

Pemodelan Anomali Magnetik untuk Identifikasi Struktur Bawah Permukaan Bumi di Nagari Cupak Kabupaten Solok

Ahmad Furqan, Dwi Pujiastuti, Dwi Puryanti*, Ardian Putra

Departemen Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Andalas, Kampus Unand Limau Manis, Padang, 25163, Indonesia.

Info Artikel

Histori Artikel:

Diajukan: 22 Oktober 2023
Direvisi: 09 Januari 2024
Diterima: 27 Mei 2024

Kata kunci:

Anomali Magnetik
Panas Bumi
Pemodelan
Reservoir

Keywords:

Geothermal
Magnetic Anomaly
Modelling
Reservoir

Penulis Korespondensi:

Dwi Puryanti
Email: dwipuryanti@sci.unand.ac.id

ABSTRAK

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui sebaran anomali magnetik di daerah panas bumi Nagari Cupak Kabupaten Solok dengan menggunakan metode geomagnetik. Pengambilan data dilakukan menggunakan magnetometer pada 144 titik pengamatan dengan jarak antar titik 300 m. Nilai anomali magnetik diperoleh dari koreksi data medan magnet total variasi harian dan koreksi terhadap nilai medan magnetik model referensi IGRF (*International Geomagnetic Reference Field*) generasi ke-13. Selanjutnya dilakukan reduksi ke kutub dan kontinuasi ke atas dengan ketinggian 200 m untuk menghilangkan noise dan memisahkan anomali magnetik lokal dan regional. Setelah dilakukan proses pengolahan data, didapatkan nilai anomali magnetik total di daerah berkisar dari -1252,8 nT hingga 2969,4 nT yang dikategorikan rendah. Rendahnya nilai anomali ini diperkirakan disebabkan karena terjadinya demagnetisasi batuan akibat pengaruh sumber panas bumi di bawah permukaan. Selanjutnya, dilakukan pemodelan 2D dengan menganalisis data anomali magnetik dan membuat sayatan penampang model pada kontur anomali medan magnetik yang telah diolah diatas. Berdasarkan hasil pemodelan, sistem panas bumi bawah permukaan Nagari Cupak, Kabupaten Solok, terdiri dari lapisan batuan penutup, lapisan reservoir, dan lapisan batuan panas yang diduga sebagai sumber panas dari sistem panas bumi daerah penelitian.

This research was conducted to determine the distribution of magnetic anomalies in the geothermal area of Nagari Cupak, Solok Regency using geomagnetic methods. Data was collected using a magnetometer at 144 observation points with a distance of 300 m between points. The magnetic anomaly value is obtained from the correction of daily variation's total magnetic data and correction to the magnetic field value of the 13th generation IGRF (International Geomagnetic Reference Field) reference model. Furthermore, reduction to the poles and continuation upwards with a height of 200 m are carried out to remove noise and separate local and regional magnetic anomalies. After data processing, the total magnetic anomaly value in the area ranges from -1252.8 nT to 2969.4 nT which is categorized as low. The low anomaly value is thought to be caused by the demagnetization of rocks due to the influence of geothermal sources in the subsurface. Furthermore, 2D modeling is carried out by analyzing the magnetic anomaly data and making a cross-sectional incision of the model on the contour of the magnetic field anomaly that has been processed above. Based on the modeling results, the subsurface geothermal system of Nagari Cupak, Solok Regency, consists of a cover rock layer, reservoir layer, and hot rock layer which is suspected to be the heat source of the geothermal system of the study area.

