

Analisis Anomali Magnetik dalam Penentuan Struktur Geologi dan Litologi Bawah Permukaan sebagai Manifestasi Panas Bumi Di Panyabungan Selatan Sumatera Utara

Ratni Sirait

Program Studi Fisika, Fakultas Sains Dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Sumatera Utara

Email korespondensi: sirait.ratni@uinsu.ac.id

DOI: <https://doi.org/10.20527/flux.v18i2.7402>

Submitted: 1 Desember 2019; Accepted: 1 November 2020

ABSTRAK-Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui struktur geologi bawah permukaan di kawasan panas bumi di Panyabungan Selatan, menentukan litologi bawah permukaan, serta mengetahui jenis batuan sebagai reservoir yang baik dalam manifestasi panas bumi. Adapun teknik yang digunakan untuk menganalisis data adalah pengambilan data, pengolahan data, koreksi harian, koreksi IGRF serta interpretasi kualitatif dan kuantitatif. Berdasarkan hasil penelitian didapatkan bahwa struktur geologi bawah permukaan pada penampang AA adalah rekahan naik dengan nilai susceptibilitas $-0,9910$ cgs merupakan batu gamping dolomitan, susceptibilitas $0,6500$ cgs merupakan batu andesit, susceptibilitas $0,3360$ cgs merupakan batu sabak dan susceptibilitas $0,1030$ cgs merupakan batu serpih. Sedangkan struktur geologi pada penampang BB adalah rekahan turun dengan nilai susceptibilitas $0,3210$ cgs merupakan batu sabak, susceptibilitas $0,8250$ cgs merupakan batu gamping dolomitan, susceptibilitas $0,5100$ cgs merupakan batu andesit, susceptibilitas $0,0530$ cgs merupakan batu serpih, susceptibilitas $0,1340$ cgs merupakan batu pasir dan susceptibilitas $0,2540$ cgs merupakan batu varian. Batuan yang berfungsi sebagai reservoir yang baik dalam manifestasi panas bumi adalah batu gamping dolomitan.

KATA KUNCI: Geomagnetik, Struktur Geologi, Litologi, Suseptibilitas

ABSTRACT- The purpose of this research is to determine the subsurface geological structure in the geothermal area in Panyabungan Selatan, to determine subsurface lithology, and to know the type of rock as a good reservoir in geothermal manifestations. The techniques used to analyze the data were data collection, data processing, daily corrections, IGRF corrections and qualitative and quantitative interpretations. Based on the results, it is found that the subsurface geological structure in the AA section is an upward fracture with a susceptibility value of -0.9910 cgs is dolomite limestone, 0.6500 cgs susceptibility is andesite, 0.3360 cgs susceptibility is slate and 0.1030 cgs susceptibility is rock flakes. While the geological structure in the BB section is a descending fracture with a susceptibility value of 0.3210 cgs is slate, 0.8250 cgs susceptibility is dolomitan limestone, 0.5100 cgs susceptibility is andesite, 0.0530 cgs susceptibility is shale, 0.1340 cgs susceptibility is sandstone and the susceptibility of 0.2540 cgs is variant rock. The Rocks is function as good reservoirs in geothermal manifestations are dolomitic limestone.

KEYWORDS: Geomagnetic, Geological Structure, Lithology, Suseptibility

PENDAHULUAN

Panas bumi merupakan suatu sumber panas yang tersimpan di dalam inti bumi dan membentuk suatu sistem hidrotermal yang ditunjukkan dengan adanya manifestasi panas bumi dipermukaan seperti kolam air panas yang sangat banyak dimanfaatkan

masyarakat di daerah tersebut untuk keperluan mandi, mencuci pakaian, masak dan masih banyak lagi pemanfaatan kolam air panasnya. Manifestasi panas bumi terjadi karena terjadinya perambatan panas di bawah permukaan (Broto & Putranto, 2011).

Indonesia adalah salah satu dari

beberapa Negara yang mengalami aktivitas vulkanik dan tektonik yang sangat tinggi. Aktivitas tersebut disebabkan karena adanya posisi kepulauan Indonesia yang berada antara pertemuan lempeng Eurasia di Utara, lempeng Indo-Australia yang menunjam lempeng Eurasia dari Selatan serta pertemuan lempeng Pasifik yang menunjam lempeng Eurasi dari arah Timur yang bergerak aktif (Widodo, Yulianto, Harmoko, Yulianto, Widada, & Dewantoro, 2016). Akibat pertemuan ketiga lempeng tersebut, terbentuklah deretan gunung api di Indonesia yang menyebabkan terbentuknya sumber energi panas disekitar daerah gunung api (Hidayat & Basid, 2011).

Panyabungan Selatan merupakan salah satu wilayah yang memiliki sumber mata air panas yang berasal dari gunung Sorik Marapi yang mengandung belerang tepatnya di Desa Roburan Dolok di mana terjadi penguapan pada permukaan mata air panas disebabkan terjadinya perpindahan panas dari permukaan air ke atmosfer yang menunjukkan bahwa daerah tersebut terdapat potensi panas bumi.

Untuk menunjukkan keberadaan potensi panas bumi dapat diketahui dengan menentukan nilai resistivitas setiap batuan dengan menggunakan berbagai metode geofisika yaitu metode geomagnetik, geolistrik, seismik dan gravitasi. Pada penelitian ini, penentuan manifestasi panas bumi menggunakan metode geomagnetik yang berdasarkan pengukuran anomali geomagnetik akibat adanya perbedaan suseptibilitas magnetik yang terdapat pada daerah sekelilingnya. Tujuan dari penelitian adalah untuk mengetahui struktur geologi pada sumber mata air panas di daerah Panyabungan Selatan, untuk mengetahui jenis litologi dan untuk mengetahui litologi yang berperan sebagai reservoir yang baik dalam manifestasi panas bumi.

