampuan emulasi dalam bidang teknologi. Dalam konteks ini, keunggulan suatu bangsa atas bangsa lain dalam menciptakan teknologi sebagai sarana pemecahan masalah kehidupan lebih terletak pada *ketepatan dan kecepatan memanfaatkan dan mengantisipasi kecenderungan sinergi dari resultanta siklus* perubahan sebagai wujud pengembangan teknologi yang lebih baru.

Ketiga, keunggulan dalam mensintesis ritme dialektika teknologi dalam pemecahan masalah yang dihadapi suatu bangsa bergantung pada keunggulan komparatif sumberdaya manusia sebagai *human embodied technology*. Karakteristik sumberdaya manusia ini antara lain memiliki: kemampuan emulasi yang

tinggi, yang dibangun berdasarkan pada kemampuan berpikir kritis, keterampilan mencari informasi, kemampuan berpikir global, kemampuan penguasaan teknologi, kemampuan manajerial, sikap *entrepreneurship*, kepekaan/kepedulian, kemandirian dan tanggung jawab, sikap terbuka terhadap perubahan, dan budaya kerja yang tinggi. Berdasarkan pada tolok ukur ini, saat ini bangsa Indonesia masih harus bekerja keras, terutama dalam meningkatkan kualitas dan relevansi layanan dan hasil pendidikan/pembelajaran dalam bidang teknologi (di pendidikan tinggi) sebagai wujud dari komponen *technology disembodiment* yang dapat memfasilitasi terjadinya sinergi yang sistematis, harmonis, serasi, efektif, efisien, dan menarik antara unsur pengembangan *technoware, infoware, humanware, dan organoware*.

Keempat, bentuk konkrit dari pengembangan pendidikan/pembelajaran dalam bidang teknologi (di perguruan tinggi) sebagai wujud dari *technology disembodiment* yang mengacu pada tuntutan karakteristik sumberdaya manusia yang memiliki keunggulan kompetitif di atas, salah satunya adalah melalui pengembangan *teaching industries*. Orientasi pengembangan pembelajaran ini memungkinkan terjadinya sinergistik antara *knowledge transfe, knowledge validation, knowledge digestion, skill development, dan managerial and entrepreneurship developments* yang berlangsung pada lokasi kegiatan, bentuk kegiatan, dan sifat kegiatan yang bervariasi sebagai wujud inti dari *teaching industries* yaitu proyek mini rekayasa dan budidaya dalam bidang teknologi yang relevan.

Kelima, Sosok *teaching industries* dalam pembelajaran bidang teknologi di perguruan tinggi bercirikan: lebih berorientasi pada proses daripada isi ajaran; mahasiswa sebagai subjek belajar dan lebih berfungsi sebagai generator; dosen sebagai fasilitator; kesalahan berbuat dalam konteks belajar oleh mahasiswa

lebih dipersepsi sebagai alat belajar (*learning tools*); penekanan pembelajaran lebih ke arah berbuat (*doing*); kelas yang fleksibel (di kelas, laboratorium, bengkel, studio, lapangan, industri, dan latar kampus); metode pembelajaran, lebih mengarah pada terpadunya penguasaan teknologi, kemampuan manajerial, dan *entrepreneurship*; hasil lebih mengarah pada sarjana yang memiliki kompetensi *technopreneurship* yaitu yang mampu berperan sebagai *job creator* yang profesional, *job seeker* yang berdaya saing tinggi, dan *high degree pursuer* yang unggul.

DAFTAR RUJUKAN

- Alisyahbana, I. 1989. *Suatu Antisipasi dan Partisipasi Baru Bagi Perguruan Tinggi*. Makalah disampaikan dalam Temu Karya Nasional Teknologi Pendidikan, Universitas Terbuka, Jakarta, 9–15 Februari.
- Breadberry, T. & Greaves, J. *Menerapkan EQ di Tempat Kerja dan Ruang Keluarga*. Terjemahan oleh Yusuf Anas, 2007. Yogyakarta: Penerbit Think.
- Bunk, G.P. 1994. *Occupational Education*. *Education*, 49(50): 90–111.
- Dawkins, R. 1976. *The Selfish Gene*, New York: Oxford University Press.
- Ditjen Dikti. 2004. *Strategi dan Kebijakan Pengembangan Pendidikan Tinggi 2003—2010: Informasi bagi Pengambil Kebijakan*. Jakarta: Ditjen Dikti Depdinas.
- Djojonegoro, W. 1996. Sambutan Menteri Pendidikan dan Kebudayaan pidato Penutupan Rapat Koordinasi Nasional Ristek XIV. Serpong, 14 Agustus.
- Djojonegoro, W. 1994. *Kebijakan dan Program Pengembangan Pendidikan Kejuruan di Indonesia*. Makalah disampaikan dalam Seminar Nasional dan Temukarya VII Forum Komunikasi FPTK se-Indonesia, IKIP Surabaya. Surabaya, 28 November.
- Drexler, E. 1986. *Engines of Creation: Challenges and Choices of the Last Technological Revolution*. New Jersey: Anchor Press.
- Hadiwaratama, 2007. *Tantantangan Kurikulum Masa Depan*. Makalah disajikan pada Seminar Nasional Pengembangan Kurikulum Masa Depan. Pusat Kurikulum Balitbang Depdiknas, Cisarua Bogor, 13–15 Maret.
- Handy, N. 1990. *The Age of Unreason*. Boston Massachusetts: Harvard Business School Press.
- Joni, T.R. 2005. *Pembelajaran yang Mendidik: Artikulasi Konseptual, Terapan Kontekstual dan Verifikasi Empirik*. Makalah Kuliah Umum di PPS UM, 28 Mei.
- Kauffman, D.L. 1984. *Futurism and Future Studies*. Washington, D.C: National Educational Association Publication.
- Kompas, 2007. 2 Maret. *Harus Mendengar Keinginan Pasar*. *Kompas*, Edi. Khusus Pendidikan. Halaman J, kolom 1–5.
- Kotrlik, J.W.; Harrison, B.C.; & Redmann, D.H., 2000. A Comparison of Information Technology Training Sources, Value, Knowledge, Skills for Louisiana's Secondary Vocational Teachers. *Journal of Vocational Education Research*. Volume 25, (4): 15–31.
- Mangunwijaya, 1989. *Pendidikan Menjelang Tahun 2000*. *Kompas*, hal. 3 & 6.
- Mukhadis, A. 1997. *Fenomena Dialektika Sains dan Teknologi: Implikasi Terhadap perluasan Mandat dan Orientasi pengajaran*. Naskah Pidato Ilmiah Dies Natalis ke-43, IKIP MALANG, 17 Oktober.
- Munawar, H. B., Soemarto, dan Barliana. 2002. *Pemberdayaan Kelembagaan Fakultas Pendidikan Teknologi dan Kejuruan*. Makalah Seminar Nasional Pendidikan Kejuruan 2002 dan Temukarya XII, Forum Komunikasi FT/FPTK-JPTK di UNS Surakarta 13-16 Februari.
- Nadler, G. & Hibino, s. 1994. *Breakthrough Thinking*. Rocklin CA: Prima Publishing.

