



PENENTUAN STRUKTUR BAWAH PERMUKAAN AREA PANAS BUMI TINGGI RAJA KABUPATEN SIMALUNGUN DENGAN MENGGUNAKAN METODE MAGNETIK

Eprelita Sitorus dan Togi Tampubolon*

Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri

Medan, Indonesia

eprelitasitorus.27@gmail.com

Diterima Desember 2017; Disetujui Januari 2018; Dipublikasikan Februari 2018

ABSTRAK

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui bagaimana struktur batuan bawah permukaan dan menentukan jenis batuan berdasarkan nilai susceptibilitasnya di daerah panas bumi Tinggi Raja kecamatan Silau Kahaen Kabupaten Simalungun. Secara geografis daerah penelitian berada pada koordinat geografis berada pada koordinat 02036' -03018' Lintang Utara dan 98032' -99035' Bujur. Pengukuran medan magnet total menggunakan alat yang disebut Proton Precision Magnetometer (PPM), penentuan posisi menggunakan Global Position System (GPS) dan penentuan orientasi arah utara menggunakan kompas geologi. Pengambilan data dilakukan secara acak dengan jumlah titik yang diperoleh sebanyak 40 titik ukur. Pengolahan data diawali dengan koreksi IGRF untuk mendapatkan anomali medan magnet total. Kemudian Pengolahan data anomali magnet total dilakukan dengan menggunakan program Surfer 11. Untuk mendapatkan penampang anomali magnetik digunakan program Mag2dc For Windows. Hasil pengukuran magnetik menunjukkan adanya variasi kuat medan magnet disetiap titik dengan nilai anomali magnetik di daerah survei berkisar antara: -3,01 nT pada koordinat 0476241 N 0348117 E sampai 69,28 nT pada koordinat 0476241 N 0348120 E. Dan dari perhitungan nilai susceptibilitas diperoleh bahwa daerah panas bumi Tinggi raja mempunyai nilai susceptibilitas dari yang paling rendah sampai nilai susceptibilitas yang paling besar yaitu : $0,48 \times 10^3$ s.d $-0,02 \times 10^3$ sedangkan hasil interpretasi kuantitatif pemodelan A'A menunjukkan adanya batuan beku dan metamorf, dengan nilai susceptibilitas (-0.02, 0.22, dan 0.1).

Kata Kunci : Metode Magnetik, Suseptibilitas, GPS, Tinggi Raja

PENDAHULUAN

Energi merupakan kebutuhan mutlak yang diperlukan dalam kehidupan manusia, serta ketersediaannya memberikan pengaruh besar terhadap kemajuan pembangunan. Panas bumi salah satu energi alternatif yang dapat diperbaharui (renewable). Untuk mengawasi kritis energi khususnya di Sumatera Utara yang salah satu provinsi memiliki potensi panas bumi,

seharusnya pembangkit listrik tenaga panas bumi merupakan solusi alternatif untuk menyelesaikan masalah kekurangan energi tersebut, kelebihan energi panas bumi yaitu ramah lingkungan dan termasuk yang tidak dapat diekspor sehingga pasokan energi listrik Indonesia terus terjaga hingga ratusan tahun. Eksplorasi panas bumi dapat diketahui dengan cara menentukan resistivitas batuan dengan

menggunakan beberapa metode yakni elektromagnetik, gravitasi, seismik, geomagnetik dan geolistrik. Dari beberapa metode dalam penentuan eksplorasi panas bumi banyak kelebihan jika menggunakan geomagnet.

Metode magnetik merupakan salah satu metode geofisika yang sering digunakan untuk survei pendahuluan pada eksplorasi minyak bumi, gas bumi dan penyelidikan batuan mineral. Metode magnetik bekerja berdasarkan sifat-sifat magnetik batuan yang terdapat di bawah permukaan bumi. Pada perkembangan selanjutnya, metode magnetik banyak digunakan di berbagai bidang geofisika lainnya termasuk untuk penelitian mengenai gunungapi dan untuk mengetahui struktur bawah permukaan, pengukuran dapat diperoleh dengan mudah untuk studi lokal dan regional (Hadi, 2008).

