

**PENYELIDIKAN GAYA BERAT DAN GEOMAGNET DAERAH PANAS BUMI
DOLOK MARAWA, KABUPATEN SIMALUNGUN,
PROPINSI SUMATRA UTARA**

**Dendi Surya Kusuma, Timor Situmorang, Ary S, Sumarna, Sunarto, Hasan
Kelompok Program Penelitian Panas Bumi**

ABSTRAK

Beberapa kelurusan dengan pola kelurusan yang tegas terutama ditunjukkan di sekitar Dolok Marawa, Bukit Tinggi Raja, dan Batu Holing, hal ini mempertegas keberadaan struktur-struktur berarah baratdaya – timurlaut, baratlaut-tenggara, dan hampir utara-selatan, yang secara geologi dapat dikenali di permukaan dan merupakan struktur-struktur yang berpotongan di Bukit Tinggi Raja. Pada peta Anomali Sisa memperlihatkan pola anomali yang terlihat lebih kompleks, terdapat beberapa kelurusan seperti yang terlihat di sekitar daerah Tinggi Raja, Dolok Marawa, Bahuan, Negeri Asih, dan sekitar daerah gunung Bahtopu, terutama di sekitar Tinggi Raja yang memotong manifestasi air panas Dolok Marawa. Secara umum, di sekitar daerah Tinggi Raja dimana manifestasi panas bumi Dolok Marawa berada terdapat pada kelurusan yang mempunyai arah $N40^{\circ}W$ ke arah baratlaut-tenggara dan arah utara-selatan ($N175^{\circ}E$) sebagai kontrol struktur. Dari anomali Bouguer dan anomali Sisa ini ditafsirkan bahwa sumber panas yang membentuk system panas bumi Tinggi Raja Dolok diperkirakan sumber panasnya berasal dari Gunung Dolok Bahtopu.

Berdasarkan hasil penyelidikan magnet, diperkirakan adanya beberapa struktur sesar yang mengontrol terdapatnya manifestasi panas bumi, terutama sesar perkiraan yang terdapat dibagian barat daerah penyelidikan. Sesar tersebut berarah tidak beraturan, antara lain ada yang ber-arah utara-selatan, barat-timur dan baratdaya-timurlaut. Daerah “anomali magnet rendah” dan sedang, dengan harga anomali magnet total lebih kecil dari -525 nT sd. -175 nT ditafsirkan merupakan daerah yang mempunyai kaitan erat dengan terbentuknya manifestasi panas bumi di daerah ini.

1. PENDAHULUAN

Daerah panas bumi Dolok Marawa terletak di wilayah Kecamatan Silou Kahean, Kabupaten Simalungun, Propinsi Sumatera Utara. Daerah manifestasi air panas Tinggi Raja Dolok ini terletak di daerah yang sebagian termasuk dalam kawasan Cagar Alam dan sebagian lagi dalam kawasan perkebunan kelapa sawit dan karet rakyat.

Daerah ini secara geografis berada pada posisi geografis antara $98^{\circ}44.46'00''$ - $98^{\circ}52.02'00''$ Bujur Timur dan $03^{\circ}5.49'00''$ - $03^{\circ}12.03'00''$ Lintang selatan (Gambar 1). Dolok Marawa ini merupakan salah satu daerah sebaran panas bumi yang mempunyai sebaran air panas yang cukup luas, dengan temperatur yang bervariasi antara $36,4^{\circ}C$ sampai $66,5^{\circ}C$.

Survei gayaberat dan geomagnet yang dilakukan merupakan salah satu metode geofisika dalam “penyelidikan terpadu geologi, geokimia dan geofisika” oleh Kelompok Kerja Panas Bumi, Pusat Sumber Daya Geologi di daerah panas bumi Dolok Marawa, sebagai realisasi dari program

kerja tahun anggaran 2006. Tujuan penyelidikan geomagnet adalah untuk menafsirkan struktur geologi bawah permukaan untuk melokalisir daerah yang dianggap prospek untuk potensi panas bumi di daerah penyelidikan.



Gambar 1. Peta indeks daerah penyelidikan

2. METODE GAYA BERAT

2.1 Anomali Bouguer

Daerah penyelidikan berada di desa Dolok Marawa yang merupakan daerah panas bumi berupa mata air panas yang muncul pada batuan tufa Toba dan disekelilingnya terdapat endapan travertin.

