

Sudaryo Broto, Thomas Triadi Putranto *)

Abstract

Geophysics is a part of earth science that studies the Earth using the rules or principles of physics. Geophysical methods are divided into several methods, namely: gravity method, geomagnet, seismic, geoelectric and georadar.

Geothermal energy is stored in the form of hot water or steam at a certain geological conditions at depth. Geothermal system is an area of geothermal or geothermal field is an area on the surface of the earth within a certain limit where there is geothermal energy in a certain rock hydrology. Geothermal manifestations consist of: ground hot, steaming ground, hot tubs, hot mud pools, hot springs, fumaroles, geysers, silica sinter.

Fault is a fracture rock mass shift relative one part against another. Fault structure is associated with geothermal manifestations, because the manifestations that came out to the surface because of the fault beneath the surface.

From the results of investigations in the area geomagnet Jaboi, magnetic anomalies were divided into three, namely anomaly is very low with values between $-600s/d200$ nT anomaly as strongly altered rock and weathered rock; low anomaly with values $> -200s/d300$ nT as alluvial and pyroclastic rocks ; high anomaly with values between $> 300s/d700$ nT as a rock rhyolit / dacite volcanic and fresh. Geothermal potential area is the area of low magnetic anomaly values in the presence of manifestations of hot water and is controlled by the fault.

Key words: geophysics, geomagnet, fault structure and geothermal

Pendahuluan

Geofisika merupakan ilmu yang mempelajari dan menelaah tentang struktur bawah permukaan untuk mengetahui kandungan mineral di dalam bumi dengan menggunakan pengukuran, hukum, metode dan analisis fisika serta pemodelan matematika untuk mengeksplorasi dan menganalisis struktur dinamik bumi dengan tujuan mencari mineral-mineral yang berguna bagi kehidupan manusia (Anonim, 2007a).

Metode seismik merupakan salah satu metoda geofisika yang digunakan untuk eskplorasi sumber daya alam dan mineral yang ada di bawah permukaan bumi dengan bantuan gelombang seismik. Berdasar data rekaman inilah dapat ‘diperkirakan’ bentuk lapisan/struktur di dalam tanah (batuan) (Yopanz, 2007).

Metode gaya berat (*gravity*) dilakukan untuk menyelidiki keadaan bawah permukaan berdasarkan perbedaan rapat masa jebakan mineral dari daerah sekeliling ($r = \text{gram/cm}^3$). Metode ini adalah metode geofisika yang sensitif terhadap perubahan vertikal, oleh karena itu metode gaya berat disukai untuk mempelajari kontak intrusi, batuan dasar, struktur geologi, endapan sungai purba, lubang di dalam masa batuan, dll. Eksplorasi biasanya dilakukan dalam bentuk kisi atau lintasan penampang. Perpindahan anomali akibat rapat masa dari kedalaman berbeda dilakukan dengan menggunakan filter matematis atau filter geofisika. Saat ini alat gravitimeter mempunyai tingkat ketelitian sangat tinggi (mgal), sehingga anomali kecil dapat dianalisa. Hanya saja metode penguluran data, harus dilakukan dengan sangat teliti untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat (Yopanz, 2007).

Metode geomagnet (magnetik) dilakukan berdasarkan pengukuran anomali geomagnet yang diakibatkan oleh perbedaan kontras suseptibilitas atau permeabilitas magnetik tubuh jebakan dari daerah sekelilingnya. Perbedaan permeabilitas relatif itu diakibatkan oleh perbedaan distribusi mineral *ferromagnetic*, *paramagnetic* dan *diamagnetic*. Alat yang digunakan untuk mengukur anomali geomagnet yaitu magnetometer. Metode geomagnet ini sensitif terhadap perubahan *vertical*, umumnya digunakan untuk mempelajari tubuh intrusi, batuan dasar, urat *hydrothermal* yang kaya akan mineral *ferromagnetic* dan struktur geologi (Yopanz, 2007).

Metode geolistrik adalah metode eksplorasi geofisika yang kompleks karena terdiri dari bermacam-macam metode. Metode geolistrik digunakan untuk eksplorasi barang tambang, persediaan air dan panasbumi. Metode *resistivity* dirancang untuk memberikan informasi dari formasi batuan yang mempunyai anomali konduktivitas listrik. Pekerjaan geofisika adalah merencanakan untuk memetakan batuan dasar (*map bedrock*) dan air bawah tanah (*groundwater*), yaitu dengan menentukan salinitas dan kedalaman airtanah. Saat ini metode geolistrik sudah digunakan untuk dalam eksplorasi panasbumi karena uap (*ste-am*) yang dihasilkan akan mempengaruhi *resistivity*. Metode *resistivity* dan *magnetotelluric* dapat digunakan untuk memetakan cekungan sedimen pada tahap awal eksplorasi minyakbumi (Dobrin, M.B. and Savit, C.H., 1988).

Metode georadar (*Ground Penetrating Radar*). GPR merupakan salah satu metode geofisika yang menggunakan sumber gelombang elektromagnetik. Karena itu, GPR tergolong metode geofisika tidak merusak (*nondestructive*). Kelebihan lain GPR adalah biaya operasionalnya yang rendah, prosedur pengerjaan mudah, dan ketelitian sangat tinggi (resolusi tinggi).

