

PENGARUH VARIASI TEMPERATUR TERHADAP BENTUK BULIR MINERAL MAGNETIK PASIR BESI

Fakhrur Rozi, Arif Budiman

Jurusan Fisika Universitas Andalas, Limau Manis, Padang 25163

E-mail: fakhrur_058@yahoo.com

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian tentang pengaruh variasi temperatur terhadap bentuk bulir dari mineral magnetik pasir besi Pantai Sunur Kota Pariaman menggunakan metode Anisotropy of Magnetic Susceptibility (AMS). Variasi temperatur pada mineral magnetik yaitu temperatur kamar (25°C), 100°C, 200°C, 300°C, 400°C dan 500°C. Dari perhitungan, komposisi mineral magnetik dari pasir besi diketahui bahwa pasir besi mengandung mineral magnetik yang tidak terlalu besar yaitu sebesar 60,8%. Dari perhitungan, nilai suseptibilitas magnetik untuk semua sampel berkisar dari $2116,7 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg}$ sampai dengan $2523,1 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg}$. Hasil ini menunjukkan bahwa mineral magnetik pasir besi didominasi oleh ilmenit. Nilai faktor bentuk mineral magnetik awal diperoleh 0,77. Hasil ini menunjukkan bahwa bentuk bulir mineral magnetik adalah prolate. Setelah diberikan variasi temperatur, bentuk bulir mineral magnetik menuju berbentuk bola sampai 300°C, akan tetapi kembali menuju berbentuk prolate untuk temperatur di atas 300°C.

Kata Kunci : pasir besi, mineral magnetik, suseptibilitas, dan bentuk bulir.

ABSTRACT

The research to determine the effects of temperature variations on the shape of grains of magnetic minerals of iron sands from Sunur Beach Pariaman using Anisotropy of Magnetic Susceptibility (AMS) method has been conducted. Temperature variations in magnetic mineral are room temperature (25°C), 100°C, 200°C, 300°C, 400°C and 500°C. From the calculation, the magnetic minerals composition of iron sand contains not large enough magnetic minerals about 60.8% and magnetic susceptibility for all samples ranged from $2116.7 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg}$ to $2523.1 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg}$. These results indicate that iron sand magnetic minerals are dominated by ilmenite. The initial value of the shape factor of magnetic minerals is 0.77. These results indicate that the shape of grains of magnetic mineral is prolate. After a given temperature variation, the shape of grains of magnetic minerals becomes more spherical until 300°C, but it will be more prolate for the temperature above 300°C.

Keyword : iron sand, magnetic mineral, susceptibility, and shape of grains.

I. PENDAHULUAN

Pasir besi sebagai salah satu bahan utama dalam industri baja dan industri alat berat di Indonesia, keberadaannya akhir-akhir ini memiliki peranan yang sangat penting. Potensi dan sebaran pasir besi di Indonesia banyak dijumpai di berbagai daerah seperti: Pantai Barat Sumatra, Pantai Selatan Jawa, Kalimantan, Sulawesi, Nusa Tenggara dan Kepulauan Maluku, namun sejauh ini kegiatan eksplorasi berkaitan dengan endapan pasir besi belum dilakukan secara menyeluruh dan sistematis (Aji, 2008).

Dalam industri, sangat dibutuhkan bahan yang memiliki magnetisasi bagus, dimana mineral magnetik yang digunakan lebih bersifat isotropi, yaitu memiliki kecenderungan nilai suseptibilitas magnetik konstan atau berupa skalar. Suseptibilitas magnet adalah kerentanan suatu material bisa bersifat magnet dalam medan magnet eksternal. Akan tetapi pada kebanyakan sampel batuan, suseptibilitas batuan bersifat anisotropi secara magnetik yang lebih dikenal dengan Anisotropic of Magnetic Susceptibility (AMS).

AMS dinyatakan sebagai besaran tensor rank-2 dengan sembilan komponen yang bersifat simetri dan digambarkan dalam bentuk elipsoida dengan tiga sumbu utama (Tarling dan Hrouda, 1993). Elipsoida ini representasi dari bentuk bulir magnetik. Ketiga sumbu utama elipsoida merupakan swanilai-swanilai (eigenvalues) dari komponen tensor. Perbedaan swanilai tersebut yang menentukan perbedaan bentuk elipsoida. Jika besar ketiga swanilai mendekati sama, maka bentuk bulir mendekati bentuk bola. Bulir-bulir magnetik dengan bentuk demikian paling mudah dimagnetisasi, sehingga mineral magnetiknya akan semakin isotropi.

