



Identifikasi Struktur Bawah Permukaan Area Manifestasi Geothermal Tempuran, Magelang, Jawa Tengah Berdasarkan Data Gravitasi GGMplus

Nisrina Hasna Mustofa¹, Roma Widjiansari^{1,*}), Khafidh Nur Aziz¹, Denny Darmawan¹, Laras Anindita Maharani², Aqheela Aphrodita Zainfa², Rahmawati Fitrianingtyas³, Ika Maulita⁴

¹⁾ Program Studi Fisika, Fakultas FMIPA, Universitas Negeri Yogyakarta
Jalan Colombo No. 1, Karang Malang, Caturtunggal, Kec. Depok, Kabupaten Sleman 5528, Daerah Istimewa Yogyakarta, Indonesia

²⁾ Program Studi Pendidikan Fisika, Fakultas FMIPA, Universitas Negeri Yogyakarta
Jalan Colombo No. 1, Karang Malang, Caturtunggal, Kec. Depok, Kabupaten Sleman 5528, Daerah Istimewa Yogyakarta, Indonesia

³⁾ Jurusan Teknik Geofisika, Fakultas Teknologi Mineral, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta
Jl.SWK Jl. Ring Road Utara No.104, Ngropoh, Condongcatur, Kec. Depok, Kabupaten Sleman 55281, Daerah Istimewa Yogyakarta

⁴⁾ Program Studi Fisika, Fakultas MIPA, Universitas Jenderal Soedirman
Jl. Profesor DR. HR Boenayamin No.708, Dukuhbandong, Grendeng, Kec. Purwokerto Utara, Kabupaten Banyumas 53122, Jawa Tengah, Indonesia

*E-mail korespondensi: romawidjiansari@uny.ac.id

Article Info:

Received: 26-03-2025

Revised: 06-05-2025

Accepted: 30-06-2025

Keywords:

Gravity Method, Fault Structure, Tempuran Geothermal Manifestation Area



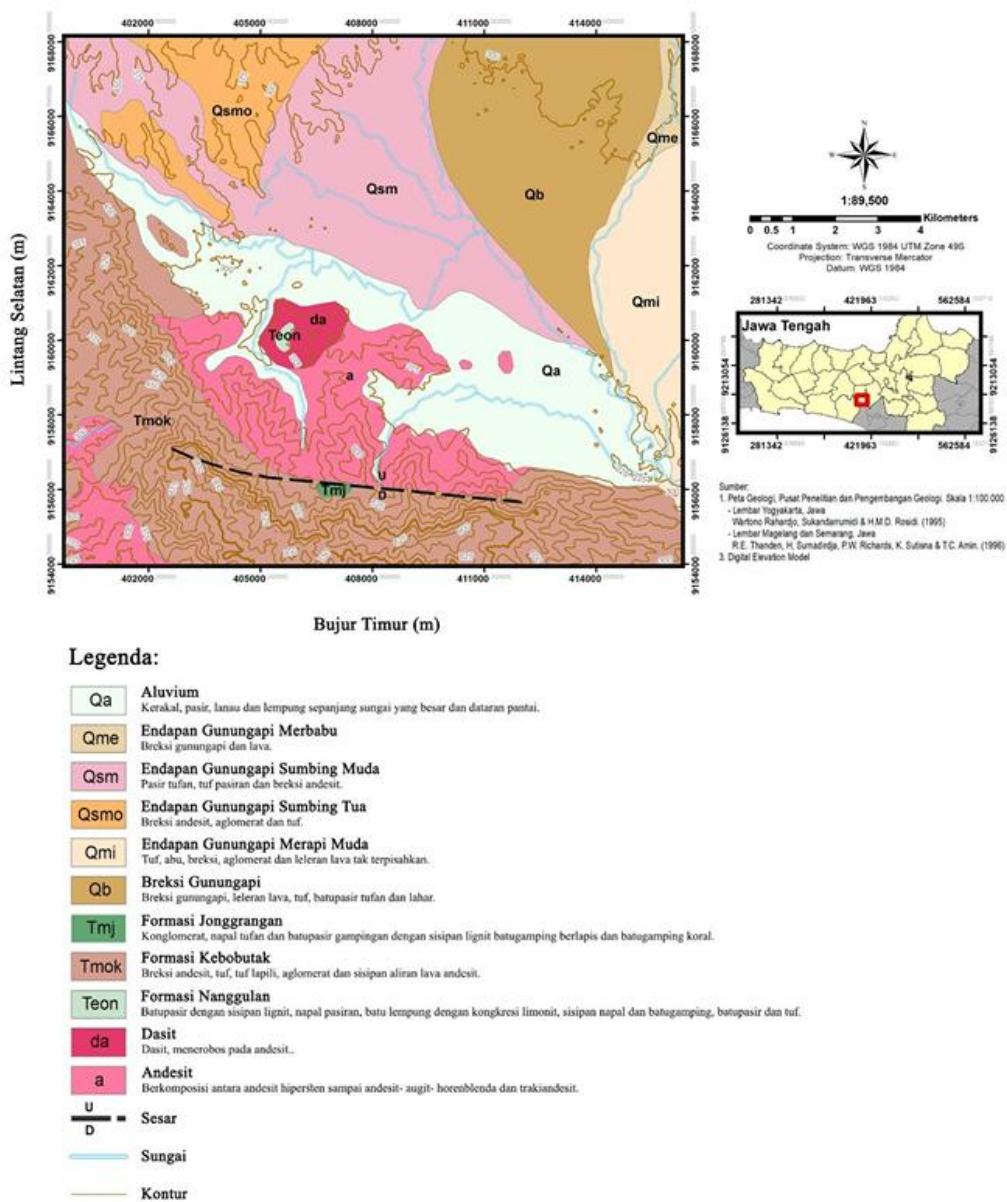
Abstract

This research was conducted in the Tempuran geothermal manifestation area, Magelang, Central Java, specifically in a location with indications of fault structure. The study aims to identify the subsurface structural conditions associated with the fault through the distribution pattern of gravity anomalies. This research used gravity method, with the data are gravity disturbance from GGMplus with a resolution of approximately 220 meters. The gravity disturbance data were processed to obtain Complete Bouguer Anomaly (CBA) data, which were then subjected to upward continuation and forward modeling. The CBA results reveal a high anomaly in the southern part of the study area, extending southwestward, which correlates with the Menoreh Mountains. A low anomaly is found in the northeastern part of the area, corresponding to a lowland region. The 2D modeling results indicate that the study area is composed of rocks with densities ranging from 1.00 g/cm³ to 1.60 g/cm³, interpreted as alluvium; 1.75 g/cm³ to 2.73 g/cm³, interpreted as the Kebobutak Formation; and 2.50 g/cm³, interpreted as deposits from the young Sumbing Volcano. Additionally, rocks with densities ranging from 2.40 g/cm³ to 2.77 g/cm³ are interpreted as andesitic intrusions, while rocks with a density of 2.83 g/cm³ are interpreted as dacitic intrusions. The presence of a normal fault is identified within the Kebobutak Formation and the andesitic intrusion, overlain by alluvial deposits.

PENDAHULUAN

Indonesia terletak pada zona pertemuan beberapa lempeng tektonik utama, yaitu Lempeng Eurasia, Lempeng Indo-Australia, Lempeng Laut Filipina, dan Lempeng Pasifik (Gambar 1). Pergerakan antar lempeng ini menyebabkan aktivitas geodinamik yang intens, termasuk seismisitas, vulkanisme, dan pembentukan struktur geologi seperti lipatan dan patahan [1], [2]. Akibat kondisi ini, Indonesia menjadi salah satu wilayah dengan tingkat aktivitas tektonik tertinggi di dunia, yang berimplikasi pada tingginya risiko bencana geologi seperti gempa bumi dan letusan gunung berapi [3], [4].

