# STUDI BAWAH PERMUKAAN DESA BABULANG KECAMATAN KALIANDA LAMPUNG SELATAN BERDASARKAN DATA MAGNETIK DAN ANALISIS *HORIZONTAL TILT ANGLE* (TDX)

**Purwaditya Nugraha[1], Feri Irawan[1], dan Misbahul Muchtar[1],**
[1]Teknik Geofisika, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sumatera
e-mail : purwaditya.nugraha@tg.itera.ac.id

**Abstrak.** Gunung Rajabasa di Lampung Selatan merupakan salah satu gunung berapi aktif yang ada di bagian selatan pulau Sumatra sehingga memiliki potensi geotermal yang cukup besar untuk dikembangkan. Identifikasi panas bumi menggunakan metode geomagnetik di Gunung Rajabasa dilakukan di sekitar Desa Babulang Kecamatan kalianda Lampung Selatan yang berlokasi di sebelah utara puncak Gunung Rajabasa. Sebanyak 80 data geomagnetik dianalisis dengan menggunakan reduksi ke kutub dan *horizontal tilt angle* (TDX). Hasil reduksi ke kutub memberikan informasi mengenai kondisi bawah permukaan dengan nilai anomali magnetik menguat ke arah selatan yang diindikasikan adanya produk vulkanik yang tebal di sebelah selatan penelitian sedangkan hasil analisis TDX menunjukan anomali magnetik pada kedalaman dangkal. Peta anomali TDX menunjukan adanya kontak antara lapisan yang memiliki suseptibilitas yang tinggi dan rendah dengan sangat jelas pada kedalaman dangkal. Pada penelitian ini dilakukan juga pemodelan kedepan dengan identifikasi kedalaman basement berada pada kedalaman sekitar 0,6 km disusul lapisan breksi vulkanik sekitar 0,2 km dan dipermukaan terdapat lapisan endapan vulkanik berupa batu pasir.
**Kata Kunci:** Geomagnetik, TDX, Suseptibilitas.

***Abstract.*** *Mount Rajabasa in South Lampung is one of the active volcanoes in the Southern part of Sumatra Island so it has quite a large geothermal potential to be developed. Geothermal identification using the geomagnetic method on Mount Rajabasa was carried out around Babulang Village, Kalianda District, South Lampung which is located north of the peak of Mount Rajabasa. A total of 80 geomagnetic data were analyzed using reduce to pole and horizontal tilt angle (TDX). The reduction to pole result provides information on the subsurface condition with magnetic anomaly value strengthening to the south, indicating the presence of the thick volcanic products to the south of the study. In contrast, the result of the TDX analysis show magnetic anomalies at shallow depth. The TDX anomaly map shows contact between layers with high and low susceptibility clearly at shallow depths. In this study, forward modelling was also carried out with the identification of basement depth at depth of about 0.6 km followed by a volcanic breccia layer of about 0.2 km and on the surface there is a layer of volcanic deposits in the form of sandstone.*
***Keywords:*** *Geomagnetic, TDX, Magnetic Susceptibility*

## PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara yang terletak di cincin api pasifik membuatnya memiliki potensi energi geotermal yang sangat besar. Potensi ini berhubungan erat dengan aktivitas tektonik dan vulkanik yang menghasilkan sumber daya panas bumi di berbagai wilayah di Indonesia (Barber *et al.*, 2005) . Salah satu kawasan yang memiliki potensi geotermal adalah Gunung Api Rajabasa yang terletak di ujung selatan Pulau Sumatera, dengan ketinggian sekitar 1281 meter di atas permukaan laut, Gunung Api Rajabasa merupakan gunung api dengan tipe stratovulkanik yang diketahui memiliki manifestasi panas bumi berupa mata air panas dan di beberapa titik terdapat fomarol (Hochstein and Sudarman, 2008; Haerudin, Despa and Suharno, 2020).

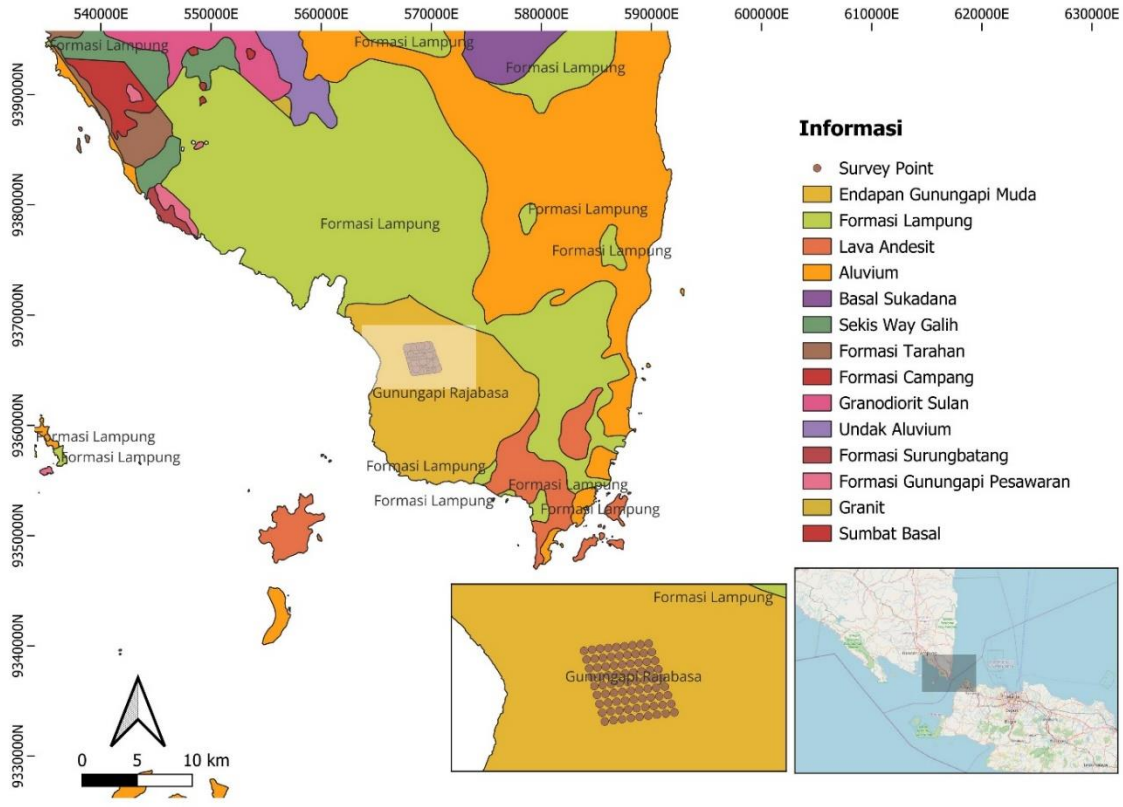
Bagian selatan Pulau Sumatera merupakan kawasan yang sangat dipengaruhi oleh aktivitas tektonik dan vulkanik. Kawasan ini berada di sepanjang zona subduksi di mana lempeng Indo-Australia bergerak menunjam ke bawah lempeng Eurasia dengan kecepatan 6 sampai 7 cm/tahun(Barber *et al.*, 2005). Proses subduksi subduksi ini menciptakan busur vulkanik yang memanjang dari utara ke selatan Sumatera, termasuk Gunung Api Rajabasa sebagai salah satu gunung api aktif di bagian selatan pulau Sumatera (Shamim, Khan and Mohanty, 2019; Huang and Tong, 2024; Li *et al.*, 2024). Aktivitas

DOI : http://dx.doi.org/10.12962/j25023659.v11i1.2381

Artikel Masuk : 16-07-2024 Artikel Diulas 26-07-2024 Artikel Diterima : 17-04-2025

vulkanik Gunung Api Rajabasa menghasilkan mata air panas yang merupakan indikasi adanya sistem panas bumi aktif di bawah permukaan(Bronto *et al.*, 2012). Kombinasi kondisi tektonik dan vulkanik di kawasan Gunung Api Rajabasa menciptakan kondisi yang mendukung keberadaan sistem panas bumi yang dapat dieksplorasi menjadi sumber energi terbarukan (Gede Boy Darmawan, Donny Setijadji and Wintolo, 2015; Darmawan, Rustadi and Karyanto, 2023).