Di samping itu, AMS merupakan fungsi dari temperatur. Maksudnya, atom atom dalam suatu kristal senantiasa bergetar, sedangkan kenaikan temperatur menyebabkan getaran semakin hebat, maka semakin tinggi temperatur semakin acak orientasi magnet elementer atau dipol magnetiknya (Zemansky dan Dittman, 1986). Gerakan acak ini akan berpengaruh terhadap bentuk bulir dimana dipol magnetik berada. Dengan melakukan pemanasan terhadap sampel diharapkan sampel dapat bersifat lebih isotropi.

II. METODE

Pada penelitian ini bahan yang digunakan adalah pasir besi yang berasal dari Pantai Sunur, Kota Pariaman. Bahan lain yang dipakai dalam penelitian ini anatara lain: silicont glass sealant dan plasticine. Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah Bartington MS2 Magnetic Susceptibility Meter, Sensor MS2B, Furnace, magnet permanen dan software MATLAB R2012B.

2.1 Pengukuran Kandungan Mineral Magnetik pada Pasir Besi

Dalam pengukuran kandungan mineral magnetik ini digunakan 10 g pasir besi. Pengukuran ini bertujuan untuk mengetahui komposisi mineral magnetik yang terkandung di dalam pasir besi. Pengukuran ini dilakukan dengan cara mendekatkan magnet permanen pada pasir besi. Pasir besi yang menempel pada magnet permanen tersebut yang merupakan mineral magnetik dari pasir besi. Persentase mineral magnetik dapat dihitung menggunakan Persamaan 1.

$$MM (\%) = \frac{\text{massa mineral magnetik}}{\text{massa total}} \times 100 \% \tag{1}$$

2.2 Pemanasan Pasir Besi

Pada tahap ini, sampel dibagi menjadi enam kelompok sampel, yaitu sampel yang tidak dipanaskan (25°C), sampel yang dipanaskan dengan temperatur 100°C, 200°C, 300°C, 400°C dan 500°C selama 1 jam. Masing-masing kelompok terdiri dari lima sampel, karena pada masing-masing kelompok sampel dilakukan 5 kali pengukuran nilai suseptibilitas.

2.3 Pengukuran Nilai Suseptibilitas Pasir Besi

Pengukuran nilai suseptibilitas ini bertujuan untuk mengetahui mineral magnetik yang terkandung di dalam pasir besi. Besar suseptibilitas magnet dari beberapa mineral magnetik dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Suseptibilitas magnetik dari beberapa mineral magnetik (Hunt, 1995).

Mineral	Densitas ρ (10^3 kg m^{-3})	Suseptibilitas Volum κ (10^{-6} SI)	Suseptibilitas Massa χ ($10^{-8} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$)
Hematite	5,26	500-400.000	10-760
Maghemite	4,90	2.000.000-2.500.000	40.000-50.000
Ilmenite	4,72	2.200-3.800.00	46-80.000
Magnetite	5,18	1.000.000-5.700.000	20.000-110.000
Titanomagnetite	4,98	130.000-620.000	2.500-12.000
Titanomaghemite	4,99	2.800.000	57.000
Ulvospinel	4,78	4.800	100

2.4 Pengukuran Bentuk Buir Mineral Magnetik Pasir Besi

Pengukuran ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi temperatur terhadap bentuk bulir mineral magnetik, dimana bentuk bulir mineral magnetik bisa diketahui dari nilai faktor bentuk. Nilai faktor bentuk (T) ini dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 2.

$$T = (\ln F - \ln L) / (\ln F + \ln L) \tag{2}$$

dimana, F dan L ini masing-masing adalah foliasi dan liniasi magnetik dari sampel interpretasi nilai faktor bentuk T ini dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Interpretasi faktor bentuk T (Tarling dan Hrouda, 1993).