Metode geomagnet dilakukan berdasarkan pengukuran anomali geomagnet yang diakibatkan oleh perbedaan kontras susceptibilitas atau permeabilitas magnetik tubuh dijabakan dari daerah disekelilingnya. Perbedaan permeabilitas relatif itu diakibatkan oleh perbedaan distribusi mineral ferromagnetik, paramagnetik dan diamagnetik. Metode geomagnet ini sensitif terhadap perubahan vertikal, umumnya digunakan untuk mempelajari tubuh intrusi, batuan besar, urat hidrotermal yang kaya akan mineral ferromagnetik dan struktur geologi (Broto,2011).

Berdasarkan penelitian yang dilakukan Wahyu (2016) di desa Tinggi Raja dengan menggunakan geomagnet nilai susceptibilitasnya pada daerah dusun Bahoan jenis batuan yang terdapat pada daerah penelitian tersebut 0,00054, 0,0006, 0,0016 dimana model lapisan struktur bawah permukaan terdiri dari batuan pasir, lempung dan gamping dan hasil susceptibilitas dan nilai resistivitas nya memiliki lapisan yang sesuai.

Menurut peta geologi, kabupaten Simalungun memiliki potensi sumber panas bumi yang terletak di Kecamatan Silau kaean, desa Dolok Morawa. Beberapa penelitian pernah dilakukan di panas bumi Tinggi Raja, diantaranya penyelidikan oleh Kelompok Program Penelitian Panas Bumi (2006), menyatakan fluida di Daerah Panas Bumi Dolok

Marawa bersifat netral, didominasi air panas (hot water-dominated), geothermometer fluida 180 °C, termasuk dalam kategori entalpi sedang dan potensi cadangan terduga 49-50 Mwe. Kemudian Tambunan (2010), mengemukakan suhu air permukaan pada panas bumi Dolok Morawa adalah 60 OC – 66,5 OC dengan pH netral sebesar 6,48- 7,63 dengan konsentrasi rata-rata unsur yang paling banyak adalah kalsium mencapai 135,81 Ppm, selanjutnya unsur kedua adalah Natrium (108,97 Ppm) dan Silika (82,28 Ppm) serta unsur yang paling sedikit adalah Kalium sebesar 30,44 Ppm.

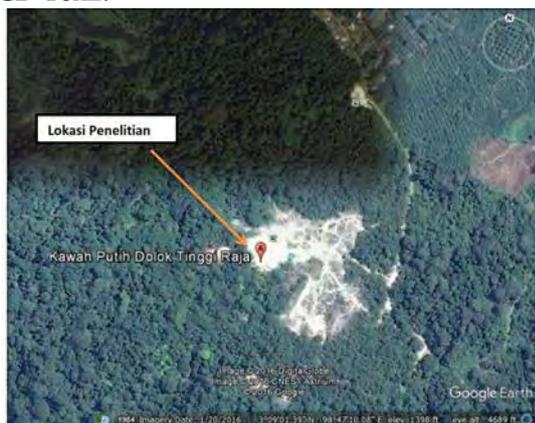
METODE PENELITIAN

Perancangan alat ditunjukkan pada Gambar 3.1. Setiap blok mempunyai fungsi masing-masing.

Prosedur penelitian yang dilakukan sebagai berikut:

1. Meninjau lokasi serta pengambilan gambar yang akan dijadikan sebagai daerah penelitian.
2. Menentukan koordinat titik acuan di daerah penelitian menggunakan GPS (Global position system).
3. Menentukan titik – titik amat (base) pada daerah yang akan disurvei didasarkan penentuan anomali.
4. Melakukan kalibrasi alat yang digunakan.
5. Melakukan pengukuran dengan menggunakan geomagnet PPM Type elsec 770.
6. Melakukan pengambilan data yang tercatat melalui alat perekam geomagnet yang digunakan .
7. Mengolah data yang di peroleh Geomagnet PPM Type elsec 770
8. Pengolahan data dengan softwere mag2DC
9. Waktu awal pengukuran di base disesuaikan di titik pengamat pengukuran dilakukan setiap selang waktu satu jam.
10. Mencatat hasil pengukuran dalam bentuk tabel data pengamatan magnet bumi.
11. Data yang diperoleh dianalisis dan interpretasi
12. Membedakan nilai tahanan jenis berdasarkan anomali dan warna untuk melihat suseptibilitas.

