

Isotermal Remanent Magnetisation

Wawan Purnama

Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Pendidikan Teknologi dan Kejuruan
Universitas Pendidikan Indonesia
Jalan Dr. Setiabudhi nomor 229 Bandung 40154
e-mail: wawanpurnama@gmail.com

Abstrak— Pengukuran IRM bertujuan untuk mendapatkan keadaan saturasi sampel yang sedang diuji. Pengukuran ini dilakukan dengan meletakkan sampel yang sudah selesai didemagnetisasi berada ditengah kutub magnet, kemudian diberikan medan yang dihasilkan oleh elektromagnetik Weiss dengan arus listrik yang dapat diterima sebesar 16 A dengan tegangan power supply 120 V DC serta tahanan listrik 6,6 Ohm. Untuk mendapatkan medan magnet yang kuat, tentu saja diperlukan arus listrik yang besar dan untuk menjaga efek panas yang ditimbulkan dari arus yang besar tadi maka elektromagnet Weiss didinginkan dengan air yang dialirkan melalui pipa pendingin dengan pompa. Kuat medan yang ditimbulkan oleh elektromagnet Weiss, selain bergantung pada arus juga bergantung pada jarak kutub-kutub magnetnya. Hasil pengukuran yang didapat semestinya menunjukkan hubungan yang linier antara medan magnet dengan arus listrik melalui hubungan $M = ai + b$ dimana M menyatakan besarnya medan magnet dalam kumparan elektomagnet Weiss, i menyatakan besarnya kuat arus dalam Ampere sedangkan a dan b adalah angka hasil pengukuran yang didapat yakni $a=80,26$ dan $b=12,03$. Pengukuran IRM dilakukan dengan alat Minispin Magnetometer dengan prosedur yang sama seperti pada pengukuran NRM, catat besarnya intensitas magnetisasi yang ditunjukkan sebagai akibat induksi dari medan magnet oleh elektromagnetik Weiss, kemudian naikkan medan yang diberikan dengan cara mengatur posisi switch ke posisi ke-2 kemudian catat besar kuat arus yang ditimbulkannya. Setelah

pemberian medan selesai dilakukan, kemudian ukur lagi IRMnya dengan prosedur yang sama seperti sebelumnya sampai mendapatkan saturasi sampel yang sedang di uji. Biasanya jumlah step yang diperlukan untuk saturasi antara 11-15 step atau mungkin juga kurang dari itu. Sampel yang akan diukur IRMnya ini diambil satu dari setiap site dengan mempertimbangkan bahwa sampel tersebut peluruhan intensitasnya lambat, karakterisasi deklinasi, inklinasi dan α_{95} yang cukup signifikan dan tidak berbeda jauh dengan nilai karakterisasi lainnya.

Keywords— *isothermal, remanen, magnetisasi.*

Abstract— *Measurement IRM aims to get the saturation state of the sample being tested. This measurement is done by placing a sample of the finished didemagnetisasi in center of magnetic poles, then given electromagnetic field generated by electric currents Weiss with an acceptable rate of 16 A with voltage of 120 V DC Power Supply and electrical resistance 6,6 Ohm. To obtain a strong magnetic field, of course, required large electrical currents and to keep the heat effect resulting from large currents Weiss electromagnet was then cooled with water that flowed through the cooling pipe with pompa. Kuat electromagnetic field generated by Weiss, in addition to relying the flow is also dependent on the distance of the magnetic poles. The measurement results obtained should show a linear relationship between the magnetic field with an electric current through the relationship $M = ai + b$ where M states in the magnitude of the magnetic field coil elektomagnet*

Weiss, i declare a strong magnitude of the current in Amperes, while a and b is the number of measurement results obtained ie $a = b = 80.26$ and 12.03 . IRM measurements performed by means of Minispin Magnetometers with the same procedure as in the measurement of NRM, note the magnitude of the intensity of magnetization is shown as a result of the magnetic field induced by electromagnetic Weiss, then raise the terrain is given by way of adjusting the position switch to position 2 and note the large strong currents caused. After administering field is done, then measure again IRMnya with the same procedure as before to obtain saturation of the sample being tested. Usually the number of steps required for saturation between 11-15 step or maybe less. IRMnya sample to be measured is taken one from each site by considering that the sample is slow decay of its intensity, the characterization of α_s which is quite significant and does declination, inclination and not vary much with the other characterization.

