



BUKU PUTIH

PENELITIAN, PENGEMBANGAN, DAN PENERAPAN IPTEK

2005-2025

TEKNOLOGI MATERIAL MAJU



Kementerian Riset dan Teknologi Republik Indonesia
(www.ristek.go.id)



Kementerian Riset dan Teknologi Republik Indonesia
Alamat : Gedung II BPP Teknologi Lt. 5,6,7,8,23 dan 24 - Jl. MH Thamrin 8, Jakarta
10340, PO.Box 3110 JKP 10031, Tlp. (021)316-9119, 316-9127, Fax. (021)310-1835
(www.ristek.go.id)



Kementerian Riset dan Teknologi

BUKU PUTIH

Penelitian, Pengembangan, dan Penerapan IPTEK

2005 – 2025

Edisi Revisi 2010

**Bidang
Teknologi Material Maju**

JAKARTA

RINGKASAN EKSEKUTIF

Kebutuhan Material Maju

Material Maju adalah material yang dikembangkan untuk memenuhi kebutuhan spesifik dalam menanggapi persyaratan baru dari perubahan pasar atau faktor lain sebagai hasil dari kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi. Kebutuhan akan material maju akan terus meningkat sejalan dengan majunya permintaan di Industri.

Kebutuhan material maju nasional sangat besar, hal ini dapat di lihat dari masing masing kebutuhan material di 6 bidang fokus teknologi industri yang mencakup, keperluan material dibidang kesehatan dan obat, energi, pangan, teknologi informatika dan komunikasi, transportasi dan bidang hankam. Sebagai contoh dibidang kesehatan, pada tahun 2010, pasar industri kesehatan dan obat nasional di Indonesia sudah mencapai Rp 33 Triliun, dengan rincian Rp 23 Triliun (70%) dikuasai oleh perusahaan lokal, dan sisanya Rp 10 Triliun (30%) dikuasai oleh asing.

Di bidang hankam kebutuhan material maju sangat besar. Untuk memenuhi berbagai prioritas kebutuhan Alutsista, kita terpaksa masih harus membeli dari luar negeri seperti meriam, tank, pesawat tempur, kapal selam dan banyak lagi alat perang lainnya, hal ini karena penguasaan teknologi dan ketersediaan material yang belum tersedia secara lengkap. Sedangkan beberapa industri dalam negeri yang memang sudah mampu memproduksi sebagian Alutsista seperti senjata perorangan SS-1 berikut munisinya namun sebagian matyerial dasar masih didapat dari luar. Pengembangan material maju harus tetap terus ditingkatkan kemampuannya, seperti penguasaan teknologi, kecanggihan dan kualitas produknya, untuk menunjang industri dalam negeri.

Dibidang Teknologi informatika dan telekomunikasi, kebutuhan akan peralatan dibidang ini seperti komputer, telepon seluler, piranti elektronik digital , flash disk dll sangat besar. Untuk memproduksi peralatan tersebut dibutuhkan komponen-komponen seperti Integrated circuit, microelectromechanical system, fiber optic, antena,

flat panel display dan data storage, dimana membutuhkan penyediaan material maju seperti silicon, polimer dan logam sebagai dasar material untuk memproduksi komponen-komponen tersebut.

Begitupun dibidang Energi, kebutuhan material maju untuk menunjang produk komponen energi yang berkualitas diperlukan sangat besar. Beberapa contoh keperluan material maju di bidang energi adalah untuk menunjang produk kelistrikan, seperti material untuk turbin, boiler (alat penukar panas), untuk transmisi dan distribusi, material untuk memproduksi bahan bakar dan lainlainnya.

Prediksi kebutuhan akan teknologi material maju nasional ke depan akan sangat menjanjikan. Hal ini di indikasikan dengan keadaan yang direncanakan secara nasional pada 6 bidang fokus akan terus ditingkatkan. Misalnya dibidang energi, kebutuhan akan energi dalam 20 tahun mendatang akan meningkat sekitar 2 kali lipat, hal ini akan menumbuhkan industri energi untuk memproduksi komponen peralatan energi juga relatif akan sama dengan peningkatan kebutuhan energinya. Begitupun dibidang kesehatan dan obat. Meskipun industri obat nasional menguasai 70% pasar lokal, namun 95% dari bahan baku untuk industri tersebut diimpor dari luar negeri. Hal ini disebabkan kurangnya industri bahan baku yang ada di dalam negeri. Untuk memenuhi kebutuhan tersebut, produk material dasar untuk obat ke depan sangat diperlukan. Hal yang sama untuk industri hankam dan informatika, dan telekomunikasi serta transportasi, kebutuhan akan teknologi material maju akan sangat dibutuhkan.

Kondisi pasar dunia di bidang material maju terus meningkat, sebagai contoh : dibidang obat, pasar obat-obatan di dunia pada tahun 2010 mencapai US\$ 875 Milyar, dan pada tahun 2014 diperkirakan mencapai US\$ 1,1 triliun. Pasar obat tiga terbesar dunia adalah Amerika Serikat, Jepang, dan China. Jika dibandingkan dengan pasar industri kesehatan dan obat Indonesia tidak lebih dari 0,44% dari total pasar dunia. Namun demikian jumlah populasi Indonesia yang sangat besar, jika diikuti oleh daya beli yang meningkat karena kesejahteraan penduduknya, maka pasar industri kesehatan dan obat nasional juga akan menarik perhatian perusahaan-perusahaan multinasional.

Dibidang telekomunikasi, informatika pun kondisi pasar sangat menjanjikan, sebagai contoh pasar untuk microelectronic mechanical system berkembang sangat signifikan dari total 11,5 bilion USD pada tahun 2004 menjadi 24 billions USD pada tahun 2009. Begitupun untuk pasar dibidang energi yang akan naik dua kali lipat dalam jangka waktu 20 tahun,

Prediksi kebutuhan pasar dunia akan teknologi material maju 5 hingga 15 tahun ke depan, menurut hasil kajian para pakar dari Eropa, potensi pengembangan material maju akan terfokus pada teknologi nanoteknologi yang akan mengakselerasi produk-produk industri. Pada periode 2010 sampai 2020, akan terjadi percepatan yang luar biasa dalam kaitannya dengan penerapan nanoteknologi dalam dunia industri. Selanjutnya pada tahun-tahun berikutnya peluang nanoteknologi akan jenuh, dimana pada saat itu, produk-produk nanoteknologi di pasar sudah sangat *massive* jumlahnya. Oleh karena itu, pengembangan nanoteknologi harus dilakukan dengan cepat pada masa sekarang ini. Jika tidak, maka peluang pengembangan nanoteknologi akan terlewatkan, dan sebagai konsekuensinya Indonesia akan menjadi negara yang tertinggal dan kalah karena tidak akan mampu bersaing dengan negara-negara lain di dunia ini.

Produksi Material Maju Nasional

Kondisi produksi material maju nasional, pada saat ini bervariasi, ada industri nasional yang dapat menyediakan material dasar secara nasional meskipun tidak sepenuhnya, ada pula yang masih tergantung dari pemasok asing. Dibidang kesehatan dan obat, jika dilihat dari nilai penjualan industri kesehatan dan obat nasional, dalam urutan 3 besar dikuasai oleh Sanbe, Kalbe Farma dan Dexa Medica. Perusahaan BUMN seperti Kimia farma dan Indofarma berada pada urutan ke-7 dan ke-9. Tetapi dalam industri vaksin, perusahaan BUMN Bio-Farma menguasai sebagian besar pasar dalam negeri. Bahkan Indonesia merupakan satu-satunya produsen vaksin di Negara-negara anggota OKI. Dibidang telekomunikasi dan informatika, hankam, transportasi, pangan dan energi sebagian besar material maju yang dibutuhkan industri masih di

Peta jaringan rantai produksi material maju nasional. Pada bidang material maju untuk TIK, Indonesia masih belum punya jaringan produksi material maju, sedangkan untuk bidang hankam sudah terbentuk jaringan rantai produksi yang di kenal dengan konsep tiga pilar pelaku industri. Dalam bidang Energi jaringan rantai produksi energi baru dan terbarukan masih terpusat pada sisi hilir, misal pada material maju solar cell (energi surya), jaringan rantai produksi masih pada tahap integrasi panel surya (sisi hilir) karena teknologi material maju pembuatan solar cell (sisi hulu) belum dikuasai.

Pada bidang pangan jaringan rantai produksi dapat dibagi dalam beberapa rantai nilai. Pada pengolahan pasca panen bahan bahan additive dan teknologi penyimpanan memerlukan proses produksi dari hulu hingga hilirnya. Dibidang pengemas plastik, bahan baku dasar masih merupakan kendala sehingga kebanyakan dari industri pengemas lebih melakukan proses produksi di bagian hilirnya saja.

Dibidang transportasi peta jaringan rantai produksi nasional sudah ada dimana terjadi keterlibatan berbagai stakeholder dalam rangka mencapai suatu kemandirian dalam produksi.

Potensi pengembangan material maju nasional, Prioritas pengembangan dan pemanfaatan teknologi kesehatan dan obat difokuskan pada prioritas yaitu: Program Riset Perbaikan Gizi Masyarakat (Gizi); Program Riset Pengembangan bahan baku obat (Bahan Baku Obat) dan Program riset pengembangan obat tradisional (Obat Tradisional). Potensi pengembangan bidang material maju untuk pangan terfokus pada pupuk P dan K, pengembangan benih, pestisida dengan teknologi mikro/nano yang efisien. Potensi pengembangan bidang material maju untuk TIK, terfokus pada material dasar seperti silicon, polimer dan logam. Potensi pengembangan material maju untuk energi difokuskan pada hal yang berhubungan dengan peningkatan efisiensi energi, konversi dan konservasi energi dan penyimpanan energi. Untuk potensi pengembangan bidang material maju untuk transportasi, terfokus pada aluminium dan polymer, penerapan komposit matrik aluminium, komposit matrik polymer,. juga komposit sandwich, nano komposit, dan nano filler. Kebutuhan di bidang Hankam dalam menghadapi era globalisasi akan semakin meningkat dan semakin kompleks jenisnya, untuk memenuhi

kebutuhan tersebut salah satunya perlu dikembangkan teknologi keramik, serat rami dan material komposit

Kondisi produksi material maju dunia, Pada bidang kesehatan dan obat, untuk pertama kalinya, pada tahun 2006, belanja global terhadap obat resep mencapai US\$ 643 Milyar. Amerika Serikat menyumbang hampir setengah dari pasar farmasi global, dengan US\$ 289 milyar diikuti oleh Uni Eropa dan Jepang. Kekuatan pasar baru seperti Cina, Rusia, Korea Selatan dan Meksiko melebihi pasar itu, tumbuh sangat pesat sampai 81 persen.

Kondisi produksi material maju untuk transportasi, saat ini pasar untuk MMC di Amerika Serikat diaplikasikan di militer dan kedirgantaraan. Aplikasi komersial yang paling signifikan dari material MMC sampai saat ini adalah mesin diesel aluminium piston diperkuat dengan serat keramik yang diproduksi oleh Toyotal. Selain itu juga difokuskan pada *Polymer Matrix Composite* yang berupa reinforced plastics dan advance komposit. Sekitar 85% PMC yang digunakan sekarang adalah glass fiber-reinforced polyester resin. Produksi advance PMC Amerika Serikat diperkirakan tumbuh 15% setiap tahunnya. Pada tahun 1985 nilai produksi advance komposit mencapai \$1,4 milyar dan mencapai hampir \$12 milyar pada tahun 2000. Produksi saat ini aplikasi komposit polimer untuk erospace mencapai 50 persen dari penjualan PMC di Amerika Serikat. Barang olahraga mencapai 25%, dengan perkiraan laju pertumbuhannya hanya 3%. Sisanya 25% digunakan untuk kendaraan bermotor dan peralatan industri. Selain itu penggunaan bahan komposit canggih di bidang infrastruktur transportasi adalah *advanced composite material (ACMs)*. Produksi material maju untuk bahan Energi terbesar adalah material untuk pembangkit energi listrik kapasitas besar, seperti PTLU, PLTGU dan PLTN sedang untuk kapasitas menengah dan rendah diproduksi untuk komponen energi angin, solar cell, hidrogen serta fuel cell. Produsen material tersebut banyak dilembangkan di Jepang, China, Thailand dan Korea untuk wilayah Asia selain Kanada dan Jerman.

Teknologi Dan Pengembangan

Kondisi teknologi produksi material maju yang dipakai oleh produsen nasional, bervariasi menurut kegiatan di bidangnya. Produsen nasional di bidang Hankam menggunakan material impor, sedangkan industri baja nasional seperti PT. Krakatau Steel pada dasarnya sudah mampu mensuplai akan tetapi terkendala alasan ekonomis,

Secara umum produsen material maju di bidang pangan masih menggunakan teknologi konvensional. Teknologi produksi pestisida pada umumnya menggunakan bahan baku impor. Pada teknologi produksi benih pengembangannya memerlukan waktu sangat lama sehingga kualitas dan harganya tertekan oleh produk impor.

Teknologi material maju di bidang transportasi, sebagian besar teknologi material maju seperti teknologi nano yang dipakai industri nasional adalah produk dari luar negeri. Sebanyak 12 perusahaan yang tergabung dalam asosiasi teknologi mikro dan nano Indonesia siap untuk menggunakan hasil dari R&D gabungan yang bergerak di sektor industri keramik, tekstil, kosmetik dan cat sesuai dengan kebutuhan perusahaan, sehingga akan langsung diaplikasikan. Pada bidang energi, material maju yang umumnya dipakai oleh produsen nasional adalah material untuk produksi biofuel dan teknologi kelistrikan dan material penyimpan energi misalnya teknologi baterai primer. Material maju di bidang kesehatan dan obat-obatan dalam hal ini industri farmasi Indonesia perkembangannya sangat lambat dan masih sebatas industri formulasi obat. Produsen nasional yang memproduksi material maju di bidang TIK sampai saat ini sudah ada walaupun masih sangat terbatas. Yang lainnya masih merupakan sistem asy dari luar negeri yang langsung di import ke Indonesia. Kondisi teknologi pendukung produksi material maju yang dipakai oleh produsen nasional pada saat ini belum berkembang dengan baik, kecuali untuk material komposit untuk industri tekstil dan teknologi perlakuan serat dan cetakan

Kondisi riset dalam negeri untuk mengembangkan teknologi material maju baru berkembang pada umumnya di Universitas dan Lembaga Penelitian Non Kementerian (LPNK) dan Lembaga Penelitian Kementerian.(LPK). Tema-tema riset nanoteknologi nasional mengacu kepada enam fokus riset yaitu teknologi dan manajemen transportasi,

vi

teknologi pertahanan dan keamanan, teknologi kesehatan dan obat, teknologi pangan dan pertanian, teknologi energi alternatif, dan teknologi informasi dan komunikasi. Sepanjang tahun 2005-2009, tema riset nanoteknologi nasional yang paling banyak dilakukan adalah teknologi energi alternatif dan teknologi kesehatan dan obat, masing-masing sebesar 32% dan 29%. Sebagian besar dari riset nanoteknologi nasional saat ini berupa riset dasar (45%) dan riset terapan (45%). Riset peningkatan kapasitas produksi hanya ada 5% dan difusi teknologi ada 2%. Proyek-proyek riset yang sudah, sedang berjalan dan sedang direncanakan, juga terfokus kepada 6 bidang fokus, yang dilakukan oleh universitas LPK dan LPNK

Review teknologi material maju yang paling frontier di dunia, adalah sebagai berikut : Beberapa teknologi material maju di bidang kesehatan dan obat yang dilakukan di dunia antara lain: tissue engineering (regenerative medicine), bio nanostructures, drug encapsulation/ drug delivery/ drug targeting, molecular imaging, biophotonics, biocompatible implants, biomimetic membranes, biomolecular sensors, biochips, lab-on-a-chip, dan molekul fungsional. Di antara 11 topik tersebut, Eropa memilih fokus kepada 4 topik yaitu enkapsulasi, molecular imaging/ biophotonics, biochips/teknologi lab-on-a-chip dan sensor biomolekul. Aplikasi teknologi nano menjadi bidang yang potensial dalam revolusi industri makanan dan pertanian dengan hadirnya metode baru dalam penanganan penyakit, deteksi dini penyakit, dan meningkatkan kemampuan tanaman dalam menyerap nutrisi yang dibutuhkan. Dibiidang TIK, bahan magnetik merupakan konsep baru untuk penyimpanan data yang bersifat magnetis dari bahan oksida logam atau organik kompleks sebagai resistif dan bahan feroelektrik sebagai inovatif arsitektur yang merupakan kandidat paling menjanjikan. Teknologi material maju di sector energi di dunia khususnya berkembang pada nano-teknologi. Seperti *Micro Fuel Cell: High Efficiency Energy Storage Device: Photochemical Energy Conversion System: Nano Heat Transfer Technology: serta Nanocrystal Application Technology*. Sedangkan di bidang transportasi terobosan terkini adalah dibidang keramik maju untuk aplikasi transportasi salah satunya adalah perkembangan *piezoelectric injector* untuk teknologi

Kondisi Yang Diinginkan

Prediksi kebutuhan dibidang TIK sangat bervariasi, sehingga target pemenuhan yang di proyeksikan adalah sbb: Kebutuhan teledensitas diperkirakan akan meningkat 50% (165 juta pengguna telepon selular) Pemenuhan target WSIS untuk pedesaan, sekolah dan lembaga riset serta budaya dan iptek, berupa infrastuktur teknologi informasi dan komunikasi (berupa PC , LAN dan WAN). Targetnya, pada tahun 2015 sudah tersedia telepon dan layanan teknologi informasi untuk seluruh desa. Pengembangan ID card yang dicanangkan Pemerintah sangat membutuhkan chipset dan teknologi network computing yang sangat canggih dan besar, mengingat luas dan banyak pulau di Indonesia. Kebutuhan TIK dalam bidang kesehatan akan sangat tinggi dalam pengembangan biosensor terutama sensor image untuk menggambarkan bagian tubuh yang sedang sakit atau mengalami kelainan atau kemunduran fungsinya. Aplikasi Bio-MEMS dalam teknologi yang terkait medis dan kesehatan dari Lab-Chip On-untuk MicroTotalAnalysis (biosensor, chemosensor). Beberapa electronic devices dibutuhkan dalam pengembangan system control pada peralatan pembangkit energy. Bidang hankam akan membutuhkan banyak electronic devices terkait system control persenjataan, radar dan navigasi kendaraan tempur. Pembangunan Iptek kesehatan sampai tahun 2025 difokuskan pada tiga kelompok yaitu a) Gizi dan makanan, b) Pengendalian penyakit dan penyehatan lingkungan, dan c) Pengembangan bahan baku obat, sediaan obat, perbekalan farmasi dan alat kesehatan. Penelitian, pengembangan dan penerapan Iptek kesehatan di bidang obat dan alat kesehatan periode tahun 2010-2025 diprioritaskan pada a) produk herbal terstandar dan fitofarmaka, b) bioteknologi farmasi untuk produksi bahan baku obat dan sediaan farmasi antara lain vaksin, diagnostik, c) teknologi instrumentasi medik untuk diagnostik dan terapi kesehatan, d) pengembangan Iptek kontrasepsi, e) teknologi Obat, Perbekalan dan Alat kesehatan (OPA) tepat guna untuk kegawat daruratan, f) teknologi aplikasi standar K3, g) *New drug delivery system and drug targeting* serta h) bio-sensor untuk deteksi materi *bio-terrorism*.

Penelitian dan pengembangan teknologi dan manajemen transportasi dalam mencapai tujuan pembangunan transportasi nasional. Fokus industri transportasi dimasa depan antara lain akan memfokuskan pada pengurangan konsumsi bahan bakar, pengurangan emisi, pengembangan teknologi dalam mendukung industri transportasi darat, laut maupun udara. Material maju dibidang transportasi akan meliputi hal hal antara lain material yang Ringan, Kuat, Tahan Panas dan memiliki Self Healing. Industri pertahanan dan keamanan merupakan bagian dari industri nasional yang pengembangannya harus dilakukan secara komprehensif, agar terjadi sinergi dan efisiensi secara nasional. Industri yang telah dapat dikembangkan untuk kepentingan sipil dan pertahanan dan keamanan antara lain adalah industri kimia, elektronik, permesinan, sistem informasi, alat transportasi, optik dan jasa pemeliharaan

Target produksi dan pengembangan teknologi yang di programkan untuk Material maju yang diproduksi diutamakan pada material maju berbasis pada material dasar antara lain ; *Silikon, Tembaga, Polimer Konduktif dan electronic packaging*. Dibidang energi target fokus pengembangan teknologi dan industrialisasinya adalah (1) Peningkatan Elektrifikasi Nasional; (2) Bahan Bakar dari Energi Baru dan Terbarukan; (3) Konversi dan Konservasi energi. Terdapat 3 hal besar yang perlu dikembangkan yaitu: 1. Kandungan sumber daya alam/bahan baku komponen material agar ditingkatkan kandungan lokalnya. 2. Meningkatkan sifat dan performa materialnya. 3. Mengubah struktur materialnya. Secara umum target produksi dan pengembangan material harus mengacu kepada tiga hal kegiatan dalam memproduksi , menyalurkan (transmisi dan distribusi) serta produk untuk penyimpanan energi. Target teknologi yang ingin dikembangkan untuk bidang transportasi meliputi antara lain pengembangan komposit polimer, komposit aluminium. Material maju di bidang TIK akan mengarah pada nanoteknologi, MEMS, smart material dan dimana bahan dasarnya melimpah ditanah air. Pada bidang hankam material maju fokus produksi dan target pengembangan yaitu pada material tahan peluru baik berupa armour steel maupun armor ceramics dan pengembangan material aluminium paduan dan titanium untuk aplikasi pada roket. Fokus target teknologi dibidang pangan sebaiknya ditujukan pada seluruh rantai nilai tambah di bidang pertanian,

peternakan dan perikanan yang mampu meningkatkan. Hal terpenting antara lain adalah pada pemanfaatan polimer untuk berbagai hal di bidang pertanian (plastic net, plastic mulching, plastic green house, poly bag, penyimpanan dan pengemas serta Encapsulation seeds). Dibidang kesehatan dan obat-obat terdapat beberapa hal yang penting untuk dikembangkan antara lain : Aplikasi teknologi dibidang sensor dan diagnostik pasien., drug delivery systems, dan medical imaging. Material maju dalam bidang ini adalah quantum dots, nanosized markers serta teknologi penggabungan nanopartikel dengan antibodi. Dibidang biomaterial adalah HA (hydroxyapatite) serta. penggunaan butir nanocrystalline hydroxyapatite in collagen biopolymer.

Kondisi Framework

Pada kondisi Framework dibahas tiga hal penting yang mencakup :

- Kondisi supra (SDM, dukungan pendidikan) dan infrastruktur khusus
- Kondisi perundang-undangan, Kebijakan pemerintah, dan pemda
- Kondisi lingkungan strategis internasional

Kebijakan Dan Roadmap

Rekomendasi kebijakan nasional untuk penelitian, pengembangan serta penerapan teknologi material maju secara singkat diuraikan sebagai berikut:

- a. Bidang energi difokuskan untuk memenuhi kebutuhan listrik nasional, pengembangan teknologi konversi BBM yang bersih serta untuk teknologi konservasi energi.
- b. Di bidang Telekomunikasi, pembangunan material maju yang mendasari piranti telekomunikasi sudah semestinya diproduksi di dalam negeri menuju kemandirian bidang teknologi informasi dan komunikasi di Indonesia.

- c. Di bidang TIK, perlu segera dibangun atau diarahkan dalam waktu 5 tahun pertama (2011-2015) adalah :
 - 1. Silicon yang merupakan material dasar
 - 2. Tembaga yang merupakan material pendukung utama dalam pembuatan elektronik device.
- d. Sedangkan Material maju yang mempunyai proses teknologi lebih maju dan masih membutuhkan R&D dikembangkan pada 10 tahun ke dua (2011 – 2020) yaitu :
 - 1. Polimer konduktif untuk flat panel display dan elektronik packaging dalam teknologi integrasi IC
 - 2. Bahan magnet untuk penyimpanan data
 - 3. Bahan logam tanah jarang sebagai campuran bahan semikonduktor
 - 4. Komponen atau electronic device yang merupakan produk aplikasi dari beberapa material dasar dikembangkan R&D nya sejak awal dan diharapkan dapat diproduksi pada periode ke tiga (2011 – 2025).
 - 5. Pemerintah diharapkan dapat membangun suprastruktur dan infrastruktur nanoteknologi, baik SDM maupun peralatan proses dan instrumentasi pengujian

Adapun untuk mempermudah acuan dalam melakukan Penelitian, pengembangan serta penerapan Material maju, telah di buat Roadmap pengembangan produksi material maju dan Roadmap pengembangan riset dan teknologi.

PENGANTAR MENRISTEK

Dalam rangka membangun Sistem Inovasi Nasional (SINas), terdapat 7 jenis dokumen/produk hukum penting yang menjadi rujukan yaitu : UUD 1945; UU No. 18 tahun 2002 dan PP turunannya ; Instruksi Presiden No.4 Tahun 2003; Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional (RPJMN) 2010-2014; Kebijakan Strategis Pembangunan Nasional Ilmu Pengetahuan dan Teknologi (JAKSTRANAS IPTEK) 2010-2014; Buku Putih Penelitian, Pengembangan, dan Penerapan (Litbangrap) Iptek 2005-2025; dan Agenda Riset Nasional 2010-2025.

Buku Putih Litbangrap Iptek 2005-2025, yang disusun untuk masing-masing 7 bidang fokus sesuai amanat RPJM yakni : teknologi pangan, energi, transportasi, ICT, kesehatan dan obat, hankam, dan material maju, adalah dokumen resmi naskah akademik yang memberikan dukungan teori, informasi dan landasan akademis bagi Penelitian, Pengembangan, dan Penerapan Iptek di masing-masing 7 bidang fokus. Bila RPJM memberikan “arah”, dan JAKSTRANAS memuat “strategi” pembangunan Iptek, maka Buku Putih Litbangrap Iptek 2005-2025 memetakan “tahapan pencapaian” (*road map*) litbangrap Iptek yang diharapkan menjadi acuan dalam perumusan kebijakan pembangunan dan secara khusus litbangrap di masing-masing 7 bidang fokus di atas. *Road map* dalam Buku Putih ini dimaksudkan sebagai tahapan pencapaian atau skenario yang paling mungkin secara akademis dan lebih bersifat rekomendasi normatif, ketimbang suatu kewajiban yang imperatif.

Buku Putih Litbangrap Iptek 2005-2025 yang ada di hadapan pembaca sekalian adalah Edisi Revisi tahun 2010, yang merupakan penyesuaian atas perkembangan kondisi lingkungan strategis sejak 5 tahun terakhir. Mengingat rentang waktu Buku Putih ini berdimensi 20 tahunan, maka revisi setiap lima tahunan menjadi cukup relevan dalam rangka menjaga kekinian dan tingkat akurasi substansi yang ada. Dengan revisi Buku Putih ini, diharapkan seluruh pihak yang berkepentingan dengan pembangunan Sistem Inovasi Nasional, baik pemerintah, swasta, perguruan tinggi maupun lembaga penelitian dan pengembangan lainnya dapat memperoleh informasi yang lebih *up to date*.

Jakarta, November 2010
Menteri Negara Riset dan Teknologi,



Suharna Surapranata

DAFTAR ISI

RINGKASAN EKSEKUTIF	i
PENGANTAR MENRISTEK	xii
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR SINGKATAN	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
BA II KONDISI SAAT INI	3
2.1. Kebutuhan Material Maju Industri Nasional	3
2.2. Produksi Material Maju Nasional	35
2.3. Teknologi Dan Pengembangan	52
BAB III KONDISI YANG DIINGINKAN	75
3.1. Prediksi kebutuhan	75
3.2. Target produksi	79
3.3. Target teknologi yang ingin dikembangkan	83
BAB IV KONDISI FRAMEWORK	87
4.1. Kondisi supra (SDM, dukungan pendidikan) dan infrastruktur khusus	87
4.2. Kondisi perundang-undangan, Kebijakan pemerintah, pemda	89
4.3. Kondisi lingkungan strategis internasional	89
BAB V KEBIJAKAN DAN ROADMAP	93
5.1. Rekomendasi kebijakan nasional	93
5.2. Roadmap pengembangan produk dan R&D material maju	94
BAB V PENUTUP	101
DAFTAR PUSTAKA	105

DAFTAR TABEL

NO.	NAMA TABEL	Hal.
1.	Prediksi pupuk nasional (Deptan)	20
2.	Ekspor industri kesehatan dan obat nasional.....	23
3.	Pasar Komposit Maju.....	29
4.	Kapasitas Pasar Tinggi (diatas 1 miliar dolar AS)	49
5.	Kapasitas Pasar Menengah (US\$ 100 Jt – US\$ 1 Miliar).....	51
6.	Kapasitas Pasar Rendah (Lebih kecil dari US\$ 100 Milion	51
7.	Proyek riset di beberapa lembaga riset nasiona.....	58
8.	Proyek riset di beberapa lembaga riset nasional (lanjutan).....	62
9.	Status pengembangan drug delievery.....	65

DAFTAR GAMBAR

NO.	NAMA TABEL	Hal.
1.	Konvergensi Teknologi	7
2.	Model dan jenis telekomunikasi	7
3.	Hubungan aplikasi IC dan material maju.	9
4.	Peran dari MEMs	11
5.	Hubungan aplikasi MEMs dan material maju	11
6.	Hubungan aplikasi komunikasi fiber optic dan material maju.	12
7.	Hubungan aplikasi antenna dan kebutuhan pembuatannya ...	13
8.	Hubungan aplikasi flat panel display dan pembuatannya	14
9.	Konsumsi obat per kapita Negara-negara ASEAN (US\$)	22
10.	Kebutuhan dan penyerapan pasar MEMs pada beberapa sektor	24
11.	Perkembangan pengguna wireless komunikasi	25
12.	Prediksi pasar nano-pangan dunia 2004-2010.....	26
13.	Nanoteknologi di Industri Pangan	27
14.	Prediksi 5 tahun ke depan penerapan nanoteknologi.....	31
15.	Peluang nanoteknologi dalam dunia industri. (Sumber: Technolytics).....	32
16.	Perkembangan kebutuhan material dunia.....	33
17.	Sepuluh besar industri farmasi nasional (2004, dalam triliun rupiah).....	35
18.	Peta potensi pasir kwarsa di Indonesia	43
19.	Proyeksi konsumsi material maju di Negara china. (Report Code: AVM061A, Published: January 2008, Analyst: Li Baijun)	75
20.	Model networking secara umum yang dibutuhkan dalam pengembangan single ID card.	78

21. Proses pengolahan dan pemanfaatan tembaga.....	82
22. Pengembangan Produksi Material Maju (Nanoteknologi).....	96
23. Roadmap Pengembangan Riset dan Teknologi Silicon:	97
24. Roadmap Pengembangan Riset dan Teknologi Polimer Konduktif:	98
25. Roadmap Pengembangan Riset dan Teknologi Polimer Packaging:	99
26. Roadmap Pengembangan Riset dan Teknologi Magnet :	100
27. Roadmap Pengembangan Riset dan Teknologi Tanah Jarang :	101
28. Roadmap Tembaga:	102

DAFTAR SINGKATAN

NO	SINGKATAN	KEPANJANGAN
1	PPT	
2	KRT	Kementerian Riset dan Teknologi
3	EBT	Energi Baru dan Terbarukan
4	LIPI	Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia
5	UI	Universitas Indonesia
6	BATAN	Badan Tenaga Nuklir Indonesia
7	Sinas	Sistim Inovasi Nasional
8	Alutsista	Alat Utama Sistem Persenjataan
9	SS	Sistem Senjata
10	OKI	Organisasi Konferensi Islam
11	TIK	Teknologi Informasi dan Komunikasi
12	PLTU	Pembangkit Luistriik Tenaga Uap
13	PLTGU	Pembangkit Listerik Tenaga
14	PLTN	Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir
15	ACMs	<i>Advanced Composite Materials</i>
16	LPK	Lembaga Pemerintah Kementerian
17	LPNK	Lembaga Pemerintah Non Kementerian
18	OPA	Obat. Perbekalan dan Alat Kesehatan
19	MEMS	Microelectromechanical System
20	HA	Hydroxyapatite
21	BBM	Bahan Bakar Minyak
22	IC	Integrated Circuit
23	BUMN	Badan Usaha Milik negara

BAB I

PENDAHULUAN

Pembangunan industri material maju merupakan upaya untuk memenuhi salah satu kebutuhan dasar untuk kemandirian industri di segala bidang dan untuk peningkatan daya saing nasional. Hal tersebut sesuai dengan amanat Undang-Undang dasar 1945 pasal 31 ayat 5 yaitu “Pemerintah memajukan ilmu pengetahuan dan teknologi dengan menjunjung tinggi nilai-nilai agama dan persatuan bangsa untuk kemajuan peradaban serta kesejahteraan umat manusia”. Hal tersebut diperkuat oleh UU No. 18 tahun 2002 tentang Sistem Nasional Penelitian, Pengembangan dan Penerapan Iptek. Adapun tujuan Buku Putih Material Maju ini adalah memberikan arah bagi kegiatan penelitian, pengembangan, dan penerapan Iptek yang dilaksanakan oleh lembaga penelitian, perguruan tinggi dan industri, sehingga diperoleh penguasaan Iptek yang mengalir menjadi produk-produk untuk mendukung kebutuhan nasional dalam rangka meningkatkan daya saing dan mewujudkan kemandirian bangsa

Masalah yang sedang dihadapi masa kini adalah industri dalam negeri yang melakukan penerapan teknologi dalam pengolahan material dasar untuk menjadi material menengah dan material maju untuk kebutuhan utama beberapa industri misal chip / semi konduktor, yang saat ini tidak ada industri dalam negeri yang memproduksi material maju untuk aplikasi industri chip. Hal tersebut sebenarnya merupakan masalah nasional dan sekaligus tantangan yang memerlukan penelitian, pengembangan dan penerapan Ilmu pengetahuan dan teknologi.