Hasil perhitungan anomali gaya berat (anomali Regional, Bouguer, dan Sisa) dimuat pada lampiran dibelakang. Nilai anomali Bouguer yang diperlihatkan berkisar antara 61 mgal sampai 79 mgal, dimana pola anomalnya memiliki suatu rentang anomali Bouguer dan gradien anomali yang relatif besar.

Pola lineasi anomali Bouguer memperlihatkan arah umum baratdaya – timurlaut, serta di beberapa tempat seperti di sekitar Tinggi Raja, gunung Bahtopu, Bahuan, dan Negeri Asih terjadi pembelokan dan pengkutuban anomali rendah dan tinggi. Peta anomali Bouguer ini memperlihatkan kecenderungan pola regional berarah baratdaya-timurlaut dengan nilai gayaberat yang meninggi dari baratdaya ke timurlaut. Arah pola regional ini sesuai dengan arah struktur besar Sumatera dan daerah panas bumi ini berada di salah satu zona struktur Sumatera. Beberapa kelurusan dengan pola yang kuat dan tegas, terutama di sekitar Tinggi Raja yang mempertegas keberadaan struktur-struktur berarah baratlaut-tenggara, baratdaya-timurlaut, dan hampir utara-selatan, yang secara geologi dapat dikenali di permukaan dan merupakan struktur-struktur tua di daerah ini. Di sekitar Tinggi Raja ke arah gunung Bahtopu, pola anomali Bouguer terlihat lebih kompleks, beberapa kelurusan kecil terlihat pada arah baratdaya-timurlaut dan baratlaut-tenggara dan hampir utara-selatan terutama yang memotong manifestasi air panas Dolok Marawa. Pada anomali Bouguer ini hampir sebagian besar ditempati oleh anomali nilai rendah, yang mungkin mencerminkan densitas secara keseluruhan dari produk gunungapi tua ini, yang relatif lebih rendah daripada densitas sekitarnya. Kondisi yang seperti ini mengindikasikan adanya struktur (sesar) yang cukup kompleks di sekitar lokasi tersebut diatas, hal ini didukung oleh data geologi permukaan yang mengindikasikan adanya sesar di daerah tersebut. Anomali tinggi terdapat di dua lokasi, masing-masing disekitar gunung Bahtopu, ke arah Batu Holing dan ke arah Bahuan dan sebagian lintasan regional. Gunung Dolok Bahtopu merupakan nilai anomali tinggi dan diperkirakan merupakan sumber panas (heat sources) dari munculnya mata air panas Tinggi Raja Dolok.

2.2 Anomali Regional Orde-2

Permukaan polinom orde-2 diperlihatkan pada Gambar 2.2. Permukaan ini cenderung berarah hampir baratdaya-timurlaut dengan nilai yang meninggi dari baratdaya ke timurlaut. Nilai yang meninggi ini mungkin disebabkan oleh karena daerah di sebelah baratdaya sampai ke tengah daerah penyelidikan dominan diisi oleh batuan vulkanik yang lebih kompak dan masif dibandingkan dengan daerah tengah ke tenggara yang diisi oleh batuan vulkanik yang lebih banyak terrekahkan sebagai pengisi struktur Semangko. Gambar 2.2 memperlihatkan peta anomali regional orde-2 daerah penyelidikan untuk densitas 2.60 gr/cm^3 . Anomali regional ini dikelompokkan menjadi anomali paling rendah (60 s/d 63 mgal), anomali rendah (64 s/d 67 mgal), anomali sedang (68 s/d 70 mgal), dan anomali tinggi (> 71 mgal). Anomali regional ini memperlihatkan pola lineasi yang berarah hampir baratdaya - timurlaut dan nilai anomali cenderung mengecil ke arah tenggara dan baratlaut. Untuk mendapatkan informasi gaya berat yang berkaitan dengan target prospeksi panas bumi (lokal), dilakukan pemisahan anomali Bouguer dari kecenderungan regionalnya (struktur dalam/regional). Pemisahan dilakukan dengan cara mensubtraksi anomali Bouguer dengan permukaan polinom yang dianggap mewakili kecenderungan permukaan regional. Polinom orde-2 dianggap paling mewakili daerah penyelidikan mengingat tidak terlalu luasnya daerah penyelidikan dan kecenderungan pola regional yang dapat dikenali pada anomali Bouguer yang menunjukkan bidang sederhana orde-2. Permukaan ini cenderung berarah baratdaya – timurlaut dengan nilai yang meninggi dari baratdaya ke timurlaut. Nilai yang meninggi dari baratdaya ke arah tengah, ini mungkin disebabkan oleh karena daerah di baratdaya sampai hampir ke tengah daerah penyelidikan dominan diisi oleh batuan vulkanik yang lebih muda dan lebih masif dibandingkan dengan daerah tengah ke baratlaut dan tenggara yang diisi oleh batuan vulkanik tua yang lebih banyak terrekahkan sebagai pengisi struktur Semangko. Dari anomali Regional terlihat adanya struktur yang membentang dibagian baratdaya ke bagian tengah yang diperkirakan merupakan struktur antiklin (?).