Keywords: web page interface, current, voltage, apparent power, realtime chart

I. PENDAHULUAN

Pengukuran *remanen magnetic* bertujuan untuk mendapatkan keadaan saturasi sampel yang sedang diuji. Pengukuran ini dilakukan dengan meletakkan sampel yang sudah selesai didemagnetisasi berada ditengah kutub magnet, kemudian diberikan medan yang dihasilkan oleh elektromagnetik Weiss dengan arus listrik yang dapat diterima sebesar 16 A dengan tegangan Power Supply 120 V DC serta tahanan listrik 6,6 Ω .

Untuk mendapatkan medan magnet yang kuat, diperlukan arus listrik yang besar dan untuk menjaga efek panas yang ditimbulkan dari arus yang besar tadi maka elektromagnet Weiss didinginkan dengan air yang dialirkan melalui pipa pendingin dengan pompa. Kuat medan yang ditimbulkan oleh electromagnet.

A. Material Dan Mineral Magnetik

Berdasarkan jenis dan jumlah relatif mineral-mineral ferromagnetiknya serta sifat dari material magnetiknya, material magnetik dapat ditinjau dalam tiga grup utama yaitu :

- Diamagnetik, sifat material ini sangat lemah kemagnetannya jika dibandingkan dengan ferromagnetik dan sesungguhnya material ini tidak bergantung pada temperatur. Logam-logam yang memiliki sifat diamagnetik diantaranya : Tembaga (Cu), Emas (Au), Perak (Ag) dan Timah (Pt).
 - Paramagnetik, sifat material ini dapat memperoleh magnetisasi hanya dari induksi oleh medan magnet eksternal. Magnetisasinya memiliki arah yang sama dengan medan magnet induksi.
 - Ferromagnetik, sifat material yang ditandai dengan adanya magnetisme spontan walaupun tidak ada medan magnet dinamakan ferromagnetik, tetapi jika bahan ferromagnetik dipanaskan sampai diatas temperatur kritis kemampuan untuk memiliki medan magnetik permanennya hilang. Saturasi magnetisasi akan menurun akibat naiknya temperatur dan menjadi nol pada temperatur curie (TC) yang merupakan karakteristik dari material ferromagnetik (580 $^{\circ}$ C untuk magnetite dan 680 $^{\circ}$ C untuk hematite). Ferromagnetik yang diatas temperatur currianya bersifat paramagnetik dinamakan ferrimagnetik. Magnetite adalah contoh ferrimagnetik yang paling populer, sedangkan ferromagnetik yang mempunyai pola momen magnetik yang anti paralel dibawah temperatur kritis (temperatur Neel) dinamakan anti ferromagnetik [1], [14]
- Mineral magnetik dapat dikenal dari sifat magnetik remanen yang dikandung dalam batuan, sedangkan pembawa sifat remanen pada batuan dapat di bedakan melalui kandungan oksida besi titanium (FeTi) yang dimiliki oleh mineral batuan tersebut. Berdasarkan kandungan oksida besi titanium dalam mineral magnetik maka mineral tersebut dapat di kategorikan ke dalam:
- Deret Titanomagnetite, terdiri dari larutan padat atau komposisi yang berbeda dari bahan (Fe₃O₄) magnetite dan (Fe₂TiO₄)

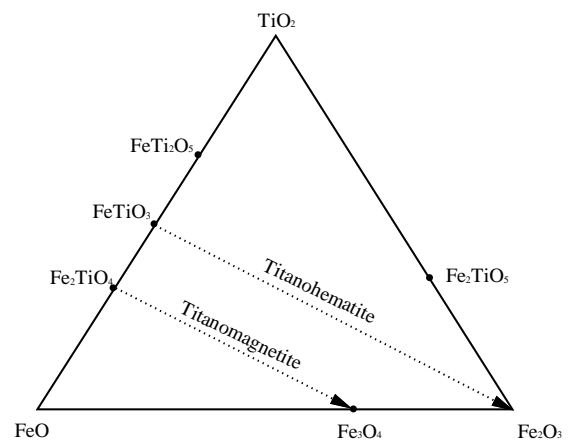
ulvospinel. Rumus kimia secara umum dari titanomagnetite adalah $Fe_{3-x}Ti_xO_4$ dengan $x=0,0$ untuk magnetite dan $x=1,0$ untuk ulvospinel. Karakter khusus magnetite (Fe_3O_4) merupakan mineral bertekstur kubus, warna gelap dan memiliki sifat magnetik yang kuat dengan saturasi magnetisasi yang beragam kecuali besi. Suseptibilitas intrinsik dari magnetite sangat tinggi, tetapi suseptibilitas asal yang efektif dari sekumpulan butiran yang tidak berinteraksi dipengaruhi oleh faktor demagnetisasinya [1]. Magnetite mengalami perubahan struktural dari kubus ke orthorombik pada temperatur $-145^\circ C$ sampai dengan $-155^\circ C$. Ulvospinel merupakan anggota terakhir dari titanomagnetite yang bersifat ferrimagnetik lemah dengan temperatur Neel 120 K. Pada temperatur ruang, ulvospinel merupakan paramagnetik dan dapat mengoksidasi ilmenite dan magnetite.