Selain itu terdapat pula permasalahan seperti sarana dan prasarana yang kurang memadai, tidak adanya kepastian penerapan peraturan perundang-undangan dan kebijakan di segala sektor yang menunjang tumbuhnya investasi di bidang material maju sehingga masih perlu pengupayaannya hingga tahun 2025.

Ketanggapan pemerintah terhadap kebutuhan kemandirian teknologi material maju harus dibarengi dengan kejelasan peningkatan dukungan terhadap pembangunan ilmu pengetahuan dan teknologi serta basis industri komponen yang kuat. Dan untuk mendukung upaya peningkatan kemampuan industri komponen dan penguatan daya saing, maka diperlukan penguatan ilmu pengetahuan dan teknologi di bidang material maju.

Pembangunan ilmu pengetahuan dan teknologi material maju sampai tahun 2025 difokuskan pada material maju yang mendukung industri komponen untuk enam bidang fokus ; energi, kesehatan dan obat, TIK, pertahanan dan keamanan, transportasi serta pertanian dan pangan.

Arah kebijakan umum pembangunan ilmu pengetahuan dan teknologi di bidang material maju tahun 2005-2025 dirumuskan dengan mengacu kepada kebijaksanaan Iptek dari Menegristek dalam Undang undang no. 18 tahun 2002 dan PP 39 tahun 1995 tentang Penelitian dan Pengembangan Kesehatan, RPJM tahun 2010 - 2014, dan Jakstranas Ristek tahun 2010 yang dituangkan dalam Misi yaitu terwujudnya ilmu pengetahuan dan teknologi material maju yang tepat guna dalam mendukung tercapainya kesejahteraan bangsa. Visi, misi dan tujuan tersebut akan didukung oleh penelitian, pengembangan dan penerapan ilmu pengetahuan dan teknologi bidang material maju yang mendukung industri untuk enam bidang fokus.

BAB II

KONDISI SAAT INI

Material Maju adalah material yang dikembangkan untuk memenuhi kebutuhan spesifik dalam menanggapi persyaratan baru dari perubahan pasar atau faktor lain sebagai hasil dari kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi.

2.1 KEBUTUHAN MATERIAL MAJU INDUSTRI NASIONAL

2.1.1 Kondisi pasar kebutuhan material maju nasional

Pada tahun 2010, pasar industri kesehatan dan obat nasional di Indonesia sudah mencapai Rp 33 Triliun, dengan rincian Rp 23 Triliun (70%) dikuasai oleh perusahaan lokal, dan sisanya Rp 10 Triliun (30%) dikuasai oleh asing. Pasar industri produk obat nasional ini terus mengalami peningkatan dari tahun ke tahun. Hal tersebut dapat dilihat dari pasar nasional pada tahun 2004, 2005, 2006 dan 2010 yang masing-masing mencapai Rp 20 Triliun, Rp 22,8 Triliun, Rp 26 Triliun dan Rp 33 Triliun. Pertumbuhan industri obat di Indonesia rata-rata mencapai 14,10% per tahun. Angka ini jauh lebih tinggi dari angka pertumbuhan nasional yang hanya mencapai 5-6% per tahun. Hal ini menunjukkan bahwa industri obat perlu mendapatkan perhatian, karena potensinya yang besar dalam menumbuhkan perekonomian nasional.

Jika dibandingkan dengan Negara-negara tetangga, lebih dari 50% pasar industri obat di Negara Malaysia maupun di Filipina dikuasai oleh asing. Kondisi industri lokal yang menguasai pasar nasional, perlu didukung oleh riset-riset terutama untuk mengatasi kekuatan asing yang terus berupaya menguasai pasar nasional yang terus berkembang.

Populasi penduduk Indonesia terus meningkat (tahun 2008 naik 1,175%). Untuk memenuhi kebutuhan makanan nasional, perlu

perluasan lahan pertanian setiap tahunnya. Pengolahan lahan pertanian memerlukan bahan baku berupa pupuk, benih, pestisida/herbisida dll. Untuk meningkatkan nilai tambah, diperlukan pengolahan pasca panen dan pengemasan

Pada tahun 2009, total kapasitas industri pupuk nasional mencapai 9,3 juta ton per tahun yang terdiri dari Urea sebesar 7,9 juta ton (84,4%), jenis SP-36 sebesar 800 ribu ton (8,6%), dan ZA sebesar 650 ribu ton (7%). Selama tahun 2005 utilisasi kapasitas industri pupuk relatif tinggi. Dari 3 jenis pupuk tersebut, utilisasi terbesar adalah untuk jenis SP-36 mencapai 111,0%, disusul ZA sebesar 105,4% dan Urea 66,8%. Produksi yang melebihi kapasitas dialami oleh pupuk SP-36 dan ZA dikarenakan meningkatnya kebutuhan pupuk non urea tersebut dari berbagai daerah. Kebutuhan pupuk nasional saat ini dipasok oleh PT. Pupuk Kalimantan Timur; PT. Pupuk Sriwijaya, PT. Petrokimia Gresik, PT. Pupuk Kujang dan PT. Pupuk Iskandar Muda.

Kebutuhan pestisida perhektar padi pada tahun 1996 adalah Rp. 24.345,-. Pada tahun 1999 meningkat menjadi Rp. 104.875,- dan pada tahun 2006 meningkat menjadi Rp 250.000,-(BPS 2009). Luasan areal padi nasional yang mencapai 12 juta hektar menunjukkan bahwa kebutuhan pestisida/herbisida mencapai lebih dari 3 Trilyun rupiah. Belanja nasional pestisida/ herbisida tahun 2009 untuk berbagai tanaman pangan mencapai 6-7 trilyun rupiah, dimana 90% kebutuhannya masih diimpor. Disamping itu, sebagian bahan baku produk lokalpun masih bergantung dari produk impor. Sehingga produsen nasional sulit bersaing dengan produk luar.

Saat ini, kebutuhan benih, berupa benih padi, jagung, dan kedelai mencapai lebih dari 300 ribu ton per tahun. Harga benih sangat bervariasi, benih inbrida berkisar Rp 5.500—Rp 5.700 per kg, sedangkan benih padi hibrida sekitar Rp50.000 per kg. Omset benih mencapai lebih dari 3 trilyun rupiah.

Pengemasan hasil panen merupakan salah satu metoda untuk menjaga mutu hasil panen dan meningkatkan nilai tambahnya. Kebutuhan akan kemasan pada tahun 2009 mencapai 2.15 jt ton/ tahun (deprin). Selain itu, pembuatan kemasan-kemasan anti bakteri

dengan imbuhan partikel Ag, TiO₂, ZnO dll diterapkan dalam produksinya. Dengan penambahan material-material anti bakteri, keawetan bahan dapat ditingkatkan. Namun demikian, bahan-bahan tersebut hampir seluruhnya diimpor, meskipun Indonesia memiliki semua .

Saat ini untuk memenuhi berbagai prioritas kebutuhan Alutsista, kita terpaksa masih harus membeli dari luar negeri seperti meriam, tank, pesawat tempur, kapal selam dan banyak lagi alat perang lainnya. Sedangkan beberapa industri dalam negeri yang memang sudah mampu memproduksi sebagian Alutsista seperti senjata perorangan SS-1 berikut munisinya, Ranpur Panser 6x6 Pindad, pesawat angkut ringan CN235/CN250 dan helikopter BO-105 serta kapal patroli cepat (*Fast Patrol Boat*) harus tetap terus dipelihara dan ditingkatkan kemampuannya, seperti penguasaan teknologi, kecanggihan dan kualitas produknya, dari *Assembling* menjadi *Full Manufacturing*, bukan hanya untuk memenuhi kebutuhan sendiri, namun juga bila memungkinkan sebagai komoditi yang mampu bersaing dan laku dipasarkan ke luar negeri. Sehingga sekali lagi kita perlu bertanya guna perencanaan strategis kita, seberapa banyak yang harus dapat kita buat sendiri, seberapa banyak yang masih harus kita beli dari luar negeri, dan seberapa banyak yang akan kita kerjasamakan dengan pihak luar negeri, sekaligus untuk kontribusi dunia sebagai komoditi yang menghasilkan devisa dan kesiapan/ antisipasi kita menghadapi persaingan/tekanan global.

Teledensitas, sebuah angka untuk mengukur penetrasi infrastruktur teknologi informasi misalnya masih menunjukkan angka 11 – 25% untuk kota besar, sementara untuk pedesaan baru mencapai 0.2%. Masih terdapat ± 43.022 desa tanpa akses telepon (64.4% dari 66.778 desa).

Penetrasi infrastruktur telekomunikasi, 7.82 juta fixed line (±3% penduduk), ± 24 juta telepon selular (5.5% penduduk) di tahun 2006. Jumlah pelanggan telekomunikasi hingga Maret 2009 sekitar 178 juta orang, dan jumlah penduduk sekitar 240 juta orang, maka teledensitas di Indonesia adalah sekitar 74,2%. Hingga akhir 2009 seluruh 24.056

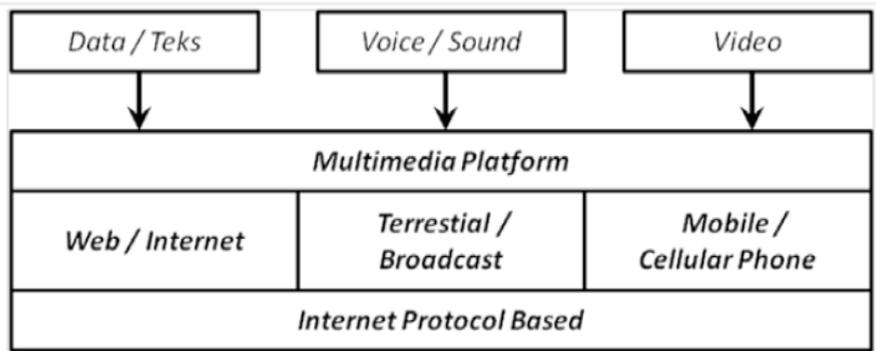
desa diharapkan dapat menikmati akses telekomunikasi dan informatika.

Pelanggan Internet tahun 2004 diperkirakan sebesar 1.3 juta. Pengguna Internet tahun 2004 diperkirakan sebesar 12 juta. Sementara itu 80 % penggunaan bandwidth internet saat ini masih untuk game online dan akses-akses non produktif lainnya. Pada tahun 1994 jumlah pengguna internet dunia hanya 3 juta orang. Jumlah ini berkembang dengan pesat dan dalam waktu 4 tahun pada tahun 1998 jumlahnya telah mencapai 100 juta pengguna. Setiap hari jumlah pengguna internet telah berkembang sebanyak 600 ribu orang per hari, sebanyak 1000 situs per hari tampil di internet pada tahun 2006 ini. Bandingkan juga data ini dengan data dari DFC Intelligent yang mengungkapkan penjualan game on line global mencapai nilai lebih dari 3 milyar dollar pada tahun 2006 dan diperkirakan akan mencapai 13 milyar dollar pada tahun 2011.

Transformasi telah terjadi di semua bidang hidup manusia akibat Teknologi Informasi. Sampai pertengahan 2006 yang lalu misalnya Time Magazine mencatat angka bisnis biro jodoh di internet mencapai lebih 500 juta dollar atau sekitar 5 Trilyun rupiah.

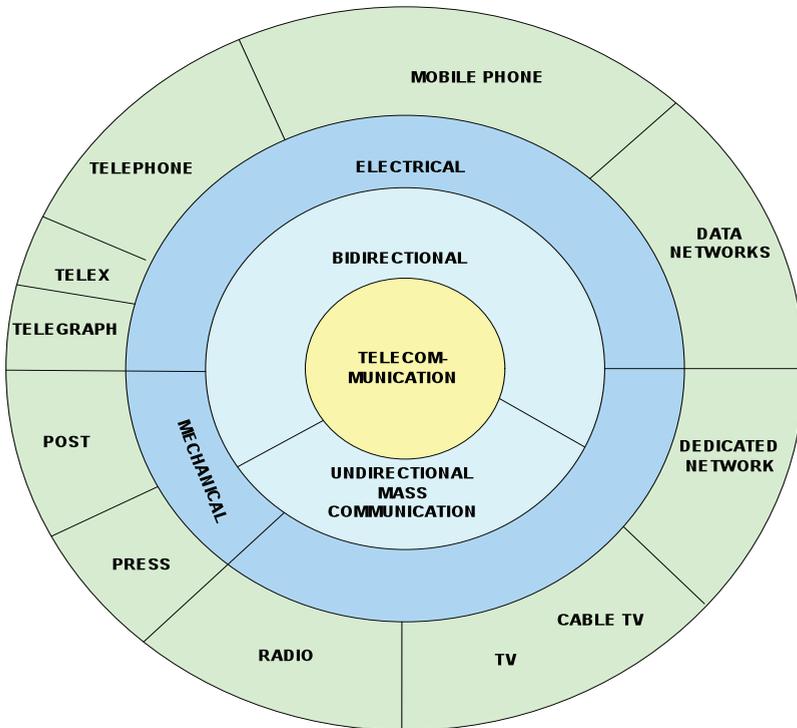
Di dalam negeri akhir Maret 2006 yang lalu lebih dari 1 juta orang nasabah perbankan telah menggunakan mobile banking berbasis sms (sms-banking) pada 17 bank Nasional. Volume transaksi yang dilakukan oleh sistem yang dibangun oleh Bank Indonesia saat ini telah mencapai rata-rata Rp 111 triliun rupiah sehari dari sekitar 18.900 transaksi (bandingkan dengan kliring harian sebanyak 300.000 warkat dengan jumlah rata-rata Rp.4,9 triliun). Aktivitas transaksi elektronik yang berasal dari kartu kredit, mesin ATM, transaksi elektronik antar perusahaan telah mencapai Rp 81 Trilyun per hari.

Deretan angka ini masih ditambah dengan belum siapnya seluruh komponen teknologi informasi dan komunikasi untuk digelar di seluruh Indonesia. Perkembangan teknologi informasi berdampak luas di hampir semua bidang kehidupan. Terlebih lagi dengan konvergensi teknologi informasi, komunikasi dan penyiaran (*broadcasting*) menjadi teknologi multimedia digital.



Gambar 1. Konvergensi Teknologi

Sedangkan cakupan bidang telekomunikasi meliputi bidirectional dan unidirectional mass communication seperti di Gambar 2 di bawah ini.



Gambar 2. Model dan jenis telekomunikasi

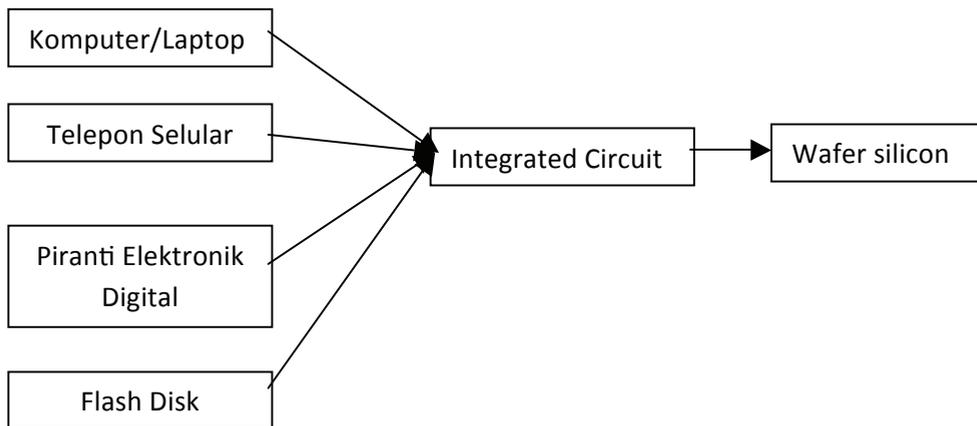
Berdasarkan Gambar 2 di atas kebutuhan pasar di bidang TIK adalah peralatan komunikasi dan informasi, seperti :

- a. Monitor, cpu, laptop dan komponen di dalamnya
- b. Perangkat telepon dan telepon selular beserta sistem kontrol pemancar dan komponennya
- c. Perangkat informasi antara lain internet, LAN networking dan televisi serta radio
- d. Perangkat radar baik sipil maupun militer

Sehingga kebutuhan material maju nasional sangat dibutuhkan baik komponen maupun bahan komponennya, sementara ini belum ada industri nasional bergerak dalam pemenuhan kebutuhan pengembangan komponen – komponen elektroniknya. Komponen elektronik utama yang dibutuhkan untuk memproduksi piranti TIK adalah :

Integrated Circuit (IC)

Dalam elektronik, sebuah sirkuit terpadu/ Integrated Circuit (IC, microcircuit, microchip, chip silikon, atau chip) adalah sebuah sirkuit elektronik mini (terutama terdiri dari perangkat semikonduktor, serta komponen pasif) yang telah diproduksi di permukaan tipis substrat bahan semikonduktor. IC digunakan dalam hampir semua piranti elektronik yang digunakan saat ini dan telah merevolusi dunia elektronik. Komputer, telepon selular, dan peralatan digital lainnya sekarang bagian dari struktur masyarakat modern. Sebuah sirkuit terpadu hibrid adalah sirkuit elektronik mini yang dibangun dari perangkat semikonduktor individu, serta komponen pasif, terikat ke substrat atau papan sirkuit. Sebuah rangkaian terpadu monolitik yang terbuat dari perangkat yang diproduksi oleh difusi unsur jejak menjadi bagian tunggal substrat semikonduktor, sebuah chip.

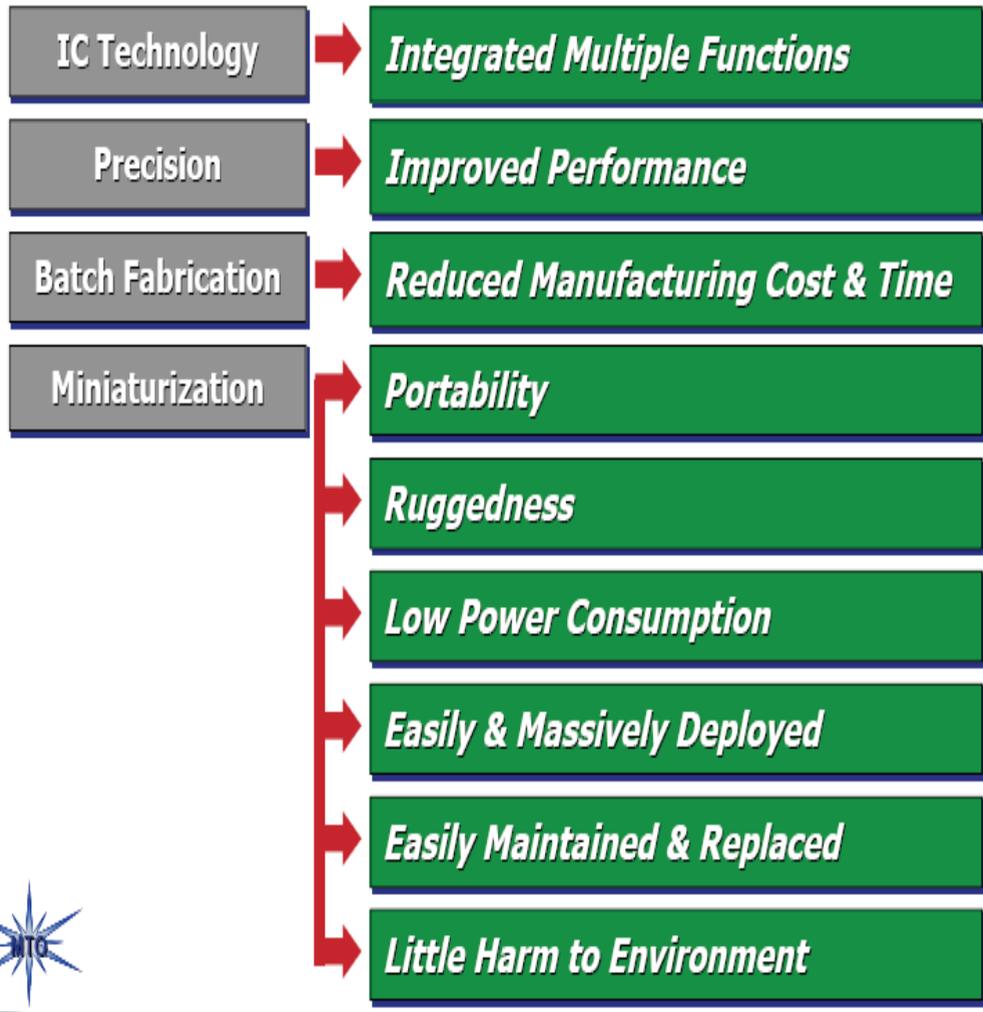


Gambar 3. Hubungan aplikasi IC dan material maju.

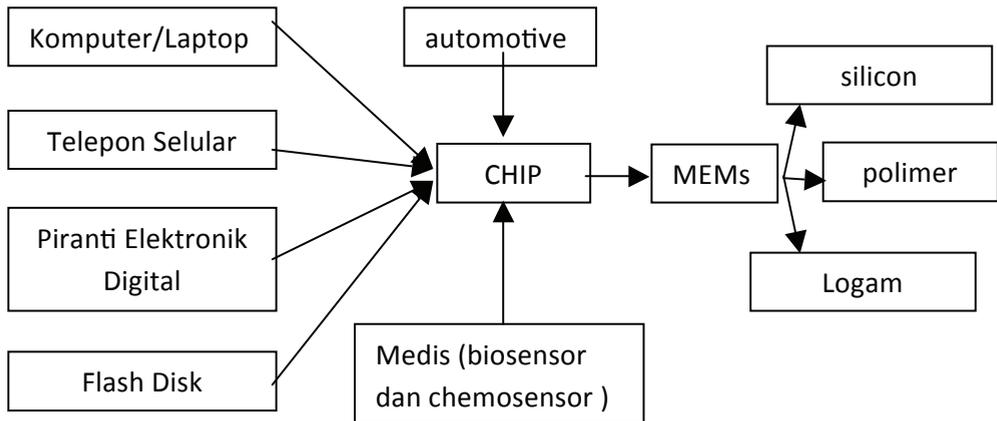
Di antara sirkuit terpadu yang paling maju adalah mikroprosesor atau "core", yang mengendalikan segala sesuatu dari komputer ke telepon selular maupun untuk oven microwave digital. Chip memori digital dan ASICs adalah contoh dari keluarga lain dari sirkuit terintegrasi yang penting bagi masyarakat informasi modern. Sedangkan biaya perancangan dan pengembangan sirkuit terpadu yang kompleks cukup tinggi, ketika tersebar di biasanya jutaan unit produksi biaya IC individu diminimalkan. Kinerja IC tinggi karena ukurannya yang kecil memungkinkan logika daya yang rendah (seperti CMOS) yang akan digunakan pada switching kecepatan cepat.

Microelectromechanical systems (MEMS)

Sistem Microelectromechanical (MEMS) (juga ditulis sebagai mikro-elektro-mekanis, MicroElectroMechanical atau mikroelektronik dan microelectromechanical sistem) adalah teknologi perangkat mekanik yang sangat kecil didorong oleh listrik, melainkan gabungan pada skala-nano ke dalam sistem nanoelectromechanical (NEMS) dan nanoteknologi. MEMS juga disebut sebagai micromachines (di Jepang), atau Micro Systems Technology - MST (di Eropa).



Gambar 4. Peran dari MEMs



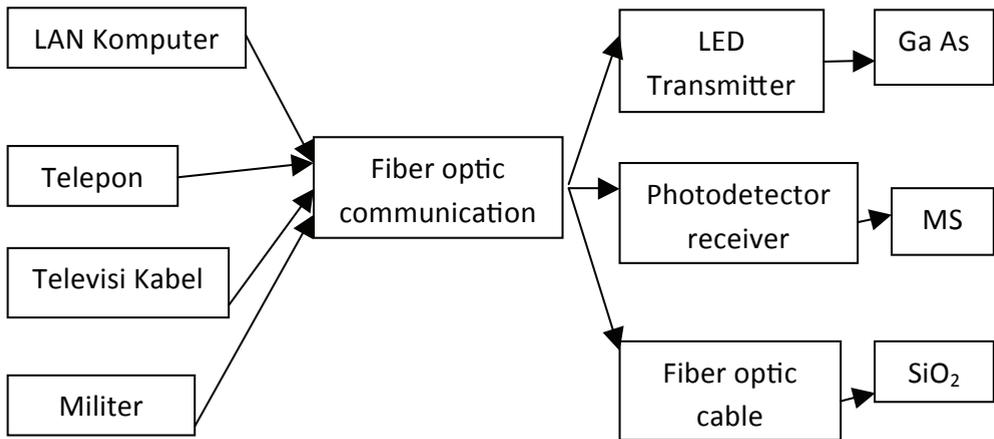
Gambar 5. Hubungan aplikasi MEMs dan material maju

Fiber Optic Communication

Komunikasi Fiber-optik adalah metode transmisi informasi dari satu tempat ke tempat lain dengan mengirimkan pulsa cahaya melalui serat optik. Cahaya itu membentuk gelombang elektromagnetik pembawa yang dimodulasi untuk membawa informasi. Pertama dikembangkan pada 1970-an, sistem komunikasi serat optik telah merevolusi industri telekomunikasi dan telah memainkan peran utama dalam munculnya Era Informasi. Karena keuntungan dari transmisi listrik, serat optik telah digantikan kawat tembaga komunikasi dalam jaringan inti di negara maju.

Proses berkomunikasi dengan serat-optik meliputi langkah-langkah dasar sebagai berikut: Menciptakan sinyal optik yang menggunakan pemancar, menyampaikan sinyal sepanjang serat, memastikan bahwa sinyal tidak menjadi terlalu menyimpang atau lemah, menerima sinyal optik, dan mengubahnya menjadi sinyal listrik.

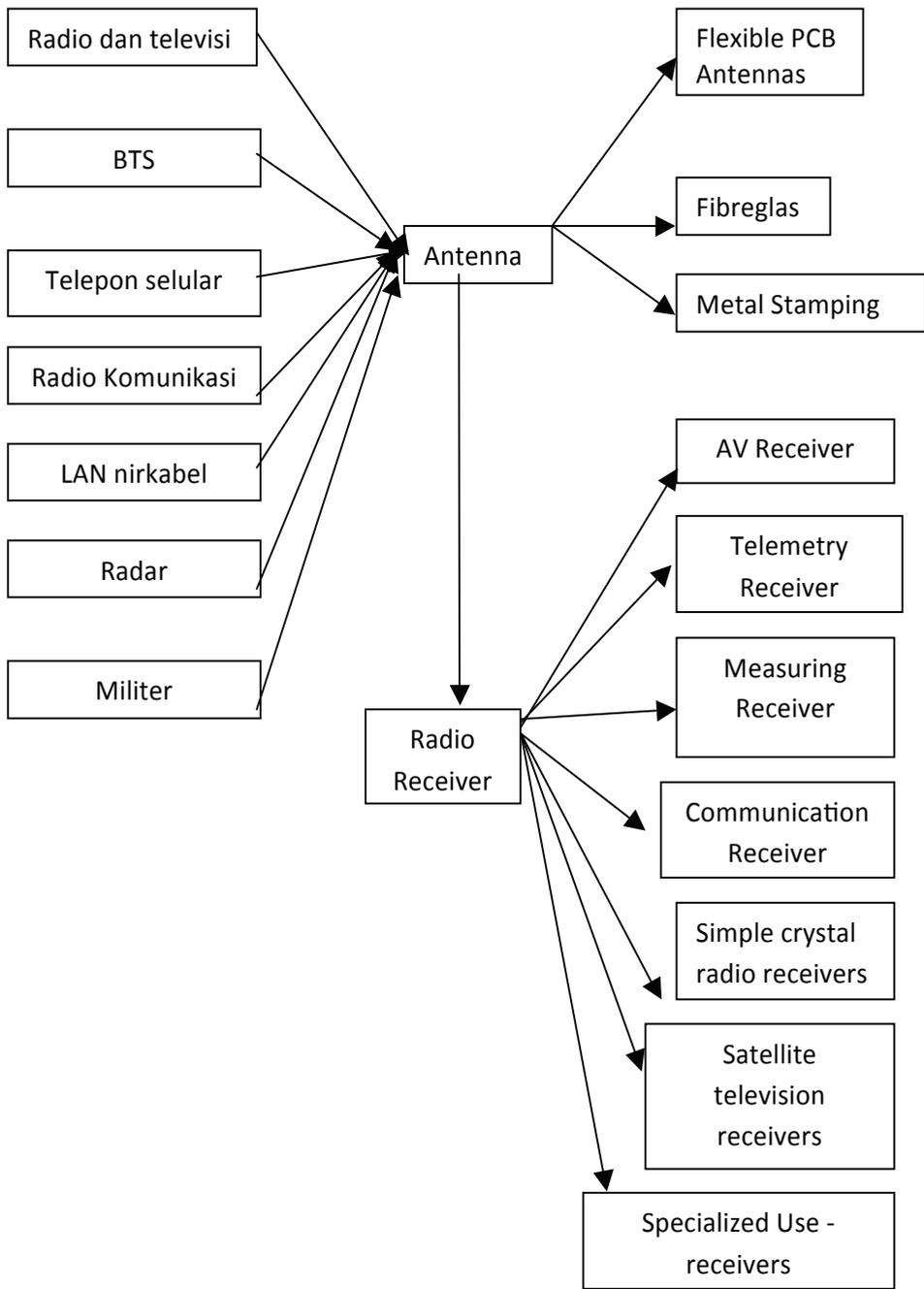
Modern sistem komunikasi serat optik pada umumnya termasuk pemancar optik untuk mengkonversi sinyal listrik menjadi sinyal optik untuk mengirim ke dalam serat optik, kabel yang berisi serat optik bundel dari beberapa yang disalurkan melalui saluran bawah tanah dan bangunan, beberapa jenis amplifier, dan penerima optik untuk memulihkan sinyal sebagai sinyal listrik. Informasi yang ditransmisikan biasanya informasi digital yang dihasilkan oleh komputer, sistem telepon, dan perusahaan kabel televisi.