Metode geomagnetik adalah salah satu metode geofisika dengan memanfaatkan sifat kemagnetan setiap bahan dengan mengidentifikasi kerentanan setiap magnet batuan untuk dapat menentukan bagaimana kondisi permukaan bumi (Rusita, Siregar, &

Sota, 2016). Menurut metode geomagnetik, bumi merupakan batang magnet raksasa yang merupakan tempat medan magnet bumi (Takaeb, Sutaji, & Bernandus, 2018). Kemampuan suatu batuan menghasilkan magnet bergantung pada nilai suseptibilitas magnetik setiap masing-masing batuan. Kandungan mineral tertentu pada suatu batuan akan menghasilkan eksplorasi geomagnet akibat adanya anomali (Panjaitan, 2015).

Nilai suseptibilitas merupakan nilai yang dinyatakan dalam menentukan kemampuan suatu batuan untuk dapat termagnetisasi. Dalam menentukan jenis batuan didasarkan pada nilai suseptibilitas yang berbeda setiap batuan (Fatimah, Lavanto, Gunawan, & Febriarto, 2018). Anomali negatif merupakan batuan yang bersifat diamagnetik artinya batuan tersebut memiliki nilai suseptibilitas rendah sehingga pada daerah tersebut merupakan daerah manifestasi panas bumi. Sedangkan anomali positif merupakan batuan yang bersifat ferromagnetik artinya batuan tersebut memiliki nilai suseptibilitas tinggi sehingga daerah tersebut tidak merupakan manifestasi panas bumi (Afandi, Maryanto, & Rachmansyah, 2013).



Gambar 1 Peta Geologi Lembar Lubuk Sikaping (Sumber: Rock, 1983)

Daerah Panyabungan Selatan tepatnya di Desa Roburan Dolok belum pernah dilakukan penelitian mengenai manifestasi

panas bumi. Tetapi penelitian ini merujuk pada peta geologi Lembar Lubuk Sikaping. Berdasarkan peta geologi lembar Lubuk Sikaping, terdapat 4 formasi batuan yaitu: Qh (pasir, kerikil, lanau) yang memiliki umur Holosen, Tmv (andesit) yang memiliki umur miosen, mPu dan mPul (batu gamping, gamping dolomitan) yang memiliki umur permian-kapur), Qvsm (andesit, breksi) yang memiliki umur pliosen.

METODE PENELITIAN

Secara geografis, daerah penelitian terletak pada koordinat $0^{\circ}44'43.12''N$ dan $99^{\circ}32'37.80''E$. Adapun peralatan yang digunakan ketika pengambilan data magnetik di lapangan adalah alat magnetometer yang berupa PPM tipe else 770, GPS, kompas, stopwatch, *software surfer*, *software magpick* dan *Mag2dc*.

Penelitian ini menerapkan jenis penelitian *applied research* yang terdiri dari dua variabel yaitu variabel bebas (jarak antar titik acuan, Latitude dan Longitude, waktu serta ketinggian wilayah) dan variabel terikat (struktur geologi, jenis litologi dan litologi yang berperan reservoir yang baik dalam manifestasi panas bumi).

Adapun metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode geomagnet. Sebelum data diambil, terlebih dahulu melakukan operasi alat dengan memasang sensor magnetik pada tiang penyangga kemudian menghubungkan kabel konektor dan menyetel konfigurasi waktu yaitu hari, tanggal, jam, menit dan detik. Pengambilan data dilakukan secara zigzag dengan 32 titik pengukuran.

Setelah data diperoleh, tahapan selanjutnya adalah menganalisis data tersebut yang mencakup koreksi harian, koreksi IGRF, reduksi bidang datar, komtinuasi ke atas, reduksi ke kutub dan melakukan interpretasi kuantitatif. Koreksi harian dilakukan karena terdapat penyimpangan yang disebabkan adanya pengaruh dari sinar matahari sewaktu melakukan pengukuran medan magnet bumi di lapangan. Persamaan koreksi harian dapat ditulis:

$$\Delta H_{\text{harian}} = \Delta H - H_{\text{obs}} \quad (1)$$

Di mana, ΔH merupakan intensitas medan magnet, ΔH_{harian} merupakan koreksi harian dan H_{obs} merupakan nilai intensitas medan magnet yang terukur (Singarimbun, Bujung, & Fatihin, 2013)

Data hasil pengukuran medan magnet terdiri dari 3 komponen utama yaitu medan magnet utama, medan magnet luar dan medan magnet anomali. Nilai dari medan magnet utama bumi merupakan nilai IGRF. Sehingga perlu dilakukan koreksi IGRF dengan tujuan menghilangkan pengaruh medan magnet utama dengan mengurangi hasil koreksi IGRF dengan nilai medan magnet total. Secara matematis, persamaan koreksi IGRF adalah:

$$\Delta H = H_D - H_0 \quad (2)$$

$$H_D = H_{\text{obs}} \pm V_{\text{harian}}$$

(Singarimbun, Bujung, & Fatihin, 2013)

Agar proses pengolahan data magnetik lebih mudah dilakukan maka langkah selanjutnya adalah melakukan reduksi bidang datar pada ketinggian yang sama dengan menggunakan teknik *Taylor Series Approximation* (Laela, Yulianto, & Harmoko, 2015). Kemudian melakukan proses kontinuitas ke atas untuk menghilangkan efek dari mereduksi pada magnetik lokal yang merupakan suatu sumber utama benda magnetik yang permukaan topografinya tidak memiliki hubungan dengan hasil survey (Santosa, Mashuri, & Sutrisno, 2012). Uji yang digunakan pada proses kontinuitas ke atas menggunakan uji *trial and error* untuk dapat mengetahui bagaimana pola kontur hasil kontinuitas pada ketinggian tertentu (Indratmoko, Nurwidyanto, & Yulianto, 2009).

Tahap selanjutnya adalah menghilangkan sudut inklinasi dengan memfilter hasil pengolahan data magnetik melalui tahap reduksi ke kutub (Yudianto & Setyawan, 2014). Dan tahap akhir yaitu melakukan interpretasi kuantitatif dengan tujuan untuk menganalisis sisa penampang anomali sepanjang lintasan untuk mengetahui struktur geologi bawah permukaan (Raehanayati, Rachmansyah, & Maryanto, 2013).