Copyright © 2024 Author(s). All rights reserved

I. PENDAHULUAN

Energi panas bumi merupakan salah satu sumber daya energi panas yang dapat dimanfaatkan sebagai energi alternatif. Panas bumi merupakan sumber energi panas yang terkandung dalam air panas, uap air, dan mineral ikutan dan gas-gas lain yang secara genetis tidak dapat dipisahkan dalam suatu sistem panas bumi dan untuk pemanfaatannya diperlukan proses penambangan (Broto dan Putranto, 2011). Indonesia sebagai salah satu negara yang menyimpan potensi panas bumi ditunjukkan dengan adanya 117 gunung berapi aktif yang tersebar di seluruh wilayah Indonesia (Gunawan dkk., 2021). Gunung api menjadi sumber sistem panas bumi karena panas yang dihasilkan oleh aktivitas vulkanik di dalam gunung api dapat digunakan untuk menghasilkan energi panas bumi. Salah satu gunung berapi yang ada di Sumatera Barat adalah Gunung Talang. Daerah Gunung Talang memiliki keberadaan sistem panas bumi yang ditandai dengan munculnya manifestasi permukaan berupa mata air panas, kolam air panas, fumarol, dan batuan teralterasi serta hasil dari penyelidikan terdahulu yang menunjukkan keberadaan sistem panas bumi di daerah tersebut (Munandar dkk., 2003). Berdasarkan kondisi permukaan daerah Gunung Talang ditandai dengan adanya manifestasi panas bumi berupa mata air panas yang muncul di daerah Gunung Talang seperti mata air panas Bukik Gadang, Batu Barjanjang, Padang Damar di Nagari Sungai Janiah, dan mata air panas Garara, Sonsang, dan Bukik Kili di Nagari Cupak (Putriyana and Soekarno, 2020).

Penelitian yang telah dilakukan terkait potensi panas bumi di Gunung Talang yaitu penelitian Maulidan dkk. (2022) mata air panas Bukik Gadang di Nagari Sungai Janiah dengan menggunakan metode geomagnet. Hasil penelitiannya menunjukkan terdapatnya struktur geologi bawah permukaan yang mencirikan karakteristik sistem panas bumi berdasarkan karakteristik jenis batuan dan pemodelan struktur formasi sesar di daerah tersebut. Munandar dkk. (2003) juga telah melakukan penyelidikan terpadu daerah panas bumi Gunung Talang menggunakan metode geomagnet, geolistrik dan gaya berat. Hasil penelitian berupa pola lineasi gaya berat, anomali magnet dan anomali tahanan jenis di daerah prospek panas bumi Gunung Talang dan Bukit Kili. Hasil penelitian juga menunjukkan keberadaan sistem panas bumi di daerah tersebut. Dasar pertimbangan pemilihan lokasi penelitian di Nagari cupak, Gunung Talang karena ditandai dengan manifestasi panas bumi berupa mata air panas (hotspring) yang muncul di permukaan, sehingga menjadi indikasi bahwa daerah tersebut merupakan daerah yang memiliki prospek panas bumi di kawasan Gunung Talang.

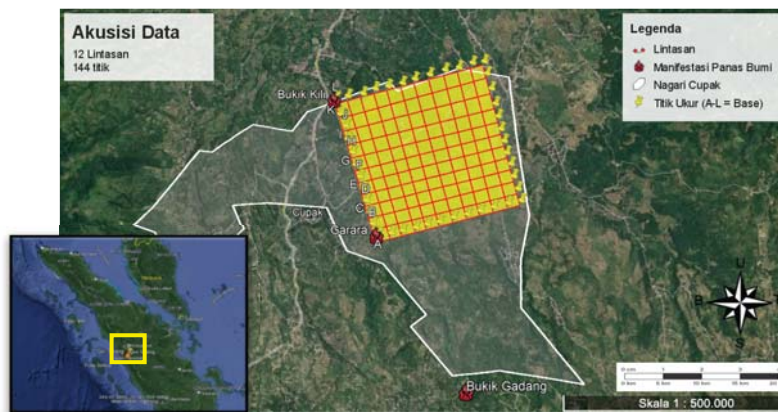
Geofisika diperlukan sebagai studi awal untuk interpretasi batuan dan struktur bawah permukaan pada daerah yang memiliki manifestasi panas bumi (Refiani dkk., 2023). Metode geomagnet merupakan salah satu bagian dari metode geofisika yang sering digunakan untuk survei pendahuluan dalam eksplorasi panas bumi yang memiliki kelebihan yaitu tingkat akurasi data yang tinggi, instrumen atau alat yang digunakan relatif sederhana, dan pengukuran yang lebih cepat. Metode ini menghasilkan kontur yang menggambarkan pola sebaran anomali magnetik dan suseptibilitas batuan di bawah permukaan. Metode geomagnet telah banyak digunakan dalam penelitian panas bumi di Indonesia diantaranya yaitu penelitian Maubana dkk (2019), Sirait (2021), dan Hidayati dkk. (2022) yang menggunakan metode geomagnetik untuk menganalisis pola sebaran anomali magnetik dan mengidentifikasi struktur bawah permukaan bumi pada daerah panas bumi. Berdasarkan beberapa penelitian yang telah dilakukan, maka perlu dilakukan penelitian untuk mengetahui pola sebaran panas dan sistem panas bumi dalam menentukan daerah potensi panas bumi yang berada di daerah Gunung Talang. Dengan menggunakan metode geomagnet dapat membuktikan keberadaan daerah potensi panas bumi, sehingga metode ini cocok digunakan untuk mendeteksi potensi panas bumi sebagai survei pendahuluan dalam eksplorasi panas bumi. Hasil dari survei geomagnet berupa sebaran anomali magnetik dan struktur bawah permukaan yang terdiri dari caprock, reservoir, dan hotrock (Putra dkk., 2021)

