

Identifikasi Struktur Geologi Bawah Permukaan Pada Area Panas Bumi Gunung Talang-Bukit Kili Berdasarkan Data Gaya Berat GGMPPlus

Herlan¹, M. Sepastian Veron², Purwaditya Nugraha³, Nugroho Prasetyo⁴, Fajar Adivadilah⁵

^{1,2,3,4,5} Program Studi Teknik Geofisika, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sumatera, Lampung, Indonesia

DOI: <https://doi.org/10.29303/Geoscienceed.v6i4.1560>

Article Info

Received : 23 November 2025

Revised : 27 November 2025

Accepted : 30 Desember 2025

Correspondence: Herlan

Phone: +6281574684025

Abstract: This study aims to identify subsurface geological structures in the Gunung Talang- Bukit Kili geothermal area, West Sumatra, using GGMPPlus gravity data. The data were processed through latitude, free-air, Bouguer, and terrain corrections to produce the Complete Bouguer Anomaly (CBA). Spectral analysis indicates that the depth of the regional anomaly source is in the range of 10000 m. The Tilt Derivative (TDR) and Normalized Horizontal Tilt Derivative (TDX) methods were applied to delineate geological structural boundaries. Two dimensional forward modeling along a 24 km profile with a depth of 10 km shows rock density variations between 1,800–2,500 kg/m³, representing volcanic rocks, altered sediments, and metamorphic basement rocks. The 2D forward modeling identifies a northwest–southeast trending fault zone that acts as a pathway for hydrothermal fluid migration.

Keywords: Gunung Talang, Gravity, GGMPPlus, CBA, TDR, TDX, 2D Forward Modelling

Citation: Herlan, H., Veron, S., M., Nugraha, P., Prasetyo, N., & Adivadilah, F. (2025). Identifikasi Struktur Geologi Bawah Permukaan Pada Area Panas Bumi Gunung Talang-Bukit Kili Berdasarkan Data Gaya Berat GGMPPlus. *Journal Pendidikan, Sains, Geologi dan Geofisika (GeoScienceEd Journal)*, 6(4), 2459-2466. doi: <https://doi.org/10.29303/Goescienceed.v6i4.1560>

Pendahuluan

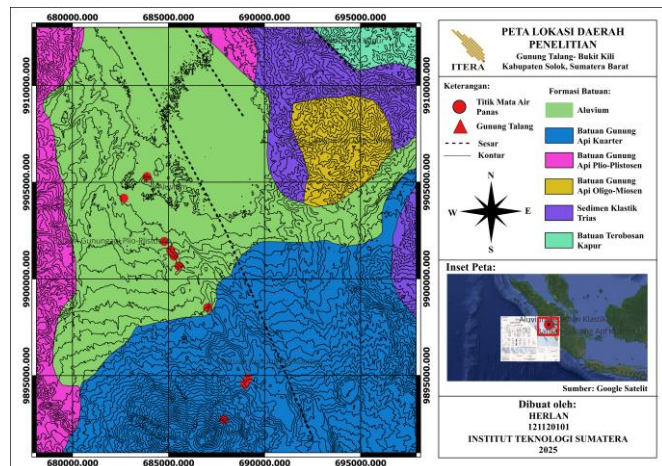
Indonesia memiliki potensi sumber panas bumi terbesar di dunia, tersebar di jalur vulkanik aktif dari Sumatera hingga Papua, dengan kebutuhan energi terbarukan yang terus meningkat. Area Gunung Talang- Bukit Kili, Kabupaten Solok, Sumatera Barat, memiliki potensi panas bumi signifikan dengan kapasitas diperkirakan 65 MW. Zona tektonik kompleks akibat jalur patahan aktif Sumatera menghasilkan berbagai manifestasi panas bumi, seperti mata air panas, letusan freatik, dan fumarol, yang menandakan sistem panas bumi aktif (Putriyana & Soekarno, 2020; Syafitri & Putra, 2018). Sesar adalah rekahan planar pada batuan yang mengalami perpindahan akibat pergerakan massa batuan, sering menjadi jalur aktivitas hidrotermal dan mineralisasi, serta pembatas litologi dengan kontras densitas berbeda (Blakely, 1996; Billings, 1959). Sistem panas

bumi Gunung Talang - Bukit Kili dikendalikan oleh sesar berarah barat laut – tenggara, bagian dari Sesar Besar Sumatera yang berjenis *strike-slip dekstral*, serta sesar normal di batuan pra-Tersier (Putriyana & Soekarno, 2020; ESDM, 2017).

Metode gaya berat efektif mendeteksi anomali densitas yang berkaitan dengan struktur geologi bawah permukaan dan sesar sebagai jalur alterasi hidrotermal. Metode ini efisien, memiliki cakupan luas, dan dapat diintegrasikan dengan data satelit seperti GGMPPlus untuk survei regional maupun lokal (Astani, 2020). GGMPPlus, gabungan data satelit GOCE (*Gravity Field and Steady-State Ocean Circulation Explorer*), GRACE (*Gravity Recovery and Climate Experiment*), dan EGM2008 Earth (*Gravitational Model 2008*), menyediakan data gravitasi resolusi tinggi untuk analisis struktur bawah permukaan dengan koreksi lengkap hingga nilai Anomali *Bouger* Lengkap (ABL).