Pulau Jawa merupakan bagian dari busur kepulauan aktif yang dipengaruhi oleh subduksi Lempeng Indo-Australia terhadap Lempeng Eurasia. Subduksi ini membentuk berbagai struktur tektonik seperti sesar dan zona patahan yang tersebar di seluruh Jawa [5]. Beberapa sesar utama yang telah teridentifikasi di Jawa antara lain Sesar Baribis-Citanduy, Sesar Cimandiri, dan Sesar Kendeng (Gambar 2). Selain itu, sekitar 33 sesar aktif lainnya juga telah dipetakan, menunjukkan kompleksitas tektonik di wilayah ini [6], [5], [7].



Gambar 1. Peta geologi daerah Tempuran, Magelang, Jawa Tengah, yang menunjukkan distribusi formasi batuan serta keberadaan sesar di wilayah penelitian

Salah satu daerah yang berada dalam pengaruh sistem sesar adalah area Tempuran, Magelang, Jawa Tengah, yang berbatasan dengan Daerah Istimewa Yogyakarta. Keberadaan sesar di wilayah ini berkaitan dengan aktivitas tektonik yang dapat menyebabkan deformasi geologi, seperti retakan dan rekahan pada batuan. Berdasarkan peta geologi (Gambar 1), wilayah Tempuran berada di antara Formasi Kebobutak (TmoF), Formasi Jonggrangan (Tmj), serta batuan terobosan berupa andesit (da, teon) [8]. Struktur geologi ini menunjukkan bahwa wilayah ini memiliki kompleksitas tektonik yang tinggi, di mana sesar yang ada dapat mempengaruhi kestabilan lereng serta proses geotermal di bawah permukaan.

Selain itu, wilayah ini juga memiliki manifestasi panas bumi berupa mata air panas yang berasosiasi dengan aktivitas tektonik. Indikasi ini menunjukkan adanya interaksi antara sistem geotermal dengan struktur geologi bawah permukaan [9],[10]. Namun, meskipun indikasi keberadaan sesar telah diidentifikasi secara geologi, kajian mengenai struktur bawah permukaan wilayah Tempuran masih terbatas, terutama yang menggunakan metode geofisika. Keterbatasan ini menyebabkan kurangnya informasi mengenai keberadaan dan pola sesar yang berperan dalam dinamika geologi wilayah ini. Interaksi antara struktur sesar dan sistem panas bumi di wilayah ini masih belum dipahami secara menyeluruh, sehingga penelitian lebih lanjut diperlukan untuk mengidentifikasi karakteristik bawah permukaan dan hubungan antara sesar dengan panas bumi di Tempuran, Magelang, Jawa Tengah.

Metode geofisika merupakan pendekatan yang efektif untuk mempelajari struktur bawah permukaan, termasuk dalam mendekripsi pola sesar [11]. Salah satu metode yang umum digunakan adalah metode gravitasi, yang memungkinkan pemetaan distribusi densitas batuan bawah permukaan berdasarkan variasi medan gravitasi [12]). Teknik ini telah digunakan dalam berbagai penelitian untuk identifikasi sesar dan pendekripsi intrusi magma [13], [14]. Prinsip dasar metode gravitasi adalah mengukur variasi medan gravitasi yang terjadi akibat distribusi densitas batuan di bawah permukaan [12]. Massa yang berbeda di bawah permukaan akan menyebabkan variasi dalam anomali gravitasi [15]. Nilai anomali ini merepresentasikan perbedaan densitas, bentuk, dan kedalaman sumber anomali [12]. Dalam penelitian ini, digunakan data *gravity disturbance* atau *Free-Air Anomaly* (FAA) dari *Global Gravity Model Plus* (GGMplus), yang memiliki resolusi tinggi (~220 meter), lebih unggul dibandingkan model gravitasi berbasis satelit lainnya [16]. Dengan resolusi yang lebih tinggi, data GGMplus memungkinkan pemetaan anomali gravitasi secara lebih akurat, sehingga dapat digunakan untuk mengidentifikasi pola sesar dan struktur bawah permukaan di area Tempuran.

METODE PENELITIAN

Data dan Lokasi Penelitian

Penelitian ini menggunakan data gravitasi satelit GGMplus untuk menganalisis struktur bawah permukaan di area manifestasi panas bumi Tempuran, Magelang, Jawa Tengah, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2. Batas daerah penelitian dalam koordinat UTM adalah 399519,6448 mT – 416401,6443 mT dan 9168304,02 mU – 9153904,038 mU (Gambar 2).

Data gravitasi GGMplus yang digunakan adalah data *gravity disturbance* atau *Free-Air Anomaly* (FAA) yang diunduh dari laman <https://ddfe.curtin.edu.au/gravitymodels/GGMplus/>. Spasi data GGMplus yang digunakan adalah ~220 meter dengan jumlah data sebanyak 5.082 data.

1) Koreksi Bouguer

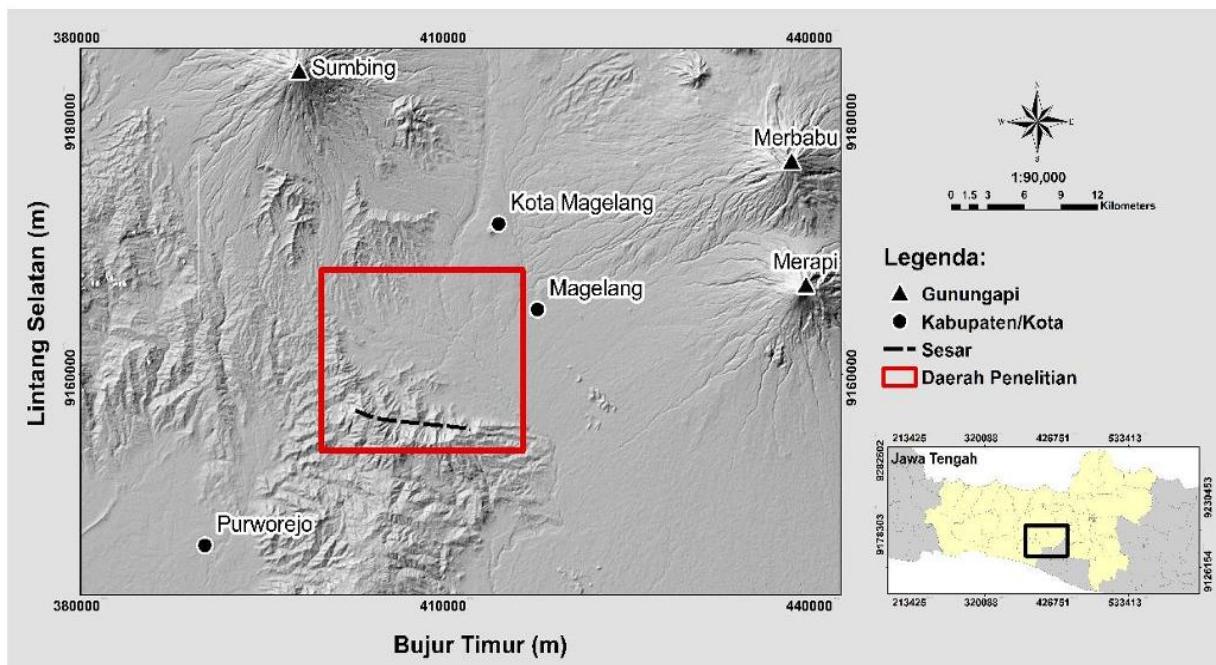
Anomali gravitasi *free-air* belum memperhitungkan seluruh massa di antara datum sferoida dan permukaan tanah. Massa bukit yang berada di atas datum atau lembah di bawah datum akan mempengaruhi nilai gravitasi. Hal tersebut berakibat meningkatkan nilai gravitasi yang terukur. Koreksi Bouguer dilakukan untuk menghilangkan efek massa dengan mengasumsikan bahwa bumi itu datar dan lapisan batuan merupakan lempengan horizontal

dengan densitas sama memanjang tak terhingga ke segala arah [11]. Persamaan koreksi Bouguer ditunjukkan oleh persamaan (1).