Gambar 3.1 menjelaskan cara kerja prototipe alat bantu parkir mobil. Sensor HC-SR04 mengirim gelombang ultrasonik melalui pin trigger hingga dipantulkan oleh sebuah objek penghalang dan diterima kembali melalui pin echo. Gelombang tersebut menjadi sinyal masukan bagi arduino dalam bentuk waktu tempuh gelombang ultrasonik guna untuk menghitung jarak antara sensor dengan objek penghalang melalui pin echo. Hasil perhitungan jarak oleh arduino kemudian ditampilkan pada layar LCD 16x2 dan menetapkan 3 keadaan jarak yang menentukan cepat lambatnya buzzer berbunyi dan pesan peringatan yang juga ditampilkan pada layar LCD 16x2.



Gambar 3.1. Lokasi Penelitian

3.2 Analisis Data Geomagnet

1. Koreksi Harian (Disurrial Correction)

Koreksi harian (disurrial correction) dilakukan untuk menghilangkan pengaruh medan magnet luar pada harga medan hasil pengukuran. Koreksi ini dilakukan jika ada perbedaan pengukuran medan magnet bumi di base dengan di daerah survei. Koreksi harian disebut juga dengan variasi diurnal, variasi harian ini dilakukan untuk mendapatkan koreksi nilai medan magnet dilapangan yang diakibatkan oleh medan magnet luar. Cara yang dilakukan untuk mendapatkan nilai koreksi ini adalah dengan membuat grafik intensitas medan (I) versus waktu (t) dari hasil pengukuran di stasiun base.

Garis –garis sejajar sumbu – t ditarik sebagai acuan basis melewati titik (t,I) pertama. Kemudian dihitung harga penyimpangan grafik terhadap harga acuan basis untuk waktu-waktu t yang bersesuaian

dengan waktu-waktu pengukuran dititik pengukuran.

2. Koreksi Topografi

Koreksi topografi adalah koreksi yang dilakukan untuk menghilangkan pengaruh medan magnet yang ditimbulkan oleh bukit-bukit yang termagnetisasi terhadap harga medan hasil pengamatan. Belum ada aturan umum dalam koreksi ini. Jika topografi dianggap tidak termagnetisasi, maka yang dilakukan adalah koreksi ketinggian dengan mengacu pada harga gradient vertikal magnet bumi. Di daerah kutub sekitar – 0,03 gamma setiap penurunan satu meter dan sebaliknya. Di daerah ekuator sekitar 0,015 gamma setiap penurunan satu meter dan sebaliknya. Karena penelitian berada di daerah aquator, maka koreksi topografinya:

$$1\gamma = 1 \text{ nano tesla}$$

$$HT = (h * 0,015 \gamma/m) \text{ Dimana :}$$

$$HT = \text{Koreksi Topografi } h = \text{Ketinggian}$$

Setelah melakukan koreksi ini maka daerah penelitian dapat dianggap sebagai bidang datar.

3. Koreksi IGRF

Data hasil pengukuran medan magnetik pada dasarnya adalah kontribusi dari tiga komponen dasar, yaitu medan magnetik utama bumi, medan magnetik luar dan medan anomali. Nilai medan magnetik utama tidak lain adalah nilai IGRF. Jika nilai medan magnetik utama dihilangkan dengan koreksi harian, maka kontribusi medan magnetik utama dihilangkan dengan koreksi IGRF. Koreksi IGRF dapat dilakukan dengan cara mengurangkan nilai IGRF terhadap nilai medan magnetik total yang telah terkoreksi harian pada setiap titik pengukuran pada posisi geografis yang sesuai.

