



Identifikasi Struktur Patahan Daerah Panas Bumi Gunung Tampomas Berdasarkan *Derivative Analysis* dan *Forward Modelling 2.5D* dengan Metode Gravitasi

Identification of Fault Structure in the Mount Tampomas Geothermal Area Based on Derivative Analysis and 2.5D Forward Modelling Using the Gravity Method

Sultan Ahmad Syarifuddin^{1*}, Suharsono¹, Iqbal Takodama²

¹UPN Veteran Yogyakarta

²Pusat Sumber Daya Mineral, Batubara dan Panas Bumi Kementerian ESDM RI

*Email : sultanahmad.sya@gmail.com

Submit: 11 November 2024, Revised: 26 February 2026, Approved: 27 February 2026, Online: 17 March 2026
 10.33332/jgsm.geologi.v27i1.945

Abstrak- Wilayah Panas Bumi Gunung Tampomas terletak di Kabupaten Sumedang, Provinsi Jawa Barat. Penelitian ini bertujuan untuk menginterpretasi persebaran struktur patahan bawah permukaan berdasarkan analisis data gravitasi pada area seluas 14×14 km. Analisis anomali gravitasi residual menunjukkan keberadaan anomali gravitasi rendah di bagian tengah tubuh gunung api, yang diinterpretasikan sebagai zona densitas rendah yang berkaitan dengan jalur naik magma pada sistem vulkanik. Hasil *derivative analysis* yang dikorelasikan dengan data geologi permukaan mengindikasikan keberadaan struktur patahan berupa sesar turun, sesar mendatar, dan sesar naik yang didominasi oleh struktur patahan akibat aktivitas gunung api. Pemodelan maju (*forward modelling*) pada beberapa sayatan menghasilkan distribusi densitas litologi bawah permukaan yang meliputi Formasi Subang ($2,40 \text{ g/cm}^3$), Formasi Kaliwangu ($2,35 \text{ g/cm}^3$), breksi lahar gunung api tua ($2,85 \text{ g/cm}^3$), pasir tufan hasil gunung api tak teruraikan ($2,55 \text{ g/cm}^3$), tuf berbatu apung ($2,60 \text{ g/cm}^3$), breksi dan aglomerat ($2,70 \text{ g/cm}^3$), serta lava gunung api muda ($2,50 \text{ g/cm}^3$). Hasil penelitian ini memberikan gambaran awal mengenai karakteristik struktur patahan bawah permukaan Wilayah Panas Bumi Gunung Tampomas berdasarkan metode gravitasi.

Kata Kunci : gravitasi, panas bumi, Tampomas, *derivative analysis*, *forward modelling*

Abstract- The Mount Tampomas Geothermal Area is located in Sumedang Regency, West Java Province. This study aims to interpret the distribution of subsurface fault structures based on gravity data analysis over an area of $14 \times 14 \text{ km}^2$. Residual gravity anomaly analysis reveals the presence of a low gravity anomaly in the central part of the volcanic edifice, which is interpreted as a low-density zone associated with a magma ascent pathway within the volcanic system. The results of derivative analysis, correlated with surface geological data, indicate the presence of fault structures comprising normal faults, strike-slip faults, and reverse faults, which represent structural patterns predominantly controlled by volcanic activity. Forward modelling applied to several profiles yields the subsurface lithological density distribution, including the Subang Formation (2.40 g/cm^3), Kaliwangu Formation (2.35 g/cm^3), old volcanic lahar breccia (2.85 g/cm^3), undifferentiated volcanoclastic tuffaceous sand (2.55 g/cm^3), pumiceous tuff (2.60 g/cm^3), breccia and agglomerate (2.70 g/cm^3), and young volcanic lava (2.50 g/cm^3). The results of this study provide a preliminary characterization of subsurface fault structures in the Mount Tampomas Geothermal Area based on gravity methods.

Keywords : gravity, geothermal, Tampomas, *derivative analysis*, *forward modelling*

PENDAHULUAN

Struktur patahan merupakan salah satu komponen dalam sistem panas bumi yang dapat berfungsi sebagai zona permeabel bagi reservoir, sebagai zona penyekat (*sealing*), maupun sebagai jalur munculnya manifestasi panas bumi di permukaan. Oleh karena itu, identifikasi struktur patahan menjadi tahapan krusial dalam kegiatan eksplorasi panas bumi.

Berbagai metode geofisika digunakan untuk mengidentifikasi struktur patahan pada daerah panas bumi, salah satunya adalah metode gravitasi. Metode ini dapat diterapkan pada tahap awal kegiatan eksplorasi untuk membantu mengidentifikasi struktur geologi bawah permukaan yang menjadi target eksplorasi.