$$g_{BOU} = 2\pi G \rho h_{top} \quad (1)$$

dengan g_{BOU} adalah koreksi Bouguer ($mGal$), h_{top} adalah tinggi (m) terhadap referensi sferoid atau tebal *slab*, ρ adalah densitas Bouguer (kg/m^3), dan G adalah konstanta gravitasi. Densitas Bouguer rata-rata yang sering digunakan adalah $2,67 g/cm^3$. Nilai densitas tersebut digunakan dalam penelitian ini yang berdasarkan pada rata-rata densitas umum. Sehingga, persamaan koreksi Bouguer dapat ditunjukkan pada persamaan (2) [11].

$$g_{BOU} = 0.4192 \rho h_{top} \quad (2)$$



Gambar 2. Peta Digital Elevation Model (DEM) Daerah Penelitian

2) Koreksi Terrain

Koreksi terrain diperlukan untuk menghilangkan efek topografi seperti bukit dan lembah, yang dapat mempengaruhi hasil perhitungan gravitasi [17]. Topografi yang lebih tinggi dari titik pengukuran dapat meningkatkan nilai gravitasi yang terukur, sedangkan lembah di bawah titik pengukuran dapat menurunkannya [11].

Koreksi terrain dilakukan menggunakan *Hammer Chart*, yang membagi area sekitar titik pengukuran ke dalam beberapa zona dengan membandingkan elevasi tiap zona terhadap titik pengukuran. Koreksi medan dihitung berdasarkan zona dekat, zona tengah dan zona jauh. Di zona dekat, algoritma menghitung efek dari empat sisi segitiga miring yang menggambarkan permukaan antara titik data gravitasi dan elevasi di setiap sudut diagonal. Di zona tengah, efek medan dihitung untuk setiap titik dengan menggunakan pendekatan metode prisma dari [18]. Di zona jauh, efek medan diturunkan berdasarkan pendekatan metode segment cincin melingkar ke prisma persegi dari [19]. Persamaan koreksi terrain ditunjukkan pada persamaan (3).

$$ABL = FAA - g_{BOU} + TC \quad (3)$$

Analisis Data Gravitas

Setelah memperoleh Anomali Bouguer Lengkap (ABL), dilakukan analisis lebih lanjut untuk memahami struktur bawah permukaan di daerah penelitian. Tahapan ini mencakup kontinuasi ke atas dan forward modelling (pemodelan 2D).

1) Kontinuasi ke Atas (*Upward Continuation*)

Kontinuasi ke atas digunakan untuk memisahkan anomali regional dan anomali lokal dari data gravitasi. Teknik ini dilakukan dengan memproyeksikan nilai gravitasi ke ketinggian yang lebih tinggi, sehingga memungkinkan anomali dari sumber dalam (regional) terpisah dari sumber dangkal (lokal). Dengan metode ini, pola anomali yang berkaitan dengan struktur sesar dan distribusi densitas batuan bawah permukaan dapat diidentifikasi lebih jelas [15].

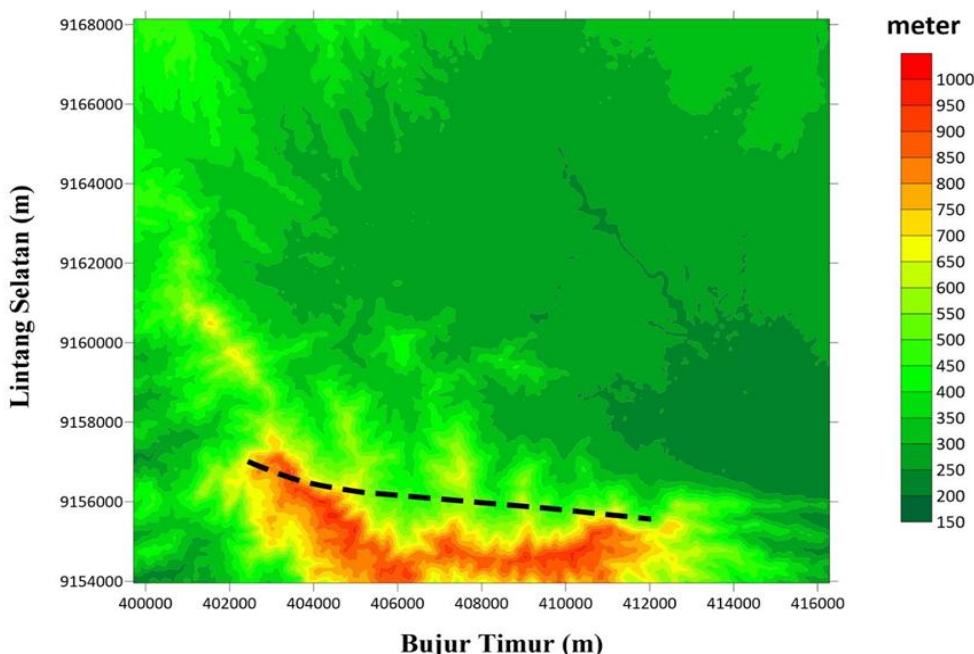
2) Forward Modeling (Pemodelan 2D)

Pemodelan 2D dilakukan untuk menginterpretasi struktur bawah permukaan berdasarkan distribusi anomali lokal gravitasi, setelah melalui proses koreksi dan kontinuasi ke atas. Proses ini dilakukan dengan membuat sayatan anomali gravitasi di lintasan tertentu pada area penelitian. Sayatan ini kemudian dikorelasikan dengan informasi geologi dari peta geologi daerah Tempuran untuk menghasilkan model geologi bawah permukaan yang lebih akurat. Pemodelan 2D yang dilakukan menggunakan model poligon *Talwani*. Hasil dari pemodelan 2D berupa informasi tentang pola sesar, ketebalan formasi batuan, serta distribusi densitas batuan bawah permukaan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Bagian ini menyajikan hasil penelitian beserta pembahasan yang dilakukan oleh para penulis. Hasil penelitian dapat dilengkapi dengan tabel, grafik, gambar, dan sebagainya. Pembahasan yang dilakukan dapat berupa hasil pengolahan data, interpretasi penemuan secara ilmiah dan logis, komparasi dengan penelitian sejenis lainnya, atau proyeksi dampak dari penelitian.