$$\Delta H = H_{OBS} \pm \Delta H_{vh} \pm H_T - H_{IGRF}$$

Dimana,

$$\Delta H = \text{Anomali medan magnetik}$$

$$HOB = \text{Harga medan magnet terukur}$$

$$\Delta H_{vh} = \text{Variasi Harian medan magnet terukur}$$

$$HT = \text{Harga koreksi topografi}$$

$$HIGR = \text{Medan utama magnet bumi pada lokasi penelitian}$$

3.5 Interpretasi Data

Secara umum interpretasi data geomagnetik terbagi menjadi dua, yaitu

interpretasi kualitatif dan kuantitatif. Interpretasi kualitatif didasarkan pada pola kontur anomali medan magnetik yang bersumber dari distribusi benda-benda termagnetisasi atau struktur geologi bawah permukaan bumi. Selanjutnya pola anomali medan magnetik yang dihasilkan ditafsirkan berdasarkan informasi geologi setempat dalam bentuk distribusi benda magnetik atau struktur geologi, yang dijadikan dasar pendugaan terhadap keadaan geologi yang sebenarnya. Interpretasi Kuantitatif bertujuan untuk menentukan bentuk atau model dan kedalaman benda anomali atau struktur geologi melalui pemodelan matematis. Untuk melakukan interpretasi kuantitatif, ada beberapa cara di mana antara satu dengan lainnya mungkin berbeda, tergantung dari bentuk anomali yang diperoleh, sasaran yang dicapai dan ketelitian hasil pengukuran.

Data hasil pengamatan diinterpretasikan secara kualitatif dan kuantitatif, setelah data ditampilkan dalam bentuk peta kontur 2 dimensi menggunakan program Surfer.

1. Harga Anomali Magnet

Hasil akhir merupakan anomali magnet dari harga telah dikoreksi yang dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$\Delta H = H_{OBS} \pm \Delta H_{vh} \pm H_T - H_{IGRF}$$

$$\Delta H = \text{Anomali Magnetik}$$

$$H_{OBS} = \text{Harga medan magnet terukur}$$

$$\Delta H_{vh} = \text{Harga variasi harian}$$

$$H_T = \text{Harga koreksi Topografi}$$

$$H_{IGRF} = \text{Harga Koreksi IGRF}$$

2. Pola Penyebaran Anomali

Untuk memperoleh nilai anomali magnet pada tiap-tiap titik pengukuran di daerah survei digunakan persamaan gaya magnet dan kuat medan magnet dan pola penyebaran anomalnya ditampilkan dalam bentuk peta kontur dengan bantuan pemograman komputer Surfer.

3. Suseptibilitas Magnetik

Berdasarkan persamaan suseptibilitas magnet dapat ditentukan suseptibilitas batuan di tiap titik daerah survei.

4. Struktur Batuan di Bawah permukaan daerah survey

Untuk memperkirakan struktur batuan di bawah permukaan daerah survei harga suseptibilitas dari tiap-tiap titik pengukuran ditunjukkan dalam bentuk peta kontur 2 dimensi menggunakan software Mag2DC for window.

3.6 Analisis Data Interpretasi Data Mag2DC

Data yang diperoleh dimasukkan kedalam table pengambilan data lapangan tiap-tiap lintasan sebelum diolah dengan Software Mag2DC

Tabel 3.2 Data magnetic terolah dengan koreksi variasi harian.

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian

4.1.1 Deskripsi Data

Hasil penelitian survei magnet bumi di desa Dolok Tinggi Raja kecamatan Silau kahaen, Kabupaten Simalungun adalah data topografi dengan menggunakan GPS Garmin Etrex, data pengamatan medan magnet bumi di field diperoleh dari hasil pembacaan Proton Precession Magnetometer (PPM) Type elsec 770 dan data pengamatan magnet bumi di base stasiun diperoleh dari hasil pembacaan PPM model G-856 AX. Daerah yang diteliti memiliki ketinggian sekitar 426 mdpl hingga 433 mdpl.

Data lapangan magnetik bumi di base stasiun dan data magnetik bumi di field tidak sama waktunya, sehingga disesuaikan dengan waktu di data base yang berdekatan. Data pengukuran lapangan berupa medan magnet bumi total masih tercampur dengan magnetik utama bumi International Geomagnetic Reference Field (IGRF) dan magnetik harian. Untuk memperoleh nilai anomali magnetik total, dilakukan koreksi berikut: koreksi harian, koreksi IGRF, dan koreksi topografi (pengolahan data magnetik dapat dilihat pada lampiran). Diperoleh hasil pengolahan data medan magnetik seperti tabel 4.1. berikut:

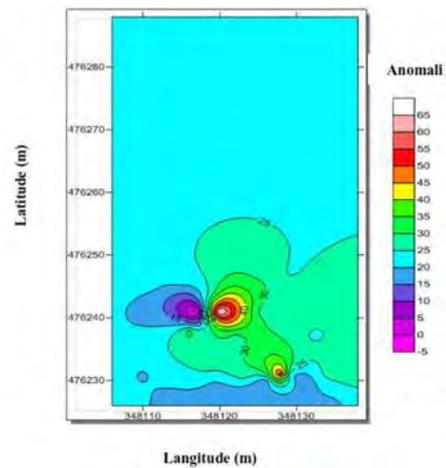
Koordinat		Anomali	Suseptibilitas (k)	k(10 ³)
Bujur	Lintang			
0348111	0476245	21.32	0.15	146.875
0348115	0476246	22.68	0.16	156.137
0348119	0476244	27.72	0.19	190.8795
0348124	0476246	30.82	0.21	212.2214
0348128	0476246	28.91	0.20	199.1321
0348129	0476247	24.32	0.17	167.545
0348131	0476244	28.39	0.20	195.5361
0348129	0476243	24.77	0.17	170.5928
0348125	0476241	29.50	0.20	203.1731
0348123	0476239	28.23	0.19	194.4253
0348120	0476241	69.28	0.48	477.117
0348117	0476241	-3.01	-0.02	-20.7286
0348117	0476239	14.71	0.10	101.2567
0348116	0476238	31.43	0.22	216.4572
0348119	0476238	29.83	0.21	205.4169
0348122	0476237	27.91	0.19	192.2044
0348125	0476237	31.34	0.22	215.847
0348127	0476237	30.73	0.21	211.6912
0348132	0476237	24.49	0.17	168.745
0348137	0476235	26.57	0.18	183.0824
0348138	0476231	27.94	0.19	192.4592
0348134	0476231	26.70	0.18	183.9552
0348129	0476231	21.40	0.15	147.407
0348128	0476231	56.10	0.39	386.3655
0348122	0476230	23.13	0.16	159.2816
0348118	0476230	23.50	0.16	161.773
0348115	0476230	21.58	0.15	148.5587
0348110	0476231	19.61	0.13	134.99
0348107	0476231	20.99	0.14	144.4861
0348106	0476228	20.39	0.14	140.3334
0348110	0476226	20.80	0.14	143.1817
0348114	0476226	17.23	0.12	118.6083
0348116	0476228	19.29	0.13	132.8147
0348119	0476229	16.69	0.11	114.8903
0348123	0476231	18.08	0.12	124.5066
0348126	0476230	16.78	0.12	115.532
0348131	0476230	16.89	0.12	116.3138
0348131	0476230	18.00	0.12	123.984
0348135	0476227	19.73	0.14	135.9003
0348133	0476227	19.08	0.13	131.3938

Data medan magnet yang didapatkan dalam penelitian ini sebanyak 40 titik pengamatan berupa nilai medan magnet bumi, lintang, bujur, waktu dan ketinggian.

4.1.2. Pola Penyebaran Anomali Magnet Bumi

Anomali magnet total adalah harga medan magnetik di suatu titik yang dihasilkan oleh batuan di bawah permukaan yang menjadi target dari pengukuran metode magnetik.

Anomali medan magnetik hasil perhitungan yang didapat ditampilkan dalam bentuk peta kontur anomali dengan menggunakan software surfer 11. Berdasarkan nilai anomali yang telah diperoleh dari tiap-tiap pengukuran, pola penyebaran anomali daerah tersebut dapat di lihat pada gambar 4.1.

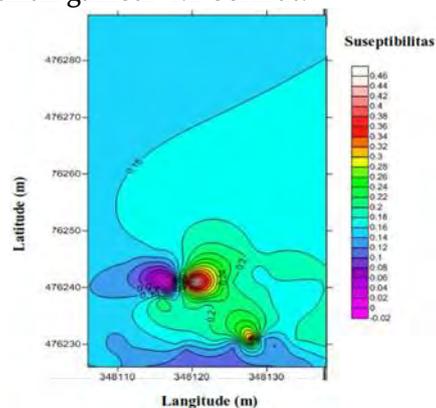


Gambar 4.1. Pola Penyebaran Anomali Magnet Bumi di Tinggi Raja

Gambar 4.1 menunjukkan daerah survei dengan anomali rendah berada pada titik ke-12 yaitu -3,01 nT dan anomali tinggi berada pada titik ke-11 yaitu 69,28 nT. Harga anomali magnet rendah yang didapat pada daerah survei ditafsirkan merupakan daerah yang erat kaitannya dengan terbentuknya manifestasi panas bumi di daerah tersebut.