Salah satu daerah yang menjadi target eksplorasi panas bumi adalah Wilayah Panas Bumi Gunung Tampomas yang terletak di Kabupaten Sumedang, Provinsi Jawa Barat (Gambar 1). Gunung Tampomas merupakan salah satu Wilayah Kerja Panas Bumi (WKP) yang dilaporkan memiliki potensi indikatif sebesar 100 MWe (ESDM, 2020).

Meskipun demikian, kajian yang secara khusus mengidentifikasi struktur patahan bawah permukaan menggunakan metode gravitasi di wilayah Gunung Tampomas masih terbatas. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi persebaran struktur patahan serta memodelkan litologi bawah permukaan menggunakan metode gravitasi. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan gambaran awal mengenai potensi panas bumi di Wilayah Panas Bumi Gunung Tampomas.

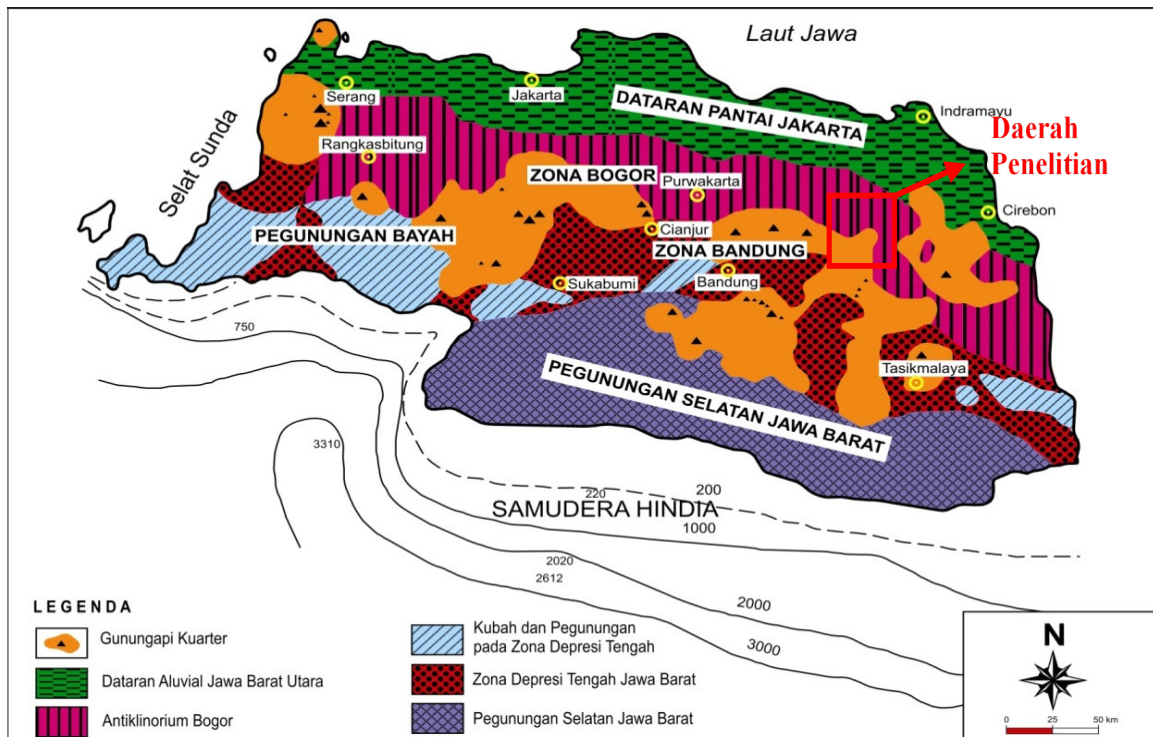


Gambar 1. Lokasi penelitian.

