

## REKAYASA PROSES IRON SOFT MAGNETIC MELALUI *MECHANICAL ALLOYING POWDER METALURGY* BERBASIS SERBUK BESI LOKAL

Murjito

Staf Pengajar Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik  
Universitas Muhammadiyah Malang  
Email: moerjit@gmail.com, murjito@umm.ac.id

### ABSTRACT

*Soft magnetic materials is a phenomenon that is interesting and unique, this uniqueness needs to be studied more deeply. Soft magnetic material (magnetic ferro) has been known since hundreds of years ago, but until now this process is still the process of making traditional process that is commonly used casting process. Casting process is still much to experience weaknesses and limitations, namely, melting energy is so high that no efficient, long process, the results can not be maximal, low dimensional accuracy, there is still further processes, and limited to certain elements, so that when it wants to make magnetic alloy of various elements or particles are still difficulties.*

*To seek alternative production process of soft magnetic materials it is necessary to a solution or process engineering, on this occasion the researchers manipulate the process of soft magnetic material is iron with powder metalurgy mechanical alloying, in order to obtain the good soft magnetic iron and has high accuracy.*

*In this study, researchers make the engineering process of soft magnetic iron production by mechanical alloying process based yan powder metalurgy local iron sands. Basis that the use of local sand backdrop of the results of the data that we can from raw materials and foundry industries penunjangsebagian materials are still imported. The ingredients are 100% pengadaanya still relies imported iron ore and materials are alloys (Alloy).*

*The purpose of the study is the reverse process of soft magnetic iron by mechanical alloying of powder metalurgy process so that we will know the characteristics thermadinamika properties and mechanical properties of materials at various particle sizes up to the size of the micro / nano powder.*

*Key word : soft magnetic materials, process engineering, mechanical alloying powder metalurgy*

---

### PENDAHULUAN

Material soft magnetik adalah sebuah fenomena yang menarik dan unik, keunikan inilah perlu kita kaji lebih dalam. Material soft magnetik (ferro magnetic) sudah terkenal sejak ratusan tahun yang lalu, tetapi proses ini sampai sekarang proses pembuatannya masih dengan proses tradisional yaitu umumnya menggunakan proses pengecoran. Dimana logam cair dituangkan ke dalam cetakan kemudian dibiarkan mendingin dan membeku.

Tetapi proses pengecoran masih banyak mengalami kelemahan-kelemahan dan

keterbatasan yaitu, energi peleburan sangat tinggi sehingga tidak efisien, proses lama, hasil tidak bisa maksimal, keakuratan dimensi rendah, masih ada proses selanjutnya, dan terbatas pada unsur-unsur tertentu, sehingga ketika menginginkan untuk membuat magnetic paduan dari berbagai unsur atau partikel masih kesulitan.

Untuk mencari alternatif proses produksi material soft magnetic maka perlu suatu solusi atau rekayasa proses, pada kesempatan ini peneliti merekayasa proses pembuatan material *iron soft magnetik* ini dengan *mechanical alloying powder metalurgy*, agar didapat kan iron soft

magnetic yang baik dan mempunyai keakuratan yang tinggi.

Didalam penelitian ini peneliti membuat rekayasa proses produksi *iron soft magnetic* dengan proses *mechanical alloying powder metalurgy* yang berbasis pasir besi lokal. Basis penggunaan pasir lokal dilatarbelakangi bahwa dari hasil data yang kita dapat dari industri pengecoran bahan baku dan bahan penunjang sebagian besar masih diimpor. Bahan-bahan yang 100% pengadaanya masih bergantung diimpor adalah bijih besi dan bahan paduannya (*Alloy*), sedangkan scrap sebagai dipasok dalam negeri. Di lain pihak, Indonesia mempunyai potensi yang besar akan bahan tambang yang diperlukan untuk pembuatan baja seperti; bijih besi, bijih mangan, bijih krom, pasir besi dll, yang justru di ekspor ke luar.