4.1.3. Suseptibilitas Batuan Daerah Panas Tinggi Raja

Suseptibilitas merupakan ukuran kemampuan dari suatu batuan menerima magnetisasi dari medan magnet bumi. Untuk mendapatkan gambaran yang jelas tentang sifat-sifat kemagnetan yang dijumpain di daerah penelitian dilakukan pengukuran suseptibilitas magnetik di setiap titik pengukuran. Berikut adalah gambar peta kontur supseptibilitas. Perhatikan gambar 4.2 berikut.



Gambar 4.2 Peta Kontur Suseptibilitas di Kawah Putih Tinggi Raja

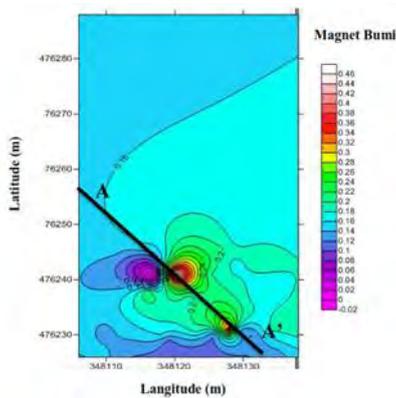
Dari perhitungan nilai suseptibilitas diperoleh bahwa daerah panas bumi Tinggi raja mempunyai nilai suseptibilitas dari yang paling

rendah sampai nilai suseptibilitas yang paling besar yaitu : $0,48 \times 10^3$ s.d $-0,02 \times 10^3$. Harga suseptibilitas yang didapat akan digunakan untuk mengetahui jenis batuan dibawah permukaan daerah panas bumi Tinggi raja.

4.2 Pembahasan

4.2.1 Interpretasi Data Geomagnetik

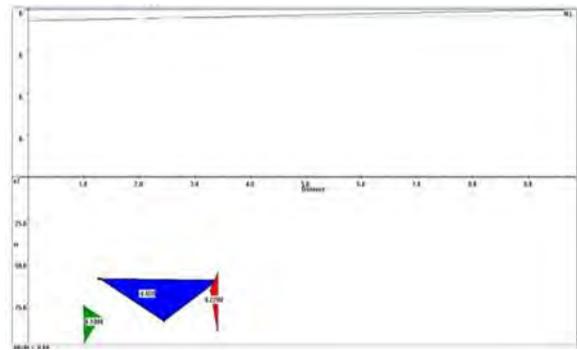
Berdasarkan anomali magnetik (gambar 4.1) dan suseptibilitas batuan (gambar 4.2) yang diperoleh , maka dibuat pemodelan anomali magnetik untuk menginterpretasikan struktur batuan bawah permukaan. Langkah awal pemodelan berupa line section (lintasan AA') dari anomali rendah menuju tinggi yang diduga sebagai sumber anomali magnetik di atas peta kontur anomali seperti yang terlihat pada gambar 4.3 di bawah ini.



Gambar 4.3 Peta Kontur Magnetik Bumi Dengan Sayatan A-A'

4.2.2 Pemodelan Anomali Magnetik

Interpretasi kuantitatif diperlukan untuk menggambarkan struktur bawah permukaan dari pengukuran data. Interpretasi kuantitatif bertujuan untuk menentukan litologi daerah penelitian. Interpretasi dilakukan membuat model penampang geomagnetik menggunakan software Mag2DC dengan menginput data pada tabel 4.1, sehingga akan diperoleh gambar 4.4 yang mempunyai terjemahan dalam bentuk gambar dengan menunjukkan nilai suseptibilitas dan warna berdasarkan lapisan batuan. Dalam melakukan pemodelan numerik diperlukan beberapa parameter medan magnetik bumi daerah penelitian yang meliputi nilai IGRF (41856.7 nT), sudut deklinasi (17°), sudut inklinasi (13°), serta beberapa parameter pemodelan. Perhatikan gambar dibawah ini.



