

Alih Teknologi dalam Pembangunan Nasional

Sebuah catatan pribadi, rekaman pengetahuan dan pengalaman penulis selama bekerja di industri dan universitas. Tidak dimaksud sebagai tulisan ilmiah. Tidak pakai daftar acuan (references), ditulis berdasarkan ingatan saja.

Ditulis oleh

Hadi Winarto BE (USyd), M Eng SC, Ph D (UNSW), Senior MAIAA
Associate Professor in Aerospace Engineering RMIT University

Melbourne , awal Musim Panas, Desember 2003.

1. Awal kata

Dalam memasuki Milenia ketiga baru2 ini, semua negara maju dan juga negara2 berkembang telah berikrar untuk menjadi bangsa yang ekonominya bertumpu pada pengetahuan atau knowledge based economy. Kalau sebelumnya ada banyak negara yang ber ekonomi kuat karena memiliki kekayaan alam, maka diabad ke 21 ini hanya negara2 yang menguasai ilmu pengetahuan dan teknologi terkini saja yang akan mampu bersaing di percaturan ekonomi internasional.

Sebagai contoh, pada awal abad ke 20 Australia adalah salah satu negara terkaya didunia, karena adanya tambang emas didaerah Victoria dan beberapa bagian Australia lainnya. Demikian juga di dekade 1950, 1960 dan 1970 Australia juga kaya raya karena memiliki sumberdaya alam seperti tambang batu bara, biji besi, aluminium, uranium dlsbnya dan juga karena hasil pertanian dan peternakannya berlimpah. Waktu itu kekayaan Australia dikatakan bertumpu pada punggung biri2 yang menghasilkan wool yang dibutuhkan pasaran dunia dan dapat dijual dengan harga mahal. Dengan ditemukannya bahan sintetis seperti nylon, tetoron dlsbnya maka di penghujung decade 1970 an popularitas wool mulai menurun, kalah bersaing melawan produk2 sintetis yang jauh lebih murah dan berkualitas cukup baik. Posisi Australia diantara negara2 kaya dengan demikian menurun sebagai akibatnya. Australia beruntung karena masih menghasilkan batu bara, biji besi, gandum, domba potong dlsbnya yang masih bisa diandalkan dan tetap dibutuhkan dunia. Namun demikian standar hidup di Australia tetap mengalami penurunan relatif terhadap negara lain yang lebih mengandalkan kemampuan otaknya seperti Jepang misalnya.

Belanda yang kita kenal sebagai negara maju itu juga bertumpu pada kekayaan alamnya, walaupun disertai keuletan dan kepintaran manusianya. Didekade 1990 an lebih dari 70 persen GDP (Gross Domestic Product atau Produksi Bruto dalam Negeri) Belanda itu dihasilkan oleh produk2 pertanian dan perkebunan termasuk bunga tulip yang terkenal itu. Industri teknologi tinggi terbesar Belanda waktu itu adalah industri pesawat terbang yaitu Fokker. Belanda tidak pernah punya industri otomotif. Sebagai negara kecil dengan jumlah penduduk sekitar 18 juta dan luas tanah yang seukuran Jawa Barat, Belanda harus memilih satu saja dari beberapa pilihan teknologi tinggi yang ada, bila ingin jadi yang berada dipapan atas dunia. Mereka memilih industri pesawat terbang karena Fokker memang sudah ada dari sejak awal, sekitar tahun 1920 an. Belanda memang punya industri elektronik seperti Philips dan pusat penelitian Shell berada di Belanda, tapi industri berteknologi tinggi kelas dunia yang benar2 berciri Belanda hanyalah Fokker. Setelah Fokker gulung tikar Belanda sudah tidak punya industri unggulan lagi, walaupun Belanda punya beberapa usaha

berbasis teknologi tinggi. Industri Belanda itu walaupun berteknologi tinggi tapi tidak berskala papan atas dunia. Saat ini nama Philips sudah kalah bila dibandingkan dengan Sony, Matsushita dll dari Jepang ataupun Samsung dari Korea. Walaupun Belanda masih punya Fokker yang bergerak dibidang Space, tapi ini tidak memberi kesan kehebatan seperti pesawat terbang Fokker seperti F27 dan F28 yang pernah menjadi "becak" nya industri penerbangan dunia untuk angkutan jarak dekat dan menengah. Tidakkah mengherankan kalau Belanda berusaha keras mendongkrak upaya penelitian dan pengembangan di universitas dan lembaga2 risetnya, supaya bisa menghasilkan teknologi baru yang dapat diandalkan untuk merajai dunia industri dimasa depan. Sebagai negara yang sebagian besar tanahnya direbut dari laut, dan dengan sendirinya lebih rendah dari permukaan laut, Belanda harus punya kemampuan teknologi untuk membuat bendungan pembatas laut berskala raksasa supaya kalau terjadi badai besar dan pasang air naik sebagian besar Belanda tidak terendam air laut. Dibidang ini Belanda boleh dikatakan nomer wahid dari segi penguasaan dan pengalaman teknologinya. Masalahnya adalah didunia ini tidak atau belum ada banyak negara yang membutuhkan teknologi tersebut, jadi ini bukanlah sesuatu yang bisa diekspor.

Sampai dekade 1980an dan bahkan awal 1990 an ekonomi Amerika Serikat pun masih bertumpu pada sektor kekayaan alam. Waktu berkunjung ke pabrik General Dynamics yang memproduksi F15 dan F16 di Fort Worth, Texas, pada tahun 1990, saya sempat ter heran2 dan tidak percaya waktu ber bincang2 dengan seorang ahli aerodinamika General Dynamics yang mengatakan bahwa 70 persen GDP Amerika Serikat itu berbasis hasil pertanian, peternakan dan kehutanan. Dia bilang bahwa hutan dan hasil pengolahan kayu dlsbnya itu adalah penghasil devisa terbesar AS waktu itu. Dia bilang bahwa menurut fakta yang ada sampai saat itu, sebenarnya AS adalah negara agraris berbasis kekayaan alam. Saya rasa sampai saat inipun pertanian, peternakan dan kehutanan masih merupakan bagian penting dari ekonomi AS, walaupun semakin tersisihkan oleh pendatang baru yaitu information technology dan banyak lagi iptek2 baru.

Memahami fakta2 diatas wajar kalau kita bertanya: kalau semua negara bertumpu pada sumberdaya alam sebagai penunjang standar hidupnya yang tinggi lalu mengapa Indonesia yang selalu digembar gemborkan sebagai kaya raya dari segi sumber daya alam dalam kenyataannya standar hidup penduduknya begitu rendahnya (sekitar US\$700 per tahun per orang dibanding AS yang 35 ribu, atau Jepang yang 33 ribu, atau Singapura yang 23 ribu, atau Australia yang 22 ribu, atau Korea yang 9 ribu, atau Malaysia yang hampir 4ribu ?). Jawab pendeknya adalah bahwa bangsa2 lain itu berpendidikan lebih tinggi, menguasai iptek dengan jauh lebih baik, punya sistem pemerintahan yang relatif mapan, hukum sudah ditegakkan, keadilan sudah dijalankan bukan hanya diseminarkan, pejabat dan penjahat dapat dengan mudah dibedakan dstnya. Kekayaan alam yang dimiliki atau dibeli itu diproses lebih lanjut menjadi produk yg bermanfaat dan dibutuhkan manusia diseluruh dunia dan bernilai tambah jauh lebih tinggi daripada nilainya sebagai bahan baku yang langsung diambil dari alam tanpa pengolahan. Sebagai contoh, orang rakus (penjahat dan pejabat) Indonesia menebang hutan seenak jidatnya karena ini mudah, tinggal beli chainsaw dan moral bejat, lalu kayu dan produk hutan lainnya seperti rotan dll, dijual dengan murah ke Singapura yang kemudian mengolahnya dan menjualnya lagi dengan harga seratus kali lipat (mungkin sebagian dijual balik ke Indonesia). Orang2 rakus itu jadi super kaya walau kayu dijual murah karena volume penjualan sangat besar dan modalnya

tidak besar, hanya sekedar uang suap dlsbnya. Karena volume kayu yg ditebang begitu besarnya maka hutan jadi gundul dan terjadilah tanah longsor dlsbnya yang menimbulkan kesengsaraan bagi rakyat banyak. Apakah orang2 rakus itu peduli? Karena tidak bermoral, jelas mereka tidak peduli dan satu2nya yg penting buat mereka adalah bahwa mereka kaya raya hidup berlimpah harta benda, walaupun diperoleh diatas bangkai2 busuk korban banjir dlsbnya.

Australia yang sangat gersang dan lebih sering berwarna coklat terbakar, bukan hijau subur, itu dengan kerja keras dan teknologi tinggi bisa menghasilkan wool dan daging domba, dan gandum yang biaya produksinya lebih kecil daripada hasil produksi yg sama di Indonesia. Di sisi lain penghasilan petani Australia bisa 100 kali lebih besar dari petani di Indonesia, karena produktivitasnya jauh lebih tinggi. Seorang petani gandum mungkin mengelola 100 hektare ladang yang diolah hanya oleh si petani plus istrinya plus 1 atau 2 orang anak atau buruhnya, Di Indonesia sawah kurang dari seperempat hektare harus digarap oleh penduduk satu kampung (30 orang?) kalau lagi musim tanam atau panen. Produktivitas sawah di Indonesia per hektare per tahun di Indonesia bisa jadi 2 atau 3 kali lebih tinggi dari di Australia, tapi produktivitas per orang per tahun nya sangat jauh lebih kecil. Inilah sebabnya seorang petani Australia bisa punya mobil bahkan pesawat kecil, sedangkan di Indonesia seorang petani belum tentu bisa makan 3 kali sehari sepanjang tahun. Petani Australi menggunakan mesin dan iptek pertanian terbaru, sedangkan petani Indonesia hanya bisa mengandalkan ototnya dan iptek pertanian yang ketinggalan jaman.

Kalau sekarang saja Indonesia sudah tertinggal jauh disaat ekonomi dunia masih berbasis kekayaan alam, nanti kalau ekonomi dunia berbasis knowledge atau pengetahuan, Indonesia lalu jadi bagaimana?

Iptek baru ini sedang berkembang, masih dalam tahap riset besar2an dan awal dari penerapan. Bidang2nya adalah NBIC yaitu Nanotechnology, Biotechnology, Infotechnology dan Cognotechnology. Kombinasi dari NBIC ini dapat diterapkan untuk membuat revolusi baru dalam iptek pertanian. Perusahaan raksasa seperti Monsanto melakukan riset dibidang GMO (Genetically Modified Organism) yang diterapkan untuk membuat Genetically Modified food, misalnya tomat dengan warna yang menarik, tahan hama, bisa dipanen lebih cepat. Bentuknya pun bisa diubah menjadi kubus supaya lebih mudah dalam pengepakan dlsbnya. Tentu saja ini akan meningkatkan produktivitas petani AS dan negara maju lainnya. Petani Indonesia sebaliknya akan lebih merosot standar hidupnya, karena jumlah penduduk yg meningkat membutuhkan rumah yang lebih banyak, jadi sebagian sawah yang produktif akan berganti menjadi real estat. Iptek yang dikuasai petani Indonesia mungkin ikut terseret meningkat, tapi tidak seberapa. Dia paling bisa beli benih GM food, yang tentu saja hanya bisa diproduksi oleh negara maju dan dijual ke Indonesia dengan harga mahal.

NBIC juga akan sangat berpengaruh terhadap kesehatan manusia yaitu dengan obat2an dan teknik pengobatan yang lebih canggih. Ini akan memperpanjang masa hidup manusia sampai 120 tahun nantinya. Bukan hanya panjang usia saja yang akan tercapai tetapi juga kualitas hidup. Mungkin di usia 100 tahun nanti orang masih bisa main tenis, dan usia 90 masih main sepak bola !!! Penyakit seperti koroner jantung, diabetes, kanker dll mungkin akan bisa diobati dengan sukses. Tapi untuk rakyat Indonesia yang tidak menguasai ipteknya, dan harus mengemis membeli dari negara maju, harga yang harus dibayar pasti mahal sekali. Kemajuan dibidang Aerospace mungkin akan membuat banyak pengantin baru dinegara maju berbulan madu benar2

makan roti pakai madu di hotel di bulan!!! Paling tidaknya bisa tinggal dihotel di semacam International Space Station dan mengagumi keagungan karya Allah SWT yaitu tak terhitung jumlah bintang dilangit dengan latar belakang space yang gelap gulita. Sementara itu dijalur Pantura pulau Jawa para PRT dari Jakarta yang mudik kekampung halaman masih akan terjebak kemacetan luar biasa di bus2 yang penuh sesak dan pengap dengan bau keringat campur kencing dan kepulan asap dari knalpot. Saya yakin Indonesia dimasa depan tidak akan menjadi lebih miskin dari sekarang. Akan ada peningkatan standar hidup. Tetapi kalau standar hidup orang Indonesia meningkat 2 kali lipat, sedangkan negara maju meningkat 20 kali lipat, ini kan berarti secara relatif Indonesia menjadi sepersepuluh lebih miskin lagi dibanding sekarang. Ya kan?

Kalau saat ini kita minum pil setiap hari untuk mengobati suatu penyakit tertentu, suatu hari nanti sebutir kapsul kecil akan ditanam didekat organ yang perlu disembuhkan. Kapsul kecil ini akan dibuat dari bahan semacam nano tube yang bisa diatur supaya mengalirkan bahan aktif obat setiap 4 jam atau sekali sehari sesuai kebutuhan, sehingga kita tidak perlu minum pil setiap hari. Cukup operasi kecil untuk meletakkan kapsul obat dekat organ, dan ini mungkin cukup untuk 1 tahun atau lebih. Untuk penderita kanker yang harus menjalani kemoterapi, kemajuan dunia medis dimasa depan berarti bahwa dia tidak perlu minum obat terus menerus yang ditelan dan berpengaruh keseluruh tubuh, dengan dampak samping mual, rambut rontok dll. Dia hanya perlu diberi kapsul lewat pembedahan seperti dijelaskan diatas. Obat akan lebih terlokalisir ditempat yang dibutuhkan dalam kuantitas yang tepat tidak jauh berlebihan, jadi dampak samping yang mungkin terjadi bisa dibuat minimal.

NBIC akan berdampak hebat disetiap relung kehidupan dimasa depan. Komputer pribadi akan jadi lebih murah, ber memori jauh lebih besar dan berkecepatan lebih tinggi. Dengan demikian kita akan bisa berlangganan nonton filem lewat internet. Akan ada pemberi jasa seperti kabel TV saat ini, tapi kita bisa milih nonton filem apa saja yang ada di data base (tentunya filem yang nantinya semua akan berbasis digital) kapan saja dan kita bayar si pemberi jasa sesuai banyaknya filem yang kita tonton dalam sebulan. Tentu saja kita tidak mau nonton filem di layar PC yang kecil. Nantinya TV dan monitor PC menjadi satu dan berlayar lebar serta tipis (flat digital high definition TV?) dan mungkin ditanam di kulkas didapur atau diberi bingkai supaya mirip lukisan diruang tamu dan dalam bentuk2 lainnya disemua ruangan rumah. Saat ini dibanyak rumah keluarga menengah atas AS, setiap penghuni rumah punya PC sendiri2 dan tersambung ke internet. Bapak, ibu plus 2 anak berarti 4 PC dan mungkin 4 TV dan 4 telpon disetiap rumah orang kaya. Di masa depan mungkin TV, radio, telpon, fax, PC dlsbnya mungkin akan digabung jadi satu alat multi guna, yang punya kemampuan melakukan hal2 lain seperti mengatur A/C pengatur temperatur ruangan dlsbnya. Kalau bagian penyimpan daging sebuah kulkas sudah mendekati kosong, kulkas itu akan mengirim email ke pasar swalayan terdekat untuk segera mengirim sekian kilogram daging jenis ini dan itu.

Prediksi tentang kehidupan masa depan (sesudah 2010 atau 2020?) bisa dibaca dibanyak majalah2 iptek dan tidak akan kita ulas lebih jauh disini. Tapi ada satu hal penting yang patut dicatat, yaitu bahwa dimasa depan ketergantungan kita pada sumberdaya alam akan berkurang. Pembangkitan tenaga listrik mungkin sudah tidak tergantung pada gas, minyak atau batu bara, tapi berbasis tenaga angin, tenaga nuklir yang fusion bukan fission, tenaga surya yang kolektor nya berada di orbit

mengelilingi bumi jadi bisa ribuan kilometer persegi luasnya tanpa mengurangi luas tanah di bumi, tenaga ombak, panas bumi dlsbnya.

Dengan demikian pencemaran udara bisa dikurangi secara besar2an. Tetapi Australia dan negara pengekspor batubara lainnya akan kehilangan sumber penghasilan ini. Mobil, bus dan truk akan digerakkan oleh motor listrik dan fuel cell. Kereta api akan berbasis MAGLEV yang mungkin memanfaatkan prinsip wing in ground effect, dengan rel khusus dan kereta melayang 1 cm di atasnya didukung oleh gaya angkat sayap dibagian bawah kereta. Pesawat terbang mungkin akan pakai mesin jet yang berbahan bakar hidrogen yg diproduksi lewat hidrolisis air atau teknologi hydrogen cracking dari sumber hidrokarbon lainnya.

Diskusi diatas menunjukkan bahwa bila iptek dikembangkan dan dimanfaatkan dengan se baik2nya demi kesejahteraan seluruh ummat manusia, maka masa depan kehidupan bisa jadi akan lebih baik dari sekarang. Tentu saja ada kemungkinan bahwa pengembangan iptek akan diselewengkan dan berakhir dengan kehancuran peradaban seluruh ummat manusia. Salah satu dampak sosial dari iptek terbaru adalah unculnya fenomena baru yang disebut "swarming". Sekelompok manusia yang belum pernah ketemu muka dapat membentuk kelompok kecil dengan tujuan tertentu, saling berkomunikasi lewat cell phone (ponsel) atau PDA (personal data assistant) yang hanya sebesar genggam tangan tapi bisa digunakan menerima dan mengirim email. Swarming adalah perilaku kebersamaan binatang seperti lebah atau semut yang mampu melakukan sesuatu secara bersama dengan hasil spektakuler bila dibanding dengan hasil kerja sendiri2, walaupun tidak ada satu pemimpin tertentu dan setiap anggota kelompok itu independen tidak lebih tinggi pangkat atau derajatnya dibanding yang lain. Walaupun demikian kerjasama dapat terjadi dengan mulus dan hasil yang sangat bagus. Salah satu contoh yang dapat dengan mudah diamati adalah bagaimana lebah itu secara bersama bisa membuat sarang lebah yang rumit dan diisi penuh dengan madu. Demikian juga semut2 itu bila salah satunya berhasil mendapatkan makanan maka kita segera melihat barisan semut hilir mudik bolak balik membentuk garis lurus paling pendek yang menghubungkan titik lokasi makanan dengan sarangnya. Kalaupun garis ini diganggu dengan membunuh sekelompok semut dan memotong garis, maka tak lama kemudian garis yang sama akan terbentuk lagi dan semut2 itu secara efisien bekerja sama membawa makanan ke sarang mereka. Di Australia dan banyak negara maju lainnya kegiatan social swarming ini menimbulkan fenomena ganjil yang menarik. Sebagai contoh baru2 ini seorang netter di Melbourne mengirim pesan internet ke beberapa kenalannya minta supaya mereka hadir di stasiun Flinders diselatan kota Melbourne pada jam 1 siang kurang 1 menit, kemudian pada jam 1 siang tepat kelompok tersebut secara serentak diminta melihat kearah langit diatas dan mengacungkan tangannya selama 2 menit, kemudian kelompok bubar. Pesan internet ini oleh si penerima diforwardkan ke kenal2 mereka. Pada hari tersebut jam 1 siang, orang2 Melbourne yang berada didaerah stasiun Flinders dikejutkan waktu melihat orang2 yang tadinya biasa2 saja seperti orang lain yang sibuk lalu lalang tiba2 semuanya mendongak melihat kelangit dan tangan menunjuk keatas se olah2 sedang mengamati sesuatu. Dua menit kemudian peristiwa ini selesai dan orang2 yang terlibat aksi swarming tadi membubarkan diri dan semua kembali normal tanpa ada bekas keanehan yang baru terjadi. Jadi swarming adalah kegiatan yang dilakukan oleh segerombolan mahluk untuk tujuan bersama dan dikoordinasikan bersama tanpa ada satu pemimpin yang jelas dan anggota gerombolan ini punya kebebasan untuk ikut atau tidak dalam kegiatan bersama, dan membuat keputusan untuk dirinya sendiri secara autonomous.