Email: herlantambun@gmail.com

Penelitian lain di Gunung Tampomas dan Cisolok - Cisukarame menggunakan GGMPPlus berhasil mengidentifikasi struktur patahan panas bumi dengan metode derivatif dan inversi 3D, menunjukkan potensi besar GGMPPlus dalam eksplorasi panas bumi (Alfisah, 2023 ; Hidayat, 2021). Dalam penelitian ini, analisis turunan anomali gaya berat *Tilt Derivative* (TDR) dan *Normalized Horizontal Tilt Derivative* (TDX) digunakan untuk mendeteksi dan memudahkan interpretasi struktur bawah permukaan (Hartini, 2024). Tujuan penelitian ini adalah mengidentifikasi struktur geologi bawah permukaan di WKP Gunung Talang-Bukit Kili menggunakan data gaya berat GGMPPlus, serta menghasilkan pemodelan ke depan 2D untuk mengungkap peran struktur geologi terutama sesar dan zona rekahan sebagai pengontrol permeabilitas, jalur migrasi fluida hidrotermal, dan distribusi reservoir dalam sistem panas bumi, sehingga mendukung kegiatan eksplorasi panas bumi di wilayah tersebut ke depan.



Gambar 1. Peta Geologi Regional Gunung Talang-Bukit (Gafoer dkk., 1992)

Tatanan geologi regional Gunung Talang-Bukit Kili dikontrol oleh interaksi tektonik-vulkanik Sesar Besar Sumatera (SBS/Sesar Semangko), sesar strike-slip aktif sepanjang ±1650 km akibat tumbukan Lempeng Indo-Australia dan Eurasia, yang mengontrol struktur utama, vulkanisme, dan migrasi fluida hidrotermal. Batuan tertua berupa metamorf Pra-Tersier tersingkap di Bukit Putus (barat daya) dan Bukit Muncung (timur laut), ditutupi tak selaras oleh vulkanik tua Tersier Akhir-Kuarter Awal berupa lava dan piroklastika. Di bagian utara, Bukit Kili Kecil dan Gadang berkembang intrusi yang dikontrol sesar normal Batu Barjanjang, ditandai manifestasi panas bumi berupa mata air panas bersuhu 40–49°C. (Gafoer dkk., 1992).

Bagian tengah daerah penelitian dicirikan oleh Danau Talang sebagai kawah vulkanik dengan batuan teralterasi, *bread cracks*, dan sesar normal berarah barat laut-tenggara sebagai pemicu erupsi. Satuan vulkanik muda tersusun atas Gunung Batino (Talang Tua) berupa strato vulkanik piroklastika-lava dengan sisa kaldera, dan Gunung Jantan (Talang Muda) yang menyusun lava andesitik-piroklastika termuda, disertai erupsi freatik, fumarol, solfatara, alterasi, serta umur piroklastika 4200 ± 100 tahun BP. Geomorfologi terbagi menjadi perbukitan non-vulkanik metamorf, vulkanik tua barat-timur, vulkanik muda Batino-Jantan, dan dataran aluvial utara. Kehadiran manifestasi permukaan seperti mata air panas, *steaming ground*, dan zona alterasi menegaskan sistem panas bumi vulkanotektonik aktif yang dikontrol SBS dengan fase Pra Talang, Talang Tua, dan Talang Muda. (ESDM, 2017).

Metode Penelitian

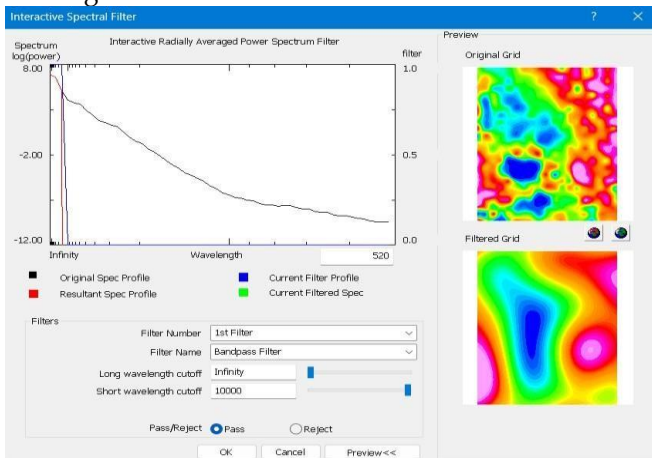
Pada pengolahan data anomali gaya berat bertujuan memperoleh nilai Anomali *Bouguer* Lengkap (ABL) dari data mentah GGMPPlus yang masih berupa *Gravity Acceleration Observation* (Gobs). Proses ini meliputi pemisahan anomali menggunakan filter *bandpass* untuk mendapatkan anomali regional dan residual. Pengolahan data dilakukan dengan berbagai perangkat lunak seperti *Excel*, *Surfer 20*, *Global Mapper 18*, *Oasis Montaj 8.4*, dan *QGIS 3.31*. Berikut tahapan utama dalam pemrosesan data:

1. Pengambilan Data
Data GGMPPlus diunduh *website*: <https://murray-lab.caltech.edu/GGMplus/index.html> dengan pengaturan geometri sesuai wilayah penelitian dan memilih parameter Gobs sebagai data utama.
2. Estimasi Densitas
Densitas batuan merupakan parameter fisis krusial untuk pengolahan data gayaberat, koreksi *Bouguer*, dan pemodelan bawah permukaan. Estimasi menggunakan metode Parasnis dari gradien regresi linier FAA terhadap (koreksi *Bouguer - terrain*) menghasilkan nilai densitas 2,38 gr/cm³.
3. Membuat Peta Anomali *Bouguer* Lengkap (ABL)
Data GGMPPlus (koordinat, elevasi, Gobs) dikoreksi spasial untuk memperoleh Anomali *Bouguer* Lengkap (ABL), kemudian diinterpolasi di *Oasis Montaj* menghasilkan peta ABL.
4. Mengestimasi Kedalaman Berdasarkan Analisis Spektral

Analisis spektral dilakukan dengan *Oasis Montaj* dan *Microsoft Excel* menggunakan transformasi *Fourier* untuk mengubah data dari domain waktu ke frekuensi. Hasilnya berupa kurva $\ln A-k$ yang digunakan untuk memisahkan zona regional- residual dan mengestimasi kedalaman.