Berdasarkan stratigrafi regional yang merujuk pada lembar geologi Tanjung Karang (Mangga, Andi S., S. Suwarti, T. Amirudin, Gafoer, 1993) urutan stratigrafi di kawasan Sumatera Bagian Selatan terbagi atas beberapa bagian, yaitu Batuan Pra-tersier, Batuan Tersier, Batuan Kuarter, dan Batuan Terobosan. Batuan pra-tersier pada Lembar geologi Tanjung Karang menjelaskan satuan batuan yang terbentuk merupakan satuan batuan malihan yang ditunjukan oleh formasi kompleks gunung kasih dan formasi sekis way galih. Batuan Tersier tersusun oleh batuan yang berasal dari busur magmatik (produk gunung api) dan sedimen yang terendapkan di tepi gunung api dan terendapkan secara luas di sebagian selatan pulau Sumatera. Busur magmatik dan sedimen kemudian membentuk beberapa satuan formasi diantaranya formasi endapan gunung api Rajabasa, formasi Tarahan, formasi campang, formasi surungbatang, dan formasi gunung api pesawaran. Batuan kuarter mengalami aktivitas pembentukan yang dimulai dari pleistosen hingga holosen sehingga menghasilkan satuan batuan yang beraneka ragam berupa produk gunung api, sedimen, hingga endapan permukaan. Pada masa pleistosen terjadi aktivitas vulkanik dan diendapkannya batuan piroklastik secara luas sehingga membentuk formasi lampung dan formasi terbanggi. Batuan terobosan terdiri dari batuan plutonik branti yang diperkirakan berumur 113 sampai 86 juta tahun yang lalu. batuan terobosan tersusun atas satuan batuan granit, diorit dan sekis.




**Gambar 1.** Peta Geologi Lembar Tanjung Karang (modifikasi mangga, 1993)

Secara tatanan geologi, tektonik, dan vulkanik kawasan selatan Sumatera khususnya di kawasan Gunung Api Rajabasa memiliki potensi yang mendukung keberadaan sistem panas bumi (Darmawan, Rustadi and Karyanto, 2023). Identifikasi struktur geologi merupakan langkah penting untuk mengetahui keberadaan sistem panas bumi, hal ini karena struktur geologi memiliki peran utama dalam

DOI : http://dx.doi.org/10.12962/j25023659.v11i1.2381

Artikel Masuk : 16-07-2024 Artikel Diulas 26-07-2024 Artikel Diterima : 17-04-2025

mengalirkan distribusi panas dan fluida ke sistem panas bumi (Hacıoğlu *et al.*, 2020). Identifikasi struktur geologi dapat dilakukan dengan melakukan survei geologi dan geofisika, pada penelitian ini dilakukan pengukuran metode geomagnetik untuk menentukan struktur geologi bawah permukaan yang menjadi potensi keberadaan sistem panas bumi di kawasan Gunung Api Rajabasa.

## METODOLOGI

Metode geomagnetik merupakan salah metode teknik geofisika yang digunakan untuk berbagai macam tujuan identifikasi struktur bawah permukaan bumi (Hinze, von Frese and Saad, 2013; Fagbohun *et al.*, 2025). Salah satu manfaat mengidentifikasi struktur bawah permukaan bumi adalah eksplorasi sumber daya panas bumi. Metode geomagnetik memanfaatkan sifat magnetik batuan di bawah permukaan bumi untuk identifikasi struktur geologi yang berpotensi sebagai reservoir panas bumi. Metode geomagnetik memberikan informasi mengenai distribusi dan karakteristik zona-zona anomali magnet yang berkaitan dengan aktivitas panas bumi, hal ini terjadi dikarenakan sifat material magnet dapat berubah atau menghilang jika dipanaskan. Sumber temperatur tinggi dibawah permukaan bumi dapat diidentifikasi sebagai sumber potensi sumber daya panas bumi (Zhang *et al.*, 2024).

Medan magnet bumi yang dihasilkan oleh inti bumi dapat memengaruhi batuan yang berada di lapisan kerak bumi. Batuan memiliki sifat magnetik yang bergantung pada kandungan mineral magnetiknya, ketika panas bumi memanaskan batuan disekitarnya maka sifat magnetik pada batuan dapat berubah akibat dari demagnetisasi termal (Suttie, Shaw and Hill, 2010). Metode geomagnetik digunakan untuk mendeteksi perubahan medan magnet yang diakibatkan oleh variasi sifat magnetik batuan, terutama batuan yang berada di lapisan kerak bumi. Metode geomagnetik dipilih karena metode ini bersifat non-destruktif sehingga tidak memerlukan pengeboran bawah permukaan, selain itu karena pengukurannya sederhana maka cakupan pengukuran metode geomagnetik cukup luas, sehingga pengukurannya dapat dilakukan dalam waktu yang relatif singkat untuk memetakan wilayah yang luas. Meskipun memiliki beberapa keunggulan metode geomagnetik memiliki kekurangan yaitu ambiguitas dalam melakukan interpretasi, hal ini terjadi karena dalam memodelkan hasil metode geomagnetik dapat memiliki lebih dari satu model yang dapat menghasilkan nilai data perhitungan yang sama kendati demikian kekurangan ini dapat diantisipasi dengan memberikan informasi tambahan dari data geologi baik berupa penampang geologi, informasi penelitian sebelumnya, dan interpretasi hasil stratigrafi.

Data geomagnetik diperoleh dengan melakukan pengukuran langsung di lapangan pada Desember 2023 yang menghasilkan 81 titik pengukuran. Teknik pengukuran lapangan yang digunakan adalah grid seperti pada desain survei yang dapat dilihat pada Gambar 1 dengan jarak antar titik pengukuran berkisar 200 sampai 250 meter. Instrumen yang digunakan adalah magnetometer GEM System GSM-19T dengan menggunakan dua instrumen, yang mana satu instrumen digunakan sebagai *base* sedangkan satu instrumen yang lain digunakan sebagai *rover*. Fungsi dari menempatkan satu instrumen sebagai *base* yaitu bertujuan untuk mengukur variasi medan magnet harian yang disebabkan oleh perubahan medan magnet akibat efek luar bumi seperti badai matahari, sehingga dapat digunakan untuk menghitung efek variasi harian. Satu instrumen yang lain berperan sebagai *rover* yang digunakan untuk mengukur medan magnet di seluruh lokasi penelitian. Data geomagnetik hasil pengukuran masih bersifat mentah sehingga perlu dilakukan koreksi untuk menghilangkan efek magnetik harian dan efek referensi medan magnetik atau *international geomagnetic reference field* (IGRF). Dalam proses pengukuran medan geomagnetik perlu dipertimbangkan tingkat akurasi dari instrumen yang digunakan. Penelitian ini menggunakan instrumen magnetometer dengan tingkat akurasi 0,2 nT, nilai ini lebih dari cukup untuk mengidentifikasi struktur geologi bawah permukaan untuk pendugaan potensi panas bumi. Pengukuran posisi dalam penelitian ini juga tidak lepas dari analisis dan pertimbangan. Dalam pengukuran posisi pada penelitian ini menggunakan GPS *Handheld* 64s dengan tingkat akurasi horizontal sekitar 3 sampai 5 meter dan tingkat akurasi vertikal sekitar 5 meter. Tingkat akurasi posisi menggunakan instrumen ini cukup baik dikombinasikan dengan metode geomagnetik karena variasi


DOI : http://dx.doi.org/10.12962/j25023659.v11i1.2381
Artikel Masuk : 16-07-2024 Artikel Diulas 26-07-2024 Artikel Diterima : 17-04-2025

spasial metode magnetik relatif besar, sehingga nilai akurasi yang dimiliki oleh instrumen yang digunakan sudah cukup baik.