Yang dilakukan pada penelitian ini adalah merencanakan proses *iron soft magnetic* dengan proses *mechanical alloying powder metalurgy* sehingga akan kita ketahui karakteristik sifat termodinamika dan sifat mekanis material pada berbagai ukuran partikel hingga ukuran *micro/nano powder*. Penelitian ini akan dilakukan dalam 3 tahap yaitu: **Tahap pertama**, memformulasikan serbuk iron dan serbuk pasir besi lokal dari berbagai ukuran partikel terhadap sifat magnetic .

### Tujuan Khusus

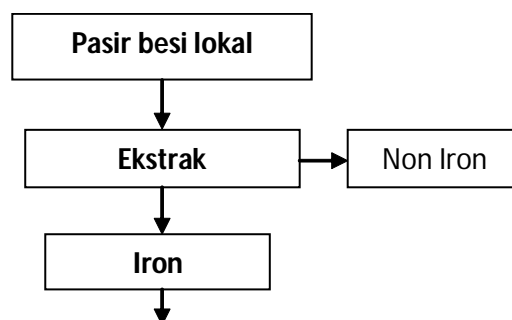
Pada penelitian rekayasa proses *iron soft Magnetic* melalui *mechanical alloying powder metalurgy* berbasis pasir besi lokal mempunyai maksud dan tujuan sebagai berikut:

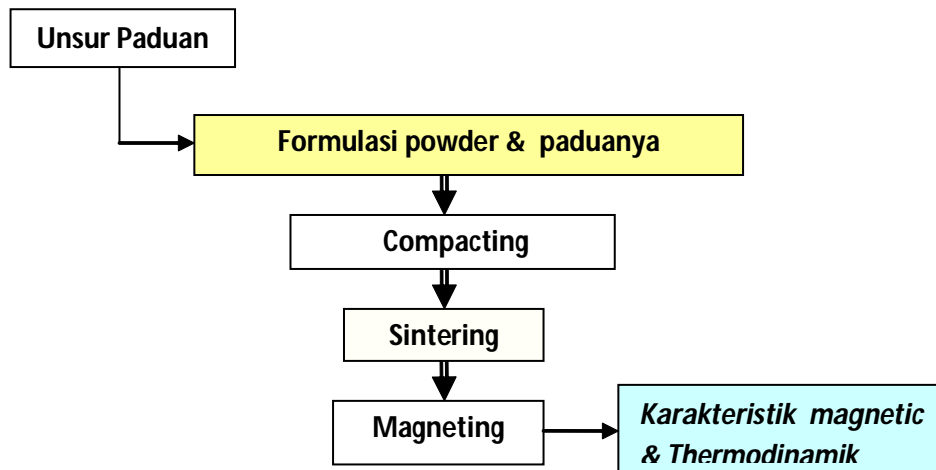
1. Mendapat alternatif proses material iron soft magnetik yang lebih efisien dan mempunyai akurasi dimensi tinggi
2. Menganalisa formulasi serbuk iron dan paduannya terhadap sifat magnetik dan karakteristik termodinamik material pada variasi ukuran partikel
3. Mendapatkan karakteristik mekanik dan sifat magnetik hasil *alloying powder metalurgy* terhadap *holding time* .
4. Mendapatkan karakteristik mekanik, dan termodinamik hasil *Alloying Powder Metalurgy* terhadap tekanan kompaksi.

### METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini tahun pertama adalah untuk memperoleh Bentuk Produk atau *definitive layout* dari proses pembuatan *iron soft magnetic* , yang ringkas berpenampilan menarik, dan ergonomis. Disain Bentuk Produk yang dimaksud adalah berupa memformulasikan serbuk iron dan serbuk pasir besi lokal hasil ekstrak dari berbagai ukuran partikel terhadap sifat magnetik dan termodinamik material. Penelitian tahun pertama ini dilakukan dalam 2 fase utama yang tujuan tiap fase adalah

- a. Memperoleh Spesifikasi produk yang dimuat dalam suatu daftar persyaratan teknis, yaitu mengekstrak pasir besi untuk memilah partikel-partikel iron dan unsur lainnya yang tidak berfungsi.
- b. Memperoleh Konsep produk serbuk yang sesuai dengan persyaratan teknis *Alloying Powder Metalurgy* sebagai solusi rekayasa proses material *iron soft magnetic*.