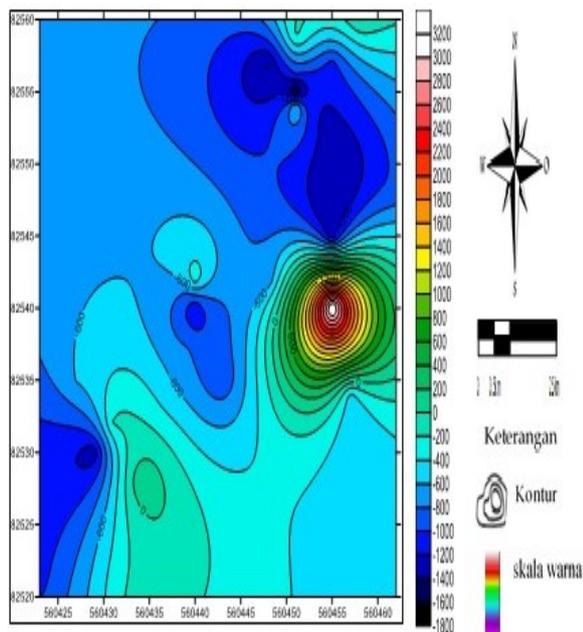
HASIL DAN PEMBAHASAN

Akuisisi Data Penelitian

Alat penelitian yang digunakan adalah *Proton Precession Magnetometer* tipe *else 770* buatan Littlemore Science. Pada penelitian ini, data di ambil sebanyak 3 kali untuk setiap titik agar dapat mengurangi gangguan lokal (*noise*).

Pengolahan Data

Pengolahan data dilakukan dengan tujuan agar dapat mengetahui nilai magnet total pada satu titik pengamatan disebabkan karena adanya nilai kemagnetan batuan yang terjadi akibat adanya medan magnet utama, medan magnet total serta induksi medan magnet luar. Data penelitian yang diperoleh saat di lapangan terlebih dahulu diolah dengan cara mengkonversikan koordinat dalam bentuk satuan *decimal degree* ke bentuk satuan *Universal Transfer Mercator (UTM)* agar memudahkan dalam pembacaan *software surfer 11* serta proses pengolahan data berikutnya. Setelah itu tahap selanjutnya adalah melakukan koreksi harian dan koreksi



Gambar 2 Kontur pada intensitas medan magnet Total

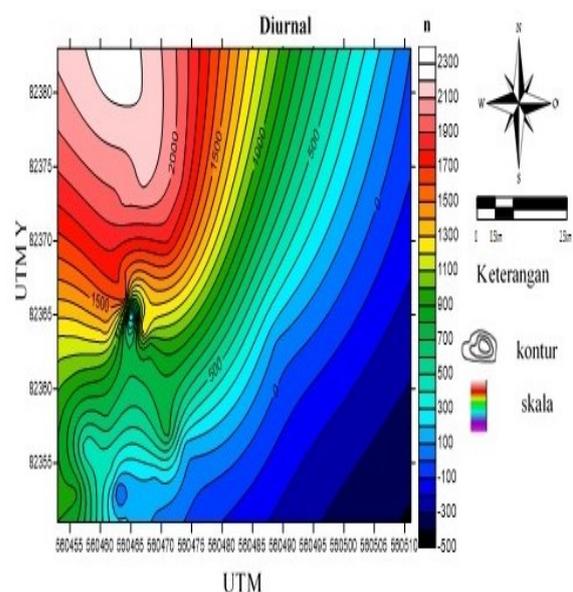
IGRF agar diperoleh hasil nilai anomali pada medan magnet total. Setelah hasil data tersebut dikoreksi, proses pengolahan data selanjutnya adalah membuat peta kontur untuk intensitas medan magnet total, peta

kontur untuk anomali magnetik total, peta kontur anomali magnetik total pada bidang datar, peta kontur anomali magnetik regional dan peta kontur anomali lokal melalui tahap reduksi ke kutub.

Berdasarkan Gambar 2 dapat dilihat bahwa medan magnet yang terukur menghasilkan nilai intensitas -1800 nT sampai 0 nT tingkat kemagnetannya rendah dan terdiri dari skala warna hitam dan hijau tua. Sedangkan nilai kemagnetan 0 nT sampai 3200 nT memiliki tingkat kemagnetan yang sedang dan tinggi dengan skala warnanya hijau dan putih.

Koreksi Harian

Untuk mendapatkan nilai medan magnet karena adanya efek radiasi matahari dan perbedaan waktu maka perlu dilakukan koreksi harian. Di mana, waktu yang diperoleh harus sesuai dengan hasil pengukuran waktu pada saat pengambilan data medan magnetik pada lokasi pengukuran (Singarimbun, Bujung, & Fatihin, 2013). Ketika nilai variasi harian diperoleh nilainya negatif, maka langkah selanjutnya adalah nilai variasi harian ditambahkan dengan data magnetik yang akan dikoreksi. Sedangkan jika nilai variasi harian diperoleh nilainya positif, maka langkah selanjutnya adalah nilai variasi harian dikurangkan dengan data magnetik yang akan dikoreksi (Santosa, Mashuri, & Sutrisno, 2012).