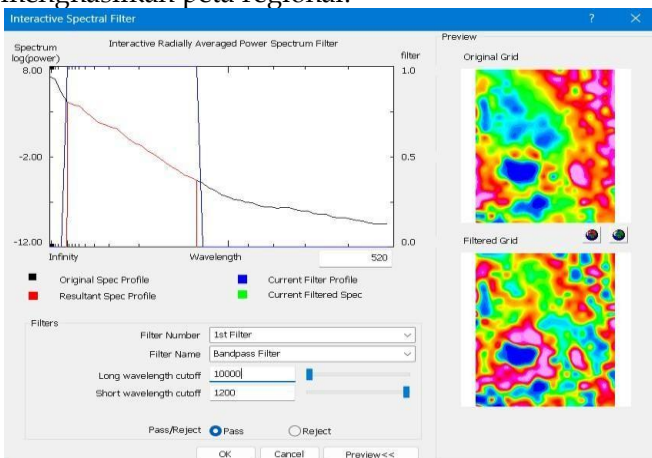
5. Pemisahan Anomali Regional dan Residual

Setelah peta ABL diperoleh, pemisahan anomali dilakukan dengan filter *bandpass* dengan cara *trial and error*. Anomali regional diperoleh dari *cutoff* Panjang gelombang rendah yang merepresentasikan kedalaman dalam, sedangkan anomali residual dari *cutoff* tinggi yang mencerminkan kedalaman dangkal.



Gambar 2. Interactive spectral pada anomali regional

Gambar 2 menerapkan filter dengan *cutoff* rendah 10.000 m dan *cutoff* tinggi tak terhingga guna meloloskan sinyal gelombang besar sehingga menghasilkan peta regional.



Gambar 3. Interactive spectral pada anomali residual

Gambar 3 menggunakan *cutoff* rendah 1.200 m dan *cutoff* tinggi 10.000 m untuk meloloskan sinyal panjang gelombang menengah dan menghasilkan peta residual.

6. Enhancement Data Menggunakan TDR dan TDX

Enhancement peta anomali regional dilakukan untuk meningkatkan ketajaman interpretasi dan menegaskan batas struktur geologi bawah permukaan. Penelitian ini menerapkan turunan *Tilt Derivative* (TDR) dan *Normalized Horizontal Tilt Angle* (TDX) sebagai filter utama karena keduanya efektif menyoroti batas kontras densitas yang lemah dan mengurangi ambiguitas interpretasi struktur, khususnya pada daerah panas bumi yang dikontrol oleh terduga sesar dan rekahan. Identifikasi struktur geologi dilakukan dengan mengaitkan respon TDR dan TDX pada zona anomali nol dan maksimum, yang merepresentasikan posisi dan kontinuitas struktur bawah permukaan. Kedua metode diaplikasikan melalui turunan pertama anomali regional pada arah x, y, dan z, kemudian dinormalisasi menggunakan fungsi tangensial untuk memperjelas respon struktur.

Rumus TDR :

$$TDR = \tan^{-1} \left(\frac{\frac{\partial g}{\partial z}}{\sqrt{\left(\frac{\partial g}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial g}{\partial y}\right)^2}} \right)$$

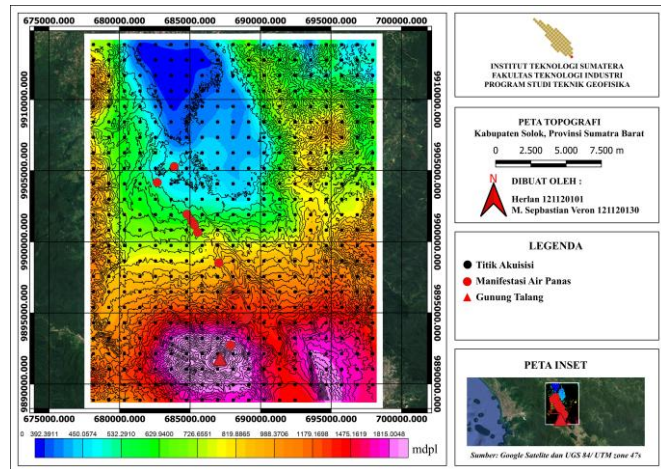
Rumus TDX:

$$TDX = \tan^{-1} \left(\frac{\sqrt{\left(\frac{\partial g}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial g}{\partial y}\right)^2}}{\left| \frac{\partial g}{\partial z} \right|} \right)$$

7. Pembuatan Pemodelan Ke depan 2D

Pemodelan ke depan 2D dilakukan dengan *Oasis Montaj* melalui *slicing* peta regional sepanjang 24 km di zona manifestasi panas bumi. Profil model disesuaikan dengan cara *trial and error* hingga *error* minimum antara data observasi dan data hasil perhitungan, sembari menentukan densitas formasi batuan.