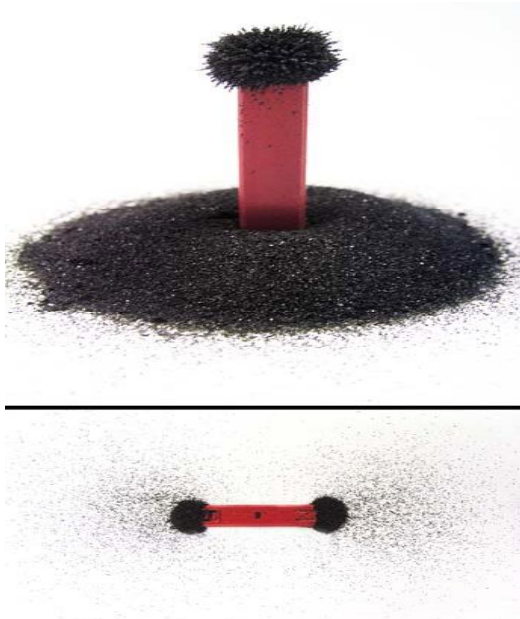




Gambar 1. Aturan Proses Iron Soft Magnetic

### Alat dan Bahan

#### Bahan



Gambar 2. *Magnetic sand iron*

- Oksidasi magnetit yang telah lolos saring 300 mesh.
- Stronsium Karbonat ( $\text{SrCO}_3$ )
- Poly Vinil Alkohol (PVA)

#### Alat

- Timbangan digital 4 digit



Gambar 3. *Timbangan digital*

- Thermolyne furnance high temperature 46100, digunakan untuk mengkalsinasi sampai dengan temperatur 1200 oC dan untuk mensinter sampai dengan 1250 oC.
- Saringan 300 mesh



Gambar 4. *Mesin Ayak/saringan*

- d. Hydraulic press cap 16 ton, Ram Dia 100 mm, dengan kapasitas 16 ton yang digunakan untuk mengepress bahan-bahan sampai dengan tekanan 3 ton.



Gambar 5.. *Alat Kompaksi*

- e. Oven, digunakan untuk mengeringkan sample yang basah.



Gambar 6. *Masin Oven*

- f. Ball milling, digunakan untuk menghaluskan dan atau meratakan campuran bahan.  
g. Magnet-Physic Dr. Steingroever GmbH Permagraph C yang, digunakan sebagai alat karakterisasi intensitas magnetik dari Stronsium Ferit.

## Langkah Kerja

### Proses Pembuatan Serbuk Magnetik

Bahan yang disiapkan berupa magnetit diperoleh dari pantai Selatan Malang yang sudah mengalami proses pemurnian. Untuk proses pembuatan serbuk magnetik dari pasir

besi ini, tahapan-tahapan yang dilakukan adalah:

- pencucian magnetit secara manual
- ekstraksi manual magnetit dari bahan asli (pasir besi)
- penggerusan magnetit dengan Ball milling
- pengayakan/ penyaringan menggunakan ayakan 300 mesh
- oksidasi dengan suhu 800 o C

### Proses Pembuatan Stronsium Ferit

Bahan baku yang digunakan berupa serbuk yaitu hematit ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) hasil dari pengolahan pasir besi melalui proses oksidasi pada temperatur 800 oC dan Stronsium Karbonat ( $\text{SrCO}_3$ ) berstandar proanalisis produk merk yang dijual bebas di pasaran. Pembuatan Stronsium Ferit dilakukan dengan metode serbuk, artinya bahan baku yang digunakan berupa serbuk.