2.3 Anomali Sisa

Peta Anomali Sisa ini diperlihatkan dengan koreksi densitas 2.60 gram/cm^3 , yang ditampilkan pada gambar 2.3. Anomali sisa ini memperlihatkan pola lineasi kontur yang dominan berarah baratdaya – timurlaut dan utara – selatan, selain itu juga memperlihatkan pengkutuban anomali positif dan anomali negatif dengan kerapatan serta pembelokan kontur yang tajam. Kondisi demikian mengindikasikan adanya struktur-struktur sesar yang dominan berarah hampir utara-selatan, baratdaya-timurlaut dan baratlaut-tenggara searah dengan struktur utama daerah ini. Peta ini memperlihatkan struktur yang agak kompleks, namun pola anomali ini relatif memiliki persamaan dengan pola anomali Bouguernya, hal ini diperkirakan karena pola anomali Bouguer di daerah penyelidikan secara dominan diakibatkan oleh struktur dalam. Anomali Sisa ini lebih mempertegas lagi keberadaan kelurusan-kelurusan yang dikenali dari anomali Bouguer. Kelurusan-kelurusan baratdaya - timurlaut, baratlaut –tenggara, secara tegas terlihat di bagian utara daerah penyelidikan. Di bagian tengah ke arah barat, pola anomali yang kompleks dan dikenali dari anomali Bouguer terlihat lebih tegas lagi. Secara umum, di bagian daerah tengah dari daerah penyelidikan dimana manifestasi panas bumi Tinggi Raja Dolok berada didominasi oleh kelurusan-kelurusan berarah baratdaya-timurlaut, baratlaut-tenggara, dan hampir utara-selatan. Kompleksitas kelurusan di sekitar kompleks manifestasi Tinggi Raja Dolok mencerminkan kompleksitas struktur geologi di daerah tersebut apalagi bila mengingat daerah tersebut sebagai tempat termuda bagi produk aktifitas kegunungapian.

Anomali sisa ini yang merupakan hasil ekstraksi anomali Bouguer dengan bidang polinomial orde-2, lebih mempertegas lagi keberadaan kelurusan-kelurusan dan anomali rendah tadi. Secara umum, di daerah tengah daerah penyelidikan dimana manifestasi panas bumi Tinggi Raja Dolok berada didominasi oleh kelurusan-kelurusan berarah baratdaya-timurlaut dan baratlaut-tenggara. Zona anomali rendah yang terletak di sebelah baratlaut, utara, tengah dan di ujung timurlaut semakin terisolasi, begitu pula yang berada di ujung sebelah selatan daerah penyelidikan. Anomali rendah ini menunjukkan kesamaannya dengan anomali Bouguer, hal ini mengisyaratkan kondisi struktur lokal searah dengan struktur dalamnya. Zona anomali tinggi yang berada di

sekitar manifestasi air panas Tinggi Raja Dolok semakin terfokus, ini memperlihatkan bahwa anomali sisa ini kemungkinan ditimbulkan oleh struktur-struktur dalam dan sangat kompleks. Jika hal ini memang benar, maka ada hal yang menarik dari zona anomali tinggi tadi, apakah zona tinggi ini ditimbulkan oleh blok batuan dengan densitas yang relatif lebih tinggi dari pada batuan yang ada disekitarnya atau berupa batuan intrusif (?) yang berumur lebih muda dari pada batuan disekitarnya dan berperan sebagai sumber panas dari sistem panas bumi di daerah penyelidikan ini. Dari kenyataan yang diperlihatkan pada peta Anomali Sisa ini memperlihatkan bahwa Gunung Dolok Bahtopu merupakan anomaly yang mempunyai densitas paling tinggi dan diperkirakan sebagai sumber panas (heat sources) dari manifestasi air panas Tinggi Raja Dolok.