II. METODE

Penelitian dilakukan di Nagari Cupak, Kecamatan Gunung Talang, Kabupaten Solok, Provinsi Sumatera Barat. Daerah tersebut berada pada koordinat $0^{\circ}53'8,51''S$ dan $100^{\circ}39'42,56''E$. Pengambilan data dilakukan dengan mengukur medan magnet total di daerah penelitian dengan alat *Precision Miligauss* Meter GU-3001 disetiap titik yang divariasikan sebanyak 4 kali. Pengambilan data dilakukan

dengan menggunakan metode *looping* dimana pengambilan data dimulai dan diakhiri di titik yang sama (*base station*) pada setiap lintasan. Metode *looping* ini dipilih karena hanya digunakan satu magnetometer untuk mengukur medan magnetik pada setiap titik. Pengambilan data dilakukan dengan mencatat jam, koordinat posisi (*longitude* dan *latitude*), ketinggian yang terbaca dengan menggunakan GPS dan nilai medan magnetik total yang muncul pada magnetometer disetiap titik pengambilan data dan base station. Akuisisi data dilakukan pada 12 lintasan dengan jarak antar titik 300 m. Total terdapat 144 titik pengambilan data yang dapat dilihat pada Gambar 1.

Pengolahan data diawali dengan pembuatan peta kontur hasil pengukuran medan magnet total yang diperoleh dari akuisisi data magnetik, kemudian dilakukan koreksi-koreksi data untuk mendapatkan nilai anomali medan magnet total. Koreksi data bertujuan untuk menghilangkan noise yang diperoleh saat tahap akuisisi data dan memperoleh nilai anomali magnetik yang diharapkan. Koreksi pada pengolahan data survei magnetik terdiri dari koreksi harian (diurnal) dan koreksi IGRF. Koreksi harian dilakukan karena terdapat penyimpangan yang disebabkan adanya pengaruh dari sinar matahari sewaktu melakukan pengukuran medan magnet bumi di lapangan. 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.



Gambar 1 Peta akuisisi data

Koreksi IGRF (*International Geomagnetic Reference Field*) dan koreksi variasi harian bertujuan untuk memperoleh nilai anomali medan magnetik total pada lokasi penelitian dengan menggunakan Persamaan 1.

$$\Delta H = H_p - H_{IGRF} \pm H_d \quad (1)$$

dimana ΔH merupakan anomali magnetik, H_p adalah medan magnet hasil pengukuran, H_{IGRF} adalah medan magnet teoritis koreksi IGRF, dan H_d adalah koreksi diurnal atau koreksi variasi harian (Telford dkk., 1990).

