

PENENTUAN PERSENTASE DAN NILAI SUSEPTIBILITAS MINERAL MAGNETIK BIJIH BESI YANG BERASAL DARI TIGA LOKASI TAMBANG BIJIH BESI DI SUMATERA BARAT

Hendry Gunawan, Arif Budiman

Laboratorium Fisika Bumi, Jurusan Fisika FMIPA Universitas Andalas
Kampus Unand, Limau Manis, Padang, 25163

e-mail: hendrygunawan036@gmail.com, arifbudiman@fmipa.unand.ac.id

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian untuk menentukan persentase mineral magnetik dan nilai suseptibilitas magnetik dari sampel bijih besi dari tiga lokasi tambang di Sumatera Barat. Tiga lokasi tambang tersebut terletak di Kecamatan Asam Jujuhan Kabupaten Dharmasraya, Kecamatan Sangir Balai Janggo Kabupaten Solok Selatan dan Kecamatan Tigo Lurah Kabupaten Solok. Suseptibilitas magnetik diukur dengan *Bartington MS2 Magnetic Susceptibility Meter* dengan *MS2B dual frequency sensor*. Pengukuran suseptibilitas magnetik dilakukan pada 15 arah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai rata-rata persentase mineral magnetik bijih besi masing-masing lokasi berturut-turut yaitu 90,8%, 91,6% dan 95,1%. Nilai rata-rata suseptibilitas magnetik masing-masing lokasi berturut-turut didapatkan $1332,6 \times 10^{-8} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$, $1339,2 \times 10^{-8} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$, dan $1347,5 \times 10^{-8} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$. Nilai tersebut menunjukkan bahwa mineral magnetik bijih besi dari masing-masing lokasi diperkirakan didominasi oleh mineral ilmenit (FeTiO_3) yang bersifat feromagnetik. Nilai koefisien keragaman dari ketiga lokasi tambang berturut-turut yaitu 3,17%, 5,32% dan 4,09% dan dapat disimpulkan bahwa penyimpangan perhitungan nilai suseptibilitas masih relatif kecil.

Kata Kunci: suseptibilitas, anisotropi, magnetik, dan bijih besi

ABSTRACT

The research to determine percentage of magnetic mineral and the value of susceptibility magnetic of iron ore from three mine locations in West Sumatera has been done. Those three areas are located in Asam Jujuhan Districts Dharmasraya, Sangir Balai Janggo Districts Solok Selatan and Tigo Lurah Districts Solok. Magnetic susceptibility is measured by using Bartington MS2 Magnetic Susceptibility Meter with MS2B dual frequency sensor, from fifteen different directions of samples. The result of research show that the average percentage of magnetic mineral of iron ore for each location are 90.8%, 91.6% and 95.1%. The average value of magnetic susceptibility are $1332.6 \times 10^{-8} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$, $1339.2 \times 10^{-8} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$, and $1347.5 \times 10^{-8} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$. From these values it can be estimated mineral iron ore mineral from each location is dominated by ilmenit mineral (FeTiO_3) which are ferromagnetic. Diversity coefficient of three consecutive mine is 3.17%, 5.32% and 4.09% and it can be concluded that the deviation of susceptibility calculation is still relatively small.

Keywords: susceptibility, anisotropy, magnetic, and iron ore

I. PENDAHULUAN

Sumatera Barat memiliki sumber daya mineral yang melimpah, salah satunya bijih besi. Pertambangan bijih besi yang terdapat di Sumatera Barat diantaranya terdapat di Kabupaten Dharmasraya, Solok Selatan dan Solok. Pemanfaatan bijih besi masih kurang optimal, karena bijih besi di daerah tersebut masih dijual dalam bentuk bahan mentah.