Struktur yang diperlihatkan pada anomali sisa yang berada di bagian tengah, utara, timurlaut, utara dan selatan mempunyai arah yang sama dengan yang diperlihatkan oleh anomali Bouguer dengan demikian menunjukkan bahwa struktur lokal searah dengan struktur dalamnya. Kelurusan-kelurusan gaya berat berarah baratdaya-timurlaut dan hampir utara-selatan yang secara tegas terlihat di bagian tengah daerah penyelidikan sangat cocok dengan keberadaan struktur-struktur geologi yang dapat dikenali di permukaan dan dari kelurusan kontur topografi. Kompleksitas kelurusan di daerah tengah, utara, dan barat tidak dapat dikenali dari geologi permukaan mungkin karena tingkat erosi yang kuat di daerah tersebut. Namun suatu struktur sesar berarah baratlaut-tenggara dan hampir utara-selatan yang memotong manifestasi mata air panas Tinggi Raja Dolok dapat dikenali dari kelurusan gaya berat.

2.4 Model – 2 Dimensi

Model 2 Dimensi gaya berat dibuat melalui penampang A-B (gambar 2.4), yang memotong manifestasi air panas Tinggi Raja Dolok di bagian tengah daerah penyelidikan dan berarah hampir utara-selatan. Penampang ini bertujuan untuk memberikan gambaran struktur bawah permukaan daerah penyelidikan secara lebih jelas, seperti posisi mata air panas dan hubungannya terhadap struktur-struktur sesar di bawah permukaan. Penampang gaya berat diproses menggunakan Program Gaya berat MD 2002 yang dibuat oleh Tatang Yohana (2004).

Untuk melihat struktur densitas bawah permukaan area panas bumi ini yang dibuat dengan densitas basement 2.60 gram/cm^3 dan arah penampang utara (A) – selatan (B) dengan panjang penampang kurang lebih 5,250 kilometer. Penampang ini memotong zona gaya berat lemah dan sekitar daerah manifestasi air panas Tinggi Raja Dolok yang berada dibagian tengah dari daerah penyelidikan dan model struktur densitas dibuat berdasarkan pertimbangan data geologi dan dengan menggunakan metode verifikasi interaktif dimana perhitungan dilakukan berulang-ulang untuk setiap perubahan bentuk batuanya sampai nilai hitungan sesuai dengan nilai pengamatan.

Di ujung utara diisi oleh bodi dengan densitas 2.675 gram/cm^3 , mempunyai kedalaman sekitar 2200 meter diperkirakan batuan andesit dan disampingnya ditempati oleh bodi yang mempunyai densitas rendah 2.49 gram/cm^3 mempunyai kedalaman sekitar 2200 meter, diperkirakan dasit, diantara kedua bodi tersebut diperkirakan telah terjadi struktur sesar. Di bagian sampingnya muncul bodi dengan densitas yang tinggi diantara daerah sekitarnya dengan kedalaman sekitar 1900 meter diperkirakan andesit yang masih masif dengan densitas 2.69 gram/cm^3 , dan diantara bodi tersebut telah terjadi struktur sesar. Begitu pula yang terjadi di sebelahnya muncul bodi dengan densitas rendah yang mempunyai densitas bervariasi 2.54, dan 2.51 gram/cm^3 dan diperkirakan andesit yang telah berubah serta diperkirakan telah terjadi struktur sesar. Pada bagian bawah umumnya ditempati oleh bodi dengan densitas 2.60 gram/cm^3 dan merupakan densitas basement. Hasil dari model ini memperlihatkan telah terjadi beberapa struktur sesar yang muncul dari mulai sebelah utara sampai bagian tengah penampang, dimana daerah tersebut merupakan zona lemah yang banyak mengalami ubahan oleh pengaruh struktur yang terjadi disekitarnya.

3. METODE GEOMAGNET

Harga anomali magnet total daerah penyelidikan berkisar antara -824 sd. 427 nT. Harga anomali magnet tersebut dapat dibedakan menjadi 4 kelompok sebagai berikut:

Anomali magnet rendah (warna biru), lebih kecil dari -525 nT ditafsirkan sebagai defleksi batuan vulkanik yang telah mengalami pelapukan tinggi. Anomali magnet rendah sampai sedang (warna hijau) -525 s.d. -175 nT ditafsirkan sebagai respon

batuan vulkanik yang telah mengalami pelapukan sedang sampai tinggi

Anomali magnet sedang cenderung meninggi (warna kuning), yang mana mendominasi daerah penyelidikan, -175 sd. 125 nT ditafsirkan sebagai respon dari pada batuan vulkanik yang didominasi oleh batuan tuf.

