

Application of Magnetics Method to Mapping the Geothermal Source at Seulawah Agam Area

Asrillah^a, Marwan^{b,c}, Ibnu Rusydy^d dan Gartika Setiya Nugraha^d

^aFakultas Teknik, Universitas Malikussaleh, Aceh Utara

^bProdi Fisika, FMIPA, Universitas Syiah Kuala, Darussalam 23111, Banda Aceh

^cProdi Teknik Geofisika, Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala, Darussalam 23111, Banda Aceh

^dProdi Teknik Geologi, Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala, Darussalam, 23111, Banda Aceh

Email: marwan.fisika@gmail.com

Abstract. Magnetic method had been employed at Seulawah Agam area in term of unveiling the potentially geothermal source. This method was carried out locally in both the geothermal filed of Heutsz's Crater and Cempaga's Crater where the locations are in Seulawah Agam slope which is included in Aceh Besar District. Geologically, the area is mainly controlled by volcanic mudflow and Lam Teuba's rocks consisting of breccia, pumice and tuff and their age are from Tersier to Resen Period. The deployed equipment consisted of Magnetometer GSM-19T, Proton Sensors, Aluminum Stick, Connection Cable, GPS Antenna, Compass, and Watch. Portable GPS (Global Positioning System), Navigation type (map of the survey area), and complemented by the other technical equipment, such as handy talky, umbrella, pens and notes of observed data. This study was done by following two steps. At first, the base station was established as a reference point for all magnetic data of measurements. Furthermore, recording magnetic data at each point by repeating three times until the last point by following the looping pattern as pathway of measurement both in Heutsz's crater whose nine point recordings and in Cempaga's crater whose seventeen points was consecutively done. The data were simply processed by using Microsoft excel that can just plot the magnetic anomaly and interpreted qualitatively being preliminary research. The result showed that at the north pathway had high magnetic anomaly of rocks located at B6 point and it was assumed as the area having the economically mineral in fracture zones. The rocks with low a anomaly value were obtained at -F125 BR is suggested as the thermal sources while at the South pathway from observing station till the Cempaga's crater was obtained the geological structure as the Sumatran Fault of Aceh's segment at CK4 point and this finding showed similar correlation with the result of gravity survey at same pathway published in another paper. In conclusion, this method effectively showed that the Seulawah Agam has potency as thermal source.

Keywords: Magnetometer GSM-19T, anomaly, Heutsz and Cempaga's Crater

Pendahuluan

Kebutuhan energi semakin meningkat seiring dengan tingginya permintaan baik untuk kebutuhan rumah tangga maupun komersial, sementara ketersediaan energi yang selama ini digunakan dan berasal dari sumber yang tidak dapat diperbaharui semakin berkurang. Jika ketidakseimbangan ini terus berlangsung, maka diperkirakan krisis energi akan terjadi di hampir seluruh pelosok dunia. Sadar dengan ancaman energi tersebut, maka negara-negara di dunia sudah mulai mencari energi alternatif untuk memenuhi kebutuhan domestik maupun internasional.

Indonesia termasuk negara yang sudah mendorong para peneliti, akademisi dan praktisi untuk mencari energi alternatif, karena kebutuhan energi dalam negeri selalu defisit yang disebabkan oleh jumlah penduduk Indonesia yang terus meningkat dan menduduki peringkat ketiga didunia, setelah Cina

dan India. Negara ini juga dikenal dengan negara rawan bencana, karena letak geografisnya diapit oleh tiga lempeng tektonik yaitu lempeng Indo-Australia, Eurasia dan Pasifik yang selalu bergerak satu sama lain dalam beberapa sentimeter pertahun dan kemudian menimbulkan zona subduksi (penujaman) dan sesar. Di samping kerawanan dengan bencana, di sisi lain Indonesia memiliki potensi energi dengan jumlah besar, baik energi fosil yang sudah sepertiga abad diekplorasi maupun energi batu bara, dan panas bumi (geothermal) yang berasal dari aktivitas gunung api.

Gunung api di Indonesia tersebar hampir setengah dari kepulauan baik yang aktif maupun yang tidak. Beberapa gunung api yang tergolong aktif terletak di Aceh, seperti gunung Seulawah Agam (Aceh Besar), Gunung Kembar (Gayo Luwes) dan lain-lain. Gunung Api Seulawah Agam memiliki potensi panas api terduga sebesar 165 MWe[1].

