

## MEMBANGUN INDUSTRI KOMPONEN BAHAN MAGNET BERBASIS SUMBER DAYA ALAM LOKAL MELALUI SENTUHAN NANOTEKNOLOGI

(DEVELOPING MAGNETIC MATERIAL COMPONENT INDUSTRY BASED ON LOCAL  
NATURAL RESOURCES WITH NANOTECHNOLOGY APPROACH)

Setyo Purwanto  
Pusat Teknologi Bahan Industri Nuklir-BATAN  
Kawasan Puspiptek –Serpong Tangerang 15314  
[purwantosetyo@yahoo.com](mailto:purwantosetyo@yahoo.com)

### ABSTRAK

Tulisan ini memaparkan hasil kajian tentang upaya membangun kemampuan teknologi bahan magnet. Pemanfaatan bahan magnet untuk berbagai produk industri yang dilakukan beberapa negara maju dijadikan sebagai salah satu acuan. Pada umumnya bahan magnet yang digunakan berbasis logam transisi atau berbasis pasir besi dan logam tanah jarang. Berbagai tempat di Indonesia telah diketahui memiliki potensi sumber daya alam untuk bahan baku magnet tersebut. Agar bahan magnet dapat lebih ditingkatkan keunggulannya, telah dikembangkan pendekatan nanoteknologi dalam proses sintesanya. Untuk itu telah tersedia berbagai teknologi membuat bahan yang memiliki struktur nano, khususnya nanopartikel. Beberapa dari teknologi tersebut telah mampu dikuasai oleh beberapa lembaga penelitian maupun Perguruan Tinggi di dalam negeri. Beberapa hasil penelitian dan pengembangan yang telah dilakukan dikemukakan dalam tulisan ini. Selanjutnya dikemukakan beberapa industri yang potensial untuk dikembangkan di Indonesia.

**Kata Kunci:** pasir besi, logam tanah jarang, industri magnet, nanopartikel magnet, nanoteknologi

### ABSTRACT

This paper presents scientific review on the effort of developing magnetic materials technology. Utilization of magnetic materials for industrial products in the developed countries used as the reference. In general materials based on iron sand and rare earth metals were used as raw materials. These materials are available in some parts of Indonesian archipelago. In order to enhance their magnetic performances, nanotechnology approach was introduced. For that reason several technologies were available and some of them has already developed in certain R & D Institutions and Universities in Indonesia. Selected results of those researches presented in this paper and finally prospected industries based on magnetic materials will be discussed as well.

**Keywords:** iron sand, rare earth metal, magnet industry, nanoparticle magnet, nanotechnology

### PENDAHULUAN

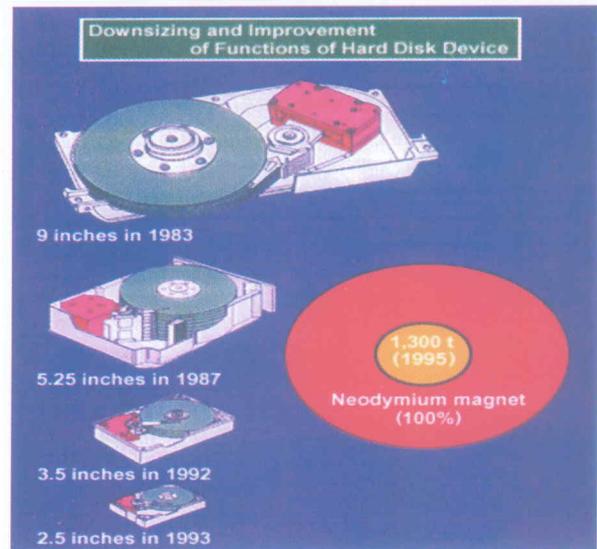
Industri komponen bahan magnet adalah suatu kegiatan industri yang meman-

faatkan sifat kemagnetan suatu bahan untuk keperluan tertentu. Secara umum bahan magnet dapat dipilah menjadi beberapa jenis antara lain; bahan magnet tetap atau

*permanent magnet*, yang masih dapat dipilah lagi menjadi bahan magnet kuat atau keras dan bahan magnet lembut. Kemudian ada beberapa sifat lain seperti sifat *magnetoresistance* yang dapat dimanfaatkan sebagai MRAM (*Magnetic Random Accesories Memory*) dalam komputer, atau sifat *magnetostrictive* yang muncul karena sifat dilatasi yang dapat dimanfaatkan untuk *actuator* roket misalnya dan masih banyak lagi.