Anomali magnet tinggi (warna merah), lebih besar dari 125 nT ditafsirkan sebagai defleksi batuan beku dan/atau batuan vulkanik yang didominasi oleh lava.

Berdasarkan hasil penyelidikan magnet, diperkirakan adanya beberapa struktur sesar yang mengontrol terdapatnya manifestasi panas bumi, terutama sesar perkiraan yang terdapat dibagian barat daerah penyelidikan. Sesar tersebut berarah tidak beraturan, antara lain ada yang ber-arah utara-selatan, barat-timur dan baratdaya-timurlaut. Berdasarkan analisa dan interpretasi hasil penyelidikan geomagnet, serta di korelasikan dengan hasil penyelidikan terpadu lainnya seperti penyelidikan geologi dan geokimia, dapat ditafsirkan bahwa daerah anomali magnet rendah dan rendah sampai sedang (Gambar 3.1), dengan harga anomali magnet total lebih kecil dari -525 nT sd. -175 nT ditafsirkan merupakan daerah yang mempunyai kaitan erat dengan terbentuknya manifestasi panas bumi di daerah ini.

Dengan demikian daerah anomali magnet rendah dan sedang tersebut merupakan daerah yang berprospek baik, yang tersebar di bagian barat daerah penyelidikan.

4. PEMBAHASAN

Dari hasil gaya berat baik dari hasil anomali Bouguer, anomali Regional maupun anomali Sisa memberikan gambaran bahwa di daerah sekitar Tinggi Raja terdapat struktur yang cukup kompleks terutama struktur yang memotong daerah manifestasi mata air panas Dolok Marawa. Dari struktur tersebut diperkirakan merupakan kontrol struktur dari air panas Dolok Marawa. Anomali tinggi terdapat di dua lokasi, masing-masing disekitar gunung Dolok Bahtopu dan sekitar tengah atau Dolok Marawa ke arah sekitar sungai Huti dan sebagian lintasan regional. Gunung Dolok Bahtopu merupakan nilai anomali tinggi dan diperkirakan merupakan sumber panas (heat sources) dari munculnya mata air panas Tinggi Raja Dolok.

Ditunjang dengan hasil penyelidikan Magnet yang menunjukkan bahwa daerah anomaly Magnet rendah dan rendah sampai sedang tersebut merupakan daerah yang prospek untuk potensi panas bumi yang terletak dibagian barat daerah penyelidikan atau disekitar gunung Dolok Bahtopu.

5. SIMPULAN

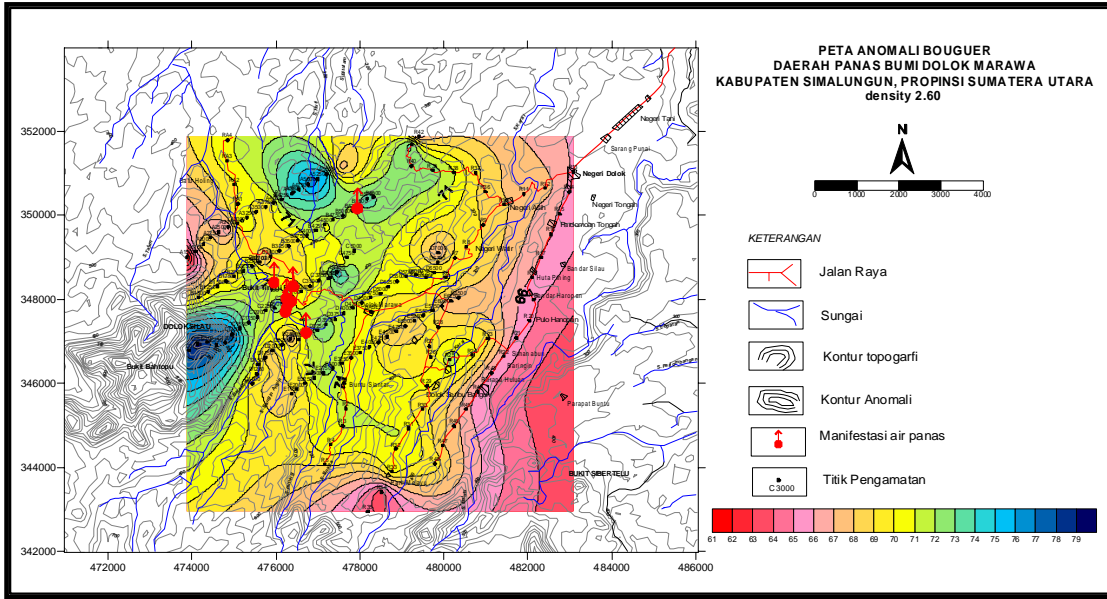
- Peta anomali Bouguer memperlihatkan secara jelas struktur-struktur tua yang dipengaruhi oleh sesar besar Sumatera
- Anomali Bouguer daerah ini menunjukkan struktur regional berarah baratdaya-timurlaut dengan nilai yang merendah ke arah tenggara, timurlaut, selatan, utara dan dan barat.
- Dari anomali Bouguer dan anomali Sisa ini ditafsirkan bahwa sumber panas yang membentuk sistem panas bumi Dolok Tinggi Raja diperkirakan sumber panasnya berasal dari Gunung Dolok Bahtopu.
- Peta anomali Sisa memperlihatkan pola kelurusan yang komplek di daerah prospek panas bumi Dolok Marawa dan sekitarnya, dengan didominasi oleh kelurusan baratlaut - tenggara dan baratdaya – timurlaut dan hampir utara-selatan.
- Sebuah kelurusan berarah baratlaut-tenggara, baratdaya-timurlaut dan hampir utara-selatan yang memotong manifestasi air panas Dolok Marawa berimpit dengan sebuah struktur