Berdasarkan informasi di atas, maka penelitian ini dilakukan untuk memetakan potensi Panas Bumi (Geothermal) Gunung Seulawah Agam, Aceh Besar, Provinsi Aceh dengan menggunakan Metode Magnetik, karena metode ini merupakan salah satu metode geofisika yang memiliki keunggulan dalam pencarian sumber panas bumi.

Energi panas bumi berasal dari adanya proses magmatik gunung api yang menyebabkan temperatur batuan akan menyebabkan perubahan sifat magnet batuan. Ketika sebuah batuan terpanaskah oleh magma maka sifat kemagnetan batuan tersebut semakin berkurang. Rendahnya nilai kemagnetan batuan berada pada sebuah sistem panas bumi dibandingkan dengan batuan sekelilingnya inilah yang menjadi dasar penggunaan metode magnetik untuk eksplorasi energi panas bumi [2]. Temperatur bawah permukaan dan rambatan air tanah sangat mungkin berhubungan dengan zona-zona patahan dan retakan yang memiliki peran yang sangat utama.

Khusus pada daerah anomali temperature panas bumi, secara signifikan berubah-ubah dapat diukur, karena hal ini berkaitan erat dengan konveksi air panas. Sumber-sumber difusi panas yang berbeda terdapat dalam suatu luasan penetrasi kedalaman dari aliran panas dalam waktu lama akan menyebabkan anomali temperatur. Akifer dekat permukaan dengan difusi panas yang rendah dapat menjadi sebagai sumber panas yang baru [3].

Metode magnetik merupakan salah satu metode geofisika yang sering digunakan untuk survei pendahuluan pada eksplorasi minyak bumi, gas dan penyelidikan batuan mineral. Metode ini mempunyai akurasi pengukuran yang relatif tinggi, peralatan dan pengoperasian di lapangan relatif sederhana, mudah dan cepat jika dibandingkan dengan metode geofisika lainnya. Sesuai dengan namanya, metode magnetic bekerja berdasarkan sifat-sifat magnetik batuan yang terdapat dibawah permukaan bumi. Pada perkembangan selanjutnya, metode magnetic banyak digunakan diberbagai bidang geofisika lainnya termasuk untuk penelitian mengenai gunung api dan struktur bawah permukaan [4].

Bumi memiliki medan magnet besar yang berasal dari sirkulasi arus listrik dalam inti luar bumi yang cair dan dapat dimodelkan oleh dua kutub sumber pada pusat bumi. Besar medan magnetik ini bervariasi terhadap garis lintang (latitude) dan arah dari medan di kedua kutub yang berarah sepanjang sumbu putaran bumi menghasilkan medan di kutub sebesar 60 nT dengan catatan bahwa di dekat equator (longitude) kemiringan sudut berubah hampir dua kali cepat sudut lintang. Sebuah benda magnetik yang diletakkan dalam medan magnet akan mengalami pemagnetan (induce magnetization) yang akan meningkatkan medan magnetik total di suatu daerah yang dialami oleh material bumi atau total induksi magnetik seperti terlihat pada persamaan (1) berikut :

$$\mathbf{B} = \mu_r \mu_0 \cdot \mathbf{H} \quad (1)$$

Variabel $\mu_r \mu_0$ adalah permitivitas magnet relatif dan ruang hampa dan $\mathbf{H}$ merupakan medan magnet bumi. Kemudian pemagnetan yang terjadi pada batuan ini disebut kerentanan magnet (susceptibility), secara matematis ditulis seperti persamaan (2) di bawah ini:

$$\mathbf{J} = k\mathbf{H} \quad (2)$$

Dimana, $\mathbf{J}$ merupakan intensitas magnet yang terinduksi, k merupakan kerentanan magnet dari mineral batuan yang tidak berdimensi. Kerentanan magnet dari batuan tergantung dari komposisi mineral magnetnya, seperti sedimen dan batuan beku bersifat asam memiliki kerentanan magnet yang kecil, sementara basa, diorit dan gabro mempunyai kerentanan yang besar [5].