Di beberapa negara maju seperti Jepang, pemanfaatan bahan magnet telah menjadi tulang punggung kegiatan industri manufakturnya. Setidaknya ada sembilan sektor yang telah dirambah dan "termagnetisasi", yakni sektor riset ilmiah (pemanfaatan bahan magnet pada alat *electron spin resonance*/ESR, levitasi magnet untuk kereta cepat dan generator photon); sektor transportasi seperti pemanfaatan magnet pada *anti brake system*(ABS), motor kecil, sensor, komponen mobil, mobil listrik dan hibrida; sektor perkantoran seperti komponen magnet pada komputer, mesin fotokopi, dan printer; sektor industri seperti industri robot, otomatisasi pabrik, dan recycle. Pemanfaatan pada sektor energi listrik antara lain seperti energi angin dan mesin *flywheel*. Selanjutnya pada sektor industri rumah tangga seperti mesin pendingin ruangan dan *refrigerator*; sektor telekomunikasi, seperti komunikasi bergerak dan telepon genggam ; sektor *audio visual* seperti pemanfaatan bahan magnet pada televisi, video, DVD dan *headphone* serta terakhir sektor kesehatan seperti pemanfaatan bahan magnet pada alat MRI dan bahan tambal gigi. Pada umumnya bahan magnet yang dipergunakan berbasis logam transisi atau berbasis pasir besi serta logam tanah jarang seperti Nd-Fe-B (NEOMAX).

Indonesia sebagai negara kepulauan dianugerahi oleh Tuhan YME pantai terpanjang di dunia, dan kata pantai korelasinya adalah pasir. Pasir pantai di beberapa pulau, misalnya pantai disekitar propinsi NAD dan pulau Jawa bagian Selatan, bahkan sebagian besar sungai di Jawa Timur seperti sungai Brantas ditengarai memiliki potensi sumber daya alam (SDA) lokal yang luar biasa untuk diubah menjadi barang yang memiliki nilai ekonomi lebih tinggi. Pasir besi dan pasir yang mengandung logam tanah jarang seperti Monasit dan Xenotim ditengarai mampu diubah menjadi satu komponen



**Gambar 1** . Ilustrasi miniaturisasi Bahan magnet NdFeB (NEOMAX)(Sumber Sumitomo Industry)

bahan magnet yang dapat dijadikan berbagai produk industri. Gambaran sederhana tentang bahan magnet berbasis pasir besi yang dijumpai sehari-hari terdapat di dalam alat pengeras suara, radio , *power window* , starter mobil, *motor drive* pada komputer dan masih banyak lagi.

Melihat potensi dari SDA serta sifat bahan magnet itu sendiri, akhir-akhir ini dikembangkan suatu pendekatan baru yaitu dengan memanfaatkan nanoteknologi dalam proses sintesa serta peningkatan *performance* suatu bahan magnet agar diperoleh suatu bahan yang memiliki sifat unggul namun hanya memerlukan bahan dasar yang sedikit. Salah satu contoh yang konkrit adalah proses miniaturisasi bahan Nd-Fe-B (NEOMAX) untuk aplikasi *hard disk* komputer, seperti pada Gambar 1

### PASIR BESI DAN LOGAM TANAH JARANG SEBAGAI BAHAN BAKU POTENSIAL

Bahan magnet dapat dibagi menjadi beberapa kategori, yakni bahan magnet tetap (magnet kuat dan magnet lembut), bahan *magnetostrictive*, bahan *magnetoresistance*, dan bahan *magneto-elastic*. Pada umumnya sifat kemagnetan tersebut dibawa oleh unsur logam transisi (3d), berbasis logam besi serta turunannya serta logam tanah jarang (4f) seperti pada Nd-Fe-B (NEOMAX), sehingga di dunia berkembang istilah bahan magnet *ferrite* yang berbasis logam transisi(3d) dan bahan magnet *rare-earth* (logam tanah jarang/4f). Bahan magnet ferrite pada umumnya bersifat magnet lembut sedangkan bahan magnet logam tanah jarang bersifat magnet kuat.

