Jurnal Sains Materi Indonesia
Indonesian Journal of Materials Science

Volume 3 No. 2, Pebruari 2002, hal : 68 - 74
ISSN : 1411-1098

MENENTUKAN NILAI *SUSCEPTIBILITY* BATUAN BEKU PULAU JAWA

Rahmawati[1], Nurlela Rauf[2] dan Satria Bijaksana[3]

[1]HIMAFI FMIPA, Univ. Hasanuddin
Jl Perintis Kemerdekaan Km 10 Makassar 90245
[2]Jur. Fisika, FMIPA, Univ. Hasanuddin
Jl Perintis Kemerdekaan Km 10 Makassar 90245
[3]Laboratorium Paleomagnetik, Fisika, ITB
Jl Ganesha 10 Bandung

ABSTRAK

MENENTUKAN NILAI *SUSCEPTIBILITY* BATUAN BEKU PULAU JAWA. Telah dilakukan sebuah penelitian tentang kerentanan magnetik yang lebih dikenal degan *susceptibility* pada beberapa material alam khusus pada batuan beku lava dan intrusi yang bertujuan untuk mengetahui kandungan mineral magnetiknya. Metoda yang digunakan adalah separasi magnetik sederhana yaitu memisahkan material yang mengandung magnetik tinggi dengan magnetik rendah. Disamping itu dilakukan pengukuran *susceptibility*, intensitas magnetik dan difraksi sinar-x. Hasil penelitian menunjukkan tiap material mempunyai mineral magnetik walaupun kadarnya berbeda-beda. Batuan lava lebih banyak mengandung mineral magnetik dibandingkan dengan batuan intrusi.

Kata kunci : *Susceptibility*, batuan lava, batuan intrusi, metoda *isothermal remanent magnetization*

ABSTRACK

DETERMINATION OF MAGNETIC SUSCEPTIBILITY OF SEDIMENTATION ROCK IN JAVA ISLAND. Determination of magnetic susceptibility of sedimentation rock in java island. It has been done a research on determination of magnetic susceptibility of sedimentation and intrusion rock. A simple magnetic separation method was used to separate material with high contain magnetic mineral from the low contain magnetic mineral. Besides a data measurement from magnetic susceptibility and intensity there are also X-ray diffraction data available as supporting data. The result shown that every material has magnetic mineral in it with different contain. And sedimentation rock has higher magnetic mineral than the intrusion rock.

Key words : Susceptibility, sedimentation rock, intrusion rock, isothermal remanent magnetization method.

PENDAHULUAN

Secara fundamental, karakteristik magnetik bahan dikategorikan berdasarkan respon bahan terhadap medan luar ke dalam tiga kelompok, yaitu diamagnetik, paramagnetik, dan feromagnetik. Respon bahan terhadap medan luar atau *susceptibility* magnetik memberikan gambaran tentang kuat atau lemahnya sifat magnetik bahan. Untuk harga *susceptibility* lebih kecil nol, bahan tersebut adalah diamagnetik dan untuk harga *susceptibility* positif kecil, paramagnetik, sedangkan harga *susceptibility* positif besar, feromagnetik.

Susceptibility menggambarkan jumlah mineral magnetik yang terdapat dalam bahan. Untuk bahan alam yang merupakan campuran mineral yang bersifat diamagnetik, paramagnetik dan feromagnetik, harga *susceptibility* merupakan jumlah *susceptibility* diamagnetik, paramagnetik, dan feromagnetik. Akan tetapi *susceptibility* feromagnetik mendominasi harga *susceptibility* total bahan. Sebagai contoh keberadaan mineral magnetik yang bersifat feromagnetik 0,1 % dari seluruh volume bahan terukur, memberikan kontribusi *susceptibility* total sebanyak 80 %.

Dalam hal ini dilakukan separasi mineral magnetik untuk melihat sifat dan jenis mineral magnetik yang terdapat dalam batuan. Kuat lemahnya sifat magnetik akan ditentukan dari harga *susceptibility* magnetik, sedangkan jenis mineral magnetik akan dilihat dari saturasi magnetik dengan metoda *Isothermal Remanent Magnetization* (*IRM*) yaitu pemberian medan besar pada bahan untuk melihat saturasi magnetik pada suhu ruang. Untuk mendukung data tersebut, penentuan jenis mineral magnetik sampel akan dianalisis dengan metoda *X-ray Difraction (XRD)*.