- Deret Titanohaematite, terdiri dari dua anggota terakhir yaitu haematite (α - Fe_2O_3) dan ilmenit ($FeTiO_3$) dengan perbandingan berbeda-beda yang sifat-sifatnya bervariasi sesuai komposisinya. Titanohaematite pada umumnya merupakan mineral yang tak tembus cahaya yang memiliki rumus umum $Fe_{2-x}Ti_xO_3$, $x=0,0$ untuk haematite dan $x=1,0$ untuk ilmenite. Ilmenite ($FeTiO_3$) merupakan paramagnetik pada temperatur diatas 60K, sedangkan dibawah temperatur ini ilmenite merupakan anti ferromagnetik, meleleh pada temperatur $1470^\circ C$ dan secara alami sering mengandung jejak magnetite atau haematite, merupakan mineral kehitam-hitaman tapi kelihatan putih keabu-abuan pada bagian yang disemir. Ilmenite sangat tahan pada perubahan cuaca, oleh karena itu selalu ada dalam beberapa sedimen. Haematite (α - Fe_2O_3) secara umum sangat bervariasi sifatnya. Titik leleh yang sebenarnya adalah $1750^\circ C$, akan tetapi diudara haematite berdisosiasi ke

magnetite. Pada temperatur $1400^\circ C$ haematite merupakan antiferromagnetik dan titik Currianya $680^\circ C$.

- Oksihidroksida Besi, merupakan bahan anti ferromagnetik dengan temperatur Neel $120^\circ C$, tetapi secara umum yang berada di alam bersifat ferromagnetik yang lemah. Oksihidroksida besi yang terpenting adalah goethite [2].

Untuk menunjukkan komposisi dari keluarga oksida besi titanium tersebut dapat di lihat pada ternary diagram berikut ini:



Gambar 1. Ternary diagram oksida besi titanium

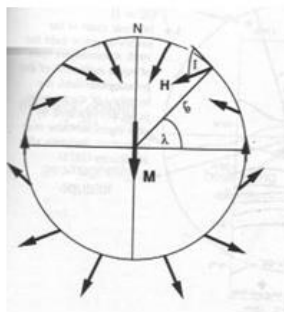
B. Batuan Beku

Batuan beku merupakan kumpulan mineral-mineral dari magma yang mengkristal, sedangkan magma adalah cairan kompleks yang mengandung silika, air serta berbagai macam gas yang berada di bawah permukaan bumi. Berdasarkan letak kejadiannya, batuan beku dibedakan atas batuan beku interusif yaitu batuan beku hasil dari pembekuan magma di dalam bumi dan batuan beku ekstrusif yaitu batuan beku hasil pembentukan magma di atas permukaan bumi. Batuan beku dapat dikenali dari komposisi mineral dan teksturnya. Komposisi mineral batuan beku berkaitan dengan warna batuan dan informasi mengenai magma asal batuan, sedangkan tekstur suatu batuan memberikan informasi tentang proses pembekuan yang dialami oleh magma tersebut[6] [13].