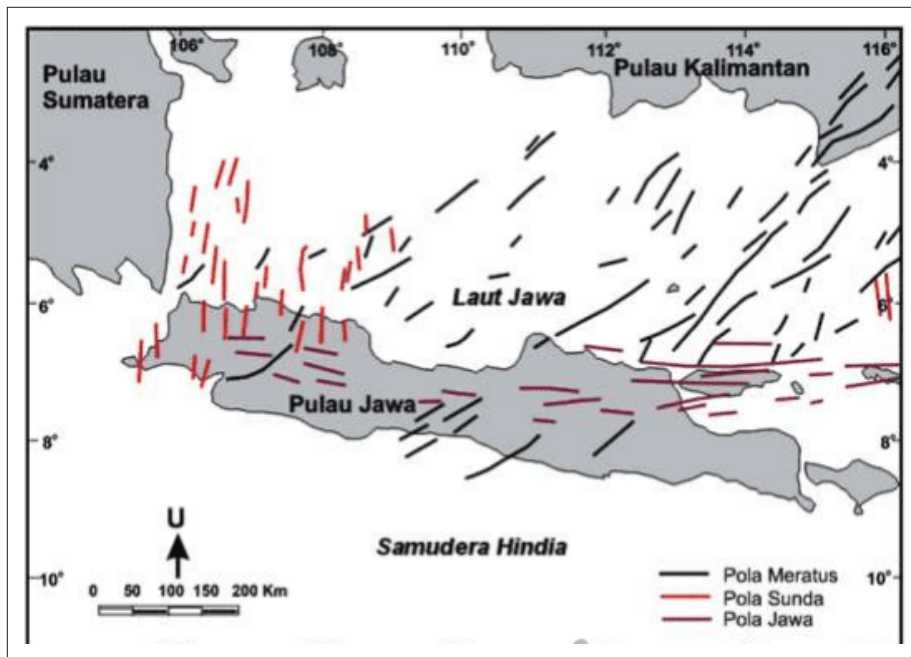
Tatanan Geologi

Menurut Van Bemmelen (1949), wilayah Pulau Jawa bagian barat terbagi menjadi enam jalur fisiografi, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 2. Daerah penelitian termasuk ke dalam Zona Antiklinorium Bogor dan Zona Jajaran Gunung Api Kuartar. Zona Antiklinorium Bogor merupakan daerah perbukitan lipatan yang tersusun oleh batuan sedimen laut dalam berumur Tersier dan membentuk suatu antiklinorium. Selain itu, pada beberapa lokasi di daerah penelitian dijumpai struktur patahan yang berkorelasi dengan keberadaan Patahan Baribis, yang diperkirakan terbentuk pada kala Pliosen–Plistosen.

Menurut Pulunggono dan Martodjojo (1994) dalam Bachri (2014), tatanan tektonik Pulau Jawa dan sekitarnya, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 3, memiliki tiga arah pola struktur dan tektonik. Secara berurutan dari tua ke muda, pola tersebut meliputi Pola Sunda yang berorientasi utara–selatan, Pola Meratus yang berorientasi timur laut–barat daya, serta Pola Jawa yang berorientasi barat–timur. Menurut Hilmi dan Haryanto (2008), terdapat tambahan arah jalur sesar yang berkembang di Pulau Jawa bagian barat, yaitu Pola Sumatra yang berorientasi barat laut–tenggara.



Gambar 2. Fisiografi Jawa bagian Barat (Van Bemmelen, 1949).