Aceh merupakan salah satu wilayah yang memiliki cadangan panas bumi yang prospektif untuk dikembangkan. Pada saat ini Aceh memiliki dua prospektif area yang siap dikembangkan, yaitu Lapangan Panas Bumi Jaboidan Seulawah Agam. Banyak penelitian yang telah dilakukan untuk mendukung pengembangan kedua prospektif area tersebut [6]. Secara umum geologi daerah gunung Seulawah Agam (daerah penelitian) di dominasi batuan Anggota Lahar (Qtzl) dan batuan gunung api Lam Teuba (Qtvt), yang terdiri dari hinga dasit, breksi, batu apung, tufa, aglomerat. Batuan tufa berwarna coklat muda sampai abu-abu muda, sedikit keras, ukuran butir lanau sampai pasir halus, bagian dari batuan gunung api Lam Teuba (Qtvt). Batuan dasit berwarna abu-abu tua, keras, struktur vesikular, besar butir/kristal halus: afanitik, hipokristalin, inequigranular, mineral gelas, muskovit, dan kuarsa. Kemudian juga

terdapat batuan breksi vulkanik yang terdiri dari fragmen material vulkanik yaitu batuan andesit dasit, glas bercampur dalam satu endapan vulkanik yang termasuk kedalam batuan gunung api. Batuan ubahan, breksi vulkanik, dan mineral sulfur merupakan batuan yang khas di daerah geotermal dan sangat sering ditemukan di permukaan yang sering terlihat daerah batuan ubahan, mineral sulfur (berwarna kekuningan), dan batuan breksi vulkanik [7].

Mengacu kepada geologi daerah penelitian seperti yang digambarkan di atas, maka dapat diduga bahwa Seulawah Agam memiliki panas bumi yang dapat diklasifikasikan sebagai panas bumi prospek, karena sistem panas bumi di Pulau Sumatera berada di *partial equilibrium*. Karakteristik air umumnya berkaitan dengan kegiatan gunung api *andesitic-riolitis* yang disebabkan oleh sumber yang beradadi magmayang bersifat lebih asam dan lebih kental, sedangkan di Pulau Jawa, Nusa Tenggara dan Sulawesi umumnya berasosiasi dengan kegiatan vulkanik bersifat andesitis-basaltis dengan sumber magma yang lebih cair. Karakteristik geologi untuk panas bumi diujung utara Pulau Sulawesi memperlihatkan kesamaan karakteristik dengan di Pulau Jawa. *Reservoir* panas bumi di Sumatera umumnya menempati batuan sedimen yang telah mengalami beberapa kali deformasi tektonik atau pensesaran setidak-tidaknya sejak *Tersier* sampai *Resen*. Hal ini menyebabkan terbentuknya porositas atau permeabilitas sekunder pada batuan, sehingga akan memiliki konduktifitas fluida besar [8].

Sumber energi panas bumi cenderung tidak akan habis, karena proses pembentukannya yang terus menerus selama kondisi lingkungannya (geologi dan hidrologi) dapat terjaga keseimbangannya. Mengingat energi panas bumi ini tidak dapat diekspor, maka pemanfaatannya diarahkan untuk mencukupi kebutuhan energi domestik, dengan demikian energi panas bumi akan menjadi energi alternatif andalan dan vital karena dapat mengurangi ketergantungan Indonesia terhadap sumber energi fosil yang kian menipis dan dapat memberikan nilai tambah dalam rangka optimalisasi pemanfaatan aneka ragam sumber energi di Indonesia. Disamping energi panas bumi tergolong energi yang dapat diperbaharui, energinya tidak menyebabkan pencemaran

lingkungan, sehingga hampir dapat dikatakan energinya memiliki *zero pollutant* atau *clean energy* dan diperkirakan akan menjadi energi primadona dimasa yang akan datang.

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat menjadi informasi tambahan untuk kajian panas bumi Seulawah Agam bagi pemerintah daerah, dengan sudah adanya beberapa penelitian terdahulu dengan menggunakan metode yang berbeda, sehingga jika hasil-hasil penelitian tersebut ada sinergisitas, maka akan menjadi penelitian terpadu, karena setiap metode pasti ada kelebihan dan kekurangan. Hasil penelitian dari metode yang terpadu pada umumnya akan memberikan kesimpulan yang benar tentang dugaan potensi atau tidaknya panas bumi Seulawah Agam.

Metodologi

Lokasi Penelitian. Secara geografis daerah penelitian terletak pada posisi dari $05^{\circ}22' - 05^{\circ}34'$ LU sampai $95^{\circ}30' - 95^{\circ}44'$ BT yang termasuk ke dalam Kecamatan Seulimum, Kecamatan Lembah Seulawah, bagian barat Kecamatan Kuta Cot Glie, bagian timur Kecamatan Indrapuri dan bagian barat Utara Kecamatan Masjid Raya, yang semuanya termasuk kedalam Kabupaten Aceh Besar. Seperti terlihat pada gambar 1 di bawah ini.