Hasil penelitian tentang potensi SDA pasir besi dan logam tanah jarang antara lain dapat dijumpai pada dua tulisan. Mengacu pada Zulkarnain (2000), diketahui bahwa pasir besi Aceh setidaknya memiliki kandungan unsur Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> yang berbeda untuk tempat yang berlainan, yaitu pantai Sabang 97,78%, pantai Lampanah 95,55% dan pantai Ulele 73,34%. Sedangkan pasir besi Cilacap, menurut Suprpti Thayib (1974) memiliki kandungan mineral Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 49%, Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> 29% dan TiO<sub>2</sub> 11%.

Kandungan yang berbeda dari pasir besi ini menunjukkan potensi pengembangan yang saling melengkapi. Pasir besi Aceh dengan kandungan Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> mencapai rata-rata di atas 95% memiliki potensi sebagai bahan magnet untuk mendukung industri elektronik dan otomotif, seperti *loudspeaker*, televisi, *personal handphone* dan sensor magnetic serta bahan contrast untuk deteksi kanker. Sedangkan pasir besi Cilacap dengan kandungan Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> serta TiO<sub>2</sub> dapat dimanfaatkan sebagai bahan magnet permanen yang mampu tahan suhu tinggi.

Selanjutnya untuk potensi SDA pasir yang mengandung logam tanah jarang, hasil kajian Iyos S (2000) menunjukkan bahwa Jalur Timah Bangka-Belitung, Rirang dan Ketapang Kalimantan Barat mengandung konsentrat Monasit dan Xenotim dengan potensi yang luar biasa. Pada Tabel 1 dapat dilihat bahwa setidaknya ada sekitar 11 ribu ton kandungan Monasit dan 6000 ton kandungan Xenotim di jalur timah Bangka-Belitung. Sedangkan di Kalimantan Barat setidaknya terdapat sekitar 1200 ton Monasit dengan kadar logam tanah jarang sekitar 65%. Suatu potensi yang jika dimanfaatkan secara optimal akan dapat membuat Indonesia mandiri dalam hal komponen bahan magnet.

Untuk bahan perbandingan, sebagai sumber dari jalur logam tanah jarang China memiliki deposit cadangan bahan Neodymium (Nd) sekitar 4.6 juta ton. Jalur logam tanah jarang ini berhenti di sekitar Kalimantan Barat, Indonesia

**PENGUASAAN TEKNOLOGI BAHAN MAGNET**

**A. Ketersediaan Teknologi Pembuatan Nanopartikel**

Dari sebuah laporan riset analisa kebutuhan teknologi untuk dapat membuat bahan yang memiliki struktur nano, khususnya nanopartikel (BCC-Research, 2006), ada

**Tabel 1. Potensi SDA Logam Tanah Jarang**

Jalur Timah (Bangka Belitung)	Rirang-Tanah Merah (Kal-Bar)	Ketapang (Kal-Bar)
Monasit : 11.234 ton Xenotim : 5.891 ton (konsentrat)	Monasit: 1.216 ton Kadar RE 50-60% Kadar Thorium rendah	Monasit kadar RE 63%

beberapa metoda yang telah dikenal, yaitu sebagai berikut :

1. *Gas-phase processing*
  - a. *Gas Condensation with Thermal Evaporation*
  - b. *Gas Condensation with Thermal Evaporation (Continued)*
  - c. *Vacuum Evaporation on Running Liquids (VERL)*
  - d. *Thermal Plasma Synthesis*
  - e. *Combustion Synthesis*
2. *Wet Chemical Prodess*
  - a. *Chemical Precipitation*
  - b. *Hydrothermal Processing*
  - c. *Sol-Gel Processing*
3. *Sol-Gel Synthesis Flow Chart*
  - a. *Thermochemical Synthesis*
  - b. *Sonochemical Synthesis*
  - c. *Hydrodynamic Cavitation*
4. *Solid-State Process*
  - a. *High-Energy Milling*
  - b. *Mechanochemical Synthesis*
5. *Producing Stable Dispersions*
6. *Self-Assembly of Nanoparticles*
  - a. *Self-Assembled Quantum Dots for Photovoltaic Applications*
  - b. *Viral Biotemplates Assembles Inorganic Nanoparticles along Textile Fibers*
  - c. *"Bricks-and-Mortar" Approach Orders Gold Particles*
  - d. *Micelles Enable Assembly of Nanolaminates*