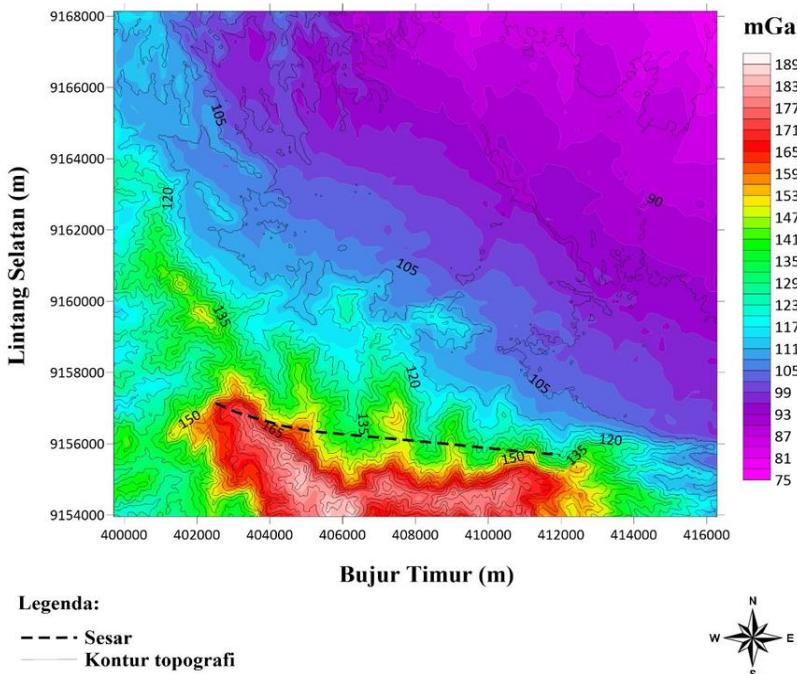
Peta kontur topografi daerah penelitian ditunjukkan seperti pada Gambar 3. Peta tersebut menunjukkan bahwa daerah paling rendah pada area penelitian ditunjukkan oleh warna hijau tua yaitu pada bagian timur dan barat daya. Sedangkan, daerah yang tinggi ditunjukkan oleh warna merah yang terletak di selatan area penelitian dan merupakan bagian dari Pegunungan Menoreh. Pada bagian utara Pegunungan Menoreh terdapat sesar yang masih diprediksi yang menjadi fokus dalam penelitian ini.



Gambar 3. Peta topografi daerah penelitian dengan prediksi sesar yang menjadi fokus penelitian ini

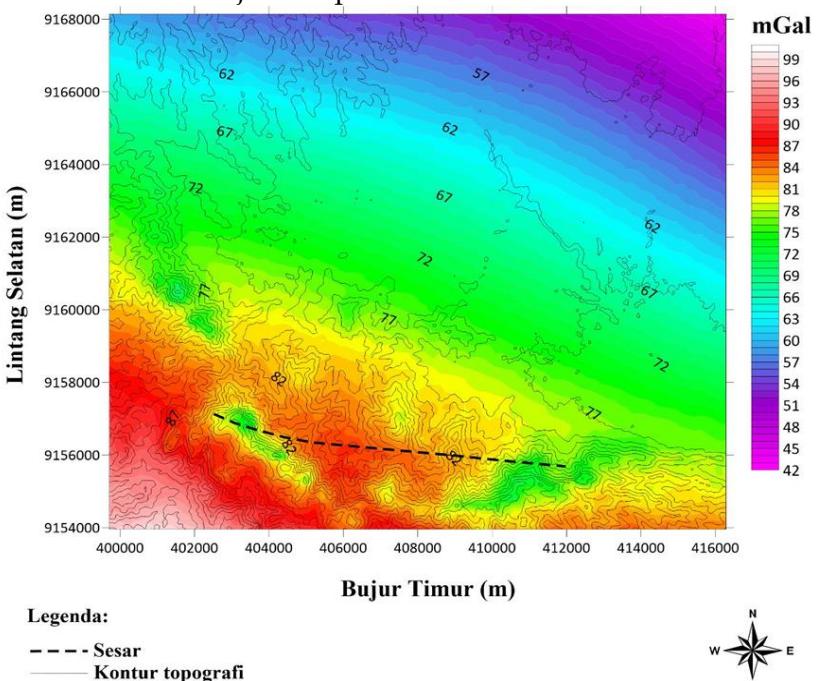
Data gravitasi dari GGMplus disajikan dalam bentuk *gravity disturbance* atau anomali *free-air*. Peta kontur anomali *free-air* hasil perhitungan ditunjukkan pada Gambar 4. Anomali *free-air* tersebut menunjukkan bahwa semakin rendah ketinggian topografi maka nilai anomali *free-air*

di titik tersebut akan semakin rendah. Begitu juga sebaliknya, semakin tinggi topografi maka nilai anomali free-air di titik tersebut juga akan semakin tinggi. Hal ini terjadi karena koreksi free-air belum memperhitungkan massa antara geoid hingga ke permukaan topografi.



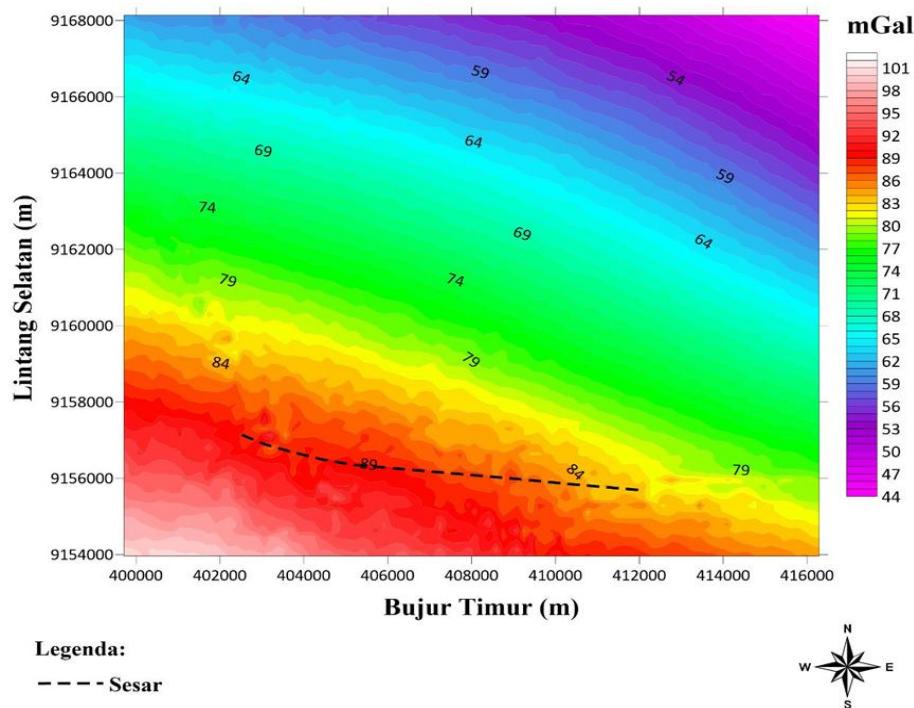
Gambar 4. Peta kontur anomali free-air GGMplus daerah penelitian yang di overlay dengan kontur topografi

Anomali Bouguer Sederhana merupakan hasil dari anomali yang telah dilakukan pengurangan seluruh efek massa yang terletak antara datum sferoida dan permukaan tanah atau pada titik data. Efek masa tersebut diperhitungkan dengan koreksi Bouguer. Besar nilai densitas yang digunakan dalam penelitian ini untuk koreksi Bouguer sebesar $2,67 \text{ g/cm}^3$. Peta kontur Anomali Bouguer Sederhana ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Peta kontur anomali Bouguer daerah penelitian yang di overlay dengan kontur topografi

Pada Anomali Bouguer Sederhana belum memperhitungkan massa akibat perbedaan topografi pada daerah penelitian. Koreksi terrain diterapkan untuk memperhitungkan hal tersebut. Anomali yang telah terkoreksi Bouguer dan terkoreksi terrain disebut sebagai Anomali Bouguer Lengkap. Peta kontur Anomali Bouguer Lengkap ditunjukkan seperti pada Gambar 6.