Hasil dan Pembahasan

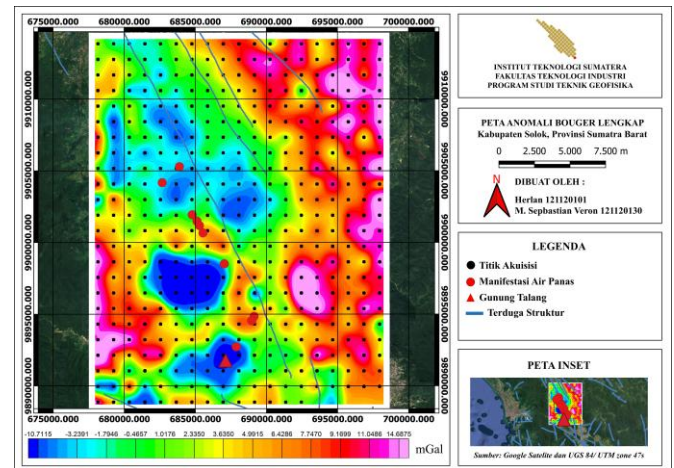


Gambar 4. Peta Topografi Daerah Penelitian

Wilayah penelitian merupakan daerah yang dilalui oleh sesar Sumatera, berada di Kabupaten Solok, Provinsi Sumatera Barat. Peta topografi memberikan gambaran visual tentang ketinggian dataran di daerah tersebut. Daerah ini merupakan salah satu wilayah yang memiliki kondisi topografi paling bervariasi di sepanjang Bukit Barisan. Secara keseluruhan, morfologi Kabupaten Solok didominasi oleh pegunungan vulkanik, perbukitan, dan lembah tektonik, dengan perbedaan elevasi yang sangat kontras antara bagian utara, tengah, dan selatan wilayah. Berdasarkan **Gambar 4** diketahui topografi daerah penelitian berada pada elevasi 1 - 1.815 meter di atas permukaan laut. Titik tertingginya pada daerah Gunung Talang yang ditandai oleh warna merah pada peta. Nilai topografi dapat mempengaruhi nilai pengukuran gaya berat karena semakin tinggi nilai topografi pada suatu daerah maka nilai percepatan gaya berat yang didapatkan akan semakin kecil. Sedangkan jika semakin rendah topografi pada suatu daerah maka nilai percepatan gaya beratnya akan semakin besar.

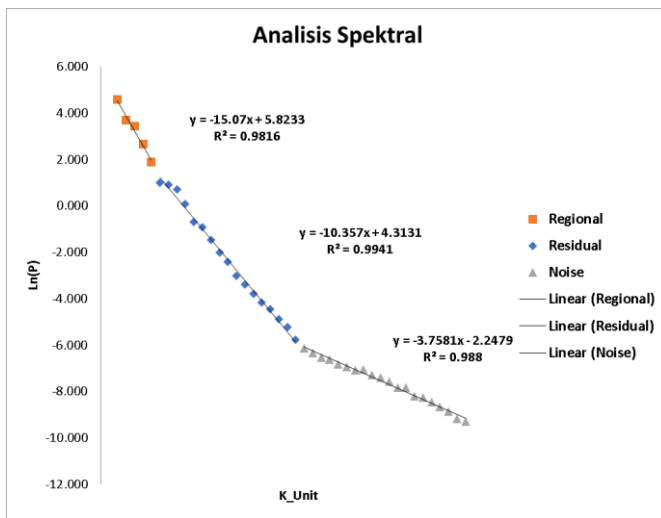
Data gaya berat yang diperoleh dari satelit GGMPlus tidak perlu dilakukan koreksi terhadap perubahan temporal, namun koreksi variasi spasial tetap harus dilakukan untuk memastikan kualitas pengolahan data tetap baik. Koreksi ini bertujuan agar nilai gaya berat yang diperoleh hanya dipengaruhi oleh variasi massa batuan, sehingga hasil koreksinya dikenal sebagai nilai Anomali Bouger Lengkap (ABL). Anomali ABL digunakan untuk mengidentifikasi struktur geologi dan komposisi batuan dengan mempertimbangkan pengaruh tekanan dalam proses deformasi batuan, yang

kemudian dipisahkan berdasarkan anomali gaya berat. Nilai ABL diperoleh dari perhitungan menggunakan metode parasnis dengan densitas rata-rata sebesar 2,3848 gr/cc.



