



**PENENTUAN STRUKTUR BAWAH PERMUKAAN PANAS BUMI
TINGGI RAJA KABUPATEN SIMALUNGUN BERDASARKAN DATA
MAGNETIK**

Juniar Hutahaeen *), Rita N. Silaban **)

Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri
Medan, Indonesia
ritasilaban100@yahoo.com

Diterima Desember 2017; Disetujui Januari 2018; Dipublikasikan Februari 2018

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian metode geomagnetik di daerah panas bumi Tinggi Raja Desa Dolok Marawa Kabupaten Simalungun, secara geografis berada pada koordinat 476140 - 476388 N dan 348209 – 348171 E . Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui struktur batuan bawah permukaan berdasarkan nilai susceptibilitas batuan. Pengukuran medan magnet total menggunakan alat yang disebut Proton Precession 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 70 titik ukur. Pengolahan data diawali dengan koreksi variasi harian, koreksi topografi dan koreksi IGRF untuk mendapatkan anomali medan magnet total. Kemudian pengolahan data anomali magnet total dilakukan dengan menggunakan program Surfer10. Untuk mendapatkan penampang anomali magnetik digunakan program Mag2dc For Windows. Berdasarkan hasil penelitian diperoleh struktur batuan bawah permukaan panas bumi (kawah biru) tersusun oleh batuan dengan susceptibilitas 0,001 merupakan batu gamping, dan batuan dengan susceptibilitas 0,0009 merupakan batu pasir dan batuan dengan susceptibilitas 0,0007 dan 0,0006 merupakan lempung, dimana lapisan penudung berupa batu gamping dan lapisan lempung diperkirakan sebagai zona konduktif.

Kata Kunci : Metode Geomagnetik, Susseptibilitas

PENDAHULUAN

Potensi energi panas bumi yang dimiliki Indonesia tidak kurang dari 40% total energi panas bumi di dunia yakni sekitar 28 GWe. Meskipun memiliki sumber panas bumi yang tergolong besar, namun pemanfaatan untuk energi listrik hingga saat ini masih rendah, sekitar 4% dari potensi yang tersedia. Presentasi ini setara dengan 1189 MW. Sedangkan pemanfaatan secara langsung juga tergolong masih rendah. Artinya, sebagian besar sumber

energi panas bumi yang berada di Indonesia hingga saat ini masih hanya tersimpan dalam perut bumi atau terbuang percuma ke atmosfer. Padahal energi panas bumi termasuk energi yang ramah lingkungan dan cenderung tidak akan habis karena proses pembentukannya yang terus menerus selama kondisi lingkungannya (geologi dan hidrologi) dapat terjaga keseimbangannya (Kasbani, 2010).

Kabupaten Simalungun terletak 02° 36' - 03° 18' Lintang Utara dan 98°32' - 99°35' Bujur

Timur dengan luas 4.386,60 km² Provinsi Sumatera Utara. Pihak KESDM telah mengesahkan Undang-Undang Nomor 21 Tahun 2014 Tentang Panas Bumi (UU No. 21 Tahun 2014) yang merupakan perubahan dari Undang-Undang Nomor 27 Tahun 2003 Tentang Panas Bumi (UU No. 27 Tahun 2003), merupakan salah satu langkah strategis dalam mengembangkan panas bumi sebagai salah satu tumpuan energi nasional. Pengusahaan panas bumi tidak lagi dikategorikan sebagai kegiatan pertambangan sehingga pengusahaan panas bumi dapat dilakukan di atas lahan konservasi.

Berdasarkan peta geologi, kabupaten Simalungun memiliki potensi panas sumber panas bumi yang terletak di Kecamatan Silau Kahean, desa Dolok Morawa. Daerah manifestasi air panas Dolok Morawa ini terletak di daerah yang sebagian termasuk dalam kawasan Cagar Alam dan sebagian lagi dalam kawasan perkebunan kelapa sawit dan karet rakyat. Beberapa Penelitian pernah dilakukan di daerah panas bumi Dolok Morawa, diantaranya penyelidikan oleh Shandoro, dkk yang dilakukan pada tahun 2006, menyatakan fluida di daerah panas bumi Dolok Morawa bersifat netral, didominasi air panas, entalpi sedang (geothermal fluida 180 °C), dan potensi cadangan terduga ±38 Mwe.