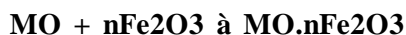
Pencampuran bahan dilakukan dengan perbandingan tertentu (blending). Walaupun rumus umum ferit keras adalah  $\text{MO} \cdot n\text{Fe}_2\text{O}_3$  dengan  $n = 6$ , dalam praktek angka tersebut bervariasi tergantung dari bahan dan perusahaan pembuatnya, umumnya berkisar  $n = 6 \pm 0,5$ , dalam hal ini akan dibuat sampel dengan nilai  $n = 5,6$  dua buah (A & B). Hal ini dilakukan untuk membandingkan dan mencari nilai terbaik dari keduanya. Sedangkan perbandingan molekul  $\text{MO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$  ditetapkan  $\text{SrO} \cdot 5,6\text{Fe}_2\text{O}_3$ .

Pencampuran dilakukan dengan menggiling secara basah, hal ini dikarenakan untuk menghindari penempelan dan memadatinya bahan pada dinding dan bola-bola penggiling yang bisa menyebabkan proses penggilingan tidak efektif. Proses ini dilakukan selama 5 jam dalam Ball milling ditambah alkohol dengan massa 60 % dari bahan padatan yang digiling. Hasil penggilingan diendapkan dan dikeringkan.

Pengeringan dilakukan dengan menggunakan oven pada temperatur 110 oC selama 60 menit, hal ini bertujuan untuk

menghilangkan alkohol yang masih ada. Sampel yang telah kering kemudian disaring 300 mesh. Tahap berikutnya adalah kalsinasi.

Kalsinasi dimaksudkan untuk memulai proses pembentukan ferit :



Kalsinasi juga akan mengurangi penyusutan bahan/ hasil cetak pada proses sintering, sehingga lebih memudahkan control dimensi akhir. Pada proses kalsinasi, sampel ditempatkan pada cawan khusus kemudian dimasukkan ke Thermolyne furnace high temperature 46100. Kalsinasi dilakukan pada temperatur 1200 °C selama 180 menit, sebelum mencapai temperatur 1200 °C, lebih dahulu ditahan pada temperatur 800 °C selama 30 menit.

Hasil kalsinasi digerus kasar dengan mortar dengan ditambahkan zat aditif CaO dan SiO<sub>2</sub>. Zat aditif tersebut berfungsi untuk menghambat tumbuhnya domain-domain yang membesar. Selanjutnya sampel digiling dalam keadaan basah dengan Ball milling selama 16 jam. Kemudian hasil pengilingan dikeringkan dan disaring 300 mesh. Setelah itu, ditambahkan PVA 0,6 % dari jumlah keseluruhan sebagai perekat. Kemudian sampel dicetak dengan Hydraulic press.

Tahap selanjutnya adalah sintering dengan suhu 1200 °C selama 1 jam. Sebagai tahap finishing, sampel hasil sintering dipoles dengan cara diampas dengan amplas 800 cc dan 1000 cc.

## HASIL DAN PEMBAHAAN

### Diskripsi Penelitian

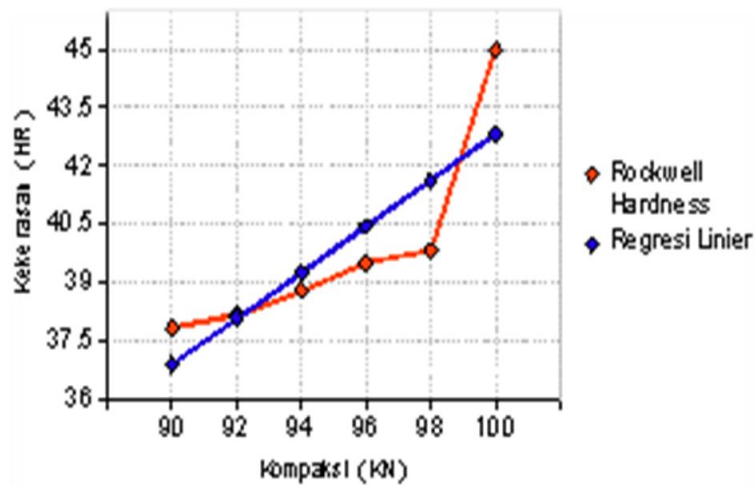
Didalam penelitian ini peneliti membuat rekayasa proses produksi *iron soft magnetic* dengan proses *mechanical alloying powder metalurgy* yang berbasis pasir besi lokal. Basis penggunaan pasir lokal dilatarbelakangi bahwa dari hasil data yang kita dapat dari industri pengecoran bahan baku dan bahan penunjang sebagian besar masih diimpor.