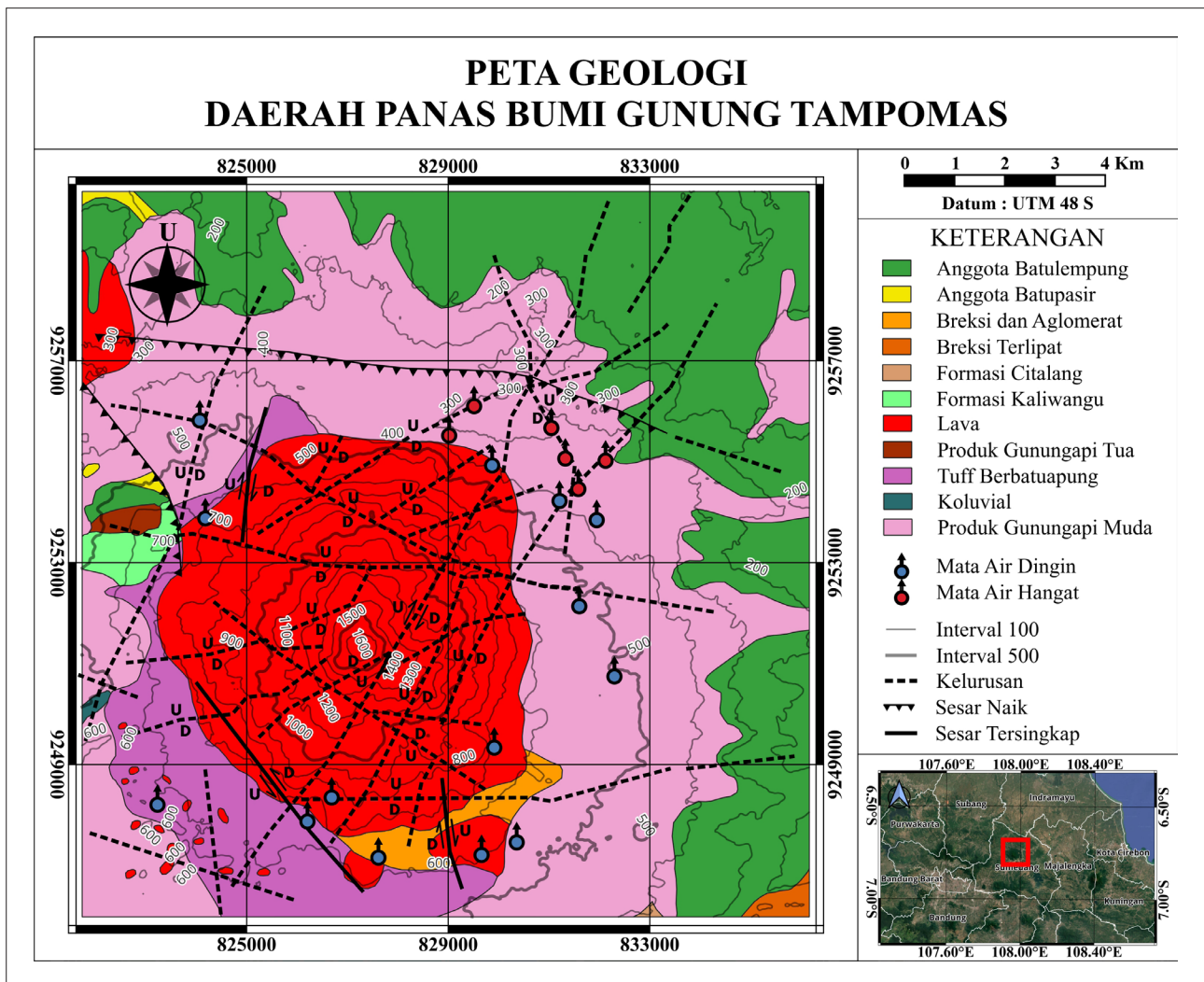


Gambar 3. Arah pola struktur (kelurusan) regional Pulau Jawa dan sekitarnya (Pulunggono dan Martodjojo, 1994, dikutip dalam Bachri, 2014).

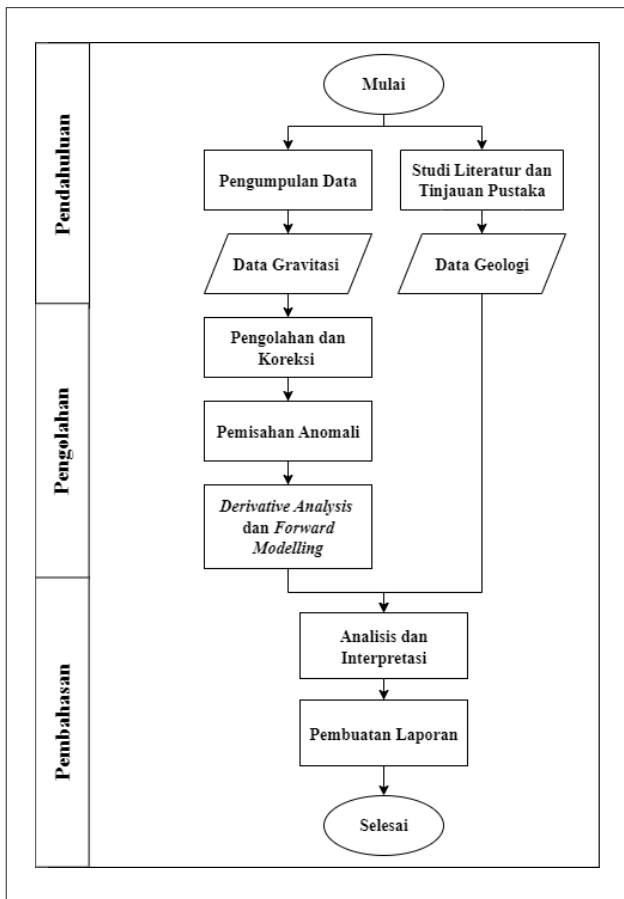
Data mengenai struktur patahan geologi lokal ditunjukkan pada Gambar 4. Interpretasi kelurusan struktur tersebut didasarkan pada hasil observasi penginderaan jauh menggunakan citra DEM dengan mempertimbangkan fitur geomorfik yang dilakukan oleh Permadi dkk. (2022), serta data struktur patahan tersingkap berdasarkan kegiatan pemetaan geologi lapangan oleh Mustofa dkk. (2021). Berdasarkan data struktur geologi lokal tersebut, daerah penelitian didominasi oleh sesar turun dan sesar mendatar yang memiliki orientasi timur laut–barat daya, barat laut–tenggara, dan utara–selatan. Sesar turun dan sesar mendatar tersebut diduga berperan sebagai sesar permeabel yang menjadi jalur perpindahan fluida panas dari sumber panas bumi. Selain itu, terdapat sesar naik berarah barat–timur yang diinterpretasikan