Swarming ini pertama kali dimanfaatkan oleh para demonstran yang menentang pertemuan WTO (world trade organization) di Montreal beberapa tahun lalu. Untuk membuat pusing polisi, pimpinan demonstrasi membuat rencana demonya secara dadakan, pada jam sekian menggerakkan demo dari jalan ini ke arah jalan itu, disesuaikan dengan situasi lapangan yang sedang terjadi. Karena para pendemo sendiri belum tahu rencana demonya maka polisi tidak bisa mengantisipasi dengan memblokir tempat2 tertentu misalnya. Pimpinan demo mengirim rencana terbarunya dengan menggunakan SMS dan email lewat PDA. Demo Montreal ini tidak bisa dikendalikan oleh yang berwenang dan tujuan pendemo untuk membuat kekacauan se besar2nya yang mencoreng nama baik WTO, dengan taktik swarming ternyata dapat tercapai dengan baik. Swarming ini juga mulai diterapkan dibidang manajemen bisnis dan militer. Kelompok teroris Al Qaeda berhasil mencapai tujuannya menghancurkan gedung WTC dan Pentagon lewat kerjasama swarming yang mampu mengkoordinasikan karya 4 kelompok independen terpisah yang tidak berhubungan satu sama lain. Ada banyak kegiatan terror lain yang menggunakan taktik swarming yang menjadi dimungkinkan dengan adanya ponsel, SMS dan PDA sehingga orang bisa berkomunikasi terus menerus walaupun berada dijalan, tidak terpaku dimeja dimana telpon dan PC mereka berada. Pihak militer AS juga sedang melakukan penelitian besar2an mempelajari bagaimana mereka bisa memanfaatkan swarming untuk mendukung upaya mereka memerangi teroris, karena perang saat ini adalah perang tak simetris dan musuh bukanlah pasukan dalam jumlah besar dengan persenjataan yang mudah diidentifikasi. Musuh tidak tampak dan tidak diketahui apa yang akan dilakukannya sampai sesaat sebelum serangan dilakukan. Salah satu penerapan swarming adalah dibidang micro air vehicle (MAV) yaitu pesawat2 intai kecil berukuran sekitar 15 cm yang berjumlah besar tapi dapat dikendalikan oleh 1 orang "pilot" saja. PesawatUCAV atau pesawat kombat tanpa awak, seperti Predator yang digunakan sebagai peluncur roket untuk menghancurkan mobil teroris Al Qaeda yang sedang melaju di gurun Yemen, itu walaupun tanpa awak tapi katanya butuh 50 orang untuk mengoperasikannya. Dengan konsep swarming diharapkan 1 orang pilot dapat mengendalikan 3 atau 4UCAV semacam Predator tapi yang sudah diberi otak (komputer dan software canggih) sehingga mampu beroperasi secara autonomus dan pilot hanya mengambil keputusan2 terakhir yang penting seperti meluncurkan roket untuk menghancurkan sasaran atau tidak.

Seperti dapat dilihat dalam diskusi diatas kemajuan iptek tidak saja berdampak pada orang per orang, tetapi juga pada kelompok manusia dan bagaimana organisasi sosial, bisnis atau militer akan beroperasi dimasa depan. Dapat dilihat juga bahwa dampak yang akan terjadi bisa positif tetapi juga bisa sangat negatif. Walaupun demikian kita tidak akan membahas lebih lanjut masalah apakah kemajuan iptek itu secara etis baik atau buruk. Ini bukan karena masalah ini kurang penting, justru sebaliknya karena masalah ini teramat sangat penting. Karena masalah ini begitu pentingnya maka lebih baik bila dibahas oleh orang lain yang lebih berkompeten dibidang sejarah, kebudayaan, etika dan moralita, atau paling tidaknya menjadi pokok bahasan bersama karena tidak ada satu manusia pun yang punya monopoli tentang kebenaran dan tahu secara mutlak apa itu yang baik dan apa itu yang buruk. Hal seperti ini biasanya tidak bisa digambarkan sebagai hitam atau putih, tetapi dengan sederet warna abu2 dari yang putih jernih sampai yang paling gelap kehitaman.

Saya hanya akan membuat anggapan bahwa kebaikan akan selalu menang melawan kejahatan dan masalah apapun yang timbul dalam pengembangan dan pemanfaatan

iptek pada akhirnya akan dapat diselesaikan dan peradaban manusia akan tetap selamat.

Dengan anggapan tersebut, boleh dikatakan bahwa negara2 maju yang ada sekarang akan menjadi lebih maju lagi dan pertanyaannya adalah apa yang harus dilakukan oleh bangsa Indonesia dan bangsa2 berkembang lainnya supaya tidak ketinggalan kereta dan bisa ikut menikmati perbaikan kehidupan sebagai hasil kemajuan iptek dimasa depan. Masalah2 yang berkaitan dengan pertanyaan tersebutlah yang menjadi pokok bahasan tulisan ini, dengan mempertimbangkan pengalaman hidup dan pengalaman kerja saya yang pada tahun 2003 ini berusia hampir 58 tahun.

Sebelum mencoba mencari jawabnya secara langsung, marilah kita pelajari dulu sejarah perkembangan iptek manusia secara keseluruhan. Setelah mempunyai gambaran yang agak jelas mengenai bagaimana iptek dimanfaatkan untuk meningkatkan kesejahteraan manusia dalam kerangka sejarah evolusi manusia, kemudian kita akan membahas bagaimana suatu bangsa berkembang dapat menyerap iptek bangsa maju. Dengan proses pemindahan kemampuan iptek tersebut pada akhirnya kesejahteraan seluruh umat manusia bisa ditingkatkan, walaupun harus melalui perjuangan keras dan ber sungguh2. Iptek tidak pernah diberikan begitu saja, baik secara cuma2 ataupun dibeli. Iptek bukan barang yang bisa dipegang dan dibeli seperti kita beli buku, tapi merupakan suatu kemampuan kolektif suatu bangsa, yang dapat diterapkan dalam pembuatan barang dan jasa yang dibutuhkan bangsa itu dalam upaya meningkatkan kesejahteraannya.

2. Sejarah Sains

Dari bukti2 yang terkumpul dan sudah diproses dan disaring bisa dikatakan bahwa manusia moderen (homo sapiens) itu sudah ada dan sudah punya peradaban sekitar 10 ribu tahun lalu. Kelihatannya peradaban muncul di paling tidaknya 2 tempat yaitu di Mesir dan di Cina. Daerah Timur Tengah disekitar Mesir disebut Mediterania yang artinya adalah pusat dunia atau bagian tengah dunia (medi berarti tengah dan terra berarti bumi). Tiongkok (sebutan lain untuk Cina) juga berarti kerajaan ditengah (middle kingdom) atau pusat bumi.

Belakangan ini ada semakin banyak penggalian arkeologi di Cina yang menemukan sisa2 peradaban dari ribuan tahun yang lalu. Tapi buku tentang Mesir kuno yang ditulis dalam bahasa Inggris ada jauh lebih banyak dan pengetahuan saya terbatas pada sedikit yang saya baca tentang peradaban Mesir kuno.

Manusia adalah hewan yang menggunakan alat dan otaknya, jauh diatas hewan2 lainnya. Pada awalnya manusia, seperti simpanse dan kera2 lainnya, berkumpul membentuk suatu gerombolan yang berburu ber sama2. Harimau, singa, serigala dan binatang buas lainnya punya gigi dan taring yang dapat digunakan untuk membunuh calon makanannya. Walaupun jenis kera juga punya taring, tetapi tidaklah terlalu efektif untuk membunuh, kecuali binatang2 kecil. Tapi gerombolan manusia mampu membunuh binatang2 besar termasuk kerbau liar, bison dlsbnya karena mampu menggunakan alat seperti tombak dan bekerjasama dengan manusia2 sesama anggota gerombolan. Jadi supaya sukses dalam proses evolusinya di alam yang ganas manusia harus menggunakan otaknya untuk membuat alat dan berkomunikasi. Kemampuan membuat alat dan berkomunikasi untuk menyelesaikan masalah apapun yang dihadapi bersama oleh "masyarakat" atau gerombolan manusia purba tersebut ternyata mampu menjamin sukses evolusi homo sapiens dan terus berkembang sampai sekarang. Bukti nyata dari peradaban kuno Mesir adalah Sphinx dan Piramida2 yang masih

berdiri sampai sekarang. Dengan menggunakan teknik Carbon dating (pengukuran usia sebuah benda peninggalan jaman purba dengan mengukur perbandingan berat karbon 12 dan isotopnya karbon 14 yang ada pada benda) usia dari piramida2 tersebut dapat diperkirakan dengan cukup akurat. Dari lukisan dan tulisan dalam huruf2 hieroglif yang ada diruang didalam piramida dan peninggalan2 bersejarah lainnya, sejarah peradaban Mesir kuno bisa dipelajari.

Peradaban hanya bisa muncul kalau masyarakat berjumlah cukup besar dan sumber makanannya terjamin, sehingga masyarakat punya keinginan dan waktu untuk membangun. Masyarakat pemburu akan selalu sibuk memikirkan atau merencanakan perburuannya, karena tanpa hasil perburuan mereka tidak akan makan dan mati. Ini berarti bahwa masyarakat yang punya peradaban adalah masyarakat yang lebih maju daripada masyarakat perburuan, yaitu masyarakat yang sudah menguasai teknologi bercocok tanam. Untuk melengkapi makanan hasil perburuan, anggota masyarakat mengumpulkan buah2an dan padi2an yang tumbuh liar dan lezat dimakan (paling tidaknya bisa dipakai ganjel perut dan tidak membuat sakit). Jadi pada awalnya kelompok manusia yang ada adalah masyarakat hunter gatherer atau pemburu dan pengumpul makanan (buah2an dlsbnya). Dengan mengamati apa yang terjadi di alam liar, mungkin manusia purba mulai mengenal api. Awalnya api ini terjadi akibat peristiwa alam, misalnya karena rumput kering tersulut oleh halilintar atau dahan2 dipohon yang bergesekan karena tertiup angin kencang akhirnya menjadi cukup panas dan membuat percikan api. Setelah itu mungkin manusia purba mempelajari dan menguasai iptek pembuatan api, yaitu dengan meng gosok2 kan dua dahan kering pohon diatas tumpukan rumput atau jerami yang kering. Apapun juga proses sebenarnya yang terjadi, pada akhirnya manusia menguasai teknologi membuat api yang kemudian dimanfaatkan untuk memasak daging yang kalau dipanggang akan menjadi lebih lunak untuk dikunyah. Masyarakat pemburu pengumpul makanan tidak akan mampu membangun sebuah peradaban karena selalu berpindah tempat dan setiap hari harus memikirkan perburuan untuk bisa makan. Dari pengamatan se hari2 akhirnya manusia purba mengerti bahwa biji padi2an itu bisa ditanam dan berbuah dengan baik bila diairi dlsbnya, dan akhirnya masyarakat pemburu pengumpul makanan itu mulai berubah secara bertahap sampai akhirnya benar2 menjadi masyarakat bercocok tanam. Masyarakat petani primitif ini tetap saja berburu untuk mendapatkan daging sebagai bahan makanan, tetapi mereka mulai berhenti berkelana dan menetap di satu tempat tertentu untuk bercocok tanam. Mereka belajar menanam padi2an dan bibit lain seperti jagung dan kemudian menunggu sampai panen. Masyarakat seperti ini akan punya persediaan makanan hasil panen, jadi mulai bisa hidup secara lebih teratur. Walaupun tetap berburu, mereka merasa lebih aman tidak takut kelaparan karena punya persediaan makanan hasil panen. Karena menetap disatu tempat tertentu maka mulai punya waktu untuk berpikir untuk melakukan hal2 lain disamping mencari makanan, misalnya membuat bangunan untuk dihuni atau awal dari rumah purba. Ini adalah awal dari tumbuhnya suatu peradaban. Masyarakat mulai terbentuk dengan aturan2 main tertentu yang mengatur kehidupan bersama dari gerombolan manusia purba yang jumlahnya semakin besar, yang tadinya mungkin berperilaku tak jauh beda dari gerombolan simpanse atau kera2 lainnya. Masyarakat bercocok tanam yang sudah menguasai iptek pembuatan api ini mungkin boleh disebut sebagai masyarakat manusia moderen paling awal yang sudah jelas berbeda dari hewan2 lainnya. Mereka memperhatikan peristiwa2 alam yang mengerikan seperti badai dan taufan, kebakaran hutan, halilintar, hujan lebat dan banjir, musim kering yang melanda tanpa henti, gunung berapi yang meletus, tanah longsor, gempa bumi, gerhana bulan dan gerhana matahari dan lain sebagainya. Mereka ketakutan dan

tidak mengerti mengapa semua itu terjadi. Mereka juga mulai berpikir tentang kelahiran dan kematian. Mereka tidak tahu jawabannya, tapi bagaimanapun juga mereka harus punya jawaban. Ini adalah awal dari agama dan kepercayaan. Mereka membayangkan adanya makhluk2 yang mirip manusia tetapi jauh lebih hebat, mampu terbang, tinggal dipuncak gunung dan kalau marah mampu membuat halilintar, gunung meletus, gempa bumi dan lain sebagainya. Makhluk2 tersebut dikenal sebagai dewa-dewi, dan kepercayaan seperti ini ada dalam mitologi dari semua bangsa2 didunia seperti Mesir, Yunani, Romawi, Skandinavia, Indonesia, Australonesia, kepulauan Pasifik, bangsa2 Afrika dll.

Dalam peradaban Mesir kuno dikenal banyak dewa-dewi yang mengatur bekerjanya alam dan banyak para pemikir terbaik di masyarakat purba Mesir kuno ini akhirnya mendirikan agama atau kepercayaan yang bertumpu pada pemujaan seorang dewa tertentu. Pendiri kepercayaan itu dengan sendirinya menjadi pengikut utama sang dewa dan disebut pendeta. Pendeta ini kemudian menyebar luaskan ajarannya dan pengikut2nya yang paling pintar diambil sebagai murid2nya dan kemudian dilantik menjadi pendeta seperti dirinya sendiri. Sang pendeta pendiri tentu saja diangkat menjadi pendeta kepala yang sangat berpengaruh dan berkuasa, karena dia lah yang menjadi penghubung langsung antara sang Dewa dengan manusia2 pemujanya. Kalau terjadi gunung meletus maka para pemuja sang Dewa akan memohon kepada Pendeta Kepala untuk melakukan negosiasi dengan Dewa yang sedang marah itu supaya jangan marah lagi. Untuk meredakan kemarahan sang Dewa biasanya Pendeta Kepala akan melakukan upacara sakral pemujaan sang Dewa dan menanyakan kepada Dewa kurban apa yang diinginkan untuk meredakan kemarahannya dan menghentikan kekacauan di bumi seperti banjir atau gempa atau wabah penyakit dlsbnya.

Di sisi lain, para pemburu berotot paling besar mulai membentuk pasukan2 kecil yang disamping berburu juga mulai berperang melawan pasukan2 lain. Mungkin untuk memperebutkan makanan atau kawasan tertentu, atau perempuan2 yang ingin dikawini dlsbnya. Pemimpin dari pasukan yang paling berhasil tentu saja menjadi jendral dari pasukan yang semakin besar. Kalau jumlah anggota masyarakat bercocok tanam ini sudah cukup besar, maka akan terbentuklah suatu kerajaan. Pemimpin kerajaan atau raja adalah jendral petarung yang paling hebat dan disegani diantara para jendral yang ada di kerajaan itu. Biasanya raja ini adalah petarung terbaik yang dimiliki kerajaan, karena dia harus mampu mengalahkan para petarung lain yang menginginkan singgasananya.

Disamping menjadi pemimpin perang, raja juga harus mengatur pemerintahan jadi harus didukung oleh orang2 paling pintar di kerajaan itu dan ini tentu saja adalah para pendeta. Jadi akan ada aliansi antara raja dan para pendeta. Sering kali para pendeta akan mengangkat raja menjadi penjelmaan atau turunan Dewa yang berada di bumi, hidup bersama manusia lainnya. Sesudah meninggal dunia raja akan kembali menjadi Dewa dan hidup bersama Dewa2 lainnya. Ini mungkin adalah pemikiran dari para Firaun atau raja2 di peradaban Mesir kuno yang membangun kuburannya di tengah2 bangunan raksasa yang kita kenal sebagai piramida.

Apapun juga yang sebenarnya terjadi, kita tahu secara pasti bahwa di peradaban Mesir kuno ada sekelompok pendeta yang juga adalah pemikir2 atau ilmuwan utama di kerajaan. Disamping urusan kepercayaan mereka juga melakukan pengamatan, ilmu gatuk mengatuk menghubungkan semua peristiwa alam yang diamati dan mencari kaitan logis diantara semua informasi yang banyak dan rumit itu. Para pendeta itu tinggal di kuil2 dimana mereka dapat dengan leluasa mengamati pergerakan bintang di langit. Bintang2 di langit itu boleh jadi dianggap sebagai dewa atau tempat dimana dewa bersemayam dilangit dan oleh karena itu harus dipelajari secara teliti.

Pergerakan bintang (dan planet) dilangit diamati dan dicatat dan ternyata selalu berubah dengan waktu. Tetapi semuanya lalu terulang kembali setelah waktu tertentu. Mereka mengamati bahwa Matahari (biasanya dianggap sebagai dewa tertinggi) itu dapat dilihat sepanjang hari dan tidur di malam hari saat sang Bulan muncul. Jadi konsep hari yang terdiri dari 24 satuan waktu yang kita sebut jam mulai dikenal dan cara mengukurnya mungkin ditemukan. Mereka juga mengamati bahwa bulan selalu muncul setiap malam, tetapi dengan penampilan yang berbeda yaitu dari bulan sabit sampai bulan purnama. Mereka juga mengamati bahwa proses itu berulang secara teratur dan disamping hari yang 24 jam itu ternyata ada juga jangka waktu yang disebut satu bulan yang panjangnya adalah 30 hari. Selanjutnya pergerakan bintang dilangit juga berulang secara teratur dan satu siklus pergerakan bintang dilangit itu disebut tahun dengan panjang 12 bulan. Dari pengamatan yang dilakukan dan catatan yang dibuat tentang pergerakan bulan, matahari dan bintang dilangit, para pendeta bisa meramal kapan terjadinya gerhana bulan dan gerhana matahari. Kemampuan seperti ini membuat para pendeta semakin disegani oleh rakyat jelata dan ilmu yang dirintis mereka itu merupakan awal dari ilmu gatumenggatum yang kita kenal sebagai astrologi dan masih dipercayai oleh banyak orang sampai masa kini. Dari pengamatan pergerakan bintang dilangit para pendeta mampu meramal kapan saat terbaik untuk menanam benih supaya menghasilkan panen yang baik. Jadi disamping hal yang sekarang kita sebut sebagai tahayul, para pendeta sesungguhnya juga adalah ilmuwan yang menggunakan pengamatan dan catatan dalam mengumpulkan pengetahuan mereka. Pengamatan dan catatan adalah dasar dari ilmu pengetahuan atau sains moderen yang kita gunakan sampai sekarang.

Sekitar 3 sampai dengan 4 ribu tahun lalu peradaban Yunani kuno mulai bangkit. Ilmuwan seperti Archimedes, Euclid, Zeno dll dan filsuf besar seperti Socrates, Plato dan Aristoteles juga hidup di jaman keemasan peradaban Yunani kuno ini. Peradaban Yunani kuno ini juga menghasilkan Raja Agung Iskandar (Alexander the Great), raja Masedonia, yang berhasil menaklukkan separo dunia dari daerah sekitar Mesir sampai ke India. Peradaban Yunani kuno ini mungkin adalah sumber dari sejarah umat manusia yang paling awal, karena ada banyak buku yang ditulis pada jaman ini yang ditemukan. Salah satu pengarang Yunani kuno paling terkenal adalah Homer. Kita juga mengenal kepercayaan masyarakat Yunani kuno ini melalui mitologi yang terjemahannya dalam bahasa Indonesia sudah ada. Dalam mitologi ini kita mengenal raja Dewa yang disebut Zeus yang bersinggasa dipuncak gunung Olimpus. Herkules adalah anaknya, hasil perkawinan Zeus dengan seorang manusia, seorang wanita yang sangat cantik.