Bahan-bahan yang 100% pengadaanya masih bergantung diimpor adalah bijih besi dan bahan paduannya (*Alloy*), sedangkan scrap sebagian dipasok dalam negeri. Di lain pihak, Indonesia mempunyai potensi yang besar akan bahan tambang yang diperlukan untuk pembuatan baja seperti; bijih besi, bijih mangan, bijih krom, pasir besi dll, yang justru di ekspor ke luar.

Yang dilakukan pada penelitian ini adalah merekayasa proses iron soft magnetic dengan proses mechanical alloying powder metalurgy sehingga akan kita ketahui karakteristik sifat thermadinamika dan sifat mekanis material pada berbagai ukuran partikel hingga ukuran micro/nano powder.

Dari hasil penelitian yang menggunakan pola dengan memformulasikan perlakuan panas dan tekanan kompaksi yang diberikan pada serbuk gram besi akan didapatkan kemampuan yang maksimal antara masing-masing serbuk besi serta didapatkan kekerasan yang semakin baik atau kekerasannya tinggi pula pada specimen dengan akan mengubah susunan struktur kristal yang berpeluang berubah-ubah untuk mendapatkan performe baja yang lebih baik.

Serbuk besi dan serbuk pasir lokal mempunyai ukuran 300 mesh dicampur selama 30 menit. Jumlah serbuk ditambahkan adalah 25%, 50%, dan 75% berat. Serbuk yang telah diayak dan dicampur kemudian dimasukkan kedalam cetakan (dies) yang telah dilapisi oleh pelumas zinc stearate pada dinding cetakannya kemudian dikompaksi secara single action pressing dengan tekanan sebesar 90, 92, 94, 96, 98, dan 100 KN sehingga diperoleh sampel berbentuk tablet. Temperatur sinter 1200 °C selama 30, 60, dan 90 menit kemudian dilakukan pendinginan dapur dan dilakukan uji kekerasan Vickers.



Gambar 7. Grafik Pengaruh tekanan kompaksi dan sifat mekanik bahan

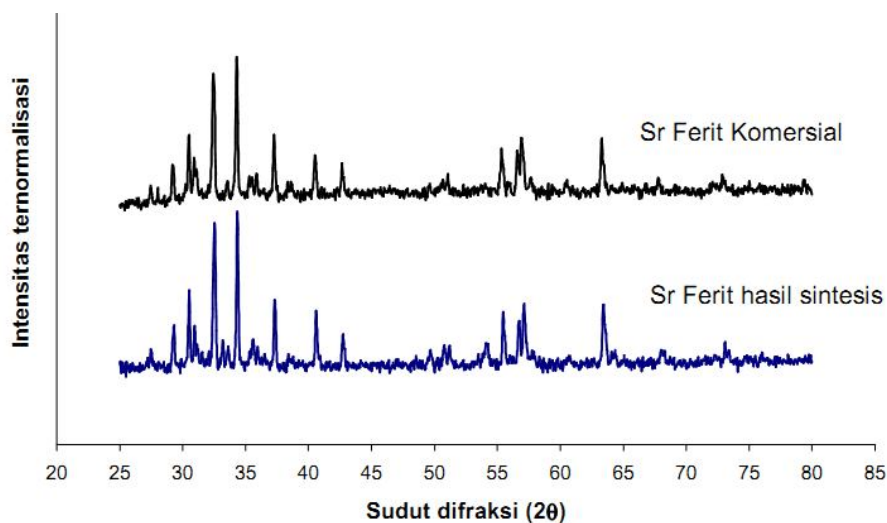
asil cetak disinter pada temperatur 1200 oC selama 60 menit, dengan terlebih dahulu ditahan pada temperatur 800 oC selama 30 menit. Proses sintering bertujuan sisa oksida yang belum sempat bereaksi saat kalsinasi berlanjut pada tahap ini menjadi ferit, disertai proses pengikatan diantara butiran membentuk massa padat dan keras seperti keramik. Holding Time pada temperatur 1200 oC bertujuan untuk menghilangkan PVA. Selanjutnya bahan yang telah menjadi pelet berbentuk pil dipoles permukaannya dengan amplas agar permukaan pelet lebih halus dan rata.