Gambar 4.4 Model Penampang Geomagnetik Menggunakan software Mag2DC

Gambar 4.4 menunjukkan model penampang yang melintang AA' dimana pada gambar tersebut terdapat sumbu x dan sumbu y. Sumbu x menunjukkan panjang sayatan, sumbu y positif menunjukkan nilai variasi intensitas magnetik dan sumbu y negatif menunjukkan kedalaman. Dari hasil pemodelan dapat ditentukan litologi batuan berdasarkan nilai suseptibilitas.

Lapisan teratas dengan nilai $k = -0,02$ (cgs unit) di interpretasikan sebagai batuan piroklastik. Lapisan ini berada pada kedalaman 0 hingga 20 meter dan merupakan zona overburden yang berfungsi sebagai penutup atau zona cap rock pada sistem panas bumi.

Lapisan dengan nilai $k = 0,22$ (cgs unit) di interpretasikan sebagai batuan basal atau merupakan jenis batuan beku yang terbentuk dari permukaan magma yang bersifat basa dan mempunyai komposisi utama mineral olivine.

Lapisan dengan nilai $k = 0,1$ (cgs unit) di interpretasikan sebagai batuan gneiss atau merupakan jenis batuan metamorf yang terbentuk dari proses metamorfisme regional atau metamorfisme dinamik. Mineral penyusun dalam batuan ini direkrustalisasi dengan suhu dan temperature dan tekanan yang tinggi. Lapisan ini berada pada kedalaman 10 hingga 35 meter. Kontras nilai suseptibilitas negatif (-) dan positif (+) pada daerah dugaan A diinterpretasikan sebagai struktur Horst Graben, yaitu rekahan yang dijadikan sebagai jalan keluar (out flow) uap panas bumi.

Dari informasi yang didapat dari warga setempat bahwa sumber air panas di Kawah Putih Tinggi Raja Kec. Silau Kahaen mengalami titik perubahan dari Tahun ketahun. Dan dari data yang didapat sumber air panas pertama kali

muncul pada tahun 2005 dititik koordinat 47o63'56" N dan lintang 34o81'43"E dengan ketinggian 423 dpl. Kemudian pada tahun 2010 sumber air panas berpindah ketitik koordinat 47o63'01" N dan lintang 34o80'56" E dengan ketinggian 423dpl pada titik ini sumber air panas sudah berubah menjadi batuan dan tidak aktif lagi. Tahun 2013 berpindah kembali ketitik koordinat 47o 62'82" N dan lintang 34o89'60" dengan ketinggian 429 dpl pada titik ini sumber air panas masih aktif tapi tingkat keaktifan nya sudah berkurang. Dan pada tahun 2017 berpindah kembali ketitik koordinat 46o27'71" N dan lintang 41o03'99" E dengan ketinggian 430 dpl dan masih aktif sampai sekarang.

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis data pembahasan yang dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Nilai anomali magnetik di daerah survei berkisar antara: -3,01 nT pada koordinat 0476241 N 0348117 E sampai 69,28 nT pada koordinat 0476241 N 0348120 E, adanya anomali medan magnet tersebut disebabkan oleh kontak antara beberapa jenis batuan yang ada di daerah penelitian tersebut.
2. Berdasarkan nilai suseptibilitas yang diperoleh, jenis batuan yang terdapat pada daerah penelitian ini tergolong batuan beku dan metamorf (-0.02, 0.22, dan 0.1).

5.2 Saran

Dari hasil penelitian yang diperoleh, maka saran untuk peneliti selanjutnya, yaitu:

1. Melakukan penelitian lebih lanjut dengan memperluas daerah pengambilan data, sehingga penyebaran jenis batuan dapat terlihat baik di permukaan maupun di bawah permukaan.
2. Penelitian ini dapat dilanjutkan dengan metode geofisik yang lain, misalnya dengan metode resistivitas dan elektromagnetik dan geotermometer kimia untuk mendapatkan hasil yang optimal.
3. Peneliti masih tahap belajar jadi diharapkan kritikan dan saran yang dapat membangun