**B. Kemampuan teknologi lokal/dalam negeri**

Dari sekian metoda atau teknologi yang tersedia ada beberapa yang telah mampu dikuasai oleh sumber daya manusia (SDM) dalam negeri, antara lain sebagai berikut;

- Metoda 1 sampai dengan 4 pada umumnya telah mampu dikuasai oleh peneliti di beberapa LPND dan Universitas.
  - Untuk Metoda 1: KIM-LIPI, PTBIN dan PTAPB-BATAN serta Fisika-ITB menjadi pemain utama seperti dapat dilihat pada beberapa laporan penelitian yang ada.
  - Untuk Metoda 2 : Fisika-UI, Kimia-UI dan Fisika Material-ITB menguasai metoda ini, disamping PTBIN-BATAN

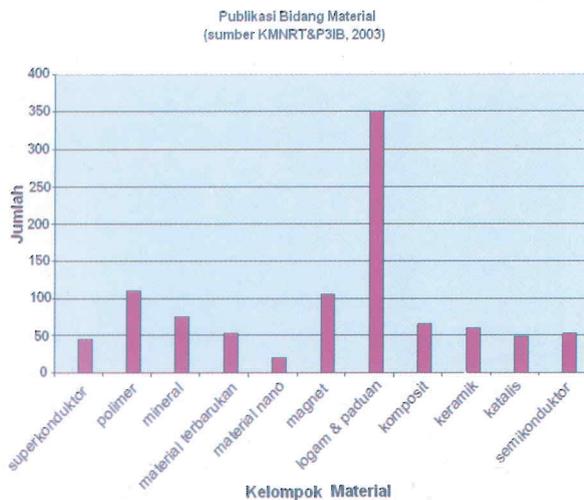
- Untuk metoda 3 : IPB, ITB dan PTBIN banyak terlibat dalam penelitian ini.
- Untuk Metoda 4 : Fisika-UI, Metalurgi-UI dan PTBIN-BATAN serta Fisika-LIPI berperan besar dalam sosialisasi metoda ini.
- Metoda 5 dan 6 tampaknya belum banyak digeluti oleh para peneliti dan institusi yang ada di dalam negeri. Hanya Fisika-ITB bekerja sama dengan Lembaga Riset Australia yang diketahui melakukan Litbang ini.

**C. Ketersediaan Sumber Daya Manusia**

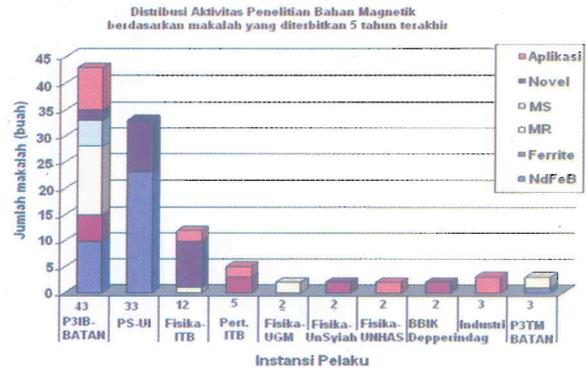
Prasarat kedua untuk suatu kemandirian adalah faktor SDM yang menggeluti bidang ini. Menurut hasil penelitian Kementerian Negara Riset dan Teknologi (Syahrir,2003) seperti diperlihatkan pada Gambar 2, potensi penelitian dan pengembangan berbasis bahan magnet memiliki urutan kedua setelah litbang logam dan paduan, sejajar dengan litbang polimer.

Menurut data tersebut, pada tahun 2003 saja telah diterbitkan sekitar seratus tulisan ilmiah terkait bahan magnet. Tulisan ini dimuat pada beberapa Jurnal dan Prosiding yang difasilitasi oleh kegiatan Seminar Nasional Bahan Magnet sejak tahun 2000. Pola pengembangan bahan magnet jika dilihat dari kegiatan litbang dapat dilihat pada Gambar 3, yang mencerminkan sumbangan makalah dan jenis litbang pada tahun 2003.