*) Staf Pengajar Jurusan Teknik Geologi
Fakultas Teknik Undip

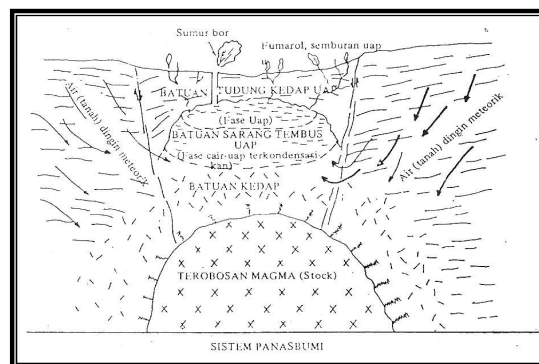
Kelemahannya, penetrasinya tidak terlalu dalam atau daya tembus metode ini hanya sampai puluhan meter (± 100 meter). Pada prinsipnya, metode georadar dengan metode seismik sama yaitu membangkitkan gelombang buatan ke dalam bumi. Perbedaannya hanya pada jenis gelombang yang digunakan (Fahruddin, 2006).

Tinjauan Umum Tentang Panasbumi

Panasbumi adalah sebuah sumber energi panas yang terdapat dan terbentuk di dalam kerak bumi. Panasbumi adalah sumber energi panas yang terkandung di dalam air panas, uap air dan batuan bersama mineral ikutan dan gas lainnya yang secara genetis semuanya tidak dapat dipisahkan dalam suatu sistem panasbumi dan untuk pemanfaatannya diperlukan proses penambangan. (Pasal 1 UU No.27 tahun 2003 tentang Panasbumi) (Anonim, 2007b). Sistem panasbumi merupakan energi yang tersimpan dalam bentuk air panas atau uap panas pada kondisi geologi tertentu pada kedalaman beberapa kilometer di dalam kerak bumi. Sistem panasbumi meliputi panas dan fluida yang memindahkan panas mengarah ke permukaan. Adanya konsentrasi energi panas pada sistem panasbumi umumnya dicirikan oleh adanya anomali panas yang dapat terekam di permukaan, yang ditandai dengan gradien temperatur yang tinggi.

Sistem panasbumi mencakup sistem *hydrothermal* yang merupakan sistem tata-air, proses pemanasan dan kondisi sistem dimana air yang terpanasi terkumpul. Sehingga sistem panasbumi mempunyai persyaratan seperti harus tersedia air, batuan pemanas, batuan sarang dan batuan penutup. Air disini umumnya berasal dari air hujan atau air meteorik. Batuan pemanas akan berfungsi sebagai sumber pemanasan air, yang dapat berwujud tubuh terobosan granit maupun bentuk-bentuk batolit lainnya. Panas yang ditimbulkan oleh pergerakan sesar aktif kadang-kadang berfungsi pula sebagai sumber panas, seperti sumber-sumber matair panas di sepanjang jalur sesar aktif.

Batuan sarang berfungsi sebagai penampung air yang telah terpanasi atau uap yang telah terbentuk. Nilai kesarangan batuan cadangan ini ikut menentukan jumlah cadangan air panas atau uap. Batuan penutup lebih berfungsi sebagai penutup kumpulan airpanas atau uap sehingga tidak merembes ke luar. Syarat dari batuan penutup ini adalah sifatnya yang tidak mudah ditembus atau dilalui cairan atau uap. Umumnya sumber panasbumi terdapat di daerah jalur gunungapi, maka sebagai sumber panas adalah magma atau batuan yang telah mengalami radiasi panas dari magma. Sedangkan batuan penutup dan batuan cadangan biasanya dibentuk oleh batuan hasil letusan gunungapi seperti lava dan piroklastik. Meskipun di beberapa daerah panasbumi, tufa atau labu halus yang terlempungkan atau lapisan airtanah dapat berfungsi sebagai batuan penutup sistem panasbumi (Gambar 1) (Azwar, M., dkk, 1988).



Gambar 1. Sistem Panasbumi Menurut Subroto Modjo Dalam Azwar, M., dkk, 1988

Manifestasi Panasbumi

Tanah Panas (*Warm Ground*) yaitu adanya sumber daya panasbumi di bawah permukaan dapat ditunjukkan antara lain dari adanya tanah yang mempunyai temperatur lebih tinggi dari temperatur tanah sekitarnya. Hal ini terjadi karena adanya perpindahan panas secara konduksi dari batuan bawah permukaan ke batuan permukaan (Saptadji, N. M., 2002).

Tanah Beruap (*Steaming Ground*) meruokan jenis manifestasi dimana uap panas (*steam*) keluar dari permukaan tanah. Uap tersebut berasal dari suatu lapisan tipis dekat permukaan yang mengandung air panas yang mempunyai temperatur sama atau lebih besar dari titik didihnya. Jika gradien temperatur lebih besar dari $30^{\circ}\text{C}/\text{m}$, maka *steaming ground* sangat berbahaya bagi makhluk hidup karena temperatur yang sangat tinggi menyebabkan tumbuh-tumbuhan tidak dapat hidup (Saptadji, N. M., 2002).

Kolam air panas merupakan salah satu petunjuk adanya sumber daya panasbumi di bawah permukaan. Kolam air panas ini terbentuk karena adanya aliran air panas dari bawah permukaan melalui rekahan-rekahan batuan. Pada permukaan air terjadi penguapan yang disebabkan karena adanya perpindahan panas dari permukaan air ke atmosfer. Panas yang hilang ke atmosfer sebanding dengan luas area kolam, temperatur pada permukaan dan kecepatan angin (Saptadji, N. M., 2002).

Kolam lumpur panas (*Mud Pool*). Kenampakannya sedikit mengandung uap dan gas CO_2 , tidak terkondensasi, umumnya fluida berasal dari kondensasi uap. Penambahan cairan lumpur menyebabkan gas CO_2 keluar. *Mud vulkano* adalah tipe dari kolam lumpur panas, dimana gas keluar dari satu celah dengan temperatur lebih kecil dari titik didih (Santoso, D., 2002). Lumpur terdapat dalam keadaan cair karena kondensasi uap panas. Sedangkan letupan-letupan yang terjadi adalah karena pancaran CO_2 (Saptadji, N. M., 2002).