Gambar 1. Peta lokasi penelitian.

Alat dan Bahan. Peralatan yang digunakan dalam pengukuran medan magnet adalah magnetometer jenis Proton GSM-19T, Sensor Proton, Tongkat Aluminium, Kabel Penghubung, Antena GPS, Kompas, Pencatat waktu atau Jam.

Perekaman data magnetik dilakukan di lapangan panas bumi kawah Heutsz di lereng Gunung Api

Seulawah Agam dan Ie Jue di Lamteuba dan lintasan memanjang antara kawah Heutsz dengan lapangan panas bumi Ie Jue Lamteuba Aceh Besar Provinsi Aceh. Pada kedua kawasan kawah Heutsz dengan menggunakan pola pengukuran grid 200 m.

Jumlah titik grid yang diukur di kawah Heutsz sebanyak 9 titik pengukuran mengelilingi kawah. Demikian juga pengukuran di kawasan kawah Heutsz sampai lapangan panas bumi Ie Jue dilakukan pengukuran 1 lintasan. Jarak antara titik pengukuran bervariasi antara 230-560 m dengan total panjang lintasan 5,8 Km. Dari Pos Pengamatan dilakukan pengukuran sampai ke kawah Cempaga dengan jarak lebih kurang 8 km dengan spasi antar titik pengukuran bervariasi. Berikut adalah alat magnetik (GSM-19T) yang digunakan dalam penelitian seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 2 di bawah:



Gambar 2. Alat Geomagnetik GSM-19T

Sebelum pengukuran data di lapangan, maka perlu dilakukan orientasi medan dengan menggunakan peta topografi yang ada. Orientasi medan ini untuk perencanaan pembuatan titik ikat di lapangan dan perencanaan lintasan-lintasan pengambilan data, agar daerah penelitian/survei dapat terisi dengan merata.

- a. Pembuatan Titik Ikat (*base station*). Dalam pengambilan data di lapangan yang pertama harus dilakukan adalah pembuatan titik ikat posisi magnetik. Titik ikat berfungsi sebagai titik dasar pengukuran, dimana setiap pengukuran yang dilakukan di daerah penelitian

didasarkan pada titik ikat ini. Titik ikat utama telah distandarkan dengan *Postman System*. Pengambilan data posisi dan magnetik dilakukan secara bersama-sama. Prinsip kerja metode ini adalah mengukur variasi intensitas magnetik di suatu titik di permukaan bumi, sehingga untuk menentukan serangkaian pengukuran diperlukan titik ikat yang sudah diketahui nilai intensitasnya secara mutlak.

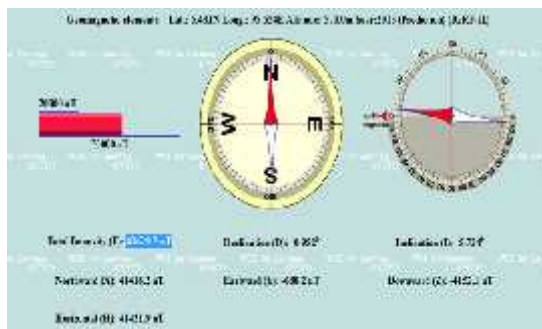
- b. Pengukuran variasi intensitas magnetik. Pengambilan data intensitas magnetik dilakukan secara *looping*. Pengambilan data magnetik di titik amat dilakukan dengan pembacaan ulang sebanyak 3 kali, untuk setiap titik ikat menggunakan Magnetometer. *Looping* selalu dimulai dari titik ikat (*Base Station*) dan ditutup kembali di titik ikat tersebut.
- c. Pengambilan Data Posisi. Untuk pengukuran posisi dilakukan secara diferensial dengan metode survei statik singkat menggunakan *Portabel GPS* tipe Navigasi

Proses Pengambilan Data. Pengukuran metode magnetik secara prinsip hampir sama dengan pengukuran data gaya berat, dimana kedua metode mengukur energi potensial yang dimiliki bumi. Jika pada pengukuran metode gaya berat yang diukur adalah medan gravitasi akibat densitas batuan yang berada di bawahnya, sedangkan pada pengukuran metode magnetik yang diukur adalah besaran medan magnetik bumi yang menginduksi batuan yang berada di bawah permukaan. Makin tinggi nilai suseptibilitas batuan maka makin tinggi respon magnetik sekunder yang dihasilkan. Terkait dengan panas bumi yang menghasilkan fluida panas berasal dari batuan, maka semakin panas batuan, nilai suseptibilitasnya semakin berkurang [9].