dan meningkatkan hasil dari penelitian selanjutnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Awaliyatun, F. Z, (2015), Penentuan Struktur Bawah Permukaan Tanah Daerah Potensi Panas Bumi Dengan Metode Geomagnet di Tinggi Raja Kabupaten Simalungun , Skripsi, Fmipa, Universitas Negeri Medan (UNIMED), Medan.
- Badan Geologi, (2010), Panas Bumi di Indonesia: <http://psdg.bgl.esdm.go.id>. Diakses tanggal 16 Januari 2017, jam 13.23
- Badan Pusat Statistik, (2014), Letak Geografis Kabupaten Simalungun <http://simalungunkab.bps.go.id/index.php?hal=tabel&id=1>. Diakses tanggal 16 januari 2017, jam 13.30
- Broto, S., T. T, Putranto, (2011), Aplikasi Metode Geomagnet Dalam Eksplorasi Panas Bumi, UNDIP: Semarang.
- Eko, (2014), Penentuan Pola Penyebaran Fluida Geothermal dan Identifikasi Mineral Batuan Daerah Panas Bumi Tinggi Raja Kabupaten Simalungun, Universitas Negeri Medan, Medan.
- Gita, L., (2013), Geothermal : Jawaban Kebutuhan Energi Indonesia (<http://m.kompasiana.com/post/read/611728/3/geothermal-jawaban-kebutuhan-energi-indonesia>), di akses pada 10 Januari 2017.
- Hadi, A. I., Refrizon dan Suhendra (2008), Pendugaan Struktur Bawah Permukaan Daerah Prospek Panas Bumi Gunungapi Hulu Lais Lereng Utara dengan Menggunakan Metode Magnetik. Bengkulu: Jurusan Fisika FMIPA Universitas Bengkulu, Bengkulu.
- Kadri, M, dkk. (2016). Geothermal Fluid Determination And Geothermal Stones Mineral Identification At Geothermal Area Tinggi Raja Simalungun, North Sumatera, Indonesia Using 2d Resistivity Imaging. Unimed
- Kasbani, (2010), Tipe System Panas Bumi di Indonesia dan Estimasi Potensi

- Energinya, Kelompok Program Penelitian Panas Bumi, PMG-Badan Geologi, Bandung.
- Kurniawan, A., (2009), Eksplorasi Energi Panas Bumi Dengan Metode Geofisika Dan Geokimia Pada Daerah Ria-Ria Sipoholon, Kabupaten Tapanuli Utara, Sumatra Utara, [Skripsi] S1 Teknik Geologi, ITB, Bandung.
- Lita, F., (2012), Identifikasi Anomali Magnetik di Daerah Prospek Panasbumi Arjuna- Welirang, Skripsi, FMIPA, Universitas Indonesia (UI), Depok.
- Santoso , D., (2002), Pengantar Teknik Geofisika,ITB, Bandung.
- Setyaningsih, W., (2001), Potensi Lapangan Panas Bumi Gedongsongo Sebagai Sumber Energi Alternatif dan penunjang Perekonomian Daerah. UNNES: Semarang.
- Suhartono, N., (2012), Pola Sistem Panas Dan Jenis Geothermal Dalam Estimasi Cadangan Daaerah Kamojang, Jurnal Ilmiah MTG. 5 (2). Yogyakarta.
- Suharydi, (2004) Pengantar ekologi teknik edisi 4 Universitas Gajah Mada, Jogja
- Suparno,S., (2009), Energi Panas Bumi: A present from the heart of the earth edisi I ,Departemen Fisika-FMIPA,Universitas Indonesia, Depok.
- Telford. W. M., L. P. Geldart dan R. E. Sheriff., (1991), Applied Geophysics, Second Edition. Cambridge University Press: USA.
- Wahyu, (2016), Penentuan Struktur bawah permukaan daerah geothermal denagn menggunakan metode geomagnet dan geolistrik dikabupaten simalungun. Skripsi FMIPA UNIMED, Medan
- Winarsih, F. P., (2014), Identifikasi Litologi daerah Manifestasi Panas Bumi Parangwedang Kabupaten Bantul DIY dengan Metode Magnetik, Skripsi Fakultas Sains dan Teknologi, Uin Sunan Kalijaga, Yogyakarta.
- Wardhana,W.A.(1998), Prospek Panas Bumi di Indonesia,
<http://www.bag.lapan.go.id.10/01/2017>.