Sifat medan magnet memiliki karakteristik dipol atau memiliki dua kutub yang berlawanan, begitupun juga nilai medan geomagnetik yang diukur pada penelitian ini. Hal ini terjadi karena lokasi penelitian terletak di posisi inklinasi -28,4 dan deklinasi 0.4. Meskipun sudah melalui porses koreksi, baik koreksi harian dan koreksi IGRF, sifat magnet akan tetap melekat pada data geomagnetik, karena koreksi data hanya menghilangkan efek magnetik yang tidak diperlukan dan tidak mengubah sifat magnetik dari data. Dampak yang ditimbulkan dari medan magnet bersifat dipol yaitu membuat data geomagnetik sulit untuk diintepretasikan karena untuk satu sumber anomali medan magnet dapat menghasikan dua puncak anomali medan magnet. Oleh sebab itu diperlukan teknik atau cara untuk membuat data geomagnetik yang bersifat dipol atau memiliki dua kutub menjadi monopol atau memiliki satu kutub. Salah satu teknik yang sering digunakan untuk mengubah data geomagnetik dipol menjadi monopol adalah filter *reduce to pole* atau reduksi ke kutub (Stewart, 2019). Reduksi ke kutub mengubah nilai inklinasi dan deklinasi daerah penelitian menjadi 90 derajat dan 0 derajat. Pada penelitian ini filter reduksi ke kutub digunakan untuk mempermudah proses interpretasi data geomagnetik.

Tahap interpretasi geomagnetik merupakan salah satu tahap krusial dalam analisis data geomagnetik. Target dalam penelitian ini yaitu identifikasi struktur bawah permukaan bumi yang menjadi potensi panas bumi di bawah permukaan. Namun lebih spesifik, struktur yang akan di indentifikasi adalah struktur dangkal di bawah permukaan seperti persebaran lapisan magnet dan struktur patahan dangkal. Oleh karena itu data geomagnetik perlu dilakukan filter untuk dapat memunculkan anomali dangkal dari daerah penelitian. Salah satu filter yang dapat memunculkan anomali dangkal adalah filter *Tilt Derivative Angle* (TDX) (Wang, Pan and Qiu, 2009; Ting-Jie *et al.*, 2016; Eldosouky *et al.*, 2020). Filter TDX merupakan filter yang bersifat *high pass filter* sehingga luaran dari filter ini adalah data geomagnetik dengan frekuensi tinggi(Eldosouky *et al.*, 2020). Anomali frekuensi tinggi adalah anomali yang berasosiasi dengan sumber pada kedalaman dangkal dan berukuran kecil. Sehingga dengan menerapkan filter TDX pada data geomagnetik maka akan memunculkan nilai anomali data geomagnetik pada kedalaman dangkal.

Implementasi pemodelan kedepan 2,5D (YAO and CHANGLI, 2007) dilakukan pada penelitian ini dengan tujuan menduga lapisan dan struktur geologi yang terdapat di area penllitian. Pemodelan kedepan dilakukan dengan menggunakan modul GM-SYS dari perangkat lunak Oasis Montaj. Pemodelan 2,5D merupakan pemodelan geofisika secara 2D dengan panjang *body anomaly* dibatasi. Pada penellitian ini panjang *body anomaly* dibatasi sampai 100 m, hal ini dipilih karena formasi geologi daerah penelitian yang bersifat homogen, selain itu untuk meminimalisis efek regional pada kalkulasi proses pemodelan kedepan.

Filter, teknik, dan proses yang digunakan dilakukan di program studi teknik geofisika Institut Teknologi Sumatera.

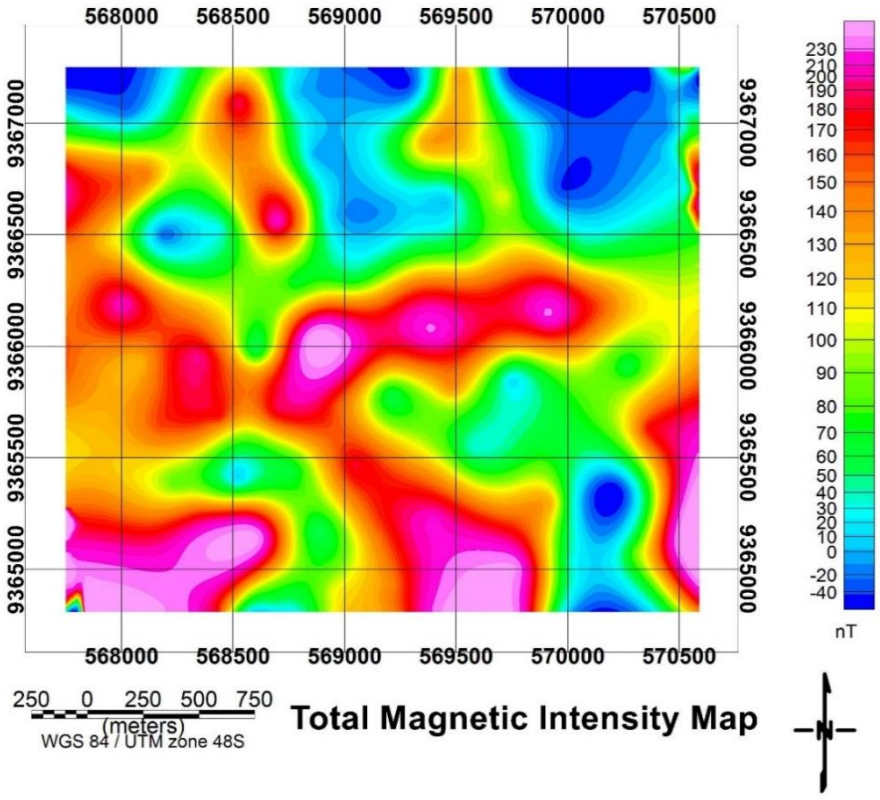
## HASIL DAN PEMBAHASAN

Data hasil pengukuran medan geomagnetik yang sudah dilakukan proses pengolahan, diantaranya koreksi harian dan koreki IGRF dihasilkan intensitas magnet total (IMT). Nilai IMT kemudian dilakukan *gridding* sehingga menghasilkan peta IMT. Peta IMT pada Gambar 2 menampilkan persebaran nilai magnetik di daerah penelitian. Rentang nilai magnetik berkisar dari -40 sampai 230 nT. Terlihat *trend* nilai magnetik tinggi berada posisi barat daya sedangkan nilai magnetik rendah berada di posisi timur laut. *Trend* ini menunjukan adanya lapisan batuan magnetik tinggi disebelah barat daya sedangkan lapisan batuan magnetik rendah di sebelah timur laut. Lapisan batuan dengan nilai magnetik tinggi diduga merupakan batuan yang dekat dengan sumber panas bumi sehingga sudah mulai terdampak demagnetisasi akibat panas bumi, sedangkan lapisan batuan dengan nilai


DOI : http://dx.doi.org/10.12962/j25023659.v11i1.2381
Artikel Masuk : 16-07-2024 Artikel Diulas 26-07-2024 Artikel Diterima : 17-04-2025

magnetik rendah diduga merupakan lapisan batuan yang belum terdampak demagnetisasi akibat jauh dari sumber panas bumi. Fenomena magnetik dipol juga terlihat pada peta instensitas magnet total, terlihat terdapat pola kontur tinggi yang di dampingi dengan keberadaan kontur rendah, hal ini menunjukan fenomena dipol dimana untuk satu sumber anomali magnet memiliki kutub positif dan negatif.