Gambar 6. Hubungan aplikasi komunikasi fiber optic dan material maju.

Antenna

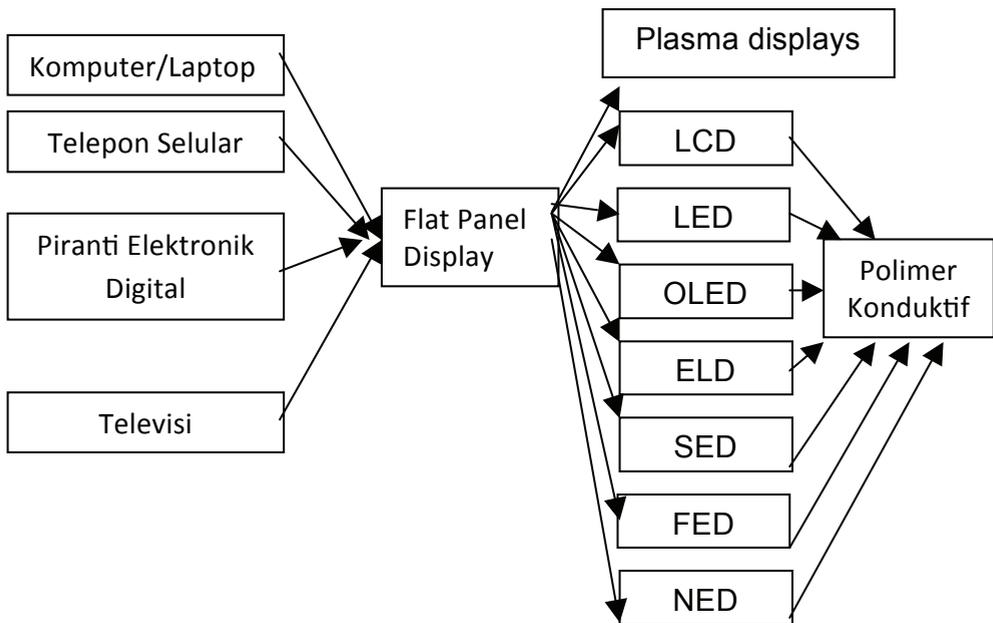
Sebuah antena adalah transduser yang memancarkan atau menerima gelombang elektromagnetik. Dengan kata lain, antena mengkonversi radiasi elektromagnetik menjadi arus listrik, atau sebaliknya. Antena umumnya kesepakatan dalam transmisi dan penerimaan gelombang radio, dan merupakan bagian penting dari semua peralatan radio.



Gambar 7 : Hubungan aplikasi antenna dan kebutuhan pembuatannya

Flat panel display

Flat panel display (biasanya disebut flatscreen) mencakup sejumlah teknologi semakin memungkinkan menampilkan video yang jauh lebih ringan dan lebih tipis dari televisi tradisional dan menampilkan video yang menggunakan tabung sinar katoda, dan biasanya kurang dari 100 mm (4 inci) tebal.



Gambar 8. Hubungan aplikasi flat panel display dan pembuatannya

Data Storage

Perangkat penyimpan data adalah perangkat untuk merekam (menyimpan) informasi (data). Perekaman dapat dilakukan dengan menggunakan hampir semua bentuk energi, mulai dari kekuatan otot secara manual dengan tulisan tangan, untuk getaran akustik di rekaman Phonographic, untuk energi elektromagnetik modulasi pita magnetik dan cakram optik.

Transportasi merupakan industri jasa yang mengemban fungsi pelayanan publik dan misi pembangunan nasional, yang secara umum menjalankan fungsi sebagai katalisator pendukung pertumbuhan ekonomi, pengembangan wilayah, dan pemersatu wilayah Negara Kesatuan Republik Indonesia (NKRI). Pembangunan transportasi berpedoman pada sistem transportasi nasional (Sistranas), diarahkan untuk mendukung perwujudan Indonesia yang lebih sejahtera sejalan dengan upaya perwujudan Indonesia yang aman dan damai serta adil dan demokratis. Kondisi saat ini transportasi dalam negeri masih didominasi oleh kendaraan angkut darat, khususnya kendaraan motor roda dua, empat atau lebih. Selama ini banyak teknologi yang sudah dimiliki dan dikuasai tetapi belum dimanfaatkan dan dikembangkan sepenuhnya untuk mendukung sektor transportasi. Padahal pemanfaatan dan pengembangan teknologi dalam sektor transportasi dapat membantu meningkatkan keselamatan dan menyediakan sarana transportasi yang secara ekonomis dapat menjangkau masyarakat berpenghasilan rendah serta ramah lingkungan. Teknologi yang dapat dimanfaatkan untuk menunjang sistem transportasi nasional yang efektif dan efisien antara lain adalah: (1) Teknologi Informasi dan Komunikasi (TIK); (2) Energi baru dan terbarukan; (3) Komponen dan Bahan Baku Lokal; (4) Informasi meteorologi dan geofisika. Rendahnya penggunaan komponen lokal yang berdaya saing dalam sektor transportasi. Hal ini menyebabkan tingginya ketergantungan impor, mengurangi kemandirian bangsa dan rendahnya posisi tawar dalam persaingan global.

Pemerintah telah mengambil kebijakan untuk mendorong pengembangan energi alternatif dengan memanfaatkan sumberdaya yang ada untuk bisa mensubstitusi kebutuhan energi yang berasal dari minyak fosil. Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2006 tentang Kebijakan Energi Nasional untuk mengembangkan sumber energi alternatif sebagai pengganti Bahan Bakar Minyak. Walaupun kebijakan tersebut menekankan penggunaan batu bara dan gas sebagai pengganti BBM, kebijakan tersebut juga menetapkan sumber daya yang dapat diperbaharui seperti bahan bakar nabati

sebagai alternatif pengganti BBM. Untuk kebutuhan listrik, pemerintah sedang berusaha untuk mengembangkan pembangkit listrik dari sumber yang terbarukan, seperti panas bumi, mikrohidro, surya, fuel cell/hidrogen, bayu, dan nuklir. Oleh karena itu diperlukan material maju yang bisa mendukung pengembangan energi terbarukan, seperti bahan baku hayati, material logam yang tahan terhadap kondisi ekstrem, material non logam, silikon, polimer, dan bahan bakar nuklir, seperti uranium, thorium, dan logam tanah jarang. Bahan-bahan ini persediaannya melimpah di Indonesia.

Untuk target jangka panjang, maka kebutuhan akan Energi Baru Terbarukan (EBT) tidak bisa dihindari. Sedangkan untuk jangka pendek, adalah menyediakan sumber energi selain BBM. Kondisi dan permasalahan saat ini adalah terjadinya bauran energi yang tidak optimal, menurunnya tingkat produksi BBM, kelangkaan energi (gas dan listrik) di beberapa daerah, harga energy belum berdasarkan nilai keekonomiannya dan subsidi energi semakin meningkat, penggunaan energi masih boros, energi primer lebih banyak diekspor dibandingkan untuk memenuhi kebutuhan energi dalam negeri, penerimaan devisa dari sektor energi primer untuk pengembangan sektor energi masih rendah, serta perlindungan dan pelestarian fungsi lingkungan hidup belum menjadi prioritas.

Pada 2025, sesuai Perpres No.5 /Tahun 2006, ditetapkan bahwa energi mix nasional adalah 5%, namun pada usulan sesuai dengan keputusan Dewan Energi Nasional (DEN) dengan Ditjen EBT KE ESDM mengusulkan perubahan Perpres No.5 tersebut untuk menetapkan bahwa energi mix nasional akan memprioritaskan penggunaan sumber energi baru dan terbarukan sekitar 25%. Dalam energi mix tersebut untuk jenis EBT adalah panas bumi, hidrogen, tenaga surya, air, bayu energi samudera, nuklir dan energi dari batubara tergaskan dan tercairkan serta gas metan batubara.

2.1.2. Prediksi kebutuhan akan teknologi material maju nasional ke depan

Meskipun industri obat nasional menguasai 70% pasar lokal, namun 95% dari bahan baku untuk industri tersebut diimpor dari luar negeri. Hal ini disebabkan kurangnya industri bahan baku yang ada di dalam negeri. Kalaupun ada, harga bahan baku dari industri lokal tidak lebih murah dibandingkan dari impor. Ketergantungan impor belum diimbangi dengan upaya pengembangan bahan baku lokal.

Pada kenyataannya tidak mungkin seluruh aspek, bidang atau sektor kehidupan dapat diwujudkan sebagaimana hakekat kemandirian bangsa mampu dilakukan dan terpenuhi dari karya anak bangsa sendiri, dari desain/rancangannya sendiri, dari produksinya sendiri atau dari hasil budidayanya sendiri seperti ketersediaan berbagai komoditi untuk pemenuhan seluruh kebutuhan hajat hidup bangsa atau bahkan untuk bangsa-bangsa lain di dunia, demikian halnya untuk pemenuhan kebutuhan Alutsista TNI untuk pertahanan negara, namun setidaknya semua hal penting yang harus terus bisa menjadikan bangsa Indonesia unggul, tangguh dan sejahtera, mampu hidup sejajar dengan bangsa-bangsa maju lainnya di tengah-tengah persaingan global, sebaiknya bisa diraih secara simultan, yaitu seperti dari :

- a. Kemandirian di bidang rekayasa industri, untuk pembuatan mesin- mesin, sarana produksi atau peralatan kerja (*Machinery and Tools*), untuk pembuatan alat-alat ukur, untuk sarana pengujian (*Measurement/Testing Equipment*) atau alat/sarana laboratorium. Kemandirian untuk pembuatan berbagai peralatan/produk elektronik, komputer, barang komposit, baja, kimia atau polymer untuk kebutuhan rumah tangga, perkantoran, alat-alat pendidikan, kesehatan, olah raga, atau untuk alat-alat berat pertanian, pertambangan, pekerjaan umum, *Heavy Engineering* atau yang dibutuhkan pada proses-proses/kegiatan industri mulai dari tahapan desain, R&D, sampai ke proses produksi (*Manufacturing*) atau *Maintenance yang* mampu dilaksanakan oleh bangsa Indonesia sendiri.

- b. Kemandirian untuk eksplorasi, eksploitasi dan pengolahan sumber daya alam yang dimiliki mulai dari yang ada di daratan sampai ke dasar lautan untuk diwujudkan menjadi bahan baku (*Raw Material*) atau komoditi (*End Product*) dengan nilai jual paling tinggi yang mampu dilaksanakan sendiri, dengan modal dan Sumber Daya Manusia Indonesia sendiri.
- c. Kemandirian untuk pemenuhan kebutuhan Alutsista TNI, baik untuk daya tembak dan daya gerak (aspek darat, laut dan udara) berikut sistem manajemen tempurnya (*Combat Management System*) C4ISR, yang mencakup berbagai komoditi militer mulai dari sistem komandonya (*Command*), sistem kendali (*Control*), sistem komunikasi (*Communications*) dan sistem komputerisasinya (*Computerized*) yang juga didukung dengan sistem Intelijennya (*Intelligence*) mulai dari sistem deteksi dini, penjagaan dan pengamatan (*Surveillance*) sampai untuk ke sistem pengenalan ancaman atau lawan (*Reconnaissance*) dari rancangan/desain dan produk bangsa sendiri yang tidak kalah maju dengan buatan luar negeri.

Dalam rangka mengoptimalkan seluruh sumber daya energi, maka peran energi baru dan terbarukan diharapkan akan meningkat secara signifikan dari 3,64% pada tahun 2009 menjadi 17-25% pada tahun 2025. Energi dititik beratkan pada pengembangan energi bersih, khususnya EBT.

Beberapa material untuk pengembangan energi: (1) Panas bumi (Geothermal) adalah material logam untuk heat exchanger, material purifikasi gas, material tahan korosi, material tahan panas dsb. (2) Nuklir adalah super critical material maju, (3) Solar cell adalah material silicon dan non-silikon, (4) Fuel cell dan hidrogen adalah material polimer untuk polielektrolit, keramik untuk elektrolit padat, katalis, logam, (5) Beberapa material terkait energi Hidro (air) dan angin.

Dan untuk mendukung energi tersebut, khususnya material maju untuk penyimpan energi (energi storage) sangat penting, contohnya material maju untuk baterai, material untuk penyimpanan gas hidrogen, supercapasitor, super ferro dsb.

Konsumen teknologi informasi dan telekomunikasi di Indonesia semakin banyak dan kesadaran masyarakat akan informasi semakin naik, sehingga permintaan perangkat informasi dan komunikasi semakin banyak. Data pertengahan tahun 2006 menunjukkan industri terkait adalah:

- a. Teknologi informasi berkembang sebesar 6,9 %.
- b. Industri jasa berkembang paling besar dengan tingkat perkembangan 10,4 %,
- c. Industri aplikasi telematika 8,7 %,
- d. Industri hardware 6,5 % dan
- e. Perangkat komunikasi 7,8 %.

Hal ini akan membutuhkan komponen elektronika yang sangat banyak. Namun negara belum mampu membuat komponennya apalagi penyediaan material maju. Sementara di sisi lain kita dituntut oleh masyarakat internasional untuk segera merampungkan persiapan awal menuju Masyarakat Informasi Global. WSIS – (World Summit on the Information Society) yang merupakan forum teknologi informasi dan komunikasi dunia di bawah badan PBB ITU (International Telecommunication Union) sepakat untuk mencanangkan pada Tahun 2015. Rencana-rencana aksi sebagai berikut :

1. Menghubungkan Desa dengan Teknologi Informasi dan Komunikasi (TIK) dan membentuk Community Access Point;
2. Menghubungkan Universitas, Akademi, tingkat SMU dan SMP, tingkat SD dengan Teknologi Informasi dan Komunikasi (TIK);
3. Menghubungkan Pusat Ilmu dan Penelitian dengan Teknologi Informasi dan Komunikasi (TIK);
4. Menghubungkan Perpustakaan Umum, Pusat Kebudayaan, Museum, Kantor Pos dan Kearsipan dengan Teknologi Informasi dan Komunikasi (TIK);
5. Menghubungkan Pusat Kesehatan dan Rumah Sakit dengan Teknologi Informasi dan Komunikasi (TIK);
6. Menghubungkan seluruh instansi pemerintah pusat dan daerah dan membuat website dan alamat e-mail;

7. Mengadopsi seluruh kurikulum sekolah dasar dan menengah dalam menghadapi tantangan masyarakat informasi, harus diperhitungkan pada taraf nasional;
8. Memastikan bahwa seluruh populasi di dunia mempunyai akses untuk pelayanan televisi dan radio;
9. Mendorong pengembangan konten dan menempatkan pada tempatnya kondisi secara teknis dalam rangka memfasilitasi keadaan terkini dan penggunaan semua bahasa di dunia di Internet;
10. Memastikan bahwa lebih dari setengah penduduk dunia mempunyai akses dengan Teknologi Informasi dan Komunikasi (TIK).

Di bidang pangan, saat ini Indonesia memproduksi pupuk urea, dan mengimpor hampir 100% pupuk fosfat dan kalium. Disamping itu, efisiensi pupuk urea hanya 30-50%. Kebutuhan pupuk nasional ditunjukkan pada Table 1.

Table 1 Prediksi pupuk nasional (Deptan)

Jenis Pupuk	2010	2011	2012	2013	2014	Total
	(juta ton)					
Urea	7,10	7,07	7,03	7,00	6,96	35,15
SP-36	4,53	4,53	4,44	4,39	4,34	22,23
ZA	1,21	1,23	1,26	1,28	1,31	6,29
KCL	2,82	2,73	2,64	2,55	2,45	13,18
NPK	8,07	8,63	9,20	9,74	10,35	45,99
Organik	10,42	10,51	10,61	10,72	10,82	53,09

Keterangan : Pupuk subsidi dan non-subsidi

Kebutuhan pestisida/herbisida mencapai lebih dari 6-7 Trilyun rupiah pertahun. Kebutuhan ini terus meningkat sejalan dengan

rencana perluasan lahan pertanian nasional yang mencapai 2 juta hektar/ 5 tahun. Demikian juga kebutuhan benihnya.

Untuk pengelolaan pasca panen, kebutuhan pengemas mencapai 10 kg/kapita. Kebutuhan ini, termasuk kecil, dan akan meningkat mencapai 15% setahun. Demikian juga dengan kebutuhan bahan-bahan imbuhan partikel nano anti bakteri seperti Ag powder, TiO₂, ZnO dll.

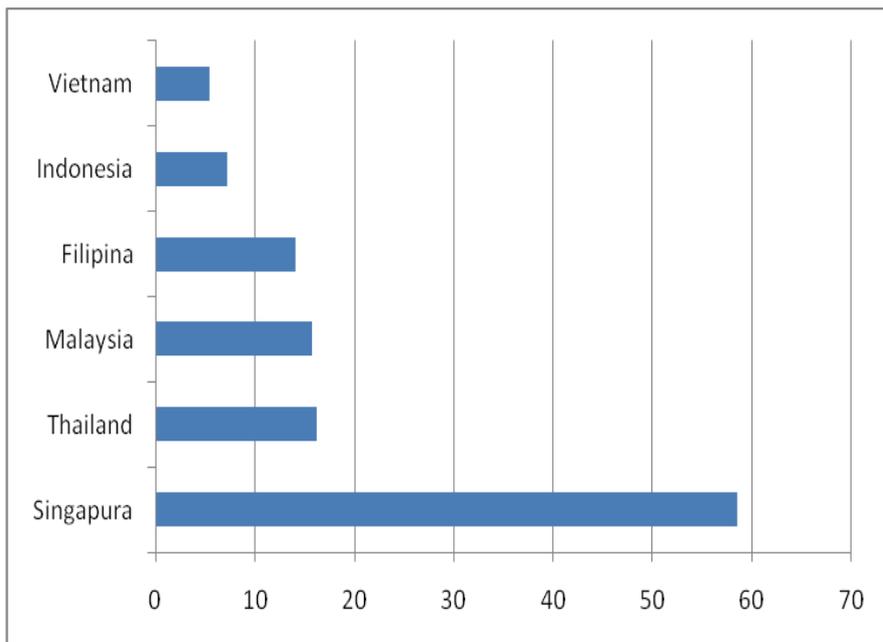
- Walaupun kemajuan transportasi memiliki korelasi erat dengan pembangunan peradaban, namun keberhasilannya sangat berkaitan erat dengan berbagai kompleksitas dari faktor-faktor lainnya, seperti kualitas baik teknologi maupun industrinya, biaya dan tingkat pelayanan sistem transportasi itu sendiri. Tanpa perhatian terhadap faktor-faktor ini, maka hampir dipastikan kemajuan transportasi nasional dapat menimbulkan berbagai biaya sosial (*social costs*) baik berupa kecelakaan, kemacetan, kebisingan, dan polusi. Untuk mendukung perwujudan kesejahteraan masyarakat, penyelenggaraan transportasi berperan mendorong pemerataan pembangunan, melayani kebutuhan masyarakat luas baik di perkotaan maupun perdesaan dengan harga terjangkau, mendukung peningkatan kesejahteraan masyarakat di wilayah pedalaman dan terpencil, serta untuk melancarkan distribusi barang dan jasa dan mendorong pertumbuhan sektor-sektor ekonomi nasional. Material Maju terpenting yang digunakan untuk industri transportasi antara lain meliputi :

- Pengurangan berat (*reduce weight*)
- Peningkatan kekuatan (*improve strength*)
- Sifat mekanis yang tinggi, seperti kekakuan, kekerasan dan tahan aus
- Memperbaiki sendiri (*Create self-healing structures*)
- Tahan panas

2.1.3. Kondisi pasar dunia (Regional, internasional, negara-negara yang memasok teknologi material maju ke Indonesia)

Pasar obat-obatan di dunia pada tahun 2010 mencapai US\$ 875 Milyar, dan pada tahun 2014 diperkirakan mencapai US\$ 1,1 triliun. Pasar obat tiga terbesar dunia adalah Amerika Serikat, Jepang, dan China. Jika dibandingkan dengan pasar industri kesehatan dan obat Indonesia tidak lebih dari 0,44% dari total pasar dunia. Namun demikian jumlah populasi Indonesia yang sangat besar, jika diikuti oleh daya beli yang meningkat karena kesejahteraan penduduknya, maka pasar industri kesehatan dan obat nasional juga akan menarik perhatian perusahaan-perusahaan multinasional.

Jika dibandingkan dengan Negara-negara tetangga di kawasan ASEAN, konsumsi obat per kapita penduduk Indonesia tergolong rendah. Pada tahun 2004, konsumsi obat per kapita Indonesia adalah 7,2 US\$. Kondisi ini jauh lebih rendah jika dibandingkan dengan Singapura (58,5 US\$), Thailand (16,2 US\$), Malaysia (15,8 US\$) atau Filipina (14,1 US\$).



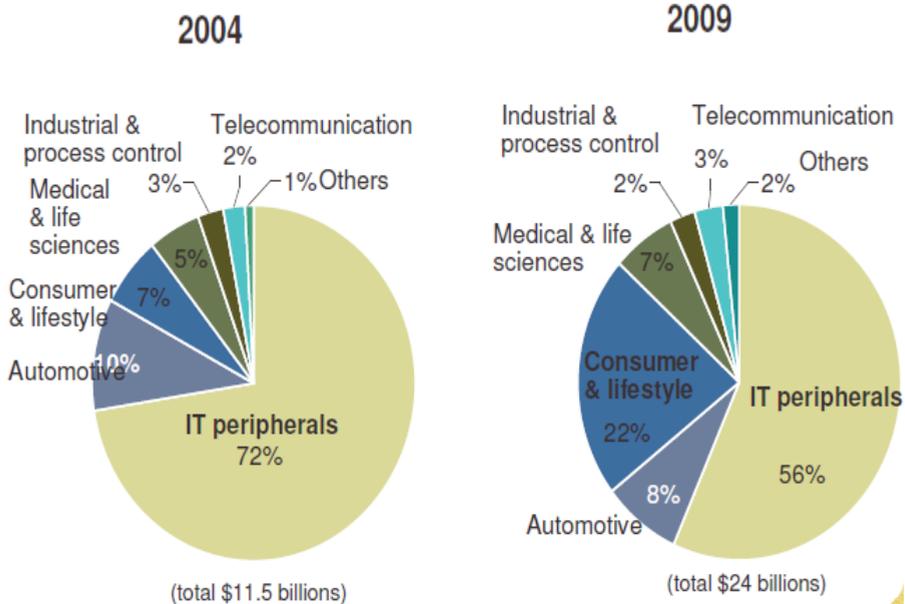
Gambar 9. Konsumsi obat per kapita Negara-negara ASEAN (US\$)

Meskipun konsumsi per kapita penduduk Indonesia tergolong rendah, tetapi pasar industri kesehatan dan obat di Indonesia masih terbesar di ASEAN, karena populasi penduduk Indonesia yang begitu dominan di kawasan. Selain pasar domestik, industri kesehatan dan obat nasional juga melakukan ekspansi ke Negara-negara lain. Total nilai ekspor dan jumlah industri kesehatan dan obat juga terus berkembang dari tahun ke tahun (Tabel 2 di bawah ini).

Tabel 2. Ekspor industri kesehatan dan obat nasional

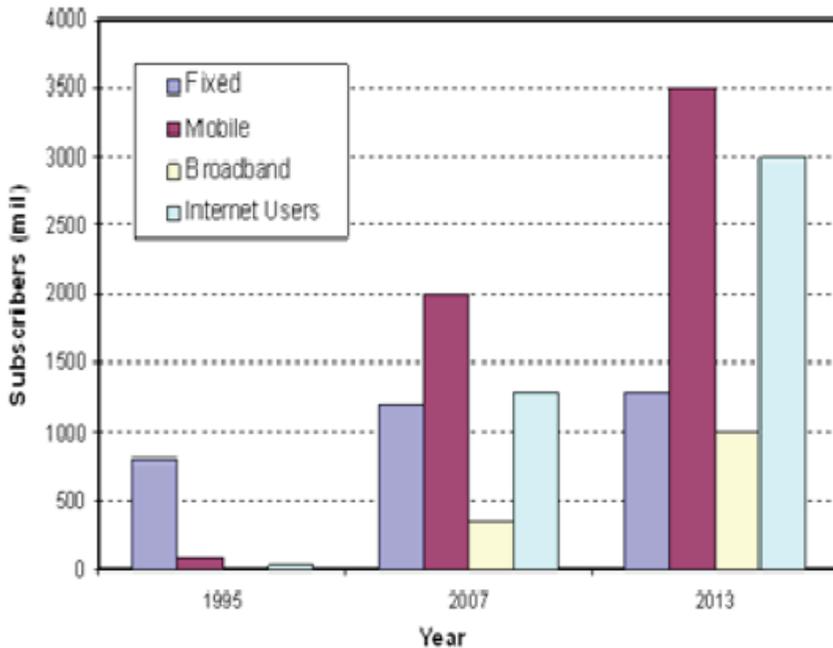
Tahun	Nilai ekspor (juta US\$)	Jumlah negara	Jumlah industri
2001	71,64	59	26
2002	97,98	71	31
2003	98	89	29
2004	101,56	62	37

Negara pemasok teknologi saling bersaing dalam harga, ukuran, fungsional perangkat, dan berat. Perkembangan pasar MEMs di dunia diperlihatkan di Gambar di bawah ini. Perkembangan penggunaan teknologi MEMs telah meluas ke berbagai bidang kehidupan manusia.



Gambar 10. Kebutuhan dan penyerapan pasar MEMs pada beberapa sektor

Perkembangan pasar dari antenna dapat dilihat dalam perkembangan pasar wireless komunikasi. September 2010 akan melihat langganan lima milyar nirkabel setara 73,4% dari populasi dunia yang jauh lebih cepat berdasar perkiraan Gambar 11 di bawah ini. Wireless komunikasi menjadi pokok dasar seperti makanan, pakaian dan tempat tinggal. Setiap pelanggan dari 5 milyar merupakan pembayaran berkala untuk layanan nirkabel dikirimkan ke perangkat, mulai dari Ultra Low-Cost Handset (ULCH) ke telepon pintar high-end. Basis global perangkat nirkabel akan sebesar 4.9 bn pada akhir 2010. Para pelanggan lainnya akan dicatat oleh Identifikasi Pelanggan tambahan (SIM) modul yang digunakan dalam mobile handset dan layanan untuk Mesin-Mesin ke-(M2M) sistem komunikasi.



Gambar 11. Perkembangan pengguna wireless komunikasi

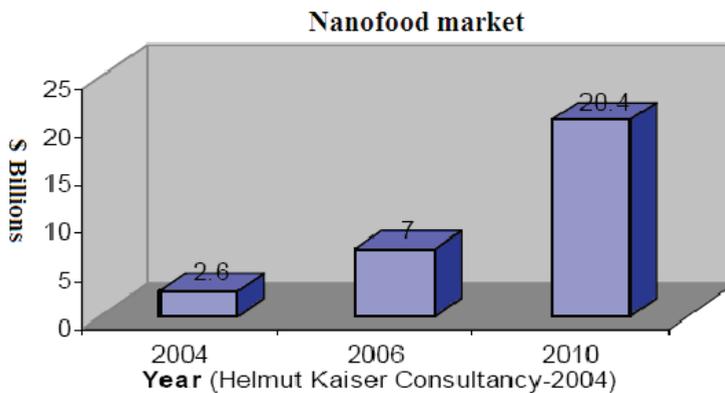
Penetrasi langganan nirkabel bervariasi secara luas oleh daerah. Pada akhir 2010 sisi rendah adalah gabungan Afrika dan kawasan Timur Tengah, jumlah penetrasi sampai 50%. Di Eropa Barat, dimana ada langganan lebih dari warga, dengan penetrasi sebesar 157,6%. Eropa sering memiliki beberapa langganan dan telepon, yang memungkinkan mereka untuk mempertahankan komunikasi saat bepergian di negara-negara yang berbeda yang menggunakan berbagai penyedia layanan udara dan standar.

Aplikasi perangkat lunak Preloaded adalah sebesar \$ 4.4 billions dan diperkirakan akan meningkat menjadi \$ 7.7 billions pada tahun 2014. Pasar IC nirkabel bernilai \$ 60.9 billions dan diperkirakan akan meningkat menjadi \$ 80.2 billions pada tahun 2014.

Sektor industri telekomunikasi tetap menjadi pemimpin pangsa pasar dalam nilai konsumsi di seluruh dunia pada tahun 2010, namun

pertumbuhan tercepat selama jangka waktu 2009-2014 akan di aplikasi khusus, serta serat garis produksi manufaktur komponen optik. Penetrasi pasar dari produk data storage seperti DVD dan VCD mengalami peningkatan, sedangkan penyimpanan data model pita VHS VCR menurun. Perkembangan baru Recordable DVD mulai menunjukkan interes pasar yang cukup tinggi. Di lain sisi harga DVD video player semakin turun.