sebagai sesar tua yang berkorelasi dengan Patahan Baribis, yang terbentuk akibat proses subduksi pada kala Pleistosen. Sesar naik ini diduga berperan sebagai sesar *sealing* atau penyekat fluida pada sistem panas bumi Wilayah Panas Bumi Gunung Tampomas.

Data geologi lokal daerah penelitian mengacu pada Silitonga (2003) dan Djuri (2011), yang terdiri atas beberapa satuan formasi dan batuan, yaitu Anggota Batulempung Formasi Subang (Msc), Anggota Batupasir Formasi Subang (Mss), Breksi dan Aglomerat (Qyb), Breksi Terlipat (Qob), Formasi Citalang (Tpc), Formasi Kaliwangu (Pk), Lava Gunung Tampomas (Qyl), Produk Gunung Api Tua (Qvb), Tuf Berbatu Apung (Qyt), Koluvial (Qc), serta Produk Gunung Api Muda Tak Teruraikan (Qyu).



Gambar 4. Peta geologi dan struktur wilayah panas bumi Gunung Tampomas (dimodifikasi dari Mustofa dkk., 2021; Permadi, 2022; Silitonga, 2003; Djuri, 2011).



Gambar 6. Diagram tahapan penelitian.

Total Horizontal Derivative (THD)

Total Horizontal Derivative (THD), yang juga dikenal sebagai Horizontal Gradient (HG), merupakan salah satu filter dalam derivative analysis yang sering digunakan pada metode magnetik maupun gravitasi untuk membantu mengidentifikasi struktur patahan dan batas litologi. Metode ini bekerja dengan menajamkan batas anomali yang dihasilkan oleh kontras sifat fisik batuan, sehingga keberadaan struktur patahan maupun batas litologi dapat ditunjukkan oleh nilai THD yang relatif tinggi (Verduzco dkk., 2004).

Filter ini bekerja dengan cara meningkatkan nilai anomali yang dihasilkan dari batas-batas sumber anomali, sehingga dalam melakukan interpretasi struktur patahan maupun batas litologi dapat dilihat pada THD yang memiliki nilai yang tinggi. Persamaan Total Horizontal Derivative yang diterapkan pada data gravitasi dapat ditunjukkan pada persamaan berikut (Cordell, 1979):

$$THD = \sqrt{\left(\frac{\partial \Delta g}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial \Delta g}{\partial y}\right)^2} \dots\dots\dots(1)$$

Pada persamaan tersebut, THD menyatakan nilai Total Horizontal Derivative, (Δg) merupakan anomali gravitasi, ($\frac{\partial \Delta g}{\partial x}$) adalah turunan pertama anomali gravitasi terhadap arah x (timur–barat), dan ($\frac{\partial \Delta g}{\partial y}$) adalah turunan pertama anomali gravitasi terhadap arah y (utara–selatan). Nilai THD merepresentasikan perubahan lateral densitas batuan dan umumnya berasosiasi dengan keberadaan batas litologi atau struktur patahan bawah permukaan.

Tilt Derivative (TDR)

Tilt Derivative (TDR) merupakan salah satu filter pada analisis turunan (derivative analysis) yang mengombinasikan pengaruh turunan vertikal (vertical derivative) dan turunan horizontal total (Total Horizontal Derivative). Filter ini berfungsi untuk menyeimbangkan respons anomali dangkal dan dalam, sehingga pola anomali yang dihasilkan menjadi lebih tegas dan memungkinkan interpretasi sumber anomali yang berada pada kedalaman lebih dalam. Pada metode gravitasi, batas anomali TDR secara umum dapat diinterpretasikan sebagai keberadaan struktur patahan atau batas litologi, yang ditandai oleh nilai TDR mendekati nol (dalam satuan radian). Persamaan Tilt Derivative dihitung dengan membagi komponen Vertical Derivative (VDR) terhadap Total Horizontal Derivative (THD) (Verduzco dkk., 2004).

$$TDR = \arctan \left(\frac{VDR}{THD} \right) \dots\dots\dots(2)$$

Pada persamaan tersebut, TDR menyatakan nilai Tilt Derivative, VDR merupakan turunan vertikal pertama anomali gravitasi terhadap arah vertikal (z), dan THD merupakan nilai turunan horizontal total. Nilai TDR menggambarkan perbandingan antara perubahan vertikal dan horizontal anomali gravitasi, sehingga sensitif terhadap keberadaan batas litologi maupun struktur patahan bawah permukaan.