C. Medan Magnetik Bumi

1. Teori tentang medan magnetik bumi didasarkan pada suatu asumsi bahwa medan magnetik bumi merupakan suatu dipole dan merupakan sebuah vektor. Arah dari medan magnetik bumi dinyatakan dalam deklinasi dan inklinasi. Deklinasi adalah arah yang menunjukkan penyimpangan arah utara selatan magnet terhadap arah kutub utara-selatan bumi, sedangkan inklinasi menunjukkan arahnya terhadap bidang ekuator (horizontal). Arah kutub magnetik bumi tidak tetap tetapi dapat berubah-ubah yang kita kenal sebagai variasi sekuler yang dapat dilihat dari nilai perubahan posisi lintang kutub (λ_P) antara satu dengan site lainnya. Posisi lintang kutub untuk variasi sekuler yang berharga positif meng-indikasikan posisi tempat (site) tersebut berada di belahan bumi bagian utara, demikian sebaliknya. Disamping itu arah kutub magnetik bumi dapat juga mengalami *reversal* (pembalikan) yang dapat dilihat dari perolehan posisi lintang kutub (λ_P) yang berharga negatif terhadap posisi site lainnya, sehingga posisi site tersebut berada di selatan. [7], [12].

Model Geocentric Axial Dipole merupakan suatu model yang menunjukkan bahwa inklinasi medan magnetik bumi merupakan fungsi dari lintang. Dalam model ini ditunjukkan bahwa medan dipole magnetik rata-rata arahnya sejajar dengan sumbu rotasi bumi. Disamping itu model ini juga ditunjukkan bahwa sumbu geomagnetik berimpit dengan sumbu geografi, sehingga ekuator geomagnetik juga berimpit dengan ekuator geografi [2].



Gambar 2 : Model geocentric axial dipole

Apabila M adalah momen dipole magnetik, λ adalah lintang geografi yang berharga mulai dari -90° pada kutub geografi selatan hingga 90° pada kutub geografi utara, r adalah jari-jari bumi dari dipole magnetik. Kemudian H_h merupakan komponen horizontal, H_v merupakan komponen vertikalnya dari medan magnetik yang dihasilkan oleh dipole magnetik, maka H merupakan medan magnetik total yang dihasilkan dipole magnetik. Dari deskripsi parameter diatas didapat suatu rumusan berikut :

$$H_h = \frac{M \cos \lambda}{r^3} \quad (1)$$

$$H_v = \frac{2M \sin \lambda}{r^3} \quad (2)$$

Inklinasi I dapat dihitung dengan,

$$\tan I = \frac{H_v}{H_h} = 2 \tan \lambda \quad (3)$$

Untuk medan magnetik total H kita dapatkan,

$$H = \sqrt{H_h^2 + H_v^2} = \frac{M}{r^3} \sqrt{1 + 3 \sin^2 \lambda} \quad (4)$$

[11].

D. Natural Remanent magnetization (NRM)

Nilai NRM suatu batuan merupakan nilai magnetisasi mineral magnetik alamiah sebelum dilakukan proses demagnetisasi pada batuan tersebut. Proses magnetisasi pada batuan di alam terdiri dari dua jenis yakni magnetisasi primer dan magnetisasi sekunder.

Magnetisasi primer terjadi ketika mineral-mineral magnetik pada batuan beku melewati temperatur curie atau yang dinamakan Thermo Remanent Magnetization (TRM), namun tidak semua TRM diperoleh pada temperatur curie tetap beberapa puluh derajat dibawahnya, proses ini dinamakan Partial Thermo Remanent Magnetization (PTRM).

Magnetisasi sekunder ditimbulkan oleh beberapa sebab diantaranya proses kimiawi dari oksidasi pada batuan, proses ini dinamakan Chemical Remanent Magnetization (CRM). Sebab lain adalah saat mineral-mineral magnetik batuan tersambar petir yang

menyebabkan arah magnetisasi remanennya berubah, proses ini dinamakan Isothermal Remanent Magnetization (IRM).

Prosedur yang ditempuh untuk memisahkan magnetisasi primer dan magnetisasi sekunder pada batuan dilakukan dengan proses *Demagnetisasi* pada sample batuan. Proses ini dapat menghilangkan magnetisasi sekunder pada batuan, sehingga didapatkan informasi tentang arah magnetisasi mineral magnetik saat batuan itu terbentuk. Proses demagnetisasi yang dilakukan pada sample batuan dilakukan oleh alat Molspin AF Demagnetizer [3].

E. Virtual Geomagnetic Pole (VGP)

Untuk menentukan posisi suatu tempat (site) dimasa lampau, dimana posisi suatu tempat atau objek penelitian dianggap diam sementara posisi kutubnya dianggap berubah-ubah, dapat ditentukan dengan metode Virtual Geomagnetic Pole (VGP).