Peta IMT yang ditampilkan pada Gambar 2 merupakan data magnetik yang bersifat dipol. Nilai inklinasi sebesar -28,4 dan deklinasi sebesai 0,4 membuat peta IMT sulit untuk diinterpretasikan sehingga pada penelitian ini dilakukan reduksi ke kutub. Hsil reduksi ke kutub merupakan peta IMT yang sudah di transformasikan ke dalam monopol atau satu kutub, yaitu dengan nilai inklinasi 90 dan nilai deklinasi 0. Hasil reduksi ke kutub membuat satu sumber anomali hanya menghasilkan satu respon anomali yang dapat dilihat pada Gambar 3.

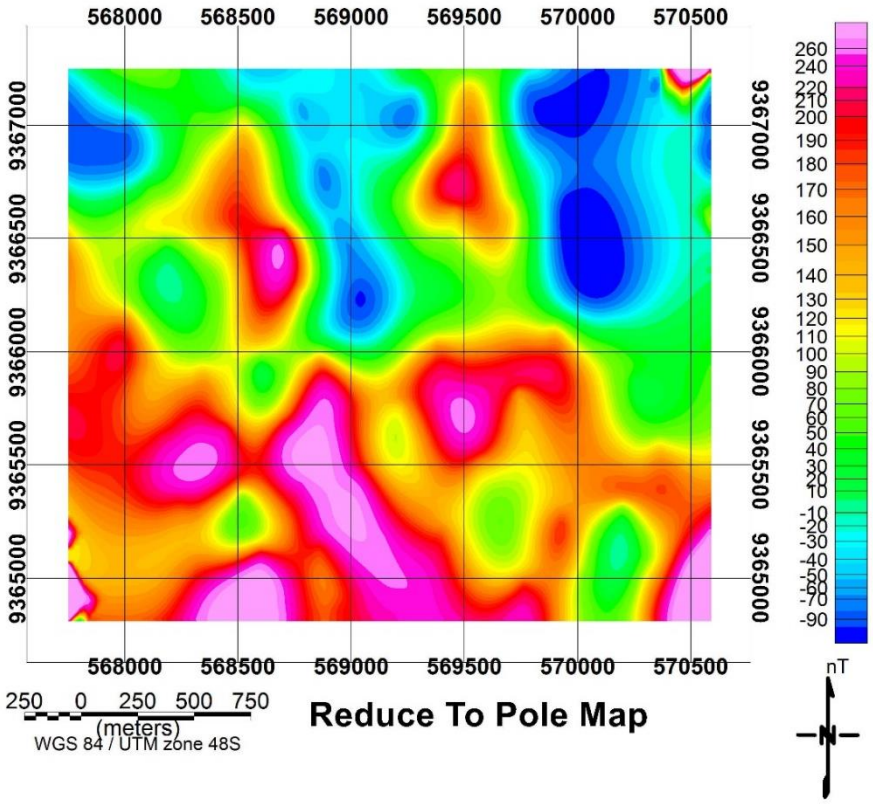



**Gambar 2.** Peta Intensitas Magnet Total (IMT)

Peta IMT yang sudah mengalami reduksi ke kutub atau *reduce to pole* (RTP) memberikan hasil yang lebih representatif mengenai sumber anomali magnetik di bawah permukaan tanah. Proses ini mengubah anomali magnetik ke posisi vertikal yang tepat di atas sumbernya dengan mengubah sudut inklinasi dan deklinasi. Pola anomali magnetik hasil RTP ini mencerminkan adanya perbedaan sifat magnetik antara batuan di bawah permukaan yang sudah tidak terpengaruh oleh sudut deklinasi dan inklinasi. Anomali positif dapat diindikasikan sebagai batuan dengan mineral magnetik cukup tinggi, seperti batuan intrusif atau batuan basalt. Sebaliknya, nilai anomali negatif diindikasikan dengan batuan dengan sifat magnetik rendah seperti sedimen atau batuan felsik. Anomali magnetik hasil RTP yang dihasilkan mencirikan batuan yang bersifat magnetik tinggi di sebelah barat daya sedangkan batuan dengan sifat magnetik rendah berada di sebelah timur laut. *Tren* nilai anomali magnetik tinggi berada di sebelah barat daya diduga lapisan batuan merupakan batuan vulkanik muda yang bersifat magnetik karena posisinya yang dekat dengan puncak dari gunung Rajabasa, sedangkan *tren* anomali magnetik rendah yang berada di timur laut diduga lapisan batuan yang bersifat non-vulkanik sehingga lapisan


DOI : http://dx.doi.org/10.12962/j25023659.v11i1.2381
Artikel Masuk : 16-07-2024 Artikel Diulas 26-07-2024 Artikel Diterima : 17-04-2025

batuan tidak bersifat magnetik. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjur mengenai sumber batuan non-vulkanik tetapi data hasil penelitian ini menunjukkan *tren* yang terlihat pada Gambar 3. Analisis lanjutan yang dilakukan pada penelitian ini adalah mengestimasi kedalaman sumber anomali dengan menggunakan analisis spektral. Analisis spektral dilakukan pada peta anomali magnetik hasil RTP karena memungkinkan estimasi kedalaman sumber anomali menghasilkan hasil yang lebih akurat karena posisi sumber anomali sudah berada di posisi yang tepat dengan pola kontur anomali.

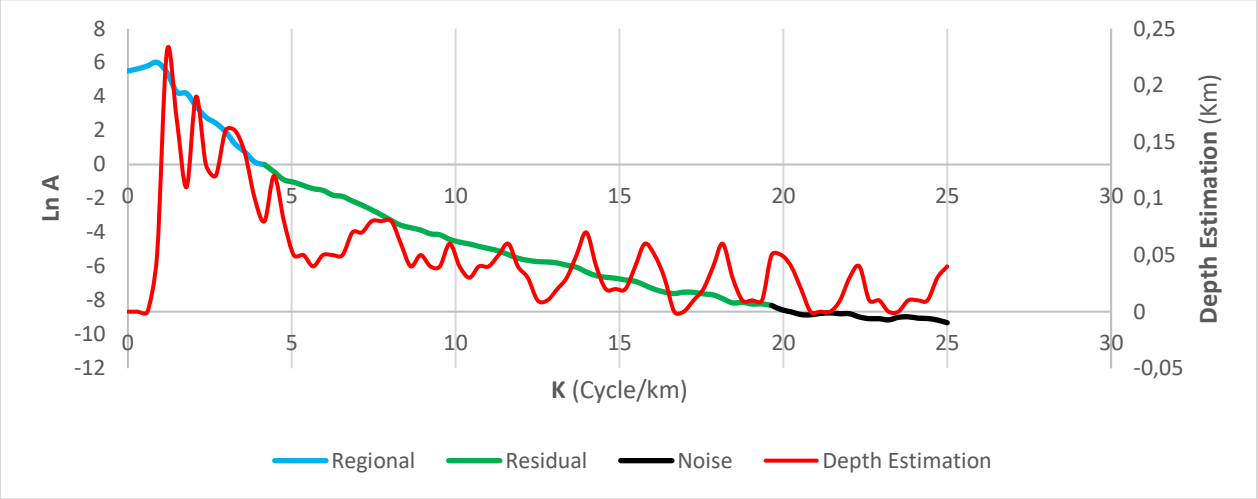



**Gambar 3.** Peta hasil reduksi ke kutub

Peta IMT yang sudah mengalami reduksi ke kutub atau *reduce to pole* (RTP) memberikan hasil yang lebih representatif mengenai sumber anomali magnetik di bawah permukaan tanah. Proses ini mengubah anomali magnetik ke posisi vertikal yang tepat di atas sumbernya dengan mengubah sudut inklinasi dan deklinasi. Pola anomali magnetik hasil RTP ini mencerminkan adanya perbedaan sifat magnetik antara batuan di bawah permukaan yang sudah tidak terpengaruh oleh sudut deklinasi dan inklinasi. Anomali positif dapat diindikasikan sebagai batuan dengan mineral magnetik cukup tinggi, seperti batuan intrusif atau batuan basalt. Sebaliknya, nilai anomali negatif diindikasikan dengan batuan dengan sifat magnetik rendah seperti sedimen atau batuan felsik. Anomali magnetik hasil RTP yang dihasilkan mencirikan batuan yang bersifat magnetik tinggi di sebelah barat daya sedangkan batuan dengan sifat magnetik rendah berada di sebelah timur laut. *Tren* nilai anomali magnetik tinggi berada di sebelah barat daya diduga lapisan batuan merupakan batuan vulkanik muda yang bersifat magnetik karena posisinya yang dekat dengan puncak dari gunung Rajabasa, sedangkan *tren* anomali magnetik rendah yang berada di timur laut diduga lapisan batuan yang bersifat non-vulkanik sehingga lapisan batuan tidak bersifat magnetik. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjur mengenai sumber batuan non-vulkanik tetapi data hasil penelitian ini menunjukkan *tren* yang terlihat pada Gambar 3. Analisis lanjutan yang dilakukan pada penelitian ini adalah mengestimasi kedalaman sumber anomali dengan menggunakan analisis spektral. Analisis spektral dilakukan pada peta anomali magnetik hasil RTP