Analisis Spektrum

Analisis spektrum merupakan metode yang digunakan untuk mengestimasi kedalaman anomali berdasarkan sebaran frekuensi dari data anomali Bouguer. Estimasi kedalaman sumber anomali gravitasi sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 7, diperoleh dari kemiringan (slope) hubungan linier antara data logaritmik Power Spectrum terhadap frekuensi atau bilangan gelombang. Analisis spektrum

pada data gravitasi dapat diterapkan pada data profil maupun data grid melalui pendekatan *Radially Averaged Power Spectrum* (Sarkowi, 2014).

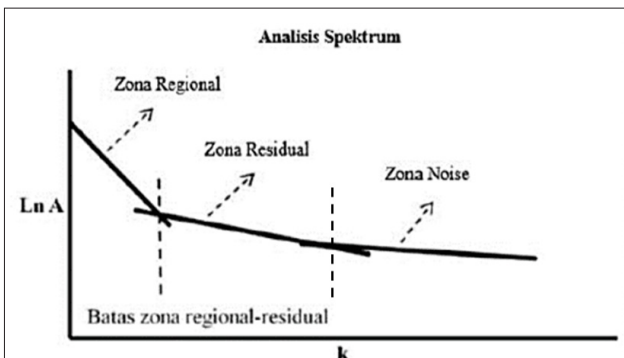
$$PS(k) = Ce^{-4\pi zf} \dots\dots\dots(3)$$

$$\ln[PS(k)] = \ln(C) - 4\pi zf \dots\dots\dots(4)$$

Pada persamaan tersebut, f merupakan frekuensi yang didefinisikan sebagai kebalikan dari panjang gelombang ($f = 1/\lambda$), dengan λ menyatakan panjang gelombang dalam satuan *cycle per unit distance*. Panjang gelombang ini berkaitan dengan bilangan gelombang k , yang dinyatakan sebagai $k = 2\pi f = 2\pi/\lambda$ dalam satuan *radian per unit distance*. Konstanta merupakan titik potong grafik *Power Spectrum* pada sumbu ordinat, sedangkan nilai $4\pi z$ merepresentasikan kemiringan (*slope*) dari hubungan linier antara $\ln[PS]$ terhadap f atau k . Berdasarkan kemiringan (*slope*) grafik tersebut, estimasi kedalaman sumber anomali gravitasi dapat dihitung menggunakan persamaan berikut (Hinze dkk., 2013):

$$z = \frac{|slope|}{4\pi} \dots\dots\dots(5)$$

Pada persamaan tersebut, z = estimasi kedalaman sumber anomali, *slope* = nilai kemiringan hasil regresi linier plot $\ln[PS]$ terhadap frekuensi atau bilangan gelombang.



Gambar 7. Grafik hubungan antara amplitudo dan bilangan gelombang untuk estimasi kedalaman (dimodifikasi dari Sarkowi, 2014).

Pemisahan Anomali (*Bandpass Filter*)

Secara sistematis, nilai anomali gravitasi (A) merupakan hasil penggabungan antara anomali regional (AR), anomali residual (Ar), dan anomali *noise* (AN) yang dihasilkan oleh sumber di bawah permukaan bumi (Hinze dkk., 2013).

$$A = AR + Ar + AN \dots\dots\dots(6)$$

Masing-masing komponen anomali tersebut memiliki peran yang berbeda dalam suatu kajian geofisika, bergantung pada target penelitian yang ingin dicapai. Pemisahan anomali bertujuan untuk mereduksi komponen bilangan gelombang tertentu yang tidak menjadi target interpretasi serta meminimalkan nilai *error* dalam analisis data gravitasi. Metode pemisahan anomali umumnya dibagi menjadi *high-pass filter*, *low-pass filter*, dan *band-pass filter*.