Penentuan posisi VGP meliputi λ_p dan ϕ_p , dimana λ_p merupakan posisi lintang purba dan ϕ_p merupakan posisi dari bujur purba. Untuk menentukan posisi VGP diperlukan data karakteristik arah rata-rata deklinasi, inklinasi, colatitude, posisi lintang dan posisi bujur saat ini, data tersebut diperoleh dari Geo Positioning System (GPS).) [4].

Perhitungan VGP dimulai dengan menentukan colatitude yaitu jarak putaran terbesar (*great-circle*) dari suatu site ke kutub yang dinyatakan dengan persamaan berikut,

$$p = \tan^{-1} \left(\frac{2}{\tan I_m} \right) \quad (5)$$

yang memberikan lintang kutub sebagai berikut,

$$\lambda_p = \sin^{-1}(\sin \lambda_s \cos p + \cos \lambda_s \sin p \cos D_m) \quad (6)$$

Perbedaan bujur antara kutub dan site dilambangkan dengan β adalah positif menuju timur dari meridian Greenwich dan diberikan oleh persamaan,

$$\beta = \sin^{-1} \left(\frac{\sin p \sin D_m}{\cos \lambda_p} \right) \quad (7)$$

Pada bagian ini dalam perhitungan, ada dua kemungkinan untuk posisi kutub bujur. Jika,

$$\cos p \geq \sin \lambda_s \sin \lambda_p \quad (8)$$

maka posisi bujur dapat dihitung dengan persamaan berikut,

$$\phi_p = \phi_s + \beta \quad (9)$$

Tetapi jika,

$$\cos p < \sin \lambda_s \sin \lambda_p \quad (10)$$

maka posisi bujur dihitung dengan persamaan,

$$\phi_p = \phi_s + 180 - \beta \quad (11)$$

II. METODE

Dalam penelitian ini, metode yang digunakan yaitu melakukan eksperimen dengan diawali studi literature dan analisis data –data pendukung selain melakukan diskusi dengan peneliti yang memiliki kesamaan kajian. Studi literature dilakukan dengan mengkaji beberapa materi dalam buku dan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya dari jurnal dan hasil riset.

Lokasi penelitian dilakukan di daerah istimewa jogyakarta yaitu di sungai bondalem, gunung suru, gunung sekopiah dan parangtritis

Pengukuran dilakukan terhadap specimen batuan beku andesit dengan menggunakan minispin magnetometer untuk mengetahui arah medan magnet saat batuan beku terbentuk dan elektromagnetik Weiss untuk mengukur sifat isothermal remanennya.

Yang menjadi variabel yang diukur dalam penelitian ini adalah sifat remanen magnetic dan sifat isothermal remanen magnetiknya Studi literature dilakukan dengan mengkaji beberapa materi dalam buku dan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya dari jurnal dan hasil riset.

Diskusi dilakukan dengan rekan-rekan satu lab yang memiliki kajian yang sama dengan tema yang berbeda sesuai bidang garapan masing-masing sebelum di diseminasikan di lingkungan terbatas laboratorium.

A. Metode Statistik Fisher

Melalui fungsi distribusi probabilitas, sampel dapat ditentukan arah paleomagnetiknya seperti rata-rata deklinasi, rata-rata inklinasi, nilai karakteristik (k) serta derajat kepercayaan (α_{95}) terhadap arah-arah yang diperoleh dari hasil pengukuran [3]. Untuk menghitung rata-rata arah dari N vektor misalnya, perlu ditentukan cosinus arah dari vektor-vektor individualnya yakni,

$$l_i = \cos I_i \cos D_i \quad m_i = \cos I_i \sin D_i \quad n_i = \sin I_i \quad (12)$$

Dimana D_i adalah deklinasi ke- i ; I_i adalah inklinasi ke- i ; dan l_i , m_i dan n_i cosinus arah terhadap arah utara, timur dan down. Selanjutnya rata-rata dari cosinus arah l_i , m_i dan n_i dinyatakan sebagai berikut.