Dalam eksplorasi panas bumi, metode magnetik digunakan untuk mengetahui variasi medan magnet di daerah penelitian. Variasi magnet disebabkan oleh sifat kemagnetan yang tidak homogen dari kerak bumi. Batuan di dalam sistem panas bumi pada umumnya memiliki magnetisasi rendah dibanding batuan sekitarnya. Hal ini disebabkan adanya proses demagnetisasi oleh proses alterasi hidrotermal, dimana proses tersebut mengubah mineral yang ada menjadi mineral-mineral paramagnetik atau bahkan diamagnetik. Metode geomagnetik ini digunakan pada studi geothermal karena mineral-mineral ferromagnetik akan kehilangan sifat kemagnetannya bila dipanasi mendekati temperatur Curie. Nilai magnet yang rendah tersebut dapat menginterpretasikan zona-zona potensial sebagai reservoir dan sumber panas (Indratmoko, dkk., 2009).

Metode magnetik merupakan salah satu metode geofisika yang sering digunakan untuk

survei pendahuluan pada eksplorasi minyak dan gas bumi, penyelidikan batuan mineral dan panas bumi dan digunakan untuk mendeteksi struktur bawah permukaan sebagai pembentuk sistem panasbumi dan melokalisir daerah anomali rendah yang diduga berkaitan dengan manifestasi panasbumi seperti air panas Tinggi Raja. Variasi intensitas medan magnet di permukaan yang berbeda ini menunjukkan adanya anomali magnetik, dimana anomali magnetik umumnya disebabkan karena adanya perbedaan nilai susceptibilitas pada batuan. Nilai susceptibilitas merupakan nilai yang menyatakan kemampuan suatu benda atau batuan untuk dapat termagnetisasi. Penelitian yang pernah dilakukan dengan metode ini diantaranya: Penentuan struktur bawah permukaan Gunung Kelud (Santosa, dkk., 2012), Interpretasi Struktur bawah permukaan manifestasi panas bumi Gunung Ungaran (Yudiyanto dan Setyawan, 2014).

Berdasarkan uraian latar belakang diatas, maka penulis melakukan penelitian dengan judul **“Penentuan Struktur Bawah Permukaan Panas Bumi Tinggi Raja Kabupaten Simalungun Berdasarkan Data Magnetik”**.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini telah dilaksanakan pada bulan Maret 2015 di Desa Dolokmarawa, Kecamatan Silau Kahean, Kabupaten Simalungun. Peralatan dan yang diperlukan antara lain: Proton Precession Magnetometer (PPM) model G-856AX, Proton Precision Magnetometer Type elsec 770, Global Positioning System (GPS), kompas, laptop, perangkat lunak Surfer10, Mag2DC for Windows. Tahap kegiatan yang dilakukan dalam penelitian meliputi pengukuran data di lapangan, pengolahan data, pemodelan, dan interpretasi. Pemodelan dilakukan menggunakan perangkat lunak Mag2DC for Windows sehingga diperoleh model sumber anomali dalam bentuk struktur geologi bawah permukaan. Berdasarkan hasil pemodelan tersebut, maka dapat dilakukan interpretasi struktur bawah permukaan daerah panas bumi Tinggi Raja. Namun proses interpretasi harus tetap mempertimbangkan informasi geologi daerah penelitian.

2.1 Pengolahan Data Geomagnetik

Untuk memperoleh nilai anomali medan magnetik yang diinginkan, maka dilakukan koreksi terhadap data medan magnetik total hasil pengukuran pada setiap titik lokasi atau stasiun pengukuran, yang mencakup koreksi harian, IGRF dan koreksi topografi.

a. Koreksi harian (diurnal correction)

Koreksi harian merupakan penyimpangan nilai medan magnetik bumi akibat adanya perbedaan waktu dan efek radiasi matahari dalam satu hari. Waktu yang dimaksudkan harus mengacu atau sesuai dengan waktu pengukuran data medan magnetik di setiap titik lokasi (stasiun pengukuran) yang akan dikoreksi. Dapat dituliskan dalam persamaan

$$\Delta H = H_{\text{total}} \pm \Delta h_{\text{harian}} \quad (1)$$

b. 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 mengurangi nilai IGRF terhadap nilai medan magnetik total yang telah terkoreksi harian pada setiap titik pengukuran pada posisi geografis yang sesuai. Persamaan koreksinya (setelah dikoreksi harian) dapat dituliskan sebagai berikut :