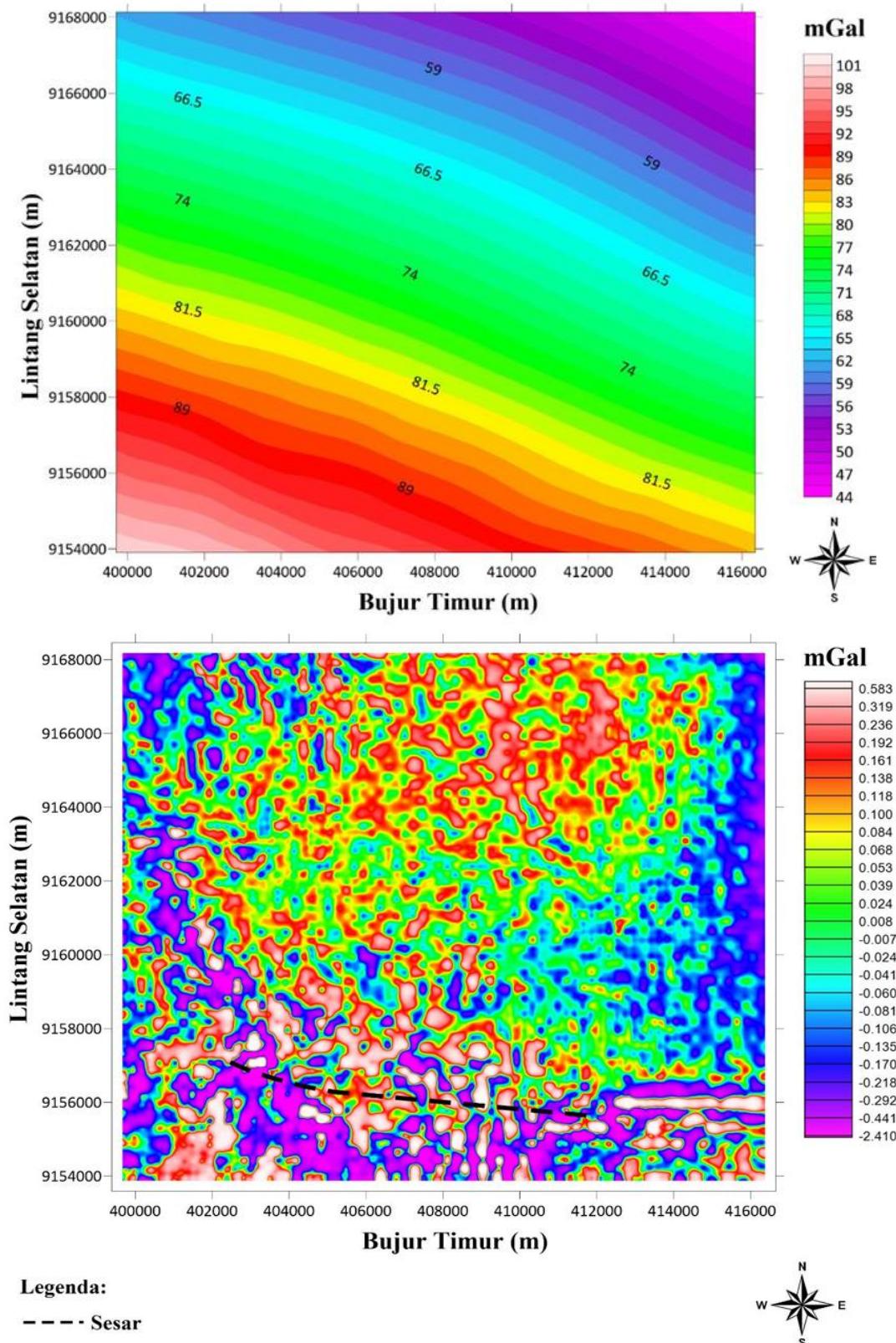
Gambar 6. Peta kontur anomali bouguer Lengkap daerah penelitian

Nilai Anomali Bouguer Lengkap pada area penelitian memiliki rentang nilai yang berkisar antara 44 mGal sampai 101 mGal. Daerah yang berwarna merah hingga putih merupakan daerah dengan nilai Anomali Bouguer Lengkap tinggi. Letaknya di bagian selatan dan meluas di bagian barat daya daerah penelitian yang menempati bagian dari Pegunungan Menoreh. Berdasarkan peta geologi pada Gambar 6, anomali tinggi pada daerah tersebut terkait dengan batuan penyusun pada area yang didominasi oleh batuan beku. Batuan beku umumnya lebih padat daripada batuan sedimen sehingga memiliki anomali yang lebih besar. Sedangkan daerah dengan nilai Anomali Bouguer Lengkap rendah ditunjukkan oleh warna ungu yang terletak di bagian timur laut area penelitian yang menempati dataran rendah. Berdasarkan peta geologi pada Gambar 15, anomali rendah pada daerah tersebut terkait dengan batuan penyusun pada area yang didominasi oleh endapan gunungapi. Batuan sedimen umumnya kurang padat daripada batuan beku sehingga memiliki anomali yang lebih rendah.

Anomali Bouguer Lengkap merupakan anomali total yang terdiri dari anomali lokal dan regional. Metode untuk memisahkan anomali regional dan lokal dengan cara *upward continuation* (kontinuasi ke atas). Hasil dari kontinuasi ke atas adalah anomali regional. Sedangkan anomali lokal didapatkan dari pengurangan Anomali Bouguer Lengkap dengan anomali regional. Nilai anomali regional (Gambar 7) pada area penelitian memiliki rentang nilai yang berkisar antara 44 mGal sampai 101 mGal.

Nilai anomali lokal daerah penelitian (Gambar 13b) memiliki rentang nilai yang berkisar antara -2,41 mGal sampai 3,29 mGal. Daerah yang berwarna merah hingga putih merupakan daerah dengan nilai anomali lokal tinggi. Sedangkan daerah yang berwarna ungu merupakan daerah dengan nilai anomali lokal rendah. Anomali rendah menempati daerah penelitian di bagian selatan yang memanjang ke bagian barat dan timur. Pola anomali rendah pada bagian selatan mengindikasikan daerah dataran tinggi yaitu keberadaan dari bagian Pegunungan Menoreh. Sedangkan anomali tinggi menempati daerah penelitian bagian utara area penelitian.