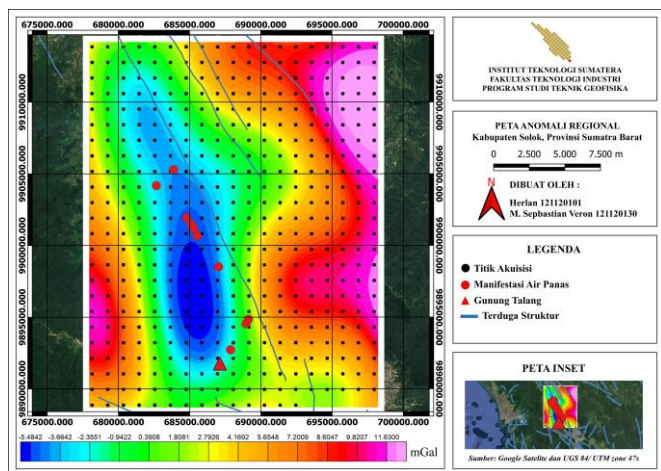
Gambar 5. Peta Anomali Bouger Lengkap

Pada **Gambar 5**, peta menunjukkan variasi nilai anomali yang cukup besar, dengan rentang mulai dari -10,711 mGal hingga 14,687 mGal. Anomali rendah berada dalam kisaran -10,711 mGal sampai -1,017 mGal, sedangkan anomali tinggi terletak antara 4,991 mGal hingga 14,687 mGal. Secara umum, ada hubungan positif antara densitas batuan dan percepatan gravitasi yang terukur. Batuan dengan massa besar namun volume kecil akan memiliki densitas yang tinggi, sehingga percepatan gravitasi yang terdeteksi juga meningkat. Anomali gaya berat yang tinggi pada peta ABL mengindikasikan adanya batuan dengan komposisi yang lebih padat sebagai penyusun utama. Sebaliknya, anomali rendah pada daerah penelitian kemungkinan disebabkan oleh tekanan berlebih di zona sesar utama serta aktivitas panas bumi di bawah permukaan. Hal ini terutama dipengaruhi oleh keberadaan Gunung Talang, sebuah gunung berapi aktif di bagian selatan area tersebut. Aktivitas panas bumi menghasilkan aliran material piroklastik yang bersuhu tinggi dan memiliki densitas rendah, yang pada akhirnya dapat membentuk batuan alterasi atau batuan ubahan. Peta ABL di wilayah penelitian memberikan gambaran awal mengenai struktur serta komposisi geologi secara umum, namun analisis lebih mendalam diperlukan dengan melakukan pemisahan anomali regional dan residual untuk interpretasi yang lebih akurat.



Gambar 6. Analisis Spektral

Pada Gambar 6 tampak hasil *Radially Averaged Power Spectrum* yang menampilkan kemiringan (*slope*) dari anomali regional sebesar -15,07 (ditandai dengan warna jingga), anomali residual sebesar -10,357 (warna biru), dan *noise* sebesar -3,7581 (warna abu-abu). Nilai *slope* tersebut selanjutnya digunakan untuk menghitung kedalaman sumber anomali, menghasilkan estimasi kedalaman regional sekitar 1.199,232 meter yang menunjukkan kontribusi sumber yang relatif lebih dalam dibanding residual dan kedalaman residual sekitar 842,18 meter yang mempresentasikan sumber lebih dangkal dan dominan memengaruhi spektrum frekuensi menengah/tinggi. Pada grafik spektral, kemiringan yang curam berkorelasi dengan kedalaman sumber yang lebih dalam, yaitu anomali regional, sedangkan kemiringan yang lebih landai mengindikasikan kedalaman sumber yang lebih dangkal, seperti anomali residual.

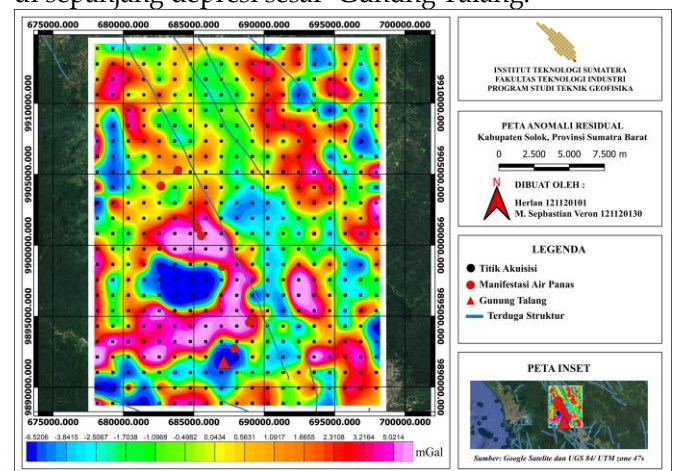


Gambar 7. Peta Anomali Regional

Pada Gambar 7, peta anomali regional menunjukkan pola anomali yang dibatasi oleh zona anomali sedang, yang mengindikasikan penurunan

permukaan akibat aktivitas tektonik Sesar Besar Sumatra. Penurunan ini membentuk struktur graben berupa sesar normal akibat gaya tarik, yang menyebabkan penurunan densitas batuan dan percepatan gravitasi bawah permukaan. Zona depresi sesar Gunung Talang berada pada area anomali regional rendah yang dibatasi oleh anomali sedang. Analisis pola kelurusan memperlihatkan bahwa manifestasi air panas tersebar pada zona anomali rendah (biru muda–biru tua) dan mengikuti kelurusan utama Sesar Besar Sumatra berorientasi barat laut–tenggara, yang berfungsi sebagai jalur migrasi fluida panas bumi. Sebaliknya, bagian timur laut–barat daya Gunung Talang didominasi anomali regional tinggi akibat keberadaan batuan berkerapatan tinggi.

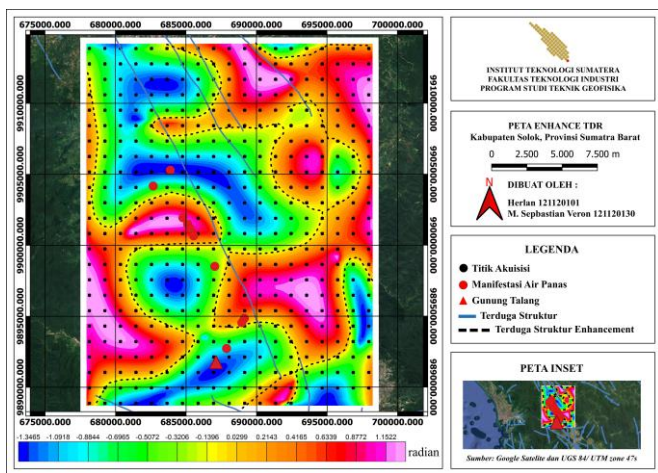
Anomali regional merepresentasikan variasi gaya berat berskala luas dan berfrekuensi rendah, sehingga mencerminkan respon struktur bawah permukaan pada kedalaman relatif besar. Nilai anomali regional berkisar antara -5,484 hingga 11,630 mGal, dengan anomali rendah dominan dari barat laut hingga selatan (-5,484 hingga 1,808 mGal), anomali sedang memanjang dari barat laut ke selatan (2,792–7,200 mGal), dan anomali tinggi tersebar di barat daya serta sepanjang timur laut hingga tenggara (8,604–11,630 mGal). Zona anomali rendah diinterpretasikan berasosiasi dengan aliran piroklastik dan batuan teralterasi, yang dibatasi oleh struktur geologi dangkal di sepanjang depresi sesar Gunung Talang.