$$\Delta H = H_{\text{total}} \pm \Delta H_{\text{harian}} \pm H_0 \quad (2)$$

c. Koreksi Topografi

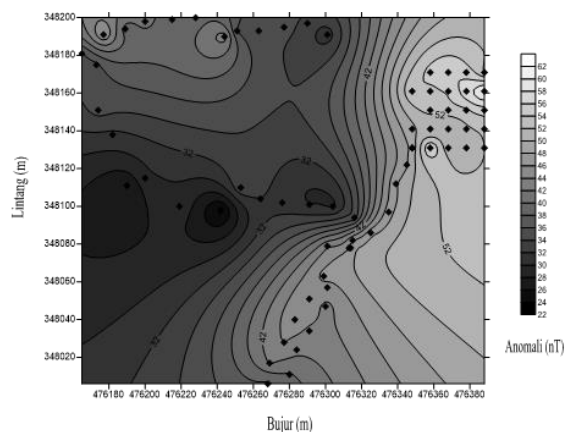
Koreksi topografi dilakukan jika pengaruh topografi dalam survei magnetik sangat kuat. Koreksi topografi dalam survei geomagnetik tidak mempunyai aturan yang jelas. Salah satu metode untuk menentukan nilai koreksinya adalah dengan membangun suatu model topografi menggunakan pemodelan beberapa prisma segiempat. Ketika melakukan pemodelan, nilai susceptibilitas magnetik (k) batuan topografi harus diketahui, sehingga model topografi yang dibuat, menghasilkan nilai anomali medan magnetik (ΔH_{top}) sesuai dengan fakta. Selanjutnya persamaan koreksinya (setelah

dilakukan koreksi harian dan IGRF) dapat dituliskan sebagai :

$$\Delta H = H_{\text{total}} \pm \Delta H_{\text{harian}} - H_0 - \Delta h_{\text{top}} \quad (3)$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Jumlah data intensitas medan magnetik total yang terukur adalah sebanyak 70 titik ukur yang tersebar pada koordinat 476140 - 476388 N dan 348209 - 348171 E dengan nilai berkisar 41935,92 nT - 41972,25 nT . Data medan magnetik total yang diperoleh masih tercampur dengan data medan magnet utama bumi (IGRF) dan medan magnetik harian. Untuk memperoleh nilai anomali magnetik total, dilakukan koreksi yang meliputi koreksi harian, koreksi IGRF dan koreksi topografi. Data anomali magnet total yang diperoleh setelah dilakukan koreksi adalah 23,35 nT - 60,68nT. Data anomali tersebut dikonturkan menggunakan software surfer10, sehingga diperoleh peta kontur anomali magnetik total seperti pada gambar 1.

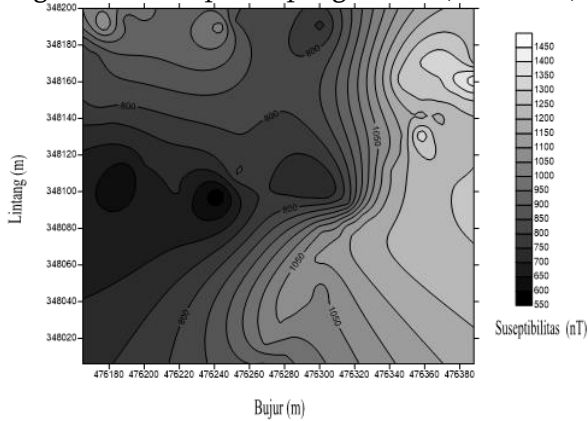


Gambar 1. Peta Kontur Anomali Magnet

Gambar 1 menunjukkan daerah dengan anomali tinggi yaitu 60,68 nT (titik Y50) dan anomali yang paling rendah yaitu 23,35 nT (titik Y4) sesuai dengan daerah survei dimana daerah tersebut merupakan titik pengukuran magnetik yang berdekatan dengan munculnya air panas. Harga anomali magnet rendah dan sedang yang tersebar di bagian barat daerah penyelidikan ditafsirkan merupakan daerah yang mempunyai kaitan erat dengan terbentuknya manifestasi panas bumi di daerah ini.