DOI : http://dx.doi.org/10.12962/j25023659.v11i1.2381
Artikel Masuk : 16-07-2024 Artikel Diulas 26-07-2024 Artikel Diterima : 17-04-2025

karena memungkinkan estimasi kedalaman sumber anomali menghasilkan hasil yang lebih akurat karena posisi sumber anomali sudah berada di posisi yang tepat dengan pola kontur anomali.




**Gambar 4.** Analisis Spektral dan Estimasi kedalaman dari peta Anomali Magnetik RTP. Sumbu sebelah kiri merupakan sumbu amplitudo spektrum. Sumbu sebelah kanan merupakan sumbu estimasi kedalaman.

Pengolahan lanjutan analisis spektral mendapatkan dua hasil yaitu kurva spektral dan kurva estimasi kedalaman. Kurva spektral merupakan kurva magnetik dalam domain bilangan gelombang. Kurva spektral didapatkan dengan melakukan transformasi Fourier pada data magnetik RTP. Hasil kurva analisis spektral diklasifikasi berdasarkan nilai bilangan gelombang (k), kurva pada bilangan gelombang rendah diklasifikasikan sebagai anomali regional, bilangan gelombang menengah diklasifikasikan sebagai anomali residual dan bilangan gelombang rendah sebagai derau atau *noise.* Hasil berikutnya adalah kurva estimasi kedalaman. Kurva ini didapatkan dengan melakukan kalkulasi dengan persamaan

$$Depth = \frac{Slope}{4\pi}$$

Didapatkan rentang kedalaman anomali berkisar 0,25 km sampai 0,05 km.

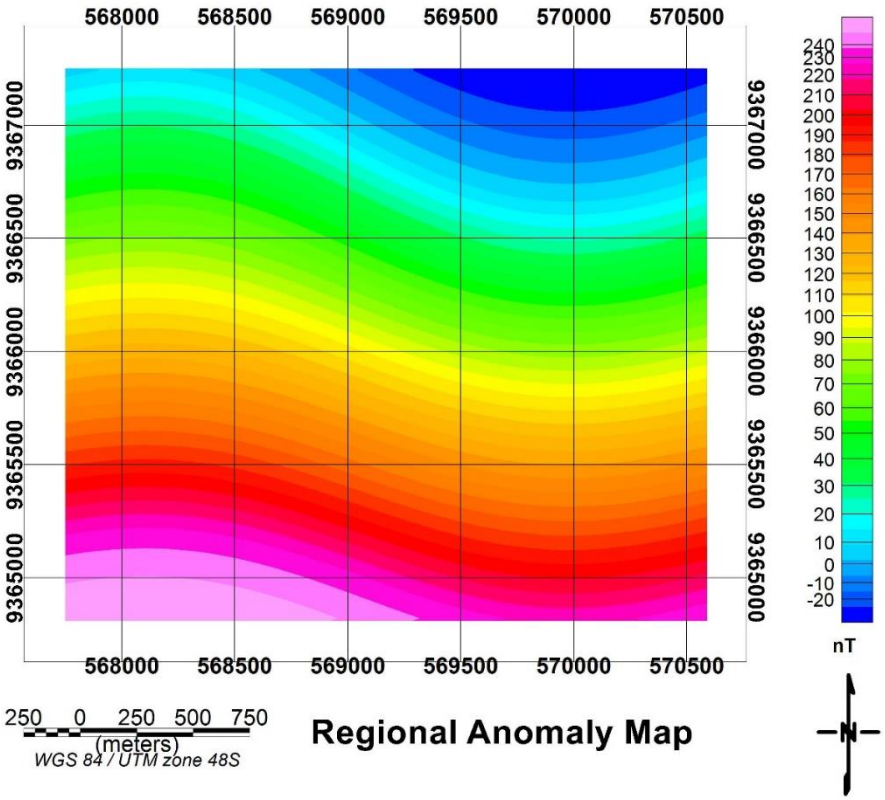
Hasil analisis spektral yang menghasilkan tiga jenis rentang bilangan gelombang anomali magnetik RTP yaitu anomali regional, anomali residual, dan derau. Rentang bilangan gelombang regional dimulai dari nilai 0 sampai 4,9 cycle/km, rentang bilangan gelombang residual dimulai dari 5 sampai 17 cycle/km, dan rentang derau diatas 18 cycle/km. Rentang bilangan gelombang regional, residual, dan derau digunakan sabagai titik potong untuk melakukan filter pada data geomagnetik RTP sehingga menghasilkan anomali regional dan anomali residual. Anomali regional merupakan anomali dengan bilangan gelombang rendah yang mana anomali rendah berasosiasi dengan sumber anomali dalam, sedangkan anomali residual merupakan anomali dengan bilangan gelombang menengah yang mana anomali menengah berasosiasi dengan sumber anomali dangkal, sedangkan rentang bilangan gelombang derau merupakan anomali yang berasosiasi pada sumber anomali yang sangat kecil dan sangat dangkal.

Berdasarkan hasil analisis spektral yang menghasilkan batas rentang jenis anomali regional dan anomali residual maka rentang bilangan gelombang tersebut digunakan untuk melakukan filter peta anomali magnetik RTP untuk menghasilkan peta anomali regional dan peta anomali residual. Rentang bilangan gelombang regional digunakan untuk menghasilkan peta anonali regional. Hasil peta anomali regional dapat dilihat pada Gambar 5. Peta anomali regional merupakan peta anomali magnetik yang bersumber dari sumber anomali pada kedalaman yang dalam, berdasarkan analisis spektral dan estimasi

DOI : http://dx.doi.org/10.12962/j25023659.v11i1.2381

Artikel Masuk : 16-07-2024 Artikel Diulas 26-07-2024 Artikel Diterima : 17-04-2025

kedalaman, anomali regional memiliki rentang kedalaman dari 0,15 km sampai 0.25 km. *Tren* pada peta anomali regional memiliki pola anomali rendah di utara dan anomali tinggi di selatan, hal ini diindikasikan keberadaan lapisan dengan mineral magnetik tinggi berada di selatan dan lapisan dengan mineral magnetik rendah berada di utara. Rentang bilangan gelombang residual digunakan untuk menghasilkan peta anomali residual. Hasil peta anomali residual dapat dilihat pada Gambar 6. Peta anomali residual merupakan peta anomali megnetik yang bersumber dari sumber anomali pada kedalaman yang dangkal, berdasarkan analisis spektral dan estimasi kedalaman, anomali residual memiliki rentang kedalaman 0,05 km sampai 0.15 km. Berbeda dengan peta anomali regional yang memiliki pola kontur terstruktur dan homogen dari anomali rendah sampai anomali tinggi, peta anomali residual memiliki pola kontur yang beragam dan heterogen. Terdapat klosur-klosur bernilai rendah dan klosur-klosur tinggi di beberapa daerah. Klosur ini mengindikasikan sumber anomali bersumber dari kedalaman yang relatif dangkal, sehingga menghasilkan ukuran klosur yang relatif kecil.