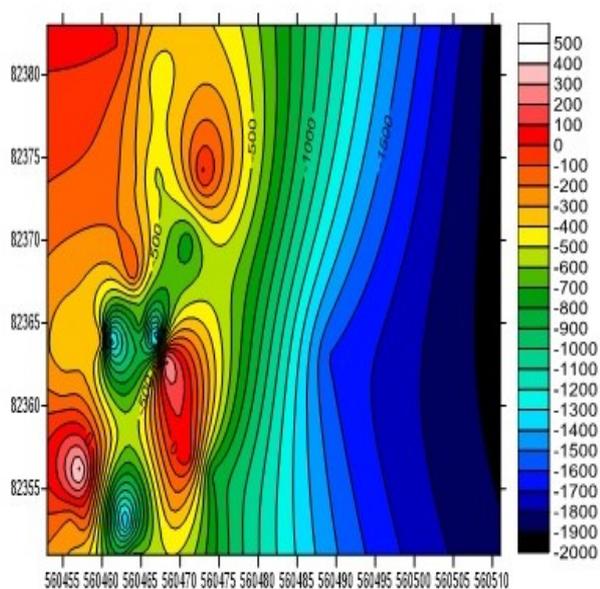
Gambar 3 Kontur hasil koreksi harian

Pada Gambar 3 menunjukkan bahwa nilai hasil pengukuran intensitas medan magnet di lokasi penelitian pada peta topografi adalah -500 nT sampai 100 nT tingkat kemagnetannya rendah yang terdiri dari skala warna hitam dan biru. Sedangkan nilai kemagnetan 100 nT sampai 2300 nT memiliki tingkat kemagnetan yang tinggi dengan skala warnanya biru muda, merah sampai putih.

Menurut (Patya, Rusdiana, Purwanto, & Ardi, 2018), skala warna biru menunjukkan anomali yang semakin rendah, artinya nilai intensitas kemagnetannya lebih rendah dari nilai intensitas kemagnetan rata-rata sedangkan skala warna merah menunjukkan nilai intensitas kemagnetannya lebih tinggi dari nilai intensitas kemagnetan rata-rata.

Koreksi IGRF

Fungsi dilakukannya koreksi IGRF adalah agar dapat menghilangkan akibat adanya pengaruh pada medan magnet utama bumi (Palloan and Yani 2016b).



Gambar 4 Kontur anomali medan magnet AMT

Secara umum, kemagnetan bersifat *diamagnetic*, *paramagnetik* dan *ferromagnetic*. Berdasarkan data lapangan yang dikurangi koreksi harian dan koreksi IGRF, diperoleh hasil anomali kontur bernilai negatif. Ketika nilai suseptibilitas kecil maka batuan bersifat *diamagnetic* karena orbital substansinya selalu berlawanan dengan arah magnet luar sehingga medan magnet total melemah. Contohnya: *grafit*, *marble*, *quartz*, *marmar*, *salt*,

dan *gypsum* (Broto & Putranto, 2011)

Pada Gambar 4, sifat batuan adalah bersifat diamagnetik yang terdiri dari batuan tufa dan batuan sedimen berdasarkan hasil kontur anomali medan magnet yang bervariasi dengan nilai anomali rendah dan sedang. Menurut (Hasibuan, Berutu, Sakdiah, & Rahmatsyah, 2017) berdasarkan hasil penelitian situs purbakala di Tapanuli tengah dengan metode geomagnetik diperoleh jenis batuan bersifat non magnetik yaitu batuan tufa dan alluvium.

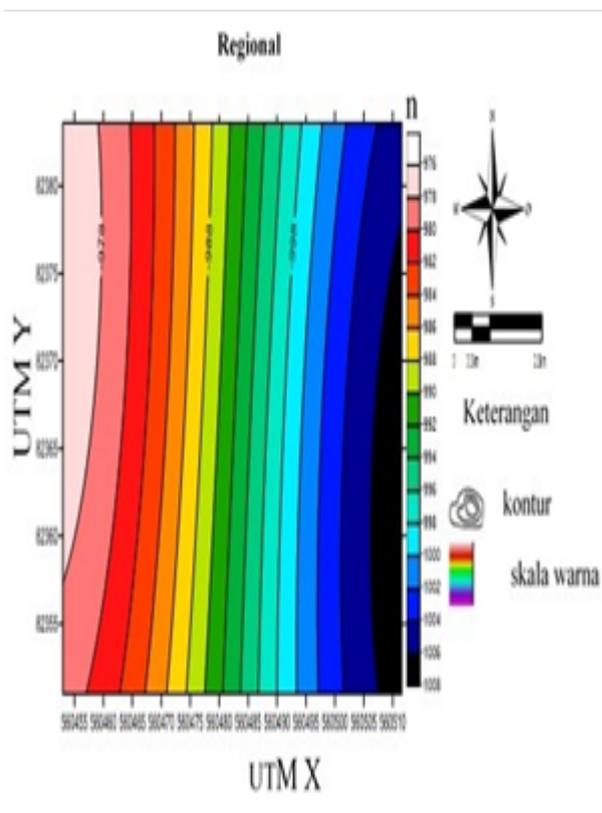
Reduksi Ke Bidang Datar

Melalui pola topografi, jenis batuan yang mengandung magnet pada bawah permukaan akan terbaca. Akibat daerah topografi yang tidak rata akan mempengaruhi hasil pemodelannya. Untuk menghindari hal tersebut, maka dilakukan transformasi data anomali dengan ketinggian yang sama. Metode transformasi yang digunakan adalah *Taylor Series Approximation* (Susanto, Sehad, & Irayani, 2017).

Kontinuasi Ke Atas

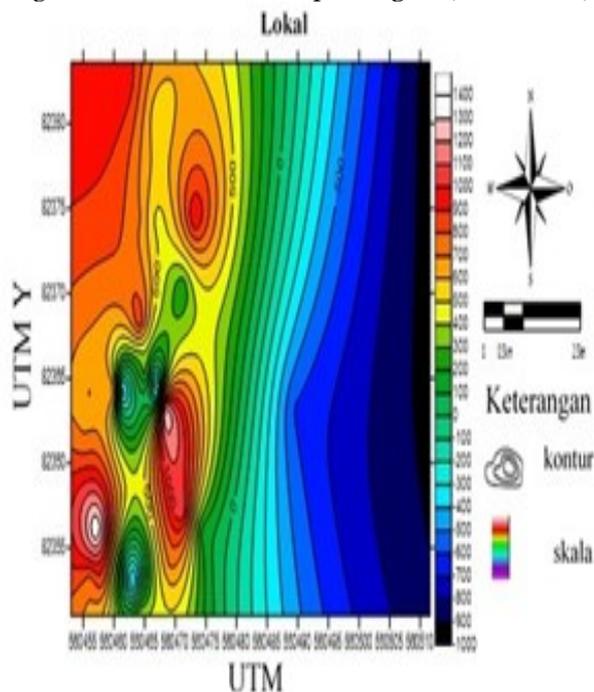
Setelah dilakukan reduksi ke bidang datar, langkah selanjutnya adalah memisahkan anomali residual dengan anomali regional yaitu dengan melakukan proses kontinuasi ke atas dengan tujuan agar menyaring nilai anomali regional dan batuan-batuan yang sifatnya dangkal sehingga bisa diketahui apa penyebab anomali yang terjadi pada batuan di lokasi penelitian (Duhri, Tiwow, & Ihsan, 2019). Pada ketinggian tertentu, data ini diolah dengan menggunakan *software Magpick* (Afandi, Maryanto, & Susilo, 2012).