$T = -1$	Bentuk elipsoidal suseptibilitas lonjong (<i>prolate</i>) rotasional (hanya liniasi yang meningkat)
$-1 < T < 0$	Bentuk elipsoidal suseptibilitas lonjong (<i>prolate</i>) (liniasi lebih dominan)
$T = 0$	Bentuk elipsoidal suseptibilitas netral (liniasi dan foliasi meningkat dengan derajat yang sama)
$0 < T < 1$	Bentuk elipsoidal suseptibilitas gepeng (<i>oblate</i>) (foliasi lebih dominan)
$T = 1$	Bentuk elipsoidal suseptibilitas gepeng (<i>oblate</i>) rotasional (hanya foliasi yang meningkat)

III. HASIL DAN DISKUSI

3.1 Pengukuran Kandungan Mineral Magnetik pada Pasir Besi

Hasil persentase kandungan mineral magnetik tersebut dapat dilihat pada Tabel 3. Dari Tabel 3, dengan melakukan 3 kali pengukuran kandungan mineral magnetik, dapat dilihat bahwa massa mineral magnetik yang terkandung dalam pasir besi masing-masing pengukuran yaitu 6,04 gr, 6,09 gr dan 6,11 gr dari 10 gr pengujian sampel pasir besi dengan nilai rata-rata 6,08 gr. Dari hasil pengukuran massa mineral magnetik tersebut, diperoleh persentase mineral magnetik yang terkandung pada pasir besi, yaitu sebesar 60,8 %. Menurut Lee, dkk (2009), pasir besi mengandung 88% mineral magnetik dan 12% mineral non-magnetik. Akan tetapi, dari hasil yang didapatkan, terlihat bahwa pasir besi ini mengandung mineral magnetik di bawah 88 %. Hal ini memperlihatkan bahwa pasir besi dari Pantai Sunur tidak mengandung mineral magnetik yang tinggi.

Tabel 3. Komposisi kandungan mineral magnetik dan mineral non-magnetik dari pasir besi.

Pengukuran	Massa mineral magnetik (gr)	Persentase mineral magnetik (%)
1	6,04	60,4
2	6,09	60,9
3	6,11	61,1
Rata-rata	6,08	60,8

3.2 Pengaruh Variasi Temperatur Terhadap Nilai Suseptibilitas

Untuk nilai suseptibilitas dari masing-masing sampel beserta persentase dari Koefisien Keragaman (KK) dari setiap sampel setelah dilakukan perhitungan dapat dilihat pada Tabel 4.

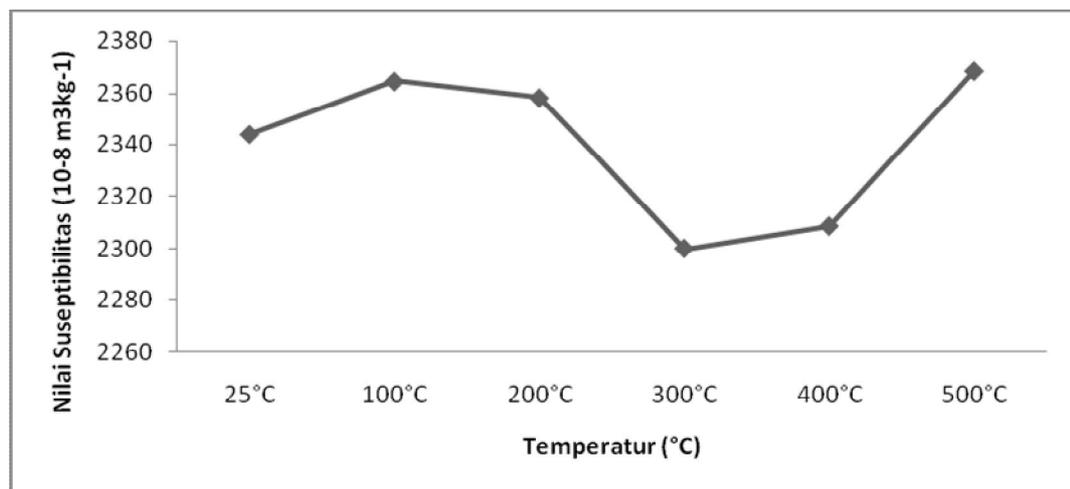
Tabel 4. Hasil perhitungan nilai suseptibilitas masing-masing kelompok sampel.