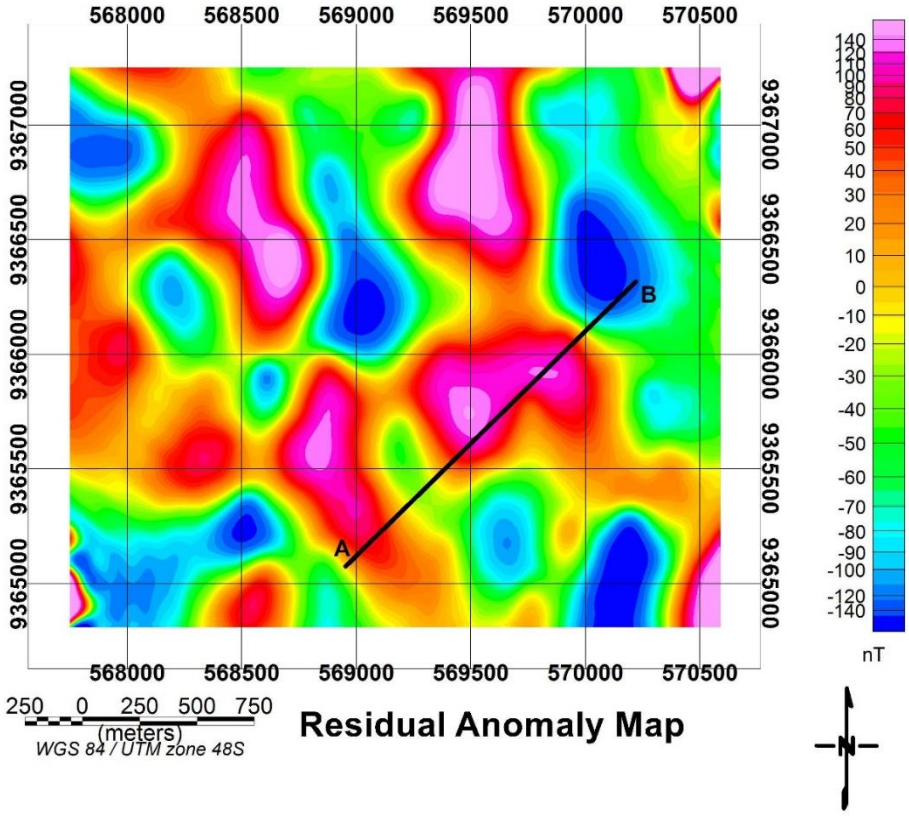

**Gambar 5.** Peta anomali regional

Berdasarkan hasil analisis spektral yang menghasilkan batas rentang jenis anomali regional dan anomali residual maka rentang bilangan gelombang tersebut digunakan untuk melakukan filter peta anomali magnetik RTP untuk menghasilkan peta anomali regional dan peta anomali residual. Rentang bilangan gelombang regional digunakan untuk menghasilkan peta anonali regional. Hasil peta anomali regional dapat dilihat pada Gambar 5. Peta anomali regional merupakan peta anomali magnetik yang bersumber dari sumber anomali pada kedalaman yang dalam, berdasarkan analisis spektral dan estimasi kedalaman, anomali regional memiliki rentang kedalaman dari 0,15 km sampai 0.25 km. *Tren* pada peta anomali regional memiliki pola anomali rendah di utara dan anomali tinggi di selatan, hal ini diindikasikan keberadaan lapisan dengan mineral magnetik tinggi berada di selatan dan lapisan dengan mineral magnetik rendah berada di utara. Rentang bilangan gelombang residual digunakan untuk menghasilkan peta anomali residual. Hasil peta anomali residual dapat dilihat pada Gambar 6. Peta anomali residual merupakan peta anomali megnetik yang bersumber dari sumber anomali pada


DOI : http://dx.doi.org/10.12962/j25023659.v11i1.2381
Artikel Masuk : 16-07-2024 Artikel Diulas 26-07-2024 Artikel Diterima : 17-04-2025

kedalaman yang dangkal, berdasarkan analisis spektral dan estimasi kedalaman, anomali residual memiliki rentang kedalaman 0,05 km sampai 0.15 km. Berbeda dengan peta anomali regional yang memiliki pola kontur terstruktur dan homogen dari anomali rendah sampai anomali tinggi, peta anomali residual memiliki pola kontur yang beragam dan heterogen. Terdapat klosur-klosur bernilai rendah dan klosur-klosur tinggi di beberapa daerah. Klosur ini mengindikasikan sumber anomali bersumber dari kedalaman yang relatif dangkal, sehingga menghasilkan ukuran klosur yang relatif kecil.

Peta anomali residual merupakan peta yang dianalisis untuk menentukan kondisi struktur di bawah permukaan. Anomali ini dipilih karena memberikan cerminan kondisi bawah permukaan yang relatif dangkal, yang mana kemungkinan besar akan memiliki dampak yang signifikan pada kondisi di permukaan. Pada peta anomali residual terdapat kontras anomali yang diidentifikasi sebagai struktur, karena terdapat perbedaan sifat magnetik lapisan bawah permukaan yang sangat signifikan, hal ini hanya terjadi akibat kejadian geologis baik vulkanik maupun tektonik.

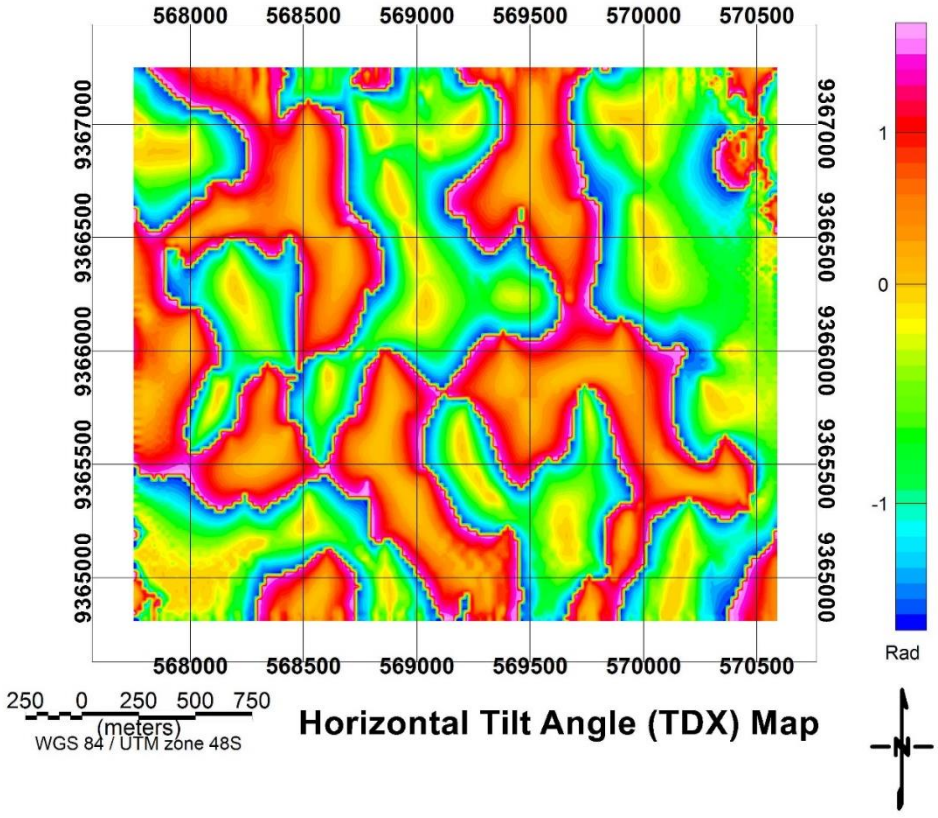



**Gambar 6.** Peta anomali Residual

Oleh karena itu perlu dilakukan pengolahan yang lebih konprehensif dari peta anomali residual supaya mendapatkan hasil yang lebih baik. Pada penlitian ini pengolahan lanjutan yang dilakukan pada peta anomali residual yaitu melakukan filter *tilt derivative angle* (TDX) dan melakukan pemodelan kedepan. TDX merupakan salah satu teknik *edge detection* atau penentuan tepi pada data potensial baik gravitasi maupun magnetik. Dampak dari penggunakan teknik ini adalah dapat memperlihatkan batas kontras anomali bawah permukaan dengan lebih detil, sehingga dapat memudahkan proses interpretasi. Hasil pengolahan TDX dapat dilihat pada Gambar 7. Teknik interpretasi dari hasil pengolahan TDX adalah dengan mengamati nilai anomali yang memiliki nilai maksimum atau yang mendekati. Secara matematis, konsep TDX merupakan konsep fisika dan matematika yang digunakan untuk menentukan kemiringan dan perubahan kemiringan dari suatu permukaan atau bidang. Penerapan teknik TDX pada data magnetik menganggap kemiringan respon anomali dari suatu sumber anomali magnetik adalah batas dari suatu sumber anomali. Meskipun demikian karena terdapat berbagai rentang nilai kemiringan