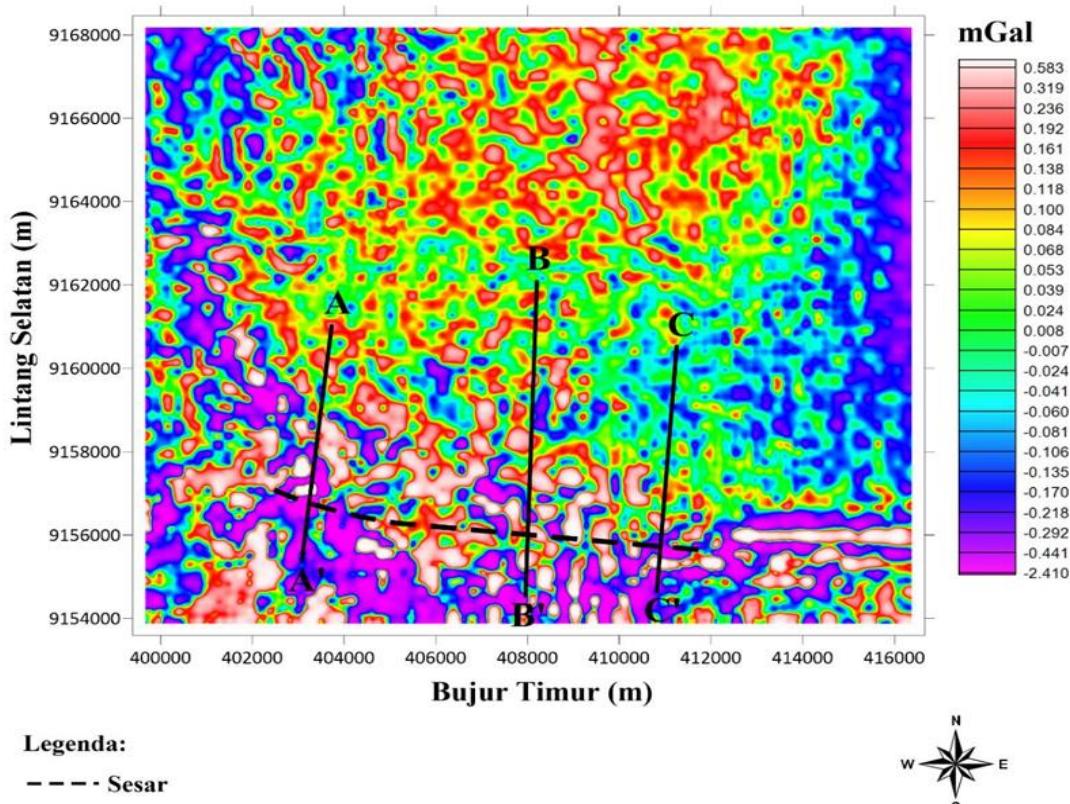
Selain itu, anomali tinggi juga terletak di sekitar sesar yaitu pada bagian utara dan barat daya dari sesar yang diindikasikan adanya intrusi.



Gambar 7. Peta kontur anomali regional (atas) dan peta kontur anomali lokal daerah penelitian (bawah)

Pada bagian tenggara area penelitian, terdapat kontras anomali yang menunjukkan pola memanjang dan melengkung ke arah barat. Pola dengan kontras anomali tinggi dan anomali rendah tersebut identik dengan keberadaan struktur geologi sesar. Sehingga, diduga keberadaan sesar juga terletak di bagian tenggara area penelitian tepatnya berada di bagian timur dari sesar yang ditunjukkan oleh garis putus-putus.

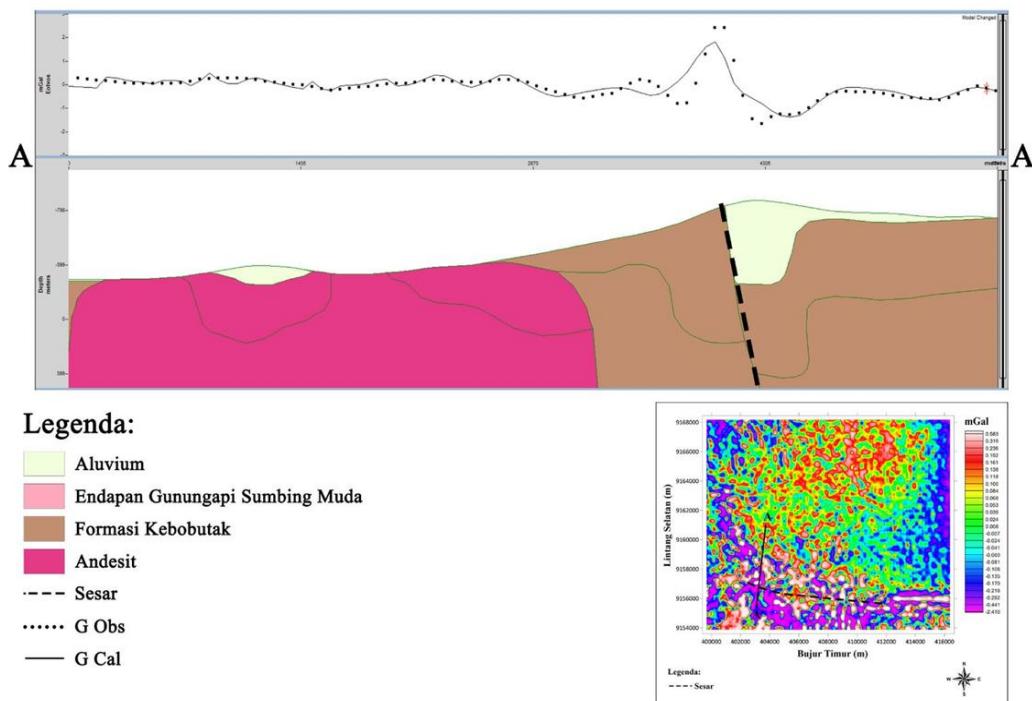
Pemodelan bawah permukaan pada daerah penelitian dilakukan untuk mengetahui kondisi bawah permukaan sesuai jalur lintasan pada target penelitian. Pembuatan model geologi bawah permukaan dengan metode forward modeling 2D. Anomali lokal digunakan dalam pemrosesan ini sebagai sampel nilai anomali yang akan dimodelkan dengan cara dilakukan sayatan pada peta kontur anomali lokal. Pemodelan dilakukan sebanyak 3 lintasan sayatan yang memotong sesar seperti yang ditunjukkan pada Gambar 14 yaitu sayatan A-A', B-B', dan C-C'. Ketiga sayatan tersebut berarah dari utara ke selatan. Informasi geologi digunakan dalam proses pembuatan model bawah permukaan yaitu berupa informasi jenis batuan, densitas setiap batuan dan kondisi dari permukaan. Informasi jenis batuan yang ada di daerah penelitian didapatkan dari peta geologi seperti yang ditunjukkan pada Gambar 15.



Gambar 8. Peta Kontur Anomali Lokal Daerah Penelitian dengan Lintasan Sayatan

Hasil model sayatan A-A' ditunjukkan seperti pada Gambar 16 dengan kedalaman 500 m. Pemodelan sayatan A-A' ini memiliki nilai *error* sebesar 0,34%. Pada sayatan ini didominasi oleh dua jenis batuan dengan adanya variasi dari densitas pada setiap jenis batuan yaitu formasi Kebobutak dan batuan intrusi andesit. Terdapat batuan dengan nilai densitas sebesar 1,75 g/cm³ – 2,76 g/cm³ yang diketahui sebagai formasi Kebobutak yaitu batuan berwarna coklat. Terdapat batuan dengan nilai densitas sebesar 2,40 g/cm³ – 2,77 g/cm³ yang diketahui sebagai intrusi andesit yang mencapai permukaan. Di bagian atas intrusi andesit dan formasi Kebobutak terdapat batuan dengan nilai densitas sebesar 1,00 g/cm³ – 1,60 g/cm³ yang diketahui sebagai aluvium yaitu ditunjukkan oleh batuan berwarna kuning. Pada bagian formasi Kebobutak terdapat sesar turun yang ditunjukkan dengan garis hitam putus-putus. Sesar turun ini terjadi karena adanya pergerakan akibat gaya tarik sehingga terdapat begian blok batuan yang bergerak relatif turun. Pada model sayatan A-A', bagian dari sesar yang mengalami penurunan (*hanging*