Pengambilan data dilakukan pada kawasan kawah Heutsz, menggunakan pola pengukuran berbentuk grid 200 m. Jumlah titik grid yang diukur di kawah Heutsz sebanyak 9 titik pengukuran mengelilingi kawah. Demikian juga pengukuran di kawasan kawah Heutsz sampai lapangan panas bumi Ie Jue dilakukan pengukuran 1 lintasan.

Jarak antar titik pengukuran bervariasi antara 230-560 m dengan total panjang lintasan 5,8 km. Dari Pos Pengamatan dilakukan pengukuran sampai ke kawah Cempaga dengan jarak lebih kurang 8 km dengan spasi antar titik pengukuran bervariasi.

Data magnetik yang didapatkan dari lapangan, harus dikoreksi dengan nilai magnetik harian (diurnal), dan nilai magnetik global (IGRF/*International Geomagnetik Reference Field*) dengan memasukkan perbedaan ketinggian titik pengukuran seperti dijelaskan pada bagian III, sehingga pada akhirnya didapatkan nilai suseptibilitas magnetik saja. Gambar 3 berikut menunjukkan nilai IGRF dan sudut deklinasi dan inklinasi medan magnet daerah penelitian

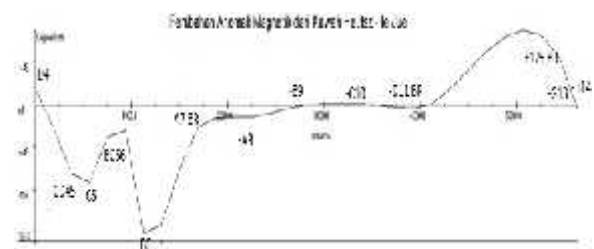


Gambar 3. Nilai IGRF, deklinasi dan inklinasi medan magnet di kawasan pengukuran (Sumber: <http://wdc.kugi.kyoto-u.ac.jp/cgi-bin/point-cgi> diakses 1 Desember 2013).

Hasil dan Pembahasan

a. Lintasan Kawah Heutsz-Ie Jue Lamteba

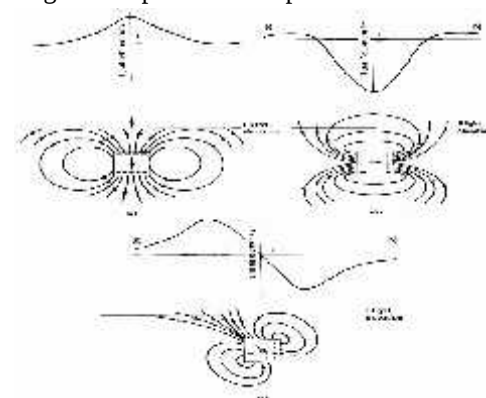
Pada Gambar 4 ditunjukkan bahwa grafik anomali magnetik setelah dilakukan koreksi harian (*diurnal correction*) dan koreksi nilai magnetik global (IGRF/*International Geomagnetik Reference Field*). Koreksi harian dilakukan berdasarkan pengamatan nilai magnetik di lapangan. Mengingat alat magnetik yang digunakan hanya 1 unit, maka dalam menentukan nilai koreksi harian harus dilakukan dengan sistem *looping*. Koreksi IGRF bisa dilakukan secara online atau menggunakan software. Nilai koreksi IGRF didapat setelah memasukkan koordinat dan ketinggian daerah pengukuran seperti ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 4. Grafik perubahan anomali magnetik dari Kawah Heutsz s/d lapangan panas bumi Ie Jue Lamteuba.

Nilai anomali magnetik terendah di dapat pada titik pengukuran B6 sebesar -1396.3 nT dan nilai anomali tertinggi di dapat pada titik pengukuran – F125 BR sebesar 153 nT. Berdasarkan perhitungan di website <http://wdc.kugi.kyoto-u.ac.jp/cgi-bin/point-cgi>, didapatkan nilai deklinasi medan magnet di kawasan pengukuran sebesar -0.952° dan nilai inklinasi sebesar -5.724° . Nilai inklinasi medan magnet kawasan pengukuran tersebut sangat berpengaruh pada interpretasi grafik anomali medan magnet (Gambar 4). Hal tersebut disebabkan kawasan pengukuran memiliki nilai Inklinasi -5.724° atau hampir berada di ekuator medan magnet (inklinasi 0°).