SUSCEPTIBILITY MAGNETIK

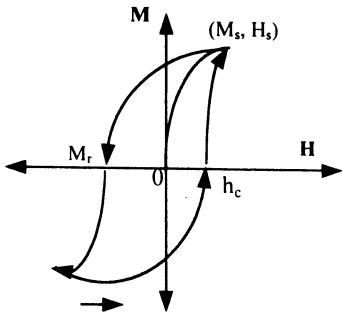
Susceptibility (χ) suatu mineral magnetik didefinisikan sebagai hubungan antara magnetisasi (M) dengan medan luar (H). Persamaannya dapat ditulis

sebagai berikut:

$$M = \chi H$$

M adalah magnetisasi yang didefinisikan sebagai perkalian antara jumlah molekul persatuan volume dengan komponen vektor magnetik sebuah molekul dalam arah medan yang dipakai. Jadi magnetisasi adalah momen magnetik total persatuan volume batuan. Satuan dari magnetisasi adalah Am^{-1}. H adalah medan magnet luar yang digunakan, merupakan besaran vektor bersatuan Am^{-1}.

Suseptibilitas magnetik adalah besaran skalar yang tidak memiliki satuan (dimensi) karena baik medan magnet maupun magnetisasi mempunyai satuan yang sama. Kurva hubungan antara medan magnet luar yang digunakan (H) dengan intensitas (M) dikenal dengan istilah kurva histerisis yang ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Kurva histerisis mineral

Mineral Magnetik

Deret titanomagnetik

Memiliki bahan sifat bulir tidak tembus cahaya, berwarna hitam dan biasanya berbentuk oktahedral, besar dan membundar. Ujung deret ini adalah magnetik (Fe_3O_4) dan *Ulvospinel* (Fe_2TiO_4).

a). Magnetik (Fe_3O_4)

Magnetik merupakan mineral berbentuk kubus, berwarna hitam gelap. Dengan pengecualian besi, magnetik mempunyai sifat magnetik yang terkuat dengan saturasi yang beraneka ragam. *susceptibility* intrinsik dari magnetik sangat tinggi, tetapi *susceptibility* asal yang efektif dari sekumpulan butiran yang tidak berimnteraksi dipengaruhi oleh faktor demagnetisasinya.

b). *Ulvospinel* (Fe_2TiO_4)

Ulvospinel (kadang dikenal sebagai *ulvite*) merupakan anggota terakhir lain dari deret titenomagnetik. *Ulvospinel* merupakan ferimagnetik lemah dengan temperatur *Neel* 120 K. Pada suhu ruang, *ulvospinel* merupakan paramagnetik. *Ulvospinal* mengoksidasi *imenite* dan magnetik.

Deret *Titanohaematite*

Mineral ini terdiri dari dua anggota terakhir, *haematite* ($-Fe_2O_3$) dan *ilmenite* ($FeTiO_3$),dengan perbandingan yang berbeda-beda. Sifat-sifatnya bervariasi sesuai dengan komposisinya. *Titanohaematite* umumnya merupakan mineral yang tidak tembus cahaya.

a). *Ilmenite* ($FeTiO_3$)

Ilmenite merupakan paramagnetik pada temperatur diatas 60 K, di bawah temperatur ini *ilmenite* merupakan antiferomagnetik. *Ilmenite* yang terjadi secara alami sering mengandung jejak *magnetite* atau *haematite*. Mineral ini berwarna kehitam-hitaman, kadang kelihatan putih keabu-abuan pada bagian yang disemir, tahan terhadap perubahan cuaca dan karena itu tetap berada dalam sedimen.

b). *Haematite* ($-Fe2O_3$)

Sifat magnetik *haematite* secara umum sangat bervariasi. Di udara *haematite* berdisosiasi ke *manetite*. *Haematite* merupakan antiferomagnetik. Disini struktur kristal juga memberikan reaksi untuk disejajarkan tetapi berlawanan dengan moment magnetik, tetapi gaya sebenarnya saling menghapuskan satu sama lain. Terdapat hanya sedikit dalam kategori ini dan *haematite* memungkinkan terjadinya dalam batuan dari tanah dan kepekaan untuk rasio warna merah yang alami dalam lingkungan.