Air Panas (*Hot Springs*) merupakan salah satu petunjuk adanya sumber daya panasbumi di bawah permukaan. Mataair panas ini terbentuk karena adanya aliran air panas dari bawah permukaan melalui rekahan-rekahan batuan (Saptadji, N. M., 2002). Temperatur 50°C disebut *warm springs*. Temperatur $> 50^{\circ}\text{C}$ disebut *hot springs*. *Hot springs* biasanya agak asam, bila netral umumnya berasosiasi dengan sistem air panas jenuh dengan silika dan menghasilkan endapan sinter. Endapan teras *travertin* biasanya berhubungan dengan karbonat yang terkandung dalam fluida tersebut (Santoso, D., 2002).

Fumarol adalah lubang kecil yang memancarkan uap panas kering (*dry steam*) atau uap panas yang mengandung butir-butiran air (*wet steam*). Apabila uap tersebut mengandung gas H_2S maka manifestasi permukaan tersebut disebut solfatar. Fumarol yang memancarkan uap dengan kecepatan tinggi dapat juga dijumpai di daerah tempat terdapatnya sistem dominasi uap. Uap tersebut mengandung SO_2 yang hanya stabil pada temperatur yang sangat tinggi ($> 500^{\circ}\text{C}$). Fumarol yang memancarkan uap dengan kandungan asam *boric* tinggi umumnya disebut *soffioni* (Saptadji, N. M., 2002).

Geysir merupakan mataair panas yang menyembur ke udara secara *intermittent* (pada selang waktu tidak tentu) dengan ketinggian air sangat beraneka ragam, yaitu dari kurang dari satu meter hingga ratusan meter. Selang waktu penyemburan air (erupsi) juga beraneka ragam, yaitu dari beberapa detik hingga beberapa hari. Lamanya air menyembur ke permukaan juga sangat beraneka ragam, yaitu dari beberapa detik hingga beberapa jam. *Geysir* merupakan manifestasi permukaan dari sistem dominasi air (Saptadji, N. M., 2002).

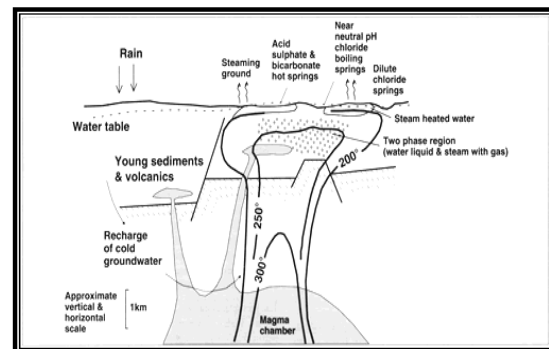
Silika sinter merupakan endapan silika di permukaan yang berwarna kuning keperakan. Umumnya dijumpai di sekitar mataair panas dan lubang *geyser* yang menyemburkan air yang bersifat netral. Apabila laju aliran air panas tidak terlalu besar umumnya di sekitar mataair panas tersebut terbentuk teras-teras silika yang berwarna keperakan (*silica sinter terrace* atau *sinter platform*). Silika sinter merupakan manifestasi permukaan dari sistem panasbumi yang didominasi air (Saptadji, N. M., 2002).

Struktur Sesar Pada Daerah Panasbumi

Sesar adalah rekahan dimana terjadi pergeseran masa batuan secara relatif satu bagian terhadap yang lainnya. Letaknya yang dahulu telah mengalami dislokasi atau perpindahan. Sesar terdiri dari berbagai macam bergantung dari penyebabnya, seperti kompresi, tarikan atau torsi (Santoso, D., 2002). Sesar biasanya terbatas namun dapat berukuran dari beberapa milimeter sampai ratusan kilometer. Pergeseran biasanya terbesar terjadi dibagian tengah sesar. Jika sesar dijumpai di permukaan, akan dihasilkan garis sesar atau jejak sesar yang dapat dipetakan. Akibat terjadinya pergeseran itu, sesar akan mengubah per-

kembangan topografi, mengontrol air permukaan dan bawah permukaan, merusak stratigrafi batuan dan sebagainya. Jenis sesar menurut Endarto, D (2005), yaitu: sesar turun (normal), sesar naik dan sesar geser.

Struktur geologi bawah permukaan pada daerah panasbumi sangat dipengaruhi oleh faktor pengontrol keluarnya fluida panasbumi. Pengaruh asosiasi zona retakan dengan sesar yang akan menyalurkan fluida panasbumi ke permukaan merupakan faktor penting dalam sistem panasbumi (Gambar 2). Sesar juga merupakan media jalan keluar fluida panasbumi ke permukaan (Steiner, 1977).



Gambar 2. Pengaruh Sesar Pada Sistem Panasbumi (Anonim, 2007c)

Aplikasi Metode Geomagnet Dalam Eksplorasi Lapangan Panasbumi

Metode magnetik (geomagnet) dilakukan berdasarkan pengukuran anomali geomagnet yang diakibatkan oleh perbedaan kontras suseptibilitas atau permeabilitas magnetik tubuh jebakan dari daerah sekelilingnya. Perbedaan permeabilitas relatif itu diakibatkan oleh perbedaan distribusi mineral *ferromagnetic*, *paramagnetic* dan *diamagnetic*. Umumnya tubuh intrusi dan urat *hydrothermal* kaya akan mineral *ferromagnetic* (Fe_2O_4 , Fe_2O_3) yang memberi kontras pada batuan sekelilingnya.