Gambar 8. Peta Anomali Residual

Anomali residual digunakan untuk menginterpretasi zona aliran piroklastik endapan gunung api Kuarter yang berpotensi berkaitan dengan aktivitas panas bumi Gunung Talang pada kedalaman dangkal. Anomali ini diperoleh dari pemisahan Anomali *Bouguer* Lengkap (ABL) terhadap anomali regional, sehingga hanya respon berfrekuensi tinggi yang merepresentasikan struktur dangkal yang terekam. Integrasi peta anomali residual dengan peta

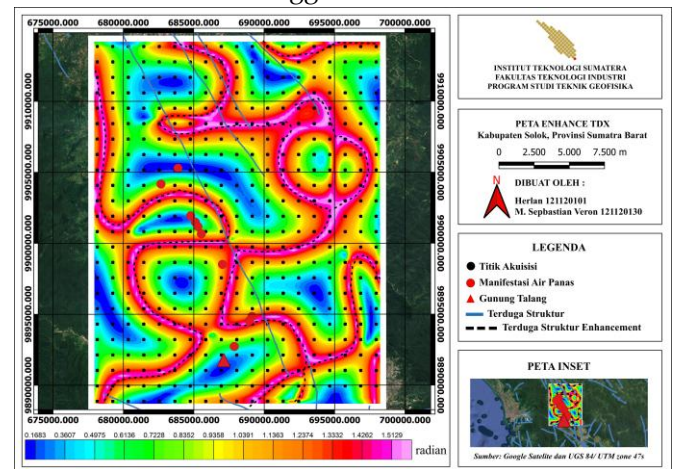
geologi memungkinkan identifikasi batuan ubahan yang berasosiasi dengan sistem panas bumi. Pada **Gambar 8** peta anomali residual menunjukkan rentang nilai $-6,520$ hingga $5,021$ mGal, dengan pola yang menyerupai ABL namun lebih kompleks dan berpanjang gelombang pendek. Anomali tinggi ($2,310-5,021$ mGal) mengindikasikan batuan berkerapatan tinggi seperti rombakan batuan beku dan material kompak, sedangkan anomali rendah ($-6,520$ hingga $-2,506$ mGal) mencerminkan material kurang padat berupa aliran piroklastik dan batuan teralterasi endapan Kuartar. Zona anomali residual rendah juga diinterpretasikan sebagai indikasi aktivitas panas bumi yang dikontrol oleh deformasi sesar utama Gunung Talang, sehingga menjadi kunci dalam penentuan zona aliran piroklastik potensial.



Gambar 9. Peta *Tilt Derivative* (TDR)

Peta *Tilt Derivative* (TDR) digunakan untuk interpretasi struktur bawah permukaan berdasarkan pada analisis turunan vertikal pertama dari data anomali gaya berat. Nilai nol pada hasil TDR menunjukkan batas tepi sumber anomali yang dapat diartikan sebagai indikasi keberadaan struktur geologi. Secara umum, nilai TDR menunjukkan nilai positif di atas area sumber anomali saat gradien horizontal mencapai puncaknya, dan nilai negatif di area luar atau di bawah sumber anomali yang dianalisis (Cooper & Cowan, 2006). Pada peta TDR, nilai anomali bervariasi dengan rentang dari $-1,346$ radian hingga $1,152$ radian. Pada **Gambar 9**, peta TDR mengelompokkan wilayah penelitian menjadi tiga kategori anomali, yaitu rendah, sedang, dan tinggi. Anomali rendah berada pada rentang $-1,346$ radian sampai $-0,884$ radian, ditandai dengan warna biru tua hingga biru muda, tersebar di beberapa lokasi sesuai dengan peta TDR. Anomali sedang memiliki nilai antara $-0,696$ radian hingga $0,416$ radian ditandai dengan warna hijau sampai kuning dan meliputi beberapa wilayah dalam area penelitian. Sedangkan anomali tinggi berada pada rentang $0,633$

radian hingga $1,152$ radian, ditandai warna merah muda hingga merah, yang tersebar di beberapa lokasi pada peta. Pola kelurusan anomali ini juga mengindikasikan bahwa struktur geologi cenderung berarah barat laut - tenggara.