Isothermal Remanent Magnetization

Batuan yang ditempatkan dalam sebuah medan magnetik diatas gaya koersiv pada tempratur kamar akan mendapat magnetisasi remanen, walaupun pengaruh medan magnetik dihilangkan. Proses ini disebut *Isothermal remanent magnetization* (IRM). Pengaruh medan luar ini mengakibatkan terjadinya pensejajaran momen-momen magnetik didalam domain. Pada saat medan magnetik tersebut dihilangkan, penghalang magnetik akan menahan domain-domain tersebut agar tidak kembali keposisi semula. Dalam arti magnetisasi memiliki arah baru. Secara singkat IRM diperoleh dari sifat translasi *irreversibel* dinding domain.

Pada Umumnya mineral batuan memiliki gaya koersiv dalam orde 100 Oe, dimana medan magnet bumi tidak dapat menghasilkan medan sebesar itu. Pemberian medan magnet luar buatan (elektromagnet) dapat dirancang untuk pemberian IRM pada sampel batuan. Karakterisasi sampel batuan dalam memperoleh medan saturasi dapat dimanfaatkan untuk menentukan mineral domain penyusun batuan. Mineral *magnetite* dicirikan dengan lebih cepatnya mencapai saturasi medan sekitar 300-500 mT. Sedangkan *haematite* mencapai saturasi diatas medan 500 mT.

Volume 3 No. 2, Pebruari 2002, hal : 68 - 74
ISSN : 1411-1098

Difraksi Sinar X

Sinar-X adalah gelombang elektromagnetik. Spektrum sinar ini terletak diantara spektrum sinar gamma (γ) dan radiasi sinar *ultra violet* (uv). Digunakan difraksi sinar-X dengan panjang gelombang 1,54 A dengan tembaga (Cu) sebagai target yang bertujuan untuk mengetahui mineral apa saja yang terdapat di dalam bahan.

METODOLOGI

Alat

Alat yang digunakan terdiri dari :

1. *Magnetic Susceptibility System* (*MS2 Bartington*) adalah *magnetometer* yang dapat digunakan untuk beberapa jenis pengukuran. Salah satu kegunaannya adalah mengukur *susceptibility* inisial.
2. Sumber medan magnet adalah alat yang digunakan untuk menambah intesitas medan suatu bahan.
3. *Minispin* adalah *fluxgate magnetometer* portabel yang berfungsi sebagai pendeteksi medan magnet yang berosilasi dan dapat diketahui intensitas magnetnya.
4. Difraktometer adalah alat untuk menentukan jenis mineral dengan difraksi sinar-X.
5. Gabus
6. *Cutter*
7. Malam (lilin) digunakan sebagai penutup selang.
8. Selang bening
9. Batang magnet sebagai pemisah bahan magnet dan non magnet.

Bahan

Adapun bahan yang digunakan adalah batuan beku.

Prosedur

Prosedur pengambilan data adalah sebagai berikut :

- Persiapan Sampel

Menggerus dan menimbang sampel. Gabus dibentuk seperti silinder dengan tinggi 4,2 cm, diameter 2,4 cm, dan melubangi gabus tersebut Setelah itu memotong selang sepanjang 4,2 cm berdiameter 1,8 cm lalu memasukkannya ke dalam gabus. Terakhir pada persiapan sampel yaitu memasukkan sampel ke dalam selang dan menutup kedua ujung selang dengan malam.

- Pengukuran Sampel

Langkah pertama dilakukan dengan separasi magnetik sederhana yaitu memisahkan bahan yang telah dihaluskan lebih dahulu menggunakan lumpang dengan batang magnet. Sehingga bahan terbagi dua menjadi bahan yang bersifat magnet tinggi dengan magnet rendah. Cara ini dimaksudkan untuk mempermudah dalam mendeteksi mineral magnetik yang terkandung dalam bahan.