geologi, dan diperkirakan salah satunya yang mengontrol kemunculan manifestasi panas bumi daerah Dolok Marawa ini.

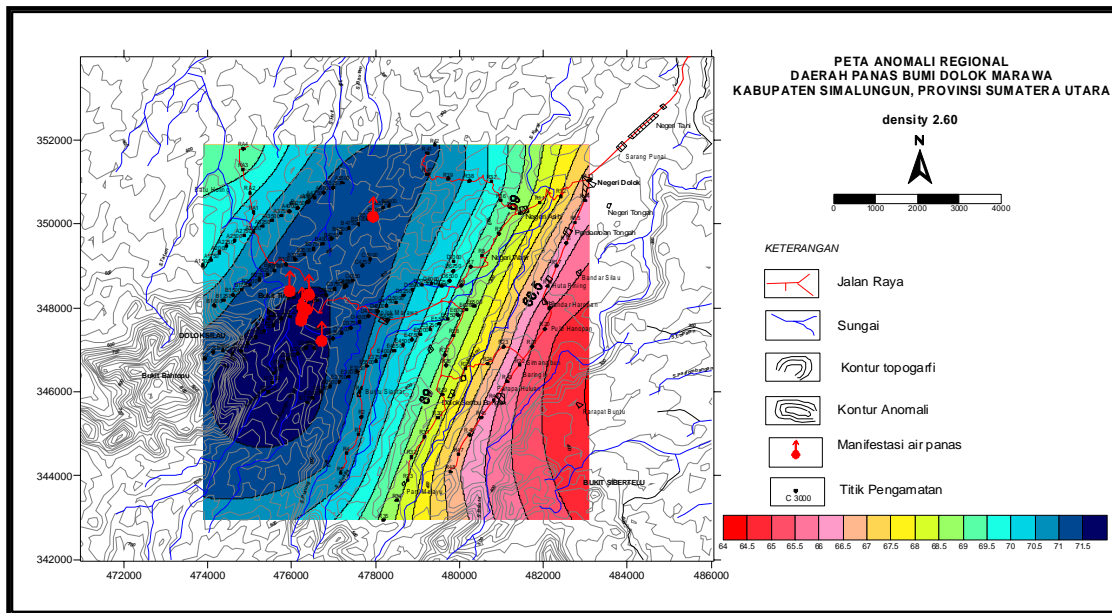
- Penyelidikan Magnet yang menunjukkan bahwa daerah anomali magnet rendah dan rendah sampai sedang tersebut merupakan daerah yang prospek untuk potensi panas bumi yang terletak di bagian barat daerah penyelidikan atau di sekitar gunung Dolok Bahtopu.