- Nataamijaya, M.I. 2004. *Akreditasi Internasional Pendidikan Teknologi dan Kejuruan*. Makalah Konvensi Nasional Pendidikan Nasional Pendidikan Kejuruan II. Jakarta, 12 Februari.
- Oentoro, J. 2000. *Perbaikan Sistem Pendidikan untuk Menunjang Dunia Industri*. Makalah disajikan pada KONASPI IV, Hotel Indonesia Jakarta, 19–22 September.
- Ohmae, K. 1995. *The End of the Nation State: The Rise of Regional Economics*. New York: The Free Press.
- Pamungkas, S.B. 1993. *Membangun Sumberdaya Manusia dan IPTEK Menghadapi PJP II*, Makalah disajikan dalam Seminar Nasional Perkembangan Teknologi Ketenagakerjaan dan Arah Kebijakan Pendidikan Nasional pada PJP II, IKIP Yogyakarta. Yogyakarta, 11–12 Oktober.
- Pratedjo, S. 1982. Perkembangan IPTEK dalam kaitannya dengan Agama dan Kebudayaan. *Majalah Analisis Kebudayaan*. Th. II, (2):3–35.
- Ruhland, S.K. 2001. Factors that Influence the Turnover and Retention of Minnesota's Technical College Teachers. *Journal of Vocational Educational research*. Volume 26, (1): 1–15.
- Satari, G. 1993, *Keterkaitan Kebijakan IPTEK dengan Kebijakan Pendidikan pada PJP II*. Makalah disampaikan dalam Seminar Nasional Perkembangan Teknologi, Ketenagakerjaan dan Arah Kebijakan Pendidikan Nasional pada PJP II, IKIP Yogyakarta, Yogyakarta, 11–12 Oktober.
- Scanlon, R.G. 1974. *Policy and Planing for the Future*, in Rubin L. (Ed). *The Future Education: Perspective on Tomorrow's Schooling*. London: Allyn and Bacon, Inc.
- Schultz, D. 1977. *Growth Psychology: Models of the Health Personality*. New York: DVan Nastrand Company.
- Slamet. 1993. *Kemampuan Dasar Kerja Yang Dibutuhkan Pada PJP II*. Makalah disampaikan dalam Seminar Perkembangan Teknologi, Ketenagakerjaan dan Arah Kebijakan Pendidikan Nasional pada PJP II IKIP Yogyakarta. Yogyakarta, 11–12 Oktober.
- Soedjatmoko. 1984. *Dimensi-dimensi Manusia dalam Pembangunan: Karangan Pilihan*. Jakarta: LP3ES.
- Sukamto, 1988. *Perencanaan dan Pengembangan Kurikulum PTK*. Jakarta: P2LPTK Depdikbud.
- Sukardi. 2006. *Sistem Pendidikan Technopreneurship: Menjawab Kebutuhan Lulusan Akan Soft-skills*. Bahan Pelatihan dan Workshop Pengembangan soft-skills melalui Proses Pembelajaran, Bali 1–2 Desember.
- Tabrani, P. 2007. *Kurikulum Seni Budaya Masa Depan*. Makalah Seminar Nasional Kurikulum Masa Depan. Pusat Kurikulum Balitbang Depdiknas, Cisarua Bogor, 12–15 Maret.
- Toffler, A. 1980. *The Third Wave*. New York: William Marrow and Company.
- US Departement of Labor. 1991. *What Work Requires of Schools: A SCANS Report for America 2000*. Washington D.C: SCANS.
- Wibowo, B. 2002. *Optimalisasi Lembaga dan Unit-unit di Lingkungan Fakultas Teknik*. Makalah seminar Nasional Pendidikan Kejuruan 2002 dan Temu Karya XII Forum Komunikasi FT/FPTK-JPTK di UNS Surakarta 13–16 Februari
- Widodo, R.J., 2000. *Membangun Masyarakat Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Kendali di Indonesia*. Makalah disajikan pada KONASPI IV, Hotel Indonesia, Jakarta 19–22 September.
- Wijaya, R.A. 1991. *Membangun Manusia Tangguh Menghadapi Era Global*. Kumpulan Makalah. Semarang: Ikatan Sarjana Psikologi Indonesia.
- William, L.V. 1983. *Teaching for Two Side Mind*. Engewood Cliff, New Jersey: Prentice Hall.