Pengukuran	Suseptibilitas ($10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg}$)					
	25°C	100°C	200°C	300°C	400°C	500°C
1	2476,3	2309,1	2209,1	2312,8	2200,8	2162,7
2	2461,5	2238,9	2290,8	2445,7	2358,4	2387,7
3	2227,6	2498,6	2375,0	2164,1	2411,5	2483,2
4	2227,3	2318,4	2393,2	2301,4	2116,7	2345,4
5	2327,6	2457,9	2523,1	2275,8	2455,5	2463,9
Rata-rata	2344,06	2364,584	2358,24	2299,96	2308,58	2368,58
KK(%)	5,17	4,68	4,99	4,37	6,24	5,40

Dari data nilai suseptibilitas di atas, masing-masing kelompok sampel mempunyai besar KK yang relatif kecil. Besar KK yang relatif kecil ini memperlihatkan bahwa penyimpangan

data hasil perhitungan nilai suseptibilitas terhadap nilai rata-ratanya tidak terlalu jauh walaupun pengambilan data dilakukan sebanyak lima kali pada masing-masing kelompok sampel.

Dari data nilai suseptibilitas yang telah didapatkan, bisa dilihat bahwa semua sampel mempunyai nilai suseptibilitas yang hampir sama dengan rentang nilai secara keseluruhan berkisar dari $2116,7 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg}$ sampai dengan $2523,1 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg}$. Dengan nilai suseptibilitas tersebut, berdasarkan Tabel 1 bisa diketahui bahwa mineral magnetik yang terkandung secara keseluruhan pada pasir besi adalah ilmenit. Hubungan temperatur dengan nilai suseptibilitas tersebut dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Grafik hubungan temperatur terhadap nilai suseptibilitas.

Dari Gambar 1, terlihat bahwa terjadi fluktuasi nilai suseptibilitas akibat pemanasan sampel. Menurut hipotesis bahwa suseptibilitas sampel yang dipanaskan di atas temperatur kamar akan menyebabkan penurunan nilai suseptibilitas dibandingkan dengan sampel yang tidak dipanaskan. Sampel yang dipanaskan pada temperatur 100°C selama 1 jam dan dibiarkan hingga sampel memiliki temperatur sama dengan temperatur kamar terlihat bahwa nilai suseptibilitasnya lebih tinggi dari pada suseptibilitas sampel yang tidak dipanaskan. Hal ini tidak sesuai dengan hipotesis awal. Peningkatan nilai suseptibilitas ini kemungkinan disebabkan susunan dipol magnetiknya menjadi lebih teratur saat temperatur sampel sama dengan temperatur kamar. Hal ini juga terjadi pada sampel yang dipanaskan pada temperatur 200°C dan sampai 500°C. Untuk sampel yang dipanaskan pada temperatur 300°C terlihat bahwa nilai suseptibilitasnya lebih rendah dari pada suseptibilitas sampel yang tidak dipanaskan. Begitu juga untuk sampel yang dipanaskan pada temperatur 400°C. Nilai suseptibilitas sampel yang dipanaskan pada temperatur 400°C lebih tinggi dibandingkan dengan nilai suseptibilitas sampel yang dipanaskan pada temperatur 300°C. Jika ditinjau secara terpisah, hal ini sesuai dengan hipotesis. Tetapi jika ditinjau secara bersamaan, menurut hipotesis seharusnya sampel yang dipanaskan pada temperatur yang lebih tinggi memiliki nilai suseptibilitas yang lebih rendah. Hal ini juga tidak sesuai dengan hipotesis.

Dari hasil-hasil yang diperoleh di atas, terlihat bahwa jika sampel dipanaskan pada temperatur 100°C, 200°C, 300°C, 400°C dan 500°C terjadi fluktuasi nilai suseptibilitas. Hal ini bertentangan dengan hipotesis. Untuk sampel yang dipanaskan di atas Temperatur Curie akan merubah sifat magnetik bahan dari feromagnetik menjadi paramagnetik (Tipler, 2001). Nilai suseptibilitas feromagnetik lebih besar dibandingkan dengan nilai suseptibilitas paramagnetik, dimana nilai suseptibilitas paramagnetik lebih kecil 100 kali dari pada nilai suseptibilitas feromagnetik (Sunaryo dan Widyawura, 2007). Hal ini menunjukkan bahwa jika dilakukan pemanasan sampel di atas Temperatur Curie akan mengakibatkan penurunan nilai suseptibilitas yang besar.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa terjadi fluktuasi nilai suseptibilitas. Fluktuasi ini terlihat belum mengubah sifat magnetik dari bahan. Hal ini terlihat dari perubahan nilai suseptibilitas sampel sebelum dipanaskan dengan nilai suseptibilitas sampel yang sudah dipanaskan yang tidak besar, dimana fluktuasi tertingginya adalah pada sampel yang dipanaskan