Daftar Pustaka

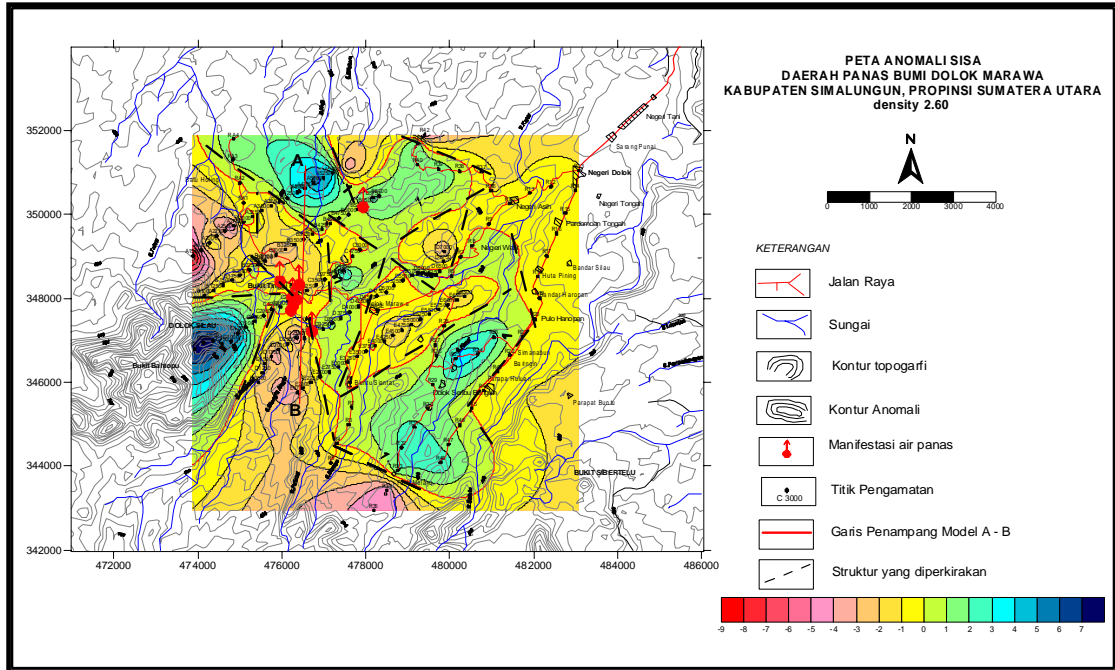
1. Akbar N. dkk., 1972, Laporan **Inventarisasi dan Penyelidikan Pendahuluan Gejala Panas Bumi Pulau Weh, D.I. Aceh, Sumut dan Jambi/Kerinci**. Laporan Direktorat Geologi Bandung (tidak dipublikasikan).
2. Bemmelen, van R.W., 1949. **The Geology of Indonesia**. Vol. I A. The Hague, Netherlands.
3. Cameron, NR., dkk., 1982. **The Geology of the Medan Quadrangle, Sumatra**. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung
4. Katili J.A. & F. Hehuwat 1980, *Geotecnics of Indonesia a modern View. On the occurrence of large Transcurrent Fault in Sumatera, Indonesia*.
5. Telford, W.M et al, 1982. *Applied Geophysics*, Cambridge University Press. Cambridge