Kemudian dilanjutkan dengan pengukuran *susceptibility* bahan dengan *MS2 Bartington*, berikutnya bahan diberi medan magnet yang diteruskan dengan pengukuran intensitasnya dengan *Minispin Magnetometer*. Untuk tambahan informasi maka bahan yang bersifat magnet tinggi dikarakterisasi dengan XRD.

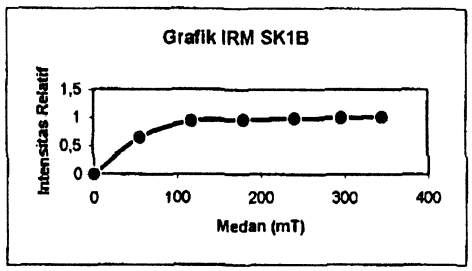
HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan data yang telah diperoleh pada penelitian ini, terlihat bahwa semua bahan baik batuan lava maupun intrusi mengandung mineral *magnetite*, ini dapat dilihat pada saat pengukuran menghasilkan nilai *susceptibility* sebesar 108232,6 x 10^{-6} (intrusi) daerah Trenggalek, Jawa timur dan 217939,9 x 10^{-6} (batuan lava) daerah gunung merapi Yogyakarta. Walaupun dalam interval *magnetite* secara internasional nilai-nilai diatas tidak masuk di dalamnya (1.000.000-5.700.000) x 10^{-6} (lihat Gambar 2, Gambar 3 dan Tabel 1).

(a)

Sampel SK1B

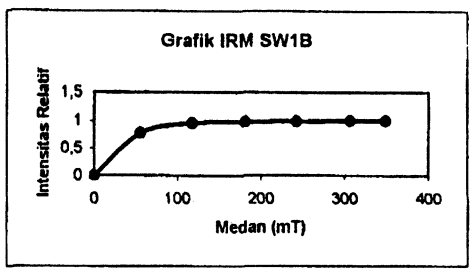
Arus (Amp.)	Medan (mT)	Intensitas (mA/m)	Intensitas Relatif
0	0	0	0
0,56	56,06	22790,55	0,64
1,33	117,99	32885,21	0,92
2,11	180,73	34029,68	0,96
2,87	241,86	34673,63	0,97
3,56	297,36	35140,69	0,99
4,16	345,62	35587,24	1,00



(b)

Sampel SW1B

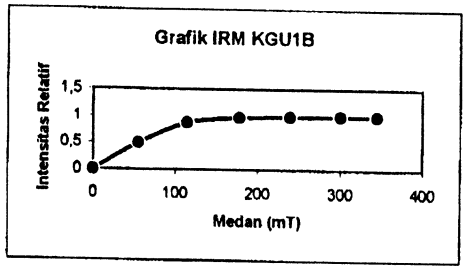
Arus (Amp.)	Medan (mT)	Intensitas (mA/m)	Intensitas Relatif
0	0	0	0
0,56	56,06	21542,962	0,77
1,33	117,99	26542,951	0,95
2,12	181,53	27380,41	0,98
2,88	242,66	27638,188	0,99
3,68	307,01	27760,368	1,00
4,2	348,83	27848,024	1,00



(c)

Sampel KGU1B

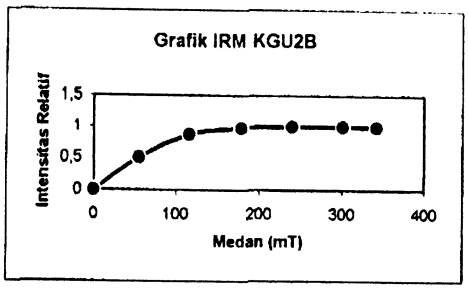
Arus (Amp.)	Medan (mT)	Intensitas (mA/m)	Intensitas Relatif
0	0	0	0
0,55	55,25	18325,35	0,49
1,29	114,77	32505,33	0,87
2,08	178,32	36269,27	0,97
2,84	239,44	37065,41	0,99
3,6	300,57	37303,43	1,00
4,15	344,81	37284,41	1,00