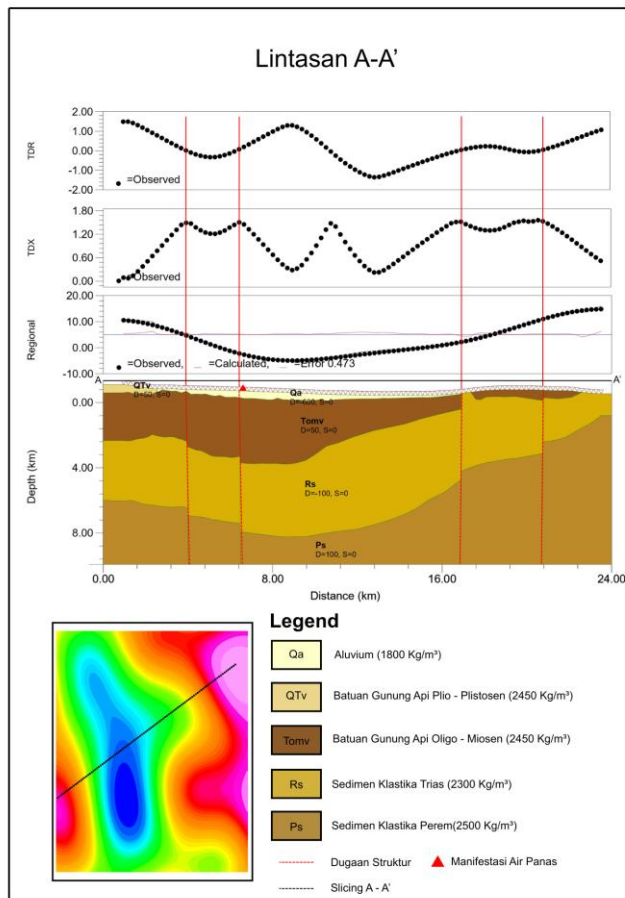


Gambar 10. Peta *Normalized Tilt Derivative* (TDX)

Peta TDX penting digunakan dalam interpretasi struktur geologi dengan mengandalkan perbandingan antara turunan horizontal dan nilai absolut turunan vertikal. Kombinasi kedua turunan ini memperkuat kemampuan dalam mengidentifikasi anomali struktur, khususnya pada kedalaman yang berbeda-beda yang dipengaruhi oleh perbedaan kontras densitas tinggi. Dalam penelitian ini, *enhancement* TDX dimanfaatkan untuk mendelineasi batas tepi struktur geologi utama yang terbentuk akibat aktivitas tektonik, seperti pergeseran lempeng dan sesar. Filter ini meningkatkan kontras anomali di zona kedalaman dangkal hingga menengah di area penelitian, yang dapat diamati pada **Gambar 10**. Anomali pada peta TDX menunjukkan perubahan signifikan saat melewati batas struktur, sementara gradien horizontal mampu mendeteksi kawasan dengan perubahan tajam dalam distribusi medan anomali gaya berat. Sebaran nilai TDX di wilayah penelitian ini dibagi menjadi tiga kategori anomali berdasarkan satuan radian, yaitu: rendah, sedang, dan tinggi. Anomali rendah berkisar antara $0,168$ sampai $0,497$ radian, ditunjukkan dengan warna biru tua hingga biru muda yang tersebar di beberapa lokasi pada peta TDX, anomali sedang berada pada rentang $0,613$ hingga $1,237$ radian dan ditandai warna hijau sampai kuning; sedangkan anomali tinggi memiliki nilai antara $1,333$ sampai $1,512$ radian, dengan warna merah muda hingga merah. Nilai anomali tinggi ini berkaitan dengan kontras gradien horizontal, mengindikasikan keberadaan struktur bawah

permukaan, terutama pada daerah yang mengalami pergesean sesar aktif, tektonik lempeng, dan intrusi batuan.

hingga timur laut-barat daya utara sebagai struktur sekunder. Pola kelurusan tersebut merepresentasikan keberadaan sesar geser yang disertai komponen ekstensional, sesar normal, dan zona rekahan, yang menunjukkan bahwa aktivitas tektonik dan vulkanotektonik di daerah ini masih berlangsung. Kondisi tersebut memungkinkan terbentuknya struktur graben yang berperan sebagai zona subsidensi serta jalur migrasi magma dan fluida hidrotermal, sebagaimana ditunjukkan oleh sebaran manifestasi panas bumi yang terkonsentrasi di sekitar zona sesar dan perpotongan struktur (Andrifa dkk., 2021).



Gambar 11. Pemodelan Kedepan 2D

Daerah Gunung Talang, Kabupaten Solok, Sumatera Barat, secara geologi tersusun oleh satuan batuan vulkanik Kuartar yang relatif muda, meliputi produk gunung api tak terpisahkan (*undifferentiated volcanic products*), tuf, lava andesit Gunung Talang, serta endapan kipas aluvial. Pada beberapa bagian wilayah, khususnya di bagian barat laut, dijumpai keberadaan batuan yang lebih tua berumur Pra-Tersier hingga Tersier, seperti serpih dan sabak, Formasi Tuhur serta batuan andesit-basalt. Secara stratigrafi, satuan batuan Kuartar tersebut menutupi batuan dasar yang lebih tua dan membentuk urutan vulkanostratigrafi yang mencerminkan aktivitas erupsi Gunung Talang yang berlangsung berulang, baik berupa aliran lava maupun endapan piroklastik. Wilayah penelitian berada dalam pengaruh kuat Sistem Sesar Sumatra, khususnya Segmen Sumani, yang menghasilkan pola struktur dominan berarah barat laut-tenggara hingga barat laut-tenggara utara sebagai struktur utama, serta arah timur laut-barat daya