Pada lima tahun terakhir, dari sekitar 100 makalah ilmiah terdapat 10 makalah aplikasi bahan magnet, 30 makalah tentang bahan NdFeB, 12 makalah tentang bahan



**Gambar 2 .** Posisi Litbang Bahan Magnet menurut studi KNRT,2003



**Gambar 3 .** Sebaran makalah ilmiah dan institusi Litbang Bahan Magnet

magnet Ferite, 15 makalah tentang bahan *magneto-resistance* (MR) untuk sensor, dan sekitar 15 makalah tentang bahan baru / novel magnet. Sebaran SDM yang melakukan kegiatan tersebut mencakup LPND (BATAN), Perguruan Tinggi (UI,ITB,Unsyiah,Unhas, UGM) serta industri (Nasional Gobel).

**D. Beberapa Hasil Litbang Bahan Magnet Dalam Negeri**

Penguasaan sains dan teknologi bahan magnet di PTBIN (dahulu Puslitbang Iptek Bahan-BATAN) pada awalnya dimulai dengan membangun pemahaman akan sifat bubuk magnet baik berbasis Ferrite maupun logam tanah jarang. Pada tahap ini metoda serbuk atau *powder metalurgy* banyak dipelajari. Selanjutnya dicoba untuk menguasai proses sintesa dengan metoda sol-gel (*wet chemistry*) untuk dapat membuat nanopartikel magnet serta dilakukan pula penguasaan beberapa teknik lain seperti *high energy milling* (HEM). Untuk pembuatan film tipis magnetik dilakukan pula beberapa sintesa bahan berbasis Fe/Si untuk membuat sensor magnetik pada ketebalan orde nanometer sehingga diperoleh bahan *Giant Magneto-resistance* (GMR). Teknik nuklir seperti pemanfaatan berkas ion juga diterapkan untuk dapat membuat nanogranular magnetik pada bahan Fe/SiO<sub>2</sub> maupun Fe/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Kegiatan tahun 2008 difokuskan pada penguasaan pembuatan nanopartikel Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dan kompositnya untuk keperluan kesehatan maupun lingkungan.

Adapun hasil-hasil konkrit dari kegiatan penelitian tersebut adalah sebagai berikut.

*Bonded Magnet MQ-PO*

Melalui program penelitian tahunan dan dipertajam melalui RUK dari KNRT telah berhasil dibuat berbagai bentuk komponen

*bonded magnet* dalam skala laboratorium dengan karakteristik seperti ditampilkan pada Tabel 2. Beberapa hasil fabrikasi bahan Bonded Magnet berbasis pasir besi skala laboratorium dapat dilihat pada Gambar 4 .

*Pembuatan Bahan Ferrit dari Limbah Pabrik Baja*

Optimalisasi SDA lokal serta pemanfaatan limbah dari pabrik baja, berhasil dibuat Barium Hexa Ferrite dengan karakteristik seperti ditampilkan pada Tabel 3. Sedangkan Gambar 5 menggambarkan bahan magnet hasil sintesa limbah pabrik baja Krakatau Steel.

*Aplikasi Motor Kecil*

Melalui program RUK-KNRT, uji kinerja komponen bonded magnet pada motor kecil telah berfungsi dengan baik. Sebagai contoh dengan tegangan 4 Volt diperoleh putaran jangkar sekitar 24000 rpm. Contoh aplikasi seperti pada Gambar 6.

*Multilayer GMR*

Bahan GMR Multilayer Fe/Si pada skala nano meter dengan nilai rasio GMR

**Tabel 2** . Karakteristik Bahan Bonded Magnet Berbasis Pasir Besi Lokal

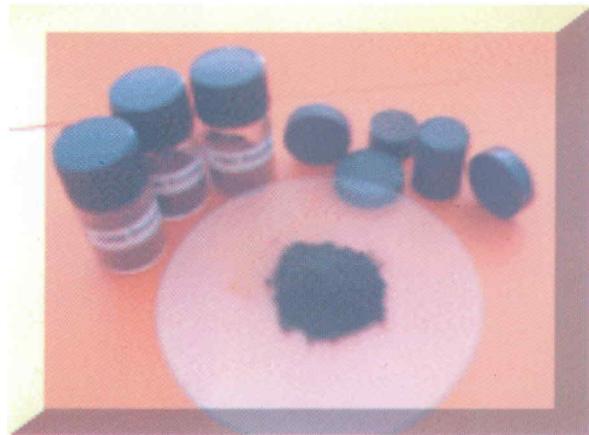
Cuplikan	Rapat jenis (gr/cm <sup>3</sup> )	Karakteristik Magnet Komposit		
		Br (kG)	Hc (kOe)	BHmax (MGOe)
EPO 40/60	2.6035	2.11	1.97	1.058
EPO 50/50	3.9094	3.55	3.08	2.745
EPO 60/40	4.8534	4.60	3.81	4.265
PE 40/60	3.3539	2.49	2.18	1.368
PE 50/50	4.7330	4.06	3.04	3.469
PE 60/40	4.8235	4.57	3.80	4.346