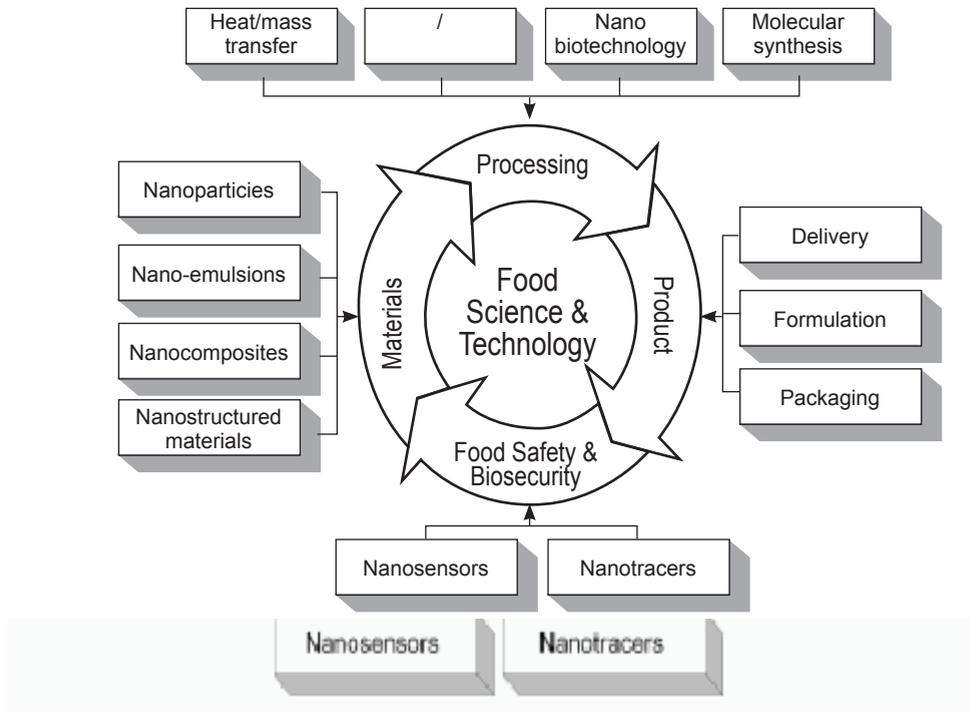
Dewasa ini, nanoteknologi telah diaplikasikan pada berbagai macam produk industri, seperti pertanian dan pangan. Perkembangan nanoteknologi yang sangat pesat akhir-akhir ini, menyebabkan hampir dipastikan adanya pengaruh nanoteknologi pada industri pangan, baik secara langsung maupun tidak langsung. Kajian yang dilakukan oleh Helmut Kaiser Consultancy (2004) memprediksikan bahwa pasar nano-pangan akan meningkat dari \$ 2,6 milyar pada 2004 menjadi \$ 20,4 milyar pada 2010. Pada laporannya, dikatakan bahwa pasar nano-pangan terbesar dunia berada di Asia (50% populasi dunia) dan dipimpin oleh RRC.



Gambar 12. Prediksi pasar nano-pangan dunia 2004-2010

Nanoteknologi memiliki potensi untuk merevolusi industri agrikultur dan pangan dengan adanya peralatan baru untuk perawatan molekular penyakit tanaman, deteksi penyakit tanaman, peningkatan penyerapan nutrisi oleh tanaman, dsb. Teknik-teknik baru pada

pemberian pestisida dan herbisida akan menyebabkan pemberiannya lebih efektif dan efisien. Ini juga akan lebih membantu dalam menjaga kualitas lingkungan.



Gambar 13. Nanoteknologi di Industri Pangan

Aplikasi nanoteknologi menjadi bidang yang potensial dalam revolusi industri makanan dan pertanian dengan hadirnya metode baru dalam penanganan penyakit, deteksi dini penyakit, dan meningkatkan kemampuan tanaman dalam menyerap nutrisi yang dibutuhkan. Sensor dan sistem penghantar pintar dapat membantu industri pertanian melawan virus maupun bakteri pathogen lainnya. Di masa yang akan datang, katalis nanostruktur akan mungkin digunakan untuk peningkatan efisiensi pestisida dan herbisida, untuk menghindari kekurangan maupun kelebihan dosis yang diperlukan. Nanoteknologi juga dapat sebagai perlindungan lingkungan tidak langsung melalui

suplai energi alternatif terbarukan atau katalis untuk mengurangi polutan dan membersihkan polutan yang sudah ada.

Saat ini pasar untuk MMC di Amerika Serikat diaplikasikan di militer dan kedirgantaraan. Eksperimental komponen MMC telah dikembangkan untuk digunakan dalam pesawat terbang, mesin jet, rudal dan ruang antar jemput NASA. Aplikasi komersial yang paling signifikan dari material MMC sampai saat ini adalah mesin diesel aluminium piston diperkuat dengan serat keramik yang diproduksi oleh Toyota. Toyota memproduksi sekitar 300.000 per tahun. Penguatan keramik memberikatan ketahanan aus yang sangat baik dalam daerah alur ring. Perkembangan ini sangat penting karena menunjukkan bahwa komponen MMC dapat diandalkan diproduksi secara massal.

Polymer Matrix Composite dibagi menjadi reinforced plastics dan advance komposit. Perbedaan keduanya adalah sifat mekanik (biasanya kekuatan dan kekakuan). Plastic reinforced telah digunakan puluhan tahun dalam aplikasi lambung kapal, pipa, panel automotif dan alat olahraga. Advance komposit yang mempunyai sifat kekuatan dan kekakuan yang superior sebagian besar digunakan untuk industri aircraft dan aerospace. Sekitar 85% PMC yang digunakan sekarang adalah glass fiber-reinforced polyester resin. Saat ini, kurang dari 2% PMC yang termasuk komposit maju yang digunakan pada aplikasi aircraft dan aerospace. Produksi advance PMC Amerika Serikat diperkirakan tumbuh 15% setiap tahunnya. Pada tahun 1985 nilai produksi advance komposit mencapai \$1,4 milyar dan mencapai hampir \$12 milyar pada tahun 2000. Produksi saat ini untuk aplikasi komposit polimer untuk aerospace mencapai 50 persen dari penjualan PMC di Amerika Serikat. Barang olahraga mencapai 25%, dengan perkiraan laju pertumbuhannya hanya 3%. Sisanya 25% digunakan untuk kendaraan bermotor dan peralatan industri.

Tabel 3. Pasar Komposit Maju

Region	End use (percentage)*		
	Aerospace	Industrial*	Recreational
United States	50	25	25
Western Europe	56	26	18
Japan	10	35	55

*Based on the value of fabricated components.

*includes automotive, medical, construction, and non-aerospace military applications.

SOURCE: Strategic Analysis, Inc., *Strategies of Suppliers and Users of Advanced Materials*, contractor report for OTA, March 1987.

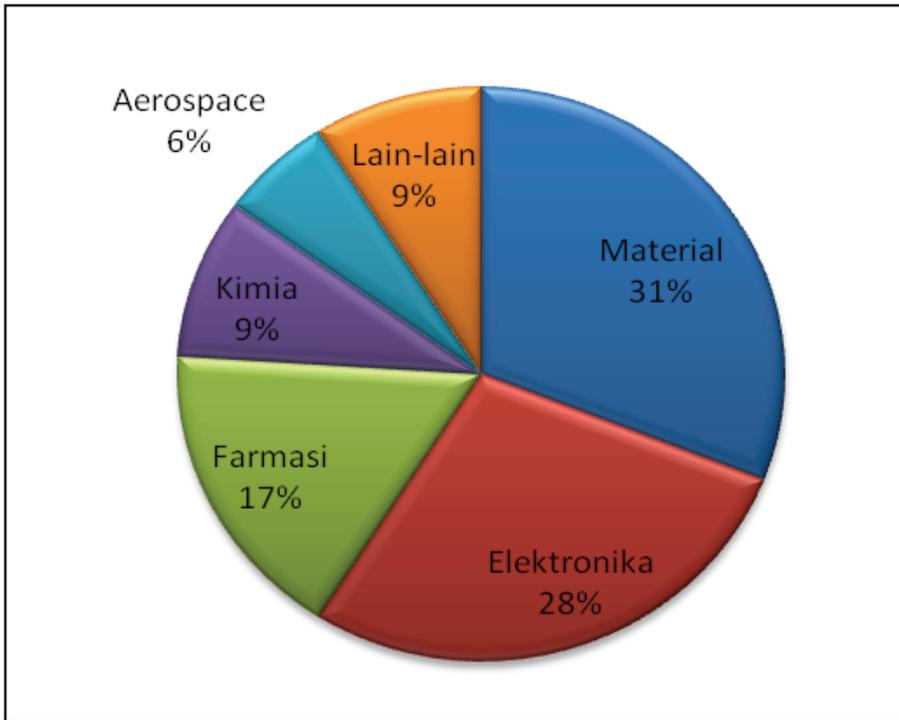
Prasarana Transportasi meliputi jembatan dan jalan mulai mengarah pada penggunaan advanced material. Seperti di United States yang mulai menggunakan *advanced composite material (ACM)*. Penggunaan bahan komposit canggih (ACMs) di bidang infrastruktur transportasi dimulai sebagai akibat dari kerusakan yang terjadi di jaringan transportasi selama bertahun-tahun. Sifat fisik dan mekanik ACM memenuhi persyaratan untuk digunakan dalam struktur jembatan, terutama untuk mengganti yang rusak atau memburuk dalam elemen struktural atau sebagai pengganti dari dek yang memburuk oleh korosi. Dari kondisi ini dapat terlihat jelas, bahwa material memiliki potensi pada aplikasi di pasar infrastruktur transportasi.

Kebutuhan energi dalam negeri selama ini dipasok dari produksi dalam negeri dan sebagian dari impor, yang pangannya cenderung meningkat. Komponen terbesar dari impor energi adalah minyak bumi dan BBM. Kemampuan produksi lapangan minyak bumi semakin menurun sehingga membatasi tingkat produksinya. Dalam satu dekade terakhir, kapasitas produksi kilang BBM dalam negeri tidak bertambah, sedangkan permintaan BBM di dalam negeri meningkat dengan cepat.

Pada tahun 2005 peranan minyak bumi impor untuk kebutuhan bahan baku kilang BBM sudah mencapai 40 persen sedangkan peranan BBM impor untuk pemakaian dalam negeri mencapai 32 persen. Diperlukan suatu kebijakan nasional jangka panjang di bidang energi yang dapat menjawab beberapa tantangan utama yang tengah dihadapi masyarakat Indonesia dalam mewujudkan penyediaan energi yang berkelanjutan (*energy sustainability*). Penyediaan energi berkelanjutan meliputi antara lain: memperluas akses kepada kecukupan pasokan energi, andal dan terjangkau dengan memperhatikan seluruh sarana/prasarana yang diperlukan (*energy security*) dan dampak lingkungan yang ditimbulkan. Banyaknya komponen impor untuk kegiatan produksi dan distribusi sumber energi dari luar (impor). Hal ini merupakan peluang untuk dapat disubstitusi dengan hasil litbangrap nasional.

2.1.4. Prediksi kebutuhan pasar dunia akan teknologi material maju 5 hingga 20 tahun ke depan

Menurut kajian National Science Foundation (NSF) di Amerika Serikat, pada tahun 2010-2015, industri farmasi mencapai 17% di antara pasar produk dan jasa nano teknologi. Industri farmasi tergolong aplikasi yang paling menjanjikan, di bawah industri elektronika (Gambar 14 di bawah ini). Jika dilihat dari estimasi material maju nanoteknologi menurut NSF yang mencapai 1,1 triliun US\$, maka industri farmasi mempunyai potensi pasar sebesar 187 milyar US\$.

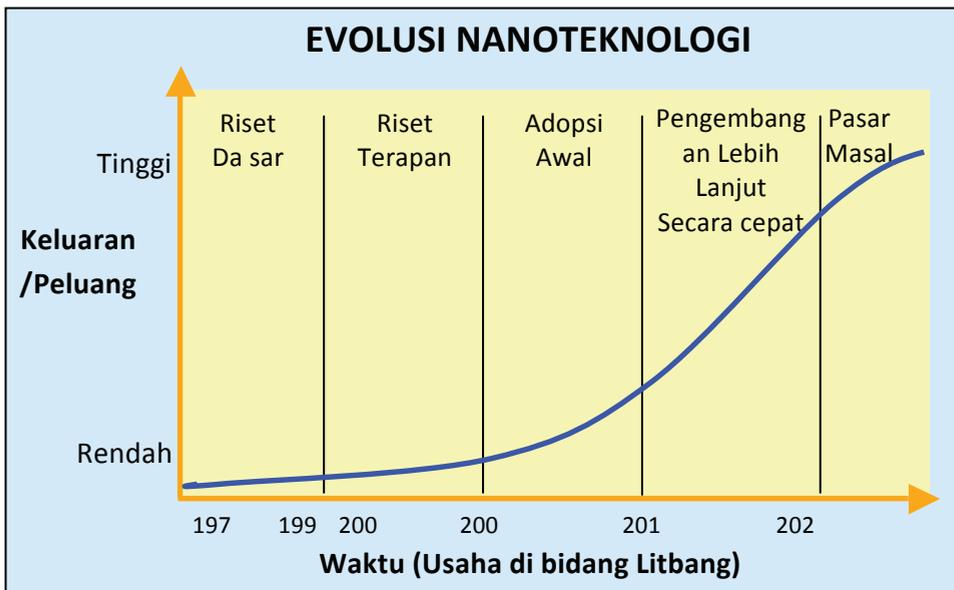


Gambar 14. Prediksi 5 tahun ke depan penerapan nanoteknologi

Lebih dari 200 produk komersial di bidang farmasi, bidang medis dan alat kesehatan menggunakan teknologi nano untuk meningkatkan performa produk tersebut (Gautam Thor; *Impact of Nano Materials in Drug Delivery & Human Tissue Engineering*; 2006). Di antara berbagai teknologi material maju yang ada, diperkirakan teknologi nano akan merevolusi industri farmasi dan industri medis.

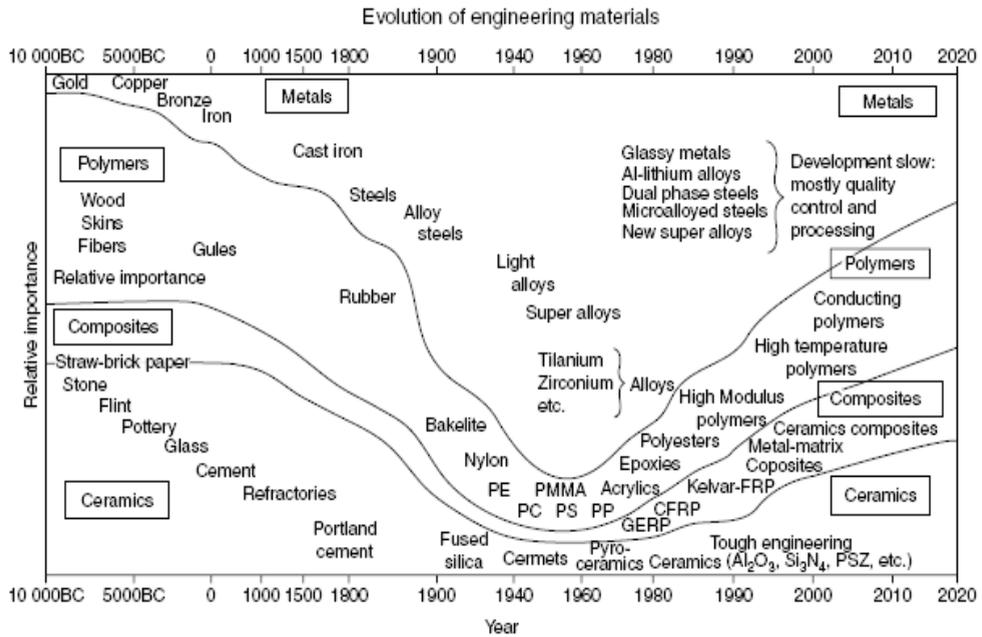
Menurut hasil kajian para pakar dari Eropa, potensi pengembangan nanoteknologi akan mengakselerasi produk-produk industri. Gambar 15 menunjukkan bahwa sampai tahun 2005, peluang nanoteknologi dalam pasar industri tidak terlalu memberikan dampak yang signifikan. Ini mengindikasikan bahwa riset dan pengembangan nanoteknologi memang masih berusia relatif baru. Namun seiring dengan berjalannya waktu, dalam periode 2010 sampai 2020, akan terjadi percepatan yang luar biasa dalam kaitannya dengan penerapan nanoteknologi dalam dunia industri. Selanjutnya pada tahun-tahun

berikutnya peluang nanoteknologi akan jenuh, dimana pada saat itu, produk-produk nanoteknologi di pasar sudah sangat *massive* jumlahnya. Oleh karena itu, pengembangan nanoteknologi harus dilakukan dengan cepat pada masa sekarang ini. Jika tidak, maka peluang pengembangan nanoteknologi akan terlewatkan, dan sebagai konsekuensinya Indonesia akan menjadi negara yang tertinggal dan kalah karena tidak akan mampu bersaing dengan negara-negara lain di dunia ini.



Gambar 15. Peluang nanoteknologi dalam dunia industri. (Sumber : Technolytics).

Gambaran yang lebih umum mengenai evolusi perkembangan kebutuhan material dari tahun terutama sampai dengan tahun 2020 dapat dilihat dalam gambar 16 dibawah ini.



Gambar 16. Perkembangan kebutuhan material dunia

Kebutuhan material logam, polimer komposit maupun keramik akan terus mengalami peningkatan yang signifikan seiring dengan perkembangan teknologi material maju di dunia. Material logam akan mengalami perkembangan kebutuhan yang sangat cepat dibandingkan dengan material lainnya mengingat trend dunia akan kebutuhan infrastruktur, transportasi dan energi akan terus memerlukan suplai material maju untuk logam guna mengejar kebutuhan masyarakat dunia yang terus menerus meningkat.

Beberapa hal yang mungkin menjadi fokus utama dalam bidang material maju kedepannya dapat dijelaskan lebih lanjut. Di bidang energi antara teknologi pembuatan sel surya berbasis silikon polikristal, monokristal dan silikon amorf akan menjadi sangat penting dalam rangka mendukung kebijakan energi baru terbarukan. Teknologi Material untuk Fuel Cells antara lain mengembangkan Solid Oxid Fuel Cells, Ytria Stabilized Zirconia, Nikel Oxid dan Nano scale Zirconia.

Untuk Generasi Hidrogen beserta komponen – komponennya akan memerlukan pengembangan material Platinum Ceria Katalis (2% Pt), Nanoserbuk Samarium doped Ceria dan Nanoserbuk Ytria Stabilized Zirconia. Selanjutnya adalah Sintesis Nanopartikel MFe_2O_4 untuk Bahan magnet keras dan Lunak dan Fabrikasi Nanokomposit berbasis Polimer untuk Material Penyerap Gelombang Mikro.

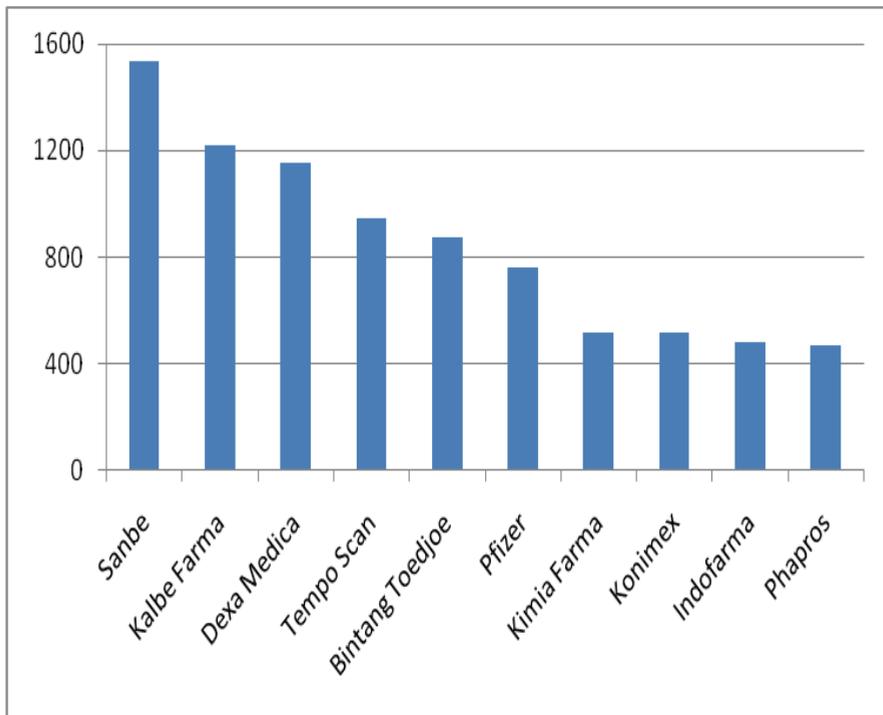
Dibidang kesehatan menurut data market report Global Industry Analysis tahun 2015, pasar dunia untuk nonmedicine akan mencapai nilai \$160 billion dimana lebih dari 200 produk komersial dibidang farmasi, obat obatan dan kesehatan akan memanfaatkan nano teknologi. Dibidang teknologi informasi dan komunikasi alat peralatan seperti MEMS (micrometer-sized device (3-D) properties) merupakan devices yang akan menjadi populer dengan material pembentuknya adalah plastik (polimer), glas (silika) dan material dielectric. Proses produksi MEMS akan melibatkan teknologi material maju dibidang IC (integrated circuit) . Selain polimer, material maju dibidang logam seperti Emas, nikel, aluminium, crom, titanium, platinum dan perak ana memegang peranan yang sangat penting bidang teknologi informasi dan komunikasi. Dibidang ketahanan pangan pengembangan material maju akan sangat berperan dalam kebutuhan pengemas (plastik) yang mampu untuk di daur ulang dengan baik. Trend kedepan menunjukkan kebutuhan akan sistem penyimpanan yang mempunyai sifat ketahanan yang sangat baik, lebih ringan, lebih kuat dan tahan terhadap berbagai cuaca. Pengembangan material maju dalam bidang ketahanan pangan sudah sangat diperlukan saat ini. Kebutuhan material maju di bidang transportasi sampai saat ini terus dilakukan untuk mendapatkan komponen dengan sifat material yang lebih ringan dan lebih kuat serta tahan akan berbagai kondisi dan temperatur yang ada. Blok mesin misalnya terus menerus mengalami perbaikan dan penguatan sifat mekanisnya dengan memanfaatkan teknologi nano dari material serbuk logam. Pemanfaatan teknologi MMC (metal matrix composite) pada mesin (engine) dengan bahan dasar aluminium merupakan trend kedepan diindustri otomotif yang terus dilakukan. Untuk bidang pertahanan keamanan kesemua bidang teknologi diatas

akan menjadi sangat penting adanya mengingat sektor Hankam memerlukan material maju disegala sektor.

2.2 PRODUKSI MATERIAL MAJU NASIONAL

2.2.1 Kondisi produksi material maju nasional

Jika dilihat dari nilai penjualan industri kesehatan dan obat nasional, dalam urutan 3 besar dikuasai oleh Sanbe, Kalbe Farma dan Dexa Medica. Perusahaan BUMN seperti Kimia farma dan Indofarma berada pada urutan ke-7 dan ke-9. Tetapi dalam industri vaksin, perusahaan BUMN Bio-Farma menguasai sebagian besar pasar dalam negeri. Bahkan Indonesia merupakan satu-satunya produsen vaksin di Negara-negara anggota OKI.



Gambar 17. Sepuluh besar industri farmasi nasional (2004, dalam triliun rupiah)

Dalam Sistem Kesehatan Nasional (SKN), disebutkan bahwa penerapan kemajuan iptek kesehatan diutamakan pada iptek tepat guna untuk pelayanan kesehatan tingkat pertama (Puskesmas) dan iptek canggih untuk pelayanan kesehatan rujukan. Di bidang obat, baik kebijakan obat nasional (KONAS) maupun kebijakan obat tradisional nasional (KOTRANAS) menegaskan arti penting pendekatan iptek dalam membangun kemandirian di bidang obat, pemanfaatan obat tradisional yang lebih rasional serta pembangunan industri bahan baku obat dan obat herbal.

Seluruh material maju untuk komponen elektronik / TIK belum ada yang diproduksi dalam negeri dimana industri TIK dalam negeri masih bersifat assembling. Peluang untuk pengembangan material maju dibidang TIK sangat besar untuk dilakukan. Untuk material maju pada industri pertahanan dan keamanan, misal material maju yang digunakan pada kendaraan tempur meliputi:

1. Armour plate (high hardness steel)
2. High Impact High Structural Strength Steel
3. Aluminium Armour
4. Ceramic Armor dan Ceramic Komposit Armour
5. Armour Glass
6. Teknik Process Cor Aluminium/Steel
7. Rubbering dan Seal
8. Anti Infra Red Coating

Industri pertahanan adalah suatu tatanan industri yang terdiri dari seluruh potensi industri nasional yang disiapkan untuk memproduksi dan memasok sarana pertahanan dalam upaya mendukung pelaksanaan pertahanan negara. Dengan demikian industri pertahanan mencakup seluruh industri besar dan kecil, BUMN dan swasta nasional, hulu maupun hilir. Industri ini disusun dalam suatu klaster yang sistemik sehingga produknya merupakan keterpaduan dari komponen produk klaster industri yang diwujudkan dalam bentuk

alutsista atau sarana lainnya. Industri pertahanan sangat luas cakupannya, tidak terbatas pada industri BUMN atau industri strategis saja, tetapi mencakup seluruh potensi industri sampai kepada industri yang berada di masyarakat. Namun komponen produk klaster tersebut masih merupakan barang import. Begitu pula produk industri pertahanan dan keamanan lainnya yang sangat tergantung pada vendor yang memasok dari luar negeri.

Untuk produksi material maju di bidang transportasi, belum ada industri nasional yang memproduksi material maju untuk aplikasi sarana transportasi. Secara umum hambatan yang tertinggi pengembangan material maju untuk aplikasi transportasi adalah harga material maju yang mahal dan harus bersaing dengan material konvensional yang sudah mapan dan murah. Hambatan material maju yang terendah untuk aplikasi pesawat komersil atau militer yang membutuhkan performansi yang sangat baik meskipun dengan harga yang mahal.

Produksi pupuk nasional tahun 2009 diperhitungkan akan melebihi target pemerintah 7 juta ton, seiring dengan peningkatan produksi dari seluruh BUMN pupuk di Indonesia. Produksi pupuk nasional akan mencapai 7,1 - 7,7 juta ton, yang selisihnya akan mampu menambah cadangan seiring dengan kenaikan subsidi pupuk dari pemerintah. Pupuk P dan K hampir 100% impor, yang kemudian diformulasikan menjadi pupuk majemuk. Begitu pula untuk produksi sebagian benih nasional untuk pangan masih di impor. Sedangkan produksi pestisida nasional memenuhi 30% konsumsi nasional, dimana 90% bahan aktifnya masih impor.

Pada material maju bidang energi, secara keseluruhan terdapat tiga fokus pengembangan yaitu, pengembangan dan produksi biofuel, pengembangan pembangkit listrik, dan pengembangan konservasi energi. Pengembangan tiga bidang tersebut penting karena terdapat kebutuhan yang besar.

Pertama, pengembangan dan produksi biofuel dimana pengembangan biofuel dibagi 3 program yaitu:

1. Meningkatkan peran material dasar untuk peningkatan performa proses biofuel.
2. Peningkatan efisiensi pada proses kimia, misalnya katalis yang mampu meningkatkan efisiensi proses produksi biofuel.
3. Tersedianya material komponen untuk infrastruktur, misalnya material logam untuk tangki biofuel, serta material lain seperti komposit atau keramik.

Kedua, pengembangan pembangkit listrik yang berasal dari energi tidak terbarukan dan energi terbarukan, termasuk energi baru. Khususnya untuk energi baru dan terbarukan, terdapat 5 jenis EBT yang harus diutamakan pengembangan di bidang material majunya, yaitu:

1. Geothermal (energi panas bumi)
2. Solar cell (energi surya)
3. Fuel cell dan hidrogen
4. Nuklir
5. Air dan Angin

Untuk upaya tersebut ada 3 hal yang perlu dikembangkan di bidang material maju untuk energi baru dan terbarukan yaitu:

1. Kandungan sumber daya alam/bahan baku komponen material agar ditingkatkan kandungan lokalnya.
2. Meningkatkan sifat dan performa materialnya.
3. Mengubah struktur materialnya, misalnya untuk meningkatkan efisiensi turbin angin, maka material turbin dikembangkan dari bahan komposit atau polimer. Sedangkan pada energi panas bumi, yang perlu dikembangkan adalah bahan material logam tahan korosi, bahan material tahan suhu tinggi dan sebagainya. Untuk energi surya, bahan material yang dikembangkan adalah material selain silicon, material berbasis silicon atau

pengolahan material silicon sendiri. Dan juga pengembangan material untuk nuklir dan air.

Ketiga, pengembangan konservasi energi dimana pada umumnya adalah *improvement* (inovasi) material khususnya untuk memperoleh sifat material yang dapat menyalurkan panas atau dingin dengan efisiensi tinggi. Dari berbagai bagian energi tersebut, untuk material maju dibuat matriks dengan berbagai jenis material yaitu matriks dari logam, komposit, polimer.

2.2.2 Peta jaringan rantai produksi material maju nasional

Pada bidang material maju untuk TIK, Indonesia masih belum punya jaringan produksi material maju.

Pada bidang material maju untuk pertahanan dan keamanan, upaya pengembangan industri pertahanan harus dilandasi prinsip bahwa kita tidak menyiapkan diri untuk menyusun pertahanan yang menghadapi perang atau agresi negara lain. Melainkan yang seyogianya dilakukan adalah penyusunan pertahanan menghadapi kemungkinan masa depan. Menyikapi hal tersebut, pengembangan industri pertahanan tentunya merupakan kepentingan seluruh Stake Holders yang melibatkan berbagai unsur pengguna, pemroduksi, perancang, penguji, peneliti yang kompeten serta dengan perencanaan bisnis yang matang, yang dikenal dengan konsep Tiga Pilar Pelaku Industri Pertahanan.

Konsep merupakan hubungan kemitraan yang terpadu dan terkonsentrasi dalam pengembangan industri pertahanan, yakni antara Perguruan Tinggi dan komunitas Litbang yang memiliki potensi untuk mengembangkan Iptek pertahanan dari dalam, Industri mempunyai potensi untuk mendayagunakan Iptek dan TNI sebagai pengguna. Dalam hal ini TNI sebagai pengguna bukan hanya sebagai prakarsa tetapi juga turut serta dalam pengembangan desain sampai menghasilkan prototipe. Dengan demikian TNI bukan sekedar berfungsi sebagai pemberi proyek, melainkan turut serta mengembangkan

produk sesuai kebutuhan, dalam hal ini pula ergonomi dapat diterapkan serta melekat pada setiap desain.

Satu contoh konfigurasi struktur kluster industri sederhana dari Industri Senjata, sebagai berikut: industri senjata sebagai industri inti, di lapis pertama sebagai industri-industri yang saling terkait, antara lain industri senjata, industri munisi, industri bahan peledak dan industri roket. Di lapis ketiga merupakan industri pendukung, antara lain industri propellant, industri selongsong, dsb.

Pada bidang material maju untuk energi, jaringan rantai produksi energi baru dan terbarukan masih terpusat pada sisi hilir, misal pada material maju solar cell (energi surya), jaringan rantai produksi masih pada tahap integrasi panel surya (sisi hilir) karena teknologi material maju pembuatan solar cell (sisi hulu) belum dikuasai.

Pada bidang pangan jaringan rantai produksi dapat dibagi dalam beberapa rantai nilai. Pada pengolahan pasca panen bahan bahan additive dan teknologi penyimpanan memerlukan proses produksi dari hulu hingga hilirnya. Dibidang pengemas plastik, bahan baku dasar masih merupakan kendala sehingga kebanyakan dari industri pengemas lebih melakukan proses produksi di bagian hilirnya saja. Diharapkan kedepannya material maju dapat berperan untuk berbagai sektor dibidang pangan mulai dari pertanian, peternakan dan perikanan dengan harapan dapat meningkatkan produktifitas pertanian, kualitas pangan dan efisiensi dalam pemanfaatan sumber daya.

Dibidang transportasi peta jaringan rantai produksi nasional sudah ada dimana terjadi keterlibatan berbagai stakeholder dalam rangka mencapai suatu kemandirian dalam produksi. Dana dari pemerintah dalam mendukung industri transportasi untuk darat, laut dan udara sudah mulai mendapatkan perhatian dari pemerintah. Pemanfaatn energi alternatif, pengurangan emisi dan aplikasi material maju untuk transportasi misalnya yang mempunyai sifat ringan, kuat dan tahan panas merupakan kesatuan industri yang tak dapat dipisahkan kedepannya.

