PENGUKURAN ANISOTROPI MAGNETIK *SUSCEPTIBILITY* BATUAN VULKANIK GUNUNG MERAPI DI JAWA TENGAH

Wahyuni[1], Nurlaela Rauf[1] dan Satria Bijaksana[2]

[1]. *Jurusan Fisika, FMIPA, UNHAS*
Jl. Perintis Kemerdekaan KM 10, Makassar
[2]*Jurusan Fisika, ITB*
Jl Ganesha 10, Bandung

ABSTRAK

PENGUKURAN ANISOTROPI MAGNETIK *SUSCEPTIBILITY* BATUAN VULKANIK GUNUNG MERAPI DI JAWA TENGAH. *Anisotropy Magnetic Susceptibility* (AMS) adalah gambaran perbedaan harga *susceptibility* magnetik pada suatu sampel yang bergantung pada arah atau orientasi medan yang mempengaruhinya. Dua puluh dua sampel dari empat daerah gunung merapi, di Jawa Tengah telah diukur anisotropi *susceptibility* magnetiknya dengan menggunakan MS2 Bartington. Kedua puluh dua sampel tersebut menunujukkan *susceptibility* yang tinggi sampai dengan 8037,5 x 10^{-5} (SI unit). Sebelas sampel sangat anisotropik (dengan derajat anisotropi mencapai 16%). Sampel lainnya memiliki derajat anisotropi kurang dari 6% (dari daerah pasar bubar, Kali Kuning, Kali Gendong, Kali Gendol Utara), hal ini menunjukkan bahwa sebagian sampel dapat digunakan dalam *paleomagnetik.*

Kata kunci: Anisotropi, *magnetic susceptibility, paleomagnetik*

ABSTRACT

ANISOTROPY MAGNETIC SUSCEPTIBILITY MEASUREMENTS OF VULCANIC ROCK FROM MERAPI MOUNTAIN IN CENTRAL JAVA. Anisotropy Magnetic suseptibility indicated a differences of Magnetic susceptibility value of a sample due to the direction or orientation of magnetic field on it.The 22 sample's were taken from four area around Merapi mountain in central Java and their Anisotropy Magnetic susceptibility were measured by using MS2 Bartington. The 22 sample's shown a high susceptibility value about 8037.5 x10^{5}. Eleven sample's have high anisotropy (it's anisotropy degree about 16%). The rest of the sample have an anisotropy degree less than 6% (sample's from pasar bubar, Kali Kuning, Kali Gendong, Kali Gendol Utara). This result give an indication that a part of the sample's can be used for paleomagnetic.

Key words: Anisotropy, magnetic susceptibility, paleomagnetic.

PENDAHULUAN

Sifat fisis suatu bahan merupakan fungsi dari arahnya. Suatu bahan dikatakan isotropik jika sifat fisis bahan tersebut tidak bergantung pada arah atau orientasi medan yang mempengaruhi. Bahan seperti ini sangat sedikit terdapat di alam karena kebanyakan bahan di alam bersifat anisotropi. Sementara itu, secara khusus bahan dikatakan anisotropi secara magnetik apabila sifat magnetiknya tergantung pada arah atau orientasi medan yang mempengaruhinya.

Anisotropy Magnetic Susceptibility (AMS) merupakan gambaran tentang perbedaan harga *susceptibility* magnetik pada suatu sampel bergantung pada arah medan luar. Pengukuran AMS ini dilakukan untuk berbagai keperluan antara lain menentukan arah yang paling mudah untuk memagnetisasi sampel, mengetahui distribusi mineral magnetik dan bentuk bulir magnetik. Untuk keperluan praktis seperti pada studi paleomagnetik, AMS sangat penting untuk menentukan cocok tidaknya sampel dalam merekam arah medan magnetik bumi [1].

ANISOTROPI *SUSCEPTIBILITY* MAGNETIK

Suatu bahan (batuan) dikatakan isotropik jika sifat-sifat bahan (batuan) tidak bergantung pada arahnya.