Metode geomagnet ini sangat sensitif terhadap perubahan *vertical*, umumnya digunakan untuk mempelajari tubuh intrusi, batuan dasar, urat *hydrothermal* yang kaya akan mineral *ferromagnetic* dan struktur geologi. Metode geomagnet ini digunakan pada studi *geothermal* karena mineral-mineral *ferromagnetic* akan kehilangan sifat kemagnetannya bila dipanasi mendekati temperatur *Curie*. Oleh karena itu digunakan untuk mempelajari daerah yang diduga mempunyai potensi *geothermal*. Metode eksplorasi geomagnet banyak digunakan karena data *acquisition* dan data *proceeding* dilakukan tidak serumit metode gaya berat. Penggunaan filter matematis umum dilakukan untuk memisahkan anomali berdasarkan panjang gelombang maupun kedalaman sumber anomali magnetik yang ingin diselidiki.

Dengan menggunakan sifat keelektromagnetan batuan dibawah permukaan, kita dapat melokalisasi batuan yang memiliki sifat mineral tertentu. Misalnya untuk eksplorasi nikel, emas, bijih besi dan sebagainya. Selain itu karena menggunakan gelombang elektromagnet dengan frekuensi yang tinggi, kita dapat mencitrakan kondisi suatu bangunan (jembatan, gorong-gorong, pipa, dll) (Yopanz, 2007).

Magnetometer adalah alat ukur medan magnet yang banyak digunakan untuk berbagai penyelidikan, antara lain untuk penelitian bahan-bahan magnetik, keamanan penerbangan (mendeteksi barang bawaan), pemetaan medan magnet bumi dan pengetesan kebocoran medan magnet dari suatu alat penghasil lainnya (Gambar 3) (Djamal, 2001).



Gambar 3. Magnetometer LEMI-018 (Anonim, 2007d)

Metode Geomagnet Untuk Eksplorasi

Bumi merupakan sebuah benda magnet raksasa. Letak kutub utara dan selatan magnet bumi tidak berimpit dengan kutub geografis. Pengaruh kutub utara dan selatan magnet bumi dipisahkan oleh khatulistiwa magnet. Intensitas magnet akan bernilai maksimum di kutub dan minimum (nol) di khatulistiwa. Karena letak yang berbeda terdapat perbedaan antara arah utara magnet dan geografi yang disebut deklinasi. Arah polarisasi benda magnet akan ditentukan oleh nilai inklinasi dimana benda tersebut diletakkan.

Teori yang berkaitan dengan kemagnetan bumi dikenal sebagai Teori Dinamo. Pengukuran medan magnet di permukaan bumi merupakan *resultant* dari berbagai variabel. Oleh karena itu variasi medan magnet bumi dapat dibedakan menjadi empat, yaitu:

1. Variasi yang relatif berjalan dengan lambat atau disebut sebagai variasi sekuler.

Perubahan ini berkaitan dengan perubahan posisi kutub bumi secara perlahan.

2. Variasi medan magnet yang disebabkan oleh sifat kemagnetan yang tidak homogen dari kerak bumi. Perubahan ini relatif memiliki nilai yang kecil. Dalam eksplorasi justru hal semacam ini yang dicari. Penyebab dari variasi ini ialah sifat kemagnetan (*suseptibilitas*) antar batuan di dalam kerak bumi (termasuk didalamnya kemagnetan induksi dan kemagnetan remanen). Dalam batuan biasa-

nya terkait dengan mineral yang bersifat magnetik.

3. Variasi dengan perubahan yang relatif cepat berkaitan dengan waktu (harian). Sebutan lain untuk variasi ini ialah variasi harian. Penyebab dari variasi ini ialah aktifitas matahari yang mempengaruhi keadaan atmosfer. Variasi ini bersifat periodik. Selain matahari, bulan juga sangat mempengaruhi keadaan atmosfer.
4. Variasi dengan perubahan relatif cepat dalam waktu yang relatif singkat dan sangat tidak teratur. Sebutan untuk perubahan medan magnet semacam ini ialah badai magnetik. Variasi ini berkaitan dengan aktifitas matahari yang berhubungan dengan bintik matahari. Akibat tembakan partikel-partikel berenergi tinggi ke atmosfer bumi dari matahari menyebabkan fluktuasi sifat magnetik yang sangat tidak teratur.

Berbagai batuan yang terdiri dari bermacam-macam mineral memiliki sifat magnetik yang masing-masing dapat dikelompokkan kedalam :

1. Diamagnetik, yaitu mineral yang mempunyai kerentanan magnetik yang negatif artinya orbit elektron pada benda ini selalu berlawanan dengan medan magnet dari luar. Contohnya ialah grafit, marmer, kuarsa dan garam.
2. Paramagnetik, yaitu mineral yang memiliki kerentanan magnet positif dan nilainya kecil, misalnya batuan beku asam.
3. Feromagnetik, yaitu mineral yang memiliki nilai kerentanan magnet besar, misalnya berbagai batuan beku basa atau ultra basa.

Alat yang digunakan dalam eksplorasi ialah magnetometer, misalnya *fluxgate* dan proton magnetometer. Seperti halnya medan gaya berat secara umum disetiap titik permukaan bumi akan memiliki nilai intensitas magnet tertentu (*IGRF*).

Metode magnetik dapat memberikan informasi tentang keadaan reservoir panasbumi. Namun berbagai informasi yang berkaitan tentang demagnetisasi dimana lapangan panasbumi biasanya terletak pada daerah vulkanik menunjukkan kegunaan metode ini dalam eksplorasi panasbumi.