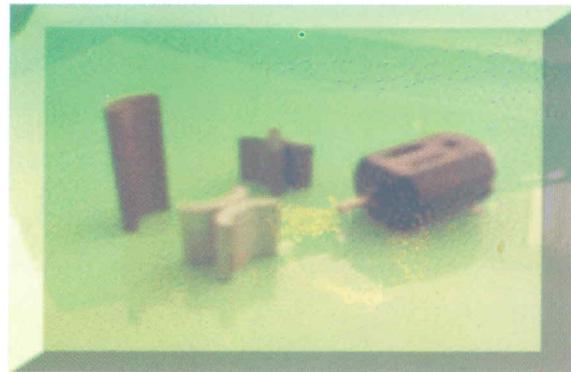
**Gambar 4.** Beberapa hasil fabrikasi skala laboratorium bahan *Bonded Magnet* berbasis Pasir Besi

**Tabel 3** . Karakteristik Bahan Magnet Hexa Ferrite

Cuplikan	P (g/cm <sup>3</sup> )	Br (kG)	Hc (kOe)	Hci (kOe)	Bhmax (MGOe)
HSM	4.8519	2.39	1.89	2.85	1.141
CRM-Barit	4.2938	1.78	1.51	2.95	0.674
PBA	3.8350	1.50	1.13	1.57	0.457
CRM	5.0507	2.34	1.94	3.88	1.136
LK	4.3119	1.48	1.06	1.53	0.430
Komersil	4.7112	2.43	1.67	2.00	1.142



**Gambar 5.** Bahan magnet Hexa ferrite hasil sintesa



**Gambar 6** . Contoh aplikasi bahan bonded magnet

0.22 % pada suhu ruang adalah hasil kolaborasi riset antara P3IB (sekarang PTBIN) khususnya Bidang Karakterisasi dan Analisis Nuklir–BATAN dengan *National Institute of Industrial Science and Technology*, Tsukuba Jepang. Pada Gambar 7 dapat dilihat bahan sensor magnetik GMR dimaksud. *Magnetik Nanopartikel Untuk Contrast MRI*

Pembuatan nanopartikel magnetik dapat dilakukan dengan proses presipitasi maupun metoda emulsi seperti terlihat pada Gambar 8.

*Nanokomposit Magnet-Clay Sebagai Penyerap Kontaminan*

Teknologi magnet memberi solusi alternatif dalam pengolahan limbah cair yang

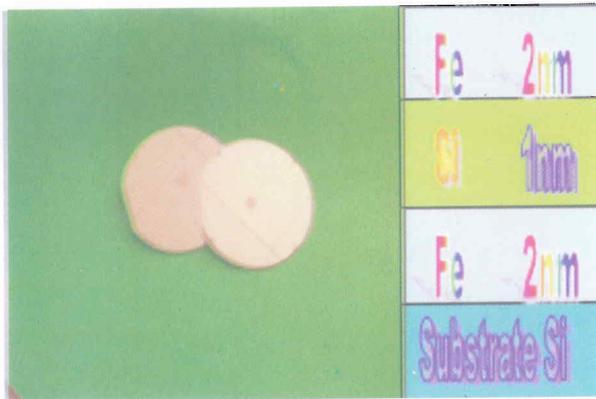
sederhana dan murah dengan memanfaatkan Bentonit atau karbon aktif sebagai penyerap kontaminan. Nanopartikel feromagnetik yang terinkalasi atau tercangkok

pada absorben digunakan sebagai pengumpul nanokomposit dengan instrumentasi magnet.