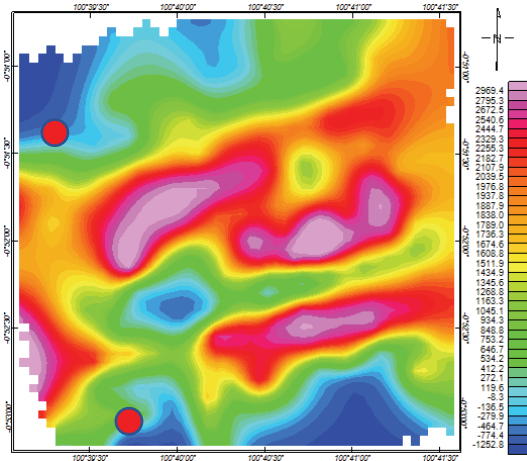
Tahap selanjutnya adalah menghilangkan sudut inklinasi dengan memfilter hasil pengolahan data anomali magnetik melalui tahap reduksi ke kutub. Nilai anomali magnetik total diinterpretasikan dalam peta kontur, kemudian dilakukan kontinuitas ke atas untuk mereduksi pengaruh anomali magnetik lokal dan menekankan pengaruh anomali magnetik regional pada peta kontur (Blakely, 1996). Selanjutnya dilakukan sayatan pada peta kontur anomali magnetik regional hasil koreksi. Hasil sayatan tersebut dijabarkan dengan pemodelan 2D menggunakan software Oasis Montaj untuk melihat bentuk lapisan dan jenis batuan yang teridentifikasi di bawah permukaan (Maulidan dkk., 2021).

III. HASIL DAN DISKUSI

3.1 Hasil Pengolahan Data Magnetik

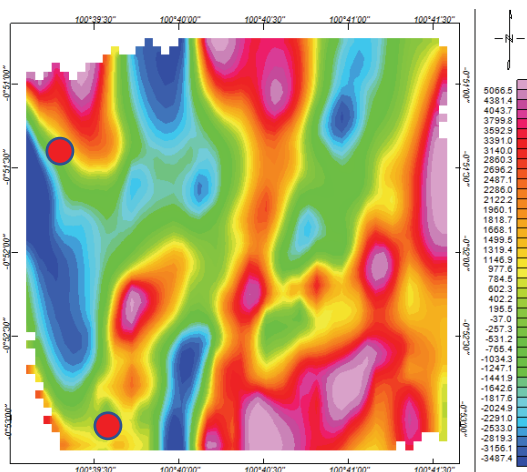
Nilai anomali magnetik didapatkan dari hasil koreksi IGRF dan koreksi harian. Manifestasi panas bumi di lokasi penelitian ditandai dengan plot lingkaran merah pada peta kontur. Nilai anomali medan magnet yang diperoleh berkisar antara -1252.8 nT hingga 2969.4 nT seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2. Berdasarkan hasil tersebut dapat dilihat bahwa anomali rendah berwarna biru hingga

hijau dengan nilai anomali antara -1252,8 nT hingga 412,2 nT, anomali sedang berwarna kuning hingga jingga dengan nilai anomali antara 534,2 nT hingga 1789 Nt, dan anomali tinggi berwarna merah hingga merah jambu dengan nilai anomali 1838 nT hingga 2969,4 nT. Kecenderungan ke arah intensitas magnetik negatif diduga disebabkan oleh sumber panas, reservoir dan demagnetisasi batuan vulkanik di bawah permukaan. Hal ini disebabkan karena mineral-mineral feromagnetik pada lapisan batuan akan kehilangan sifat kemagnetannya ketika terjadi peningkatan temperatur (Telford dkk., 1990).