Gaya magnet yang ditimbulkan oleh dua buah kutub pada jarak r dengan muatan masing-masing disebut sebagai m_1 dan m_2 , ditulis dengan persamaan 1:

$$\vec{F} = \frac{1}{\mu} \frac{m_1 m_2}{r^2} \vec{r} \dots\dots\dots(1)$$

dimana :

μ = permeabilitas magnetik (dalam udara/hampa harganya 4)

\vec{F} = gaya magnetik pada m_2 (dalam *Newton*)

\vec{r} = vektor satuan dengan arah dari m_1 menuju m_2 (meter)

Jika sekarang suatu benda diletakkan dalam suatu medan magnet dengan kuat medan H, akan terjadi polarisasi benda tersebut besarnya ditulis dengan persamaan 2 :

$$\vec{I} = k \cdot \vec{H} \quad \dots\dots\dots(2)$$

dimana :

- \vec{I} = Intensitas medan magnet bumi (nT)
- k = Kerentanan magnet batuan
- \vec{H} = Kuat medan magnet bumi

Jika melakukan pengukuran dengan menggunakan magnetometer, yang terukur adalah medan magnet induksi termasuk pengaruh magnetisasinya sehingga diperoleh persamaan 3 :

$$\vec{B} = \mu_o (\vec{H} + \vec{I}) = \mu_o (i+k) \cdot \vec{H} = \mu_o \mu_r \vec{H} \quad \dots\dots\dots(3)$$

dalam hal ini pengaruh medan magnetik remanent diabaikan.

Terlihat diatas bahwa k merupakan parameter yang terpenting untuk memperoleh atau terjadi suatu anomali magnetik. Dalam lapangan panasbumi kerentanan magnet sangat tergantung kepada variasi batuan di lapangan yang telah terpengaruh oleh panas yang terjadi di lapangan tersebut.

Dalam survei magnetik di lapangan magnetik minimal dua buah alat magnetometer. Alat pertama mengukur variasi harian yang bertujuan untuk mengukur pengaruh medan magnet dari luar bumi, sedang alat kedua digunakan untuk mengukur lintasan-lintasan yang telah ditentukan. Selain itu medan magnet utama bumi dihitung berdasarkan persamaan IGRF (*International Geomagnetic Reference Field*). Dengan demikian anomali magnetik yang diamati menurut Santoso, D (2002), ditulis dengan persamaan 4 ialah :

$$\Delta T = T_{obs} - T_{IGRF} \pm T_{VH} \quad \dots\dots\dots(4)$$

dimana :

- T_{obs} = medan magnet total terukur
- T_{IGRF} = medan magnet teoritis berdasarkan IGRF
- T_{VH} = koreksi medan magnet akibat variasi harian

Penyelidikan geomagnet dalam eksplorasi lapangan panasbumi bertujuan untuk menafsirkan struktur geologi bawah permukaan dalam melokalisir daerah yang dianggap prospek untuk potensi panasbumi. Penggunaan metode geomagnet dalam penyelidikan panasbumi didasarkan pada perbedaan sifat kemagnetan batuan. Bilamana batuan mengalami kenaikan temperatur maka batuan tersebut akan mengalami penurunan kemagnetan (demagnetisasi). Dengan demikian, bila pada suatu daerah terdapat sumber panasbumi, maka harga intensitas magnet batuan

disekitarnya akan lebih rendah (Situmorang, T., 2007).

Studi Kasus Survei Geomagnet Di Daerah Panas-bumi Jaboi, Kota Sabang, Daerah Istimewa Aceh

Pendahuluan

Panasbumi sebagai salah satu energi alternatif memiliki banyak manfaat untuk dikembangkan terutama bagi daerah yang masih memerlukan penambahan energi listrik seperti di daerah Jaboi dan sekitarnya. Energi panas bumi dapat digunakan untuk pembangkit tenaga listrik dan ramah terhadap lingkungan. Metode geomagnet merupakan cara geofisika yang digunakan untuk mendeteksi struktur bawah permukaan sebagai pembentuk sistem panasbumi dan melokalisir daerah anomali rendah yang diduga berkaitan dengan manifestasi panasbumi seperti mataair panas Jaboi, Ieseum, Batetamon, Lho Pria Laot, Seurui dan Pasi Jaboi. Secara geografis daerah survei geomagnet terletak pada koordinat UTM 752000 mE – 760000 mE dan 638500 mN – 650000 mN (Gambar 4).



Gambar 4. Peta Indeks P. Sabang (Mustang, A., dkk., 2005)

Hasil dan Pembahasan

Kerentanan Magnet Batuan

Harga kerentanan magnet tertinggi (Tabel 1) dimiliki batuan breksi andesit segar, sedangkan lava lapuk kerentanan magnetnya relatif lebih rendah. Batuan ubahan dan batupung kerentanan magnetnya sangat rendah. Batuan berkerentanan magnet rendah kemungkinan karena telah terdemagnetisasi akibat proses alterasi.

Tabel 1. Kerentanan Magnet Batuan Daerah Jaboi

Lokasi	Nama Batuan	Kerentanan Magnet (10 ⁻⁶ CGS)
A 7000	Rhiodasit	1.4 – 1.8
A 5000	Rhiodasit	1.5 – 1.9
A 6000	Rhiodasit	1.6 – 1.9
B 4750	Rhiodasit	1.0 – 1.7
C 3000	Rhiodasit	0.8 – 1.0
C 5600	Breksi Andesit	1.8 – 3.0
E 3000	Lava Andesit	1.2 – 1.8
E 3250	Lava Andesit	1.5 – 1.7

H 2250	Breksi Andesit	1.5 – 1. 8
RC2	Tufa	1.0 – 1. 6
RK3	Andesit	1.1 – 1. 7
R4	Rhiodasit	1.2 – 1. 9
R32	Gamping	0.0 – 0. 04
R41	Tufa Pumice	1.2 – 1. 6
R59	Andesit	1.3 – 1. 8

Sumber : Mustang, A., dkk (2005)

Profil Anomali Magnet Total (Gambar 5)

Lintasan A :

Anomali magnet memperlihatkan harga antara – 260 s/d 357 nT. Harga anomali dibagian baratlaut secara umum lebih tinggi dari bagian tengah dan tenggara. Penurunan nilai anomali yang cukup tajam yaitu dari A5500 ke A5750 dan kenaikan anomali cukup besar dari titik A6250 ke A 6500. Indikasi struktur/sesar diperkirakan antara A5000-A5250, A6250-A6500 dan A6500-A6750.