Berdasarkan sifat kemagnetannya, mineral terdiri dari mineral magnetik dan mineral non-magnetik. Bijih besi mengandung sekitar 73% besi oksida seperti magnetit (Fe_3O_4), hematit ($\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$), maghemit ($\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$) limonit ($2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$) dan 16% titanium oksida seperti ilmenit (FeTiO_3) yang merupakan mineral-mineral magnetik. Sedangkan sisanya mengandung fasa minor seperti aluminium oksida (Al_2O_3) dan magnesium oksida (MgO) yang merupakan mineral-mineral non-magnetik. Mineral-mineral magnetik seperti magnetit dapat digunakan sebagai bahan dasar pembuatan tinta kering/toner yang biasa digunakan di dalam mesin fotokopi dan printer laser, hematit berguna sebagai zat warna/pigmen, maghemit adalah bahan utama pembuatan pita kaset, ilmenit dapat bermanfaat sebagai zat pewarna berkualitas tinggi yang banyak dipakai sebagai bahan baku pada industri cat, kertas, tekstil, juga dapat digunakan sebagai sunscreen karena dapat mengabsorpsi sinar ultraviolet. Mineral-mineral tersebut juga dapat digunakan dalam industri pembuatan magnet permanen (Yulianto, dkk., 2002). Oleh sebab

itu, dengan mengeksplorasi mineral magnetik bijih besi dan mengetahui nilai suseptibilitasnya serta mengetahui jenis mineral yang terkandung didalam bijih besi, maka kita bisa memanfaatkan bijih besi lebih optimal.

Besaran-besaran magnetik yang menentukan sifat suatu mineral magnetik antara lain adalah magnetisasi saturasi, magnetisasi remanen, medan koersifitas dan suseptibilitas magnetik. Suseptibilitas magnetik adalah perbandingan kuat medan magnet induksi dalam sampel dengan medan magnet luar yang diberikan. Dalam industri magnet, kualitas bahan baku salah satunya ditentukan oleh nilai suseptibilitas magnetik. Nilai suseptibilitas magnetik dapat diukur dengan menggunakan beberapa instrumen, diantaranya Vibrating Sample Magnetometer (VSM) dan Susceptibility Meter. VSM merupakan alat yang dapat digunakan untuk mengukur suseptibilitas magnetik untuk sampel yang berukuran nanopartikel, sedangkan Susceptibility Meter untuk sampel yang berukuran lebih besar dari nanopartikel (Dearing, 1994).

Pada kebanyakan sampel batuan, kuat medan magnet induksi bergantung pada arah sampel medan magnet luar sehingga suseptibilitas sampel bersifat anisotropi secara magnetik. Variasi suseptibilitas terhadap orientasi sampel secara matematik menggunakan tensor rank-2 (Tarling, dkk., 1993). Metode pengukuran nilai suseptibilitas dengan cara ini dikenal dengan metode pengukuran anisotropi suseptibilitas magnetik atau anisotropy of magnetic susceptibility (AMS). Metode pengukuran AMS batuan pertama diperkenalkan oleh Girdler (1961) yang kemudian penelitian tersebut menjadi awal dari penelitian anisotropi terkhusus dari suseptibilitas magnetik yang semakin berkembang yang melingkupi hampir semua jenis batuan (Cifelli, dkk., 2003).

Penelitian dalam menentukan suseptibilitas magnetik batuan yang menggunakan metode AMS ini pernah dilakukan sebelumnya, seperti penelitian oleh Budiman (2005) yang melakukan perhitungan dan pengukuran nilai suseptibilitas magnetik pada batuan beku dari Daerah Istimewa Yogyakarta, hasil penelitian menunjukkan bahwa batuan beku tersebut mempunyai nilai suseptibilitas antara 0.388×10^{-3} (SI) sampai 50.261×10^{-3} (SI), Ngkoimani dkk (2005) dengan sampel batuan beku dari Banyuwangi Jawa Timur untuk kajian paleomagnetik, didapkatkan nilai suseptibilitas 3×10^{-2} (SI), Ngkoimani dan Makkawaru (2009) dengan sampel batuan Ultrabasa dari Pulau Wawoni-Sulawesi Tenggara, contoh batuan diambil dari enam lokasi dan didapatkan nilai suseptibilitas magnetik batuan ultrabasa rata-rata pada masing-masing lokasi berkisar antara $2,01 \times 10^{-3}$ (SI) sampai dengan 8.07×10^{-3} (SI), Jahidin (2012) dengan sampel pasir besi dari Desa Laea Kabupaten Buton Utara Sulawesi Tenggara, nilai suseptibilitas magnetik pasir besi berkisar pada $12.03 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg}$ sampai $71.94 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg}$. Berdasarkan nilai suseptibilitasnya diduga bahwa mineral magnetik yang dominan terkandung pada sampel pasir besi adalah hematit (Fe_2O_3), ilmenit (FeTiO_3), dan geotit ($\text{FeO}(\text{OH})$). Maka peneliti tertarik melakukan penelitian pada tiga lokasi tambang bijih besi yang terdapat di Kabupaten Dharmasraya, Kabupaten Solok Selatan dan Kabupaten Solok Sumatera Barat. Pemilihan ketiga lokasi tersebut karena pada daerah tersebut belum pernah dilakukan penelitian mengenai mineral magnetik bijih besi. Oleh karena itu peneliti tertarik untuk melihat persentase mineral magnetik bijih besi dan menentukan nilai suseptibilitas mineral magnetik bijih besi.