Suseptibilitas magnet batuan merupakan parameter fisis fundamental dalam penyelidikan

magnet, karena suseptibilitas merupakan ukuran kemampuan dari suatu batuan menerima magnetisasi dari medan magnet bumi. Untuk mendapatkan gambaran yang jelas tentang sifat-sifat kemagnetan yang dijumpai di daerah penelitian dilakukan pengukuran suseptibilitas magnetik di setiap titik pengukuran (Gambar 2)

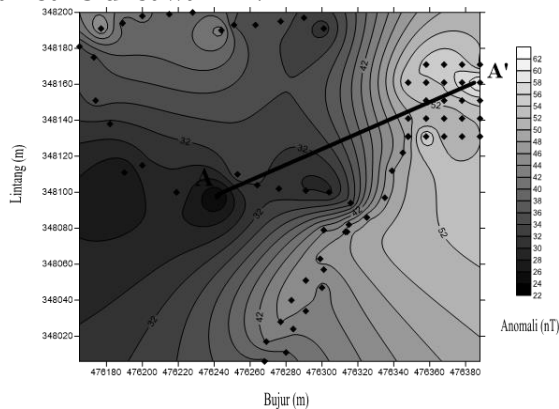


Gambar 2. Peta Kontur Suseptibilitas

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 $556,625 \times 10^{-6}$ s.d 1446×10^{-6} . Nilai suseptibilitas inilah yang nantinya akan digunakan untuk mengetahui jenis batuan di bawah permukaan panas bumi Tinggi Raja.

3.1. Interpretasi Data Geomagnetik

Berdasarkan anomali magnetik dan suseptibilitas batuan yang diperoleh, maka dilakukan pemodelan anomali magnetik untuk menginterpretasikan struktur batuan bawah permukaan. Langkah awal pemodelan adalah membuat line section (lintasan AA') dari anomali rendah menuju anomali tinggi yang diduga sebagai sumber anomali magnetik di atas peta kontur anomali seperti yang terlihat pada gambar 3 di bawah ini.

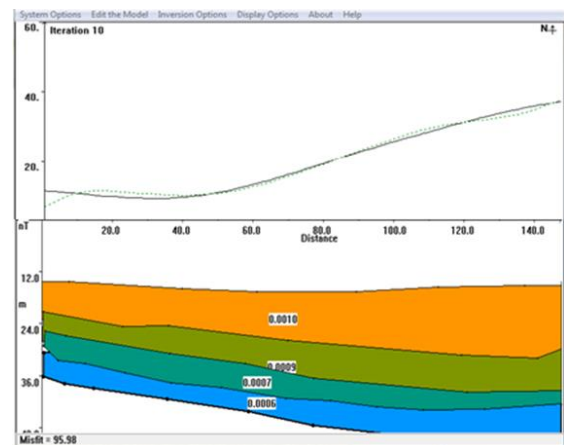


Gambar 3. Peta kontur Anomali dengan Lintasan A-A'

Interpretasi dilakukan membuat model penampang geomagnetik menggunakan software Mag2DC dengan menginput data pada tabel 1, sehingga akan diperoleh gambar 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, sudut deklinasi, sudut inklinasi, serta beberapa parameter pemodelan seperti terlihat pada Tabel 1 di bawah ini.

Tabel 1. Parameter medan magnetik bumi daerah penelitian dan parameter model

No	Parameter medan magnetik bumi dan parameter pemodelan	Nilai
1	Medan magnetik utama bumi (IGRF)	41913,9 nT
2	Sudut deklinasi	-0,3821°
3	Sudut Inklinasi	-10,6396°
4	Kedalaman maksimum	100 meter



Gambar 4. model penampang geomagnetik lintasan A-A'

Gambar 4 merupakan model penampang geomagnetik lintasan A-A', dimana sumbu Y pada area kurva merupakan nilai anomali observasi, sumbu X merupakan nilai jarak lintasan (mencapai 140 m), sumbu Y negatif pada area pemodelan merupakan nilai