Sains mulai berkembang di jaman keemasan Yunani kuno ini. Konsep gaya dan momen gaya sudah dikenal dan dimanfaatkan oleh Archimedes. Konsep berat jenis zat yang berbeda juga sudah dikenal dan diterapkan oleh Archimedes. Kita tentu ingat cerita dimana raja Yunani waktu itu khawatir bahwa dia ditipu oleh tukang emas yang membuat mahkota raja. Mahkota ini seharusnya dibuat dari emas murni, tetapi raja curiga bahwa mahkotanya terbuat dari perak atau perunggu yang dilapis emas dan sebagian besar emas aslinya dikorup oleh tukang emas pembuat mahkota. Raja memerintahkan Archimedes untuk menemukan cara menguji apakah mahkota terbuat dari emas murni atau hanya dilapis emas, tanpa merusak mahkota itu sendiri. Suatu hari Archimedes sedang mandi di bak air, dan tiba-tiba saja dia untuk pertama kalinya secara cermat mengamati bagaimana permukaan air meningkat saat dia menceburkan diri ke bak, padahal dia sudah sangat sering mandi di bak sebelumnya.

Pengamatan kali ini membuat Archimedes menyadari bahwa tinggi permukaan air

dibejana akan meningkat kalau bejana diisi sebuah benda dengan bentuk teratur ataupun tak teratur, karena volume air se olah2 meningkat ditambahi oleh volume benda yang dimasukkan. Mahkota raja memang ditimbang dan beratnya sama dengan berat emas murni yang diberikan kepada tukang emas, jadi tukang emas tidak bisa dituduh korup mengurangi berat mahkota. Tetapi bisa jadi mahkota itu terbuat dari logam lain dan hanya dilapis emas saja, dan beratnya diatur supaya sama dengan berat emas asli pemberian raja. Archimedes tahu bahwa berat jenis emas dan perunggu itu berbeda, sehingga sebuah benda yang terbuat dari emas murni walaupun beratnya sama dengan benda berbentuk sama tetapi terbuat dari perunggu berlapis emas, itu akan punya volume yang berbeda. Masalahnya adalah karena bentuknya tak beraturan Archimedes tidak bisa menghitung volume mahkota dengan rumus2 matematika yang diketahuinya. Disamping itu perbedaan volume kedua benda mungkin terlalu kecil kalau dicoba dihitung pakai rumus. Waktu mandi di bak itulah tiba2 Archimedes menyadari bahwa dia bisa mengukur volume benda berbentuk rumit dengan mencelupkannya ke bejana pengukur volume cairan. Saat itu menurut cerita, Archimedes langsung loncat dari bak mandi sambil berteriak Eureka atau aku telah menemukannya dan lari telanjang bulat ke istana menghadap raja. Disana dia minta raja memberinya emas seberat mahkota. Kemudian dia gunakan bejana pengukur volume untuk mengukur volume emas, dan volume mahkota dengan berat sama itu dan ternyata kedua volume yang diukur cukup berbeda. Jadi mahkota itu ternyata dibuat dari perunggu berlapis emas dan tukang emas yang korup itu langsung ditangkap dan dihukum gantung di alun2 !!!

Kita tidak tahu apakah cerita diatas itu benar sepenuhnya atau tidak, tetapi cerita itu menunjukkan secara gamblang bagaimana sebuah penemuan ilmiah itu selalu bertumpu pada pengamatan, dan penemuan itu bisa terjadi secara mendadak waktu kita membuat pengamatan itu pada saat tertentu kala kita sedang mencari solusi dari masalah yang kelihatannya tidak terkait. Kombinasi antara mencari solusi suatu masalah dan melakukan pengamatan tentang hal yang seolah tak berkaitan, kadang2 memberi ilham tentang bagaimana pengamatan itu bisa dimanfaatkan untuk menyelesaikan masalah yang sebelumnya terasa sangat sulit sekali dan mungkin tidak bisa dipecahkan. Fakta yang sangat menentukan dalam penyelesaian soal (Archimedes masuk bak air dan permukaan air meningkat) itu mungkin sudah sering kita amati, tetapi tidak dianggap penting atau terlewatkan begitu saja, karena dipandang tidak relevan dalam hidup se hari2 sebagai ilmuwan. Tetapi begitu kita punya masalah, dan misalnya setelah dipikirkan ternyata ujung2nya yang menjadi masalah dasar adalah mengukur secara akurat volume suatu benda berbentuk rumit, maka saat mengamati kenaikan permukaan air di bak waktu menceburkan diri ke dalam bak, tiba2 saja otak kita terpicu untuk mengambil kesimpulan inilah solusinya, dan kita pun berteriak Eureka!

Disamping Archimedes, peradaban Yunani kuno juga melahirkan banyak lagi ilmuwan2 besar seperti Democritus yang untuk pertama kalinya membuat hipotesa bahwa semua benda itu terbuat dari materi dasar yang disebut atom yang tidak bisa dipecah pecah lagi. Jaman keemasan peradaban Yunani kuno ini akhirnya lenyap begitu saja. Suku2 bangsa Yunani sangat suka perang satu melawan yang lain sehingga akhirnya perserikatan kerajaan2 Yunani menjadi lemah dan dengan mudah dikalahkan oleh peradaban Romawi kuno yang mulai naik daun, mungkin sekitar

2500 atau 3 ribu tahun lalu.

Sejarah Romawi kuno ini cukup dikenal oleh masyarakat moderen atau kita2 ini, apalagi dengan adanya filem2 seperti Cleopatra, The Rise and Fall of the Roman Empire, Spartacus, Gladiator dll dan juga buku komik Asterix dlsbnya. Peradaban Romawi kuno ini menghasilkan banyak warisan yang masih berlanjut sampai kini, misalnya saja hukum Anglo Saxon di Inggris, Amerika Serikat, Australia dlsbnya itu bertumpu pada sendi2 hukum yang berkembang dan digunakan pada jaman Romawi kuno ini. Arsitektur Barat juga punya latar belakang arsitektur yang tumbuh berkembang pada jaman Romawi kuno. Dunia rekayasa atau engineering juga bermuara pada rekayasa yang tumbuh berkembang waktu itu. Rekayasa atau engineering dalam bahasa Inggris itu akar bahasa Latinnya adalah ingenium yang berarti pendobrak pintu gerbang (battering ram), yaitu balok kayu besar yang diikatkan pada kereta berroda yang digunakan prajurit jaman dulu untuk mendobrak hancur pintu gerbang benteng yang dipertahankan musuh. Prajurit2 yang mengoperasikan pendobrak itu kemudian disebut ingeniator dan dalam bahasa Inggris akhirnya berubah menjadi engineer. Jadi pada awalnya perkataan engineering itu bernuansa militeristik. Di akhir abad ke 18 (tahun 1700an) kata engineering mulai digunakan untuk hal2 yang tidak terkait dengan militer dan disaat itulah kata civil engineering mulai digunakan untuk membedakannya dari arti engineering yang berbau militer. Jadi boleh dikatakan bahwa asal muasal dari kata engineering atau rekayasa adalah dari jaman Romawi kuno, yang benteng terakhirnya runtuh sekitar 1500 tahun lalu. Ilmu rekayasa yang sudah cukup maju di jaman Romawi kuno adalah dibidang saluran air dan jalan raya. Saluran air yang dibangun pada jaman itu sisa2nya masih ada di kota Roma sampai saat ini, dan dalam pepatah bahasa Inggris dikatakan bahwa All roads lead to Rome atau semua jalan bermuara di Roma, karena memang sistem jalan raya Romawi kuno itu sudah ada dan memancar dari dan menuju Roma. Dari asal kata nya kita bisa mengerti bahwa engineering adalah cara penyelesaian atau seni mengatasi masalah dengan memanfaatkan semua pengetahuan dan ketrampilan yang dimiliki masyarakat dalam kehidupan sehari2 secara nyata dan praktis, bukan sekadar uraian teoritis. Walaupun peradaban Romawi mampu menyerap dan memanfaatkan iptek yang berkembang di peradaban Yunani kuno, tetapi ternyata peradaban Romawi kuno tidak mampu mengembangkan iptek sendiri. Salah satu alasan yang digunakan untuk menjelaskan keganjilan ini adalah bahwa hasil pikiran atau ilmu pengetahuan hanya bisa berkembang di masyarakat yang demokratis, diberi kebebasan berpikir dan mengutarakan pendapat. Perbedaan pendapat dianggap sah-sah saja dan diselesaikan melalui perdebatan terbuka dan ujung2nya tetap menghargai dan menghormati pendapat orang lain walaupun berseberangan dengan pendapat kita sendiri. Pendapat yang bertentangan tidak boleh diberangus lewat sensor, apalagi dengan kekuatan otot dan pemaksaan kehendak pihak yang berkuasa. Situasi dan kondisi seperti itu ada dalam masyarakat Yunani kuno, tetapi tidak ada dalam masyarakat Romawi kuno.

Peradaban Romawi kuno mulai memudar kejayaannya dengan bangkitnya bangsa2 Eropa, yaitu suku2 Jerman dan Gaul (Perancis) dan jajahan Romawi lainnya seperti kepulauan Inggris dlsbnya. Dari Asia muncul kekuatan perang Mongolia sedangkan di jazirah Arab muncul peradaban Islam yang melebarkan sayapnya sepanjang Afrika utara dan sampai di Spanyol selatan, dan juga ke arah Eropa memasuki daerah yang sekarang disebut Hongaria selatan.

Peradaban Romawi kuno hilang ditelan sejarah dan diganti oleh peradaban Arab atau

peradaban Islam. Peradaban Islam ini menyerap semua iptek yang dikembangkan oleh peradaban Yunani kuno. Buku2 iptek diterjemahkan dari bahasa Yunani kuno ke dalam bahasa Arab, dan dengan demikian iptek manusia yang sudah berkembang sejak peradaban Mesir dan peradaban Yunani tidak hilang begitu saja dengan runtuhnya peradaban Romawi kuno. Peradaban Arab tidak sekedar menyerap iptek Yunani, tetapi juga mengembangkan iptek yang diserap itu menjadi lebih maju. Salah satu ilmu yang dikembangkan oleh peradaban Arab adalah dibidang ilmu kedokteran, yang masih bermanfaat dan dikembangkan lebih lanjut oleh masyarakat kini. Saya tidak tahu apa yang terjadi pada peradaban Islam ini, kecuali bahwa akhirnya peradaban inipun hancur ditelan sejarah, mungkin karena terjadinya perang saudara dan perpecahan dari dalam. Pewaris kerajaan Islam ini adalah kekaisaran Ottoman yang pernah jaya, tetapi hilang setelah perang dunia pertama dan sisanya adalah negara Turki yang masih ada hingga kini.

Perlu diingatkan disini bahwa peradaban tua yang muncul di Cina dan sisa2nya yang masih bertahan sampai saat ini, dan dulu pernah memberi kontribusi besar dalam perkembangan ilmu pengetahuan manusia, sama sekali tidak dibahas disini. Ini bukan karena kontribusi Cina tidak dianggap penting, tetapi pengetahuan penulis tentang topik tersebut hampir mendekati nol besar. Ini juga berlaku untuk peradaban Inca dan Maya di Amerika Selatan, yang sesungguhnya masih relatif baru tapi dihancurkan oleh prajurit2 kerajaan Spanyol yang buas dalam usahanya mencuri emas dari Amerika Selatan kurang dari 600 tahun lalu. Persia dan India juga merupakan salah satu pusat peradaban manusia dari jaman dulu, tapi pengetahuan penulis tidak sampai kesitu. Cara menulis angka dari 0 sampai dengan 9 juga berasal dari India, yang diserap oleh peradaban Arab dan akhirnya diserap oleh peradaban Barat, termasuk kita semua saat ini.

Sampai tahun 1400an Eropa berada dalam abad kegelapan, karena perang saudara dan juga dengan adanya wabah penyakit cacar yang ganas dan memakan korban mungkin sepertiga penduduk Eropa saat itu. Tahun 1500an dianggap sebagai Renaissance atau tahun2 kebangkitan kembali peradaban Eropa Barat. Bangsa2 Eropa mampu menguasai beberapa iptek yang diperlukan untuk berlayar mengarungi lautan diseluruh dunia, yaitu iptek perkapalan (kapal layar), pengukur waktu yang akurat dan juga pengukur letak matahari dan bintang dilangit (kronometer).

Dengan modal tersebut kerajaan Spanyol dan Portugal membagi dunia jadi dua bagian, satu bagian jadi milik Spanyol dan sisanya untuk Portugal. Bangsa2 lain tentu saja tidak mengakui hal ini dan pelaut2 Inggris dan Belanda, dan kerajaan2 lain seperti Belgia, Austria dlsbnya juga berlayar mencari kekayaan di negara2 jajahan baru, baik di Afrika, Asia ataupun Amerika dan Australia.

Pemikir2 Eropa tidak mulai dari nol tetapi melanjutkan apa yang sudah ditemukan dan dimanfaatkan oleh ilmuwan Yunani kuno yang karya2nya tersimpan dalam terjemahannya dalam bahasa Arab. Mereka juga menyerap hasil2 penelitian dan pengembangan iptek dari peradaban Arab. Dalam bahasa Inggris kita mengenal mata pelajaran yang disebut Algebra (alias Aljabar dalam bahasa Indonesia) dan perkataan Al jelas2 menunjukkan asal kata tersebut dari bahasa Arab. Ilmu pengetahuan yang paling tua adalah dibidang kimia karena dari sejak dulu manusia menginginkan rahasia bagaimana mengubah zat apapun menjadi logam mulia emas. Dalam bahasa Inggris ilmu tersebut dikenal sebagai Alchemy yang kemudian per lahan2 berubah menjadi chemistry alias ilmu kimia. Awalan Al dalam Alchemy juga secara jelas menunjukkan bahwa kata ini berasal dari bahasa Arab.

Iptek manusia yang sudah ada sampai saat itu kemudian mengalami perkembangan yang sangat pesat ditahun 1600an. Copernicus adalah seorang pendeta Katolik di Polandia yang punya kegemaran mengamati pergerakan benda dilangit, alias planet dan bintang. Dia punya teleskop yang tidak begitu bagus, tapi paling maju untuk saat itu. Copernicus dibantu oleh seorang yang bernama Johannes Kepler yang mencatat semua pengamatan tentang pergerakan benda2 di langit. Dari hasil pengamatannya Copernicus sampai pada kesimpulan bahwa pergerakan planet dan bintang yang diamatinya dapat dijelaskan secara jauh lebih sederhana bila matahari itu tidak bergerak sedangkan bumi dan planet2 bergerak mengelilinginya. Tetapi ajaran atau dogma agama Katolik mengatakan bahwa manusia adalah mahluk ciptaan Tuhan yang paling sempurna, dan diciptakan berada dibumi, jadi bumi adalah pusat mayapada dan semua benda dilangit bergerak mengelilinginya. Konsep ini sudah diuraikan oleh Ptolemeus yang hidup di zaman keemasan peradaban Romawi dan berdasarkan pengamatan yang dilakukannya. Ada banyak pengamat pergerakan benda di langit yang menambahkan hasil pengamatan mereka pada hasil pengamatan Ptolemeus, dan semuanya memang bisa dijelaskan dengan bumi berada di pusat mayapada sedangkan semua benda di langit bergerak mengelilinginya. Tetapi model yang digunakan untuk mendukung penjelasan ini semakin lama menjadi semakin rumit dan hanya bisa menjelaskan pergerakan 7 planet yang dikenal waktu itu. Angka 7 dianggap angka keramat, maka pihak Gereja mengatakan bahwa semua planet hanya berjumlah 7. Semua planet, bulan, matahari dan bintang2 bergerak mengelilingi bumi. Copernicus tidak berani menentang dogma Gereja Katolik dan hanya berani menerbitkan bukunya yang mengandung semua data hasil pengamatannya (yang bertentangan dengan dogma Katolik) setelah dia terbaring hampir meninggal dan barulah dia memberi ijin supaya bukunya diterbitkan.

Dari fakta ini kita dapat mengambil kesimpulan bahwa sains itu hanya akan berkembang kalau ilmuwan berhak mengutarakan pendapatnya tanpa takut dihukum oleh pihak yang berkuasa, apakah itu aliran agama (Gereja Katolik misalnya) atau pemerintah (pemerintah Nazi membakar semua buku yang tidak sesuai ajaran Nazi. Ini juga dilakukan oleh pemerintah Stalin yang komunis di Rusia , juga pemerintah Suharto yang diktator militer di Indonesia dan juga di Iran yang Islam garis keras, bahkan di negara demokrasi Amerika Serikat di era McCarthy yang anti komunis ditahun 1950an).

Kepler, asisten Copernicus, juga menerbitkan hasil2 pengamatannya dan mengambil kesimpulan bahwa planet2 bergerak mengelilingi matahari dalam orbit yang berbentuk lingkaran ataupun elips. Dari kecepatan pergerakan planet dalam orbitnya mengelilingi matahari, ber tahun2 kemudian ilmuwan besar Fisika moderen, Isaac Newton, akhirnya dengan teori gravitasinya dapat dengan akurat menjelaskan pengamatan Kepler. Sebelum hasil pengamatan Kepler menjadi pengetahuan umum, ada seorang professor Italia bernama Galileo, yang menggunakan iptek terbaru dari Belanda di bidang pembuatan lensa, yang membuat teleskop yang tercanggih saat itu dan dapat digunakan untuk mengamati planet2 bahkan pergerakan bulan atau satelit yang mengelilingi planet besar Jupiter. Dari hasil pengamatannya dia mengajarkan bahwa matahari adalah pusat mayapada dan semua planet, termasuk bumi, bergerak mengelilinginya. Ini sebelum buku Copernicus beredar. Walaupun Galileo adalah seorang profesor, ilmuwan besar dan punya banyak teman dikalangan pejabat tinggi Gereja Katolik, tetap saja Galileo diperintahkan untuk mencabut ajarannya dan bersumpah akan mengikuti dogma Gereja Katolik yang mengatakan bahwa bumi adalah pusat mayapada dan semua benda dilangit memberi hormat dengan bergerak mengelilinginya. Tentu saja hal ini berdampak pada mandegnya astronomi di Italia

waktu itu.

Dari pelajaran tersebut diatas bisa dikatakan bahwa sains itu bersifat netral dan terbuka. Dalam sains tidak boleh ada dogma, yaitu suatu teori atau ajaran yang kebenarannya dinyatakan bersifat mutlak dan tidak boleh diganggu gugat. Setiap teori dalam sains hanya dianggap benar selama belum ada bukti yang meragukan kebenarannya. Kalau suatu teori yang kebenarannya sudah ditunjang oleh data yang terkumpul selama ber tahun2, suatu hari ternyata tidak mampu menjelaskan bahkan bertentangan dengan sebuah fakta baru, yang baru saja ditemukan, maka teori tersebut harus dianggap tidak benar dan harus diperbaiki atau diperbarui supaya mampu menjelaskan semua fakta yang bisa diamati. Sebagai contoh untuk benda yang bergerak dengan kecepatan mendekati kecepatan cahaya, hukum Mekanika Newton tidak berlaku dan harus diganti oleh hukum Mekanika Quantum. Demikian juga relativitas Galileo harus diganti oleh teori relativitas Einstein. Untuk kebanyakan masalah rekayasa kita masih tetap menggunakan mekanika Newton, tetapi kalau sudah berbicara tentang Fisika inti, yaitu benda2 komponen atom seperti electron, proton, boson dlsbnya mau tidak mau kita harus menggunakan teori relativitas Einstein dan Mekanika Quantum. Kepastian sebab akibat atau cause and effect yang mendasari Mekanika klasik yang dikembangkan Newton juga harus diganti oleh prinsip ketidak pastian Heisenberg dan persamaan gelombang probabilitas Schrodinger.