Gambar 2 Peta kontur anomali magnetik

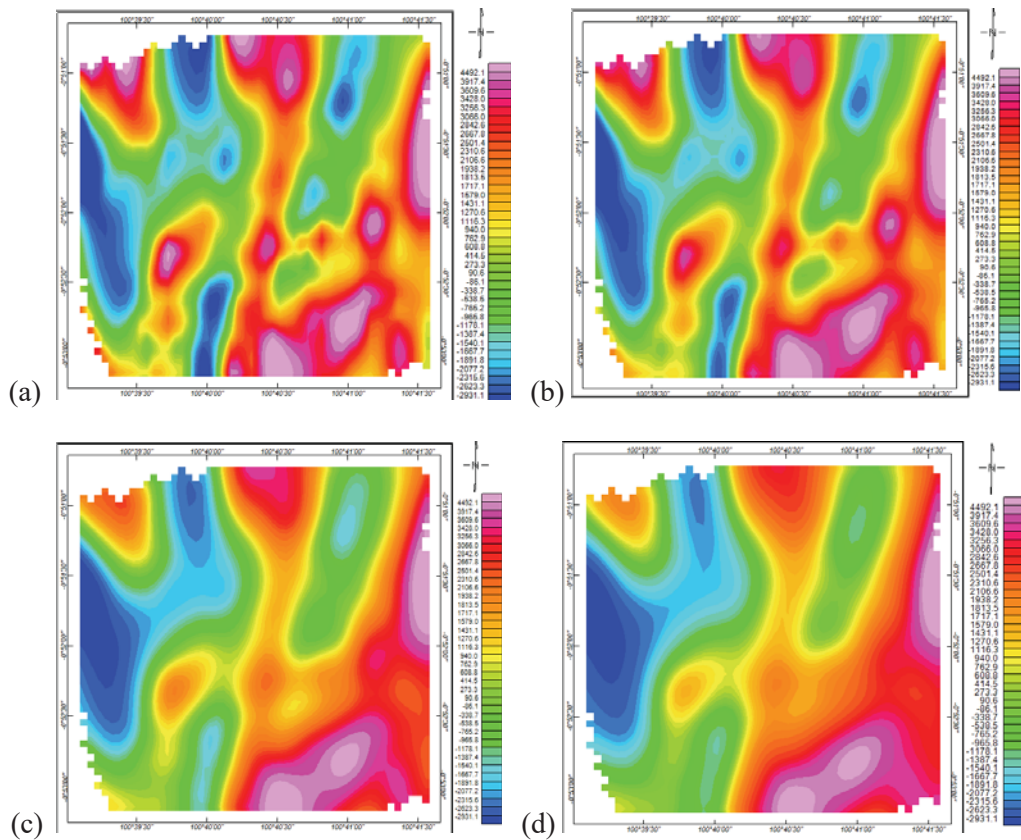
Ketika dilakukan reduksi ke kutub terdapat perbedaan anomali yang sangat signifikan dibandingkan dengan anomali magnetik yang belum dikoreksi dengan reduksi terhadap kutub dapat dilihat pada Gambar 3. Reduksi ke kutub dilakukan dengan mengubah parameter medan magnet yang terdapat pada daerah penelitian dengan nilai rata-rata deklinasi -0.135889° dan inklinasi -18.6739° menjadi 0° dan 90° . Pada peta kontur anomali terlihat bahwa nilai magnetik menjadi lebih tinggi, yaitu berkisar antara -3487,4 nT - 5066,5 nT yang mengindikasikan adanya penguatan nilai magnetik. Penguatan nilai magnetik terjadi setelah dilakukan reduksi terhadap kutub. Nilai anomali magnetik yang negatif mulai dinormalisasi karena pengaruh inklinasi telah dihilangkan dan deklinasi menjadi 90° , sehingga daerah yang tadinya negatif diperkuat menjadi positif.



Gambar 3 Peta kontur anomali magnetik hasil reduksi ke kutub

Pada Gambar 3 terlihat bahwa intensitas anomali magnetik yang tinggi dominan berada di bagian selatan dan utara daerah penelitian dengan nilai berkisar antara 1960,1 - 5066,5 nT. Intensitas anomali magnetik dengan nilai sedang tersebar di bagian tengah daerah penelitian dengan nilai berkisar antara -1247,1 - 1818,7 nT. Intensitas anomali magnetik rendah tersebar dari bagian utara daerah penelitian ke arah selatan dan juga pada bagian tepi daerah penelitian di bagian barat dengan nilai berkisar antara -3487,4 - -1441,9 nT. Anomali magnetik hasil reduksi ke kutub merupakan gabungan antara anomali magnetik regional dan anomali magnetik. Tujuannya untuk menginterpretasi kondisi lapisan bawah permukaan yang menjadi penyebab anomali secara keseluruhan. Pengangkatan dilakukan

pada ketinggian 50 m, 100 m, 200 m, dan 300 m, sehingga perbedaan anomali magnetik regional pada tiap ketinggian dapat terlihat jelas seperti pada Gambar 4.