$$l = \frac{\sum_{i=1}^N l_i}{R} \quad m = \frac{\sum_{i=1}^N m_i}{R} \quad n = \frac{\sum_{i=1}^N n_i}{R} \quad (13)$$

dimana R adalah vektor resultan yang diberikan oleh,

$$R^2 = \left(\sum_{i=1}^N l_i \right)^2 + \left(\sum_{i=1}^N m_i \right)^2 + \left(\sum_{i=1}^N n_i \right)^2 \quad (14)$$

berdasarkan persamaan (13) dan (14) maka arah deklinasi dan inklinasi rata-ratanya dapat ditentukan yakni:

$$D_m = \tan^{-1} \left(\frac{m}{l} \right) \quad \text{dan} \quad I_m = \sin^{-1}(n) \quad (15)$$

Selanjutnya nilai karakteristik (k) yang merupakan suatu ukuran dari sebaran suatu populasi arah dapat dihitung dengan persamaan berikut.

$$k = \frac{N - 1}{N - R} \quad (16)$$

Dalam statistik Fisher, arah rata-rata sampel yang kita ukur dinyatakan oleh nilai α_{95} (dalam steradian) yang menunjukkan derajat kepercayaan terhadap hasil pengukuran yang dilakukan, semakin kecil nilai α_{95} berarti hasil pengukuran yang kita lakukan sudah benar dan cukup akurat. Besarnya derajat kepercayaan terhadap distribusi arah yang diperoleh dapat di hitung dengan persamaan berikut.

$$\alpha_{95} \approx \frac{140^\circ}{\sqrt{kN}} \quad [5]$$

B. Pengukuran Isothermal Remanent Magnetization (IRM)

Pengukuran IRM bertujuan untuk mendapatkan keadaan saturasi sampel yang sedang diuji. Pengukuran ini dilakukan dengan meletakkan sampel yang sudah selesai didemagnetisasi berada ditengah kutub magnet, kemudian diberikan medan yang dihasilkan oleh elektromagnetik Weiss dengan arus listrik yang dapat diterima sebesar 16 A dengan tegangan Power Supply 120 V DC serta tahanan listrik $6,6\Omega$ [8].

Untuk mendapatkan medan magnet yang kuat, tentu saja diperlukan arus listrik yang besar dan untuk menjaga efek panas yang ditimbulkan dari arus yang besar tadi maka elektromagnet Weiss didinginkan dengan air yang dialirkan melalui pipa pendingin dengan pompa.

Kuat medan yang ditimbulkan oleh elektromagnet Weiss, selain bergantung pada arus juga bergantung pada jarak kutub-kutub magnetnya. Hasil pengukuran yang didapat semestinya menunjukkan hubungan yang linier antara medan magnet dengan arus listrik melalui hubungan $M = ai + b$ dimana M menyatakan besarnya medan magnet dalam kumparan elektromagnet Weiss, i menyatakan besarnya kuat arus dalam Ampere sedangkan a dan b adalah angka hasil pengukuran yang didapat yakni $a=80,26$ dan $b=12,03$.

Pengukuran IRM dilakukan dengan alat Minispin Magnetometer dengan prosedur yang sama seperti pada pengukuran NRM, catat besarnya intensitas magnetisasi yang ditunjukkan sebagai akibat induksi dari medan magnet oleh elektromagnetik Weiss, kemudian naikan medan yang diberikan dengan cara mengatur posisi switch ke posisi ke-2 kemudian catat besar kuat arus yang ditimbulkannya. Setelah pemberian medan selesai dilakukan , kemudian ukur lagi IRMnya dengan prosedur yang sama seperti sebelumnya sampai mendapatkan saturasi sampel yang sedang di uji. Biasanya

jumlah step yang diperlukan untuk saturasi antara 11-15 step atau mungkin juga kurang dari itu [10].

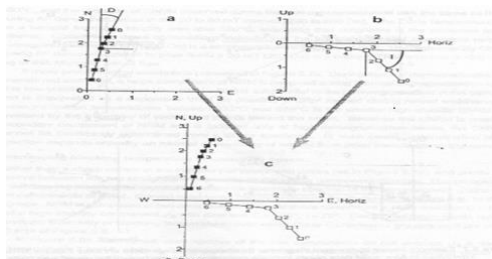
Sampel yang akan diukur IRMnya ini diambil satu dari setiap site dengan mempertimbangkan bahwa sampel tersebut peluruhan intensitasnya lambat, karakterisasi deklinasi, inklinasi dan α_{95} yang cukup signifikan dan tidak berbeda jauh dengan nilai karakterisasi lainnya [9].