Volume 3 No. 2, Pebruari 2002, hal : 75 - 78
ISSN : 1411-1098

Bahan (batuan) dikatakan isotropik secara magnetik jika sifat-sifat magnetik bahan (batuan) tersebut tidak bergantung pada arah atau orientasi medan yang mempengaruhinya. Bahan seperti ini sangat sedikit terdapat di alam. Sementara itu, bahan dikatakan anisotropik secara magnetik apabila sifat-sifat magnetiknya bergantung pada arah atau orientasi medan yang mempengaruhinya.

METODA PENGUKURAN

Sampel yang digunakan berasal dari daerah sekitar puncak gunung Merapi yaitu Pasar Bubar, Kali Kuning, Kali Gendol dan Kali Gendong Utara. Sampel tersebut dibuat dalam bentuk core berdiameter 2,54 cm dan tinggi 2,52 cm dengan menggunakan *Bartington Portable Rock Drill.*

Untuk pengukuran AMS digunakan instrumen *Bartington Magnetic Susceptibility Meter* model MS2 (*Bartington Instruments Ltd, Oxford, United Kingdom*). Data yang diperoleh kemudian digunakan untuk menghitung derajat anisotropi, lineasi magnetik, foliasi magnetik, dan faktor bentuk yang diolah dalam software MATLAB.

PENGUKURAN ANISOTROPI MAGNETIK

Ada tiga metoda yang dapat dipakai untuk mengukur anisotropi magnetik, yaitu : (i) pengukuran langsung magnetisasi yang timbul, (ii) menggunakan instrument yang mengukur suseptibiltitas isotropik, dan (iii) menggunakan suatu sistem yang hanya merespon suseptibilitas anisotropinya. Masing-masing metoda menyediakan informasi yang dapat menjelaskan anisotropi *susceptibility* dalam bentuk *ellipsoid triaksial.* Ketika medan lemah dikenakan pada spesimen anisotropi magnetik, magnetisasi yang timbul (M) tidak paralel dengan H dan terdapat tiga komponen *orthogonal* dapat di definisikan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} M_x &= k_{xx}H_x + k_{xy}H_y + k_{xz}H_z \\ M_y &= k_{yx}H_x + k_{yy}H_y + k_{yz}H_z \\ M_z &= k_{zx}H_x + k_{zy}H_y + k_{zx}H_z \end{aligned} \qquad (1)$$

Yang ekivalen dengan $M_i = k_{ij}H_j$ (i = 1,2,dan 3), dimana k_{ij} = tensor *susceptibility* orde kedua yang dapat dinyatakan dalam bentuk matriks :

$$k_{ij} = \begin{bmatrix} k_{xx} & k_{xy} & k_{xz} \\ k_{yx} & k_{yy} & k_{yz} \\ k_{zx} & k_{zy} & k_{zz} \end{bmatrix} \qquad (2)$$

Dari parameter-parameter tersebut, $k_{xy} = k_{yx}$; $k_{yz} = k_{zy}$; $K_{zx} = k_{xz}$, dan 6 komponen bebas harus ditentukan untuk mendefinisikan suseptibilitas ellipsoid. Bagaimanapun pengulangan-pengulangan pengukuran sangat diperlukan untuk meminimalkan kesalahan-kesalahan dalam penentuan parameter tersebut.

PERHITUNGAN

Secara umum magnetisasi **M**, dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\mathbf{M} = \chi\mathbf{H} \qquad (3)$$

Dimana χ adalah *susceptibility* dan **H** adalah kuat medan. Untuk magnetisasi akibat medan yang lemah dan searah, maka magnetisasi diatas disebut sebagai $\mathbf{M}_0$ dan *susceptibility*nya disebut sebagai *susceptibility* inisial. Persamaan (1) dapat ditulis sebagai berikut:

$$\mathbf{M}_0 = \chi\mathbf{H} \qquad (4)$$

Metoda AMS menggunakan sifat anisotropi dari *susceptibility* inisial ini.

Pada bahan yang isotropik, χ adalah skalar karena **M** dan **H** searah, sedangkan untuk bahan χ anisotropik adalah tensor karena **M** dan **H** tidak searah. Persamaan (1) untuk bahan anisotropik dapat ditulis juga sebagai berikut:

$$\mathbf{Mi} = \chi\mathrm{ii}.\mathbf{Hi} + \chi\mathrm{ij}.\mathbf{Hj} + \chi\mathrm{ik}.\mathbf{Hk} \qquad (5)$$

dimana i, j, k = 1,2,3 merupakan sumbu sistem koordinat kartesian; $\mathbf{M}_i$ adalah komponen magnetisasi dalam arah **i**; $\mathbf{H}_i$ adalah komponen medan searah dalam arah **i** dan χii adalah tensor simetrik orde dua (χij = χji), yang menunjukkan *susceptibility* .