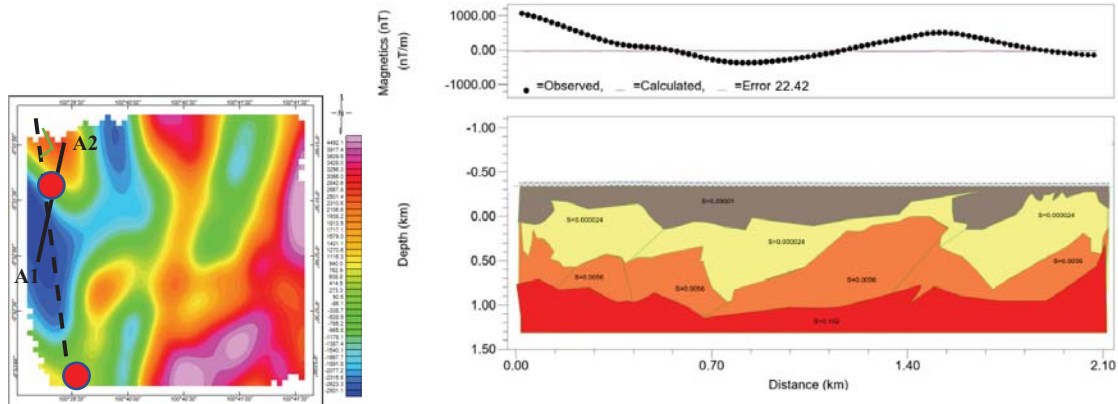
Gambar 4 Peta kontur hasil kontinuasi ke atas ketinggian (a) 50 m (b) 100 m (c) 200 m (d) 300 m

Anomali magnetik yang digunakan untuk menginterpretasikan indikasi potensi panas bumi adalah anomali magnetik regional. Untuk mengurangi pengaruh anomali magnetik lokal dan mendominasi anomali magnetik regional pada peta kontur, maka perlu dilakukan kontinuasi ke atas. Pengangkatan dilakukan pada ketinggian 50 m, 100 m, 200 m, dan 300 m agar perbedaan anomali magnetik regional daerah penelitian pada setiap ketinggian dapat terlihat pada saat penerapan kontinuasi ke atas seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4. Dari Gambar 4a terlihat bahwa untuk hasil kontinuasi ke atas dengan ketinggian 50 m, anomali magnetik terlihat sama dan tidak memiliki perbedaan yang terlalu jauh dengan kontur anomali magnetik hasil reduksi ke kutub. Dengan kata lain pengangkatan pada ketinggian 50 m masih menunjukkan pengaruh anomali lokal. Ketika diangkat hingga ketinggian 100 m (Gambar 4b), nilai anomali magnetiknya lebih kecil dibandingkan dengan nilai reduksi ke kutub. Peta kontur kontinuasi ke atas 200 m (Gambar 4c) menunjukkan anomali regional dan lokal sudah terpisah dan kontur anomali magnetiknya juga lebih halus dibandingkan dengan ketinggian 50 m dan 100 m. Proses kontinuasi ke atas dengan ketinggian 300 m (Gambar 4d) memiliki perubahan kontur anomali magnetik yang sudah tidak terlihat signifikan karena pengaruh anomali lokal yang bersumber dari batuan atau sudah terlihat efek regional yang dominan. Pengaruh efek anomali kedalaman dangkal pada kontur anomali magnetik yang sudah dihilangkan, sehingga anomali magnetik lokal pada peta kontur sudah tidak terlihat lagi.

3.2 Pemodelan Dua Dimensi

Proses kontinuasi dengan ketinggian 200 m dipilih untuk proses pemodelan 2D karena menunjukkan pemisahan yang jelas antara anomali magnetik regional dan anomali lokal. Pada peta kontur ini kemudian dibuat sayatan berupa garis hitam dan lokasi sesar berupa garis putus-putus. Sayatan tersebut digunakan untuk melihat bentuk lapisan dan jenis batuan yang teridentifikasi di bawah permukaan. Data dari sayatan tersebut kemudian digunakan sebagai input untuk pemodelan, berupa data topografi dan nilai anomali, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5a. Sayatan tersebut diberi nama A1-A2 dan memotong pola kontur positif tertinggi dan pola kontur negatif terendah dengan panjang

lintasan 2100 meter. Sayatan A1-A2 juga berdekatan dengan Sesar Batu Bajaran yang ditunjukkan oleh garis putus-putus pada Gambar 5a yang didukung oleh data geologi berupa peta geologi. Pemodelan sayatan A-A dilakukan dengan perangkat lunak Oasis Montaj. Parameter yang digunakan pada pemodelan ini adalah nilai IGRF sebesar 42944.32 nT, sudut inklinasi -18.673 derajat, sudut deklinasi -0.135 derajat dan panjang lintasan 2100 m. Kemudian sayatan tersebut akan membentuk penampang model 2 dimensi bawah permukaan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5b.