II. METODE

Sampel bijih besi yang akan diteliti berasal dari tiga lokasi tambang di Sumatera Barat, yaitu Kecamatan Asam Jujuan Kabupaten Dharmasraya, Kecamatan Sangir Balai Janggo Kabupaten Solok Selatan dan Kecamatan Tigo Lurah Kabupaten Solok. Penelitian dilakukan di Laboratorium Material dan Struktur, Jurusan Teknik dan Laboratorium Fisika Bumi, Jurusan Fisika Universitas Andalas.

2.1 Preparasi Sampel

Bijih besi yang diperoleh dari tiga lokasi tambang dikeringkan pada temperatur kamar selama seminggu untuk mengurangi uap air pada bijih besi tersebut sebelum digerus. Selanjutnya bijih-bijih besi tersebut digerus menjadi halus menggunakan mesin penggerus.

2.2 Pengambilan Data

2.2.1 Penentuan Kandungan Mineral Magnetik

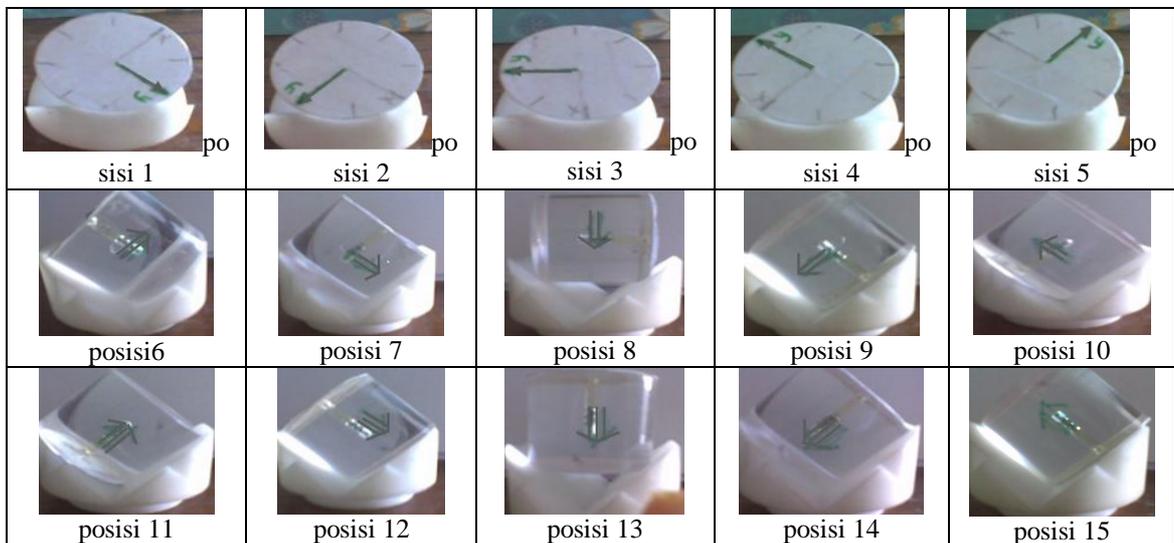
Bijih besi yang sudah digerus diayak menggunakan ayakan 200 mesh untuk mendapatkan bijih besi yang lebih halus berbentuk serbuk. Serbuk bijih besi dibagi menjadi tiga bagian, masing-masing sebanyak 10 gr untuk masing-masing lokasi. Kemudian magnet permanen didekatkan dengan serbuk bijih besi, mineral magnetik yang terdapat pada bijih besi akan tertarik dan menempel pada magnet permanen. Langkah ini diulang sampai semua mineral magnetik dan non-magnetiknya benar-benar terpisah. Mineral magnetik serbuk bijih besi yang sudah terpisah dari mineral non-magnetiknya ditimbang lagi untuk mendapatkan perbandingan mineral magnetik terhadap serbuk bijih besi. Persentase mineral magnetik dapat dihitung menggunakan Persamaan 1:

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

dimana MM adalah persentase massa mineral magnetik

2.2.2 Pengukuran Suseptibilitas Magnetik

Sampel mineral magnetik bijih besi diambil sebanyak 0,5 gr kemudian dicampurkan dengan *silicon glass sealant* yang bersifat non magnetik dan diaduk sampai merata. Selanjutnya campuran sampel dengan *silicon glass sealant* tersebut diletakkan pada bagian tengah kontainer sampel yang sebelumnya sudah diisi dengan plasticin/lilin mainan dan dipadatkan. Sampel yang disiapkan adalah sebanyak delapan sampel. Peralatan yang digunakan adalah Bartington MS2 *Magnetic Susceptibility Meter* dengan sensor MS2B yang dikontrol komputer menggunakan *Software Multisus*. Suseptibilitas magnetik sampel diukur dengan 15 arah yang berbeda seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 1. Perhitungan dan pengolahan data dibantu dengan *Software Matlab R2012b*



Gambar 1 Implementasi dari pola putar pengukuran 15 arah (Sumber :Subekti, 2010)

Setelah pengukuran nilai suseptibilitas selesai maka akan didapatkan nilai suseptibilitas dari bijih besi tersebut. Besarnya nilai suseptibilitas magnetik hasil pengukuran tersebut juga dapat digunakan untuk memperkirakan banyaknya mineral magnetik serta jenis mineral yang terkandung didalamnya. Dari penelitian-penelitian sebelumnya telah didapatkan nilai suseptibilitas mineral magnetik dari berbagai macam mineral magnetik yang dapat dilihat pada Tabel 1. Hasil tersebut dapat dijadikan acuan untuk memperkirakan jenis mineral magnetik yang terkandung dalam suatu batuan yang mengandung mineral magnetik.

Tabel 1 Nilai suseptibilitas magnetik dari sejumlah mineral magnetik (sumber: Hunt, 1995)

Mineral	Rumus Kimia	Densitas ρ (10^3 kg m^{-3})	Suseptibilitas	
			Volume κ (10^{-6} SI)	Mass χ ($10^{-8} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$)
Hematit	Fe_2O_3	5,26	500-400.000	10-760
Maghemit	$\alpha\text{Fe}_2\text{O}_3$	4,90	2.000.000-2.500.000	40.000-50.000
Ilmenit	FeTiO_3	4,72	2.200-3.800.00	46-80.000
Magnetit	Fe_3O_4	5,18	1.000.000-5.700.000	20.000-110.000
Titanomagnetit	$\text{Fe}_{3-x}\text{Ti}_x\text{O}_4$	4,98	130.000-620.000	2.500-12.000
Titanomaghemit	$\text{Fe}_{(3-x)R}\text{Ti}_{xR}\text{O}_3$	4,99	2.800.000	57.000
Ulvospinel	Fe_2TiO_4	4,78	4.800	100

Setelah melakukan perhitungan dan menpatkan nilai suseptibilitasmagnetik rata-rata,dicari nilai koefisien keseragaman (KK) untuk melihat penyimpangan terhadap nilai rata-ratanya menggunakan Persamaan 2.

$$KK (\%) = \frac{s}{\bar{x}} \times 100\% \tag{2}$$

dengan s adalah standar deviasi dan \bar{x} adalah nilai rata-rata. Standar deviasi dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 3.

$$S = \sqrt{x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}} \tag{3}$$

dengan x adalah nilai variabel dan n adalah jumlah data.

III. HASIL DAN DISKUSI

3.1 Kandungan Mineral Magnetik Bijih Besi Besi

Hasil pengukuran kandungan mineral magnetik bijih besi dari ketiga lokasi tambang dapat dilihat pada Tabel 2.Dari Tabel 2 dapat dilihat nilai rata-rata persentase mineral magnetik tertinggi terdapat pada lokasi tambang Kabupaten Solok, dengan rata-rata 95,1%. Kabupaten Solok terletak pada dataran yang lebih tinggi dari dua lokasi lainnya, yaitu dengan ketinggian rata-rata 930 meter (dpl). Pada daerah yang lebih tinggi memiliki suhu yang lebih rendah. Hal tersebut berpengaruh terhadap proses pengendapan bijih besi di permukaan, seperti proses pengendapan yang disebabkan oleh pelapukan kimiawi.