DOI : http://dx.doi.org/10.12962/j25023659.v11i1.2381
Artikel Masuk : 16-07-2024 Artikel Diulas 26-07-2024 Artikel Diterima : 17-04-2025

dari suatu respon anomali, maka sulit untuk menentukan dimana batas dari suati sumber anomali. Penerapak TDX dalam menentukan kemiringan dari suatu respon anomali menjadi solusi untuk menentukan lokasi kemiringan dari suatu sumber anomali. Hasil TDX dengan nilai maksimum diinterrpetasikan sebagai batas dari sumber anomali. Pada Gambar 7 terlihat terdapat nilai anomali maximum yang ditandai kontur berwarna merah muda pada peta yang menandakan keberdaaan kontak sumber anomali. Keberadaan kontak sumber anomali ini diduga merupakan kontak sumber anomali yang masih memiliki sifat magnetik tinggi dan sumber anomali dengan sifat magnetik rendah. Berdasarkan hasil pengamatan lapangan di beberapa titik yang memiliki nilai anomali rendah, sebagai contoh pada Gambar 6 dengan mengamati pola kontur anomali rendah pada ujung lintasan pemodelan titik B ditemukan keberadaan mata air panas. Keberadaan mata air panas diduga menjadi penyebab lapisan bawah permukaan terjadi proses demagnetisasi yang menyebabkan nilai anomali magnetik menjadi rendah. Hasil tersebut dikonfirmasi dengan peta TDX yang menunjukkan adanya kontak sumber anomali dibawah permukaan, yang mana kontak tersebut adalah kontak antara sumber anomali yang memiliki nilai magnetik tinggi dan sumber anomali yang memiliki nilai magnetik rendah akibat demagnetisasi.

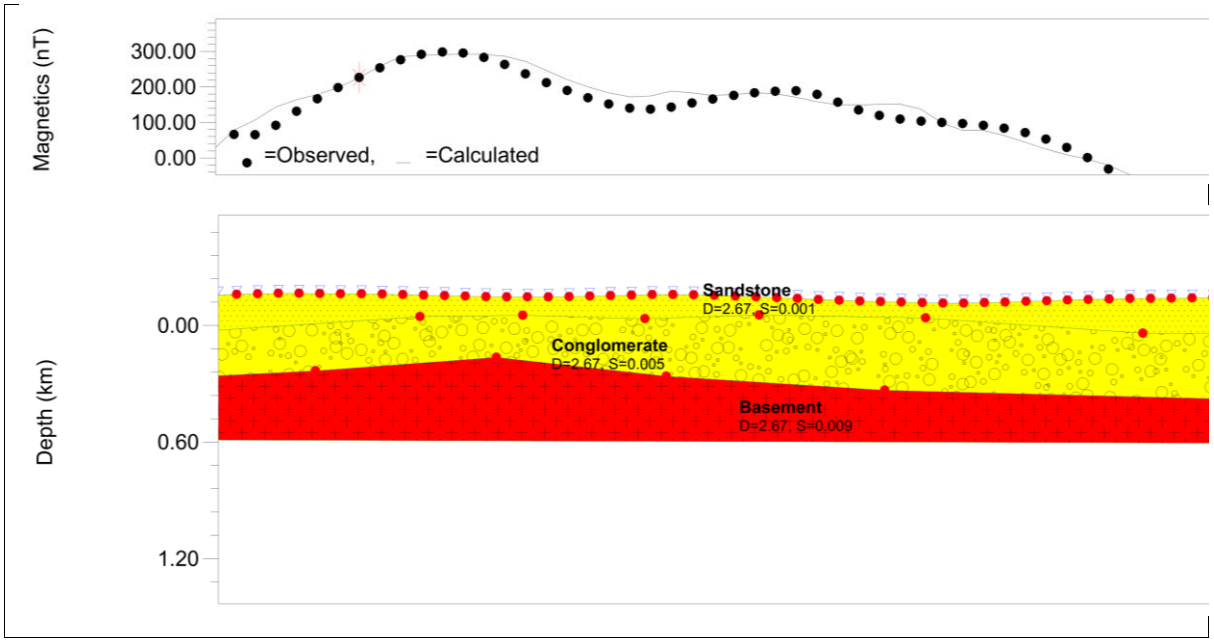



**Gambar 7**. Peta Horizontal Tilt Angle (TDX)

Untuk mendapatkan informasi bawah permukaan secara vertikal, maka selanjutnya dilakukan proses pemodelan kedepan atau *forward modelling* 2,5D. Pemodelan 2,5D merupakan pendekantan pemodelan 2D yaitu variasi suseptibilitas pada arah vertikal dan horisontal dengan mempertimbangkan efek jurus dari model yang dikalkulasi. Hasil ini memberikan informasi model bawah permukaan yang lebih baik dibandingkan dengan hanya mengamati peta anomali. Lintasan pemodelan yang dipilih dapat dilihat pada Gambar 6 yang merupakan peta anomali residual. Peta ini dipilih karena dari hasil pengolahan peta ini sudah tidak terdapat anomali yang dalam meskipun masih menyisakan sedikit dan sudah tidak bersifat dipol atau sudah bersifat monopol sehingga mudah di lakukan analisis. Lintasan model yang dipilih merupakan garis yang ditandai dengan garis dari titik A sampai titik B. Lintasan ini


DOI : http://dx.doi.org/10.12962/j25023659.v11i1.2381
Artikel Masuk : 16-07-2024 Artikel Diulas 26-07-2024 Artikel Diterima : 17-04-2025

dipilih karena terdapat adanya kontras dan kontak anomali magnetik, sehingga menarik untuk di analisis. Hasil dari pemodelan 2,5D dapat dilihat pada Gambar 8.




**Gambar 7**. Pemodelan kedepan 2,5D

Berdasarkan hasil pemodelan kdepan data anomali residual RTP didapatkan tiga lapisan bawah permukaan. Lapisan tersebut diduga adanya lapisan basement dengan nilai 0.009 yang berada pada kedalaman 0.5 km. Kemudian disusul lapisan sedimen berupa lapisan batu konglomerat dengan matriks berupa batuan vulkanik dengan suseptibilitas 0.005 dan dipermukaan di indikasikan sebagai lapisan batu pasir vulkanik dengan suseptiblitas rendah 0.001. Berdasarkan pemodelan kedepan tidak ditemukannya struktru bawah permukaan, meskipun terdapat adanya dugaan struktur dari hasil pengolahan anomali residual dan TDX. Kontras anomali diduga adanya keberadaan basement yang cukup tebal di sisi anomali yang tinggi sehingga menimbulakn anomali yang tinggi pada data residual. Di sisi lain, adanya lapisan batu pasir yang mengalami demagnetisasi juga mendukung keberadaan kontak pada peta TDX.