Pada penelitian ini, pemisahan anomali dilakukan menggunakan *band-pass filter*, yang memungkinkan proses *cutoff wavelength* berdasarkan rentang panjang gelombang anomali yang menjadi fokus penelitian. Oleh karena itu, hasil pemisahan anomali perlu dievaluasi dengan mempertimbangkan tujuan penelitian serta kondisi geologi daerah penelitian agar interpretasi yang dihasilkan tetap representatif dan tidak menimbulkan bias.

Forward Modelling

Forward modelling merupakan metode pemodelan yang digunakan untuk menghasilkan respon teoritik berdasarkan parameter model bawah permukaan tertentu. Pemodelan gravitasi 2,5D pada penelitian ini dilakukan menggunakan perangkat lunak *Geosoft Oasis Montaj*, yang mengimplementasikan formulasi matematis pemodelan gravitasi dua dimensi pada model benda bawah permukaan berbentuk acak berdasarkan pendekatan poligon yang dapat diwakili oleh suatu *polygon* yang memiliki sisi sejumlah n sebagaimana dikembangkan oleh Talwani dkk. (1959) dan dijelaskan lebih lanjut oleh Telford dkk. (1990).

HASIL DAN PEMBAHASAN

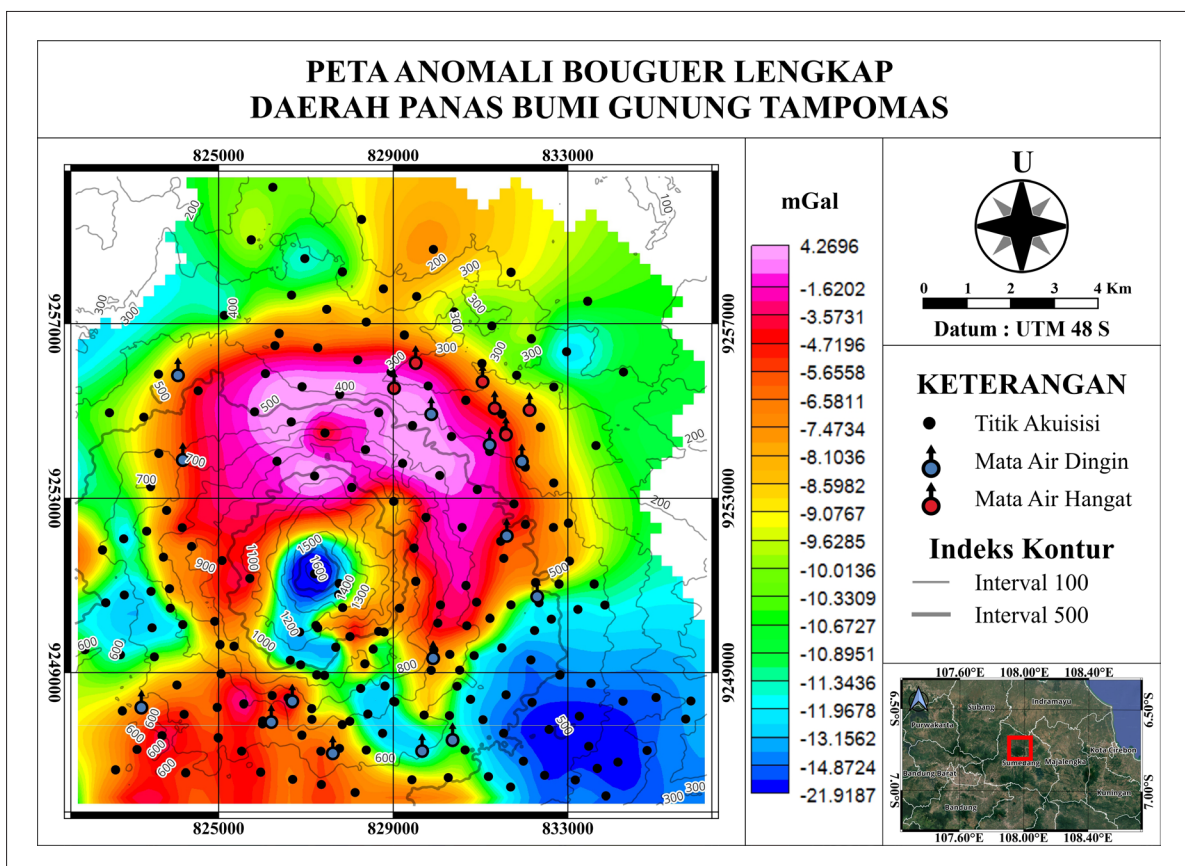
Anomali Bouguer Lengkap (ABL)