(d)

Sampel KGU2B

Arus (Amp.)	Medan (mT)	Intensitas (mA/m)	Intensitas Relatif
0	0	0	0
0,55	55,25	17328,81	0,50
1,31	116,38	29794,15	0,87
2,09	179,12	33322,33	0,97
2,85	240,25	34367,79	1,00
3,61	301,38	34371,21	1,00
4,11	341,59	33979,46	0,99

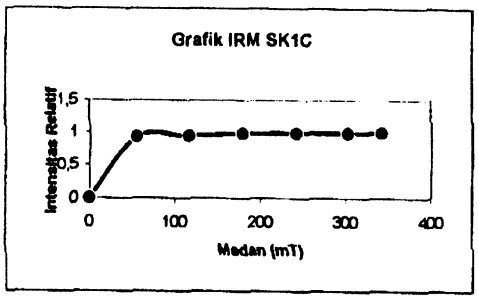


Gambar 2. Data dan grafik IRM bahan magnetik tinggi dari sampel batuan berbagai tempat

(a)

Sampel SK1C

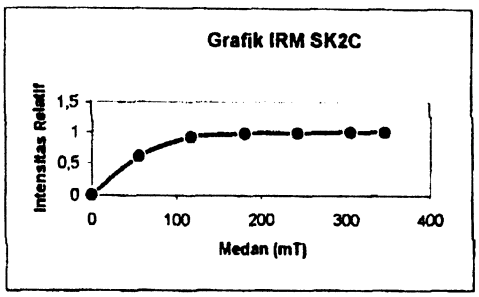
Arus (Amp.)	Medan (mT)	Intensitas (mA/m)	Intensitas Relatif
0	0	0	0
0,55	55,25	1421,77	0,93
1,31	116,38	1437,64	0,94
2,09	179,12	1503,98	0,99
2,87	241,86	1512,05	0,99
3,62	302,18	1512,05	0,99
4,11	341,59	1525,33	1,00



(b)

Sampel SK2C

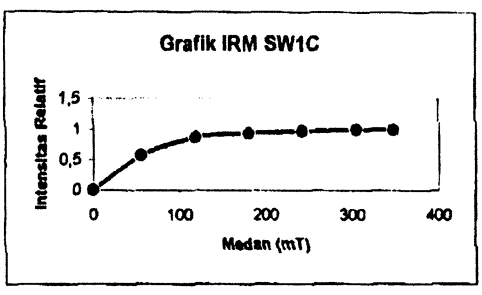
Arus (Amp.)	Medan (mT)	Intensitas (mA/m)	Intensitas Relatif
0	0	0	0
0,56	56,06	1025,31	0,61
1,32	117,19	1552,13	0,92
2,11	180,73	1658,61	0,98
2,88	242,66	1669,47	0,99
3,66	305,40	1688,87	1,00
4,16	345,62	1691,35	1,00



(c)

Sampel SW1C

Arus (Amp.)	Medan (mT)	Intensitas (mA/m)	Intensitas Relatif
0	0	0	0
0,55	55,25	1298,24	0,58
1,33	117,99	1961,28	0,87
2,1	179,92	2127,57	0,94
2,87	241,86	2202,74	0,98
3,65	304,60	2253,29	1,00
4,18	347,22	2257,66	1,00

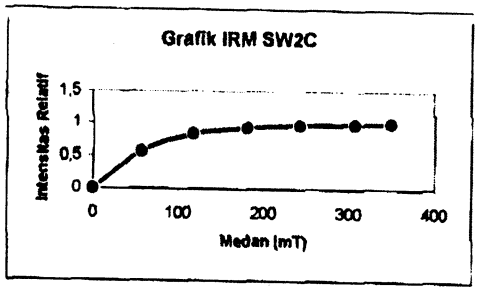


Volume 3 No. 2, Pebruari 2002, hal : 68 - 74
ISSN : 1411-1098

(d)