Jika sudut inklinasi searah dengan pemagnetan pada batuan, maka akan menghasilkan anomali yang positif dan sebaliknya juga demikian, maka nilai terendah respon anomali magnetiknya menunjukkan terdapat batuan atau mineral magnetik tinggi di bawahnya. Respon anomali magnetik tinggi menunjukkan adanya batuan dengan nilai magnetik rendah di bawahnya [10]. Respon anomali magnetik dapat terlihat seperti Gambar 5.



Gambar 5. Respon medan magnet terhadap anomali magnet bawah permukaan dengan nilai (Sumber: http://principles.ou.edu/mag/interpretation_explicated.html)

Inklinasi yang berbeda-beda. (a). Respon dengan nilai Inklinasi 90° , (b) Respon dengan nilai inklinasi 0° , (c). Respon dengan nilai Inklinasi 45° Respon anomali rendah yang terdapat di titik pengukuran B6 sebesar -1396.3 nT, menunjukkan bahwa di bawah titik B6 terdapat batuan/mineral yang memiliki sifat kemagnetan tinggi yang diduga sebagai mineral bijih yang memiliki nilai ekonomis.

Berdasarkan respon anomali (Gambar 4), titik B6 memiliki nilai anomali rendah yang diduga sebagai kawasan patahan atau rekahan (*fracture*). Titik B6 merupakan kawasan patahan atau rekahan (*fracture*) yang kemudian lapisan-lapisan rekahan tersebut diisi oleh mineral bijih ekonomis. Genesis mineral bijih yang terisi rekahan tersebut terbentuk secara hidrotermal.

Respon anomali magnetik tertinggi terdapat pada titik -F125 BR sebesar 153 nT. Nilai anomali tinggi ini menunjukkan bahwa di bawah atau sekitar titik -F125 BR terdapat batuan dengan nilai magnetik suseptibilitas magnet rendah. Batuan yang memiliki nilai kemagnetan rendah ini diduga sebagai reservoir. Titik -F125 BR berada di kawasan panas bumi Ie Jue sehingga kita bisa menduga bahwa di lapangan panas bumi Ie Jue terdapat lapisan pembawa hidrotermal atau reservoir. Nilai anomali magnetik yang rendah ini juga menjadi dugaan adanya sumber panas bumi di bawah lapangan panas bumi Ie Jue tersebut.

b. Lintasan Pos Pengamatan Gunung Api-Kawah Cempaga

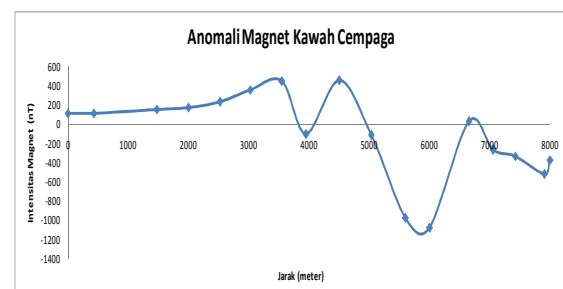
Lintasan sisi Selatan, pengukuran metode magnetik bermula dari Pos Pengamatan Gunung Api Seulawah Agam sampai dengan kawah Cempaga di puncak gunung Api Seulawah dengan panjang total lintasan sekitar 8 km. Pada lintasan ini dilakukan pengukuran 17 titik metode magnetik dan setelah dilakukan koreksi, hasilnya seperti yang terlihat pada gambar 6.

Nilai anomali magnet dari pos pengamatan sampai dengan kawah Cempaga memiliki variasi nilai yang sangat beragam setelah dilakukan koreksi IGRF dan Nilai Magnet Harian (diurnal). Nilai tertinggi anomali di lintasan ini sekitar 446 nT di titik CK3,5

dan terendah adalah -1077 nT yang berada di titik CK6. Seperti yang dijelaskan di atas, nilai deklinasi medan magnet di kawasan pengukuran sebesar -0.952° dan nilai inklinasi sebesar -5.724° . Nilai inklinasi medan magnet kawasan pengukuran tersebut sangat berpengaruh pada interpretasi grafik anomali medan magnet, seperti ditunjukkan pada gambar 5.