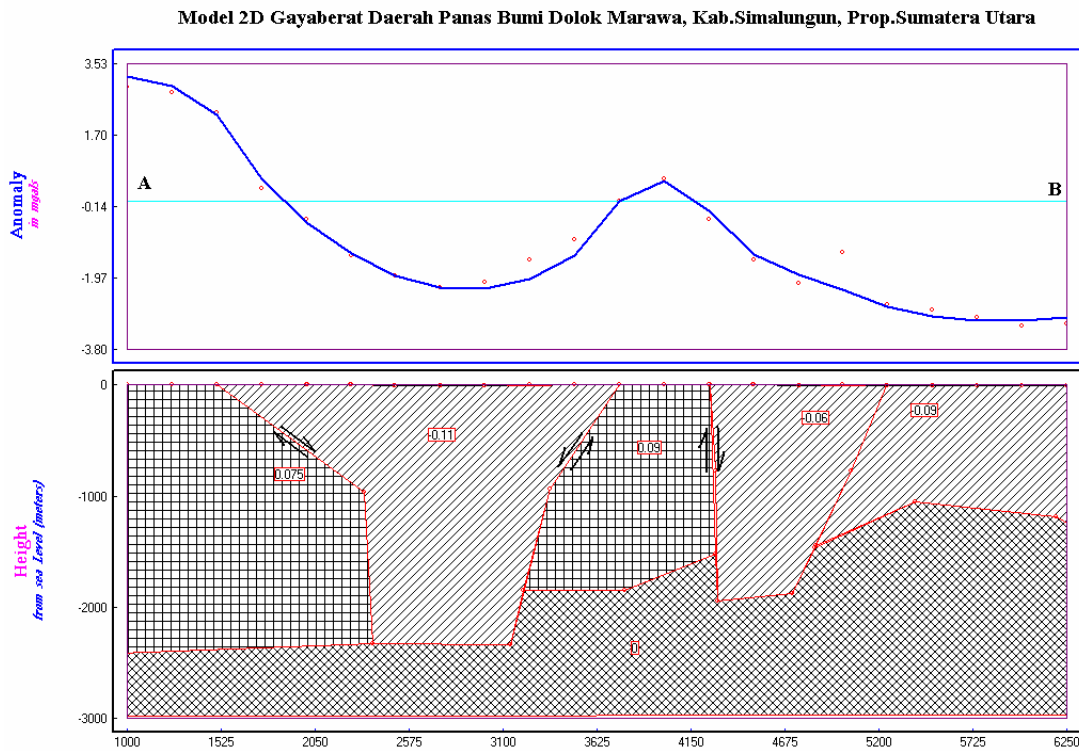
Gambar 2.1 : Peta Anomali Bouguer daerah panas bumi Dolok Marawa, Simalungun, Sumatera Utara



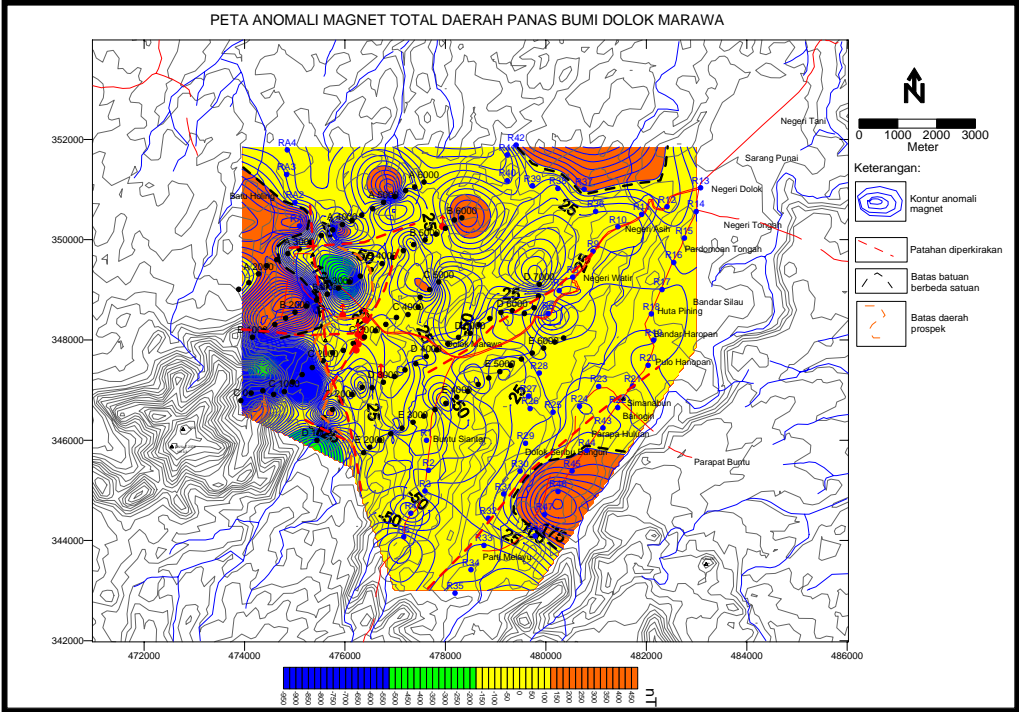
Gambar 2.2 : Peta Anomali Regional daerah panas bumi Dolok Marawa, Simalungun, Sumatera Utara



Gambar 2.3 : Peta Anomali Sisa daerah panas bumi Dolok Marawa, Simalungun, Sumatera Utara



Gambar 3.1: Model Gaya berat 2-Dimensi daerah panas bumi Dolok Marawa, Simalungun, Sumatera Utara



Gambar 3.1: Peta Anomali Magnet Total Daerah Panas Bumi Dolok Marawa