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data yang diperoleh dari hasil pengukuran dalam penelitian ini diproses, kemudian hasilnya disajikan dalam bentuk: kurva peluruhan intensitas NRM, plot Zijderveld, plot Stereonet dan kurva saturasi IRM.

Plot peluruhan NRM diperoleh dengan cara memplot nilai intensitas relatif (I/I_0) pada sumbu vertikal dan nilai medan demagnetisasi pada sumbu horizontal, kemudian dari data peluruhan tersebut dilihat kestabilan nya dengan memperhatikan kemiringan dari grafik yang diperoleh. Tingkat kestabilan data yang baik ditunjukkan oleh grafik peluruhan yang relatif landai.

Plot zijderveld diperoleh dari proyeksi vektor magnetisasi remanen pada bidang XY dan XZ yang ditunjukkan oleh nilai deklinasi dan inklinasi yang diperoleh dari proses demagnetisasi sampel. Proyeksi deklinasi dan inklinasi tersebut yaitu : X untuk arah utara-selatan, Y untuk arah barat timur dan Z untuk up-down. Apabila plot dari deklinasi dan inklinasi menunjukkan arah yang konsisten menyerupai garis lurus yang menuju ke pusat koordinat, berarti komponen NRM primer dari sampel tersebut dianggap baik.



Gambar 3: Plot zijderveld (a) diagram arah deklinasi (b) diagram arah inklinasi (c) gabungan a dan b

Plot stereonet merupakan transformasi dari deklinasi dan inklinasi ke dalam *stereografis* dengan tujuan untuk memudahkan dalam melihat pola dan arah dari deklinasi dan inklinasi pada setiap step demagnetisasi. Indikasi kestabilan arah dari sampel dapat dilihat dari keadaan titik-titik pada stereografis tersebut yang cenderung mengumpul disuatu tempat yang berdekatan.

Untuk melihat kandungan mineral magnetik yang dimiliki oleh sampel yang diteliti tersebut, sampel di ukur IRMnya oleh alat *Elektromagnet Weis* dengan cara memberikan medan tinggi secara bertahap dan pada setiap stepnya sampel tersebut di ukur intensitasnya dengan *Minispin Magnetometer* sampai mendapatkan nilai saturasi. Gambaran tingkat saturasi IRM dari sampel tersebut dapat ditunjukkan melalui kurva saturasi IRMnya.

Program PMGSC adalah program aplikasi yang digunakan untuk memudahkan penentuan distribusi intensitas NRM, plot Zijderveld, plot stereonet serta nilai karakterisasi deklinasi, inklinasi dan α_{95} dari data demagnetisasi yang diperoleh. Program ini diciptakan oleh Randolph J.Enkin, dkk yang bermarkas di *Geological Survey of Canada*. Untuk menjalankan program ini prosedeur yang harus ditempuh adalah sebagai berikut :

- Input data ke excel pada file yang sudah ditentukan yakni *Pola Data PMGSC*.
- Setelah entry data selesai , save as ke Folder XL dengan type *microsoft work book*.
- Save as lagi ke Folder PRN dengan type *formatted Text (Space delimited)* yang berektensi *.prn*.
- Aktifkan *notepad* dan open file dengan Folder PRN untuk data yang baru di entry tadi .
- Save as lagi data tadi ke Folder PMD dengan ekstensi *.pmd*.
- Aktifkan program PMGSC lalu open file dari data yang dikehendaki, maka layar akan langsung menampilkan plot Zijderveld dan plot Stereonet.

- Klik PCA untuk mendapatkan nilai deklinasi, inklinasi dan α_{95} dari step yang diinginkan.
- Apabila dikehendaki tampilan kurva peluruhan NRM, klik *Int* pada bagian atas layar.