kedalaman (mencapai 36 m), garis putus-putus pada kurva merupakan nilai anomali observasi, sedangkan garis lurus merupakan anomali pemodelan. Hasil pemodelan yang diperoleh menunjukkan 4 lapisan batuan. Lapisan I (warna jingga) mempunyai nilai suseptibilitas 0,001. Lapisan II (warna hijau) mempunyai suseptibilitas 0,0009. Lapisan III (warna biru) mempunyai nilai suseptibilitas 0,0007 dan lapisan IV (warna biru muda) mempunyai suseptibilitas 0,0006. Model penampang geomagnetik tersebut dihubungkan dengan tabel nilai suseptibilitas jenis batuan oleh Hunt dan data geologi daerah penelitian untuk menentukan struktur batuan bawah permukaan. Berdasarkan informasi geologi diketahui bahwa daerah penelitian didominasi oleh batu gamping, batu pasir, dan lempung. Selain itu, penafsiran lapisan batuan juga didasarkan pada hasil penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Afriani pada tahun 2014 dengan metode resistivitas yang menyatakan bahwa lapisan yang memiliki resistivitas $>600 \Omega\text{m}$ ditafsir sebagai batu gamping yang terletak pada kedalaman 1,28-28,7 m, lapisan yang memiliki nilai 200-600 Ωm terletak pada kedalaman 1,25-28,7 m ditafsirkan sebagai batu pasir dan lapisan yang memiliki resistivitas 9,09-80 Ωm yang terletak pada kedalaman 2,5 - 28,7 m ditafsir sebagai lempung.

Berdasarkan informasi geologi, tabel nilai suseptibilitas oleh Hunt dan hasil penelitian sebelumnya dapat disimpulkan bahwa lapisan batuan dengan suseptibilitas 0,001 ditafsirkan sebagai batu gamping, batuan dengan suseptibilitas 0,0009 ditafsirkan sebagai batu pasir, batuan dengan suseptibilitas 0,0007 dan 0,0006 ditafsirkan sebagai lempung, dimana lapisan penudung berupa batu gamping dan lapisan lempung diperkirakan sebagai zona konduktif.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh dapat diambil kesimpulan antara lain:

1. Nilai anomali magnet di daerah penelitian berkisar antara 23,345 nT pada koordinat 348098 N 476242 E sampai 68,67 nT pada koordinat 476388 N 348161 E.
2. Berdasarkan nilai suseptibilitas yang diperoleh, jenis batuan yang terdapat pada daerah penelitian ini adalah batuan gamping, batu pasir, dan lempung dengan nilai suseptibilitas 0,001; 0,0009 dan 0,0007. dimana lapisan penudung berupa batu gamping dan lapisan lempung diperkirakan sebagai zona konduktif.

Saran

Dari semua rangkaian penelitian yang telah dilakukan, ada beberapa saran yang dapat dilakukan untuk pengembangan penelitian ini, yaitu :

1. Melakukan penelitian lebih lanjut dengan memperluas daerah pengambilan data, sehingga penyebaran jenis batuan dapat terlihat baik di permukaan maupun di bawah permukaan.

DAFTAR PUSTAKA

- Afriani, E., (2013), Penentuan Pola Penyebaran Fluida Geothermal dan Identifikasi Mineral Batuan Daerah Panas Bumi Tinggi Raja Kabupaten Simalungun., Skripsi FMIPA, Universitas Negeri Medan, Medan
- Indratmoko, P., Nurwidyanto, M.I., dan Yulianto, T., (2009), Interpretasi Bawah Permukaan Daerah Manifestasi Panas Bumi Parang Tritis Kabupaten Bantul DIY dengan Metode Magnetik, Jurnal Berkala Fisika Vol. 12, No. 14, ISSN: 1410-9662
- Kasbani, (2010), Tipe Sistem Panas Bumi dan Estimasi Potensi Energinya, Prosiding Hasil Kegiatan Lapangan Pusat Sumber Daya Geologi Tahun 2010, Bandung
- Santosa, B.J., Mashuri, S.W.T., Wafi, A., Salim, R., Armi, R., (2012), Interpretasi Metode Magnetik untuk Penentuan Struktur Bawah Permukaan di Sekitar Gunung Kelud Kabupaten Kediri, Jurnal Penelitian Fisika dan Aplikasinya(JPFA), Vol.2.No.1
- Shandoro, H., Suryakusuma, D., Sulaeman, B., Situmorang, T., Survei Panas Bumi Terpadu (Geologi, Geokimia dan Geofisika) Daerah Dolok Marawa, Kabupaten Simalungun-Sumatera

Utara, Proceeding Pemaparan Hasil-
hasil Kegiatan Lapangan dan Non
Lapangan Tahun 2006, Pusat Sumber
Daya Geologi

Yudiyanto, H., dan Setyawan, A., (2014),
Interpretasi Struktur Bawah
Permukaan Daerah Manifestasi Panas
Bumi Gedong Songo Gunung Ungaran
Menggunakan Metode Magnetik,
Youngster Physics Journal, Vol.2 No.1