## PENUTUP

### Simpulan dan Saran

Data geomagnetik menunjukkan keberadaan kontras lapisan batuan yang memiliki nilai magnetik tinggi dan rendah. Nilai magnetik rendah diduga merupakan lapisan batuan yang sudah mengalami demagnetisasi akibat adanya zona mata air panas, sedangkan nilai anomali tinggi merupakan lapisan batuan yang belum mengalami demagnetisasi.

Keberadaan kontak lapisan batuan didukung dengan hasil pengolahan dengan *edge detection* berupa tekink TDX. Hasil dari teknik ini menunjukkan adanya kontak lapisan bawah permukaan yang ditandai dengan nilai anomali maksimum. Diduga kontak lapisan bawah permukaan ini merupakan kontak antara lapisan batuan yang belum terjadi demagnetisasi dengan lapisan batuan yang sudah terjadi demagnetisasi.

Hasil pemodelan kedepan tidak menunjukkan adanya struktur bawah permukaan. Sehingga memperkuat argumen keberadaan kontak bawah permukaan merupakan kontak lapisan yang sudah terjadi demagnetisasi dan lapisan yang belum terjadi demagnetisasi.

### Ucapan Terima Kasih


DOI : http://dx.doi.org/10.12962/j25023659.v11i1.2381
Artikel Masuk : 16-07-2024 Artikel Diulas 26-07-2024 Artikel Diterima : 17-04-2025

Terimakasih kepada Laboratorium teknik geofisika ITERA untuk dukungan alat dan instrumen pengukuran magnetik. Terimakasih juga disampaikan pada masyarakat Desa Babulang yang sudah mengizinkan pengukuran data magnetik.

## DAFTAR PUSTAKA

Barber, A.J. *et al.* (2005) 'Sumatra: geology, resources and tectonic evolution (index)', *Sumatra: Geology, Resources and Tectonic Evolution*, 20(31), p. 290. Available at: https://doi.org/10.1017/S0016756806212974.nent.

Bronto, S. *et al.* (2012) 'Evolution of Rajabasa Volcano in Kalianda Area and Its Vicinity, South Lampung Regency', *Indonesian Journal on Geoscience*, 7(1), pp. 11–25. Available at: https://doi.org/10.17014/ijog.7.1.11-25.

Darmawan, I.G.B., Rustadi and Karyanto (2023) 'Hydrothermal fluid flow modeling using numerical simulation to identify potential reservoir zones in the Mount Rajabasa geothermal field', *Kuwait Journal of Science*, 50(3), pp. 376–386. Available at: https://doi.org/10.1016/j.kjs.2023.02.025.

Eldosouky, A.M. *et al.* (2020) 'A comparative study of THG, AS, TA, Theta, TDX and LTHG techniques for improving source boundaries detection of magnetic data using synthetic models: A case study from G. Um Monqul, North Eastern Desert, Egypt', *Journal of African Earth Sciences*, 170, p. 103940. Available at: https://doi.org/10.1016/j.jafrearsci.2020.103940.

Fagbohun, B.J. *et al.* (2025) 'Integration of magnetic and remote sensing methods for mapping geothermal signatures in the middle part of Benue Trough, Northeastern Nigeria', *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 37, p. 101434. Available at: https://doi.org/10.1016/j.rsase.2024.101434.

Gede Boy Darmawan, I., Donny Setijadji, L. and Wintolo, D. (2015) 'Geology and Geothermal System in Rajabasa Volcano South Lampung Regency, Indonesia (Approach to Field Observations, Water Geochemistry and Magnetic Methods)', *Proceedings World Geothermal Congress*, (April 2015), pp. 19–25. Available at: https://www.researchgate.net/publication/317425339.

Hacıoğlu, Ö. *et al.* (2020) 'The effect of active extensional tectonics on the structural controls and heat transport mechanism in the Menderes Massif geothermal province: Inferred from three-dimensional electrical resistivity structure of the Kurşunlu geothermal field (Gediz Graben', *Geothermics*, 85, p. 101708. Available at: https://doi.org/10.1016/j.geothermics.2019.07.006.

Haerudin, N., Despa, D. and Suharno (2020) 'Penentuan Patahan dan Saluran Fluida Panas Bumi Rajabasa Bagian Selatan dengan Kombinasi Metode Second Horizontal Derivatif (SHD) dan Audio Magnetotelluric (AMT)', *Jurnal Profesi Insinyur Universitas Lampung*, 1(1), pp. 11–19. Available at: https://doi.org/10.23960/jpi.v1n1.12.

Hinze, W.J., von Frese, R.R.B. and Saad, A.H. (2013) *Gravity and Magnetic Exploration: Principles, Practices and Exploration*.

Hochstein, M.P. and Sudarman, S. (2008) 'History of geothermal exploration in Indonesia from 1970 to 2000', *Geothermics*, 37(3), pp. 220–266. Available at: https://doi.org/10.1016/j.geothermics.2008.01.001.

Huang, X. and Tong, P. (2024) 'New insight into the velocity and anisotropy structures of the subduction zone in northern Sumatra', *Tectonophysics*, 892, p. 230534. Available at: https://doi.org/10.1016/j.tecto.2024.230534.

Li, X. *et al.* (2024) 'Crustal structure and shallow-focus seismic activities in the Sumatra subduction zone: Constrains from receiver function inversion', *Deep Resources Engineering*, 1(3), p. 100109. Available at: https://doi.org/10.1016/j.deepre.2024.100109.

Mangga, Andi S., S. Suwarti, T. Amirudin, Gafoer, dan S. (1993) 'Peta GeologiLembar Tanjung Karang, Sumatra.', *Pusat Survei Geologi*, 1(1).

Shamim, S., Khan, P.K. and Mohanty, S.P. (2019) 'Stress reconstruction and lithosphere dynamics along the Sumatra subduction margin', *Journal of Asian Earth Sciences*, 170, pp. 174–187. Available at: https://doi.org/10.1016/j.jseaes.2018.11.008.

Stewart, I.C.F. (2019) 'A simple approximation for low-latitude magnetic reduction-to-the-pole', *Journal of*



DOI : http://dx.doi.org/10.12962/j25023659.v11i1.2381

Artikel Masuk : 16-07-2024 Artikel Diulas 26-07-2024 Artikel Diterima : 17-04-2025

*Applied Geophysics*, 166, pp. 57–67. Available at: https://doi.org/10.1016/j.jappgeo.2019.04.021.

Suttie, N., Shaw, J. and Hill, M.J. (2010) 'Direct demonstration of microwave demagnetization of a whole rock sample with minimal heating', *Earth and Planetary Science Letters*, 292(3–4), pp. 357–362. Available at: https://doi.org/10.1016/j.epsl.2010.02.002.

Ting-Jie, Y. *et al.* (2016) 'Edge Detection of Potential Field Data Using an Enhanced Analytic Signal Tilt Angle', *Chinese Journal of Geophysics*, 59(4), pp. 341–349. Available at: https://doi.org/10.1002/cjg2.20239.

Wang, W., Pan, Y. and Qiu, Z. (2009) 'A new edge recognition technology based on the normalized vertical derivative of the total horizontal derivative for potential field data', *Applied Geophysics*, 6(3), pp. 226–233. Available at: https://doi.org/10.1007/s11770-009-0026-x.

YAO, L. and CHANGLI, Y. (2007) 'Forward Modeling of Gravity, Gravity Gradients, and Magnetic Anomalies due to Complex Bodies', *Journal of China University of Geosciences*, 18(3), pp. 280–286. Available at: https://doi.org/10.1016/S1002-0705(08)60008-4.

Zhang, L. *et al.* (2024) 'A city-wide investigation on the subsurface temperature evolution and geothermal capacity evaluation', *Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering* [Preprint]. Available at: https://doi.org/10.1016/j.jrmge.2024.05.051.



DOI : http://dx.doi.org/10.12962/j25023659.v11i1.2381

Artikel Masuk : 16-07-2024 Artikel Diulas 26-07-2024 Artikel Diterima : 17-04-2025