Dengan dilakukannya proses kontinuitas keatas, akan diperoleh dua hasil secara bersamaan yaitu hasil reduksi akibat adanya pengaruh nilai kontinuasi ke atas yang tidak begitu besar dan besarnya nilai reduksi pada efek regional di lokasi penelitian. Sehingga data dari hasil medan magnet total tidak dipengaruhi oleh kontur anomali regional, koreksi IGRF serta medan regional sehingga anomali pada suatu batuanlah yang menjadi penyebabnya. (Afandi, Maryanto, & Rachmansyah, 2013).



Gambar 5 Kontur anomali regional dari hasil kontinuasi ke atas

Kontinuasi ke atas dilakukan pada ketinggian 250 mdpl dilakukan dengan metode coba-coba (*trial and error*). Hasil kontinuasi ke atas menunjukkan nilai anomali regional yang stabil. Artinya bahwa pada ketinggian 250 mdpl lemah artinya *dipole magnetic* tidak memiliki pasangan (Gambar 5).



Gambar 6 Kontur anomali residual (lokal) hasil kontinuasi ke atas

Hasil penelitian anomali magnet total yang terkontinuasi ke atas merupakan adalah gabungan dari nilai anomali lokal dan anomali regional. Tujuannya dilakukannya kontinuasi ke atas adalah untuk mendapatkan nilai anomali lokal sehingga dapat digambarkan lapisan batuan dan struktur geologinya pada lokasi penelitian berdasarkan hasil pengukuran maupun perhitungan. Nilai anomali magnetik lokal dapat bervariasi karena disebabkan batuan dibawah permukaan yang berbeda sehingga nilai anomalnya menjadi bernilai negatif yaitu bernilai -1008 nT sampai -976 nT.

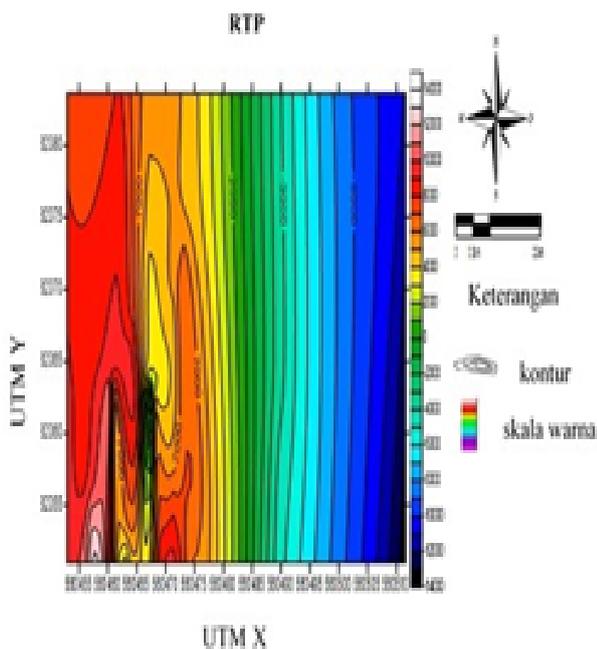
Berdasarkan Gambar 6 diperoleh bahwa apabila nilai suseptibilitas batuan bernilai positif maka nilai anomali magnetik tinggi. Sedangkan jika nilai suseptibilitas batuan positif tetapi nilainya kecil maka nilai anomali magnetik sedang. Untuk nilai suseptibilitas batuanya negatif maka nilai anomali magnetik (J.Ahmad, Syarifin, Sousa, & Tumulang, 2019). Jadi dapat disimpulkan bahwa, daerah Panyabungan Selatan memiliki nilai anomali yang rendah dan sedang yang berpotensi sebagai manifestasi panas bumi karena memiliki nilai suseptibilitas rendah maka batuan tersebut menghasilkan demagnetisasi. Hasil penelitian ini merujuk pada hasil penelitian yang dilakukan oleh (Afandi, Maryanto, & Rachmansyah, 2013) yaitu potensi panas bumi ditemukan dengan nilai suseptibilitas rendah yang diakibatkan oleh zona batuan tersebut sudah demagnetisasi oleh panas bumi.

Berdasarkan nilai tersebut, dapat disimpulkan bahwa nilai anomali terbagi atas 2 bagian yaitu nilai anomali rendah yang ditandai dengan warna hitam dengan nilai anomali 1000 nT sampai warna hijau dengan nilai anomali 0 nT merupakan batuan diamagnetik yaitu dengan jenis batuan *rock salt, gypsum, anhydrite, quartz* dan nilai anomali sedang yang ditandai dengan warna hijau dengan nilai anomali 100 nT sampai warna putih dengan nilai anomali 1400 nT merupakan batuan sedimen.