Proses pelapukan kimiawi sangat bergantung dengan keterlibatan atmosfer (oksigen, nitrogen, karbondioksida), hidrosfir (air, uap air, es) dan biosfir (tumbuhan dan mikro-organisme). Kondisi iklim, topografi dan temperatur menjadi faktor-faktor penentu dalam pelapukan kimiawi, dengan keterlibatan atmosfer (oksigen, nitrogen, karbondioksida), hidrosfir (air, uap air, es) dan biosfir (tumbuhan dan mikro-organisme), terutama erat hubungannya dengan proses pencucian (leached) dan pembentukan endapan mineral sekunder pada lingkungan dekat permukaan.

Proses pelapukan kimiawi yang terjadi di permukaan bumi merupakan hal penting karena proses tersebut dapat memisahkan mineral-mineral non-resistan dari sumbernya dan mengumpulkan mineral-mineral lain dengan susunan kimia tertentu untuk menjadi formasi mineral baru yang berasosiasi dengan unsur-unsur dari zona oksidasi, kondisi pengendapan bijih besi juga menentukan susunan mineralogi, ukuran butir, kemurnian, luas penyebaran dan stratigrafinya.

Tabel 2 Hasil pengukuran kandungan mineral magnetik

Lokasi Tambang	Pengukuran ke- (g)			rata-rata (g)	rata-rata (%)
	I	II	III		
Lokasi I (Kab. Dharmasraya)	8,91	9,11	9,21	9,08	90,8
Lokasi II (Kab. Solok Selatan)	9,36	9,03	9,09	9,16	91,6
Lokasi III (Kab.Solok)	9,15	9,69	9,68	9,51	95,1

3.2 Pengukuran Nilai Suseptibilitas

Setelah dilakukan pengukuran maka didapatkan nilai rata-rata suseptibilitas mineral magnetik dan koefisien keragaman seperti pada Tabel 3. Dari Tabel 3 dapat dilihat bahwa nilai suseptibilitas rata-rata ketiga lokasi tambang yaitu $1332,6 \times 10^{-8} \text{ m}^3\text{kg}^{-1}$, $1339,2 \times 10^{-8} \text{ m}^3\text{kg}^{-1}$ dan $1347,5 \times 10^{-8} \text{ m}^3\text{kg}^{-1}$. Jika dihubungkan dengan Tabel 1 maka jenis mineral yang terkandung pada bijih besi diperkirakan adalah mineral ilmenit (FeTiO_3). Secara teori komposisi senyawa ilmenit (FeTiO_3) terdiri dari 36,80% Fe, 31,57% Ti dan 31,63% O atau 52,66 % TiO_2 dan 47,33% FeO. Nilai suseptibilitas secara keseluruhan menunjukkan bahwa mineral magnetik bijih besi dari ketiga lokasi bersifat feromagnetik. Nilai suseptibilitas magnetik dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti, perbedaan suhu dan temperatur, konten besi pada batuan yang digunakan, variasi konsentrasi pada sampel, mineral dimana Fe atau besi tersebut terkandung dan jumlah pengotor yang terdapat dalam sampel tersebut. Dari penelitian ini faktor yang mempengaruhi perbedaan nilai rata-rata suseptibilitas diperkirakan oleh kandungan besi pada batuan yang berbeda-beda tiap daerah, yang mempengaruhi jumlah mineral magnetik yang terkandung dalam bijih besi serta jumlah pengotor yang terdapat pada bijih besi tersebut berbeda-beda. Jumlah mineral magnetik dan non-magnetik atau pengotor dapat diketahui dengan cara memisahkan mineral magnetik dengan mineral non-magnetik menggunakan magnet permanen. Nilai koefisien keragaman untuk melihat penyimpangan nilai suseptibilitas masing-masing sampel terhadap nilai rata-ratanya. Nilai koefisien keragaman dari ketiga lokasi tambang berturut-turut yaitu 3,17%, 5,32% dan 4,09%. Dari hasil tersebut dapat dikatakan penyimpangan perhitungan nilai suseptibilitas masih relatif kecil.