Tensor *susceptibility* ini ditandai dengan enam komponen tensor χ11, χ22, χ33, χ31, χ32 dan χ12. Karena sifat simetrik tersebut suseptibilitas ini berkaitan dengan tiga nilai eigen (χ1, χ2 dan χ3) dan tiga vektor *eigen*. Ketiga nilai *eigen* disebut sebagai nilai *susceptibility* prinsipal (utama) sementara vektor-vektor *eigen* mengacu pada arah dari masing-masing *susceptibility* utama tersebut. Vektor-vektor *eigen* ini dapat dijadikan sebagai basis bagi sistem koordinat yang mengacu pada nilai-nilai *susceptibility* utama. Secara umum nilai-nilai dan vektor-vektor *eigen* dinyatakan sebagai sebuah *ellipsoida.*

Tiga sumbu orthogonal OX_1, OX_2 dan OX_3 yang menunjukkan orientasi utara geografi sampel (1=Utara, 2=Timur , 3=Down) digunakan sebagai sistem koordinat acuan. Secara umum *susceptibility* sepanjang sumbu tidak tetap OX_m yang dilambangkan dengan **m** diberikan oleh persamaan berikut:

$$A_m = C_{mi}C_{mj}\chi_{ij}$$

Dimana C_{mi} dan C_{mj} adalah arah cosinus **m** relatif pada sumbu-sumbu acuan **i** dan **j** , sedangkan A_m adalah intensitas remanen yang diukur dalam arah **m**. Pola pengukurannya dapat dilihat pada Tabel 1.

Arah cosinus (koordinat geometri ruang) sumbu-sumbu *North*, *East* dan *Down* (N, E, D) dapat dinyatakan sebagai berikut:

A_1 (1, 0, 0) A_4 $(1/\sqrt{2}, 1/\sqrt{2}, 0)$ A_7 $(-1/\sqrt{2}, 1/\sqrt{2}, 0)$

A_2 (0, 1, 0) A_5 $(1/\sqrt{2}, 0, 1/\sqrt{2})$ A_8 $(-1/\sqrt{2}, 0, 1/\sqrt{2})$

A_3 (0, 0, 1) A_6 $(0, 1/\sqrt{2}, 1/\sqrt{2})$ A_9 $(0, -1/\sqrt{2}, 1/\sqrt{2})$

Jika ditulis dalam notasi matriks sebagai berikut:

$$A = \theta X \tag{7}$$

Dimana:

$$A = \begin{Vmatrix} A_1 \\ A_2 \\ A_3 \\ A_4 \\ A_5 \\ A_6 \\ A_7 \\ A_8 \\ A_9 \end{Vmatrix}, \quad \theta = \begin{Vmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ \frac{1}{2} & \frac{1}{2} & 0 & 0 & 0 & 1 \\ \frac{1}{2} & 0 & \frac{1}{2} & 0 & 1 & 0 \\ 0 & \frac{1}{2} & \frac{1}{2} & 1 & 0 & 0 \\ \frac{1}{2} & \frac{1}{2} & 0 & 0 & 0 & -1 \\ \frac{1}{2} & 0 & \frac{1}{2} & 0 & -1 & 0 \\ 0 & \frac{1}{2} & \frac{1}{2} & -1 & 0 & 0 \end{Vmatrix} \quad X = \begin{Vmatrix} \chi_{11} \\ \chi_{22} \\ \chi_{33} \\ \chi_{23} \\ \chi_{31} \\ \chi_{12} \end{Vmatrix}$$