Lintasan AB:

Profil anomali memperlihatkan nilai antara -558 s/d 207 nT Kenaikan anomali yang tajam terjadi antara AB1500-AB1750. Anomali magnet sangat rendah di AB1500 mungkin karena batuan terdemagnetisasi lebih kuat daripada yang dibagian tengah dan tenggara. Indikasi struktur diperkirakan antara AB2250-AB2500.

Lintasan B

Profil anomali menunjukkan nilai antara –796 s/d 464 nT. Daerah anomali sangat rendah terdapat antara titik B2250 s/d B3250 mencapai nilai minimum –796nT, sedangkan di bagian tengah dan tenggara mencapai nilai maksimum berturut-turut 464 nT dan 191 nT. Batuan pada daerah anomali rendah mungkin telah terdemagnetisasi lebih kuat daripada daerah dengan anomali tinggi.

Lintasan BC

Profil anomali memperlihatkan nilai antara 79 s/d 578. Setengah lintasan kearah baratlaut beranomali tinggi sedangkan yang kearah tenggara beranomali rendah. Batuan dibawah daerah beranomali rendah diduga telah terdemagnetisasi relatif lebih kuat dari daerah yang beranomali tinggi. Indikasi struktur diperkirakan antara BC1000-BC1250.

Lintasan C

Profil anomali menunjukkan nilai antara –48 s/d 744 nT. Anomali rendah terdapat dibagian baratlaut mencapai nilai minimum –48 nT sedangkan anomali tinggi di bagian tengah dan tenggara mempunyai nilai maksimum berturut-turut 744 nT dan 421nT. Harga anomali rendah disebabkan nilai kerentanan magnet batuan dibagian baratlaut lebih rendah daripada kerentanan batuan dibagian tengah dan tenggara. Indikasi struktur sesar diperkirakan antara C2750-C3250 dan C5250-C5500.

Lintasan D

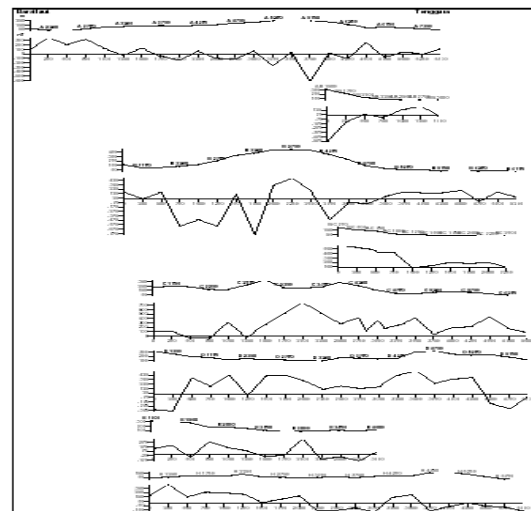
Nilai anomali magnet berkisar antara –387 nT s/d 510 nT. Anomali rendah hanya terdapat di ujung bagian baratlaut dan tenggara dengan nilai hampir sama, sedangkan dibagian lainnya anomali lebih tinggi dengan disertai beberapa lonjakan nilai anomali. Hal ini mungkin disebabkan kerentanan magnet andesit di ujung baratlaut lebih rendah dari kerentanan magnet breksi di lokasi antara D4250-D5000 Indikasi struktur sesar diperkirakan antara D1250-D1500, D2250-D2500 dan D3000-D3250.

Lintasan E

Profil anomali magnet memperlihatkan nilai antara – 138 s/d 340 nT. Anomali rendah terdapat dibagian baratlaut, tengah dan tenggara dengan disertai anomali tinggi di E1750 dan E3000. Indikasi struktur diperkirakan disekitar E1500 dan E 3000-E3500.

Lintasan H

Profil anomali magnet menunjukkan nilai anomali antara -165 s/d 420 nT. Harga anomali dibagian baratlaut relatif lebih tinggi dari anomali di bagian tengah dan tenggara. Hal ini mungkin akibat proses demagnetisasi batuan dibagian tengah lebih kuat dari yang dibagian baratlaut sedangkan dibagian tenggara terdapat batuan tufa dengan kerentanan magnet relatif lebih rendah. Indikasi struktur diperkirakan antara H4500-H4750.