Ilmuwan besar seperti Einstein pun bisa terperangkap menjadi sangat dogmatis. Einstein adalah penemu efek fotoelektrik, yang kemudian berbuntut ditemukannya teori Mekanika Quantum, prinsip ketidak pastian Heisenberg dan teori gelombang probabilitas Schrodinger. Namun demikian Einstein tidak bisa menerima hilangnya prinsip sebab akibat dan menggantinya dengan prinsip ketidak pastian yang oleh Einstein dikatakan bahwa itu se olah2 Tuhan bermain dadu (yaitu berdasarkan probabilitas dan bukan berdasarkan kepastian) dalam menciptakan mayapada dan aturan2 cara bekerja benda2 dialam mayapada ciptaan Nya itu. Ini sekali lagi menunjukkan bahwa sangat mudah bagi seorang manusia untuk terjebak mempercayai dogma dan menolak bukti2 yang dapat diamati siapa saja, apalagi kalau dogma itu se olah2 berbasis ajaran agama yang tidak boleh diganggu gugat. Kita harus mampu berpikiran terbuka. Untuk kasus ketidak pastian ini, kita tidak bisa mengatakan bahwa Tuhan itu harus melakukan ini dan itu secara pasti dalam menciptakan alam mayapada. Kita tidak bisa memerintahkan Tuhan untuk menciptakan alam mayapada dengan cara ini dan tidak boleh dengan cara itu. Tuhan adalah sang Pencipta dan otak manusia tidak mungkin bisa mengerti apa dan bagaimana cara Tuhan bekerja. Yang dapat dilakukan oleh manusia, sesuai prinsip ilmiah, adalah mengamati alam dan mencatat hasil pengamatan dan kemudian berusaha mencari tahu hubungan2 logis antara semua hal yang diamati dan dicatat. Kemudian sebuah teori atau kerangka berpikir, yang berbasis semua pengamatan dan teori2 yang sudah diketahui dari hasil2 pendahulunya, perlu dikembangkan untuk mencoba menjelaskan secara logis fakta yang diamati dan dicatat. Kalau teori lama mampu menjelaskan semua pengamatan secara memuaskan, ini dapat diartikan sebagai kenyataan bahwa teori lama itu terbukti benar sampai saat ini, termasuk untuk menjelaskan fakta terbaru yang diamati dan dicatat. Tetapi kalau teori lama tidak mampu untuk menjelaskan fakta2 baru yang diamati dan dicatat, maka teori tersebut harus diperbaiki dan kalau perlu harus dibuang diganti dengan teori baru yang mampu menjelaskan semua pengamatan manusia sampai saat terakhir. Dalam sains tidak ada kebenaran mutlak atau dogma. Semua teori hanya dianggap benar sebelum terbukti

salah atau tidak mampu menjelaskan atau memprediksi fakta2 baru yang kemudian bisa diamati dan dicatat.

Kita mungkin pernah membaca bahwa sains dan agama itu saling bertentangan. Sebenarnya ini tidak benar. Yang terjadi adalah bahwa ada pemeluk agama tertentu yang sangat fanatik, kemudian menginterpretasikan ajaran agama sesuai keinginannya dan memaksa orang lain mengikuti dogma nya itu walaupun ini bertentangan dengan pengamatan manusia. Diatas tadi telah diberikan contoh dimana Copernicus dan Galileo dipaksa dengan ancaman hukuman kalau berani menentang dogma Gereja Katolik yang sesuai ajaran Ptolemeus mengenai pergerakan benda dilangit, walaupun apa yang mereka ajarkan adalah hasil pengamatan mereka yang juga bisa diamati siapa saja yang mau melakukan pengamatan. Contoh lain adalah tentang jumlah gigi kuda. Aristoteles pernah mengatakan bahwa gigi kuda itu berjumlah sekian (saya lupa, mungkin 32?) . Pengikut Aristoteles mempercayai angka ini sebagai kebenaran yang keramat. Dalam faktanya Aristoteles itu salah dan gigi kuda sebenarnya berjumlah sekian yang bisa dibuktikan secara sederhana dengan menghitung gigi kuda yang benar2 ada. Tapi ini ditolak mentah2 oleh para pengikut Aristoteles yang fanatik, yang mengatakan bahwa filsafat dan pikiran murni itu bersifat mulia sedangkan melakukan pengamatan langsung seperti menghitung gigi kuda yang sebenarnya adalah hanya untuk orang bodoh yang tidak mengerti filsafat!!! Memang dalam kenyataan kita tidak mungkin bertukar pikiran secara wajar dengan orang2 yang fanatik. Contoh yang lain adalah adanya sekte2 agama Kristen tertentu yang mengatakan teori evolusi Darwin itu salah, karena dalam kitab Injil versi sekte mereka dikatakan bahwa Tuhan menciptakan alam mayapada dan semua mahluk didalamnya sekian ribu tahun lalu dan kiamat akan terjadi pada tahun 1977 atau 2003 atau tahun2 tertentu lainnya yang mereka percayai kebenarannya. Walaupun kita punya banyak bukti berupa fosil dlsbnya yang menunjukkan bahwa Tuhan tidak menciptakan alam mayapada sekian ribu tahun lalu, tetapi sekitar 12 milyar tahun lalu dan manusia tidak diciptakan langsung jadi sempurna tetapi melewati proses evolusi yang jutaan tahun, para penganut agama yang fanatik, termasuk 6 juta orang Amerika Serikat saat ini, akan tetap menolak semua bukti yang disodorkan. Agama Islam juga punya pengikut2 yang fanatik dan menginterpretasikan AlQuran sesuai keinginan mereka sendiri dan menolak bukti2 yang ada. Sebagai contoh banyak kaum fanatik Islam mengatakan bahwa AlQuran mengandung semua ilmu pengetahuan yang perlu diketahui manusia. Coba saja ini direnungkan. Kalau saya ingin membuat roti atau memperbaiki TV yang rusak, belum lagi membuat simulasi aliran fluida dengan menggunakan perangkat lunak CFD, apakah ini bisa dilakukan hanya dengan membaca AlQuran? Kalau jujur tentu saja jawabnya adalah tidak. Tetapi para pengikut agama Islam yang fanatik akan tetap saja mengatakan bahwa semua ilmu yang dibutuhkan manusia itu ada di AlQuran. Apa yang dimaksud dengan pernyataan seperti itu tentu saja ditentukan oleh orang fanatik itu sendiri. Tetapi kalau itu diartikan bahwa anak sekolah hanya perlu belajar membaca dan mengerti AlQuran saja dan tidak boleh belajar matematika, fisika, kimia dlsbnya maka orang2 fanatik tersebut mau tidak mau harus disadarkan dari tafsirnya yang menyesatkan itu. Agama adalah pengetahuan manusia yang mengatur bagaimana manusia harus berperilaku dalam interaksinya dengan manusia lain, juga menjelaskan apa yang dimaksud dengan perbuatan yang baik dan buruk, dan banyak hal lagi yang tidak bisa dipelajari atau dibahas secara ilmiah. Tetapi saya rasa kita semua bisa memahami bahwa agama tidak akan bisa dipakai sebagai alat untuk membuat kerangka suatu teori yang menjelaskan mengapa 2 ditambah 2 itu adalah 4, ataupun untuk menentukan bumi ini gepeng atau bulat. Hal2 seperti ini kan bisa diamati secara

langsung. Apakah dengan fanatisme agama X, misalnya, yang mengatakan bahwa bumi berbentuk persegi dan gepeng, sedangkan pengamatan menunjukkan bahwa bumi itu bulat, lalu semua pengikut agama X tetap mengatakan bahwa bumi itu gepeng dan persegi? Hal2 yang bisa diamati tentu saja harus dipelajari dengan metodologi ilmiah dan bukan dengan fanatisme agama atau kepercayaan. Di sisi lain sains tidak akan bisa dipakai untuk menentukan apakah pencegahan kehamilan dengan pil KB itu baik atau buruk? Bahkan hal yang cukup penting seperti apakah mencuri atau korupsi itu baik atau buruk, juga tidak bisa ditentukan secara ilmiah. Untuk hal2 seperti itu kita perlu menanyakan pada hati nurani sendiri dan pada kepercayaan kita mengenai ajaran agama yang kita anut. Kalau semua agama mengatakan bahwa mencuri itu adalah perbuatan yang buruk, maka hal ini tidak bisa dibahas secara ilmiah dan harus kita terima sesuai ajaran kita masing2. Apalagi dengan kenyataan bahwa undang2 mengatakan bahwa mencuri adalah perbuatan kriminal terlarang dan diancam hukuman kurungan penjara.

Dari diskusi diatas dapat dilihat bahwa sebenarnya tidak ada tabrakan antara sains dan agama. Kalau kadang2 kelihatannya ada tabrakan antara agama dan sains, sebetulnya yang terjadi adalah adanya orang2 fanatik yang menginterpretasikan ajaran agamanya seenaknya sendiri dan kemudian menyerang sains karena kekurang pengertiannya baik mengenai sains maupun tentang ajaran agamanya sendiri. Ini memang bisa terjadi dan kalau terjadi maka orang fanatik itu harus disadarkan karena kalau tidak ini bisa menimbulkan bencana bagi masyarakat.

Kita sudah secara selintas melihat hubungan antara penguasaan ilmu dan peningkatan kesejahteraan, tetapi bangsa yang menguasai ilmu pengetahuan yang setinggi apapun belum tentu sejahtera, kecuali kalau mereka secara sadar berupaya menerapkan ilmu pengetahuan mereka untuk membuat barang dan jasa yang mampu meningkatkan kesejahteraannya.

Sebagai contoh, apakah hanya dengan mengerti ilmu mekanika lalu masyarakat menjadi sejahtera? Jawab singkatnya tentu saja tidak. Pada tahun 1700an James Watt mengamati bahwa ketel yang dipanasi dengan api dari tungku dibawahnya itu tutupnya terangkat keatas, waktu airnya mendidih dan menjadi uap. Dari pengamatan seperti itu James Watt mulai berpikir bahwa uap dari air yang mendidih itu punya tenaga yang kalau bisa dikendalikan mungkin bisa dimanfaatkan untuk melakukan hal2 yang berguna, misalnya membuat mesin untuk menggerakkan perontok gandum dan jagung, misalnya. Dengan otaknya yang cerdas James Watt memikirkan bagaimana caranya mengendalikan dan menyalurkan tenaga uap air itu untuk melakukan kerja yang berguna. Dalam hal ini tentu saja semua ilmu pengetahuan, termasuk mekanika, yang sudah dikuasai masyarakat waktu itu dapat dimanfaatkan dan diterapkan oleh James Watt untuk membantunya dalam berusaha menyelesaikan masalahnya. Tetapi ilmu saja tidak cukup dan harus ditunjang oleh otak yang mampu membayangkan hal2 atau barang yang belum pernah ada dan justru harus diciptakan. Apapun juga proses yang terjadi diotak James Watt waktu itu, pada akhirnya dia sampai pada kesimpulan bahwa kalau dia membuat sebuah silinder atau tabung yang tertutup salah satu ujungnya, sedangkan diujung lainnya dia tutup dengan piston yang bisa maju mundur, maka kalau ada uap didalamnya piston itu akan terdorong keluar. Gerakan piston ini kemudian bisa disalurkan lewat sebatang besi untuk menggerakkan sesuatu yang berputar dan cenderung memaksa piston masuk kembali. Kalau dia bisa membuat katup yang bisa dibuka ditutup sesuai pergerakan piston tersebut, maka saat piston masuk kembali satu katup yang langsung berhubungan dengan udara bebas menjadi terbuka dan uap dibiarkan keluar supaya tidak menghalangi masuknya piston.

Saat piston berada di posisi paling dalam, katup tadi ditutup dan katup yang satunya lagi yang berhubungan dengan ketel pembuat uap dan saat itu tertutup kemudian dibuka supaya uap baru bisa masuk ke silinder dan mendorong keluar piston. Kemudian proses tersebut diulang ulang. Ujung batang besi (shaft) yang lainnya disambungkan ke batang besi yang diberi lekukan sehingga saat piston naik turun maka batang besi berlekuk tersebut melakukan gerak berputar (crank shaft). Gerak putar crank shaft tersebut kemudian lewat sistem batang besi dengan roda bergigi (gearing system) kemudian dapat dimanfaatkan untuk menggerakkan mesin lainnya. Proses penemuan mesin uap (steam engine) James Watt seperti itu disebut invensi atau invention (penemuan baru). Penemuan ini belum terlalu bermanfaat, walaupun punya potensi untuk dimanfaatkan lebih lanjut. Waktu James Watt berhasil melanjutkan penelitiannya dan menerapkan steam engine untuk menjadi mesin penggerak lokomotif, maka dia telah berhasil menemukan sesuatu yang langsung bermanfaat untuk kesejahteraan masyarakat dan ini disebut inovasi atau innovation. Dengan penyempurnaan² lebih lanjut akhirnya invensi mesin uap James Watt dapat dimanfaatkan menjadi inovasi untuk memproduksi lokomotif penyeret gerbong² yang bisa dinaiki penumpang atau barang. Secara singkat itulah sejarah ditemukannya kereta api, yang merupakan alat transportasi yang sangat bermanfaat dan membuka bab baru dalam sejarah peradaban manusia. Sebelum adanya kereta api, manusia hanya bisa berjalan kaki atau naik kuda atau kereta yang ditarik kuda. Jarak terjauh yang bisa ditempuh kuda tentu saja terbatas, karena kuda butuh beristirahat, makan dan minum dlsbnya. Dengan adanya kereta api manusia bisa bepergian sejauh apapun asalkan ada bahan bakarnya, yaitu kayu atau batubara. Disamping itu kecepatan kereta api juga jauh lebih cepat dari kuda yang paling cepat, dan mampu mengangkut manusia atau barang jauh lebih banyak daripada seekor kuda. Mesin uap juga bisa diterapkan untuk menggerakkan propeler yang mendorong maju kapal, dan inovasi dibidang transportasi laut ini juga sangat berpengaruh dalam membuka lembaran baru sejarah manusia karena bisa mengarungi samudera tanpa tergantung pada adanya angin yang harus menghembus layarnya. Dengan adanya alat transportasi darat dan laut yang baru ini manusia dari berbagai bangsa yang tinggal ditempat yang berjauhan menjadi bisa saling berdagang dan dengan demikian bangsa yang tinggal di daerah dingin dimana teh dan kopi tidak tumbuh, kemudian menjadi punya akses ke pasar yang menjual teh dan kopi dan dengan sendirinya kesejahteraan hidupnya meningkat. Pada awalnya tentu saja mesin uap itu sangat primitif dan tidak efisien. Tetapi dengan adanya mesin uap maka muncullah ilmu Termodinamika yang mempelajari tentang panas atau energi dan konversi energi, bagaimana energi dapat diubah dari satu bentuk ke bentuk lain dan dalam prosesnya melakukan kerja yang bermanfaat. Ilmu Termodinamika ini dengan adanya mesin uap lalu menjadi populer untuk dipelajari oleh para ilmuwan periset seperti Carnot, Brayton, Kelvin dlsbnya. Teori² baru mulai ditemukan yang pada akhirnya memunculkan invensi baru seperti motor bakar, baik Otto maupun Diesel. Invensi² baru itu kemudian mendorong penelitian dan pengembangan lebih lanjut yang akhirnya menghasilkan inovasi baru yaitu mobil dan pada akhirnya juga pesawat terbang.

Dari uraian diatas bisa dipahami bahwa pada awalnya pengamatan tentang cara bekerja alam akan memberikan pengertian yang terorganisir dan disebut ilmu pengetahuan atau sains (science). Kumpulan pengetahuan tersebut menunjang ditemukannya pengetahuan² baru, dan juga terjadinya penemuan atau invensi. Penemuan atau invensi ini kemudian mungkin dapat dimanfaatkan orang lain yang ingin menyelesaikan masalah tertentu dan berakhir dengan diperolehnya inovasi atau

barang dan jasa yang dibutuhkan masyarakat yang berdasarkan penerapan invensi tadi dan mungkin melibatkan invensi2 lainnya. Kekayaan masyarakat berupa ilmu pengetahuan, invensi dan inovasi itulah yang disebut sebagai iptek, yang kemudian dengan adanya pemodal dan entrepreneur ulung dlsbnya akan memunculkan industri baru yang menghasilkan produk baru demi peningkatan kesejahteraan masyarakat. Pembahasan diatas diharapkan dapat memperjelas betapa pentingnya penguasaan iptek itu untuk meningkatkan kesejahteraan masyarakat. Ini dimulai dari penguasaan ilmu pengetahuan, yang harus dipelajari oleh anak2 muda dan semua anggota masyarakat lainnya. Kemudian masyarakat harus bersedia membiayai usaha penelitian dan pengembangan lebih lanjut supaya akhirnya dapat ditemukan invensi2 baru yang kemudian diharapkan berbuntut dengan inovasi baru. Selanjutnya masyarakat harus punya aturan2 main yang jelas dan adil mengenai per bisnis an, supaya muncullah para entrepreneur dan pemodal2 yang berani mengambil risiko dalam usaha menerapkan inovasi baru itu menjadi produk (barang atau jasa) yang nyata yang memang bermanfaat bagi masyarakat. Selanjutnya suatu sistem pasar yang adil harus ada supaya masyarakat mampu membeli produk inovasi baru itu, pemodal dapat untung dan entrepreneur mendapat imbalan yang sesuai dengan kerja keras, kecerdasan dan keberuntungannya.

Dalam bab berikut kita akan mempelajari secara lebih rinci mengenai bagaimana suatu masyarakat dengan kemampuan iptek yang terbatas dapat berusaha untuk menyerap iptek dari bangsa lain yang ipteknya lebih tinggi. Istilah transfer of technology yang diterjemahkan sebagai alih teknologi itu menurut saya kurang sreg, karena memberi kesan bahwa prosesnya mudah dan se olah2 ada pihak pemberi teknologi yang aktif melakukannya, sedangkan pihak penerima menerimanya secara pasif. Dalam kenyataannya transfer of technology itu sangat sulit dilakukan karena teknologi harus dibeli dan direbut oleh pihak penerima teknologi dari pihak pemilik dan penjual teknologi yang akan menjual dengan harga se tinggi2 nya dan sesudah itu akan berupaya sekuat tenaga supaya teknologinya tidak bisa "dicuri" dengan mudah oleh pihak pembeli. Kalau tidak direncanakan dan dipersiapkan secara matang, besar kemungkinannya bahwa proses technology transfer dari penjual ke pembeli itu akan gagal. Ini tentu saja akan sangat merugikan bagi pembeli teknologi, tetapi tidak berpengaruh banyak bagi penjual teknologi, walaupun mungkin penjual teknologi ini diam2 tersenyum meremehkan pembeli teknologi yang sudah mengeluarkan biaya besar tetapi mendapatkan nol besar.

Jual beli teknologi memang jauh berbeda dari jual beli barang, dimana barang langsung berpindah tangan saat pembayaran dilakukan. Iptek bukanlah sesuatu yang bisa dilihat ataupun dipegang, dan jual beli tidak dilakukan dengan mengalihkan iptek itu dari penjual ke pembeli, tetapi pembeli harus merebutnya dari pihak penjual. Dalam suatu masyarakat tertentu, alih teknologi memang terjadi yaitu dari anggota masyarakat yang mengembangkan ilmu pengetahuan dan invensi, ke kelompok masyarakat yang berbisnis dan harus mengembangkan inovasi dan penerapan dari iptek baru tersebut. Karena semuanya adalah anggota masyarakat yang sama maka tidak ada upaya meng halang2i alih teknologi. Sebaliknya, pihak pemerintah akan mendirikan organisasi2 yang bertujuan membuat alih teknologi itu dapat terjadi dengan se baik2nya dan secepatnya. Namun demikian proses alih teknologi seperti inipun tidak terjadi dengan mudah.