Reduksi Ke Kutub

Agar sudut inklinasi maka langkah selanjutnya adalah mentransformasi reduksi ke kutub sehingga diperoleh nilai magnetik yang sudah terfilter. Hal tersebut disebabkan karena anomali lokal masih dipengaruhi medan magnet luar. Proses reduksi ke kutub ke kutub dibuat dengan membentuk sudut inklinasinya sebesar 90° dan deklinasinya 0° . Hal tersebut disebabkan karena medan magnetik bumi dan magnetisasi induknya sama-sama menuju ke arah bawah

Nilai anomali lokal yang bersifat dipole melakukan reduksi ke kutub dengan mengubah anomali lokal yang bersifat monopol tepat berada diatas batuan yang menyebabkan munculnya anomali sehingga memudahkan menginterpretasi secara kualitatif penyebab dari munculnya air panas di permukaan (Laela, Yulianto, & Harmoko, 2015)



Gambar 7 Kontur anomali residual hasil ke Kutub

Berdasarkan Gambar 7, terdapat perbedaan yang signifikan terhadap nilai anomali dibandingkan dengan nilai anomali magnetik lokal sebelum ke kutub. Setelah dilakukan proses reduksi ke kutub maka nilai kemagnetan menjadi tinggi. Nilai anomali magnet bernilai -1400 nT sampai 14000 nT. Nilai tersebut sangat berbeda jika dibandingkan dengan anomali magnet sebelum reduksi ke

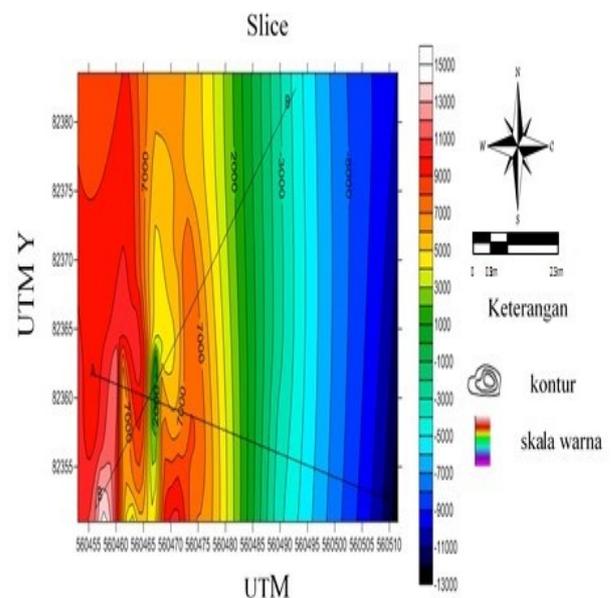
kutub dilakukan (Gambar 7).

Terdapat dua nilai anomali magnet pada reduksi ke kutub yaitu nilai anomali dengan kemagnetan rendah (warna hitam sampai hijau) dan nilai anomali dengan kemagnetan sedang (warna kuning sampai putih).

Interpretasi Kuantitatif

Tujuan dilakukan interpretasi kuantitatif adalah untuk mengetahui struktur geologi melalui pemodelan matematis yaitu berupa pemodelan *trial and error* agar dihasilkan nilai *error* yang terkecil. Adapun fungsi dari penggunaan *software Mag2Dc* adalah untuk menyamakan hasil dari bentuk anomali pengamatannya berupa garis putus-putus

Gambar 8 menunjukkan hasil anomali lokal yang disayat pada lintasan A-A dan B-B dengan menggunakan *software Mag2dc*. Dari hasil pengolahan data menggunakan *software mag2dc* diperoleh nilai inklinasi sebesar -9.6940 , nilai deklinasi sebesar $-0,4098$ dan nilai IGRF sebesar $41726,4$ nT. Kemudian jarak lintasannya berada pada kolom X dan nilai anomali lokal berada pada kolom Y yang merupakan hasil antara kedua perpotongan.

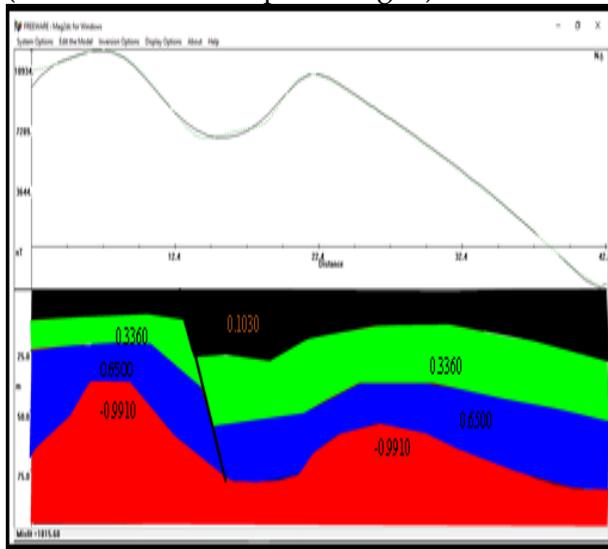


Gambar 8 Sayatan kontur anomali residual lintasan A-A dan lintasan B-B

Penampang Melintang A-A

Secara kualitatif, arah lintasan penampang A-A dimulai dari arah Tenggara sampai arah Barat Laut melewati titik ukur. Gambar 9 menunjukkan bahwa lintasan A-A

berasal dari sumbu Y negatif (kedalaman permukaan yang diamati) sedangkan sumbu Y positif (anomali magnet), sumbu X (jarak lintasan pengamatan dari titik A hingga titik B), sedangkan garis putus-putus kurva (nilai anomali hasil pengamatan) dan garis kontinu (nilai anomali hasil perhitungan).