Dibidang kesehatan dan obat-obatan Ketergantungan impor bahan baku obat (95%) adalah penyebab utama mahalnya obat sehingga Indonesia belum dapat mandiri di sektor bahan baku obat. Disisi lain, industri bahan baku obat berkembang sangat pesat di negara-negara dengan upah buruh rendah, seperti Cina dan India. Oleh karena itu pengembangan obat herbal dengan target obat herbal terstandar (OHT) dan fitofarmaka adalah pilihan yang tepat, mengingat kekayaan sumberdaya alam Indonesia yang sangat besar, terbesar kedua dunia setelah Brazil. Selain itu, dengan kemajuan spektakuler dalam bidang bioteknologi pascagenomik, terjadi perubahan arah secara besar-besaran dalam bidang industri farmasi, dari industri berbasis sintesis kimia kearah industri berbasis bioteknologi. Melalui teknologi ini, obat dan sediaan farmasi berbasis protein rekombinan berupa vaksin, diagnostik, antibodi, hormon dan enzim yang merupakan senyawa yang mempunyai nilai tinggi dengan volume kecil dapat diproduksi. Untuk itu, Indonesia harus memprioritaskan aplikasi bioteknologi untuk memenuhi kebutuhan obat dan sediaan farmasi yang rata-rata nilai dan harganya sangat tinggi.

2.2.3 Potensi pengembangan material maju nasional

Prioritas pengembangan dan pemanfaatan teknologi kesehatan dan obat difokuskan pada tujuh program riset prioritas yaitu:

1. Program Riset Perbaikan Gizi Masyarakat (Gizi) menuju pencapaian gizi seimbang dan tumbuh kembang anak dalam rangka menjaga kualitas manusia Indonesia.
2. Program Riset Pengembangan bahan baku obat (Bahan Baku Obat) untuk memperkuat struktur industri bahan baku farmasi nasional agar secara bertahap dan berkesinambungan dapat mengurangi kebutuhan impor.
3. Program riset pengembangan obat tradisional (Obat Tradisional) untuk meningkatkan pemanfaatan jamu dalam upaya meningkatkan status kesehatan masyarakat melalui penelitian berbasis pelayanan (saintifikasi jamu).

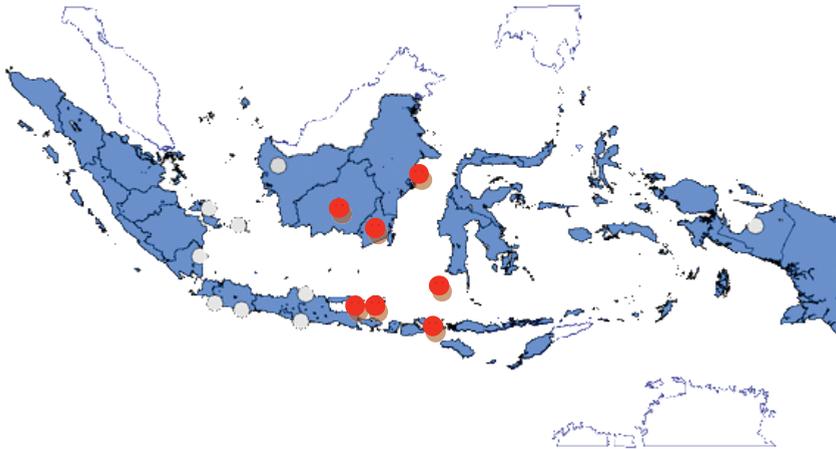
Potensi pengembangan bidang material maju untuk pangan terfokus pada pupuk P dan K di Indonesia cukup besar, mengingat Indonesia memiliki sumber daya alam pupuk tersebut. Namun demikian, kandungan deposit yang ada masih perlu dilakukan benefisasi. Pengembangan pupuk dengan system pelepasan terkendali sangat potensial, mengingat perlu usaha intensifikasi lahan pertanian sebagai usaha untuk meningkatkan produktifitas lahan.

Potensi pengembangan benih sangat tinggi, mengingat Indonesia memiliki cadangan biodiversity yang besar. Sehingga dapat memungkinkan untuk diperoleh berbagai varietas unggul yang diperoleh melalui rekayasa bioteknologi.

Penggunaan pestisida yang berlebihan akan merugikan produktifitas pertanian dan sekaligus merusak ekosistem. Sehingga diperlukan teknologi untuk efisiensi pemakaiannya dengan mikro/nanoteknologi.

Pada bidang material maju untuk TIK potensi pengembangan terdiri dari beberapa bagian yaitu:

1. Potensi pasar semakin tinggi tentunya membuat permintaan perangkat TIK semakin naik, demikian juga kebutuhan akan komponennya.
2. Jika produknya merupakan perangkat yang kompak, maka produk komponen dalam negeri akan mengalami kesulitan dalam pemasarannya, kecuali produk perangkat dilakukan dalam negeri.
3. Potensi sumber alam Indonesia sangat mendukung untuk diproduksinya komponen elektronik device dan sejenisnya. Misal silikon dari pasir kuarsa yang mempunyai potensi seperti pada gambar 18 di bawah ini. Potensi pasir kuarsa banyak terdapat pada Bangka Belitung, Lampung, Pantai di Jawa dan kalimantan Barat.



Gambar18. Peta potensi pasir kwarsa di Indonesia

Potensi pengembangan material maju untuk energi difokuskan pada efisiensi energi, konversi dan konservasi energi dan penyimpanan energi.

Efisien penyimpanan energi. Setelah energi telah tersedia, maka harus disimpan sehingga dapat digunakan sesuai kebutuhan. Dalam waktu dekat, teknologi material maju dapat digunakan untuk membuat peralatan dan produk lainnya yang dapat menyimpan energi yang lebih efisien dengan rekayasa material nano.

Penyimpanan energi adalah masalah yang sangat baik untuk diselesaikan dalam jangka pendek. Baterai adalah metode yang paling mendasar dan nyaman penyimpanan energi: karena sifatnya yang ringan, portabel, dan bisa diisi ulang. Kapasitas penyimpanan, *life time*, dan keselamatan adalah ukuran kualitas baterai, dan dapat ditingkatkan dengan teknologi material maju karena material nanoporous memungkinkan debit lebih cepat dalam elektroda baterai; nanotube karbon dapat meningkatkan efisiensi dan konduktivitas, dan nanopartikel keramik dapat meningkatkan profil keamanan dengan memperluas kisaran suhu operasi baterai. Industri memanfaatkan

permukaan nanofibers karbon dan nanotube dalam baterai lithium-ion untuk membuat baterai yang memasok energi untuk waktu yang lebih lama dengan jumlah yang sama material elektroda sehingga ponsel, alat-alat listrik dan iPod dapat beroperasi lebih lama, namun perbaikan dalam kapasitas penyimpanan baterai yang lebih besar masih terus diupayakan.

Beberapa industri otomotif dan kimia saat ini terlibat dalam kegiatan penyimpanan energi komersial termasuk:

- Pendirian karbon nanotube multi dinding ke elektroda baterai lithium.
- Penggunaan elektroda berstruktur nano untuk membuat baterai lithium-ion.
- Pengembangan elektroda baterai dan pemisah yang berbasis pada teknologi nanopartikel untuk kendaraan listrik dan hybrid listrik.
- Produksi katalis material maju untuk membran elektroda, metanol langsung, dan asam fosfat sel bahan bakar.
- Manufaktur material maju nikel, tembaga dan perak untuk aplikasi termasuk sel bahan bakar.

Untuk potensi pengembangan bidang material maju untuk transportasi, misal aluminium dan polymer, penerapan komposit matrik aluminium dapat menghasilkan material yang lebih ringan, lebih kuat dan lebih tahan panas dibandingkan paduan aluminium konvensional. Disamping itu pengembangan pemaduan aluminium untuk menghasilkan kinerja yang lebih baik daripada paduan umumnya. Komposit matrik polymer untuk transportasi pada bagian *body, shape housing, dash board, roof panel* memiliki kekuatan dan kekakuan yang lebih tinggi daripada polymer konvensional. Juga komposit sandwich yang terdiri dari bahan inti (*core*) dan bahan penutup (*facing*) yang memiliki kemampuan menahan lentur dan getaran yang lebih baik. Nano komposit merupakan penguatan matrik

polymer dan menggunakan nano filler menghasilkan material dengan kekuatan yang lebih tinggi dan tahan temperatur serta ramah lingkungan dimana memenuhi spesifikasi teknis yang baik (*high strenght to weight ratio*).

Kebutuhan Pertahanan dalam menghadapi era globalisasi akan semakin meningkat dan semakin kompleks jenisnya. Tuntutan kebutuhan juga semakin meningkat menghadapi kerawanan nasional akhir-akhir ini. Hal ini merupakan salah satu permasalahan yang memerlukan peningkatan fasilitas untuk memenuhi kebutuhan pertahanan, salah satunya adalah rompi keramik tahan peluru untuk menunjang perlengkapan TNI dalam melaksanakan tugasnya. Kebutuhan rompi keramik tahan peluru saat ini masih sangat tergantung dari luar negeri. Industri keramik di Indonesia telah berkembang pesat, baik dari segi variasi produk maupun teknologinya. Rompi keramik tahan peluru berbentuk baju tanpa lengan (rompi) terbuat dari bahan keramik dengan dilapisi bahan/kain sebagai pembungkusnya. Keramik yang sangat luas penggunaannya ini berasal dari bahan galian. Sifat-sifat keramik yang mempunyai kekerasan, kekuatan, dan kestabilan pada suhu tinggi dapat dimanfaatkan untuk memperbaiki paduan logam atau komposit dengan proses active metal brazing, untuk penggunaan tertentu. Keramik dapat dibedakan menjadi keramik halus, keramik berat mortar, keramik baru dan gelas. Melalui analisis sifat keramik serta penggunaan teknologi pengolahan lebih lanjut, keramik dapat ditingkatkan mutunya sehingga bisa digunakan untuk bahan pembuatan rompi tahan peluru. Operasional Requirement yang diharapkan dalam penelitian ini hanya membuat plate keramik bagian muka (pelindung dada) dengan berat kurang dari 3 kg, dengan dimensi dan kelenturan sesuai ergonomis TNI.

Secara kimiawi material keramik pada umumnya mempunyai ikatan ion atau kovalen. Oleh karena itu, para ahli telah sepakat bahwa material keramik dapat berupa suatu senyawa yang berasal dari gabungan berbagai unsur seperti unsur logam dan non-logam sebagai Al_2O_3 , TiO_2 dan ZrO_2 , unsur logam dan semilogam sebagai misal TiC , unsur semilogam sebagai misal SiC serta unsur semilogam dan non-

logam contoh Si_3N_4 dan SiO_2 . Pada saat sekarang, perkembangan dari keramik perangkat militer ini terus berlanjut. Utamanya untuk personel dan kendaraan tahan peluru, alat pelindung dari beberapa bagian kritis pada pesawat terbang dan helikopter, dan untuk perlindungan terhadap ledakan ranjau darat (*blast protection against landmine*).

Sampai saat ini terus dilakukan inovasi oleh Balitbang Dephan mengenai manfaat Rami untuk Rompi Tahan peluru. Apabila Uji Balistik terhadap Rompi berhasil, maka dapat menjawab kebutuhan TNI untuk peningkatan ketangguhan dan kemandiriannya. Rompi akan menjadi lebih kuat, lebih ringan dan terutama lebih murah karena hasil material dalam negeri sendiri. Serat Rami perlu dikembangkan lebih Lanjut. Karena potensi serat Rami yang dimiliki cukup menjanjikan, disamping untuk kebutuhan TNI juga dapat untuk mensubstitusi Kapas dan Pulp sebagai bahan pembuatan kain dan kertas.

Material komposit dapat menjadi alternatif untuk pemakaian pada perlengkapan tempur seorang prajurit (rompi dan helm anti peluru) yang terbuat dari komposit laminasi glass/polyester atau glass/epoxy. Komposit ini dirancang untuk ketahanan impak dari proyektil peluru, dimana material dasarnya adalah serat gelas fiber dengan matriks dasar epoksi resin dan polyester resin.

2.2.4 Kondisi produksi material maju dunia

Pada bidang kesehatan dan obat, untuk pertama kalinya, pada tahun 2006, belanja global terhadap obat resep mencapai US\$ 643 Milyar. Amerika Serikat menyumbang hampir setengah dari pasar farmasi global, dengan US\$ 289 milyar diikuti oleh Uni Eropa dan Jepang. Kekuatan pasar baru seperti Cina, Rusia, Korea Selatan dan Meksiko melebihi pasar itu, tumbuh sangat pesat sampai 81 persen. Pertumbuhan profit industri farmasi Amerika Serikat masih bertahan, sementara industri top lainnya mengalami sedikit atau tidak ada pertumbuhan. Meskipun demikian, industri farmasi Amerika Serikat adalah paling menguntungkan dari semua bisnis di Amerika Serikat.

Dalam survei tahunan Fortune 500, industri farmasi menduduki puncak daftar industri yang paling menguntungkan.

Obat kolesterol Lipitor dari Pfizer adalah obat terlaris di dunia. Berkat ini penjualan tahunan Pfizer mencapai US\$ 12,9 Milyar. IMS Health menerbitkan analisis kecenderungan dalam industri farmasi pada tahun 2007, termasuk peningkatan keuntungan berdasarkan sektor-sektor. Majalah Teradata memprediksi bahwa US\$ 40 milyar penjualan AS bisa hilang di 10 besar perusahaan farmasi sebagai akibat perlambatan inovasi R & D dan berakhirnya paten atas produk utama, dengan 19 obat utama yang akan hilang hak patennya.

Kondisi produksi material maju untuk transportasi, saat ini pasar untuk MMC di Amerika Serikat diaplikasikan di militer dan kedirgantaraan. Eksperimental komponen MMC telah dikembangkan untuk digunakan dalam pesawat terbang, mesin jet, rudal dan ruang antar jemput NASA. Aplikasi komersial yang paling signifikan dari material MMC sampai saat ini adalah mesin diesel aluminium piston diperkuat dengan serat keramik yang diproduksi oleh Toyota. Toyota memproduksi sekitar 300.000 per tahun. Penguatan keramik memberikan ketahanan aus yang sangat baik dalam daerah alur ring. Perkembangan ini sangat penting karena menunjukkan bahwa komponen MMC dapat diandalkan diproduksi secara massal.

Polymer Matrix Composite dibagi menjadi reinforced plastics dan advance komposit. Perbedaan keduanya adalah sifat mekanik (biasanya kekuatan dan kekakuan). Plastic reinforced telah digunakan puluhan tahun dalam aplikasi lambung kapal, pipa, panelomotif dan alat olahraga. Advance komposit yang mempunyai sifat kekuatan dan kekakuan yang superior sebagian besar digunakan untuk industri aircraft dan aerospace. Sekitar 85% PMC yang digunakan sekarang adalah glass fiber-reinforced polyester resin. Saat ini, kurang dari 2% PMC yang termasuk komposit maju yang digunakan pada aplikasi aircraft dan aerospace. Produksi advance PMC Amerika Serikat diperkirakan tumbuh 15% setiap tahunnya. Pada tahun 1985 nilai produksi advance komposit mencapai \$1,4 milyar dan mencapai hampir \$12 milyar pada tahun 2000. Produksi saat ini untuk aplikasi

akomposit polimer untuk erospace mencapai 50 persen dari penjualan PMC di Amerika Serikat. Barang olahraga mencapai 25%, dengan perkiraan laju pertumbuhannya hanya 3%. Sisanya 25% digunakan untuk kendaraan bermotor dan peralatan industri.

Prasarana Transportasi meliputi jembatan dan jalan mulai mengarah pada penggunaan advanced material. Seperti di United States yang mulai menggunakan advanced composite material (ACM). Penggunaan bahan komposit canggih (ACMs) di bidang infrastruktur transportasi dimulai sebagai akibat dari kerusakan yang terjadi di jaringan transportasi selama bertahun-tahun. Sifat fisik dan mekanik ACM memenuhi persyaratan untuk digunakan dalam struktur jembatan, terutama untuk mengganti yang rusak atau memburuk dalam elemen struktural atau sebagai pengganti dari dek yang memburuk oleh korosi. Dari kondisi ini dapat terlihat jelas, bahwa material memiliki potensi pada aplikasi di pasar infrastruktur transportasi.

Berdasarkan data statistik mineral yang diterbitkan oleh USGS 2008, menunjukkan bahwa pada tahun 2006 terjadi lonjakan besar atas nilai pasar mineral di dunia, baik dalam tingkat produksi maupun harga komoditas mineral terutama mineral logam (emas, tembaga, nikel, timah, molibden, bijih besi), uranium dan batubara yang naik secara tajam mencapai antara 2 sampai dengan 5 kali bila dibandingkan dengan kondisi tahun 1989 (Tabel 4 di bawah ini).

Produksi batubara dunia pada tahun 1989 sekitar 1,2 miliar ton sedangkan pada tahun 2006 mencapai 3.090 miliar ton. Untuk kelompok Kapasitas Pasar Tinggi dengan nilai pasar di atas US\$ 1 miliar, pada tahun 2006 dipasarkan sebanyak 26 jenis mineral dimana sebagian berasal dari jenis yang pada tahun 1989 termasuk dalam kelompok Kapasitas Menengah seperti molibden, uranium, intan dan sebagainya. Nilai pasar ke-26 jenis mineral dari kelompok Kapasitas Pasar Tinggi ini mencapai US\$ 632.083 miliar, naik dari US\$ 135.199 miliar pada tahun 1989. Bahkan terdapat mineral yang termasuk dalam kelompok ke-3 pada tahun 1989 seperti vermikulit memasuki kelompok Kapasitas Pasar Tinggi dengan nilai pasar US\$ 7.200 miliar.

Tabel 4 di bawah ini juga menunjukkan bahwa nilai pasar mineral silikon meningkat mencapai 295%. Silikon digunakan sebagian besar untuk kepentingan industri optik, elektronik dan perangkat komputer.

Tabel 4. Kapasitas Pasar Tinggi (Diatas 1 miliar dolar AS)

1989		2006	
JENIS MINERAL	NILAI	JENIS MINERAL	NILAI
1. Aluminium	24.300	1. Batubara	154.500
2. Emas	21.000	2. Tembaga	113.147
3. Tembaga	17.300	3. Aluminium	105.428
4. Batubara	12.400	4. Nikel	62.655
5. Bijih besi	7.200	5. Emas	59.721
6. Belerang	7.100	6. Uranium	15.466
7. Seng	6.500	7. Potasium	12.870
8. Titan dioksid	6.400	8. Platinum	12.201
9. Batu posfat	5.400	9. Molibdenum	12.095
10. Silikon	4.000	10. Bijih Besi	11.970
11. Nikel	3.700	11. Silikon	11.807
12. Timah hitam	3.300	12. Perak	8.831
13. Perak	3.000	13. Timah hitam	8.530
14. Potasium	3.000	14. Vermikulit	7.280
15. Platinum	2.500	15. Batu posfat	5.777
16. Uranium	1.592	16. Bauksit	5.130
17. Asbestos	1.575	17. Intan	4.410
18. Bauksit	1.400	18. Mangan	3.650
19. Timah	1.350	19. Seng	3.495
20. Mangan	1.100	20. Belerang	2.640
21. Magnesium	1.082	21. Tungsten	2.500
		22. Titan dioksid	2.194
		23. Magnesium	2.100
		24. Krom	1.571
		25. Boron	1.230
		26. Flourspar	1.152

Sumber : US Geological Survey, 2008, Mineral Commodity Summaries 2008, diolah kembali

Kelompok mineral yang termasuk dalam Kelompok Pasar Menengah pada tahun 2006 sebanyak 15 jenis mineral atau menurun 1 jenis mineral bila dibandingkan dengan data tahun 1989, namun jenis mineralnya sangat berbeda (Tabel 5 di bawah ini). Nilai pasar keseluruhan mencapai US\$ 5.991 miliar, menurun dari US\$ 6.120 miliar pada tahun 1989. Penurunan ini disebabkan beberapa mineral pada kelompok ini meningkat tajam dan pindah ke kelompok pertama. Bila diperhatikan nilai pasarnya, harga komoditas kelompok ini tidak meningkat dengan tajam.

Sebagian besar jenis mineral dalam kelompok ini merupakan mineral ikutan yang tidak bernilai seperti mineral tanah jarang basnasit tidak berharga dan diperlakukan sebagai sampah. Mineral barit yang banyak digunakan untuk kepentingan lumpur dalam pemboran minyak dan gas bumi juga mengalami penurunan. Hal ini disebabkan sejak 1990 sampai dengan 2001 tidak menarik untuk dilakukan eksplorasi minyak bumi, karena harga minyak bumi pada periode tersebut sekitar 12-18 dolar per barel.

Sedangkan dalam kelompok Kapasitas Pasar Rendah terdapat 8 jenis mineral yang sebelumnya 13 jenis mineral dengan nilai pasar US\$ 336 juta, turun dari US\$ 585 juta pada tahun 1989.

Tabel 5. Kapasitas Pasar Menengah (US\$ 100 Jt – US\$ 1 Miliar)

1989		2006	
JENIS MINERAL	NILAI	JENIS MINERAL	NILAI
1. Logam Tanah Jarang	759	1. Vanadium	956
2. Trona	680	2. Logam tanah jarang	759
3. Boron	610	3. Trona	680
4. Flourspar	600	4. Asbestos	584
5. Molibdenum	600	5. Berilium	560
6. Kromium	460	6. Indium	405
7. Vanadium	450	7. Titanium ilminit dan rutil	342
8. Barit	400	8. Antimoni	324
9. Titanium metal	330	9. Barit	320
10. Kadmium	280	10. Rhenium	237
11. Berilium	235	11. Zirkon	214
12. Tunsten	207	12. Bismut	173
13. Litium	150	13. Kadmium	163
14. Zirkon	133	14. Litium	150
15. Antimoni	126	15. Germanium	124
16. Intan industri	100		
Sumber : US Geological Survey, 2008, Mineral Commodity Summaries 2008, diolah kembali			

Tabel 6. Kapasitas Pasar Rendah (Lebih kecil dari US\$ 100 Milion)

1989		2006	
JENIS MINERAL	NILAI	JENIS MINERAL	NILAI
1. Grafit Alam	94	1. Merkuri	85
2. Germanium	85	2. Kolombium	67
3. Vermikulit	67	3. Grafit	62
4. Kolombium	67	4. Arsen	59
5. Merkuri	63	5. Galium	30
6. Arsen	55	6. Selenium	11,20
7. Tantalum	40	7. Tantalum	11,11
8. Bismut	33	8. Tellurium	10,8
9. Galium	21		
10. Indium	18		
11. Rhenium	18		
12. Selenium	17		
13. Tellurium	7		
Sumber : US Geological Survey, 2008, Mineral Commodity Summaries 2008, diolah kembali.			

Produksi material maju untuk bahan EBT terbesar adalah material untuk komponen energi angin, solar cell, hidrogen serta fuel cell. Produsen material tersebut banyak dilembangkan di Jepang, China, Thailand dan Korea untuk wilayah Asia selain Kanada dan Jerman.

2.3 TEKNOLOGI DAN PENGEMBANGAN

2.3.1. Kondisi teknologi produksi material maju yang dipakai oleh produsen nasional

Produsen nasional di bidang Hankam menggunakan material impor, sedangkan industri baja nasional seperti PT. Krakatau Steel pada dasarnya sudah mampu menuplai akan tetapi terkendala alasan ekonomis,

Secara umum produsen material maju di bidang pangan masih menggunakan teknologi konvensional. Teknologi produksi pestisida pada umumnya merupakan formulasi dengan menggunakan bahan baku impor sehingga sangat bersaing dengan produk pestisida impor. Pada teknologi produksi benih pengembangannya memerlukan waktu sangat lama sehingga kualitas dan harganya tertekan oleh produk impor.

Saat ini teknologi material maju di bidang transportasi, sebagian besar teknologi material maju seperti teknologi nano yang dipakai industri nasional adalah produk dari luar negeri. Sebanyak 12 perusahaan yang tergabung dalam asosiasi teknologi mikro dan nano Indonesia siap untuk menggunakan hasil dari R&D gabungan yang bergerak di sektor industri keramik, tekstil, kosmetik dan cat sesuai dengan kebutuhan perusahaan, sehingga akan langsung diaplikasikan. Akan tetapi untuk industri transportasi belum ada yang menerapkan teknologi nano.

Pada bidang energi material maju yang umumnya dipakai oleh produsen nasional adalah material untuk produksi biofuel dan teknologi kelistrikan dan material penyimpan energi misalnya teknologi battery primer .

Material maju di bidang kesehatan dan obat-obatan dalam hal ini industri farmasi Indonesia perkembangannya sangat lambat dan masih sebatas industri formulasi obat.

Produsen nasional yang memproduksi material maju di bidang TIK sampai saat ini sudah ada walaupun masih sangat terbatas. Yang lainnya masih merupakan sistem *assy* dari luar negeri yang langsung di import ke Indonesia. Industri besar di bidang teknologi informasi dan komunikasi sudah melakukan investasi di Indonesia (IBM, Oracle, Microsoft, SUN Microsystems, INTEL, dll.) Secara alamiah telah terbentuk pengelompokan industri teknologi informasi dan komunikasi yang berpotensi membangun klaster, antara lain: 1) Wilayah Priangan (*Bandung High Tech Valley* (BHTV), RICE, dll); 2) RICE Bali; 3) Toba Group. Industri pendukung/komponen seperti IC (*Integrated Circuit*), CRT (*Computer ray Tube*), LCD (*Liquid Computer Display*), *Hand Phone*, *Camera Digital*, Lensa Digital, PCB (*Personal Computer Board*), Komponen Plastik, Komponen *Casting* sudah diproduksi dalam negeri

2.3.2. Kondisi teknologi pendukung produksi material maju yang dipakai oleh produsen nasional.

Beberapa bidang yang menggunakan bahan baku impor, teknologi pendukungnya juga belum berkembang. Untuk material komposit, beberapa teknologi pendukung yang terkait sudah tersedia seperti teknologi tekstil, teknologi polimer, teknologi silikat, teknologi perlakuan serat dan teknologi cetakan.

2.3.3. Kondisi riset dalam negeri untuk mengembangkan teknologi material maju

Pemerataan sumber daya manusia yang berkompetensi di bidang nanoteknologi terlihat masih kurang merata. Hal ini dapat dilihat dari banyaknya sumber daya manusia yang terkonsentrasi di pulau Jawa, terutama di Jabodetabek. Di pulau Sumatera dan Sulawesi tidak banyak sumber daya manusia yang bergerak di bidang nanoteknologi, sehingga di wilayah tersebut kemungkinan kurang informasi dan infrastruktur yang mendukung litbangrap ilmu pengetahuan bidang nanoteknologi. Kurang meratanya wilayah sebaran sumber daya manusia di bidang

nanoteknologi, perlu diatasi agar memperlancar pengembangan dan penerapan ilmu pengetahuan di bidang nanoteknologi sehingga pengembangan dan penerapan ilmu pengetahuan bidang nanoteknologi dapat merata ke seluruh wilayah Indonesia.

Keluaran yang dihasilkan pada penelitian kegiatan nano banyak terdapat pada LPNK dan Universitas dikarenakan untuk kegiatan / penelitian nano di Indonesia baru pada tahap penelitian belum pada aplikasi, terlihat pada hasil iptek nano banyak terdapat pada Universitas dan LPNK. Kegiatan penelitian ke arah aplikasi belum banyak dilakukan. Kegiatan penelitian yang menuju aplikasi nanoteknologi dapat dilihat dari sedikitnya jumlah paten, prototipe dan produk. Sejumlah penelitian yang dapat dilanjutkan ke arah aplikasi dalam bentuk produk akan meningkatkan nilai tambah penelitian tersebut. Potensi pengembangan produk nanoteknologi sangat besar jika melihat jumlah publikasi yang cukup banyak dan semakin bertambah tiap tahunnya.

Tema-tema riset nanoteknologi nasional dikelompokkan berdasarkan enam fokus riset yaitu teknologi dan manajemen transportasi, teknologi pertahanan dan keamanan, teknologi kesehatan dan obat, teknologi pangan dan pertanian, teknologi energi alternatif, dan teknologi informasi dan komunikasi. Sepanjang tahun 2005-2009, tema riset nanoteknologi nasional yang paling banyak dilakukan adalah teknologi energi alternatif dan teknologi kesehatan dan obat, masing-masing sebesar 32% dan 29%.

Sebagian besar dari riset nanoteknologi nasional saat ini berupa riset dasar (45%) dan riset terapan (45%). Terlihat bahwa belum banyak hasil litbang iptek nano yang telah diterapkan di industri nasional. Untuk riset peningkatan kapasitas produksi hanya ada 5% dan difusi teknologi ada 2%. Namun di sisi lain, dengan adanya 7% penelitian yang berdampingan dengan industri, maka diharapkan litbang iptek nano di Indonesia dapat segera diaplikasikan dan member manfaat bagi masyarakat banyak.

Kita masih terus membeli Alutsista dari luar negeri, juga karena belum optimal memberdayakan industri dalam negeri dan belum

mewajibkan untuk menggunakan produk dalam negeri. Walaupun memang mungkin pada kenyataannya industri dan produk dalam negeri sendiri relatif masih tertinggal dengan berbagai kekurangannya. Namun apabila ide, rancangan, R&D atau *Pro-to-type* sampai produk kita sendiri tidak pernah dikembangkan dan diberdayakan, terlebih hanya karena belum mampu memenuhi tuntutan persyaratan pengguna (*User*) yang berkiblat/mengacu kepada standar kemampuan teknologi luar negeri yang relatif sudah lebih maju, maka sebenarnya produk dalam negeri akan sulit untuk terus mampu dikembangkan, direalisasikan bahkan ditingkatkan. Padahal logikanya pada saat terjadinya perang berlarut, kita hanya akan tergantung pada teknologi yang masih ada dan tertinggal di dalam negeri kita sendiri tersebut, dan sebenarnya Alutsista yang kita beli juga saat ini relatif akan menjadi tertinggal lagi dihadapkan dengan teknologi di dunia militer yang terus semakin maju dan canggih.

Harapan dari kendala yang dihadapi, khususnya untuk biaya/dukungan kebutuhan pembuatan desain dan pengembangan prototipe komoditi militer (Alutsista) yang akan dibuat di dalam negeri, sebaiknya menjadi tanggung jawab pemerintah (Dephan, TNI dan institusi terkait lainnya seperti Kemenegristek, BPPT, LIPI, Depkeu, Bappenas dan perusahaan/industri terpilih), yang disusun satu paket dengan rencana tahapan produksinya. Desain/rancangan produk tetap melalui suatu kajian, penelitian dan tahapan pengembangan (*Pro-to-type/Type*), yang untuk keputusan realisasi produk serinya dijamin pasarnya oleh pemerintah (Dephan/TNI, Depkeu, Bappenas) melalui persetujuan wakil-wakil rakyat di DPR, yang selanjutnya diimplementasikan melalui tahapan/kontrak produksi sejalan dengan pencapaian/peningkatan mutu dan kemajuan atau penerapan teknologinya yang terus dikembangkan. Hal ini juga tentunya akan menjadikan biaya penelitian pengembangan (R&D) yang dilakukan oleh seluruh pihak terkait atau stake holder lebih efektif dan fokus untuk prioritas Alutsista yang paling dibutuhkan oleh pengguna (*User*) dan terpilih untuk terus dapat dikembangkan, diproduksi dan ditingkatkan penguasaan teknologinya di dalam negeri sesuai kemampuan dan ketersediaan alokasi anggaran pemerintah.