Tabel 3 Suseptibilitas magnetik rata-rata dan koefisien keragaman

Lokasi Tambang	Suseptibilitas Rata-Rata ($\times 10^{-8} \text{ m}^3\text{kg}^{-1}$)	Koefisien Keragaman (KK) (%)
Lokasi I (Kab. Dharmasraya)	1332,6	3,17
Lokasi II (Kab. Solok Selatan)	1339,2	5,32
Lokasi III (Kab.Solok)	1347,5	4,09

IV. KESIMPULAN

Dari penelitian ini didapatkan nilai kandungan mineral magnetik Kabupaten Dharmasraya, Kabupaten Solok Selatan dan Kabupaten Solok masing-masing adalah 90,8%, 91,6% dan 95,1%. Hal tersebut menunjukkan bahwa mineral magnetik mendominasi bijih besi. Mineral magnetik yang paling tinggi terdapat pada lokasi tambang di Kabupaten Solok. Nilai rata-rata suseptibilitas masing-masing lokasi yaitu $1332,6 \times 10^{-8} \text{ m}^3\text{kg}^{-1}$, $1339,2 \times$

$10^{-8} \text{ m}^3\text{kg}^{-1}$, $1347,5 \times 10^{-8} \text{ m}^3\text{kg}^{-1}$. Suseptibilitas rata-rata tertinggi terdapat pada daerah Kabupaten Solok yaitu $1347,5 \times 10^{-8} \text{ m}^3\text{kg}^{-1}$. Secara keseluruhan berdasarkan Tabel 1, ketiga lokasi tambang memiliki bijih besi yang bersifat feromagnetik dan jenis mineral yang terkandung diperkirakan adalah ilmenit (FeTiO_3). Nilai koefisien keragaman dari ketiga lokasi tambang berturut-turut yaitu 3,17%, 5,32%, 4,09% dan dapat disimpulkan bahwa penyimpangan perhitungan nilai suseptibilitas masih relatif kecil.

DAFTAR PUSTAKA

- Budiman, A., 2005, Penentuan Derajat Anisotropi Suseptibilitas Magnetik Pada Batuan Beku Dari Daerah Istimewa Yogyakarta, *Jurnal JUMPA* Vol. 14, No.1, Tahun 2005.
- Cifelli, Francesca., Rossetti, Federico., Mattei, Massimo., Hirt, Ann Marie., Funicello, Renato dan Tortorici, Luigi., 2003, An AMS, Structural and Paleomagnetic Study of Quaternary Deformation in Eastern Silicy, *Journal of Structural Geology*. Volume 26.
- Dearing, J., 1994, Environmental Magnetic Susceptibility, Bartington User Manuals, Bartington Instrument Ltd, Oxford, 102pp.
- Hunt, C.P., Moskowitz, B.M., Banerjee, S.K., 1995. *Magnetic Properties of Rocks and Minerals*.
- Jahidin., 2012. Analisis Suseptibilitas Magnetik Pasir Besi Desa Laea Kabupaten Buton Utara Sulawesi Tenggara, *Jurnal Aplikasi Fisika, Universitas Haluoleo*, Volume 8, Nomor 1, Februari 2012.
- Ngkoimani, L.O., Bijaksana S., Mahrizal, Chalid Idham Abdullah CI and Liong HT. 2005. Magnetic Properties of Igneous Rocks from Banyuwangi, East Java And Their Reliability for Paleomagnetic Study, *Indonesian Journal of Physics* Vol 16 No. 2, April 2005.
- Ngkoimani, L.O. dan Makkawaru, A., 2009, Anisotropi Suseptibilitas Magnetik Batuan Ultrabasa dari Pulau Wawoni Sulawesi Tenggara, *JTM*, Vol. XVI, No. 2, Jurusan Fisika, Universitas Haluoleo.
- Subekti., 2010, Pengukuran Anisotropi Suseptibilitas Magnetik, *Skripsi*, Jurusan Fisika, FMIPA, Universitas Surakarta.
- Tarling, D.H dan Hrouda, F., 1993, The Magnetic Anisotropy of Rocks Chapman & Halls, 2-6 Boundary Row, London, SE 1 8 HN, UK.
- Yulianto, A.S., Bijaksana, W. Loeksmato, 2002, Karakteristik Magnetik dari Pasir Besi Cilacap, *Jurnal Fisika Himpunan Fisika Indonesia*, Vol A5, No 0527.