pada temperatur 300°C. Dari hal ini dimungkinkan temperatur-temperatur yang digunakan pada pemanasan sampel masih di bawah Temperatur Curie sampel. Dari penelitian dapat disimpulkan bahwa untuk sampel yang digunakan mengalami fluktuasi nilai suseptibilitas jika dipanaskan hingga 500°C, dimana diduga Temperatur Curie sampel di atas 500°C. Temperatur Curie mineral-mineral magnetik yang terkandung dalam pasir besi yang terendah 580°C untuk magnetit dan yang tertinggi 675°C untuk hematit (Dunlop dan Ozdemir, 1997 dalam Tauxe, 1998). Diperkirakan Temperatur Curie ilmenit di antara temperatur-temperatur tersebut.

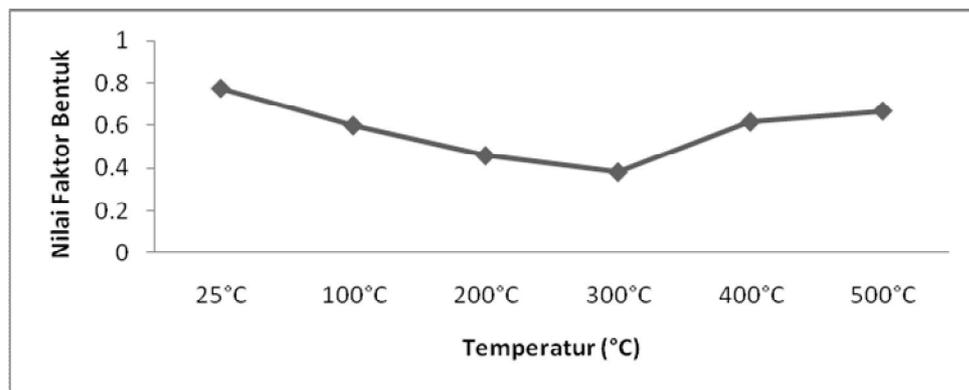
3.3 Pengaruh Variasi Temperatur Terhadap Bentuk Bulir Mineral Magnetik

Pada penelitian ini, setelah diketahui besar swanilai suseptibilitas masing-masing sampel, bisa diketahui bentuk bulir dari mineral magnetik yang terkandung pada sampel yaitu dengan menggunakan persamaan 2. Hasil dari perhitungan nilai faktor bentuk dari sampel tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Nilai faktor bentuk dari masing-masing sampel.

Pengukuran	Nilai Faktor Bentuk					
	25°C	100°C	200°C	300°C	400°C	500°C
1	0,93	0,65	0,52	0,15	0,49	0,82
2	0,87	0,63	0,91	0,33	0,02	0,61
3	0,87	0,40	0,25	0,58	0,92	0,57
4	0,62	0,62	0,25	0,59	0,80	0,62
5	0,55	0,67	0,33	0,23	0,82	0,69
Rata-rata	0,77	0,59	0,45	0,38	0,61	0,66

Dari nilai faktor bentuk masing-masing sampel dengan rata-rata nilai faktor bentuk berkisar antara 0,4 sampai dengan 0,8 dapat diketahui bahwa bentuk bulir dari mineral magnetik pasir besi dengan pemberian temperatur yang berbeda, secara umum adalah prolate. Hubungan temperatur dengan nilai faktor bentuk dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Grafik hubungan temperatur dengan nilai faktor bentuk mineral magnetik.

Dari Gambar 2, dapat dilihat bahwa terjadi penurunan nilai faktor bentuk atau penurunan dominasi foliasi dari sampel yang telah dipanaskan dibandingkan dengan sampel yang belum dipanaskan. Penurunan nilai faktor bentuk ini terjadi karena pada dipol magnetik akan terjadi orientasi atau gerakan acak apabila diberikan temperatur yang tinggi, sehingga orientasi acak dari dipol magnetik tersebut membuat perubahan posisi dari dipol magnetik, perubahan posisi inilah yang menyebabkan perubahan bentuk dari bulir mineral magnetiknya. Perubahan bentuk bulir ini menjadi tetap walaupun posisi dipol magnetiknya kembali ke posisi semula karena penurunan temperatur ke temperatur semula.