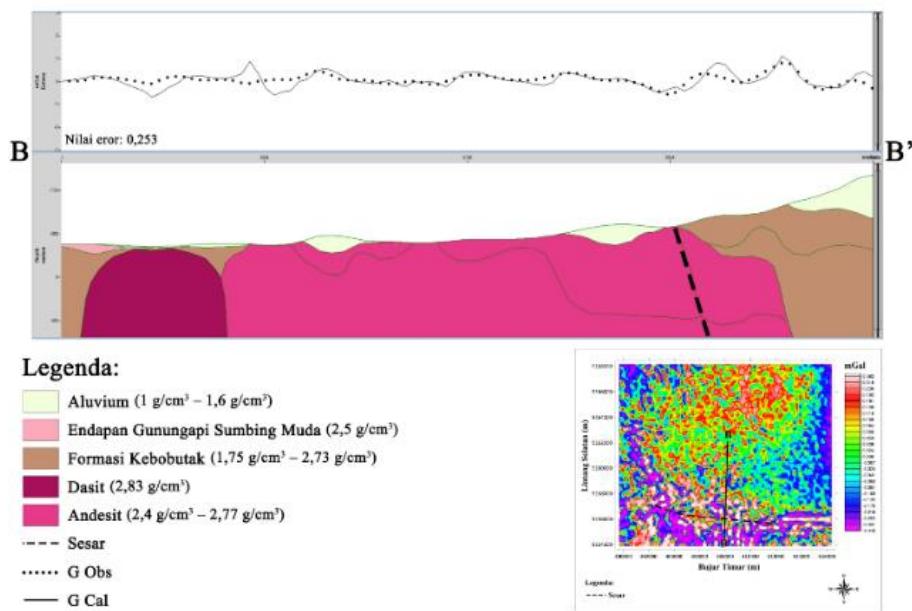
wall) terletak di sebelah kanan. Sedangkan bagian sesar yang relatif tetap (foot wall) berada di sebelah kiri. Diduga pada bagian atas sesar yang mengalami penurunan yaitu formasi Kebobutak terisikan oleh aluvium, sesuai dengan peta geologi.



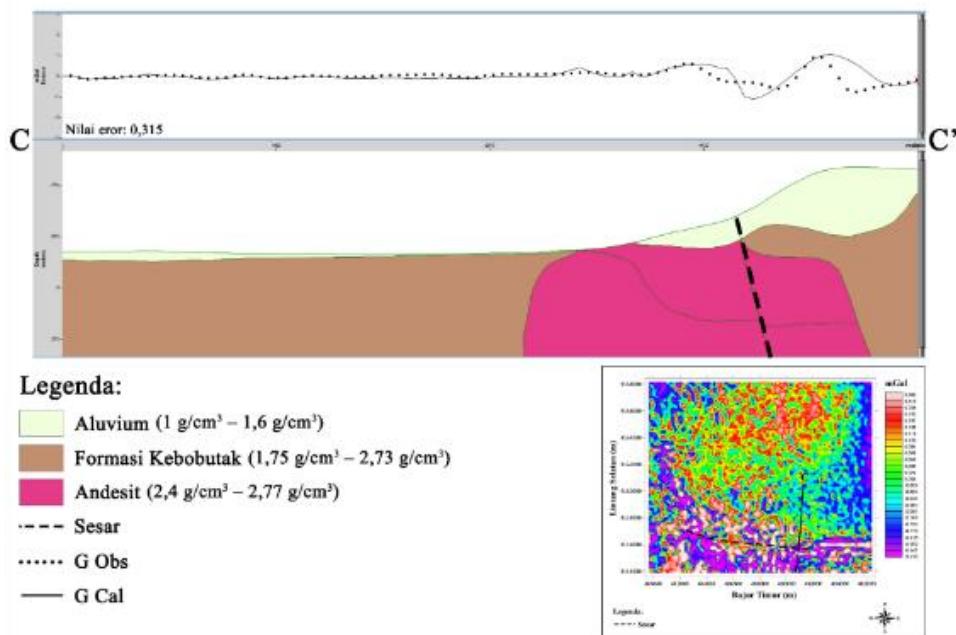
Gambar 9. Model Bawah Permukaan Sayatan A-A'

Hasil model sayatan B-B' ditunjukkan seperti pada Gambar 17 dengan kedalaman model 500 m. Pemodelan sayatan B-B' ini memiliki nilai *error* sebesar 0,25%. Pada sayatan ini didominasi oleh batuan intrusi andesit dengan adanya variasi dari densitas pada batuan tersebut. Terdapat batuan dengan nilai densitas sebesar $1,75 \text{ g/cm}^3 - 2,76 \text{ g/cm}^3$ yang diketahui sebagai formasi Kebobutak yaitu batuan berwarna coklat. Terdapat batuan dengan nilai densitas sebesar $2,4 \text{ g/cm}^3 - 2,77 \text{ g/cm}^3$ yang diketahui sebagai intrusi andesit yang mencapai permukaan. Di bagian atas intrusi andesit dan formasi Kebobutak terdapat batuan dengan nilai densitas sebesar $1 \text{ g/cm}^3 - 1,6 \text{ g/cm}^3$ yang diketahui sebagai aluvium yaitu ditunjukkan oleh batuan berwarna kuning. Di atas formasi Kebobutak bagian kiri terdapat batuan dengan densitas sebesar $2,5 \text{ g/cm}^3$ yang diketahui sebagai endapan Gunungapi Sumbing Muda yaitu batuan berwarna merah muda. Pada bagian kiri terdapat batuan dengan nilai densitas sebesar $2,83 \text{ g/cm}^3$ yang diketahui sebagai intrusi dasit yang menerobos andesit dan formasi Kebobutak. Intrusi dasit ini tidak mencapai ke permukaan. Pada bagian intrusi andesit dan formasi Kebobutak sebelah kanan terdapat sesar turun yang ditunjukkan oleh garis hitam putus-putus. Bagian dari sesar yang mengalami penurunan terletak di sebelah kanan. Sedangkan bagian sesar yang relatif tetap berada di sebelah kiri.

Hasil model sayatan C-C' ditunjukkan seperti pada Gambar 18 dengan kedalaman model 500 m. Pemodelan sayatan C-C' ini memiliki nilai *error* sebesar 0,32%. Pada sayatan ini didominasi oleh formasi Kebobutak dengan adanya variasi dari densitas pada setiap jenis batuan. Terdapat batuan dengan nilai densitas sebesar $1,75 \text{ g/cm}^3 - 2,76 \text{ g/cm}^3$ yang diketahui sebagai formasi Kebobutak yaitu batuan berwarna coklat. Terdapat batuan dengan nilai densitas sebesar $2,40 \text{ g/cm}^3 - 2,77 \text{ g/cm}^3$ yang diketahui sebagai intrusi andesit yang mencapai permukaan. Di bagian atas intrusi andesit dan formasi Kebobutak terdapat batuan dengan nilai densitas sebesar $1,00 \text{ g/cm}^3 - 1,60 \text{ g/cm}^3$ yang diketahui sebagai aluvium yaitu ditunjukkan oleh batuan berwarna kuning. Pada intrusi andesit bagian kanan, terdapat sesar turun yang ditunjukkan oleh garis hitam putus-putus. Sesar yang mengalami penurunan terletak di sebelah kanan. Sedangkan bagian sesar yang relatif tetap berada di sebelah kiri.