Tahap terakhir, sampel (A dan B) Stronsium Ferit dimagnetisasi dan dikarakterisasi induksi remanen (Br), koersivitas (Hc) dan energi produk maksimal (BH) maks-nya. Untuk mengetahui kualitas

Stronsium Ferit yang dihasilkan, hasil karakterisasi struktur dan sifat kemagnetan

### Karakterisasi Hasil Penelitian

Analisis Struktur kristal (Difraksi Sinar-X) Struktur kristal serbuk hasil kalsinasi dianalisis dengan menggunakan metode difraksi sinar-X. Gambar 10 menunjukkan difraktogram sinar X serbuk Stronsium Ferit hasil sintesis pasir besi serta serbuk sejenis produk komersial. Pada gambar tersebut tampak bahwa serbuk hasil sintesis memiliki spektrum puncak-puncak difraksi yang sama dengan serbuk produk komersial, misalnya ditunjukkan oleh empat puncak tertinggi yaitu pada sudut-sudut 30,50; 32,50; 34,350; dan 37,350.



Gambar 8. Grafik perbandingan sampel A dengan produk komersial



Berdasar hasil karakterisasi dengan metode XRD tersebut dapat disimpulkan bahwa setelah proses kalsinasi, hematit ( $\alpha$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) dalam sampel dan ferit (keseluruhan sampel) telah terbentuk mendekati acuan (produk komersial). Dengan kata lain, sampel Stronsium Ferit hasil sintesis pasir besi mempunyai karakteristik yang sama dengan produk komersial.

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Berdasarkan hasil-hasil yang telah diperoleh dan dibahas di muka dapat diambil beberapa kesimpulan, yaitu:

1. Serbuk Ferit hasil penelitian mempunyai karakter magnetik yang telah dapat digolongkan sebagai magnet permanen atau magnet keras (*hard magnet*), namun belum bisa menyamai produk komersial
2. Proses sintesis dalam penelitian ini telah berhasil mengolah pasir besi menjadi serbuk Stronsium Ferit (SrO.5,6Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>). Sudut-sudut difraksi yang terdapat pada difraktogram sinar X menunjukkan bahwa serbuk ferit hasil sintesis bersesuaian dengan produk komersial.
3. Sifat magnetik yang masih belum menyamai produk komersial menunjukkan bahwa meskipun struktur kristal serbuk hasil sintesis telah sesuai dengan produk komersial, namun sifat magnetik produk akhirnya sangat bergantung pada berbagai proses pasca kalsinasi.

### Saran

Saran pada penelitian ini adalah:

1. Kemurnian paduan magnet besi- pasir lokal perlu ditingkatkan sampai 99%

untuk memperoleh nilai induksi remanen dan kekerasan yang optimal.