Gambar 5 (a) Sayatan A1-A2 pada peta kontur hasil kontinuasi ke atas 200 m (b) Model bawah permukaan 2D pada sayatan A1-A2

Berdasarkan Gambar 5b dapat dilihat bahwa model bawah permukaan pada penampang A-A terdiri dari 4 jenis lapisan dengan nilai suseptibilitas magnetik yang berbeda-beda. Interpretasi hasil sayatan A1-A2 dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Interpretasi hasil model penampang lintang A-A

Geometri Anomali	Kedalaman (m)	Suseptibilitas Magnetik (SI)	Interpretasi Lapisan Batuan
Lapisan 1	300	0,000010	Alluvium (lempung, tanah liat, pasir, dll.)
Lapisan 2	300-800	0,000024	Piroklastik (tuf, breksi vulkanik)
Lapisan 3	800-1400	0,005600	Metamorf (sedimen, gamping)
Lapisan 4	1400-1800	0,102000	Andesit Basaltik

Lapisan pertama (warna abu-abu) memiliki nilai suseptibilitas sebesar 0,00001 SI dengan kedalaman lapisan rata-rata \pm 300 meter. Berdasarkan nilai suseptibilitas lapisan pertama ini dapat diinterpretasikan sebagai endapan permukaan berupa pasir, kapur, dan lempung. Secara geologi, lapisan ini diinterpretasikan sebagai lapisan alluvium (KESDM, 2022). Lapisan kedua (warna kuning) memiliki nilai suseptibilitas sebesar 0,000024 SI dengan ketebalan lapisan rata-rata \pm 500 meter. Berdasarkan nilai suseptibilitasnya diinterpretasikan sebagai breksi vulkanik. Secara geologi, lapisan ini diidentifikasi sebagai endapan aliran lava, dan tufa yang tersusun atas debu vulkanik yang merupakan produk erupsi Gunung Talang (KESDM, 2022). Lapisan ketiga (oranye) memiliki nilai suseptibilitas sebesar 0,0056 SI dengan ketebalan rata-rata \pm 600 meter. Berdasarkan nilai suseptibilitasnya diinterpretasikan sebagai batuan metamorf. Secara geologi, lapisan ini teridentifikasi sebagai batu gamping konglomerat dan batu gamping batu pasir (KESDM, 2022). Lapisan keempat (warna merah) memiliki nilai suseptibilitas sebesar 0,102 SI dengan ketebalan rata-rata \pm 400 meter. Berdasarkan nilai suseptibilitasnya, lapisan ini dapat diinterpretasikan sebagai batuan beku andesit yang merupakan batuan beku ekstrusif vulkanik yang berasal dari pembekuan magma (KESDM, 2022). Secara geologi, lapisan ini diidentifikasi sebagai batuan andesit basaltik seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1 (Silitonga dan Kastowo, 2007).

IV. KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan pola sebaran anomali magnetik yang rendah tersebar di bagian barat laut dan selatan daerah penelitian berkisar antara -1252,8 nT hingga 2969,4 nT. Hal ini disebabkan