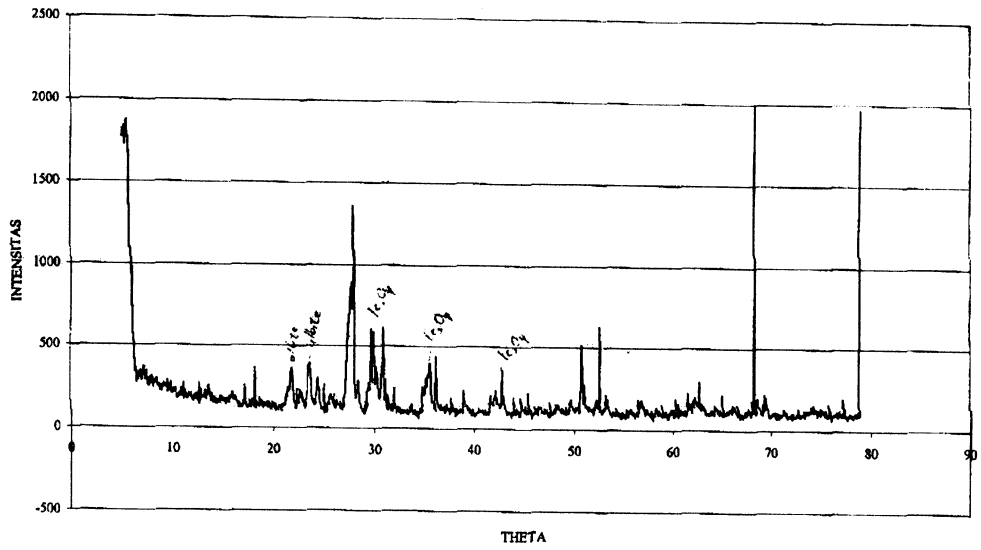
Sampel SW2C

Arus (Amp.)	Medan (mT)	Intensitas (mA/m)	Intensitas Relatif
0	0	0	0
0,57	56,86	1382,39	0,57
1,32	117,19	2042,65	0,83
2,11	180,73	2281,53	0,93
2,88	242,66	2387,93	0,98
3,68	307,01	2421,90	0,99
4,2	348,83	2446,34	1,00

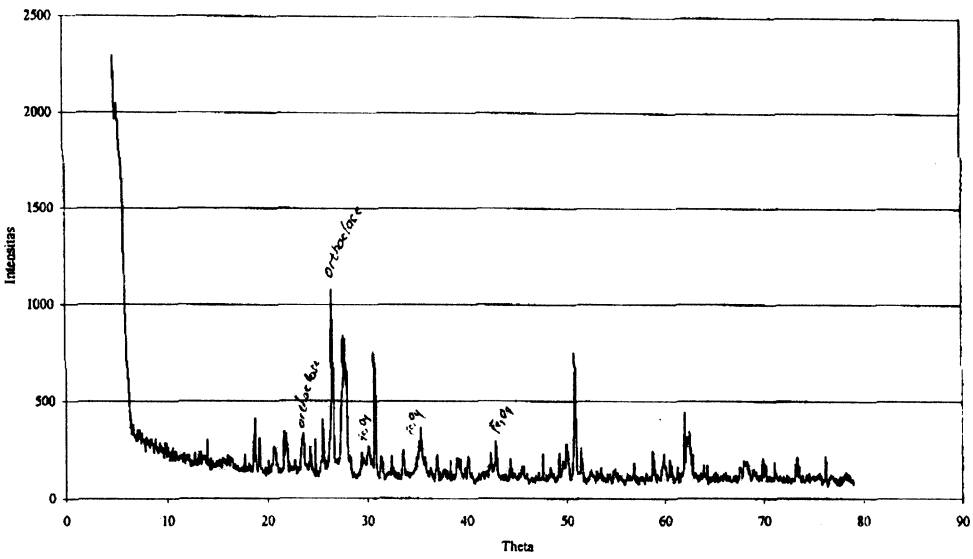


Gambar 3. Data dan grafik IRM bahan magnetik rendah dari sampel batuan berbagai tempat

(a)



(b)



Gambar 4. Hasil difraktogram XRD sampel batuan dari Kali Kuning (KK) dan Sikambe (SK)