Berdasarkan hasil pemodelan ke depan dua dimensi pada lintasan A-A', yang diperoleh dari proses slicing peta anomali regional dengan panjang lintasan sekitar 24 km dan kedalaman hingga 10 km dari arah barat daya menuju timur laut, teridentifikasi beberapa dugaan struktur geologi bawah permukaan. Penentuan posisi struktur dilakukan dengan mengorelasikan grafik Tilt Derivative (TDR) dan Normalized Horizontal Tilt Derivative (TDX), di mana dugaan struktur geologi ditunjukkan oleh nilai TDR mendekati nol dan nilai TDX yang maksimum. Hasil korelasi menunjukkan keberadaan empat dugaan struktur geologi pada jarak sekitar 3.081 m, 5.709 m, 16.595 m, dan 20.627 m dari titik A pada lintasan A-A', sementara lintasan tersebut juga melewati area manifestasi panas bumi pada jarak sekitar 8.837 m di kawasan Gunung Talang-Bukit Kili serta memotong jalur Sesar Besar Sumatra. Berdasarkan Peta Geologi Padang, lintasan A-A' tersusun oleh satuan Aluvium (Qa) dengan densitas sekitar 1.800 kg/m³, Batuan Gunung Api Plio-Plistosen (QTv) dan Oligo-Miosen (Tomv) dengan densitas sekitar 2.450 kg/m³, serta Sedimen Klastika Trias (Rs) dan Perem (Ps) dengan densitas hingga 2.500 kg/m³. Perbedaan densitas antar satuan batuan tersebut, yang dikombinasikan dengan keberadaan graben, rekahan, dan alterasi hidrotermal, menyebabkan penurunan densitas batuan bawah permukaan sehingga menghasilkan anomali gravitasi negatif, sedangkan intrusi magma dangkal atau tubuh lava masif yang lebih padat dapat menimbulkan anomali gravitasi positif secara lokal.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan, dapat disimpulkan bahwa hasil identifikasi struktur bawah permukaan menggunakan *enhancement* TDR dan TDX menunjukkan pola anomali yang konsisten dengan orientasi utama barat laut-tenggara, searah dengan struktur regional dan Sesar Besar Sumatra di wilayah Gunung Talang - Bukit Kili.

Kedua *enhancement* ini dapat membantu mempertegas batas kontras anomali yang merepresentasikan keberadaan dugaan struktur geologi, sehingga zona - zona yang terdeteksi sangat mungkin menjadi jalur migrasi fluida hidrotermal dan pengontrol sistem panas bumi. Selain itu, Gambaran kondisi bawah permukaan dari pemodelan ke depan 2D pada lintasan A-A' sepanjang 24 km dan kedalaman 10 km menunjukkan keberadaan lima satuan litologi utama serta sejumlah batas anomali yang diduga sebagai struktur geologi. Pola anomali dan geometri struktur yang dihasilkan mendukung interpretasi orientasi barat laut-tenggara, memperkuat konsistensi antara hasil pemodelan, *enhancement* TDR - TDX dan kondisi geologi regional.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan, bantuan, dan kontribusi sehingga jurnal ini dapat diselesaikan dengan baik. Penulis juga menyampaikan terima kasih khusus kepada dosen pembimbing yang telah memberikan arahan, bimbingan, serta masukan berharga selama proses penyusunan jurnal ini.

Daftar Pustaka

- Andrifa, J., Sulaksana, N., Gentana, D., & Sulastri, M. (2021). Geological lineament pattern and geomorphic characteristic related to geothermal manifestation appearance: A case study from Gunung Talang District and its surroundings, Solok Regency, West Sumatra Province, Indonesia. *International Journal of Scientific Research in Science and Technology*
- Astani, S. K. N. (2020). Pemodelan 3D Data Gayabarat Menggunakan Metode Geostatistika Untuk Analisis Bawah Permukaan Lapangan Panas Bumi "X."
- Alfisah. (2023). Pemanfaatan Global Gravity Model Plus Untuk Analisis Fault di Area Panas Bumi Tampomas Dengan Metode Derivative dan Inversi 3 Dimensi. Dalam Skripsi. Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah Jakarta.
- Billings, Marland. P. (1959). *Structural Geology*. Prentice Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey.
- Blakely, R. J. (1996). *Potential Theory in Gravity and Magnetic*. Cambridge University Press.
- ESDM. (2017). Potensi Panas Bumi Indonesia. Dalam Peta Geologi Regional, Indonesia. Direktorat Jenderal Energi Baru, Terbarukan dan Konservasi Energi.
- Gafoer, S., Hermanto, B., & Amin, T. (1992). Peta Geologi Indonesia, Lembar Padang. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Padang.
- Hidayat, R. D. (2021). Analisis dan Pemodelan Struktur Bawah Permukaan Berdasarkan Metode Gravitasi Di Daerah Prospek Panas Bumi Cisolak Cisukarame, Jawa Barat. Universitas Brawijaya.
- Hartini, T. (2024). Interpretasi Gradient Horizontal Dan Second Vertical Derivative Serta Pemodelan 2,5D anomaly Geomagnetik Di Area Hot Spring.
- Putriyana, L., & Soekarno, H. (2020). Numerical Modelling of Geothermal Reservoir in Gunung Talang, West Sumatera, Indonesia. *RISSET Geologi dan Pertambangan*, 30(1), 11. <https://doi.org/10.14203/rissetgeotam2020.v30.1058>.
- Sieh, K., & Nanatawidjaja, D. (2000). Neotectonic Sumatra Fault_Kerry Sieh. Dalam *Journal of Geophysical Research* (Vol. 105, Nomor 12, hlm. 295:326).
- Syafitri, S., & Putra, A. (2018). Penentuan Zona Caprock di Sekitar Gunung Talang Menggunakan Metode Resistivitas Konfigurasi Wenner. *Jurnal Fisika Unand*, 7(3), 253-259. <https://doi.org/10.25077/jfu.7.3.253-259.2018>
- Welayaturromadhona. (2013). Analisis Fisis Aktivitas Gunung Talang-Sumatera Barat Berdasarkan Karakteristik Spektral Dan Estimasi Hiposenter Gempa Vulkanik. <http://repository.ub.ac.id/id/eprint/153528/>