3. Iptek dan Kesejahteraan Materi Manusia

Pada dasarnya manusia itu dilahirkan, kemudian menjalani kehidupannya dan pada akhirnya akan mati. Selama menjalani kehidupannya itulah manusia melakukan kegiatan yang kualitasnya mencerminkan kesejahteraan hidupnya. Seorang yang bisa makan paling tidaknya 3 kali sehari dengan gizi yang memadai, bahkan menikmati berbagai variasi jenis makanan dengan nilai gizi yang sama, dan kelezatan yang menggoyangkan lidahnya pastilah kita sebut sebagai orang yang hidupnya sejahtera dipandang dari segi makanan dan minuman. Kalau orang tersebut sakit dan dia mampu pergi berobat ke dokter, serta mampu membeli semua obat yang dibutuhkan untuk menyembuhkannya dari penyakit yang diderita, maka kita sebut bahwa orang itu sejahtera dari segi kesehatannya. Orang yang hidupnya sejahtera juga memiliki sebuah rumah yang nyaman, mampu melindunginya dari dinginnya hujan dan angin, serta teriknya matahari, dimana dia bisa beristirahat dengan tenang bersama keluarganya. Dia tentu punya kendaraan yang nyaman dan aman yang dapat dipakai untuk pergi ketempat kerja atau ke tempat2 tujuan lainnya sesuai dengan keinginannya. Orang yang hidupnya sejahtera pasti mampu mengisi waktu luangnya dengan kegiatan hidup yang berkualitas, misalnya mendapatkan hiburan nonton film atau pertandingan olah raga, atau membaca novel yang menarik, mengunjungi galeri seni dan museum atau kebun binatang, secara aktif ikut main tenis atau sepak bola atau golf, berlayar dipantai yang elok, nonton rock concert atau sandiwara dan opera dan hiburan2 lain yang membuat kehidupannya disebut bahagia. Orang yang sejahtera juga mempunyai suami atau istri dan punya anak2 untuk melanjutkan garis keturunannya. Waktu masih kecil orang yang sejahtera itu akan mendapatkan kasih sayang dan perlindungan yang baik yang diberikan oleh kedua orang tuanya. Anak yang sejahtera ini bisa bermain dengan anak2 lainnya, dan juga bersekolah dimana dia belajar menguasai ketrampilan yang akan dibutuhkannya sebagai orang dewasa dan harus bekerja untuk membiayai semua kebutuhan hidupnya.

Dijaman dahulu kala sebelum adanya sains moderen banyak orang yang meninggal dibawah usia 40 tahun, mungkin karena gizinya yang kurang baik ataupun menderita penyakit yang tidak dimengerti dan tidak diketahui obatnya dan lain sebagainya. Kita dapat dengan mudah membayangkan kaitan erat antara iptek (ilmu pengetahuan dan teknologi) dan tingkat kesejahteraan manusia atau masyarakat manusia. Sebagai contoh, dijaman dulu cangkir dan mangkok yang terbuat dari logam itu dilapis timbal hitam yang sangat beracun. Ini supaya cangkir atau mangkok itu tidak cepat berkarat, dan waktu itu manusia belum tahu bahwa timbal hitam itu adalah racun yang mematikan. Setiap kali minum anggur, atau minuman lainnya, dari cangkir berlapis timbal si peminum akan minum sedikit larutan timbal bersama anggur yang enak itu, dan timbal ini akan terkumpul ditubuhnya sampai akhirnya mencapai kadar yang mematikan. Contoh lain adalah waktu logam aluminium pertama kali ditemukan, biaya yang dikeluarkan untuk membuat cangkir pertama yang terbuat dari aluminium dan diberikan kepada Napoleon itu lebih besar dari seluruh kekayaan kaisar Napoleon yang super kaya raya itu (cerita ini saya peroleh waktu bekerja di Alcan Australia). Sekarang siapa saja yang mau punya cangkir aluminium bisa dan mampu membelinya karena sangat murah. Di jaman dulu kalau seseorang menderita penyakit cacar, besar kemungkinannya bahwa dia tidak akan bisa sembuh dan akan mati sebagai akibatnya. Demikian juga dengan banyak jenis penyakit lainnya. Orang yang paling kaya diseluruh dunia dijaman dulu mau tidak mau terpaksa kepanasan waktu musim panas, sedangkan kita bisa beli air conditioner untuk menyejukkan udara di sekeliling kita. Seratus lima puluh tahun lalu kendaraan paling mewah yang bisa dibeli oleh orang

paling kaya dunia adalah sebuah kereta yang ditarik kuda, karena waktu itu belum ada mobil. Dijaman sekarang setiap anak sekolah pasti belajar mengenai mekanika, sedangkan 400 tahun lalu hanya jenius seperti Newton saja yang mulai mengerti tentang mekanika dan professor yang paling pintar dan terkenal saat itu tidak tahu apa2 tentang mekanika. Lebih dari seratus tahun lalu siapa saja yang bilang bahwa orang bakal bisa terbang seperti burung, pasti akan ditertawakan oleh semua orang, dianggap orang sinting atau pengkhayal yang keterlaluan.

Bahkan sampai tahun 1970an kebanyakan manusia didunia belum pernah merasakan bagaimana rasa terbang didalam pesawat terbang. Baru dengan adanya pesawat jumbo Boeing 747 biaya perjalanan udara dengan pesawat terbang menjadi cukup murah sehingga kebanyakan penduduk negara maju mampu bepergian keluar negeri dengan pesawat terbang, termasuk para pekerja kelas rendah. Tetapi untuk negara2 berkembang hanya sebagian kecil atau kelompok elit masyarakat saja yang sudah bisa menikmati bepergian dengan naik pesawat terbang. Khususnya untuk terbang dengan kecepatan supersonik, hanya kelompok elit kecil dinegara maju saja (dan para koruptor di negara2 berkembang) yang mampu membayar untuk naik pesawat Concord. Demikian juga untuk terbang ke angkasa luar sampai saat ini baru beberapa gelintir astronot dan 2 orang turis jutawan yang pernah menikmati terbang ke luar atmosfer bumi. Tetapi dalam 20 atau 30 tahun lagi, siapa tahu mungkin bertamasya ke hotel diangkasa luar sudah akan menjadi kenyataan dan sudah bisa dinikmati oleh banyak orang.

Diskusi diatas menunjukkan betapa erat hubungan antara kemampuan iptek yang dikuasai oleh suatu masyarakat dengan tingkat kesejahteraan hidup manusia2 anggota kelompok masyarakat tersebut. Kalau direnungkan seperti dijelaskan diatas, sesungguhnya sangat mudah dimengerti bahwa tingkat kesejahteraan suatu masyarakat itu sangat tergantung pada kemampuan ipteknya. Namun demikian dibanyak negara miskin dan berkembang, ada banyak orang yang menyamakan tingkat kesejahteraan hidupnya dengan berapa gram emas yang dimilikinya. Seorang milyarder yang punya emas ber ton2 tapi mati ditahun 1940, pasti tidak akan mampu membeli pesawat televisi karena TV belum ada sebelum tahun 1940 (kecuali di laboratorium riset).

Milyarder paling kaya saat ini, kalau kehilangan kakinya dalam suatu kecelakaan pasti tidak bisa membeli kaki yang baru, karena belum ada iptek untuk membuat kaki baru. Dengan kemajuan iptek dibidang genetika, dan dibidang2 lain seperti nanoteknologi, bioteknologi dan seterusnya bisa jadi 50 tahun dari sekarang sudah akan ada iptek yang mampu membuat kaki atau organ tubuh lain yang baru seandainya seseorang kehilangan organ tubuh tersebut dalam suatu kecelakaan. Binatang yang disebut salamander itu mampu membuat ekor baru kalau ekor lamanya dipotong. Dengan mempelajari gen2 salamander diharapkan bahwa akhirnya akan ditemukan gen tertentu yang mengatur pembuatan organ tubuh baru, dan kalau gen ini bisa dicangkokkan ke gen manusia, bisa jadi suatu saat orang yang kehilangan tangan atau kaki akan bisa menumbuhkan tangan atau kaki baru lewat proses tersebut diatas yang dapat dibaca lebih lanjut diantaranya di majalah New Scientist.

Kemajuan dibidang medis telah memungkinkan bagi orang yang ingin tetap awet muda dapat melakukan bedah plastik untuk menghilangkan kerut2 didahi dan bagian muka lainnya. Di Australia ada banyak orang yang masih relatif muda, dibawah usia 35 tahun, yang untuk menjaga penampilannya agar tetap kelihatan segar tidak keberatan membayar ribuan dolar untuk mendapatkan injeksi botox yang dilakukan oleh ahli bedah plastik (dan bedah kantong tentunya!).

Iptek itu memang sangat menentukan tingkat kesejahteraan hidup manusia, disemua bidang kegiatan kehidupan manusia, misalnya makan minum, kenyamanan iklim, kesehatan, transportasi, hiburan dan lain lainnya. Kalau anda pernah membaca dan/ atau nonton filem berjudul Lord Jim, anda akan tahu bahwa 70 tahun lalu orang2 yang akan naik haji itu harus naik kapal dan butuh 6 bulan lebih, mulai dari saat berangkat dari kampungnya di Nusantara dan sampai di Mekah, melakukan ibadah haji dan kemudian kembali ke kampung halamannya. Kehidupan dikapal laut itu begitu ganasnya sehingga kebanyakan orang yang naik haji waktu itu meninggal, baik saat berada di Arab Saudi (karena tua atau sakit) ataupun dalam perjalanan berangkat atau pulang naik kapal. Inilah sebabnya dijamin dulu orang yang naik haji itu direlakan untuk berangkat dan wafat ditanah suci atau dalam perjalanan. Sampai sekarang dampak psikologis dari kenyataan tersebut masih tersisa, walaupun sekarang orang naik haji naik pesawat dan bus, serta tinggal di hotel ber AC (paling tidaknya untuk mereka yang pakai ONH Plus) dan disertai tim medis. Jelas bahwa kesejahteraan para jemaah haji sangat meningkat dengan kemajuan iptek dan penerapannya dalam kehidupan manusia.

Mengingat pengalaman hidup saya sendiri, waktu di SMA harus belajar menggunakan buku daftar log supaya bisa menghitung perkalian dengan cepat dan juga menghitung sinus dan kosinus sebuah sudut dlsbnya. Waktu saya di universitas daftar log sudah tidak dipakai lagi dengan munculnya teknologi baru yaitu alat yang disebut "slide rule" buatan Jepang. Dengan alat ini hitungan dapat dilakukan dengan lebih cepat. Pada tahun 1972 saya bergabung dengan beberapa teman membeli kalkulator langsung dari pabriknya di Singapura (supaya murah) merek Hewlett Packard HP41, dengan LED (light emitting diode) yang berwarna merah. Waktu itu harganya selangit (gaji 2 minggu seorang insinyur muda). Alat canggih ini membuat hitungan sangat mudah, tinggal pencet tombol. Sekarang kalkulator yang sama sudah tidak dijual lagi, tetapi ada banyak kalkulator yang lebih canggih dengan display yang menggunakan LCD (liquid crystal display) yang lebih hemat batere daripada LED, yang dijual dengan harga setara gaji 1 atau 2 jam kerja insinyur baru. Sekarang kalkulator tidak laku lagi, dan diganti oleh alat yang bisa melakukan hitungan, tetapi juga berfungsi sebagai telpon dan macam2 lagi, dan harganya lebih murah. Inilah contoh lain dampak dari perkembangan iptek pada tingkat kesejahteraan materi manusia. Anak saya pernah melihat slide rule milik saya yang saya berikan padanya, tetapi cucu saya mungkin hanya bisa membaca tentang slide rule di buku sejarah dan bisa jadi ada satu dua yang tersimpan dimuseum yang dapat dilihatnya!!! Saya juga masih ingat pertama kali melihat radio transistor yang portable dengan tenaga batere, bisa ditenteng ke mana2 pada tahun 1960, suatu kemajuan hebat dari radio yang pakai mata kucing tapi terpaku dimeja. Waktu anak saya lahir ditahun 1973 saya membeli movie camera untuk merekam kehidupan se hari2 sang orok. Kamera ini pakai filem yang dijual dalam rol kecil yang bisa mengambil filem selama kurang dari 3 menit dan harganya \$5 (gaji 2 atau 3 jam insinyur baru waktu itu) satu rol, termasuk biaya cucunya. Harga kamera beserta layarnya saya lupa tapi selangit mahalnya. Dengan kamera tersebut saya bisa mengabadikan masa kanak2 dari anak saya dalam seluloid. Sekarang anda bisa membeli video camera digital dengan harga \$2000 (gaji 2 minggu insinyur muda saat ini) dan anda bisa merekam video tanpa harus beli filem, hanya perlu PC atau VCD atau DVD player saja. Teknologi membuat kita mampu melakukan sesuatu yang lebih rumit dengan biaya yang relatif jauh lebih murah. Anak saya tumbuh di era IBM compatible PC dan saya mulai membeli PC dari jenis yang

paling sederhana yaitu Sinclair Z80 ditahun 1981, lalu meningkat ke IBM PC XT tahun 1984 atau 1985, disusul dengan AT atau 286, lalu 386, 486 dan kemudian Pentium dstnya. PC dengan cip jenis baru yang lebih canggih, baik dari Intel, AMD atau merek lainnya muncul setiap 2 tahun sekali dan harganya relatif sama bahkan kadang2 lebih murah dan selalu dengan kemampuan teknis yang jauh meningkat. PC dapat digunakan sebagai alat hitung yang ampuh, juga sebagai mesin ketik, tetapi belakangan juga bisa dipakai untuk banyak hal lagi seperti permainan elektronik (electronic games), untuk komunikasi lewat email, untuk berbisnis dan banyak lagi hal2 yang masih sedang berkembang. Di Indonesia saya yakin ada banyak orang2 kaya yang seusia saya tetapi tidak punya PC karena tidak tahu mau dipakai untuk apa. Jadi kekayaan saja tidak cukup untuk meningkatkan kesejahteraan materi manusia. Kemampuan untuk menguasai dan memanfaatkan iptek juga berperan sangat penting dalam meningkatkan kesejahteraan materi manusia.

Waktu saya kecil, mainan saya terbatas pada gasing atau kereta2an yang terbuat dari kulit jeruk Bali dlsbnya. Di jaman sekarang anak2 kecil bermain menggunakan komputer (PC) permainan seperti PacMan, Solitaire dlsbnya (wah kuno sekali) atau permainan elektronik canggih pakai Nintendo, Xbox atau Sony PlayStation dlsbnya. Anda juga bisa bermain catur lawan komputer, yang selalu bisa disetel pada tingkat kemampuan yang lebih rendah supaya bisa kita kalahkan, daripada kita frustrasi karena kalah terus menerus. Untuk mempelajari masalah aliran fluida, ada banyak software canggih yang dapat menyelesaikan persamaan atur Navier Stokes yang rumit sekali. Aliran turbulen dapat disimulasikan secara numerik dan hasilnya ditayangkan dalam bentuk grafik yang statis. Tetapi supaya dapat mempelajari detil dari aliran fluida, para peneliti telah membuat software dan hardware untuk menayangkan pola aliran secara dinamis. Dengan menggunakan goggle (seperti kaca mata) kita bisa merasa berada se olah2 berada didalam aliran dan mengamati bagaimana vortex dihanyutkan arus dlsbnya. Alat seperti ini mulai dikembangkan sejak 1980an oleh NASA dan pembuat Work Station seperti Silicon Graphic, dan merupakan awal dari apa yang sekarang dikenal sebagai simulasi dengan Virtual Reality. Dengan memakai goggle dan software tertentu anda dapat se olah2 menjadi seorang arkeolog yang mempelajari piramida di Mesir, masuk ke lorong2 dalam piramida, melihat ruang2 yang dindingnya dihias dengan tulisan dan lukisan kuno dlsbnya. Anda akan merasa benar2 berada didalam piramida karena itulah yang anda lihat, walaupun sebenarnya anda berada di kamar anda sendiri. Apa yang anda lihat berubah sesuai pergerakan kepala anda, jadi seperti dalam kenyataan saja. Peralatan seperti ini sudah banyak digunakan oleh professional diberbagai bidang, dan sekarang atau sebentar lagi akan dijual sebagai mainan elektronik kepada anak2 dan orang dewasa yang akan merasa berada diruang cyber. Dalam permainan dengan virtual reality ini anda se olah2 dapat merasakan bagaimana berkelahi melawan penjahat dlsbnya, bukan sekedar menggerakkan tombol dan melihat hasilnya di layar. Permainan seperti Nintendo dan Play Station etc sebentar lagi juga akan jadi kuno dan diganti oleh permainan yang memanfaatkan virtual reality, dimana sebagai contoh anda bisa benar2 merasakan bagaimana pengalaman seorang pilot saat menerbangkan pesawat, atau bagaimana rasanya berlaga melawan Van Damme atau bertinju melawan Muhamad Ali dlsbnya.

Saya tidak akan heran bila nanti juga ada permainan untuk dewasa dimana anda bisa berpacaran dan bercinta dengan artis cantik seperti Marilyn Monroe atau Pamela Anderson dlsbnya di virtual reality. Dibanyak negara maju iptek pendukung untuk hal2 seperti itu sudah ada, hanya tinggal menunggu para entrepreneur yang bermimpi

mengeruk untung se besar2nya dari hasil inovasi dia, menerapkan iptek yang ada untuk hal apapun baik dibidang medis, penelitian ataupun hiburan.

Kemajuan pesat juga telah diperoleh di bidang robot. Sekarang para insinyur sudah bisa membuat robot yang bisa berjalan, bahkan menendang seperti pesilat. Dengan kemajuan dibidang ilmu kognitif yang mempelajari cara bekerja otak, dan juga dibidang bio, nano dan info teknologi serta ilmu kecerdasan buatan (artificial intelligence), saya rasa tak akan lama lagi para insinyur akan bisa membuat otak buatan yang akan membuat robot2 itu mampu berpikir, mungkin pada awalnya dengan kemampuan yang masih sangat terbatas seperti anak berusia 10 tahun? Pada saat ini robot paling canggih pun, kalau punya kecerdasan, tingkat kecerdasannya sama dengan manusia idiot. Tetapi tentu saja kecerdasan buatan itu akan ber evolusi, dan mungkin laju evolusinya akan jauh lebih cepat daripada kecerdasan manusia, sehingga dalam waktu singkat akan ada robot yang lebih cerdas daripada manusia siapapun juga, termasuk yang paling jenius.

Kemajuan iptek memang sangat pesat dan penerapannya untuk meningkatkan kesejahteraan manusia di berbagai macam kegiatan kehidupan juga semakin bervariasi dan sulit diprediksi. Manusia2 anggota dari masyarakat maju yang mengembangkan iptek itu tentu saja akan menikmati peningkatan kesejahteraan atau kemakmuran, walaupun sesungguhnya hanya sebagian kecil dari masyarakat itu yang terlibat secara langsung dalam upaya penelitian dan pengembangan iptek2 maju tersebut. Sebaliknya bagaimana dengan manusia2 yang bukan anggota dari masyarakat maju itu? Misalnya saja bagaimana rakyat Indonesia bisa ikut merasakan kemajuan yang diperoleh oleh para ahli Amerika Serikat ?

Dalam kenyataan hidup bila saya memiliki sesuatu yang bisa saya buat sendiri dan ada orang lain yang juga ingin memilikinya tapi dia tak mampu membuatnya, maka boleh saja dia minta kepada saya untuk dibuatkan barang itu. Tetapi tentu saja saya tidak akan memberikannya secara cuma2. Saya akan lihat dulu apa yang dia bisa buat dan kemudian barulah kami melakukan barter atau saling tukar menukar barang. Hal seperti ini juga dilakukan antar bangsa. Kalau kita menginginkan PC dan software yang dihasilkan Amerika, maka Amerika tentunya akan minta imbalannya dari kita, misalnya kopi. Barter ini tentu saja sudah sangat rumit dan kita kenal sebagai perdagangan internasional. Namun demikian intinya masih tetap sama. Tidak mungkin kita memaksa Amerika untuk memberikan sesuatu pada kita tanpa imbalan apapun, hanya karena kita minta2 dan perlu dikasihani olehnya. Jadi didunia yang semakin menjadi kampung kecil (global village) ini, kemajuan iptek disuatu bangsa akan menetes juga pada akhirnya ke bangsa2 lain yang kemampuan ipteknya jauh lebih rendah. Misalnya saja, walaupun bangsa Indonesia tidak begitu mengerti apalagi menguasai teknologi mikroelektronika dan telekomunikasi, dan tidak punya kemampuan memproduksi ponsel, tetapi para elite bangsa Indonesia toh bisa petentang petentang seperti bangsa2 lain saling berkomunikasi dan mengirim SMS menggunakan ponsel yang bisa dibelinya dengan mudah. Karena iptek untuk ponsel itu dikembangkan oleh ilmuwan dan insinyur di negara maju seperti Finlandia, misalnya, untuk memenuhi kebutuhan para anggota masyarakatnya, maka di Finlandia (dan negara maju lainnya) ponsel adalah sebuah alat komunikasi yang murah dan bisa dibeli semua anggota masyarakat termasuk anak2 kecil.