Tensor anisotropi tersebut dapat dihitung dengan metoda sebagai berikut:

$$X = (\theta_t \theta)^{-1} \theta_t A \tag{8}$$

dimana θ_t adalah matriks *transpose* dari θ dan $(\theta_t \theta)^{-1}$ adalah $1/(\theta\theta)$ sehingga persamaan tersebut menjadi:

$$\begin{Vmatrix} \chi_{11} \\ \chi_{22} \\ \chi_{33} \\ \chi_{23} \\ \chi_{31} \\ \chi_{12} \end{Vmatrix} = \frac{1}{18} \begin{Vmatrix} 10 & -2 & -2 & 4 & 4 & -2 & 4 & 4 & -2 \\ -2 & 10 & -2 & 4 & -2 & 4 & 4 & -2 & 4 \\ -2 & -2 & 10 & -2 & 4 & 4 & -2 & 4 & 4 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 9 & 0 & 0 & -9 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 9 & 0 & 0 & -9 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 9 & 0 & 0 & -9 & 0 & 0 \end{Vmatrix} \begin{Vmatrix} A_1 \\ A_2 \\ A_3 \\ A_4 \\ A_5 \\ A_6 \\ A_7 \\ A_8 \\ A_9 \end{Vmatrix} \tag{9}$$

Berdasarkan perbandingan suseptibilitas prinsipal, parameter-parameter yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Derajat anisotropi dalam persen (P%) yang didefenisikan sebagai berikut:

$$P(\%) = ((\chi_1/\chi_3) - 1)x100\%$$

2. Lineasi magnetik (L) yang didefenisikan sebagai berikut:

$$L = \chi_1/\chi_2$$

3. Foliasi magnetik (F) yang didefenisikan sebagai berikut:

$$F = \chi_2/\chi_3$$

4. Faktor bentuk (T) yang didefenisikan sebagai berikut:

$$T = (\ln F - \ln L)/(\ln F + \ln L)$$

Jika P = 1, maka sampel bersifat isotropik. Jika P semakin besar maka sampel semakin anisotropik. Untuk faktor bentuk (T), jika nilainya positif menunjukkan bahwa foliasi magnetik mendominasi dan jika negatif menunjukkan bahwa lineasi magnetik mendominasi. Interpretasi T dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 2.1. Interpretasi faktor bentuk T

T = -1	Lineasi magnetik meningkat
-1 < T < 0	Lineasi magnetik mendominasi
T = 0	Lineasi dan foliasi magnetik meningkat dengan derajat yang sama
0 < T < 1	Foliasi magnetik mendominasi
T = 1	Foliasi magnetik meningkat

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengukuran *susceptibility* magnetik pada sampel tersebut menunjukkan hasil dengan rata-rata berkisar dari 1189.2 x 10^{-6} sampai 8037.5 x 10^{-6} dalam satuan SI. Lampiran A menyimpulkan hasil pengukuran *susceptibility* magnetik. Derajat anisotropik untuk sampel tersebut bervariasi dari 0.91% sampai 11.4%. Faktor bentuk dari 12 sampel ini adalah 1 (lampiran), hal ini menunjukkan bahwa foliasi magnetiknya meningkat dan lebih dominan sehingga bentuk anisotropinya pipih.

Sampel yang dianggap cukup stabil (memiliki derajat anisotropi kurang dari 6%) adalah sampel yang berasal dari Kali Kuning, Kali Gendong, Kali Gendol utara. Sehingga sampel yang berasal dari daerah tersebut dapat digunakan dalam bidang *paleomagnetik*

KESIMPULAN

Dari hasil pengukuran dan pengolahan data dapat disimpulkan bahwa derajat Anisottropi magnetik dari daerah Kalil Kuning, Kali Gendong, dan Kali Gendol Utara < 6%. Foliasi magnetiknya lebih dominan daripada lineasi magnetiknya . Sampel tersebut cocok untuk kajian Paleomagnetik. Sedangkan, dari daerah Pasar Bubar derajat Anisotropi > 6%, sehingga tidak cocok digunakan dalam Studi *Paleomagnetik*.

Volume 3 No. 2, Pebruari 2002, hal : 75 - 78
ISSN : 1411-1098

DAFTAR ACUAN

1. BUTLER, RF, *Paleomagnetism*, Blackswell scientific Publication, (1992).
2. BIJAKSANA, S., *Magnetic Anisotropy of Cretaceous Deep Sea Sedimentary Rock from the Pasific Plate*, Unpublished M.Sc Thesis, Memorial University of Newfoundland, Canada, (1991).
3. TARLING, D. H., HROUDA, F., *The Magnetic Anisotropy of Rock*, Chapman and Hall, (1993).