Melalui program PMGSC ini, semua informasi yang dibutuhkan dalam penelitian ini dapat disajikan baik nilai maupun tampilannya.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengukuran dan perhitungan terhadap sampel-sampel yang terdapat pada site Sungai Bondalem, Pantai Parang Tritis, Purwoharjo, Pantai Wedi Ombo dan Kali Widoro diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Sampel dari kelima site yang diteliti menunjukkan peluruhan intensitas NRM yang relatif lambat, berarti remanen magnetik primer dari batuan-batuan tersebut cukup stabil sehingga representatif untuk dijadikan kajian paleomagnetik.
2. Plot Stereonet untuk kelima site tersebut berkumpul pada titik yang berdekatan, hal ini mengindikasikan bahwa sampel-sampel tersebut konsisten arahnya sehingga cukup efektif untuk kajian paleomagnetik. Site BDA, PRA, PWH dan WDO berkumpul di sekitar arah utara ke barat, sedangkan untuk site WDR lebih mengarah ke timur. Hal ini mengindikasikan bahwa formasi yang terjadi pada site WDR berbeda dari site-site lainnya, juga dimungkinkan karena umur batuan pada site tersebut berbeda dari site-site lainnya.
3. Tingkat kepercayaan atau nilai α_{95} untuk kelima site tersebut berkisar antara $1,7^\circ$ sampai dengan $7,6^\circ$ yang mengindikasikan bahwa distribusi arah deklinasi dan inklinasi dari kelima site tersebut sangat kecil, hal ini ditunjukkan oleh plot stereonet yang mengumpul pada tempat yang cukup berdekatan.
4. Plot Zijderveld dari kelima site yang diwakili oleh satu sampel setiap sitenya menunjukkan kecenderungan mengarah pada pusat koordinat dan mendekati garis lurus, hal ini menunjukkan bahwa peluruhan intensitas batuan pada kelima site tersebut cukup konsisten.
5. Hasil perhitungan IGRF 2000 melalui internet di alamat : <http://swdcwww.kugi.kyoto-u.ac.jp/igrf/point/> untuk data saat ini menunjukkan nilai yang berbeda dengan hasil pengukuran, hal ini mengindikasikan bahwa hasil pengukuran terhadap sampel bukan arah medan magnet Bumi saat ini melainkan arah medan magnet Bumi pada saat batuan itu terbentuk di masa purba.
6. Hasil perhitungan VGP menunjukkan bahwa lintang kutub purba dari kelima site tersebut berada di utara yang ditandai dengan besarnya lintang kutub purba berharga positif. Nilai λ_p dari site-site tersebut adalah : BDA ($81,0^\circ$), PRA ($64,8^\circ$), PWH ($65,3^\circ$), WDO ($78,3^\circ$) dan WDR ($25,6^\circ$) yang mengindikasikan bahwa site-site tersebut mengalami perubahan posisi dari masa purba ke posisinya sekarang, sehingga hipotesis Hall dapat ditunjukkan.
7. Melalui tipe dari kurva saturasi IRMnya dapat diidentifikasi bahwa mineral magnetik yang dikandung oleh sampel batuan beku andesit di kelima site tersebut adalah *Magnetite* (Fe_3O_4).

REFERENSI

- [1] ASM, Metal handbook, vol 10, Material characterization, The American Society for Metal, Metal Park, Ohio, 1992.
- [2] Butler, R. F. (1992) Paleomagnetism : Magnetic Domains to Geologic Terranes, Blackwell.
- [3] Cullity, B.D, Introduction to Magnetic Material, Addison-Wesley Publishing Company, 1972
- [4] Collinson. David, W, Method in Rock Magnetism and Paleomagnetism Techniques Instrumentation, Chapman-Hall, New York, 1983
- [5] Dunlop, D. J and Ozdemir. O, Rock Magnetism Fundamentals and Frontiers. Cambridge University Press, 1997.

- [6] Graha, D. Setia., Batuan dan Mineral, 1987.
- [7] Katili, J.A, Geology, National Research, Jakarta, 1967
- [8] Operation's Manual Minispin. Molspin Ltd. New Castle, England.
- [9] Reilly, W.O, Rock and Mineral Magnetism, Blackie, Chapman-Hall, New York, 1984
- [10] Reynold, J. M., (1997) An Introduction to Applied and Environmental Geophysics.
- [11] Sutanto, Soeria Atmadja, R., Maury, R. C. Bellon, H., Proceed. Geologi dan Geoteknologi Pulau Jawa, 73 – 76, 1994.
- [12] Soeria Atmadja, R., Maury, R. C., Bellon, H., Pringgoprawiro. H., Polve, M., Tertiary Magnetic Belt in Java, 9, 12, 13-27, 1994.
- [13] Sunata, S, Hendro, W., Penerapan Metode Paleomagnetik untuk Rekonstruksi Pergerakan Jangka Panjang Kalimantan, PIT HAGI, 1999.
- [14] Tauxe, L., Paleomagnetic Principles and Practice. Kluwer Academic Publishers, 1998.