Sebaliknya di Indonesia ponsel Nokia harus di impor dari Finlandia dan harus dibayar dengan hasil ekspor Indonesia. Tentu saja hanya kaum elit Indonesia saja yang mampu membeli ponsel, dan ponsel disamping sebagai alat komunikasi juga merupakan status symbol yang wah. Cina juga belum memiliki kemampuan iptek untuk memproduksi ponsel sendiri. Karena Cina itu penduduknya begitu besar, jadi

walaupun golongan kaya nya yang mampu membeli ponsel, sebagai prosentase dari jumlah seluruh penduduk itu sangat kecil, namun jumlah mutlak nya sangat besar. Tidak mengherankan bahwa semua produsen ponsel dunia, baik dari Eropa, Jepang atau AS, ingin masuk ke pasar Cina. Tetapi Cina berbeda dari Indonesia. Cina mengatakan pada para produsen ponsel itu bahwa mereka boleh masuk ke pasar Cina asalkan saja ponsel yang dijual di Cina itu juga diproduksi di Cina. Silahkan saja produsen ponsel itu menanam modal, membuat pabrik pembuat ponsel di Cina. Semua masalah perijinan dibuat mudah dan para calon investor asing itu diberi insentif, mungkin dengan diberikan tax holiday atau insentif lainnya. Para investor asing tersebut tentu saja sangat ingin masuk ke pasar Cina yang besar, dan kalau bikin pabrik di Cina juga menguntungkan karena upah buruhnya murah, sedangkan infrastruktur di Cina, seperti jalan raya, pelabuhan dll juga cukup baik. Dengan cara ini Cina mendapat keuntungan yaitu membuka lapangan kerja dan sedikit demi sedikit bisa berusaha merebut teknologi ponsel, sehingga suatu hari Cina akan mampu membuat ponselnya sendiri. Hal ini tentu disadari oleh perusahaan asing itu, dan yang dikerjakan di Cina hanyalah produksi ponsel dengan menggunakan alat yang dibawanya dari negerinya sendiri. Para manajer kunci di perusahaan itu pasti juga orang asing, dan litbang tentang iptek ponsel pasti tidak akan dilakukan di Cina, tetapi dinegaranya sendiri. Tentu saja target Cina adalah menguasai seluruh iptek ponsel, bukan hanya sekedar jadi tukang jahit atau kuli pabrik saja. Dalam hal ini akan terjadi tarik ulur, dimana Cina akan menuntut bahwa perusahaan asing itu melakukan semua yang diperlukan untuk mampu memproduksi ponsel yang terbaru dan tercanggih, termasuk adanya laboratorium litbang, sedangkan investor asing akan menolak dan berusaha sekuat tenaga agar ipteknya tidak "tercuri" oleh Cina. Inilah kenyataan dari apa yang disebut sebagai alih teknologi. Cina akan menuntut supaya sebagai imbalan boleh memasuki pasar Cina yang besar dan menikmati beberapa insentif lainnya, perusahaan asing itu diminta untuk memberi pelatihan bukan saja terbatas pada para "tukang jahit" atau pekerja kasar, tetapi juga semua pekerja yang dibutuhkan untuk menjalankan perusahaan. Pada awalnya mungkin perusahaan itu boleh menggunakan mandor, insinyur dan manajer dari negaranya sendiri, tetapi sedikit demi sedikit mereka ini harus diganti oleh staf Cina, sehingga akhirnya modal perusahaan memang tetap milik asing namun semua pekerja adalah orang Cina. Karena pekerja Cina digaji jauh lebih rendah daripada pekerja Amerika, misalnya, maka pengusaha Amerika itu bisa melihat bahwa sebenarnya dia bisa memindahkan pabrik produksinya ke Cina dan menjual hasilnya bukan hanya di Cina tetapi juga mengeksportnya keseluruh dunia, termasuk negaranya sendiri. Dia akan menang bersaing lawan saingannya karena biaya produksinya lebih rendah daripada biaya produksi saingannya itu, kecuali kalau saingannya juga punya pabrik di Cina. Ini berarti bahwa kalau salah satu dari produsen ponsel mulai menanam modal di Cina, maka mau tidak mau para saingannya juga harus melakukan hal yang sama, yaitu menanam modal di Cina atau negara berkembang lain yang bersaing dengan Cina untuk penanaman modal asing. Perusahaan yang mempertahankan pabriknya berada di negara sendiri dengan biaya buruh yang lebih mahal, tentunya akan kalah bersaing. Inilah sebabnya didunia ini terjadi apa yang disebut "trickle down effect" atau dampak air menetes. Ibaratnya dipuncak gunung ada sumber mata air, dimana iptek dikembangkan, inovasi baru dilahirkan dsbnya. Dari hasil penelitian (scientific discovery), yang berlanjut ke penemuan baru (invention), sampai ke ide membuat produk baru yang diperkirakan dibutuhkan masyarakat demi kesejahteraannya (innovation), akhirnya akan muncul seorang entrepreneur yang bervisi kedepan dan mampu menjual visi tersebut ke para pemodal dipasar uang. Setelah mendapatkan

modal, sang entrepreneur akan bekerja keras, jungkir balik berusaha membuat impiannya menjadi kenyataan. Pada awalnya sang entrepreneur mungkin bekerja dengan sejumlah kecil karyawan, dan bisa jadi usahanya akan menemui jalan buntu dan gagal. Tetapi dengan sedikit keberuntungan, dia akan berhasil dan sedikit demi sedikit usahanya akan membesar. Pendiri Apple Computer, Steve Job, mulai usahanya di garasi rumahnya, bekerja dengan satu orang temannya. Bill Gates juga mulai dari perjuangan awal yang sangat berat sebelum akhirnya Microsoft bisa menjadi perusahaan raksasa. Amerika Serikat menjadi negara yang sukses, lebih dari negara2 lainnya, karena Amerika punya banyak anak muda yang berani bermimpi dan didukung oleh adanya pasar modal dimana ada banyak pemodal yang berani mengambil risiko, mendukung para pemimpi tersebut walaupun ada kemungkinan besar modalnya akan amblas begitu saja. Banyak usaha2 seperti ini yang gagal, tetapi kalau ada yang berhasil maka hasilnya sangat spektakuler dan mampu menumbuhkan kembangkan suatu industri baru yang bernilai ratusan milyar dolar, seperti Microsoft, Oracle, Yahoo dan lain sebagainya. Inilah sumber dipuncak gunung yang disebut tadi. Pada awalnya produk dari inovasi baru itu akan terbatas dinegara sang entrepreneur itu sendiri, dan mungkin dibeberapa negara maju lainnya. Tetapi lama kelamaan produk tersebut akan menyebar keseluruh penjuru dunia. Seperti dengan cerita tentang ponsel yang dibahas sebelumnya, inovasi baru itu akan mulai menetes ke negara berkembang, dimulai dengan memberi pekerjaan sebagai tukang jahit kepada rakyat negara berkembang tersebut. Sedikit demi sedikit, iptek baru itu akan direbut oleh negara berkembang yang bersangkutan, sampai akhirnya iptek tersebut menjadi iptek yang sudah menyebar dan dikuasai oleh banyak negara di dunia.

Cerita diatas terjadi di industri otomotif, dimana pada awalnya iptek permobilan berkembang di Amerika dan kemudian ditiru oleh Jepang lewat proses seperti yang dijelaskan tadi. Pada awalnya mobil Jepang itu tidak terlalu bagus, dan merupakan tiruan murah dari mobil Amerika dan Eropa. Jepang tetap bersikeras menggeluti iptek permobilan dan pada awalnya berkonsentrasi pada teknologi produksi, bagaimana dapat memproduksi mobil yang jauh lebih murah, walaupun tidak sebagus atau senyaman mobil Amerika. Selanjutnya Jepang berusaha mengembangkan teknologi metalurgi nya supaya kualitas besi baja yang dibutuhkan untuk membuat mobil dapat ditingkatkan. Sedikit demi sedikit teknologi otomotif Jepang menjadi semakin meningkat, sehingga sejak tahun 1980an mobil Jepang mampu bersaing dengan mobil terbaik Amerika dan Eropa dari segi mutu dan keandalan, sedangkan harganya jelas lebih murah. Saat ini boleh dikatakan iptek otomotif Jepang sudah mencapai paling tidaknya setingkat, bila tidak lebih baik, dari Amerika atau Eropa. Agak sedikit lebih belakangan hal yang sama juga terjadi dengan teknologi pembuatan cip, yang pindah dari Amerika ke Jepang, Korea Selatan dan akhirnya Taiwan. Mungkin dimasa depan akan pindah ke Cina dan India.

Satu hal penting yang perlu dicatat adalah bahwa dampak air menetes itu tidak terjadi secara otomatis, tetapi lewat perjuangan keras. Teknologi tidak pernah dialihkan atau diberikan secara cuma2, tetapi harus direbut. Perebutan teknologi hanya bisa terjadi bila kemampuan iptek dari negara yang ingin merebut teknologi itu tidak tertinggal terlalu jauh bila dibandingkan dengan yang empunya teknologi. Kalau jurang pemisah iptek itu terlalu lebar, maka "alih teknologi" atau mungkin lebih tepatnya "perpindahan teknologi lewat upaya perebutan yang serius" tidak akan terjadi.

Sebagai contoh marilah kita lihat perkembangan industri otomotif di Indonesia. Saya tidak begitu tahu tentang sejarah industri ini di Indonesia, tetapi saya rasa mengingat sejarah Indonesia yang sering bergejolak dan belum berusaha sungguh2 membangun sebelum tahun 1970 maka dapat diambil kesimpulan bahwa industri ini baru tumbuh

sejak 1970. Pertanyaannya adalah, apa saja yang sudah dicapai dari segi pemindahan teknologi otomotif selama 30 tahun itu? Ternyata jawabannya sangat menyedihkan, yaitu bahwa sampai saat ini Indonesia belum menguasai iptek otomotif. Untuk memberi kesempatan supaya industri otomotif dalam negeri mulai tumbuh, sebenarnya pemerintah telah melakukan hal yang benar yaitu menerapkan pajak impor barang mewah yang sangat tinggi. Dengan demikian mobil yang diimpor dari luar negeri akan mempunyai harga jual yang sangat mahal, dan kalau ada entrepreneur dalam negeri yang mampu melakukan penyerapan teknologi otomotif maka dengan upah buruh di Indonesia yang murah, mobil hasil produksi dalam negeri tentunya mampu bersaing walaupun pada awalnya mutunya kurang bagus. Seperti dikatakan sebelumnya hal seperti itulah yang terjadi di Jepang. Dalam kenyataannya usaha penyerapan teknologi otomotif di Indonesia boleh dikatakan gagal total. Setelah 30 tahun berusaha, Indonesia hanya bisa membanggakan mobil niaga atau setengah niaga seperti Kijang dan Panther. Itupun dengan local content yang paling hanya 70 persen (?), dan bagian2 atau komponen mobil dengan muatan iptek tinggi masih belum bisa dilakukan oleh Indonesia, dan harus tetap diimpor dari Jepang atau negara lainnya. Kelihatannya Indonesia hanya mampu membuat body mobil dengan alat press yang diimpor dari luar, yaitu peran orang Indonesia tidak lebih dari seorang tukang jahit saja dan selama 30 tahun tidak mengalami kenaikan pangkat yang signifikan. Saya tidak yakin apakah Indonesia sudah mampu merancang dan membuat sendiri mesin motor bakar yang mutu dan efisiensinya setingkat dengan yang terbaik didunia. Kalau yang bisa dibuat adalah motor bakar kuno hasil sontekan yang sudah kadaluwarsa, ini tidak ada gunanya karena tidak akan ada yang mau membeli produk usang tersebut. Konsumen hanya bersedia membeli terbaik yang ada dan dijual dengan harga bersaing. Demikian juga saya tidak yakin apakah Indonesia sudah menguasai iptek untuk membuat kopling dan komponen transmisi lain dengan mutu setingkat dengan yang terbaik didunia dan dengan harga bersaing. Knalpot buatan Indonesia itu dibuat dari besi dengan kualitas rendah dan jelas mutunya secara menyeluruh sangat rendah, walaupun harganya memang murah dibanding dengan barang impor (karena yang diimpor kena pajak tinggi). Iptek otomotif dunia sedang mengalami perubahan yang signifikan, karena masalah pencemaran udara dan semakin menipisnya cadangan minyak dunia yang harus diatasi dengan teknologi baru. Dari segi engine dan transmisi, iptek otomotif sedang berkembang pesat. Saat ini sudah mulai banyak mobil hibrida yang dipasarkan, seperti Toyota Prius dlsbnya. Mobil dengan mesin penggerak berbasis fuel cell juga mulai disosialisasikan, walaupun harganya masih terlalu mahal saat ini. Di semua negara maju orang sudah berbicara tentang indeks kualitas hidup, yang nilainya turun bila udara untuk bernafas itu tercemar oleh gas buang. Di Indonesia hal semacam itu dianggap tidak penting, karena sudah bisa naik bajaj pun sudah beruntung. Bus2 milik pemerintah daerah pun mengepulkan asap hitam dan berperan besar dalam mencemari kualitas udara yang dihisap sebagai nafas oleh penduduk kota2 besar seperti Jakarta dlsbnya. Jadi bisa diambil kesimpulan bahwa dari segi iptek otomotif, Indonesia bukannya semakin mampu bersaing tetapi sebaliknya semakin tertinggal oleh negara2 lain. Negara tetangga, Malaysia, juga belum terlalu maju dari segi iptek otomotif. Tetapi paling tidaknya mereka boleh berbangga dengan adanya mobil Proton yang dianggap sebagai mobil nasional (saya tidak tahu berapa besaran local content dari mobil Proton). Memang menurut pengamat luar negeri mobil Proton itu bisa bersaing hanya karena mobil impor dikenakan bea masuk yang sangat tinggi, jadi sesungguhnya biaya pembuatan Proton itu lebih besar daripada biaya pembuatan mobil serupa di Jepang atau Korea Selatan. Disamping itu kualitas mobil Proton juga masih

diragukan.

Pertanyaan yang bisa kita ajukan adalah mengapa Korea Selatan, Jepang dan Taiwan berhasil dalam upaya mereka merebut teknologi dari negara2 Barat, sedangkan Indonesia gagal total? Saya yakin jawabannya sangat rumit, tetapi ada beberapa hal yang bisa kita bahas. Pertama, Jepang setelah perang dunia II memang ekonominya porak poranda, tetapi sesungguhnya masyarakat Jepang sudah memiliki tradisi ilmiah yang baik. Pada tahun 1905 Angkatan Laut Jepang berhasil mengalahkan Angkatan Laut Kekaisaran Rusia. Ini berarti bahwa saat itu pun Jepang sudah memiliki teknologi yang tak berbeda jauh dari teknologi yang ada di negara2 Barat. Dalam Perang dunia II itu sendiri, pesawat2 tempur Jepang mampu menandingi pesawat2 tempur Amerika, dan waktu itu Jepang juga sudah punya kapal induk. Jepang memang miskin sumber daya alam, jadi untuk kelanjutan hidupnya orang Jepang sudah terbiasa bekerja keras. Orang Jepang juga terkenal memiliki disiplin yang tinggi dan struktur social yang mapan dan berjalan lancar. Sistem pemerintahannya pun cukup mapan dengan sektor administrasi pelayanan masyarakat yang baik. Pendidikan di Jepang sebelum perang dunia II juga sudah ada dan berjalan dengan baik dan universitas2 telah melakukan riset dengan hasil2 yang cukup bermanfaat. Jadi sesungguhnya Jepang sesudah perang dunia II adalah suatu negara maju yang kalah perang. Tingkat kemampuan ipteknya tidak berbeda jauh dari iptek Amerika sehingga tidaklah sulit bagi Jepang untuk merebut teknologi dari Amerika.

Sekarang marilah kita lihat situasi yang ada di Indonesia. Sebelum merdeka pendidikan di Indonesia tidak begitu baik, hanya anak2 pedagang kaya dan pejabat tinggi saja yang bisa bersekolah. Mungkin bisa dikatakan bahwa Indonesia tidak memiliki tradisi ilmiah yang baik, bahkan boleh dikatakan banyak yang percaya tahayul, sehingga pejabat dan dosen pun pergi ke dukun minta diberi jampi2 supaya naik pangkat. Indonesia juga tidak memiliki sistem layanan masyarakat yang baik, karena masyarakatnya bersifat feodal dan para pegawai pemerintah merasa sebagai pemilik negara (pamong projo) bukan sebagai pelayan masyarakat (public servant). Situasi ini menimbulkan tumbuhnya sistem administrasi yang rusak dan rakyat kecil yang takut pada pamong projo dan ditindas oleh mereka, bukannya dilayani dan diberi pembinaan yang baik. Filsafat Jawa yang nrimo membuat masyarakat menerima situasi apa adanya dan tidak berani neko2, walaupun situasinya sangat tidak menguntungkan untuk perbaikan nasib rakyat kecil. Dijaman penjajahan Belanda masyarakat Indonesia tidak diberi pendidikan, tetapi hanya diperas saja disuruh bekerja sebagai kuli di perkebunan dlsbnya demi keuntungan para pejabat kumpeni Belanda (VOC). Setelah merdeka, situasi seperti itu dilanjutkan oleh pejabat pemerintah Indonesia, tetapi dihibur dengan kata2 bahwa kita sudah merdeka (walau tidak jelas apa artinya). Rakyat disuruh bekerja, sedangkan pejabat pemerintah yang berperilaku seperti bendoro agung tinggal berkacak pinggang, onkang2 kaki dan mengambil begitu saja kekayaan yang dengan susah payah dikumpulkan oleh rakyat, lewat praktek2 kolusi, korupsi dan nepotisme. Tingkat penguasaan iptek orang Indonesia jauh lebih rendah daripada tingkat penguasaan iptek orang asing yang berinvestasi di Indonesia, sehingga perebutan iptek sulit terjadi. Disamping itu para penguasa Indonesia tidak peduli dengan penguasaan iptek, karena tidak relevan dengan kesejahteraan hidupnya. Kalau harus serius mencoba merebut iptek asing, para pejabat Indonesia harus bekerja keras dengan hasil yang tidak lebih baik dari kalau santai dan bersekongkol dengan penanam modal asing. Bahwa rakyat jelata tidak akan maju dan tetap menderita bukanlah merupakan hal yang perlu dipusingkan oleh para pemimpin bangsa. Rakyat memang ditakdirkan untuk bekerja keras seperti kuli dan hidupnya memang sudah selayaknya sengsara. Celakanya filsafat nrimo