Tabel 1. Data Nilai Susceptibility

Sebelum Separasi						Material Magnetik						Material Nonmagnetik					
No.	Sampel	Massa	Susep.	vol (10^{-5})	c(10^{-5})	No.	Sampel	Massa	Susep.	vol(10^{-5})	c(10^{-5})	No.	Sampel	Massa	Susep.	VoL(10^{-5})	c(10^{-5})
1	SK1A	1,592	83	0,03	33136,7	16	SK1B	0,764	130,1	0,01	108232,6	24	SK1C	1,4345	7	0,03	3101,5
2	SK2A	1,592	75,4	0,03	30102,5							25	SK2C	1,4345	7,6	0,03	3367,3
3	SK3A	1,592	76,5	0,03	30541,7												
4	SW1A	1,592	100,5	0,03	40123,4	17	SW1B	1,252	309,9	0,02	157322,8	26	SW1C	1,598	11,1	0,03	4414,9
5	SW2A	1,592	100,2	0,03	40003,6							27	SW2C	1,598	11,7	0,03	4653,5
6	SW3A	1,592	111,4	0,03	44475,1												
7	KGU1A	1,592	97,5	0,03	38925,7	18	KGU1B	1,5605	103.2	0,03	42033,0	28	KGU1C	1,48	74	0,03	31779,3
8	KGU2A	1,592	88,2	0,03	35212,7	19	KGU2B	1,5605	93	0,03	37878,6						
9	KGU3A	1,592	92,8	0,03	37049,2												
10	PB1A	1,592	296,9	0,03	118533,6	20	PB1B	1,105	378,9	0,02	217939,9	29	PB1C	1,152	52,9	0,02	29186,2
11	PB2A	1,592	266,5	0,03	106396.8	21	PB2B	1,105	387	0,02	222598,9	30	PB2C	1,152	72,8	0,02	40165,5
12	PB3A	1,592	272,8	0,03	108912,0												
13	KK1A	1,592	304,3	0,03	121488,0	22	KK1B	1,1435	462,3	0,02	256957,9	31	KK1C	1,788	54,8	0,03	19479,9
14	KK2A	1,592	361,9	0,03	144484,0	23	KK2B	1,1435	503	0,02	279580,0						
15	KK3A	1,592	373,3	0,03	149035,3												

Ket : SK: Sikambe ; SW: Suwur ; PB: Pasar Bubar ; KGU: Kali Gendol Utara ; KK: Kali Kuning

Volume 3 No. 2, Pebruari 2002, hal : 68 - 74
ISSN : 1411-1098

Ini disebabkan bahan alam tidak secara murni mengandung satu minenal magnetik dan jumlah bahan yang diukur cukup kecil. Selain itu dapat dibuktikan pula pada pengukuran intensitas yang menghasilkan kurva saturasi pada saat nilai medan 200 mT, yang merupakan karakteristik dari mineral *magnetite* dan ketika penganalisaan dengan difraksi sinar-x menampilkan bahan yang ada terdiri dari beberapa mineral magnetik dan salah satunya adalah *magnetite* (lihat Gambar 4).

Terlihat bahwa bahan yang ada tidak banyak mengandung mineral *magnetite*, namun perlu diperhatikan bahwa keberadaannya 0,1 % dari keseluruhan volume yang terukur, memberikan kontribusi total sebanyak 80 %.

KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat ditarik dari penelitian ini adalah:

1. Nilai *susceptibility* batuan berbeda-beda berdasarkan sifat kemagnetannya.
2. Batuan lava lebih banyak mengandung mineral *magnetite* dibandingkan batuan intrusi.

DAFTAR ACUAN

[1]. BUTLER, *Palaeomagnetism*, (1992)
[2]. Environmental Magnetism Workshop, University of Minnesota, (1991).
[3]. JOHN DEARING, *Environmental Magnetic Susceptibility*, chi Publishing, England, (1994).
[4]. ROBERT H. DOLT, JN, ROGER L.BATTEN, MC. GRAW, *Evolution of the earth,* United states of America, (1988).
[5]. THOMAS J, AHRENS, *Rock Physics and Phase Relation,* American Geophysical Union, America, (1995).