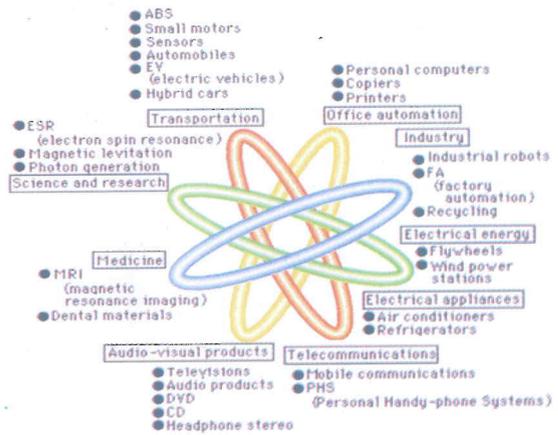
**INDUSTRI YANG POTENSIAL UNTUK DIKEMBANGKAN**

Belajar dari pengalaman aplikasi industri komponen magnet dari Jepang, industri yang potensial dapat dikembangkan dan didukung oleh potensi bahan magnet antara lain adalah :

- Industri Transportasi/Otomotif
- Industri Otomatisasi perkantoran
- Industri Kesehatan
- Industri Telekomunikasi



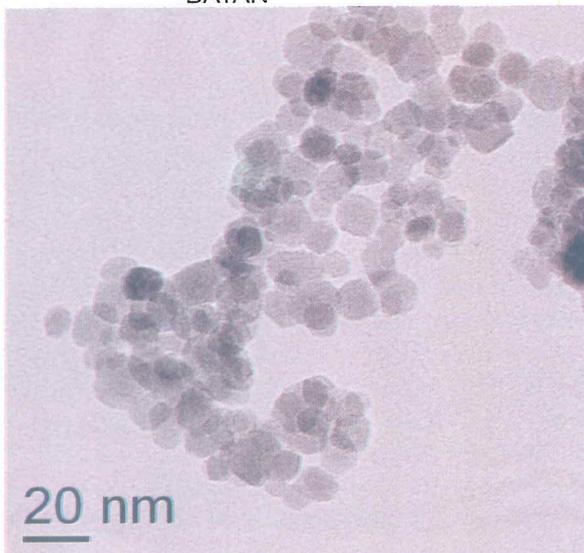
**Gambar 7.** Bahan Sensor Magnetik GMR Berbasis Fe/Si dengan teknologi Nano



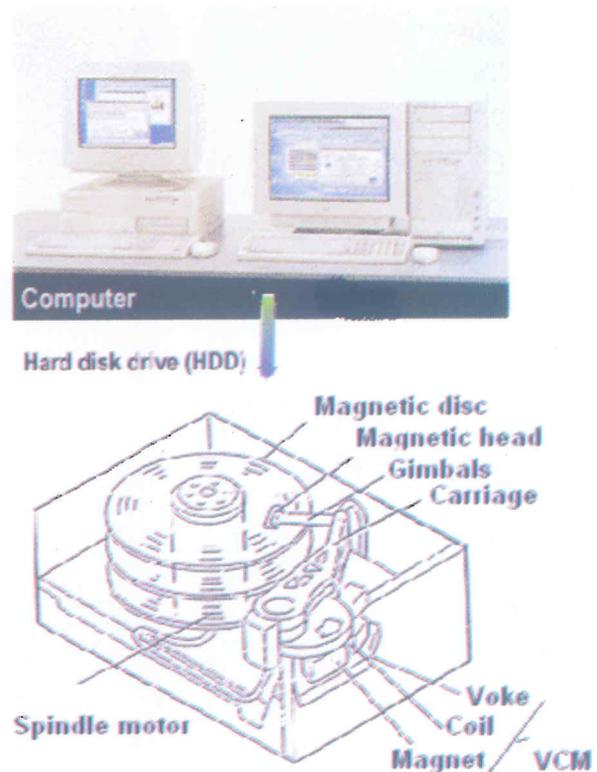
**Gambar 10 .** Potensi aplikasi bahan magnet (Sumber Sumitomo Industry)



**Gambar 8.** Proses Presipitasi, emulsi serta peralatannya untuk membuat nanopartikel magnet di PTBIN - BATAN



**Gambar 9 .** Citra TEM dari cuplikan Nanopartikel Magnetik Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> untuk bahan kontras MRI dibuat dengan proses presipitasi



**Gambar 11.** Aplikasi Bahan Magnet pada Sistem Komputer (Harddisk)