Penelitian secara nasional mengenai pangan dikembangkan oleh berbagai lembaga/instansi pemerintah, universitas maupun swasta. Kebutuhan akan pangan yang tinggi, menjadikan pangan sebagai objek penelitiannya. Penelitian material maju dibidang pangan nasional di kembangkan seperti pengembangan sensor/ analisa tanah, pengembangan pupuk yang efisien, pestisida ramah lingkungan, bioteknologi tanah dan genetika tanaman, biodegradable packing, additive dan pengawet aman untuk manusia dll. Penelitian pemurnian silikon Teknik Fisika ITB, riset pembuatan material sensor di PPET-LIPI dan riset pembuatan material magnet PPET-LIPI, FMIPA-UI, PTBIN-BATAN.

Pengembangan material maju untuk pengembangan komponen fuel cell (elektrolit padat polimer, bipolar plate composite, material nanokatalis, material elektroda) dikerjakan di PTM-BPPT, Fisika LIPI, BATAN, Teknik Kimia UI, Teknik Metalurgi dan Material UI, FMIPA-ITB. Material maju untuk penyimpanan hidrogen dalam bentuk metal hydride dikembangkan di BATAN. Material maju untuk produksi hidrogen dengan menggunakan inorganik membrane pada steam reforming gas methane dan produksi biohidrogen menggunakan metode fermentasi serta solar cell, DSSC dikembangkan di PTM-BPPT.

Pembuatan material maju di bidang transportasi meliputi logam ringan seperti baja ringan thin wall ADI, komposit matrik logam dan komposit matrik polimer serta polimer clay nanokomposit.

2.3.4. Proyek-proyek riset yang sudah, sedang berjalan dan sedang direncanakan.

Beberapa penelitian mengenai teknologi kunci di atas telah memulai dilakukan. Penelitian IC berupa riset chip set yang merupakan riset kerjasama antara ITB dan Dirjen Postel, Menkoinfo. Penelitian teknologi RF dilakukan di Pusat Penelitian Elektronika dan Telekomunikasi LIPI yang bekerjasama dengan Dirjen Postel, Menkoinfo. Riset antenna wireless dikerjakan oleh Universitas Indonesia yang bekerjasama dengan Dirjen Postel, Menkoinfo. Rusnas dari Menristek melakukan riset WIMAX wireless dengan frekuensi rendah. Kebanyakan riset ini merupakan pembuatan disen piranti TIK.

Riset yang ada belum menyentuh pada pembuatan material maju piranti secara mendalam.

Beberapa proyek riset terkait material maju untuk bidang focus kesehatan dan obat telah dilakukan di beberapa institusi seperti LIPI, BPPT, BATAN dan beberapa universitas (Tabel 7 di bawah ini).

Tabel 7: Proyek riset di beberapa lembaga riset nasional

No.	INSTANSI	TOPIK RISET
1	PPKimia LIPI	Nano-emulsi kosmetik, nanopartikel untuk adjuvant vaksin
2	PPET LIPI	Biosensor untuk diagnose gula darah
3	P2Bioteknologi LIPI	Produksi EPO berbasis molecular farming
4	PTFM BPPT	nanopartikel untuk drug delivery, nanoherbal medicine, mikroemulsi kosmetik
5	PTM BPPT	nanostructured martensite & hydroxyapatite ceramics nanopowders untuk tulang buatan
6	PTBIN BATAN	micro/nanospheres untuk bahan radiofarmaka, nanopartikel magnetik untuk contrast agent MRI
7	Farmasi Unair	Nanopartikel untuk drug delivery system
8	FK UGM	Nanopartikel untuk gene delivery

No.	INSTANSI	TOPIK RISET
9	FKG UI	Nanopartikel untuk terapi kanker mulut
10	Departemen Pertanian	Alat analisa kesuburan tanah
11	Departemen Pertanian, Pusat Penelitian Fisika-Lipi	Pengembangan pupuk nano
12	Departemen Pertanian, Pusat Penelitian Fisika-LIPI, Pusat Teknologi Farmasi dan Medika-BPPT	Pengembangan pupuk slow release
13	Pusat Penelitian Kimia-LIPI, Pusat Teknologi Farmasi dan Medika-BPPT, dll	Polimer biodegradable
14	Departemen Pertanian, Pusat Penelitian Fisika-Lipi	Pengembangan pupuk nano
15	Departemen Pertanian, Pusat Penelitian Fisika-LIPI, Pusat Teknologi Farmasi dan Medika-BPPT	Pengembangan pupuk slow release
16	Pusat Penelitian Kimia-LIPI, Pusat Teknologi Farmasi dan Medika-BPPT, dll	Polimer biodegradable
17	Universitas Haluoleo Kendari, Unilam, Unpad, Pusat Penelitian Fisika-LIPI, Pusat Penelitian Kimia-LIPI, IPB, dll	Pestisida
18	Pusat Bioteknologi-LIPI, IPB, dll	Bibit unggul

No.	INSTANSI	TOPIK RISET
19	Departemen Pertanian, Pusat Penelitian Kimia-LIPI, IPB ,Pusat Teknologi Farmasi dan Medika-BPPTdII	Additive makanan
20	P2 Material LIPI, BBKK-Depperin, Fisika MIPA IPB, Teknik Metalurgi&Material UI, Teknik Kimia UI, Kimia MIPA UI, Kimia MIPA Unpad, Kimia MIPA UGM	Nanotitanium
21	P2 Material LIPI, P2KIM-LIPI, P2 Fisika LIPI, Teknik Kimia UI, Teknik Elektro UI, Fisika MIPA ITB, MIPA UMS	Carbon nanotube
22	P2 Fisika LIPI, PTM-BPPT, Puslitbang Tekmira DESDM, B4T-Depperin, Fisika MIPA Unlam, Unesa	Nanosilika
23	P2 Fisika LIPI, FT Industri ITB, Fisika MIPA Unpad	Nano Zinc oksida
24	PTBIN-BATAN, P2 Material LIPI, P2 Kimia LIPI, PPET LIPI, Fisika MIPA UI, Kimia MIPA UNJ, Fisika MIPA ITS	Nanomagnetik
25	P2 Kimia LIPI, MIPA UMS	Nanopartikel Ag
26	PTFM-BPPT, Farmasi Unair, FK UGM	Nanopartikel untuk drug delivery

No.	INSTANSI	TOPIK RISET
27	Puslit Telimek LIPI, B4T-Depperin, Kimia MIPA UI	Nanocoating
28	P2 Kimia LIPI, Kimia MIPA IPB, Kimia MIPA ITS	Nanokatalis
29	P2 Kimia LIPI	Nanofiber
30	PTM-BPPT	Nanomembrane
31	B4T-Depperin, BBKK-Depperin	PCC
32	P2 Kimia LIPI	Nanofiber

Dalam rangka pemenuhan kebutuhan ALUTSISTA khususnya rompi tahan peluru BALITBANG DEPHAN bekerjasama dengan KEMENPRIN telah melakukan penelitian rompi tahan peluru yang dibuat dari bahan plat komposit keramik armor. Telah dilakukan pengujian daya tembus senjata tajam, daya tahan sobek dan daya serap air untuk mengetahui ketahanan terhadap tembakan peluru. Kemudian telah dilakukan juga penelitian menggunakan material komposit berpenguat serat berbasis gelas/poliester dan gelas/epoxy untuk mengetahui kegagalan material akibat proses impak partikel tinggi: retak matrik, delaminasi, dan fiber putus. Beberapa perguruan tinggi dan LPNK telah melakukan pengembangan materil komposit yang mampu menyerap gelombang radar pada frekwensi yang tertentu yang terdiri dari 3 lapisan material dielektrik, non magnetik yang terimpregnasi polimer. Material untuk roket dikembangkan oleh LAPAN untuk pembuatan nosecone dari komposit serat, sirip roket dari

logam paduan aluminium, tabung motor dari paduan baja dan bahan bakar propelan.

Tabel 8: Proyek riset di beberapa lembaga riset nasional (lanjutan)

Jenis Energi	Tema	Material	Institusi Pengembang	
Energi Baru Tak Terbarukan	Liquified coal		TPSE-BPPT	
	Gasified coal		TPSE-BPPT	
	Coal bed methane			
	Hidrogen		BPPT, LIPI, Batan, UI, ITB	
	Nuklir		Batan	
Energi Baru Terbarukan	Energi panas bumi		BPPT, ITB	
	Energi angin	Material propelan	Lapan, ESDM	
	Energi laut (gelombang, arus laut)		BPPT	
	Energi surya	Silikon wafer, DSSC	LIPI, PTM-BPPT, ITB, UI	
	Hidrogen (produksi)	Elektrolisa air		BPPT
		Elektrolisa metanol		BPPT
		Elektrolisa alkaline		LIPI, BPPT
		Inorganic Steam reforming Methane		BPPT-UGM
		Biofermentasi dari biomass		BPPT

	Hydrogen (storage)	Material Metal Hydride	BATAN
	Fuel Cell	Elektrolit Padat	BPPT, LIPI, ITB, UI
		Bipolar Komposit	BPPT, LIPI
		Katalis. Nonkatalis untuk anoda dan katoda	BPPT, UI, ITB
		Bahan difusi layer carbon	LIPI
	Energy laut		BPPT
	Biomass, Biogas		BPPT, LIPI
	Batubara peningkat rendah		BPPT
Energy Storage	Beterei	Lithium baterrey	LIPI, BATAN
	Hydrogen (storage)	Material metal Hydride, Carbon Active	BATAN, UI, LIPI

2.3.5. Review teknologi material maju yang paling frontier di dunia

Beberapa teknologi material maju di bidang kesehatan dan obat yang dilakukan di dunia antara lain: tissue engineering (regenerative medicine), bio nanostructures, drug encapsulation/ drug delivery/ drug targeting, molecular imaging, biophotonics, biocompatible implants, biomimetic membranes, biomolecular sensors, biochips, lab-on-a-chip, dan molekul fungsional. Di antara 11 topik tersebut, Eropa memilih fokus kepada 4 topik yaitu enkapsulasi, molecular imaging/ biophotonics, biochips/teknologi lab-on-a-chip dan sensor biomolekul.

Obat nanokristal

Menurut kajian sekitar 30-50% dari beberapa jenis senyawa kimia baru memiliki sifat sulit larut dalam air. Sehingga ada kesulitan dalam menentukan proporsi dan dosis pemakaiannya. Upaya untuk mengatasi hal ini adalah melalui rekayasa nanokristal. Dengan partikel nano-kristal, luas permukaan obat menjadi jauh lebih besar. Sehingga diharapkan pemakaian obat bisa menjadi lebih efektif dan efisien, karena absorpsi senyawa obat oleh tubuh terjadi lebih cepat dibandingkan dengan metoda konvensional.

Drug delivery

Permasalahan dalam terapi penyakit kanker adalah pengobatan yang terlalu kuat, sehingga tidak hanya membunuh sel kanker, tetapi juga ikut merusak sel yang sehat. Hal ini bisa menyebabkan efek samping berupa berkurangnya kualitas kesehatan dari penderita kanker. Untuk mengatasi masalah ini, saat ini mulai dikembangkan "smart" drug delivery yang mampu membunuh sel kanker dengan dosis yang rendah, tanpa merusak sel sehat yang ada disekitarnya (**localized drug delivery**). Contoh lain adalah pemakaian obat berbasis protein seperti insulin. Pemakaian insulin secara oral akan menyebabkan obat dicerna di dalam sistem pencernaan sebelum terserap secara efektif ke dalam aliran darah. Formulasi insulin oral dengan nanopartikel dapat menghindari degradasi protein dan dapat secara efektif mendeliver ke dalam aliran darah (**mucoadhesive drug delivery**). Beberapa produk drug delivery yang telah dikembangkan terdapat dalam Tabel 9 di bawah ini.

Tabel 9. Status pengembangan drug delivery

Sistem delivery	Status pengembangan	Kendala penggunaan	Contoh Aplikasi
LIPOSOME	Komersial	Tahap preparasi (mis. ukuran) harus diperhatikan karena mempengaruhi reproduksibilitas	Amphotericin B, Daunorubicin, Doxorubicin
Phospolipid	Uji preklinis	Stabilitas dalam air agar kurang	Praclitaxel, Camptothecin, Diazepam
Pluronic	Uji klinis	Beberapa monomer masih belum diujicoba pada manusia	Doxorubicin (SP1049C)
	Uji preklinis		Paclitaxel, Tamoxifen, Etoposide
Poly(L-amino acid)	Uji klinis	Respon imun dapat bertambah, tergantung dari jenis asam amino. Sifat biodegradabilitas poli(asam amino) perlu validasi lebih lanjut.	Doxorubicin (NK911)
Nanopartikel polimer	Uji preklinis	Poliester yang terdegradasi oleh proses hidrolisa menghasilkan metabolit asam.	Tamoxifen, Cyclosporin-Theophylline
Nanopartikel lipid	Uji preklinis	Degradasi enzimatik secara in vivo dapat menghasilkan metabolit berupa asam stearat.	Doxorubicin, camptothecin
Nanopartikel keramik	In vitro	Masih ada kendala dalam pelepasan obat yang dienkapsulasi	2-devinyl-2(1-hexyloxyethyl)pyropheophorbide
Nanogel	Uji praklinis	Beberapa polimer masih belum diuji pada manusia	Oligonucleotides

Meskipun prestasi yang luar biasa dalam diagnostik dan terapi medis, deteksi pra-gejala dan pencegahan dari penyakit seperti kanker misalnya, kardiovaskular, penyakit neuro-degenerative seperti Alzheimer dan Parkinson masih merupakan tantangan yang paling penting dalam kedokteran modern. Di luar upaya pencegahan ini, jumlah korban fatal tahunan sebagai konsekuensi dari efek samping farmasi lebih dari 10 000 orang. Dengan demikian, kebutuhan terhadap obat yang lebih spesifik dan efisien sangat mendesak. Penelitian tentang pharmacogenetics saat ini sedang dilakukan. Karena kombinasi kompatibilitas personal dengan efektivitas farmasi, akan mungkin untuk menyelaraskan terapi tertentu dengan sistem genetik pasien terhadap metabolisme obat, penyerapan, transportasi, dan eliminasi.

Di sisi lain nanoteknologi akan semakin digunakan untuk menciptakan sistem yang dapat memberikan obat untuk organ yang berbeda dalam tubuh cara yang lebih baik. Nanoteknologi akan memberikan obat-obatan dengan sifat yang tidak dapat dicapai dengan menggunakan konsep-konsep lainnya. Dengan menggunakan nanopartikel yang bertindak sebagai "kendaraan", obat dapat meresap melalui dinding sel dan bahkan mampu melewati penghalang bloodbrain. Penelitian delivery dan sasaran agen obat, terapi, dan diagnostik berada di garis depan proyek di nano. Hal ini melibatkan identifikasi tepat sasaran (sel dan reseptor) terkait dengan kondisi klinis tertentu dan pilihan yang sesuai nanocarriers untuk mencapai respon yang diperlukan sambil meminimalkan efek samping. Mononuklear fagosit, sel dendritik, sel endotel, dan kanker adalah target utama. "Sistem Obat *Smart Delivery*" yang saat ini masih terus dikembangkan, harus dapat melindungi obat terhadap dekomposisi selama ini transportasi ke sasaran, kemudian menumpuk secara aktif maupun pasif dalam jaringan target dan melepaskan target obat dalam profil waktu dan dosis yang terkendalikan.

Kemajuan global di bidang iptek kesehatan dan obat, khususnya teknologi diagnostik, bioteknologi kesehatan dan teknologi intervensi kuratif serta preventif berlangsung dengan pesat. Mengingat

tantangan yang besar di era global, maka untuk mencapai hasil yang optimal perlu dikembangkan program riset kesehatan dan obat yang lebih terarah dan sistematis.

Aplikasi teknologi nano menjadi bidang yang potensial dalam revolusi industri makanan dan pertanian dengan hadirnya metode baru dalam penanganan penyakit, deteksi dini penyakit, dan meningkatkan kemampuan tanaman dalam menyerap nutrisi yang dibutuhkan. Sensor dan sistem penghantar pintar dapat membantu industri pertanian melawan virus maupun bakteri pathogen lainnya.

Pertanian tepat guna menggunakan teknologi yang sudah maju, seperti komputer, GPS (*global positioning systems*), dan alat pengendali kondisi sehingga pertumbuhan bibit tanaman dapat maksimal atau dapat pula untuk mengidentifikasi permasalahan yang ada pada lingkungan tumbuhnya. Dengan data terpusat berupa penentuan kondisi tanah dan pertumbuhan tanaman, penggunaan bibit tanaman, pupuk, bahan kimia, dan air dapat lebih efisien, sehingga akan menurunkan biaya produksi dan peningkatan hasil produksi yang tentunya menguntungkan bagi petani. Selain itu juga, dapat mengurangi bahan pertanian yang terbuang sehingga menjaga lingkungan minim dari polusi. Walaupun tidak sepenuhnya dapat dilakukan, nanosensor dan sistem pemantauan dengan nanoteknologi akan memberikan dampak yang besar di masa yang akan datang berupa metodologi pertanian tepat guna.

Pertanian tepat guna memiliki tujuan jangka panjang berupa output yang maksimum (dengan banyaknya hasil panen) dan input yang minimum (pupuk, pestisida, herbisida, dan sebagainya) melalui pemantuan berkala dengan berbagai kondisi yang diinginkan dan tindakan yang tepat. Pertanian tepat guna menggunakan teknologi yang sudah maju, seperti komputer, GPS (*global positioning systems*), dan alat pengendali kondisi sehingga pertumbuhan bibit tanaman dapat maksimal atau dapat pula untuk mengidentifikasi permasalahan yang ada pada lingkungan tumbuhnya. Dengan data terpusat berupa penentuan kondisi tanah dan pertumbuhan tanaman, penggunaan bibit tanaman, pupuk, bahan kimia, dan air dapat lebih efisien,

sehingga akan menurunkan biaya produksi dan peningkatan hasil produksi yang tentunya menguntungkan bagi petani. Beberapa aplikasi nanoteknologi di bidang pertanian, seperti:

Pengembangan sensor untuk pertanian. Penggunaan pupuk sebagai penyubur tanaman akan meningkatkan produktifitas dari tanaman yang digunakan. Namun demikian, kebutuhan akan pupuk yang tidak mencukupi akan menurunkan produktifitasnya, sedangkan pemberian pupuk yang berlebih akan merusak sifat tanahnya. Oleh karena itu, kunci dari pemupukan adalah mengidentifikasi kondisi kesuburan tanah. Berbagai metoda telah dikembangkan, seperti metoda elektrokimia, metoda kimia, UV sensor, IR sensor, NIR sensor, VIS sensor, raman sensor dll. Pengembangan portable sensor ini akan mempermudah perbaikan tanah miskin nutrisi, pengendalian nutrisi tanah, dan waktu-waktu pemberian nutrisi kedalam tanah yang sesuai dengan kondisi tanaman.

Pestisida/Herbisida. Partikel pestisida dengan ukuran kurang dari 150 nm telah dipasarkan oleh BASF. Dengan partikel bahan aktif pada skala nano, pestisida akan lebih mudah larut dalam air, lebih stabil, serta kemampuan pestisidanya lebih optimum. Syngenta dan Bayer mengembangkan pestisida dan produk perawatan pertanian dalam bentuk emulsi dengan bahan aktif berbentuk droplet dengan ukuran 10-400 nm. Produk ini meningkatkan kestabilan bahan aktif, mempermudah penyerapan ke dalam sistem tanaman serta mengurangi jumlah pemakaian.

Cara lain dalam formulasi pestisida dalam skala nano adalah dengan nanoenkapsulasi, yaitu mengemas bahan aktif dalam suatu "cangkang" atau "amplop". Formulasi bahan aktif dengan enkapsulasi juga dilakukan dengan mengontrol pelepasan bahan aktif dalam kapsul sesuai kondisi yang diinginkan (panas, suhu, pH, kelembaban tertentu) dan kecepatan pelepasan yang diinginkan. Keunggulan formulasi dengan enkapsulasi adalah dimungkinkannya pelepasan bahan secara terkontrol dan lebih efisien, selain meningkatkan kestabilan serta melindungi lingkungan dari bahan aktif yang terlarut. Efisiennya enkapsulasi bahan aktif disebabkan karena bahan aktif yang dibungkus

kapsul lebih tahan degradasi dan pengurangan konsentrasi oleh faktor eksternal seperti sinar matahari, panas, dan terbawa oleh hujan. Pekerja pertanian juga akan lebih terlindungi karena meminimalisir kontak pekerja dengan bahan aktif.

Pupuk (*Fertilizer*) berbasis nanopartikel untuk efisiensi pemupukan dan slow release. Pupuk yang ditebar ke tanah tidak sepenuhnya terambil oleh tanaman, sebagian menguap atau terbawa air. Efisiensi pupuk Nitrogen hanya berkisar 30-50% saja. Apabila efisiensi dapat dinaikkan, total konsumsi urea nasional dapat berkurang, dan subsidi negara dapat ditekan. Untuk mengontrol pelepasan unsur nitrogen dilakukan dengan berbagai cara enkapsulasi maupun pencampuran seperti pelapisan dengan selulosa, nano fiber, latex coating, nanocomposite, polymer degradable dll. Enkapsulasi dengan teknologi nano juga dapat digunakan untuk membungkus hormone yang dibutuhkan tanaman atau protein antibiotik bagi tanaman. Perkembangan teknologi nano juga memungkinkan digunakan untuk meningkatkan efisiensi nitrogen. Disamping itu, akhir-akhir ini diketahui bahwa carbon nano tube dapat menembus bijih tomat, dan ZnO nano partikel dapat memasuki struktur akar tanaman. Hal ini menunjukkan adanya kemungkinan untuk diaplikasikan sebagai metoda baru pemberian nutrisi pada tanaman atau sebagai pupuk, untuk meningkatkan efisiensinya. Material penyubur tanaman dapat dibuat dalam bentuk nanopartikel, aplikasi dalam bentuk formula nanoemulsi, atau membungkus bahan aktif pupuk dengan nanoenkapsulasi. Nanoenkapsulasi juga dapat digunakan untuk membungkus hormone yang dibutuhkan tanaman atau protein antibiotik bagi tanaman.

Rekayasa genetik. Peningkatan mutu tanaman dan bibit tanaman lewat rekayasa genetik kini juga lebih dimungkinkan dengan adanya nanobioteknologi. Teknik-teknik baru dalam nanobioteknologi memudahkan dan mempercepat proses rekayasa genetik. Informasi genetik dapat ditransport dengan menggunakan nanopartikel, nanofiber, atau karbon nanotube sebagai pengganti vektor virus atau

plasmid. Oleh karenanya, nanobioteknologi dapat meningkatkan kemajuan proses peningkatan mutu bibit melalui rekayasa genetik.

Food additives. Nanopartikel pewarna makanan: karotenoid (pewarna jeruk dan margarin), likopen. Nutritional additive: Dalam bentuk nanopartikel atau nanokapsul (vitamin, mineral, probiotik, peptida bioaktif, antioksidan). Flavouring additive.

Food Packaging. Aplikasi nanoteknologi dalam pengemasan makanan bertujuan untuk meningkatkan daya tahan makanan dengan meningkatkan fungsi sistem penghalang kemasan untuk mengurangi pertukaran gas dan paparan sinar UV serta mencegah kontaminasi mikroba. Pengemasan makanan dengan nanoteknologi juga dapat dirancang untuk secara aktif melepaskan bahan antimikroba, antioksidan, enzim untuk meningkatkan daya tahan, misal nanosilver (Menjaga kesegaran makanan dengan adanya nanopartikel perak yang memiliki sifat antimikroba, mencegah pertumbuhan mikroba (bakteri/jamur)), nanopartikel TiO_2 (Melindungi makanan dari sinar UV), nanopartikel SiO_2 (Pelapisan makanan dengan SiO_2 melindungi makanan terhadap kontak dengan oksigen dan menjaga kelembaban). Nanopolimer (PET, nilon)/ Nanokomposit polimer (Meningkatkan sifat fisik, mekanik dan daya tahan panas kemasan), NanoBioluminescence Detection Spray, (Mendeteksi makanan yang telah terkontaminasi), electronic tongue (Nanosensor yang sangat sensitif terhadap gas yang dikeluarkan dari makanan yang basi).

Food Processing Aids. Nanopartikel yang ditambahkan pada makanan sebagai *processing aid*. Nanopartikel ditambahkan pada makanan untuk meningkatkan sifat *flow* (kemudahan dituang), warna dan kestabilan selama prosesing, atau meningkatkan daya tahan. Nanopartikel aluminosilikat: *Anti-caking agent* pada makanan proses bentuk granular atau tepung. Anatase TiO_2 sebagai additive pemutih dan memberi tampilan cerah pada produk permen, gula-gula, dan keju.

Di Eropa, TIK merupakan salah satu sektor pasar terbesar yang juga merupakan kunci untuk segmen industri lain nyadi mana Eropa juga memiliki posisi terdepan, seperti dibidang komunikasi, otomotif dan industri peralatan. Namun Industri semikonduktor di Eropa

menghadapi perubahan paradigma yaitu meningkatnya biaya R&D pada skala manufaktur CMOS telah memaksa semua perusahaan di AS dan raksasa Asia untuk berbagi pengembangan R&D di lokasi umum (misalnya aliansi IBM). Tren serupa terjadi juga di industri layar di mana manufaktur besar menampilkan solid state pindah ke Asia.

Oleh karena itu dalam rangka meningkatkan fokus pada diferensiasi produk melalui desain dan penambahan fungsi (RF dan sensor) dilakukan pengembangan dengan berkerjasama dengan pengguna akhir, sementara untuk membuka peluang baru di pasar didorong dengan inisiatif Eropa di sektor-sektor yang dapat berdampak sosial kuat seperti kesehatan dan kesejahteraan, keamanan dan penghematan energi.

Bahan magnetik merupakan konsep baru untuk penyimpanan yang bersifat magnetis dari bahan oksida logam atau organik kompleks sebagai resistif dan bahan feroelektrik sebagai inovatif arsitektur yang merupakan kandidat paling menjanjikan. Bahan baru diperlukan untuk mendorong hal ini termasuk ketahanan terhadap bahan kimia, penggantian bahan ramah lingkungan dan bahan blok kopolimer.

Elektronik Power akan menjadi salah satu teknologi kunci dalam tahun-tahun mendatang untuk mendukung meningkatkan kekhawatiran akan penghematan energi, menjaga pencemaran lingkungan dan penggunaan sumber energi yang berkelanjutan. Bahan baru harus digunakan untuk kondisi elektronik pada temperatur tinggi.

Teknologi RF akan memegang peran dalam meningkatkan pemindahan kisaran gelombang mm baik untuk komunikasi pita lebar dan untuk perangkat radar dan pencitraan yang digunakan dalam aplikasi keamanan dan keselamatan. Pada saat yang sama biaya teknologi RF sangat rendah akan diperlukan untuk jaringan sensor. Khusus substrat untuk perangkat RF akan menjadi salah satu syarat utama. Bidang yang sangat menjanjikan adalah periodik struktur yang dapat mensimulasikan media dengan konstanta propagasi dimana seolah-olah secara efektif media magneto-dielektrik dengan seragam dan dengan refraksi indeks yang baik dan yang lebih besar dan lebih kecil dari suatu kesatuan.

Smart / sistem cerdas memanfaatkan bahan aktif dan terkontrol sebagai sensor / actuator untuk merespon perubahan lingkungan pada mesin generasi mendatang dan struktur. Hal ini membutuhkan kombinasi sistem bahan aktif dan pasif, termasuk kopling yang relevan mekanik, listrik, magnet, termal, atau fisik / sifat kimia yang dapat digunakan untuk desain sistem yang terintegrasi antara komposit dan pengembangan teknologi pintar. Bahan-bahan untuk sensor biologis yang akan digunakan untuk aplikasi keamanan kesehatan dapat membuka pasar penting, misalnya untuk pribadi, kesehatan dan rumah terpencil. Integrasi Smart Sistem akan berdasarkan integrasi 3-D dimana bahan baru akan sangat diperlukan untuk perangkat interkoneksi, pemindahan panas dan mengurangi dampak lingkungan.

Di antara topik yang jangka panjang, elektronik dan molekul organik dan bahan bio-terinspirasi dapat memainkan peran yang sangat penting. Pengembangan paradigma baru dalam molekul Nanoelectronics sangat bergantung pada pengembangan bahan baru yang memiliki elektronik fungsi dan berperilaku terkendali pada skala nano. Contoh saat ini adalah organik semikonduktor, switch molekul, bahan non-linear molekul kompleks fungsional dan bahan untuk interkoneksi skala molekul. Bahan baru terus muncul untuk pembangunan sirkuit molekuler dan skala nano, namun sejauh ini belum ada teknologi yang dapat digunakan untuk membuat sirkuit skala besar pada skala nano. Bahan baru dan proses dibutuhkan untuk perakitan otomatis pada skala sangat kecil yang mengarah ke integrasi skala besar. Sementara penggantian elektronik konvensional dapat terjadi hanya dalam skala waktu yang agak panjang, ceruk aplikasi untuk biaya rendah, sirkuit kompleksitas rendah dapat membantu mendorong teknologi pembangunan. Kesempatan lainnya adalah aplikasi bioinspirasi atau biomimetik elektronik struktur di sensor terintegrasi miniatur untuk aplikasi kesehatan.

Litbang yang ada saat ini harus mampu mengikuti *Revolutionary Military Affair* (RMA) dengan sajian alutsista dan perlengkapannya sesuai dengan strategi pertahanan yang berubah dengan cepat. Pihak Industri pertahanan memakai hasil-hasil litbang untuk diproduksi

sesuai dengan kebutuhan angkatan laut berdasarkan panduan strategi induk pertahanan yang disusun Departemen Pertahanan. Sebagai contoh sejumlah litbang Amerika Serikat dan Eropa Barat menghadirkan kapal perang siluman untuk mengatasi kelemahan platform konvensional yang mudah dideteksi dan diserang oleh lawan. Demikian pula dengan sejumlah litbang Jerman yang mengembangkan sistem Militer dunia adalah pemilik dinamika perkembangan teknologi yang sedemikian cepat. Demikian pula dengan sejumlah litbang Jerman yang mengembangkan sistem penggerak Air Independent Propulsion (AIP) fuel cell untuk kapal selam konvensional sehingga dapat lebih lama menyelam di dasar laut. Bila di masa Perang Dingin semua kegiatan litbang pertahanan laut semata-mata diproyeksikan untuk mengembangkan kekuatan angkatan laut, saat ini proyeksi ini semakin meluas yaitu kegiatan litbang pertahanan untuk meningkatkan ekonomi nasional seiring dengan globalisasi di bisnis alutsista dunia. Lembaga-lembaga litbang memperoleh kompensasi dari hasil temuannya yang dipasarkan secara luas.