adanya sumber panas dan demagnetisasi batuan akibat pengaruh sumber panas bumi dari bawah permukaan. Pemodelan struktur bawah permukaan pada sayatan A-A dapat menggambarkan lapisan formasi batuan dan sistem panas bumi di daerah penelitian. Hasil pemodelan struktur bawah permukaan panas bumi dibagi menjadi 3 bagian, yaitu formasi batuan alluvium pada lapisan atas sebagai lapisan *caprock*, formasi breksi vulkanik dan batuan piroklastik sebagai lapisan reservoir tempat mengalirnya fluida panas, dan yang terakhir adalah formasi batuan beku basal sebagai lapisan *hotrock* atau lapisan formasi batuan yang menjadi sumber panas sistem panas bumi di daerah penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Blakely, R. J. (1996). *Potential Theory In Gravity And Magnetic Applications*. Cambridge University Pres, Australia.
- Broto, S., and Putranto, T. T. (2011). Aplikasi Metode Geomagnet Dalam Eksplorasi Panasbumi. *Teknik*, 32(1), 0852–1697.
- Gunawan, I., Windarta, J., and Harmoko, U. (2021). Overview Potensi Panas Bumi di Provinsi Jawa Barat. *Jurnal Energi Baru dan Terbarukan*, 2(2), 60–73. <https://doi.org/10.14710/jebt.2021.11072>
- Hidayati, N., Arman, Y., and Zulfian. (2022). Identifikasi Struktur Bawah Permukaan Daerah Panas Bumi dengan Metode Magnetik di Daerah Tarutung Bagian Selatan dan Sekitarnya, Provinsi Sumatera Utara. *Prisma Fisika*, 10(2), 206–213.
- KESDM, 2022, Peta Geologi Lembar Solok, Sumatera, <https://geologi.esdm.go.id/geomap/pages/preview/peta-geologi-lembar-solok-sumatera/>
- Maubana, W. M., Maryanto, S., Wahyu Utami, I., and Nadir, A. (2019). Reservoir Magnetic Anomaly at Geothermal Area of Mount Pandan, East Java, Indonesia. *International Journal of Renewable Energy Research*, 9(2), 887–892.
- Maulidan, I. F., Marzuki, M., and Putra, A. (2022). Identification of Fault Structure in the Vicinity of Bukik Gadang Hot Spring Mount Talang Subdistrict Using Geomagnetic Method. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 8(4), 2150–2156. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v8i4.1962>
- Maulidan, I. F., Tri Suci, R., Mahendra, A., and Putra, A. (2021). Interpretation of Subsurface Structure Based on the Magnetic Data at Semurup Geothermal Area Kerinci. *Jurnal Ilmu Fisika UNAND*, 13(2), 101–108. <https://doi.org/10.25077/jif.13.2.101-108.2021>
- Munandar, A., Suhanto, E., Kusnadi, D., Idral, A., and Solaviah, M. (2003). Penyelidikan Terpadu Daerah Panas Bumi Gunung Talang Kabupaten Solok-Sumatera Barat. *Kolokium Hasil Kegiatan Inventarisasi Sumber Daya Mineral*.
- Putra, A., Hidayat, H., Puryanti, D., and Maulidan, I. F. (2021). Subsurface View of Mount Talang Area Based On Magnetic Data as A Preliminary Geothermal Prospective. *Jurnal Fisika UNAND*, 10(1), 48–54. <https://doi.org/10.25077/jfu.10.1.48-54.2021>
- Putriyana, L., and Soekarno, H. (2020). Numerical Modelling Of Geothermal Reservoir In Gunung Talang, West Sumatera, Indonesia. *Riset Geologi dan Pertambangan*, 30(1), 11. <https://doi.org/10.14203/risetgeotam2020.v30.1058>
- Refiani, S. A., Pohan, A. F., and Putra, A. (2023). Interpretasi Sebaran Anomali Magnetik di Daerah Prospek Panas Bumi Sumani, Sumatera Barat. *Jurnal Fisika UNAND*, 12(3), 388–394.
- Silitonga, P. H., and Kastowo. (2007). Peta Geologi Lembar Solok, Sumatera. ESDM. <https://geologi.esdm.go.id/geomap/pages/preview/peta-geologi-lembar-solok-sumatera/>
- Sirait, R. (2021). Analisis Anomali Magnetik dalam Penentuan Struktur Geologi dan Litologi Bawah Permukaan sebagai Manifestasi Panas Bumi Di Panyabungan Selatan Sumatera Utara. *Jurnal Fisika Flux: Jurnal Ilmiah Fisika FMIPA Universitas Lambung Mangkurat*, 18(2), 83–92. <https://doi.org/10.20527/flux.v18i2.7402>
- Telford, M. W., Geldart, L. P., and Sheriff, R. E. (1990). *Telford-Geldart-Sheriff-Applied-Geophysics* (2 ed., Vol. 2). Cambridge University Pres, Australia.