Jawa bisa menerima hal seperti itu, walaupun ini sulit diterima akal dan nalar sehat orang di negara maju. Untuk berbisnis dibidang otomotif seorang pengusaha harus punya ijin dari pemerintah. Ijin ini oleh sang penguasa diberikan hanya kepada anggota keluarganya atau orang2 kepercayaannya, yang semuanya harus menyetorkan sebagian keuntungan kepada sang penguasa lewat jalur administratif yang berbelit2 dan sengaja dibuat sulit. Dengan monopoli seperti itu tidak ada insentif bagi pengusaha untuk berusaha benar2 untuk merebut iptek otomotif. Keuntungan yang diperoleh dari bekerja sebagai importir, dengan ijin yang monopolistik dan tidak akan ada yang berani berusaha menyaingi dengan banting harga misalnya, itu sudah sangat besar jadi untuk apa bekerja keras atau mengambil risiko apapun. Kehidupan sebagai importir seperti itu sudah sangat enak, jadi tidak perlu berusaha beneran untuk merebut iptek otomotif. Dari sisi politik, untuk mengelabui rakyat bahwa se olah2 pemerintah itu benar2 memikirkan nasib rakyat, maka dibikinlah pabrik2 yang bersifat sebagai tukang jahit, membuat komponen body mobil dan mengganti nama mobil Jepang atau Amerika dengan nama Indonesia seperti Kijang, Kancil dlsbnya. Mengingat bahwa jurang iptek pemisah antara Indonesia dan negara pemilik iptek itu begitu besarnya, bisa jadi bahwa seandainya pemerintah Indonesia sungguh2 berusaha merebut iptek otomotif dari penanam modal asing itu, belum tentu usaha itu akan berhasil. Apalagi dengan sistem pemerintahan yang korup dan para pejabat yang nalarnya rusak (istilah Kwik Kian Gie adalah "corrupted mind"), dapat dipastikan bahwa Indonesia tidak akan mampu menyerap iptek otomotif dari Jepang atau negara penanam modal lainnya. Saya pernah membaca bagaimana Australia melakukan technology transfer bidang otomotif. Penduduk Australia itu sedikit (sekarang 20 juta tapi pada saat technology transfer terjadi penduduk Australia belum mencapai 12 juta), jadi pasar mobil nyapun pasti kecil. Namun demikian Australia punya pabrik mobil Holden yang cukup sukses bersaing didunia internasional, walaupun tetap berskala kecil. Sebagai latar belakang perlu dikatakan bahwa tingkat pendidikan rakyat Australia kurang lebih sama dengan orang Amerika. General Motors (GM) ingin masuk pasar Australia, dan berpatungan dengan investor Australia membentuk perusahaan otomotif GMH (General Motors Holden). Waktu itu Australia tidak punya industri otomotif sama sekali, jadi tidak punya pekerja yang berpengalaman bekerja di industri otomotif. GMH merekrut semua staf yang dibutuhkan pada awalnya, dan semua staf ini dikirim ke Amerika Serikat, disuruh magang di pabrik GM disana, belajar dengan bekerja disamping pekerja GM yang orang Amerika, dibawah bimbingan para mandor Amerika. Para pekerja Australia itu semuanya memenuhi persyaratan akademis, tapi tanpa pengalaman dan pengalaman ini diperoleh dengan cara magang atau on the job training, yaitu belajar dengan bekerja dibawah bimbingan pekerja lain yang sudah berpengalaman. Para pekerja Australia itu kalau tidak salah bekerja seperti itu selama 1 tahun (paling tidaknya 6 bulan) di pabrik GM di Amerika. Para perancang GMH juga mulai merancang mobil Holden yang pertama dibawah bimbingan para perancang GM. Pada akhir masa magang itu seluruh pegawai GMH tadi, ditambah beberapa staf kunci GM yang ditugaskan ke Australia membantu GMH, beserta alat2 produksi yang dibutuhkan dan gambar cetak biru yang telah dihasilkan dipabrik GM, semua dimuat di kapal yang kemudian "berlayar" ke Australia. Sejumlah teknisi GM juga ikut dengan kapal yang sama, dengan tugas memasang ulang mesin2 yang dibeli dari GM dan dipreteli supaya bisa diangkut kapal. Sementara itu lokasi pabrik Holden di Sydney sudah disiapkan sehingga begitu semua permesinan bisa dibawa keluar pelabuhan dan diangkut ke lokasi pabrik, mesin2 tersebut segera langsung dipasang dan pabrik Holden mulai beroperasi. Jadi dari suatu masyarakat yang tidak punya pengalaman dibidang otomotif, dan dengan

cara magang dan benar2 bedol desa, Australia dalam semalam, ibaratnya, langsung punya kemampuan iptek dibidang otomotif. Kemampuan tersebut tentu saja berkembang lebih lanjut sampai saat ini, dan sekarang ini pabrik mesin untuk mobil Holden berada dikawasan Fishermans Bend dekat kampus Aerospace RMIT dan dilewati bus yang saya tumpangi untuk pergi bekerja setiap hari. Upaya Holden seperti dijelaskan diatas sebetulnya kurang tepat kalau disebut sebagai contoh untuk Transfer of Technology, karena mencakup ruang lingkup yang jauh lebih luas dari sekedar transfer of technology. Mungkin lebih tepat bila kasus Holden disebut upaya menumbuhkan industri dari nol. Dalam transfer of technology, seharusnya di negara itu sudah ada satu industri dibidang tertentu, misalnya otomotif, yang karena satu dan lain hal tingkat teknologi yang dikuasanya menjadi tertinggal dibanding industri2 lain dibidang yang sama. Supaya tetap bersaing, maka industri yang tertinggal tersebut kemu dian membeli teknologi terbaru tadi dari perusahaan pengembang teknologi yang bersedia menjualnya. Industri otomotif Indonesia itu sudah ada, jadi kalau secara nasional ada usaha untuk menguasai iptek otomotif sampai menjadi mandiri dan setingkat yang terbaik didunia, maka ini dapat disebut sebagai contoh dari technology transfer. Dulu kelihatannya se olah2 ada keinginan seperti itu, yaitu dengan akan didirikannya perusahaan seperti Timor atau Maleo. Tetapi dengan pemerintahan yang dilakukan oleh orang2 yang menurut Kwik Kian Gie sudah kurang waras (corrupted mind), ternyata semua itu hanya usaha mengelabui rakyat atau menipu diri sendiri, bahkan boleh dikatakan sebagai perbuatan tak tahu malu dari sang penguasa secara blak2an memberi peluang korupsi besar2an kepada anaknya. Mobil yang seratus persen dibuat di Korea Selatan dinyatakan sebagai seratus persen made in Indonesia karena diberi nama Timor, bukan lagi KIA Sephia, jadi dibebaskan dari pajak impor.

Usaha mendirikan industri mulai dari nol, seperti dalam kasus Holden diatas, juga pernah dilakukan di Indonesia, yaitu dalam kasus mendirikan industri pesawat terbang IPTN. Dengan meningkatnya harga minyak tiba2 saja Pertamina punya dana yang sangat besar dan ini ingin dimanfaatkan untuk mendobrak usaha industrialisasi Indonesia. Sebagai negara kepulauan Indonesia butuh pesawat terbang dalam jumlah yang banyak. Memang pesawat terbang bisa dibeli, tetapi akan lebih baik bila pesawat2 tersebut bisa dibuat sendiri oleh Indonesia, karena ini akan membuka lapangan kerja dan juga memberi wahana bagi Indonesia untuk mulai berusaha secara besar2an meningkatkan kemampuan ipteknya, mumpung ada dana di Pertamina. Jauh sebelumnya, Presiden Sukarno di awal tahun 1960an sudah mencanangkan bahwa Indonesia akan membeli pesawat Fokker F27 dari Belanda dan ini akan dirakit di Indonesia pada th 1965. Untuk menunjang keinginan tersebut, dan juga keinginan menumbuhkan industri perkapalan, pemerintah Indonesia telah memberikan beasiswa kepada pemuda pemudi terbaiknya untuk kuliah diluar negeri di segala macam bidang teknik atau engineering. Setahu saya pengiriman mahasiswa keluar negeri ini dimulai tak lama setelah Belanda mengakui kedaulatan Republik Indonesia pada Koferensi Meja Bundar tahun 1950 di Den Haag. Mungkin mahasiswa2 Indonesia yang pertama dikirim belajar keluar negeri oleh pemerintah RI berangkat pada tahun 1952 atau 1953. Mahasiswa2 yang dikirim ke Australia dalam rangka bantuan Colombo Plan saya rasa berangkat tahun 1954 atau 1955. Jadi bisa dilihat bahwa pemerintah Indonesia waktu itu menyadari bahwa untuk bisa menumbuh kembangkan industri baru, Indonesia harus punya cukup banyak manusia2 terdidik dibidang teknik, dan ini perlu disiapkan jauh hari sebelum hari H saat industri itu dimulai. Tetapi sayang sejarah Indonesia berkata lain dan tahun 1965 bukannya Fokker datang ke Indonesia, tetapi malapetaka perang saudara yang sangat mengerikan lah yang mampir. Namun

demikian, keinginan untuk mendirikan industri pesawat terbang itu tidak terlupakan, hanya terpaksa ditunda saja. Pemerintah tetap berusaha mengadakan infrastruktur dibidang kedirgantaraan ini, misalnya dengan mendirikan LAPAN dan Angkatan Udara juga punya LIPNUR (Lembaga Industri Pesawat Terbang Nurtanio) dan ada beberapa badan2 lain yang saya lupa namanya. Sejarah industri pesawat terbang Indonesia sudah ditulis dengan baik dan sama sekali tidak dibahas disini karena saya tidak berkompetensi dibidang itu. Namun demikian perlu dikatakan bahwa LIPNUR sudah mampu membuat pesawat kecil 2 dan 4 penumpang yang merupakan modifikasi lokal dari rancangan pesawat buatan Polandia, dan diberi nama Indonesia antara lain Gelatik. Salah satu mahasiswa muda yang sekolah di Jerman adalah B J Habibie yang kuliah di universitas Aachen dan berhasil mengambil gelar insinyur dan doktor bidang aeronotik dan kemudian bekerja di perusahaan industri pesawat terbang Jerman MBB (Messerschmidt Bolkow Bloom), mencapai jabatan tertinggi sebagai Vice President untuk bidang LitBang (?). Untuk memperpendek cerita Habibie kembali ke Indonesia pada tahun 1974 bekerja sebagai penasihat Presiden dan juga kepala Divisi Advanced Technology di Pertamina. Habibie diberi tugas untuk menumbuh kembangkan iptek di Indonesia. Strateginya adalah dengan mendirikan BPPT (alat pemerintah) dan IPTN (industri pembuat pesawat). Untuk mendirikan IPTN, jauh hari sebelumnya Habibie sudah kembali ke Indonesia dan merekrut kurang lebih 13 orang teman2nya diajak pergi bekerja di MBB di Jerman, belajar dalam praktek tentang industri pesawat terbang. Mereka bekerja beberapa tahun di MBB dan pada tahun 1976 dibawa pulang oleh Habibie untuk membantunya menjalankan BPPT dan IPTN. Habibie menyewa konsultan dari Jerman untuk merancang pabrik IPTN dan membeli lisensi untuk membuat pesawat C212 dari perusahaan CASA di Spanyol. Pesawat kecil yang merupakan gerobak udara ini tidak boleh terbang terlalu tinggi, karena unpressurized atau tekanan udara dalam kabin sama dengan tekanan udara diluar yang semakin tipis bila pesawat terbang semakin tinggi. Pesawat ini ternyata cukup populer dan IPTN memproduksi lebih dari 100 C212 (2 mesin dan 12 penumpang) sampai saat ini. Produksi dengan lisensi adalah strategi Habibie untuk penguasaan iptek dirgantara. Pada dasarnya IPTN membeli rancangan, gambar cetak biru dan semua dokumen yang dibutuhkan untuk memproduksi pesawat ini dan juga semua bantuan teknis dari CASA untuk memproduksi dan merakit pesawat. Dari cerita yang saya dengar, pada awalnya ada 2 pesawat lengkap yang sudah jadi didatangkan dari Spanyol. Kedua pesawat tersebut kemudian dirakit oleh teknisi CASA dan dibantu oleh teknisi IPTN, yang direkrut dari LIPNUR, yang tentu saja belajar sambil bekerja. Kemudian salah satu dari kedua pesawat tersebut dipreteli lagi secara beraturan oleh para teknisi IPTN, dan kemudian dirakit kembali dengan menggunakan pesawat yang masih utuh sebagai patokan, walaupun sambil membaca panduan teknis tentunya. Saya tidak tahu berapa kali mereka mempreteli dan merakit kembali pesawat2 tersebut, yang jelas mereka melakukannya sampai merasa yakin bahwa mereka mampu melakukan itu dengan relatif cepat, cermat dan tidak salah. Kemudian setiap kali ada pesanan pesawat, IPTN membeli pesawat tersebut yang dikirim oleh CASA dalam betuk dipreteli dan teknisi IPTN kemudian merakitnya di Bandung. Setelah cukup berpengalaman dalam perakitan, dan mesin2 produksi bisa beroperasi, para teknisi IPTN mulai membuat sebagian dari komponen C212, tentunya dengan menggunakan cetak biru dan dokumen lain yang dibeli dari CASA dan juga setelah magang di CASA Spanyol, atau mendatangkan teknisi CASA untuk mengajarkan bagaimana membuat komponen2 tersebut. Ini dilakukan secara bertahap, dari komponen yang paling gampang dibuat sampai akhirnya 100 persen komponen airframe pesawat dapat

diproduksi di IPTN. Setelah menguasai teknologi perakitan dan pembuatan komponen, kemudian tiba saatnya IPTN belajar merancang pesawat sendiri. Setelah Habibie berkeliling ke mana2 mencari partner, akhirnya ternyata hanya CASA yang bersedia bekerja sama dengan IPTN untuk merancang pesawat baru yaitu CN212 (2 mesin 35 penumpang). Waktu itu CASA bermasalah keuangan dan kerjasama dengan IPTN itu merupakan celah baginya untuk bertahan hidup. CASA dan IPTN membentuk sebuah perusahaan bersama dengan nama Airtec. Secara teoritis modalnya adalah separo separo. Perusahaan ini kemudian memberi order pada CASA dan IPTN untuk merancang CN235 dengan tanggung jawab separo separo. Karena IPTN tidak punya kemampuan, bahkan baru saja merekrut beberapa insinyur teknik penerbangan yang baru lulus untuk tugas ini, maka IPTN membeli jasa dari CASA utk mengajarkan cara merancang pesawat. Modal CASA di Airtec yang separo itu sesungguhnya juga berasal dari IPTN yaitu biaya "sekolah". Tetapi secara teoritis tim perancang terdiri separo dari IPTN dan separo dari CASA. Tim IPTN dikepalai oleh Prof. O. Diran dan beberapa anggotanya yang saya tahu adalah Djoko Sartono dan Made Wirata. Tim yang direkrut tahun 1979 itu beranggotakan tak lebih banyak dari 10 orang dan banyak diantaranya baru di wisuda oleh ITB. Seingat saya, Made Wirata yang adalah salah satu wisudawan ITB yang baru itu, pernah bilang bahwa dia itu baru saja mulai bekerja di IPTN dan tak lama kemudian dikirim ke Spanyol, untuk belajar merancang pesawat. Mungkin suatu hari salah satu dari anggota kelompok pionir ini akan menulis memoir nya supaya kita bisa mengikuti sejarah usaha perebutan teknologi perancangan pesawat terbang dari sejak awalnya. Diantara mereka itu memang ada yang sudah bekerja beberapa tahun sebelumnya di LIPNUR, dan sudah punya pengalaman melakukan modifikasi rancangan pesawat kecil 2 dan 4 penumpang. Tetapi semua anggota kelompok ini, yang pernah berdiskusi dengan saya mengenai pengalaman mereka, tanpa perkecualian mengatakan bahwa proses belajar merancang CN235 itu berjalan terlalu cepat. Ibarat orang makan, makanan bukannya dikunyah dan dinikmati tetapi terpaksa ditelan bulat2 begitu saja, saking banyaknya hal2 baru yang harus dipelajari. Jadi mereka itu mempelajari banyak metoda dan metodologi yang berkaitan dengan perancangan pesawat, tetapi tanpa punya waktu untuk merenungkan mengapa dan kapan metoda ini dipakai dan bukan metoda itu, dan dengan demikian memang pengalaman mereka bertambah tetapi tidak mampu berpikir sendiri dan selalu butuh bimbingan para perancang CASA supaya bisa mengerjakan tugasnya. Kalau diberi tugas ini dan itu, dan diberi tahu cara2 melakukan tugas, mereka memang mampu melakukannya dengan relatif baik. Tetapi setelah dilepas dari bimbingan CASA, ilmu yang telah mereka pelajari (ditelan bukan dikunyah) ternyata tidak cukup untuk membuat mereka mandiri dan mampu melakukan perancangan sendiri. Salah satu kritik yang bisa dilontarkan terhadap upaya Habibie untuk merebut iptek dirgantara adalah terlalu dipaksakan keinginannya untuk menguasai iptek itu dengan se cepat2nya. Dalam tulisan beliau mengenai strategi penguasaan iptek dirgantara, Habibie menjelaskan bahwa dia menerapkan apa yang disebutnya sebagai piramida terbalik, yaitu mulai dari yang paling akhir dan berakhir dengan yang paling awal. Istilah lain yang dipakai banyak orang dan mirip konsep Habibie adalah "reverse engineering" atau rekayasa terbalik. Secara alamiah pada awalnya ada anggota masyarakat yang melakukan penelitian murni dan menemukan fakta, teori atau ilmu baru (discovery). Selanjutnya akan ada anggota2 masyarakat yang lain yang melakukan penelitian terapan yang mendalami dan mengembangkan lebih lanjut ilmu baru tersebut, dan akhirnya ada yang berhasil menemukan cara2 atau pengetahuan bagaimana ilmu tersebut mungkin bisa diterapkan untuk kesejahteraan manusia (invention). Kemudian sekelompok manusia

lainnya yang punya masalah nyata dalam upayanya untuk memperbaiki kesejahteraan masyarakat akan mengkaji lebih lanjut semua penemuan² (invention) yang sudah ada di masyarakat dan memanfaatkan semua itu untuk akhirnya menemukan alat atau cara baru yang dapat digunakan demi kesejahteraan masyarakat (innovation). Inovasi ini biasanya dilakukan di perusahaan², sedangkan discovery dan invention biasanya terjadi di universitas atau lembaga² riset, baik pemerintah maupun swasta. Perusahaan kemudian mempelajari lebih lanjut produk apa yang bisa diproduksi dengan memanfaatkan inovasi yang dihasilkan, dan membuat survai pasaran untuk menajaki tanggapan masyarakat mengenai produk yang akan dikembangkan itu. Dengan mempertimbangkan keinginan masyarakat dan memanfaatkan semua iptek yang ada termasuk inovasi² terbaru yang dimiliki akhirnya perusahaan akan memutuskan untuk merancang produk. Khusus untuk industri pesawat terbang, tahap perancangan ini dapat dibagi menjadi 3 tahap yang jelas bedanya, yaitu conceptual design (rancangan konsep), preliminary design (rancangan awal) dan detail design (rancangan rinci). Setelah preliminary design selesai, perusahaan akan memproduksi pesawat prototip, yang kemudian diuji terbang. Dalam tahap detail design sesungguhnya rancangan pesawat sudah selesai, hanya perlu perbaikan² kecil untuk menyempurnakan rancangan, tetapi tidak boleh mengubah rancangan secara mendasar karena alat² produksi termasuk jig dan fixture (yang mahal) sudah mulai disiapkan untuk memproduksi pesawat. Perubahan mendasar pada tahap ini akan berakibat meningkatnya biaya produksi dan tentunya harga jual, kalau tidak mau rugi. Untuk perusahaan yang sudah mapan seperti Boeing, pesawat prototip itu tidak akan berbeda banyak dari pesawat yang nantinya diproduksi secara normal, dan akan dijual ke customer dia. Untuk industri yang masih belajar seperti IPTN, ada 4 prototip yang dibuat dan tidak dijual ke customer karena masih terdapat banyak kesalahan dan kekurangan yang harus diperbaiki, jadi pesawat prototip itu bisa jadi sangat berbeda dari pesawat produksi normal (production aircraft) yang dibuat sesuai rancangan rinci, bukan rancangan awal. Setelah proses merancang selesai kemudian perusahaan akan mulai membuat komponen² pesawat yang kemudian dirakit, mulai dari sub assembly (rakitan kecil) sampai ke final assembly (rakitan utuh). Setelah selesai dirakit, pesawat produksi ini lalu diuji terbang dan sesudah memenuhi semua persyaratan kemudian diserahkan terimakan ke pembeli untuk dioperasikan, melayani kebutuhan jasa transportasi udara yang dibutuhkan masyarakat. Dalam konsep piramida terbalik Habibie, proses yang dijelaskan tadi dibalik. IPTN mulai dengan merakit pesawat, kemudian membuat komponen² pesawat, lalu merancang pesawat dan kemudian barulah melakukan riset untuk mendapatkan inovasi² baru yang dibutuhkan untuk produk² berikutnya yang akan dirancang dan diproduksi. Setiap tahapan dari 4 tahapan Habibie tersebut diatas menurut tulisan Habibie akan ditempuh dalam waktu 10 tahun dan secara keseluruhan setelah 40 tahun maka IPTN sudah akan menjadi industri mapan yang setara dengan industri terbaik dunia. Dalam prakteknya IPTN didirikan tahun 1976, dan 3 tahun kemudian langsung mulai belajar merancang CN235. Akhir 1983 Tetuko terbang perdana dan punya banyak masalah yang cukup berkepanjangan, termasuk retaknya hubungan dengan CASA. IPTN merasa banyak dirugikan oleh CASA dan mungkin juga sebaliknya. Karena IPTN belum pernah merancang pesawat sendiri sebelumnya, maka sertifikat FAA untuk CN235 diberikan kepada CASA. Untuk pesawat CN235 yang dijual oleh IPTN, IPTN harus minta² dulu pada CASA supaya menyatakan bahwa pesawat yang dirakit IPTN (secara teoritis 50 persen komponen pesawat diproduksi IPTN dan 50 persen diproduksi CASA dan yang menjual pesawat adalah Airtec) itu memenuhi persyaratan sertifikasi FAA. Ini harus jadi pelajaran bagi