Gambar 10. Model Bawah Permukaan Sayatan B-B'



Gambar 11. Model Bawah Permukaan Sayatan C-C'

KESIMPULAN

Anomali Bouguer Lengkap memiliki rentang nilai yang berkisar antara 44 mGal hingga 101 mGal. Anomali tinggi berada di bagian selatan dan meluas di bagian barat daya yang berkorelasi dengan Pegunungan Menoreh. Anomali rendah berada di bagian timur laut area penelitian berkorelasi dengan dataran rendah. Model 2D menunjukkan daerah penelitian tersusun atas batuan dengan densitas $1,00 \text{ g/cm}^3 - 1,60 \text{ g/cm}^3$ yang diketahui sebagai aluvium, densitas $1,75 \text{ g/cm}^3 - 2,73 \text{ g/cm}^3$ yang diketahui sebagai formasi Kebobutak, dan densitas $2,50 \text{ g/cm}^3$ yang diketahui sebagai endapan Gunungapi Sumbing Muda. Terdapat juga batuan dengan densitas $2,40 \text{ g/cm}^3 - 2,77 \text{ g/cm}^3$ yang diketahui sebagai intrusi andesit dan densitas $2,83$

g/cm³ yang diketahui sebagai intrusi dasit. Keberadaan sesar turun terdapat pada formasi Kebobutak dan intrusi andesit dengan aluvium berada di atasnya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada semua tim yang telah membantu, mengarahkan, memberi masukan, motivasi, dukungan dan perhatiannya dalam menyelesaikan dan menulis penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. J. A. Katili, "Volcanism and plate tectonics in the Indonesian island arcs," *Tectonophysics*, vol. 26, no. 3-4, pp. 165-188, Apr. 1975, doi: 10.1016/0040-1951(75)90088-8.
- [2]. Geological Research and Development Center (GRDC), Jalan Diponegoro 57, Bandung, Indonesia and T. O. Simandjuntak, "Neogene tectonics and orogenesis of Indonesia," *Bull. Geol. Soc. Malays.*, vol. 33, pp. 43-64, Nov. 1993, doi: 10.7186/bgsm33199305.
- [3]. S. G. Prakoso, A. A. Wijaya, and F. A. A. Putra, "Indonesia's Disaster Resilience Against Volcanic Eruption: Lessons from Yogyakarta," *KnE Soc. Sci.*, Mar. 2022, doi: 10.18502/kss.v7i5.10544.
- [4]. Volcanological Survey of Indonesia, JI. Diponegoro 57, Bandung 40122, Indonesia, A. D. Wirakusumah, and R. Bacharudin, "Volcanic hazard mapping in Indonesia," *Bull. Geol. Soc. Malays.*, vol. 43, pp. 205-213, Dec. 1999, doi: 10.7186/bgsm43199922.
- [5]. *Peta sumber dan bahaya gempa Indonesia tahun 2017*, Cetakan pertama. Bandung: Pusat Penelitian dan Pengembangan Perumahan dan Permukiman, Badan Penelitian dan Pengembangan, Kementerian Pekerjaan Umum, 2017.
- [6]. A. Koulali *et al.*, "The kinematics of crustal deformation in Java from GPS observations: Implications for fault slip partitioning," *Earth Planet. Sci. Lett.*, vol. 458, pp. 69-79, Jan. 2017, doi: 10.1016/j.epsl.2016.10.039.
- [7]. P. Supendi, A. D. Nugraha, N. T. Puspito, S. Widiyantoro, and D. Daryono, "Identification of active faults in West Java, Indonesia, based on earthquake hypocenter determination, relocation, and focal mechanism analysis," *Geosci. Lett.*, vol. 5, no. 1, p. 31, Dec. 2018, doi: 10.1186/s40562-018-0130-y.
- [8]. W. Rahardjo, Sukandarrumidi, and H. M. D. Rosidi, *Peta Geologi Lembar Yogyakarta, Jawa*. Direktorat Geologi, Departemen Pertambangan Republik Indonesia., 1975.
- [9]. M. Iqbal and B. R. Juliarka, "Geothermal System in Parang Wedang, Yogyakarta, Indonesia," *J. Eng. Technol. Sci.*, vol. 54, no. 4, p. 220406, Jul. 2022, doi: 10.5614/j.eng.technol.sci.2022.54.4.6.
- [10]. Salma Khoirunnisa *et al.*, "ANALYSIS OF THE EXISTENCE OF GEOTHERMAL MANIFESTATIONS USING FAULT FRACTURE DENSITY (FFD) IN TEMPURAN DISTRICT, MAGELANG REGENCY," *KURVATEK*, vol. 9, no. 1, pp. 63-72, Apr. 2024, doi: 10.33579/krvtk.v9i1.4701.
- [11]. M. Dentith and S. T. Mudge, *Geophysics for the Mineral Exploration Geoscientist*, 1st ed. Cambridge University Press, 2014. doi: 10.1017/CBO9781139024358.
- [12]. W. J. Hinze, R. R. B. Von Frese, and A. H. Saad, *Gravity and Magnetic Exploration: Principles, Practices, and Applications*, 1st ed. Cambridge University Press, 2012. doi: 10.1017/CBO9780511843129.
- [13]. A. Barkah and Y. Daud, "Identification of structural geology at the Tangkuban Parahu geothermal area, West Java based on remote sensing and gravity data," presented at the THE 4TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON MATHEMATICS AND SCIENCE EDUCATION (ICoMSE) 2020: Innovative Research in Science and

Mathematics Education in The Disruptive Era, Malang, Indonesia, 2021, p. 040006. doi: 10.1063/5.0038809.

- [14]. U. Gunadi Putra, W. Jhanesta, and Iskandarsyah, "Interpretation of Subsurface Fault Through Multi-Level Second Vertical Derivative Gravitational Data in Bittuang Geothermal Working Area, South Sulawesi, Indonesia," *J. Geosci. Eng. Environ. Technol.*, vol. 6, no. 4, pp. 184–191, Dec. 2021, doi: 10.25299/jgeet.2021.6.4.7744.
- [15]. R. J. Blakely, *Potential Theory in Gravity and Magnetic Applications*, 1st ed. Cambridge University Press, 1995. doi: 10.1017/CBO9780511549816.
- [16]. C. Hirt, S. Claessens, T. Fecher, M. Kuhn, R. Pail, and M. Rexer, "New ultrahigh-resolution picture of Earth's gravity field," *Geophys. Res. Lett.*, vol. 40, no. 16, pp. 4279–4283, Aug. 2013, doi: 10.1002/grl.50838.
- [17]. W. M. Telford, L. P. Geldart, and R. E. Sheriff, *Applied geophysics*, 2. ed., [Repr.], Transferred to digital print. Cambridge: Cambridge Univ. Pr, 2004.
- [18]. D. Nagy, "The prism method for terrain corrections using digital computers," *Pure Appl. Geophys.*, vol. 63, no. 1, pp. 31–39, Dec. 1966, doi: 10.1007/BF00875156.
- [19]. M. F. Kane, "A COMPREHENSIVE SYSTEM OF TERRAIN CORRECTIONS USING A DIGITAL COMPUTER," *GEOPHYSICS*, vol. 27, no. 4, pp. 455–462, Aug. 1962, doi: 10.1190/1.1439044.