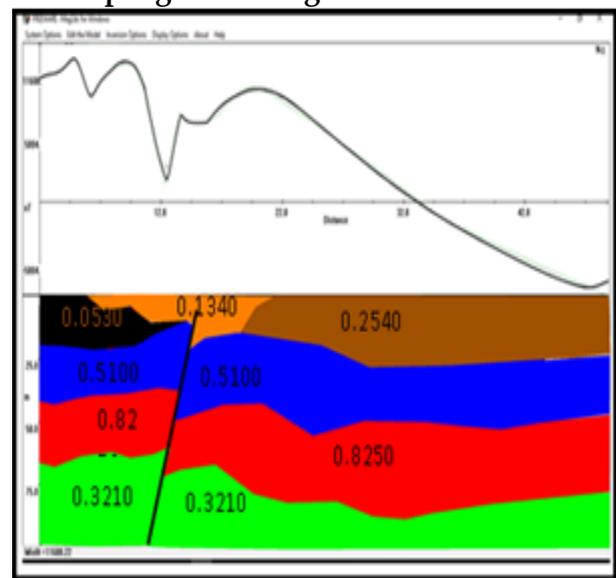
Gambar 9 Model Penampang Anomali Lokal Lintasan A-A

Dapat disimpulkan bahwa jenis batuan untuk sistem geothermal yaitu batu gamping karena batu gamping adalah salah satu reservoir yang baik sebagai manifestasi panas bumi di daerah Panyabungan Selatan. Dimana pada lapisan tersebut terdapat struktur geologi berupa sesar naik yang berada di antara lapisan kedua dan ketiga di arah sebelah Barat. Dan bagian yang turun berada di arah sebelah Timur

dengan arah sesar Utara Barat Laut yang merupakan batu andesit dan sabak. Berdasarkan penelitian (Verna Mayasari, 2018), yaitu lapisan reservoir pada penelitian ini adalah batu gamping yang memiliki ketebalan 500m dengan frekuensi retakan yang tinggi dan nilai densitasnya sekitar 3 g/cc.

Hasil penampang A-A mengacu pada peta geologi lembar Lubuk Sikaping yang menyatakan bahwa daerah tersebut terdapat adanya struktur geologi dimana terdiri dari 4 formasi batuan yaitu salah satunya adalah batu gamping merupakan salah satu reservoir yang baik untuk manifestasi panas bumi.

Penampang Melintang B-B



Gambar 10 Model Penampang Anomali Lokal Lintasan B-B

Tabel 1 Hasil analisa suseptibilitas pada sayatan penampang A-A

| Benda Anomali | Suseptibility Lapangan (Cgs Unit) | Suseptibility Menurut Telford(°) | Warna | Interpretasi Lithologi |
|---------------|-----------------------------------|----------------------------------|-------|------------------------|
| Model 1 | -0,9910 | 0,9 | Red | Gamping dolomitan |
| Model 2 | 0,6500 | 0, -7 | Blue | Andesit |
| Model 3 | 0,3360 | 0,3 -3 | Green | Sabak |
| Model 4 | 0,1030 | 0,01 -1,5 | Black | Shales |

Tabel 2 Hasil analisa suseptibilitas pada sayatan penampang B-B

| Benda Anomali | Suseptibility Lapangan (Cgs Unit) | Suseptibility Menurut Telford(°) | Warna | Interpretasi Lithologi |
|---------------|-----------------------------------|----------------------------------|--------|------------------------|
| Model 1 | 0,3210 | 0,3 -3 | Green | Sabak |
| Model 2 | -0,8250 | 0,9 | Red | Gamping dolomitan |
| Model 3 | 0,5100 | 0, -7 | Blue | Andesit |
| Model 4 | 0,0530 | 0,01-1,5 | Black | Shales |
| Model 5 | 0,1340 | 0 -20 | Yellow | Batu pasir |
| Model 6 | 0,254 | 0 -3 | Brown | Batu varian |

(°)(Sumber: Telford, Geldart, & Sheriff, 1990)

Secara kualitatif, lintasan pada penampang B-B berada pada arah Barat Daya hingga ke Timur Laut melewati titik ukur akan diperoleh penampang anomali magnetik lokal lintasan B-B. Berdasarkan Gambar 10, Terdapat 6 *body* pada lintasan B-B, dimana 6 *body* tersebut dapat dilihat pada Tabel 2 dan dapat disimpulkan bahwa jenis batuan untuk sistem geothermal yaitu batu gamping dolomitan karena batuan tersebut merupakan salah satu reservoir yang baik sebagai manifestasi panas bumi di daerah Panyabungan Selatan. Pada penampang B-B tampak jelas terdapat patahan yang merupakan sesar turun yang berada diantara lapisan pertama, kedua dan ketiga. Dengan arah sesar Utara timur laut merupakan lapisan batu sabak, andesit dan gamping. Hasil penampang B-B mengacu pada peta geologi lembar Lubuk Sikaping yang menyatakan bahwa daerah tersebut terdapat adanya struktur geologi dimana terdiri dari 4 formasi batuan yaitu salah satunya adalah batu gamping dolomitan.

KESIMPULAN

Berdasarkan pembahasan dapat disimpulkan bahwa struktur geologi bawah permukaan untuk penampang A-A adalah sesar naik, dimana nilai suseptibilitasnya sebesar -0,9910 cgs adalah batu gamping dolomitan, suseptibilitas 0,6500 cgs adalah batu andesit, suseptibilitas 0,3360 cgs adalah batu sabak, suseptibilitas 0,1030 cgs adalah batu serpih, sedangkan untuk penampang B-B adalah sesar turun, dimana nilai suseptibilitasnya sebesar 0,3210 cgs adalah batu sabak, suseptibilitas 0,8250 cgs adalah batu gamping dolomitan, suseptibilitas 0,5100 cgs adalah batu andesit, suseptibilitas 0,0530 cgs adalah batu serpih, suseptibilitas 0,1340 cgs adalah merupakan batu pasir, suseptibilitas 0,2540 cgs merupakan batu varian. Batuan yang berfungsi sebagai pembawa reservoir yang baik sebagai manifestasi panas bumi adalah batu gamping dolomitan karena memiliki nilai suseptibilitas yang rendah dengan memiliki kedalaman pada penampang A-A sekitar 75

m ditandai dengan warna merah dengan posisi paling bawah dan penampang B-B sekitar 50 m yang ditandai dengan posisi lapisan yang kedua.