kita semua. Biaya pengembangan CN235 dalam prakteknya 100 persen (bahkan mungkin lebih) itu ditanggung oleh IPTN, tapi pada akhirnya CASA yang memiliki segalanya termasuk sertifikat FAA. Hal ini jelas membuat berang semua staf IPTN termasuk Habibie, yang kemudian memutuskan bercerai dari CASA dan masing2 pihak punya hak untuk mengembangkan derivatif2 baru dari CN235. Dengan cara ini IPTN berusaha mendapatkan pengalaman merancang pesawat sendiri supaya nantinya bisa mendapatkan sertifikat FAA. Masalah sertifikat ini juga punya tuntutan lain. Waktu itu ada DR. Yamin Basuki yang mengusulkan supaya IPTN merancang sendiri pesawat 4 penumpang yang diberi nama 4 SLTA (4 seater light trainer aircraft ?) dan diharapkan supaya FAA bisa mengakui ini sebagai kenyataan bahwa IPTN sudah mampu merancang pesawat sendiri. Waktu itu Yamin Basuki adalah staf peneliti dibawah saya, tetapi untuk projek 4 SLTA itu dia langsung bertanggung jawab ke Habibie melangkahi saya dan Direktur Teknologi. Saya sendiri baru tahu ceritanya jauh belakangan hari, setelah Yamin keluar dari IPTN katanya karena bentrok hebat dengan Direktur Teknologi. Ujung2 nya projek 4 SLTA itu lenyap begitu saja. Tetapi harus diakui bahwa banyak staf peneliti aerodinamika dibawah Yamin dan saya waktu itu banyak sekali belajar mengenai perancangan aerofoil dan sayap, juga konfigurasi pesawat kecil, bagaimana menggunakan dan mengembangkan software CFD untuk perancangan aerodinamika pesawat dlsbnya. Saya memang tahu dan merestui projek 4 SLTA, tapi hanya sebagai sekedar penelitian atau latihan merancang pesawat dan baru belakangan diberitahu bahwa itu adalah projek serius yang mendapat restu Habibie tapi membuat banyak orang kebakaran jenggot, dan marah2 termasuk ke saya yang tidak tahu apa2!

Waktu itu ada juga keinginan merancang LATD (light advanced trainer demonstrator) atau pesawat latih militer ringan berteknologi maju, tetapi saya rasa itu adalah usulan dari pihak Jerman yang kemudian ditanggapi secara negatif oleh IPTN karena belum punya kemampuannya, dan masih sangat sibuk dengan CN235. Karena adanya masalah dengan sertifikat FAA, maka direksi IPTN memutuskan untuk merancang pesawat sendiri dengan modal pengalaman merancang CN235. Usulan untuk merancang N250 (2 mesin 50 penumpang) itu disetujui oleh Presiden Suharto dan prototip pesawat ini terbang perdana pada HUT Kemerdekaan RI yang ke 50 pada tahun 1996 atau 20 tahun sejak IPTN didirikan. Memang N250 seratus persen dirancang dan dibuat oleh IPTN, tetapi IPTN mendapat dukungan teknis (yang dibeli mahal) dari Boeing, dan juga ada mungkin sekitar 400 orang asing yang dikontrak oleh IPTN untuk menunjang kebutuhan perancangan N250. Para pekerja asing itu dibayar sangat mahal oleh IPTN, jauh diatas gaji insinyur pribumi dan menimbulkan kecemburuan sosial yang luar biasa. Mungkin juga menimbulkan masalah KKN dikalangan pejabat, karena gaji teknisi asing ternyata jauh lebih besar dari gaji Kepala Divisi dan Direktur yang punya kekuasaan! Apalagi kemudian karena alasan apapun ternyata banyak teknisi asing ini yang kurang pekerjaan dan hanya main electronic game di PC nya, dan walau demikian tetap diminta bekerja lembur dengan gaji dobel!!! Jadi kalau dilihat dari faktanya dalam 3 tahun Habibie merasa bahwa IPTN telah melewati masa belajar yang sukses untuk menguasai kemampuan merakit (yang dalam teori beliau butuh 10 tahun lebih) dan membuat komponen (yang dalam teori juga butuh 10 tahun lebih). Masa belajar sampai matang yang mestinya 20 tahun diringkas jadi 3 tahun! Saya memang tidak tahu mengapa dalam teori Habibie setiap tahapan penguasaan iptek Habibie itu butuh 10 tahun, dan bukan 5 tahun misalnya, tapi jelas bahwa 3 tahun setelah berdiri sesungguhnya IPTN belum siap untuk merancang pesawat, dan kemudian kelihatannya strategi penguasaan kemampuan merancang dengan cara berkongsi dengan CASA itu bukan strategi yang tepat yang

dicoba dikoreksi dengan banyak cara termasuk berusaha merancang N250. Saya tahu bahwa waktu upaya merancang N250 dimulai sekitar 1986, sesungguhnya CN 235 banyak bermasalah dan banyak insinyur IPTN yang dikerahkan untuk menyelesaikan masalah2 yang ada itu masih mentah, baru lulus, dan mendapat tanggung jawab yang berat dengan gaji kecil, dan akhirnya bekerja asal2an dengan impian semoga cepat dikirim keluar negeri untuk magang dan selama diluar negeri bisa hidup irit supaya bisa menabung uang se banyak2nya dan bisa hidup normal setelah kembali ke tanah air. Dengan jumlah insinyur yang sedikit dan kurang pengalaman, beban tambahan untuk merancang N250 benar2 tidak bisa diatasi kecuali dengan merekrut staf asing yang sudah berpengalaman 15 tahun keatas dan jelas harus dibayar sesuai standar internasional, yang memang jauh lebih tinggi dari skala gaji nasional. Saya tidak tahu apakah para staf perancang yang masih ada di IPTN (PTDI) sekarang ini punya kemampuan (dari segi jumlah dan pengalaman) untuk merancang atau tidak.

Seandainya penguasaan iptek merancang pesawat yang dibayar mahal (dari segi uang rakyat dan pengorbanan para individu yang berdedikasi tinggi) lewat perancangan CN235 dan N250 itu hilang begitu saja, maka Indonesia telah rugi besar dan pengalaman ini harus dipelajari secara seksama supaya tidak terulang lagi, apakah dibidang teknologi dirgantara atau teknologi2 lain yang ingin dikembangkan nanti. Tahap ke 4 Habibie di IPTN dimulai tahun 1990 (14 tahun setelah IPTN berdiri) dengan dibentuknya unit organisasi dengan nama PMTP (Pengembangan Metoda, Teknologi dan Produksi). Unit organisasi yang mestinya punya staf peneliti bergelar doktor ini dalam kenyataannya merekrut insinyur dan sarjana Matematika yang baru lulus S1. Hanya ada beberapa gelintir bos yang bergelar S3, tapi merangkap pekerjaan ditempat lain (ITB dan BPPT). Karena unit organisasi ini tidak berusia panjang maka tidak bisa dinilai apakah sukses atau tidak. Dari satu sisi, para staf yang bekerja di PMTP ini banyak diantaranya yang setelah masuk PMTP mendapat beasiswa untuk meneruskan studi mengambil gelar S2 dan S3. Ini berarti bahwa di PMTP telah muncul kesadaran bahwa untuk menjadi peneliti beneran, harus belajar dulu lewat program PhD atau S3. Jadi boleh dikatakan bahwa dari segi menumbuh kembangkan budaya penelitian, PMTP cukup berhasil. Disamping itu saya rasa PMTP juga telah berhasil mengembangkan iptek dirgantara sendiri, yang mungkin sudah tingkat regional dan belum internasional beneran. Tetapi hasil yang diperoleh masih jauh dari mencukupi untuk bisa memenuhi kebutuhan iptek sendiri, dan kalau jujur mungkin secara menyeluruh IPTN dinilai gagal dalam pengembangan iptek, apapun juga alasannya. Para peneliti IPTN yang baik sudah lenyap terpencar ke mana2 dan kemampuannya sebagai satu kesatuan telah hilang.

Pengembangan iptek tentu saja tidak bisa dilakukan di perusahaan saja. Penelitian murni dan penemuan ilmu baru hanya bisa dilakukan di universitas dan lembaga riset. Untuk hal ini, ITB mendapat banyak dukungan dari IPTN dan teknik penerbangan ITB telah tumbuh dari mewisuda 1 orang per tahun menjadi lebih dari 40 (?) orang per tahun. Dulu bahkan ada rencana untuk membuat fakultas dirgantara di ITB ataupun diluar ITB yang mampu menelorkan 600(?) insinyur baru per tahun untuk menggantikan insinyur IPTN yang pensiun, di masa depan saat karyawan IPTN telah mencapai 60 ribu orang !!!

BPPT juga dibentuk untuk mendukung upaya industrialisasi Indonesia, bukan saja dibidang dirgantara tetapi disemua bidang yang sebaiknya dikembangkan di Indonesia termasuk pertanian, perikanan dlsbnya. BPPT (Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi) dimaksudkan sebagai badan pemerintah yang sesungguhnya lebih banyak bersifat administratif, pembuat kebijakan teknologi dlsbnya, sebagai badan pendukung Menteri Negara Riset dan Teknologi. Untuk mendapatkan masukan ilmiah

yang dibutuhkan dalam membuat kebijakan, tentu saja BPPT seharusnya bisa mengandalkan dukungan dari LIPI dan LAPAN, tetapi kenyataan politik di Indonesia itu sedemikian rupa sehingga BPPT merasa harus mempunyai laboratorium sendiri seperti LUK, LAGG, LTMP dlsbnya. Laboratorium2 tersebut berlokasi di Serpong, bersama laboratorium dari paling tidaknya LIPI dan BATAN, sedangkan LAPAN punya laboratorium di Rumpin yang bersebelahan dengan Serpong. Kompleks laboratorium di Serpong itu disebut PUSPIPTEK (Pusat Pengembangan Ilmu Pengetahuan dan Teknologi) dan dulu pernah ada niat atau rencana untuk membangun PUSPIPTEK 2 di Lembang, khusus untuk mendukung industri dirgantara dan industri manufaktur pada umumnya.

Jadi kalau dilihat secara menyeluruh bisa dikatakan bahwa Indonesia masih tetap berusaha mengembangkan iptek sendiri untuk menunjang upaya industrialisasi yang diharapkan dapat meningkatkan kesejahteraan seluruh rakyat Indonesia, bukan hanya kaum elitnya saja. Kegagalan IPTN tidak bisa dikatakan sebagai kegagalan total upaya industrialisasi Indonesia, tetapi memang harus dipelajari secara cermat supaya tidak terulang lagi. Biaya pendirian IPTN yang tercermin dari hutang yang tak terbayar sebesar lebih dari Rp 8 trilyun, seperti diungkap dalam audit oleh akuntan publik PwC baru2 ini, jelas sebuah angka yang sangat besar walaupun jauh lebih kecil dari biaya yang harus dikeluarkan pemerintah untuk menutup utang2 bankir nakal yang membuat Indonesia mengalami krisis ekonomi berkepanjangan itu.

Kelihatannya upaya meningkatkan kesejahteraan rakyat Indonesia itu membutuhkan pemimpin yang waras (bukan corrupted mind) yang tidak KKN dan harus membuat strategi yang harus jauh lebih baik daripada strategi mendirikan IPTN. Kegagalan IPTN punya banyak sebab, tetapi salah satu sebab penting yang belum dibahas adalah belum adanya sarana dan pra sarana atau infrastruktur pendukung yang baik. Masalah sertifikat FAA yang dihadapi IPTN adalah cerminan dari kenyataan bahwa DGAC atau DitJen Sertifikasi Kelaikan Udara di Dept. Perhubungan Udara itu belum siap, kurang staf dan tidak memiliki kemampuan teknis sebagai padanan FAA di Indonesia. Sertifikat untuk pesawat di Indonesia itu dikeluarkan oleh DGAC. Seandainya DGAC diaudit oleh FAA dan ternyata dianggap berkemampuan untuk memberikan sertifikat kelaikan udara sesuai standar internasional dan diakui FAA, maka IPTN bisa langsung berhadapan dengan DGAC dan berusaha mendapat sertifikat DGAC. Tetapi karena DGAC belum mampu maka IPTN harus berkongsi dengan CASA dan lewat CASA berusaha mendapat sertifikat FAA, dan ini ternyata menimbulkan berbagai macam masalah yang pelik, diantaranya (merasa) tertipu oleh CASA dlsbnya.

Indonesia juga tidak punya kemampuan yang baik untuk melakukan survai pasaran yang benar. Industri seperti Airbus atau Boeing tidak akan membuat komitmen untuk merancang dan memproduksi pesawat apapun kecuali jika mereka yakin bahwa ada pasar dengan jumlah kebutuhan pesawat yang memadai dan menguntungkan bila diisi dengan produk terbaru mereka. Boeing menghapus rencana merancang Sonic Cruiser karena hasil survai pasar menunjukkan bahwa pesawat itu tidak akan laku dijual karena tidak ada pembelinya. Airbus juga sangat hati2 sebelum membuat komitmen merancang A380 dan baru memutuskan to go ahead (meneruskan) setelah berhasil menggaet beberapa industri jasa layanan terbang untuk membeli cukup anyak A380, walaupun barangnya belum ada dan masih diatas kertas pada tahap akhir dari conceptual design. Saya tidak tahu proses pengambilan keputusan to go ahead merancang CN235 (dan kemudian N250), tetapi kita semua tahu sindiran prototip CN235 yaitu Tetuko yang diplesetkan sebagai Sing tuku ora teko, sing teko ora tuku atau yang membeli tidak juga datang sedangkan yang datang ternyata tidak mau membeli dan hanya me lihat2 saja!

Satu sarana penting lagi yang harus diperhatikan adalah masalah pembayaran dari pembelian pesawat. Pesawat terbang itu harganya sangat mahal dan tidak ada perusahaan penerbangan yang mampu beli pesawat secara cash and carry atau secara kontan, tetapi selalu melibatkan utang. Airliner harus utang, biasanya ke lebih dari 1 bank atau utang ke sebuah konsorsium perbankan yang terdiri dari beberapa bank. Airliner biasanya tidak mau terlalu pusing dengan masalah cari utang ini dan bersedia membeli pesawat hanya kalau pembuat pesawat membantu mencarikan utang. Indonesia paling jago kalau dipandang dari ilmu per calo an, tetapi masalah mencarikan utang ini tidak dimiliki IPTN ataupun perbankan Indonesia pada umumnya. Suatu airliner yang sudah punya pesawat yang masih bisa beroperasi dengan baik, walaupun sudah menua, akan menolak membeli pesawat baru kecuali bila pembuat pesawat baru itu mau tukar tambah, yaitu airliner beli pesawat baru dibayar dengan pesawat lama dan hanya kekurangannya saja yang perlu dibayar lewat utang ke bank dlsbnya. Inilah sebabnya mengapa Boeing punya anak perusahaan yang menjual pesawat Airbus bekas, yang diterimanya sebagai alat pembayaran oleh airliner yang membeli pesawat baru dari Boeing! IPTN pun pernah punya masalah yang sama yaitu CN235 nya dibayar dengan Caribou bekas! Boeing memang sudah berpengalaman dengan masalah seperti itu, tetapi saya tidak tahu apa yang dilakukan oleh IPTN dengan pesawat Caribou bekas itu. Tentu saja kita semua juga tahu bahwa Thailand membayar IPTN dengan beras ketan, dan Malaysia membayar Rusia dalam imbal beli pesawat tempur dengan minyak kelapa sawit! Masyarakat dan media di Indonesia lalu menulis yang macam2 tentang hal seperti ini, sedangkan hal seperti sesungguhnya lumrah di industri pesawat terbang dan Indonesia harus mengembangkan infrastruktur yang mampu menangani masalah seperti ini, bila kita ingin jadi pemain serius di industri ini.

Menumbuh kembangkan industri dari nol memang tidak mudah bagi siapa juga, apalagi untuk negara berkembang yang harus menumbuh kembangkan industri yang di negara2 maju sudah ada dan cukup mapan. Usaha ini butuh persiapan infrastruktur yang ber macam2, dan yang paling awal harus disiapkan adalah SDM (sumber daya manusia) yang berkualitas tinggi, lewat suatu sistem pendidikan moderen ynag efektif dan efisien. Kalau perlu juga harus dilengkapi dengan mengirimkan pemuda2 kita keluar negeri untuk mempelajari iptek2 terbaru di negara2 maju.

Penyerapan teknologi tidak akan berhasil bila kemampuan teknologi bangsa penyerap terlalu jauh tertinggal dari tingkat teknologi bangsa yang teknologinya ingin diserap. Memang disini kita hanya berbicara tentang kesejahteraan materi manusia, dan sama sekali tidak membahas masalah kesejahteraan rohani, yang diperoleh dari agama dan kepercayaan. Kesejahteraan rohani tidak kalah pentingnya dari kesejahteraan materi dan ke dua2nya harus ditingkatkan ber sama2. Tetapi kita perlu ber hati2, karena ada kecenderungan di masyarakat yang masih jauh dari sejahtera materi, yang mungkin karena frustrasi atau alasan lain apapun, kemudian menyerah total dari usaha penguasaan iptek dan mengatakan bahwa kita tidak perlu ngoyo dan lebih baik berserah diri pada sang Pencipta, dan berkonsentrasi pada kesejahteraan rohani. Pada posisi ekstremnya para pemimpin agama atau kepercayaan yang frustrasi itu akan mengatakan bahwa anak2 tidak perlu sekolah belajar iptek, tetapi cukup dengan belajar agama saja supaya jadi orang baik. Kalau hal ini tidak dicegah, maka bangsa tersebut akan semakin terpuruk dalam kemiskinan dan akhirnya jadi bangsa yang gagal. Walaupun pelajaran rohani itu penting, tetapi tidak lebih penting dari pelajaran iptek. Dalam agama Islam diajarkan bahwa manusia harus menggunakan otaknya dan harus selalu belajar, kalau perlu sampai ke negeri Cina. Agama atau kepercayaan yang sesat akan mengajarkan kekerasan yang brutal atau keputus asaan total dengan

mengatakan kiamat sudah dekat dan lain sebagainya. Hal seperti ini tidak boleh kita biarkan tumbuh meraja lela di Indonesia. Anak2 harus diberi pendidikan iptek yang sebaik2nya disamping diberi ajaran untuk berahlak mulia, supaya tidak ber cita2 menjadi pemimpin yang KKN atau jadi manusia yang putus asa, tergodas oleh Narkoba dan hal2 negatif lainnya. Dengan kemampuan iptek yang dimilikinya mereka akan punya modal untuk terjun di pasaran tenaga kerja nasional dan internasional, mampu bersaing mendapatkan pekerjaan dengan gaji yang cukup untuk hidup layak atau sejahtera.

(bersambung)