2. Adanya unsur nonmagnetik pada paduan magnet besi-pasir lokal sehingga paduan ini bersifat paramagnetik. Untuk menghilangkan unsur nonmagnetik perlu dilakukan anil hidrogen

## DAFTAR PUSTAKA

- Cullity, B.D. 1972. *Introduction to Magnetic Material*. Canada: Addison-Wesley Publishing Company Inc.
- Dedi, N. Idayanti, S. Djaja. 2002. *Pembuatan Magnet Barrium Stronsium Ferit Untuk Motor DC mini*, Jurnal Fisika HFI vol.A5 No.0526. Tangerang: Himpunan Fisika Indonesia.
- Dunlop, J David and Ozdemir, Ozden. 1997. *Rock Magnetism*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Goldman, A. 1990. *Modern Ferrite Technology*. New York: Van Nostrand Reinhold.
- Idayanti, N dan Dedi. 2002. *Pembuatan Magnet Permanen Ferit untuk Flow meter*, Jurnal Fisika HFI vol.A5 No.0528. Tangerang: Himpunan Fisika Indonesia.
- Idayanti, N, Dedi dan S. Djaja. 2002. *Proses Sintering dalam Pembuatan Magnet Permanen untuk meteran air*, Jurnal Sains Materi Indonesia vol.3 No.2. Tangerang: Pusat Penelitian dan Pengembangan Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Bahan BATAN.
- Jiles, David. 1996. *Introduction to Magnetism and Magnetic Materials*. London: Chapman & Hall.
- Kraus, J.D. 1970. *Listrik Magnet*. Terjemahan T. Simandjutak. 1970. Bandung: Alumni Bandung.

- Prihatin, Sujito. 2005. *Pembuatan Serbuk Barium Ferit (BaO.6Fe2O3) Dengan Bahan Dasar Pasir Besi Pantai Bayuran Kabupaten Jepara Jawa Tengah dan Karakterisasi Sifat Magnetik*. Skripsi. Jurusan Fisika FMIPA UNNES: Semarang.
- Surya, Y dan Ananta, S. 1986. *Fisika 3 SMA*. Klaten: Intan Pariwara. Sutrisno and Tan Ik Gie. 1983. *Fisika dasar*. Bandung: ITB.
- Thompson, J. E., 1968. *The Magnetic Properties of Materials*. The Hamlyn Publishing Group Ltd.
- Vlack, L. H. V. 1994. *Ilmu dan Teknologi Bahan (Ilmu Logam dan Bukan Logam) Edisi Kelima*. Terjemahan Sriati Djaprie. Erlangga: Jakarta.
- Yulianto. 2002. *Studi Prelimier Mineral Magnetik (Tinjauan Kasus di Jawa Tengah)*, Makalah diseminarkan di Laboratorium Kemagnetan Bahan Jurusan Fisika UNNES.
- C. Zhou, “Synthesis and Device Applications of Massively Aligned Single-Walled Carbon Nanotubes” *University of Southern California, US, 2006*
- J.-M. Francès, V. Hantin and S. Schneider , “Nanoparticles in Cationic Radiation Curable Silicones : Examples in Nanocomposites, Hard-Coatings and Conformal Coatings,” *UV, 2007*
- I.A. Mowat, J. Moskito, I Ward and A. Hartzell,” Analytical Methods for Nanotechnology,” *Evans Analytical Group, US, 2007*
- S. Minko , “Design and Fabrication of Nanopatterned Polymer Brushes with Applications as Switchable Microfluidics Gates”, *Clarkson University, US, 2007*
- Sunday May, “ **Advanced Nanoscale Simulation: Atoms, Materials and Devices**, “ Santa Clara, California, 2007
- Santa Clara , “ Carbon Nano Tubes: Fundamentals and Applications, “ California, 2007
- Y.L. Foo, M. Lin, J.P.Y. Tan, C.B. Boothroyd and E.S. Tok**, “irect observation of carbon nanostructures growth using in-situ ultrahigh vacuum transmission electron microscopy, *Institute of Materials Research and Engineering, SG, 2007*
- Grandien Hartley, 1986**, “Fundamental of the Element Methode Finited”, Machimilian Publishing Company a Division of Mac, Inc, New York, London.
- Nurul Taufiqu Rochman, Ketua Masyarakat Nanoteknologi Indonesia LIPI Revolusi Indonesia dengan Nano, [www.jurnalnasional.com](http://www.jurnalnasional.com)