DAFTAR PUSTAKA

- Afandi, A., Maryanto, S., & Susilo, A. (2012). Survei Geomagnetik di Daerah Cangar, Kota Batu, Jawa Timur untuk Mengkaji Potensi Panas bumi. *Natural B*, 1(3), 287-295.
- Afandi, A., Maryanto, S., & Rachmansyah, A. (2013). Identifikasi Reservoir Daerah Panas Bumi Dengan Metode Geomagnetik Daerah Blawan Kecamatan Sempol Kabupaten Bondowoso. *Jurnal Neutrino*, 6(1), 1-10.
- Broto, S., & Putranto, T. T. (2011). Aplikasi Metode Geomagnet Dalam Eksplorasi Panas Bumi. *Teknik*, 32(1), 79-87.
- Duhri, N. I., Tiwow, V. A., & Ihsan, N. (2019). Identifikasi Material Bawah Permukaan Kecamatan Bontocani Kabupaten Bone Menggunakan Metode Geomagnet. *Jurnal Sains dan Pendidikan Fisika (JSPF)*, 15(2), 76-83.
- Fatimah, Lavanto, A. T., Gunawan, B., & Febriarto, O. (2018). Analisis Potensi Panas Bumi Dengan Metode Geomagnetik Di Daerah Gedong Songo Ungaran Jawa Tengah. *Kurrotek*, 2(2), 35-43.
- Hasibuan, J., Berutu, A., Sakdiah, H., & Rahmatsyah. (2017). Studi Penentuan Anomali Situs Purbakala di Tapanuli Tengah Dengan Metode Geomagnetik. *Wahana Fisika*, 2(1), 1-7.
- Hidayat, N., & Basid, A. (2011). Analisis Anomali Gravitasi Sebagai Acuan Dalam Penentuan Struktur Geologi Bawah Permukaan Dan Potensi Geothermal. *Jurnal Neutrino*, 4(1), 35-47.
- Indratmoko, P., Nurwidyanto, M. I., & Yulianto, T. (2009). Interpretasi Bawah Permukaan Daerah Manifestasi Panas Bumi Parang Tritis Kabupaten Bantul DIY Dengan Metode Magnetik. *Berkala Fisika*, 12(4), 153-160.
- J.Ahmad, A., Syarifin, M., Sousa, Y. A., &

- Tumalang, I. S. (2019). Analisis Data Magnetik Bawah Permukaan Untuk Identifikasi Sebaran Mineral Mangan Desa Tolnaku, Kecamatan Fatuleu Kabupaten Kupang. *Jurnal Teknologi Mineral Dan Batubara*, 15(3), 145-157.
- Laela, F., Yulianto, T., & Harmoko, U. (2015). Interpretasi Struktur Bawah Permukaan Berdasarkan Data Geomagnetik Pada Daerah Mata Air Panas Jati Kurung Kabupaten Semarang. *Youngster Physics Journal*, 4(4), 285-290.
- Panjaitan, M. (2015). Penerapan Metode Magnetik Dalam Menentukan Jenis Batuan Dan Mineral. *Jurnal Riset Komputer*, 2(6), 69-72.
- Patya, D. I., Rusdiana, D., Purwanto, C., & Ardi, N. D. (2018). Identifikasi Struktur Geologi Bawah Permukaan Berdasarkan Nilai Suseptibilitas Magnetik Batuan Di Laut Sulawesi. *Jurnal Meteorologi Klimatologi dan Geofisika*, 5(1), 57-63.
- Raehanayati, Rachmansyah, A., & Maryanto, S. (2013). Studi Potensi Energi Geothermal Blawanijen, Jawa Timur Berdasarkan Metode Gravity. *Jurnal Neutrino*, 6(1), 31-39.
- Rock, N. M. (1983). *Peta Geologi Lembar Lubuksikaping skala 1 : 250.000*. Sumatra: Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- Rusita, S., Siregar, S. S., & Sota, I. (2016). Identifikasi Sebaran Bijih Besi Dengan Metode Geomagnet Di Daerah Pemalongan, Bajuin Tanah Laut. *Jurnal Fisika Flux*, 13(1), 49-59.
- Santosa, B. J., Mashuri, & Sutrisno, W. T. (2012). Interpretasi Metode Magnetik Untuk Penentuan Struktur Bawah Permukaan Di Sekitar Gunung Kelud Kabupaten Kediri. *Jurnal Penelitian Fisika dan Aplikasinya (JPFA)*, 2(1), 7-14.
- Singarimbun, A., Bujung, C. A., & Fatihin, R. C. (2013). Penentuan Struktur Bawah Permukaan Area Panas Bumi Patuha dengan Menggunakan Metoda Magnetik. *Jurnal Matematika & Sains*, 18(2), 39-48.
- Susanto, R. A., Sehad, & Irayani, Z. (2017). Interpretasi Data Anomali Medan Magnetik Untuk Mengidentifikasi Peninggalan Kadipaten Pasir Luhur Desa Tamansari Karanglewas. *Jurnal Pendidikan Fisika (JPF) Universitas Muhammadiyah Metro*, 5(1), 33-45.
- Takaeb, Y., Sutaji, H. I., & Bernandus. (2018). Interpretasi Jenis Batuan Menggunakan Metode Geomagnetik Pada Daerah Terakumulasinya Air Tanah Di Bena Amanuban Selatan. *Jurnal Fisika Sains Dan Aplikasinya*, 3(2), 126-131.
- Telford, W. M., Geldart, L. P., & Sheriff, R. E. (1990). *Applied Geophysics Second Edition*. USA: Cambridge University Pres.
- Widodo, M., Yulianto, T., Harmoko, U., Yulianto, G., Widada, S., & Dewantoro, Y. (2016). Analisis Struktur Bawah Permukaan Daerah Harjosari Kabupaten Semarang Menggunakan Metode Geomagnet Dengan Pemodelan 2D Dan 3D. *Youngster Physics Journal*, 5(4), 251-260.
- Yudianto, H., & Setyawan, A. (2014). Interpretasi Struktur Bawah Permukaan Daerah Manifestasi Panas bumi Gedong Songo Gunung Ungaran Menggunakan Metode Magnetik. *Youngster Physics Journal*, 2(1), 39-48.