Pada kelompok sampel yang dipanaskan pada temperatur 100°C, 200°C dan 300°C, terjadi tren penurunan nilai faktor bentuk yang konstan/ bentuk bulir magnetik mulai berubah mendekati bentuk bola dari bentuk bulir awalnya (sampel yang tidak dipanaskan). Hal ini

memperlihatkan bahwa sampel yang dipanaskan sampai pada temperatur 300°C menjadi semakin isotropi. Hasil ini disebabkan karena pergerakan acak dipol magnetik akibat pemberian temperatur tinggi lebih banyak terjadi di sumbu K_1 . Pergerakan acak dipol magnetik di sumbu ini menyebabkan besar dari K_1 menjadi semakin kecil, sehingga besar K_1 mulai mendekati besar dari K_2 dan K_3 . Hal ini membuat bentuk bulir mineral magnetik mendekati bentuk bola.

Pada kelompok sampel yang dipanaskan pada temperatur 400°C dan 500°C, yang terjadi adalah penurunan nilai faktor bentuk tidaklah terlalu jauh dibandingkan dengan nilai faktor bentuk sampel sebelum dipanaskan. Pada kedua sampel ini, dibandingkan dengan sampel yang dipanaskan sampai temperatur 300°C, terjadi kenaikan nilai faktor bentuk/bentuk bulir menjauhi bentuk bola. Hal ini memperlihatkan bahwa, pemberian temperatur melebihi 300°C akan membuat mineral magnetik menjadi semakin anisotropi. Hal ini disebabkan karena dipol magnetik lebih banyak bergerak acak pada arah sumbu K_2 dan K_3 yang membuat besar K_2 dan K_3 menjadi semakin kecil. Perubahan nilai K_2 dan K_3 yang menjadi semakin kecil ini menyebabkan besar dari K_1 menjadi semakin besar. Hal inilah yang menyebabkan bentuk bulir pada temperatur ini menjauhi bentuk bola.

IV. KESIMPULAN

Pasir besi yang berasal dari Pantai Sunur, Kota Pariaman mengandung 60,8% mineral magnetik, dimana mineral magnetik yang terkandung adalah ilmenit dengan nilai susceptibilitas berkisar antara $2116,7 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg}$ sampai dengan $2523,1 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg}$. Bentuk bulir mineral magnetik dari pasir besi baik sebelum ataupun sesudah diberikan variasi temperatur adalah *prolate*. Bentuk bulir mineral magnetik dari pasir besi akan semakin mendekati bentuk bola jika dipanaskan sampai temperatur 300°C, tetapi akan menjauhi bentuk bola jika dipanaskan melebihi temperatur 300°C.

DAFTAR PUSTAKA

- Aji, P., 2008, Kajian Magnetik (Fe_2O_3) Hasil Penumbuhan dengan Metode Presipitasi Berbahan Dasar Pasir Besi, Thesis, Central Library Institute Technology Bandung, Bandung.
- Tarling, D.H dan Hrouda, F., 1993, The Magnetic Anisotropy of Rocks, Chapman & Halls, 2-6 Boundary Row, London, SE 1 8 HN, UK.
- Zemansky, M.W., dan Dittman, R.H., 1986. Kalor dan Termodinamika. Diterjemahkan oleh The Houw Liong. Bandung: Penerbit ITB.
- Hunt, C.P., Moskowitz, B.M., Banerjee, S.K., 1985, Magnetic Properties of Rocks and Minerals.
- Lee, D.G., Ponvel, K.M., Hwang S., 2009, Immobilization of Lipase on Hydroponic Nano Sized Magnetik Particles of Molekular Catalysis. *Enzimati*, 57, 62-66.
- Tripler, Paul A., 2001, Fisika untuk Sains dan Teknik, Edisi Ketiga Jilid 2. Erlangga, Jakarta
- Sunaryo., Widyawura, W., 2010, Metode Pembelajaran Magnet dan Identifikasi Kandungan Senyawa Pasir Alam Menggunakan Prinsip Dasar Fisika, Jurnal Cakrawala Pendidikan FMIPA Universitas Negeri Jakarta, No.1 Th XXIX
- Tauxe, L., Gee, J.S., dan Staudigel, H., 1998, Flow Direction in Dikes from Anisotropy of Magnetic Susceptibilitas Data: The Bootstrap Way, *Journal Of Geophysical Research*, Volume 103.