Sejumlah pabrik senjata pun memberikan lisensi kepada perusahaan negara-negara lain untuk membangun alutsista dan perlengkapannya di pabrik penerima lisensi. Sebagai contoh Australia membangun fregat kelas Anzac yang merupakan lisensi dari pabrik fregat Meko Jerman, dan Korea Selatan mampu membuat kapal selam kelas Chang Bo Go yang merupakan lisensi dari pabrik kapal selam U-209 Jerman. Tidak hanya sebatas lisensi alut sista secara bulat, pabrik-pabrik pendukung alutsista pun juga memberikan lisensi kepada perusahaan-perusahaan lainnya di luar negeri. Melalui kegiatan litbang, negara yang diberi lisensi tersebut mengembangkan alut sista jenis baru dengan tipe platform, sensor, persenjataan, dan sistem penggerak menyerupai produk dari pabrik-pabrik pemberi lisensi. Sebagai contoh destroyer kelas Delhi dan fregat kelas Brahma-putra buatan India yang platform, sensor, senjata dan penggeraknya mengadopsi teknologi Rusia.

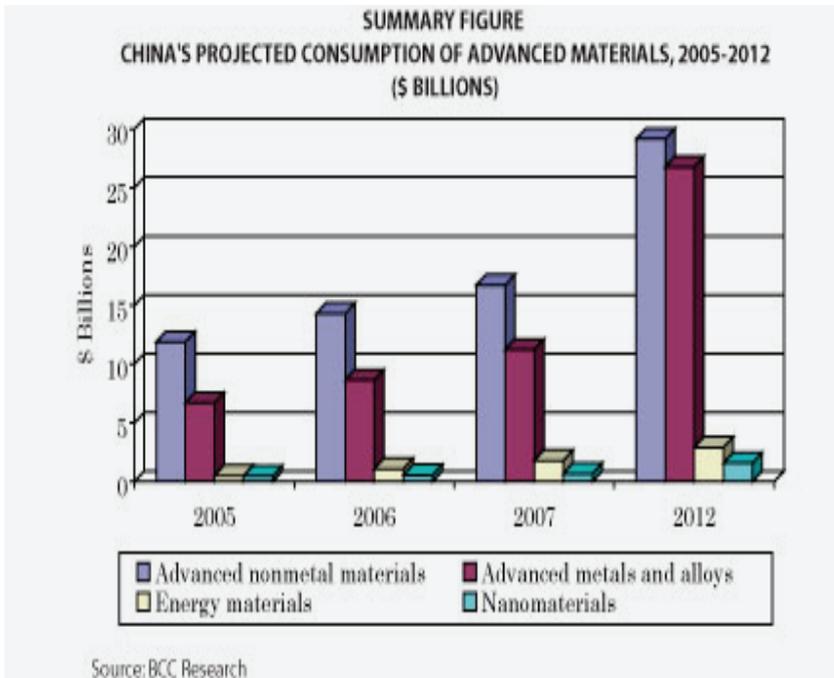
Hal yang lebih menarik, produk hasil alih teknologi ini bisa dijual ke negara lain sebagai komoditi ekspor yang berarti meningkatkan

ekonomi nasional melalui industri pertahanan. Cina telah mengekspor kapal-kapal buaatannya yang merupakan hasil alih teknologi ke Thailand. Korea Selatan telah menawarkan kapal selam klas Chang Bo Go ke Indonesia.

Teknologi material maju di sector energi di dunia khususnya berkembang pada nano-teknologi. Seperti *Micro Fuel Cell*: pengembangan nano-partikel katalis untuk material elektroda dengan kecepatan rekasi tinggi, material membrane nano-komposit penghantar proton atau ion lainnya (1~5nm channel), simulasi dan komputasi material, serta disain sistim miniature. *High Efficiency Energy Storage Device*: pengembangan baterai lithium dengan densitas energi tingi dan penyimpan energi berbasis pada struktur nanomaterial serta pengembangan devais (250 Wh/kg), material untuk penyimpanan hidrogen berbasis pada nanofiber composite, karbon dan grafit teknologi. *Photochemical Energy Conversion System*: pengembangan produk yang terkait dengan bahan dasar material untuk baterai, modul sistim baterai, nano-keramik membrane untuk lithium baterai dan nanomaterial untuk penyimpanan energi, serta aplikasi untuk sistim power suplai. *Nano Heat Transfer Technology*: penciptaan peralatan analisa, teknologi simulasi pengolahan data, nanofluid property databank dan teknologi desain untuk material micro heat exchange system. *Nanocrystal Application Technology*: pengembangan teknologi separasi untuk material elektroda dengan struktur nano-poros, oksidasi dan reduksi chromophore, teknologi material dengan daya serap tinggi untuk solar cell, coating anti refleksi sinar dan teknologi desain molekul dye untuk energi surya. Serta dengan adanya penggunaan nano-material yang memberikan sifat ringan dan sifat yang lebih baik untuk pesawat dan otomotif, maka akan memberikan efek penghematan energi juga.

Contoh terobosan keramik maju untuk aplilkasi transportasi adalah perkembangan *piezoelectric injector* untuk teknologi rel dan mesin diesel. Di China untuk pertumbuhan material maju meningkat dari \$ 24.600.000.000 di tahun 2006 menjadi \$ 30.500.000.000 pada akhir 2007. Pertumbuhan ini dapat mencapai \$ 60.500.000.000 pada

2012, dengan tingkat pertumbuhan tahunan (CAGR) sebesar 14,7%. Advanced logam dan paduan, dan bahan nano diharapkan tumbuh pada tingkat tercepat di antara segmen industri besar, mencapai sebesar 19,0% CAGRs dan 18,0% masing-masing 2007-2012. Di segmen bahan non logam canggih, polimer dan komposit adalah kelompok terbesar



Gambar 19. Proyeksi konsumsi material maju di Negara china. (Report Code: AVM061A, Published: January 2008, Analyst: Li Baijun)

BAB III

KONDISI YANG DIINGINKAN

3.1 Prediksi kebutuhan

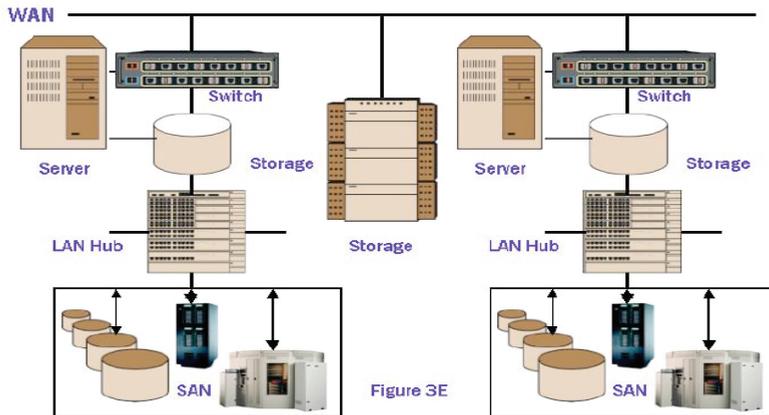
Perkembangan teledensitas Indonesia semakin meningkat yang diperkirakan tahun 2010 dengan angka 50%, sekitar 165 juta pengguna telepon selular. Sedangkan pengguna broadband pada tahun 2007 adalah 450.000 pelanggan juga meningkat seiring munculnya telepon selular jenis blackberry yang dapat menggunakan fasilitas internet dan technology modem dengan sim GSM maupun CDMA. Perkiraan pada tahun 2010 pelanggan meningkat 5 kali lipat menjadi 2.250.000 pelanggan.

Pemenuhan target WSIS pada pedesaan dan sekolah, serta lembaga riset, kebudayaan dan ilmu pengetahuan akan membutuhkan piranti dan infrastruktur teknologi informasi dan komunikasi, baik PC lebih dari 1.000.000 buah maupun perangkat sisten LAN dan WAN lebih dari 200.000 sistem. Pemerintah memang telah mencanangkan program penyediaan fasilitas jaringan telepon pedesaan.

Targetnya, pada tahun 2015 sudah tersedia telepon dan layanan teknologi informasi untuk seluruh desa. Untuk memenuhi target pengadaan jaringan telekomunikasi di seluruh desa butuh biaya besar. Hingga tahun 2010, setidaknya pemerintah membutuhkan anggaran sekitar Rp 5,07 triliun. Pada sisi lain, jumlah penduduk yang besar semestinya menjadi daya tarik bagi investor untuk membangun infrastruktur telekomunikasi. Tapi penyebaran penduduk yang tidak merata, membuat pelaku bisnis telekomunikasi masih enggan membangun infrastruktur di daerah-daerah berpenduduk jarang. Fokus utama pembangunan telekomunikasi masih tetap di Pulau Jawa.

Pengembangan ID card yang dicanangkan Pemerintah sangat membutuhkan chipset dan teknologi network computing yang sangat canggih dan besar, mengingat luas dan banyak pulau di Indonesia. Apabila usia penduduk Indonesia Pembangunan IP networking seluruh

Indonesia akan membutuhkan piranti IT seperti di Gambar di bawah ini. Jaringan ini diharapkan berbasis penerapan jaringan fiber optic. Sehingga kebutuhan chipset untuk membuat sim dan ID card serta antenna dari technology IC akan sangat banyak. Termasuk kebutuhan data memory baik personal (seperti DVD dan flashdisk) maupun system akan meningkat juga.



Gambar 20. Model networking secara umum yang dibutuhkan dalam pengembangan single ID card.

Pengembangan *green computing* yang dibuat dari biodegradable material diharapkan dapat mengisi kebutuhan piranti TIK yang ramah lingkungan.

Kebutuhan TIK dalam bidang kesehatan akan sangat tinggi dalam pengembangan biosensor terutama sensor image untuk menggambarkan bagian tubuh yang sedang sakit atau mengalami kelainan atau kemunduran fungsinya. Hal ini akan mempermudah seorang dokter untuk melakukan analisa penyakit dan proses penyembuhannya. Biosensor terkait unsur tertentu di alam dibutuhkan pada pembudidayaan tanaman pangan. Sistem smart / cerdas memanfaatkan bahan aktif dan terkontrol sebagai sensor / actuator untuk merespon perubahan lingkungan untuk mesin generasi

mendatang dan struktur. Ini membutuhkan kombinasi sistem bahan aktif dan pasif, sering termasuk kopling yang relevan mekanik, listrik, magnet, termal, atau fisik / sifat kimia yang dapat digunakan untuk desain sistem komposit yang terintegrasi dan pengembangan teknologi pintar. Bahan untuk mengambil energi dan penyimpanan pada skala sensor diperlukan untuk sensor otonom. Terutama bahan-bahan untuk sensor biologis yang akan digunakan untuk aplikasi keamanan kesehatan dan dapat terbuka penting pasar, misalnya untuk pribadi, kesehatan dan rumah terpencil.

Aplikasi Bio-MEMS dalam teknologi yang terkait medis dan kesehatan dari Lab-Chip On-untuk MicroTotalAnalysis (biosensor, chemosensor). Beberapa electronic devices dibutuhkan dalam pengembangan system control pada peralatan pembangkit energy. Bidang hankam akan membutuhkan banyak electronic devices terkait system control persenjataan, radar dan navigasi kendaraan tempur. Teknologi RF akan memainkan peran pemindahan ke kisaran gelombang mm baik untuk pita lebar komunikasi dan untuk perangkat radar dan pencitraan untuk digunakan dalam aplikasi hankam. Pada saat yang sama biaya teknologi RF sangat rendah akan diperlukan untuk jaringan sensor.

Intervensi iptek dalam menjawab permasalahan ketahanan pangan dibutuhkan pada upaya peningkatan daya beli masyarakat dan pada semua tahapan penyediaan pangan, mulai dari pengembangan teknologi produksi pangan, teknologi pengolahan dan pengembangan produk pangan, teknologi dan manajemen transportasi pangan sampai teknologi penyimpanan pangan. Hasil pertanian, perikanan, dan peternakan umumnya sangat mudah rusak sehingga menjadi tidak layak untuk dikonsumsi. Disamping itu, beberapa hasil pertanian tersebut hanya tersedia secara musiman dengan rentang waktu ketersediaan yang relatif singkat. Oleh sebab itu, perlu dilakukan upaya untuk memperpanjang periode ketersediaan produk-produk pertanian tersebut, baik dalam bentuk produk segar, maupun dalam bentuk produk olahan. Untuk memperpanjang periode ketersediaan dalam bentuk segar dapat dikembangkan teknologi penyimpanan dengan

berbagai macam pendekatan, termasuk suhu rendah; modifikasi konsentrasi gas dalam ruang simpan; perlakuan kimia, fisika, radiasi dan/atau biologi untuk menghambat proses metabolisme atau mencegah kontaminasi patogen dan serangan hama gudang. Untuk itu material maju dalam bidang pengemas merupakan hal yang harus diperhatikan.

Pembangunan Iptek kesehatan sampai tahun 2025 difokuskan pada tiga kelompok yaitu a) Gizi dan makanan, b) Pengendalian penyakit dan penyehatan lingkungan, dan c) Pengembangan bahan baku obat, sediaan obat, perbekalan farmasi dan alat kesehatan. Penelitian, pengembangan dan penerapan Iptek kesehatan di bidang obat dan alat kesehatan periode tahun 2005-2025 diprioritaskan pada a) produk herbal terstandar dan fitofarmaka, b) bioteknologi farmasi untuk produksi bahan baku obat dan sediaan farmasi antara lain vaksin, diagnostik, c) teknologi instrumentasi medik untuk diagnostik dan terapi kesehatan, d) pengembangan Iptek kontrasepsi, e) teknologi Obat, Perbekalan dan Alat kesehatan (OPA) tepat guna untuk kegawat daruratan, f) teknologi aplikasi standar K3, g) *New drug delivery system and drug targeting* serta h) bio-sensor untuk deteksi materi *bio-terrorism*.

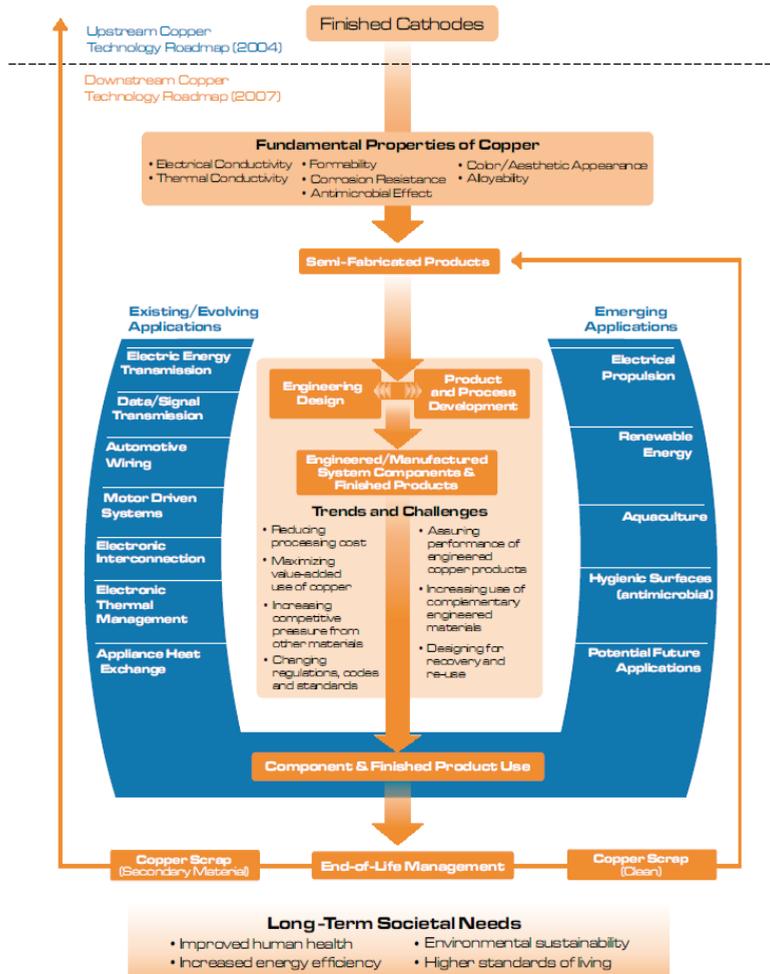
Penelitian dan pengembangan teknologi dan manajemen transportasi tentu merupakan bagian yang tidak dapat dipisahkan dalam mencapai tujuan pembangunan transportasi nasional. Fokus industri transportasi dimasa depan antara lain akan memfokuskan pada pengurangan konsumsi bahan bakar, pengurangan emisi, kompetisi di industri yang semakin besar dan pengembangan teknologi dalam mendukung industri transportasi darat, laut maupun udara. Material maju dibidang transportasi akan meliputi hal hal antara lain material yang Ringan, Kuat, Tahan Panas dan memiliki Self Healing.

Industri pertahanan dan keamanan merupakan bagian dari industri nasional yang pengembangannya harus dilakukan secara komprehensif, agar terjadi sinergi dan efisiensi secara nasional. Untuk mendapatkan efisiensi dan efektivitas, pengembangan industri sipil telah diarahkan juga untuk mendukung kebutuhan industri pertahanan

dan keamanan. Dasar utama kemungkinan integrasi industri sipil dan industri pertahanan dan keamanan adalah kesamaan teknologi yang digunakan dalam produknya. Industri yang telah dapat dikembangkan untuk kepentingan sipil dan pertahanan dan keamanan antara lain adalah industri kimia, elektronik, permesinan, sistem informasi, alat transportasi, optik dan jasa pemeliharaan.

3.2 Target produksi

Material maju yang diproduksi diutamakan pada material maju berbasis pada material dasar antara lain ; **Silikon**. Silikon telah digunakan di berbagai jenis industry terutama sebagai komponen utama semikonduktor yang paling penting di sirkuit terpadu (integrated circuit/IC) atau microchip. **Tembaga**. Proses pemanfaatan tembaga dapat dilihat dalam Gambar 21 di bawah ini.



Gambar 21: Proses pengolahan dan pemanfaatan tembaga

Peluang yang ada dalam pengembangan material tembaga meliputi, peluang transmisi energi listrik, data/signal transmisi, peluang wiring otomotif, peluang motor sistem penggerak, peluang interkoneksi elektronik, peluang alat konversi termal, peluang propulsi listrik, peluang energi terbarukan. **Polimer Konduktif dan electronic packaging.** Konduktif polimer atau lebih tepatnya melakukan intrinsik polimer (ICPs) adalah polimer organik yang listrik melakukan. Senyawa tersebut dapat konduktor logam benar atau semikonduktor.

Keuntungan terbesar dari polimer konduktif processability mereka. Konduktif polimer juga plastik (yang merupakan polimer organik) dan karena itu bisa menggabungkan sifat mekanik (fleksibilitas, ketangguhan, kelenturan, elastisitas, dll) dari plastik dengan konduktivitas listrik yang tinggi.

Pencapaian ketahanan energi nasional yang menjamin kelangsungan pertumbuhan nasional melalui restrukturisasi kelembagaan dan optimasi pemanfaatan energi alternatif seluas-luasnya. Dengan kondisi yang elastisitas peningkatan energy tertinggi adalah listrik dan BBM. Prediksi kebutuhan energi adalah (1) Peningkatan Elektrifikasi Nasional; (2) Bahan Bakar dari Energi Baru dan Terbarukan; (3) Konversi dan Konservasi energi.

Hingga 2050 proyeksi kebutuhan minyak masih tinggi, outlook DRN masih memprediksi adanya 40% persediaan energi adalah dari batu bara. Namun demikian menggantungkan diri kepada kebutuhan energi konvensional tidak disarankan, oleh karena itu kebijakan penyediaan energi nasional sedang dikerjakan di Dewan Energi Nasional (DEN).

Dari draft yang diterbitkan oleh DEN ditetapkan bahwa konsumsi EBT dalam tahun 2025 adalah sebesar 25%. Sebagai tambahan, mengacu hingga tahun 2025 ada 3 komponen material yang difokuskan pada bidang energi yaitu untuk: Meningkatkan produksi biofuel, Memenuhi suplai listrik dan Untuk konservasi energi.

Dan jika dilihat dari jenis EBT diatas, terdapat 3 hal besar mengenai yang perlu dikembangkan yaitu: 1. Kandungan sumber daya alam/bahan baku komponen material agar ditingkatkan kandungan lokalnya. 2. Meningkatkan sifat dan performa materialnya. 3. Mengubah struktur materialnya, misalnya untuk meningkatkan efisiensi turbin angin, maka material turbin dikembangkan dari bahan komposit atau polimer, sedangkan pada energi panas bumi, yang perlu dikembangkan adalah bahan material logam tahan korosi, bahan material tahan suhu tinggi, membrane purifikasi gas dan sebagainya.

Untuk energi surya, bahan material yang dikembangkan adalah material selain silicon, demikian juga material berbasis silicon atau pengolahan material silicon sendiri. Sedangkan untuk material untuk teknologi fuel cell adalah komponen penyusunnya (elektrolit padat, elektroda, katalis dsb), komponen pendukung (separator bipolar plate/monopolar plate, spon logam untuk separator dan casing end plate, material komposit, material sensor gas). Untuk teknologi hidrogen, terdapat material reformer produksi hidrogen dengan puritas tinggi, material maju untuk penyimpan hidrogen dalam bentuk metal hydride, atau material untuk high pressure tank. Dan juga pengembangan material untuk nuklir seperti critical properties material.

Masalah energi dapat dibagi menjadi beberapa tantangan sebagai berikut dalam materi baru:

A. Generasi energi.

1. Next-Generation dan Fotovoltaik Nano-architected.
2. Material maju untuk baling-baling kincir angin dan roda gigi dan bentuk energi mekanik next generation (hidro-, panas bumi-dll).
3. Material maju kinerja tinggi untuk fuel cell dan material maju sebagai pendukung teknologi hidrogen dan aplikasinya.
4. Material maju untuk generasi baru berikutnya dari pembangkit listrik, material maju untuk beroperasi pada suhu tinggi, material maju untuk penukar panas power plant (CMC).
5. Material energi baru pemanfaatan secara molekuler.

B. Energi transmisi, distribusi dan efisiensi konsumsi.

1. Energi transport: material maju superkonduktor.
2. Penghematan energi material (misalnya material tribological).
3. Material maju untuk jaringan pipa tekanan tinggi untuk gas dan transportasi CO₂.

4. Material maju untuk transportasi energi, material maju untuk thermovoltaics thin film.

C. Penyimpanan energi.

1. Energi penyimpanan, termasuk penyimpanan hidrogen, solid-state ionics, serta baterai dengan densitas arus tinggi.
2. Mobile energi, material baterai.

Tanpa penemuan-penemuan baru dalam ilmu material, terobosan dalam inovasi pada area di atas tidak akan mungkin terjadi, diantaranya adalah meningkatkan andungan lokal material

3.3 Target teknologi yang ingin dikembangkan

Target teknologi adalah mengarah pada tiga fokus pengembangan yaitu, pengembangan biofuel, pengembangan pembangkit listrik, dan pengembangan konservasi energi. Pengembangan tiga bidang tersebut penting karena terdapat kebutuhan (*demand*) yang besar.

Pada program biofuel dibagi 3 program yaitu:

1. Meningkatkan peran material dasar untuk peningkatan performa proses biofuel.
2. Peningkatan efisiensi pada proses kimia, misalnya katalis yang mampu meningkatkan efisiensi proses produksi biofuel.
3. Tersedianya material komponen untuk infrastruktur, misalnya material logam untuk tangki biofuel, serta material lain seperti komposit atau keramik.

Pada program pembangkit listrik pada dasarnya pembangkit listrik berasal dari energi tidak terbarukan dan energi terbarukan dimana di dalamnya termasuk energi baru. Khususnya untuk material maju untuk bidang fokus energi baru dan terbarukan ada 5 jenis material maju yang harus diutamakan yaitu:

1. Geothermal (energi panas bumi)
2. Solar cell (energi surya)

3. Fuel cell dan hidrogen
4. Nuklir
5. Air dan Angin

Pada bidang konservasi energi, pada umumnya adalah improvement (inovasi) material khususnya untuk memperoleh sifat material yang dapat menyalurkan panas atau dingin dengan efisiensi tinggi. Dari berbagai bagian energi tersebut, untuk material maju dibuat matriks dengan berbagai jenis material yaitu matriks dari logam, komposit, polimer serta biomaterial.

Target teknologi yang ingin dikembangkan untuk bidang transportasi meliputi antara lain pengembangan komposit polimer yang saat ini pemanfaatannya sudah sangat besar di berbagai industri transportasi udara (berbagai komponen di pesawat), otomotif, transportasi air (katamaran) dan pada industri / pabrik kimia untuk penggunaan di pipa, tangki, pressure vessel (bejana tekan dsb). Selain itu material maju untuk komposit aluminium juga mulai memegang trend penting dalam pengembangan komponen untuk mesin mesin yang ada saat ini yang dapat menggantikan posisi material baja. Contohnya Mesin ZZZ-GE adalah mesin berbasis matriks aluminium pertama dari Toyota. Matriks aluminium telah digunakan untuk block dan head. Penggunaan mesin ini dapat mengurangi berat mesin secara signifikan. Material maju di bidang TIK akan mengarah pada nanoteknologi, MEMS, smart material dan dimana bahan dasarnya melimpah di tanah air. Kebutuhan TIK kedepan antara pada kemampuan kecepatan (Faster and Smaller non silicon-based processors, optical switches), kemampuan pada penyimpanan (storage density) dan konsumsi power (power consumption). Material silikon akan mendominasi pada pengembangan di MEMS. Pada bidang hankam material maju memegang peranan sangat penting dalam berbagai hal. Material tahan peluru baik berupa armour steel maupun armor ceramics merupakan contoh material maju yang memerlukan pengembangan dan saat ini kebutuhannya terus meningkat pada bidang HANKAM. Selain itu pengembangan material aluminium paduan dan titanium untuk aplikasi pada

Fokus target teknologi dibidang pangan sebaiknya ditujukan pada seluruh rantai nilai tambah di bidang pertanian, peternakan dan perikanan yang masih dirasakan banyak kekurangannya. Teknologi yang dikembangkan harus dapat mampu meningkatkan produktifitas pertanian, meningkatkan kualitas pangan dan efisiensi dalam pemanfaatan sumber daya. Hal terpenting antara lain adalah pada pemanfaatan polimer untuk berbagai hal di bidang pertanian (plastic net, plastic mulching, plastic green house, poly bag, penyimpanan dan pengemas serta Encapsulation seeds). Dibidang kesehatan dan obat-obat terdapat beberapa hal yang menjadi penting untuk dikembangkan kedepannya. Aplikasi teknologi dibidang sensor dan diagnostik pasien., drug delivery systems, dan medical imaging merupakan trend teknologi kedepan yang terus mengalami perkembangan. Material maju dalam dalam bidang ini antara quantum dots, nanosized markers serta teknologi penggabungan nanopartikel dengan antibodi. Dibidang biomaterial HA (hydroxyapatite) mempunyai peranan penting dalam aplikasi di orthopedic. Penggunaan butir nanocrystalline hydroxyapatite in collagen biopolymer dan membantu pertumbuhan dan penyembuhan tulang.

BAB IV

KONDISI FRAMEWORK

4.1 Kondisi supra (SDM, dukungan pendidikan) dan infrastruktur khusus

Kondisi ruang yang ingin dicapai dalam mensuplai kebutuhan energi nasional, perlu didukung adanya SDM yang berkualitas dan spesifik untuk melakukan kajian material dasar sebagai pendukung proses produksi material maju. Kondisi internal Indonesia dalam kesiapan penguasaan teknologi material maju di Indonesia dapat dikaitkan dengan potensi sumber daya alam dan kebijakan pemerintah untuk implementasi material maju di berbagai sektor. Kesiapan suatu negara dalam proses penguasaan dan penerapan material maju dapat dilihat dari beberapa hal seperti ketersediaan SDM, infrastruktur penunjang riset, pendanaan, ketersediaan sumber daya alam yang dapat dimanfaatkan, ketersediaan pasar serta kebijakan pemerintah.

Ilmu pengetahuan dan teknologi material maju telah menjadi isu serta perhatian global dan dipercaya akan berperan besar dalam pembangunan. Sesuai dengan anggapan bahwa pengembangan teknologi nano akan semakin meningkat dan menguasai pasar dunia, maka Indonesia perlu memprioritaskan riset iptek material maju. Dalam pengembangan ilmu pengetahuan tentang teknologi material maju diperlukan sumber daya manusia yang berkecimpung di teknologi material maju dimana sumber daya manusia tersebut bisa berasal dari kalangan departemen yang ada di pemerintahan, lembaga riset pemerintah (Lembaga Pemerintah Non Departemen), perguruan tinggi (dosen dan mahasiswa yang berada di kampus baik negeri maupun swasta) dan kalangan industri/swasta.

Kalangan industri/swasta harus mendapat perhatian lebih untuk penerapan hasil-hasil penelitian yang bermanfaat, karena dapat langsung diterapkan untuk kemajuan hasil industri sehingga dapat meningkatkan produktivitas. Sebagian besar peneliti dalam bidang

material maju berada dalam lingkungan Lembaga Pemerintah Non Kementerian (LPNK) dan lingkungan perguruan tinggi, sedangkan pada lingkungan Departemen dan industri/swasta hanya ada beberapa peneliti yang bergerak di bidang material maju. Sedikitnya peneliti di lingkungan industri/swasta yang bergerak di bidang material maju kemungkinan dikarenakan kurangnya pengetahuan peneliti di industri/swasta tentang ilmu dan pengetahuan teknologi nano, hal ini juga disebabkan topik tentang teknologi nano juga baru berkembang beberapa tahun terakhir, sehingga penerapan dan pengembangan material maju belum mencakup ke segala aspek. Walaupun kemungkinan kalangan industri/swasta sudah menggunakan menerapkan teknologi material maju seperti teknologi nano dalam proses industrinya, tetapi biasanya mereka menggunakan barang jadi atau siap pakai dalam sistem produksinya.

Hal tersebut kemungkinan yang mendorong kalangan industri tidak terlalu mementingkan untuk mengembangkannya. Hal inilah yang harus kita prioritaskan agar kalangan industri bersedia ikut berpartisipasi aktif dalam pengembangan material maju di Indonesia, karena sudah seharusnya kita bisa mengajak kalangan industri untuk bekerjasama dalam penerapan dan pengembangannya supaya dalam penelitian tentang pengembangan dan penerapan teknologi material maju dapat segera diaplikasikan untuk industri demi mengarah ke kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi khususnya material maju di Indonesia.

SDM dipersiapkan dalam beberapa perguruan tinggi di Indonesia yang sudah melakukan riset material maju ataupun system untuk TIK, seperti UI, ITB, ITS. Begitu pula dengan beberapa lembaga litbang yang sudah melakukan penelitian di bidang TIK, seperti PPET-LIPI, Dirjen Postel. Infrastruktur yang sudah dipunyai adalah proses pembuatan secara teknologi mikro, namun peralatan sudah banyak yang rusak. Sedangkan teknologi ke depan adalah teknologi nano material dengan peralatan proses pembuatan yang masih belum ada di Indonesia.

4.2 Kondisi perundang-undangan, Kebijakan pemerintah, pemda

Untuk tata kelola sector energi, terdapat produk hukum dan perundang-undangan yaitu, Perpres 5/2006, Kepmen ESDM No. 0983 K/16/MEM/2004, Kepmen ESDM No. 0002/2004, PP No. 03/2005. Dengan besarnya kebutuhan suplai listrik yang selaras dengan perkembangan ekonomi dan pertumbuhan sector industry, maka dengan memanfaatkan potensi sumber daya alam lokal yang bisa dimanfaatkan untuk energi, maka diharapkan swasta mampu memberikan kontribusi untuk membangun sistim kelistrikan untuk masyarakat dengan kerjasama pihak pemda terkait. Namun tidak ada peraturan perundang-undangan yang menyebutkan meterial maju untuk energi.