Dikarenakan kawasan pengukuran memiliki nilai Inklinasi -5.724° atau hampir berada di ekuator medan magnet (inklinasi 0°), maka nilai terendah respon anomali magnetnya menunjukkan terdapat batuan yang bersifat ferromagnetik yang berada di bawahnya. Respon anomali magnetik tinggi menunjukkan adanya batuan dengan nilai magnetik rendah di bawahnya atau batuan diamagnetik

Gambar 6. Grafik perubahan anomali magnetik dari Pos Pengamatan Gunung Api sampai dengan



kawah Cempaga

Terdapat patahan di titik CK4 karena nilainya rendah dan diduga adanya mineral yang mengisi patahan tersebut. Keberadaan patahan pada titik CK4 ini menunjukkan bahwa terdapat sumber magma yang memiliki sifat kemagnetan rendah karena dipengaruhi oleh temperatur, sehingga pengukuran dengan metode magnet sangat efektif untuk diaplikasikan.

Kesimpulan

1. Berdasarkan pengukuran metode magnetik di lintasan utara, batuan yang memiliki nilai suseptibilitas magnet tinggi terdapat pada titik B6 yang diduga sebagai kawasan terdapatnya mineral bijih ekonomis yang berada pada zona patahan atau rekahan (*fracture zones*) dan batuan dengan nilai suseptibilitas rendah

terdapat pada titik -F125 BR yang diduga sebagai sumber hidrotermal

2. Pada lintasan Selatan dari pos pengamatan sampai dengan kawah Cempaga ditemukan struktur geologi berupa patahan Sumatera segmen Aceh di titik CK4.

Ucapan Terimakasih

Sehubungan dengan penulisan artikel ini kami menyampaikan terima kasih yang tak terhingga kepada Staf pengajar Prodi teknik Geofisika Unsyiah, teknisi serta mahasiswa baik di Prodi Teknik Geofisika maupun mahasiswa di Jurusan Fisika Unsyiah yang telah memberikan bantuannya dalam proses pengambilan data di lapangan. Semoga artikel ini bermanfaat bagi komunitas akademik lainnya.

Daftar Pustaka

1. Ikhsan., S, 2012. Potensi Energi Primer Sebagai Pembangkit Tenaga Listrik di Aceh. Seminar Energi Nasional” Skenario Kebijakan Energi Indonesia Menuju tahun 2050 ” DEN-Banda Aceh.
2. Telford, W.M., L.P. Goldart., R.E. Sheriff., 1990, Applied Geophysics, Second Edition, Cambridge University Press
3. Kirsch, R., 2006. Ground Water Geophysics “A Tool for Hydrogeology”. Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
4. N.S. Boko, et.al 2004. Analisis Data Magnetik untuk Mengetahui Struktur Bawah Permukaan Daerah Manifestasi Air Panas di Lereng utara Gunung Api Ungaran.. Prosiding Himpunan Ahli Geofisika Indonesia (HAGI). Pertemuan Ilmiah Tahunan Ke-29, Yogyakarta 5-7 Oktober.
5. Milsom, J. 2003. Field Geophysics, 3rd Edition. John Wiley & Sons Ltd. England
6. Ismail., N dan Ramadhan., S., 2013. Karakterisasi Struktur Dangkal pada Lapangan Panas Bumi Seulawah Agam Menggunakan Metode Very Low Frequency (VLF). *Prosiding Semirata FMIPA Universitas Lampung, 2013*
7. Dinas Pertambangan dan Energi Pemerintah Nanggroe Aceh Darussalam, 2009. Peta Aceh dan Energi Geothermal, Banda Aceh
8. Kurniawan, I. W, 2012. Studi Pembangunan PLTP Seulawah Agam dengan Kapasitas 1x 55 MW dan pengaruhnya terhadap TDL Regional Nanggroe Aceh Darussalam. ITS Surabaya.
9. Burger, D.C and Burger R.H, 1992. Exploration Geophysics of the Shallow Surface. Prentice-Hall, Inc.
10. Kearey, P, Brook, M & Hill, I. An Introduction to Geophysical Exploration. 3rd. Blackwell Science. Ltd. USA.
11. <http://wdc.kugi.kyoto-u.ac.jp/cgi-bin/point-cgi> (diakses 1 Desember 2013)
12. http://principles.ou.edu/mag/interpretation_explicated.html (diakses 1 Desember 2013)