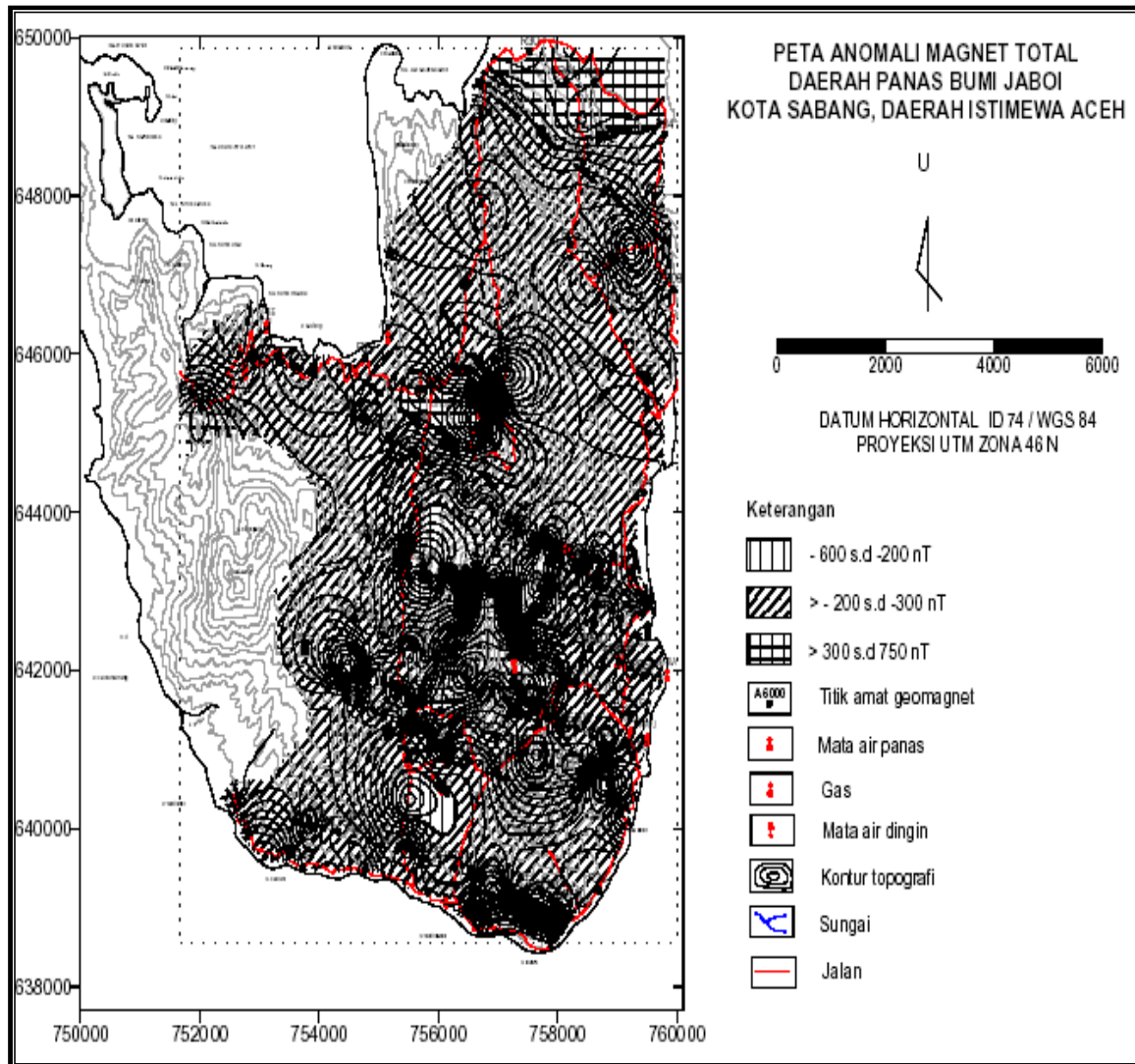
Gambar 5. Profil lin A,AB,B,BC,C,D,E,H (Mustang, A., dkk., 2005)

Peta Anomali Magnet Total (Gambar 6)

Harga anomali magnet secara keseluruhan berkisar – 600 s/d 750 nT. Berdasarkan kisaran nilai anomali, maka anomali magnet di daerah penyelidikan dapat diklasifikasikan menjadi 3 jenis yaitu anomali sangat rendah, rendah dan tinggi. Anomali rendah terdapat di bagian-bagian timurlaut, timur, barat, baratdaya dan tenggara sedangkan anomali sangat rendah terdapat di bagian-bagian utara, tengah, baratdaya dan selatan. Daerah anomali tinggi terdapat dibagian utara, tengah, barat dan selatan. Manifestasi air panas yang terletak di bagian utara, barat, selatan dan bara-

tlaut terletak pada anomali rendah, terkecuali mataair panas Jaboi terletak pada anomali relatif lebih tinggi. Hal ini dapat terjadi mungkin karena batuan dibawah air panas Jaboi terdemagnetisasi lebih lemah daripada batuan pada lokasi mataair panas yang lain. Struktur sesar di daerah penyelidikan yang dapat diinterpretasikan berdasarkan harga, kelurusan dan kerapatan kontur anomali magnet adalah sebagai berikut :

- Struktur sesar berarah utara-selatan terdapat di bagian tengah.
- Struktur sesar berarah baratlaut-tenggara terletak di bagian utara, tengah dan selatan.
- Struktur sesar berarah baratdaya-timurlaut terdapat di bagian tengah.



Gambar 6. Peta Anomali Magnet Total Daerah Panas Bumi Jaboi, Sabang (Mustang, A., dkk., 2005)

Berdasarkan nilai intensitas anomali yang dipengaruhi pula oleh tingkat demagnetisasi terhadap batuan, maka anomali magnet di daerah penyelidikan terdiri atas 3 golongan :

- Anomali sangat rendah dengan nilai anomali antara -600s/d -200 nT diinterpretasikan sebagai batuan terubah kuat dan batuan lapuk.
- Anomali rendah dengan nilai anomali antara > -200 s/d 300 nT diinterpretasikan sebagai batuan aluvium dan piroklastik.

- Anomali tinggi dengan nilai anomali antara > 300 s/d 750 nT diinterpretasikan sebagai batuan *rhio-lit*/dasit dan vulkanik segar.

Daerah potensial panas bumi diinterpretasikan terdapat di daerah anomali magnet rendah yang didukung oleh adanya manifestasi air panas di bagian barat, utara dan selatan serta dikontrol oleh struktur sesar di daerah tersebut sebagai hasil interpretasi geomagnet (Mustang, A., dkk., 2005).

Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan sebelumnya dapat ditarik beberapa kesimpulan, yaitu:

1. Geofisika merupakan ilmu yang mempelajari dan menelaah tentang struktur bawah permukaan untuk mengetahui kandungan mineral di dalam bumi dengan menggunakan pengukuran, hukum, metode dan analisis fisika serta pemodelan matematika untuk mengeksplorasi dan menganalisis struktur dinamik bumi dengan tujuan mencari mineral-mineral yang berguna bagi kehidupan manusia. Metode geofisika dibagi menjadi beberapa metode, yaitu : metode gaya berat, metode geomagnet, metode seismik, metode geolistrik dan metode georadar.
2. Panasbumi adalah sumber energi panas yang terkandung di dalam air panas, uap air dan batuan bersama mineral ikutan dan gas lainnya yang secara genetik semuanya tidak dapat dipisahkan dalam suatu sistem panasbumi dan untuk pemanfaatannya diperlukan proses penambangan. Sistem panasbumi adalah daerah panasbumi (*geothermal area*) atau medan panasbumi (*geothermal field*) ialah suatu daerah dipermukaan bumi dalam batas tertentu dimana terdapat energi panasbumi dalam suatu kondisi hidrologi-batuan tertentu. Manifestasi panasbumi terdiri dari : *warm ground* (tanah panas), *steaming ground* (tanah beruap), kolam air panas, kolam lumpur panas (*mud pool*), air panas (*hot springs*), fumarol, geysir dan silika sinter.
3. Sesar adalah rekahan dimana terjadi pergeseran massa batuan secara relatif satu bagian terhadap yang lainnya. Pada sistem panasbumi sesar merupakan media jalan keluarnya fluida panasbumi ke permukaan.
4. Metode geomagnet merupakan cabang dari geofisika berdasarkan pengukuran anomali geomagnet yang diakibatkan oleh perbedaan kontras suseptibilitas atau permeabilitas magnetik tubuh jebakan dari daerah sekelilingnya. Penyelidikan geomagnet dalam eksplorasi lapangan panasbumi bertujuan untuk menafsirkan struktur geologi bawah permukaan dalam melokalisasi daerah yang dianggap prospek untuk potensi panasbumi. Pada daerah panasbumi Jaboi anomali magnet dibagi menjadi tiga, yaitu anomali sangat rendah dengan nilai anomali antara -600s/d200 nT sebagai batuan terubah kuat dan batuan lapuk; anomali rendah dengan nilai >-200s/d300 nT sebagai batuan aluvium dan piroklastik; anomali tinggi dengan nilai antara >300s/d700 nT sebagai batuan rhyolit/dasit dan vulkanik segar. Dari ketiga anomali tersebut yang merupakan daerah potensial panasbumi adalah daerah yang nilai anomali magnet rendah dengan adanya manifestasi air panas serta dikontrol oleh sesar.

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih diucapkan kepada Sdri. Sania Indriani, mahasiswi Teknik Geologi Fakultas Teknik Undip

angkatan 2004, yang telah membantu untuk penulisan karya ilmiah ini.

Daftar Pustaka

1. Anonim, 2007a, "Geofisika", [akses online tanggal 24 November 2007], <http://id.wikipedia.org/wiki/Geofisika>,
2. -----, 2007b, "Panasbumi", [akses online tanggal 21 November 2007], http://id.wikipedia.org/wiki/Panas_bumi,
3. -----, 2007c, "Geothermal Systems", [akses online tanggal 5 Desember 2007], http://www.nzgeothermal.org.nz/geothermal_energy/geothermal_systems.asp
4. -----, 2007d, "3-Component Precision Magnetometer LEMI-018", [akses online tanggal 9 Desember 2007], http://rds.yahoo.com/_ylt=A0S0204111tHSAMB4DCjzbf/SIG=11mikk7gi/EXP=1197271221/*http%3A/www.isr.lviv.ua/lemi018.htm,
5. Azwar, M., dkk, 1988, "Pengantar Dasar Ilmu Gunungapi", Bandung: Penerbit Nova
6. Djamal, 2001, "Laporan Kemajuan Penelitian Hibah Bersaing IX Tahun Anggaran 2001 / 2002", [akses online tanggal 9 Desember 2007], <http://digilib.itb.ac.id/gdl.php?mod=browse&op=read&id=jbptitbpps-gdl-res-2001-djamalmitr-1651>
7. Dobrin, M.B. and Savit, C.H., 1988, "Introduction to Geophysical Prospecting", New York: McGraw-Hill Book Company
8. Endarto, D., 2005, "Pengantar Geologi Dasar", Surakarta: Lembaga Pengembangan Pendidikan (LPP) UNS UPT Penerbitan dan Pencetakan UNS (UNS Press)
9. Fahrudin, 2006, "Prospek Geofisika Di Kalimantan", [akses online tanggal 24 November 2007], <http://www.indonesia.com/BPost/52006/11/depan/utama1.htm>
10. Mustang, A., dkk., 2005, "Survei Geomagnet Di Daerah Panas Bumi Jaboi, Kota Sabang, Daerah Istimewa Aceh", [akses online tanggal 5 Desember 2007], <http://www.dim.esdm.go.id/kolokium%202005/panas%20bumi/Sabang%20Makalah%20Geomagnet.pdf>.
11. Santoso, D., 2002, "Volkanologi dan Eksplorasi Geothermal", Bandung: Institut Teknologi Bandung
12. Saptadji, N. M., 2002, "Teknik Panasbumi", Bandung: Institut Teknologi Bandung
13. Situmorang, T., 2007, "Penyelidikan Geomagnet Daerah Panasbumi Ria-Ria Sipoholo, Tarutung, Tapanuli Utara-Sumatra Utara", [akses online tanggal 21 November 2007], <http://www.dim.esdm.go.id/index.php?option=content&task=view&id=137&Itemid=174>
14. Steiner, A., 1977, "The Wairakei Geothermal Area, North Island, New Zealand: Its Sub-surface Geology and Hydrothermal Rock Alteration", New Zealand: New Zealand Department of Scientific and Industrial Research

15. Yopanz, 2007, “Metode-Metode Geofisika”, [akses online tanggal 24 November 2007], <http://yopanz.blogspot.com/>