Untuk tata kelola sector TIK, terdapat produk hukum dan perundang-undangan yaitu;

1. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 1995 tentang Bidang Teknologi Informasi dan Komunikasi;
2. Keputusan Menteri Perhubungan No.KM. 28/2004 untuk meningkatkan angka teledensitas;
3. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 17 Tahun 2010 Tentang Pengelolaan Dan Penyelenggaraan Pendidikan, mengenai Penyelenggaraan Pendidikan Jarak Jauh;
4. Peraturan Bank Indonesia PBI NOMOR: 9/15/PBI/2007 tentang penggunaan teknologi informasi dalam perbankan;
5. Inpres no 9 tahun 2009 tentang Pengembangan Ekonomi Kreatif.

4.3 Kondisi lingkungan strategis internasional

Pengelolaan sumber daya alam tak terbarukan seperti bahan tambang, mineral, dan migas sebaiknya diarahkan untuk tidak dikonsumsi secara langsung, melainkan diperlakukan sebagai input untuk proses produksi berikutnya yang dapat menghasilkan nilai tambah yang optimal. Hasil atau pendapatan yang diperoleh dari

pengolahan sumber daya alam ini diarahkan untuk percepatan pertumbuhan ekonomi dengan diinvestasikan pada sektor-sektor lain yang produktif. Sentuhan teknologi nano pada sumber daya alam diperkirakan mampu menghasilkan nilai tambah yang berlipat ganda.

Oleh sebab itu, bangsa yang memiliki kekayaan sumber daya alam akan mampu menjadi bangsa yang kompetitif, maju, dan makmur. Jika kita mampu mentransformasi kekayaan alam sebagai keunggulan komparatif menjadi keunggulan kompetitif misalnya dengan material maju, permasalahan bangsa akan terpecahkan dengan sendirinya. Hal ini karena sektor-sektor industri dan ekonomi berbasis sumber daya alam (mineral tambang, migas dan sumber daya hayati) yang kompetitif akan membuat Indonesia berdaya saing di pasar domestik dan global. Sudah saatnya Indonesia bersegera untuk mengembangkan teknologi nano berbasis sumber daya alam lokal, mengingat pasar produk material maju dunia akan meningkat sampai dengan tahun 2020.

Dari sektor pertambangan Indonesia memiliki potensi sumber daya alam yang sangat melimpah dimana terdapat lima bahan tambang utama yang kandungannya cukup besar di Indonesia yaitu tembaga, emas, perak, nikel dan kobalt. Tanpa mengabaikan material logam yang lainnya, kelima material tersebut berpotensi untuk lebih dikembangkan dengan sentuhan teknologi. Salah satu teknologi terkini yang mampu menaikkan nilai jual mineral tambang secara dramatis adalah dengan teknologi nano.

Pengembangan material maju pada material logam sudah cukup banyak diterapkan, khususnya pada nanopartikel emas dan perak untuk aplikasi sensor dan farmasi. Sedangkan untuk tembaga, nikel dan kobalt dapat dikembangkan sebagai nanokatalis pada berbagai industri kimia. Pada material pasir besi aplikasi teknologi nano dapat diterapkan pada bidang farmasi dan industri kimia. Sedangkan untuk titanium (*lateric & placer* titan) pemanfaatan teknologi nano banyak digunakan dalam industri kimia, kosmetik, elektronik dan industri transportasi. Diharapkan penerapan teknologi nano pada material tambang dapat memberikan nilai tambah yang lebih tinggi.

Potensi batubara dan gas di Indonesia hanya di pulau Kalimantan dan Sumatra cukup banyak namun keberadaannya tersebar di wilayah geografis yang luas. Sehingga perlu dimaksimalkan potensinya dengan membenahi pengelolaan dan peningkatan mutu dengan implementasi teknologi yang tepat.

Indonesia menduduki peringkat kedua dunia sebagai negara pengekspor batubara setelah Australia. Sedangkan untuk minyak bumi dan gas alam, masing-masing Indonesia menduduki peringkat ke-23 dan ke-13 dunia. Batubara yang diekspor ke luar negeri sebagian besar merupakan batubara kualitas tinggi. Demikian juga dengan minyak bumi, Indonesia masih mengekspor dalam bentuk minyak mentah dengan harga jual yang rendah. Padahal jika pada sumber daya migas ini diberi sentuhan teknologi, diharapkan bisa meningkatkan kualitas dan nilai jual sumber daya alam.

Dengan dukungan kondisi alam yang menjanjikan baik untuk energi baru dan terbarukan atau fosil, integrasi pihak internasional masih diharapkan untuk menaikkan produktifitas energi dan optimalisasi pemakaiannya.

Teknologi telekomunikasi dunia akan mengarah dalam bentuk jaringan telekomunikasi akhir yang dikenal sebagai All IP Next Generation Network atau Advanced International Mobile Telecommunications (IMT-Advanced). Sehingga perkembangan teknologi TIK harus mengikuti perkembangan teknologi ini agar bahan dan komponen TIK yang dihasilkan dari riset dan produk dalam negeri dapat bermanfaat dengan optimal.

Operator yang akan secepatnya menyediakan "truly all IP Next Generation Network" dapat dengan cepat mengadopsi WiMAX 802.16e karena sistem ini telah beroperasi baik dan teruji, serta tersedia perangkat terminal (CPE) yang dapat mengaksesnya melalui modem WiMAX.

Dibidang pangan hasil pertanian, peternakan, dan perikanan segar dapat diolah menjadi produk olahan yang lebih beragam, misalnya dari buah sawit dapat diolah menjadi *Crude Palm Oil* (CPO)

dan *Palm Kernel Oil* (PKO) sebagai produk-antara yang lebih lanjut dapat diolah menjadi berbagai produk pangan (dan non-pangan), termasuk minyak goreng, minyak salad, margarin, dan vanaspati. Susu segar dapat diolah menjadi keju, susu bubuk, susu kental manis, yogurt, dan dengan penambahan bahan pangan lain dapat diolah menjadi *chocolate bar*, permen, eskrim, dan lain-lain. Buah segar dapat diolah menjadi selai, jus, kismis, *fruit candy*, *jelly*, sirup, dodol, dan lain-lain. Demikian pula halnya dengan produk segar yang berasal dari ternak dan ikan lainnya. Semua dapat diolah menjadi berbagai macam jenis produk olahan. Keragaman jenis produk olahan ini akan berpengaruh terhadap tingkat konsumsi masyarakat dari bahan pangan tersebut.

Dibidang HANKAM kebutuhan alutsista dan peralatan Kepolisian dapat dipenuhi melalui kemampuan produksi di dalam negeri atau pengadaan dari luar negeri. Agar produk dalam negeri mempunyai daya saing yang baik diperlukan pembinaan serta komitmen pemerintah dan pengguna untuk mengutamakan penggunaan hasil produk dalam negeri.

Dibidang transportasi Riset Material maju dalam bidang fokus transportasi dapat dilakukan dengan dukungan penuh dari pemerintah, lembaga riset dan Perguruan Tinggi serta industri sebagai stake holder. Penggunaan kendaraan bermotor roda 2 dan roda 4 untuk transportasi darat sangat menguntungkan posisi industri otomotif untuk berinvestasi di Indonesia. Penggunaan material maju untuk berbagai aplikasi akan menjadikan daya saing industri transportasi ditanah air semakin kuat untuk mengantisipasi produk dari import.

Dibidang kesehatan masih banyak hal yang perlu dilakukan dalam rangka mengejar trend perkembangan material maju di berbagai negara-negara asia maupun di Eropa dan Amerika.

BAB V

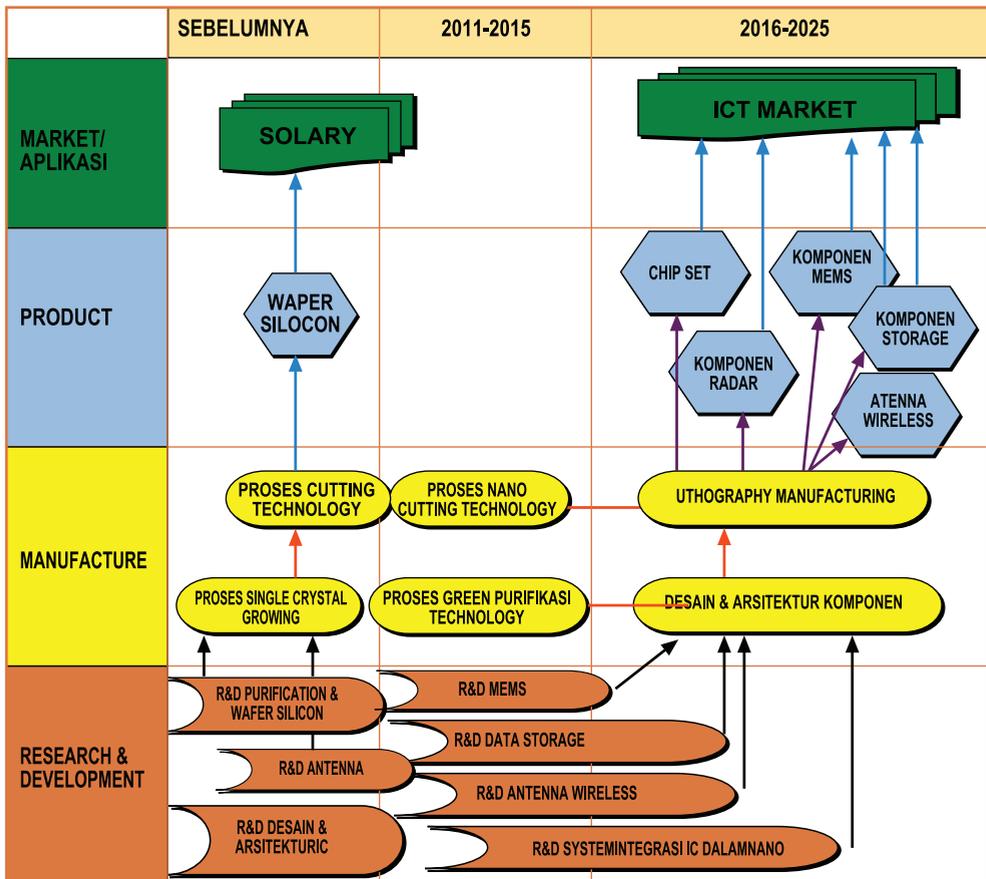
KEBIJAKAN DAN ROADMAP

5.1 Rekomendasi kebijakan nasional

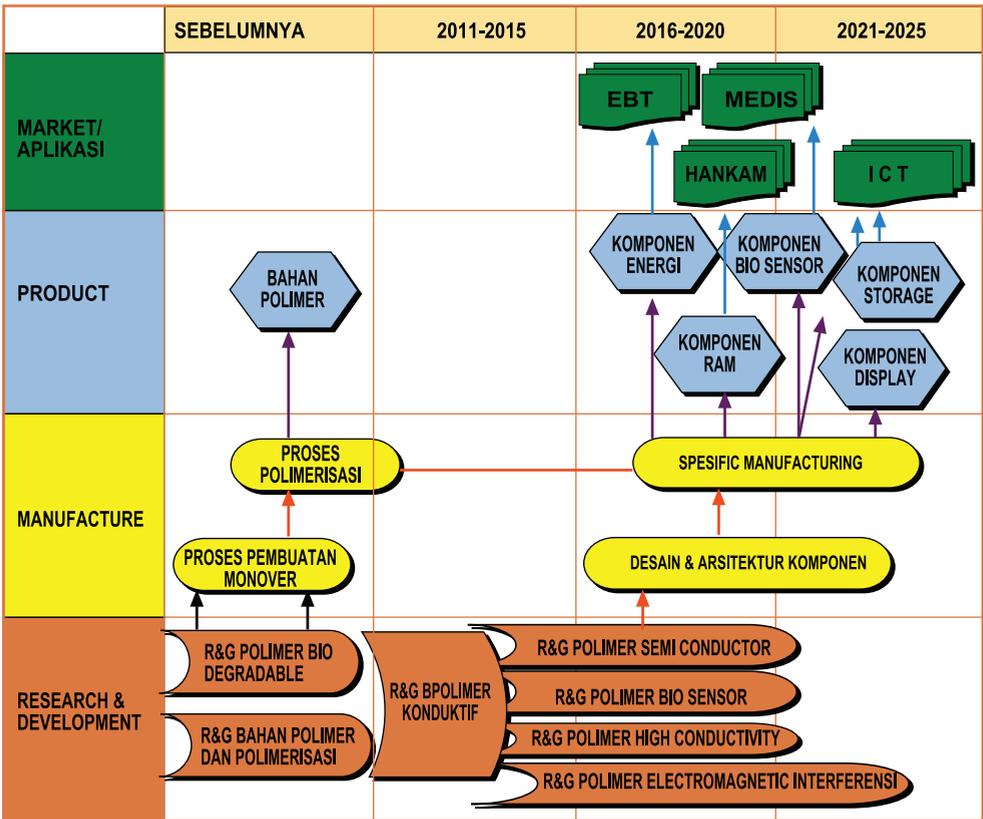
1. Kebijakan nasional untuk material maju bidang fokus energi difokuskan untuk memenuhi kebutuhan listrik nasional, pengembangan teknologi konversi BBM serta untuk teknologi efisiensi energi dan energi bersih.
2. Pembangunan material maju yang mendasari piranti telekomunikasi ini sudah semestinya diproduksi di dalam negeri menuju kemandirian bidang teknologi informasi dan komunikasi di Indonesia. Sumber daya mineral Indonesia sangat mendukung dalam produksi material maju ini.
3. Material maju di bidang TIK dengan teknologi proses yang sudah mapan, perlu segera dibangun atau diarahkan dalam waktu 5 tahun pertama (2011-2015) mendatang adalah :
4. Silicon yang merupakan material dasar bidang TIK
5. Tembaga yang merupakan material pendukung utama dalam pembuatan elektronik device.
6. Material maju di bidang TIK yang mempunyai proses teknologi lebih maju dan masih membutuhkan R&D dikembangkan pada 10 tahun ke dua (2011 – 2020) yaitu :
7. Polimer konduktif untuk flat panel display dan elektronik packaging dalam teknologi integrasi IC
8. Bahan magnet untuk penyimpanan data
9. Bahan logam tanah jarang sebagai campuran bahan semikonduktor

10. Komponen atau electronic device yang merupakan produk aplikasi dari beberapa material dasar dikembangkan R&D nya sejak awal dan diharapkan dapat diproduksi pada periode ketiga (2011 – 2025).
11. Teknologi pengembangan material maju sudah memasuki era nano teknologi baik dalam proses pembuatan maupun dalam proses karakterisasi material. Oleh karena itu pemerintah diharapkan dapat membangun suprastruktur dan infrastruktur nanoteknologi, baik SDM maupun peralatan proses dan instrumentasi pengujian.

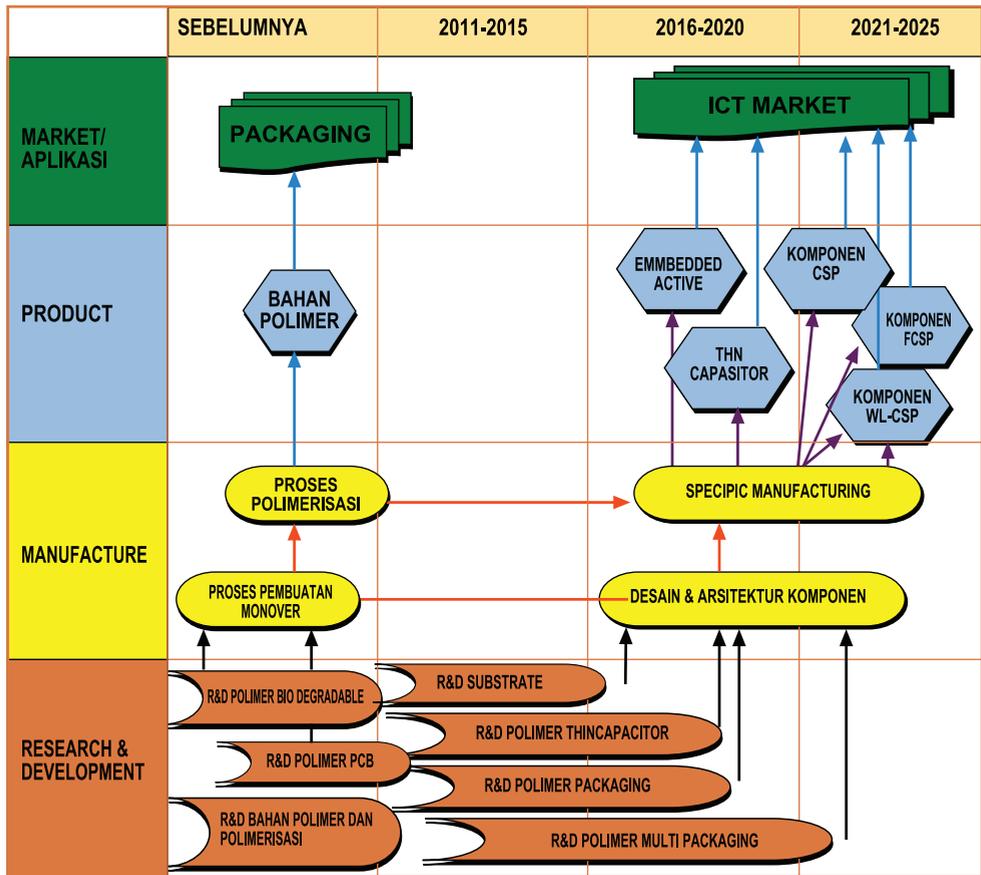
5.2 Roadmap Pengembangan Produksi Material Maju



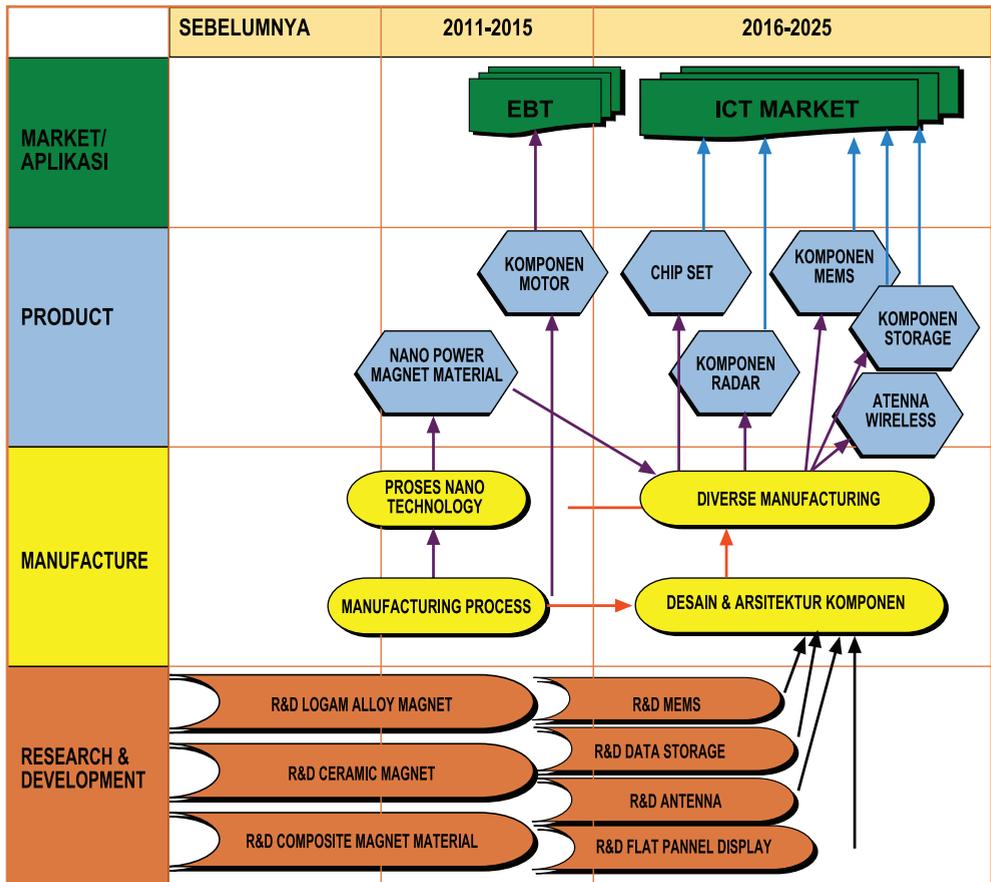
Gambar 23. Roadmap Pengembangan Riset dan Teknologi Silikon:



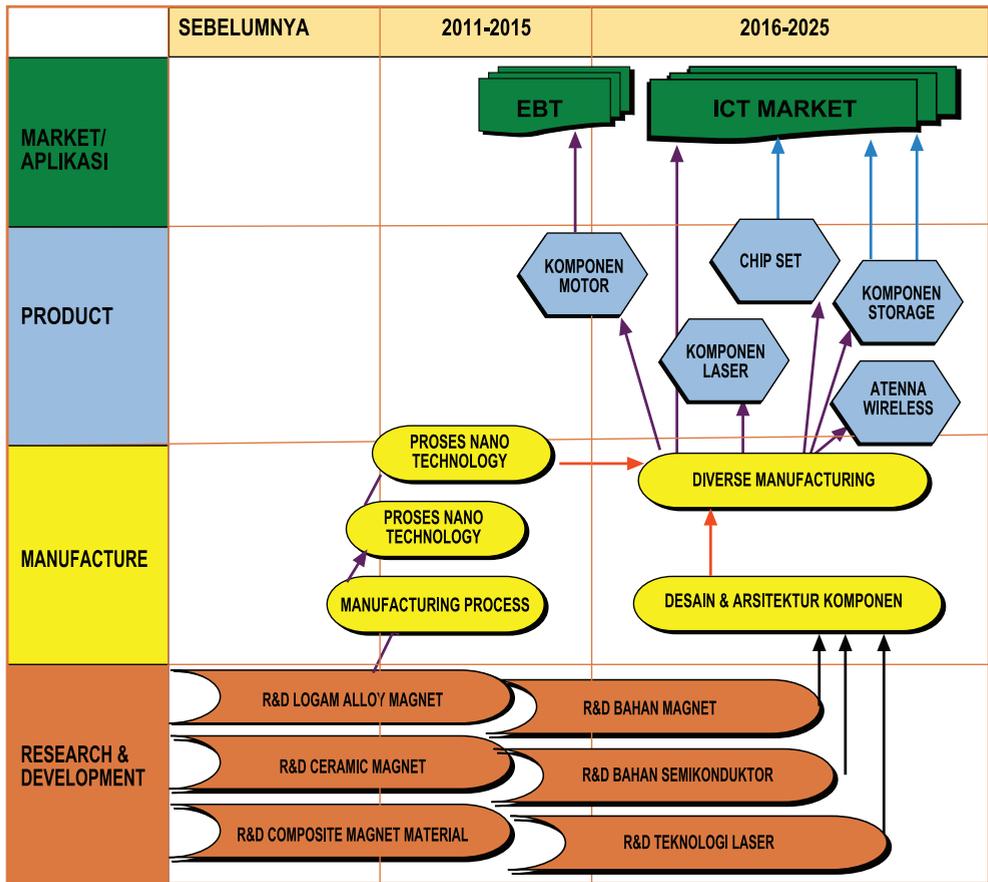
Gambar 24. Roadmap Pengembangan Riset dan Teknologi Polimer Konduktif



Gambar 25. Roadmap Pengembangan Riset dan Teknologi Polimer Packaging



Gambar 26. Roadmap Pengembangan Riset dan Teknologi Magnet:



Gambar 27. Roadmap Pengembangan Riset dan Teknologi Tanah Jarang



Gambar 28. Roadmap Tembaga:

BAB VI

PENUTUP

Kebutuhan akan material maju akan terus meningkat sejalan dengan majunya permintaan di Industri. Kebutuhan material maju nasional sangat besar, hal ini dapat di lihat dari masing masing kebutuhan material di 6 bidang fokus teknologi industri yang mencakup, keperluan material dibidang kesehatan dan obat, energi, pangan, teknologi informatika dan komunikasi, transportasi dan bidang hankam. Saat ini kita masih harus membeli dari luar negeri berbagai alat yang disebabkan oleh karena penguasaan teknologi dan ketersediaan material yang belum ada secara lengkap. Pengembangan material maju harus tetap terus ditingkatkan kemampuannya, seperti penguasaan teknologi, kecanggihan dan kualitas produknya, untuk menunjang industri dalam negeri.

Prediksi kebutuhan akan teknologi material maju nasional ke depan akan sangat menjanjikan. Hal ini di indikasikan dengan keadaan yang direncanakan secara nasional pada 6 bidang fokus akan terus ditingkatkan. Namun karena kurangnya industri bahan baku yang ada di dalam negeri untuk memenuhi kebutuhan tersebut maka produk material maju ke depan sangat diperlukan. Dengan jumlah populasi Indonesia yang sangat besar, jika diikuti oleh daya beli yang meningkat karena kesejahteraan penduduknya, maka pasar industri nasional juga akan menarik perhatian perusahaan-perusahaan multinasional. Untuk prediksi kebutuhan pasar dunia akan teknologi material maju 5 hingga 15 tahun ke depan, menurut hasil kajian para pakar dari Eropa, potensi pengembangan material maju akan terfokus pada teknologi nanoteknologi yang akan mengakselerasi produk-produk industri. Oleh karena itu, pengembangan nanoteknologi harus dilakukan dengan cepat pada masa sekarang ini. Jika tidak, maka peluang pengembangan nanoteknologi akan terlewatkan, dan sebagai konsekuensinya Indonesia akan menjadi negara yang tertinggal dan kalah karena tidak akan mampu bersaing dengan negara-negara lain di dunia ini. Kondisi

produksi material maju nasional, pada saat ini bervariasi, ada industri nasional yang dapat menyediakan material dasar secara nasional meskipun tidak sepenuhnya, ada pula yang masih tergantung dari pemasok asing. Menurut peta jaringan rantai produksi material maju nasional Indonesia masih belum sepenuhnya memiliki jaringan produksi material maju dimana untuk bidang hankam misalnya sudah terbentuk jaringan rantai produksi yang di kenal dengan konsep tiga pilar pelaku industri. Dilain sisi untuk bidang Energi jaringan rantai produksi energi baru dan terbarukan masih terpusat pada sisi hilir. Untuk bidang transportasi peta jaringan rantai produksi nasional sudah ada dimana terjadi keterlibatan berbagai stakeholder dalam rangka mencapai suatu kemandirian dalam produksi.

Tema-tema riset nanoteknologi nasional mengacu kepada enam fokus riset yaitu teknologi dan manajemen transportasi, teknologi pertahanan dan keamanan, teknologi kesehatan dan obat, teknologi pangan dan pertanian, teknologi energi alternatif, dan teknologi informasi dan komunikasi. Sepanjang tahun 2005-2009, tema riset nanoteknologi nasional yang paling banyak dilakukan adalah teknologi energi alternatif dan teknologi kesehatan dan obat, masing-masing sebesar 32% dan 29%. Sebagian besar dari riset nanoteknologi nasional saat ini berupa riset dasar (45%) dan riset terapan (45%). Riset peningkatan kapasitas produksi hanya ada 5% dan difusi teknologi ada 2%.

Pada kondisi Framework dibahas tiga hal penting yang mencakup :

- Kondisi supra (SDM, dukungan pendidikan) dan infrastruktur khusus
- Kondisi perundang-undangan, Kebijakan pemerintah, dan pemma
- Kondisi lingkungan strategis internasional

Rekomendasi kebijakan nasional untuk penelitian, pengembangan serta penerapan teknologi material maju secara singkat diuraikan sebagai berikut:

- a. Bidang energi difokuskan untuk memenuhi kebutuhan listrik nasional, pengembangan teknologi konversi BBM yang bersih serta untuk teknologi konservasi energi.
- b. Di bidang Telekomunikasi, pembangunan material maju yang mendasari piranti telekomunikasi .
- c. Di bidang TIK yang perlu segera dibangun adalah :
 - a. Silicon yang merupakan material dasar
 - b. Tembaga yang merupakan material pendukung utama dalam pembuatan elektronik device.
 - c. Polimer konduktif untuk flat panel display dan elektronik packaging
 - d. Bahan magnet untuk penyimpanan data
 - e. Bahan logam tanah jarang sebagai campuran bahan semikonduktor
- d. Pemerintah diharapkan dapat membangun suprastruktur dan infrastruktur nanoteknologi, baik SDM maupun peralatan proses dan instrumentasi pengujian

Berhasilnya pelaksanaan program-program yang dirumuskan dalam peta rencana (Roadmap) buku putih material maju ini sangat tergantung pada komitmen semua pihak terkait khususnya lembaga penelitian dan pengembangan serta para stakeholder. Banyak isu-isu yang penting yang dirumuskan dalam buku putih material maju ini diyakini dapat dikembangkan sedemikian rupa untuk mengakomodasi kekurangan dan keterbatasan dimaksud. Oleh karena itu, peran dan kesadaran seluruh lembaga penelitian dan pengembangan serta stakeholder sangat diharapkan dalam memahami dan sekaligus menjalankan program-program serta mengikuti peta rencana (roadmap) yang telah disusun dalam buku putih material maju ini.

Akhirnya, yang masih harus dipikirkan dengan lebih cermat adalah bagaimana caranya agar buku putih ini dapat digunakan secara

berkelanjutan dan memperoleh modifikasi seperlunya pada waktu tertentu sesuai dengan tuntutan jaman serta mendapat dukungan politik yang memadai, sehingga kegiatan-kegiatan yang dilaksanakan berdasarkan buku putih ini memberi dampak luas bagi pembangunan ekonomi nasional.

DAFTAR PUSTAKA

1. Kebijakan Strategis Pembangunan Nasional IPTEK 2005 – 2009, Kementerian Negara Riset dan Teknologi
2. Visi Ilmu Pengetahuan dan Teknologi 2025, Kementerian Negara Riset dan Teknologi
3. Workshop Penyusunan Materi Agenda Riset Nasional 2010-2014, Komisi Teknis Sains Dasar - Dewan Riset Nasional, Jakarta 27 Oktober 2009.
4. INDONESIA 2005-2025 BUKU PUTIH Penelitian, Pengembangan dan Penerapan Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Bidang Teknologi Informasi dan Komunikasi Tahun 2005-2025 Kementerian Negara Riset dan Teknologi Republik Indonesia Jakarta, 2006
5. Gautam Thor; Impact of Nano Materials in Drug Delivery & Human Tissue Engineering; (2006).
6. Nippon Steel Technical Report 2000
7. Kabar IPTEK : Indonesia Belum Tertinggal Kembangkan Nano Tekhnologi Rabu, 11 November 2009 20:04 WIB
8. Report Code: AVM056A, Published: May 2007, Analyst: Andrew McWilliams
9. Skematik keseluruhan permintaan untuk baja mobil, logam lainnya dan material lain (2009). Sumber : Metals Consulting International Limited ('MCI')
10. Sumber: Technology Management Associates, "industrial Criteria for investment Decisions in R&D and Production Facilities," contractor report for OTA, January 1987
11. Gao, F. [2004], "Clay/Polimer Composites: the Story", Materials Today, Nottingham, UK, pp.50-51.