Berdasarkan peta Anomali Bouguer Lengkap (ABL) (Gambar 8), nilai anomali gravitasi Bouguer lengkap pada daerah penelitian berkisar antara $-21,9187$ hingga $4,2696$ mGal. Anomali gravitasi tinggi yang berada di bagian tengah peta ABL diinterpretasikan sebagai tubuh Gunung Tampomas yang tersusun oleh litologi berdensitas relatif tinggi, seperti batuan beku berupa lava, breksi, aglomerat, tuf, dan batuapung. Selain itu, anomali gravitasi tinggi berbentuk membulat yang berada di bagian barat daya daerah penelitian diinterpretasikan sebagai batuan berdensitas tinggi yang berada di sekitar tubuh Gunung Tampomas.

Anomali gravitasi rendah berbentuk membulat yang berada di bagian tengah tubuh Gunung Tampomas diinterpretasikan sebagai zona densitas rendah yang

berkaitan dengan jalur naik magma (*magma neck*). Zona ini diduga tersusun oleh batuan beku dengan densitas lebih rendah dibandingkan batuan di sekitarnya, yang kemungkinan dipengaruhi oleh tingkat rekahan yang tinggi serta karakter batuan yang relatif lebih muda sehingga belum mengalami proses kompaksi secara optimal. Sementara itu, anomali gravitasi rendah di bagian tenggara serta anomali sedang yang tersebar di sekitar tubuh Gunung Tampomas diinterpretasikan sebagai batuan berdensitas rendah hingga sedang, seperti batulempung Formasi Subang dan material vulkanik gunung api yang tidak teruraikan.

Secara umum, peta ABL belum memperlihatkan pola struktur geologi yang terdefinisi dengan jelas. Oleh karena itu, untuk memperoleh gambaran struktur bawah permukaan yang lebih rinci, dilakukan tahapan pemisahan anomali sebelum interpretasi struktur geologi selanjutnya.



Gambar 8. Peta Anomali Bouguer Lengkap.

Analisis Spektrum

Berdasarkan hasil analisis spektrum sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 9, diperoleh nilai kemiringan (*slope*) spektrum untuk masing-masing komponen anomali, yaitu anomali regional sebesar $-17,826$, anomali residual sebesar $-8,6587$, dan anomali *noise* sebesar $-2,6477$. Nilai kemiringan tersebut selanjutnya digunakan untuk menghitung estimasi kedalaman sumber anomali, sebagaimana dirangkum pada Tabel 1. Berdasarkan hasil perhitungan, kedalaman sumber anomali regional diperkirakan berada pada kedalaman sekitar 1,4193 km, anomali residual pada kedalaman sekitar 0,6894 km, dan anomali *noise* pada kedalaman sekitar 0,2108 km.

Tabel 1. Tabel Perhitungan *Depth Estimate*

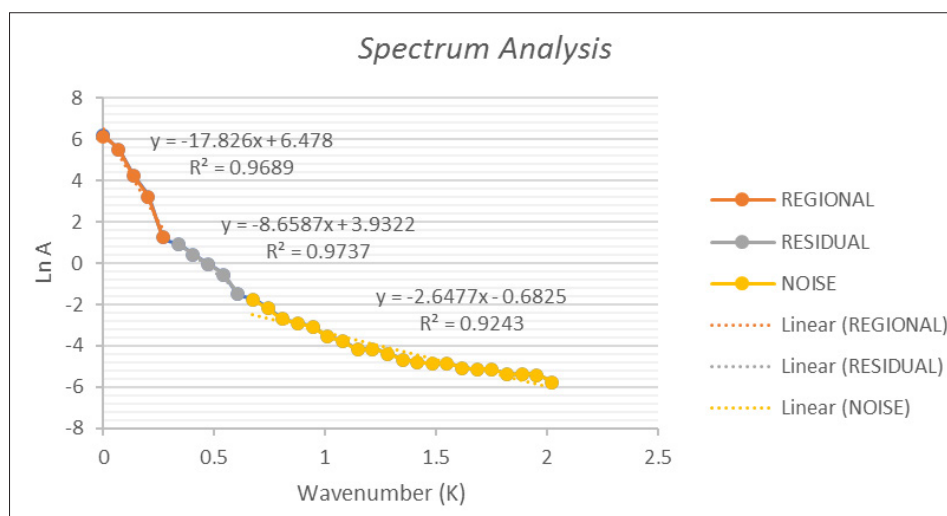
	<i>Depth Estimate</i>		
	Regional	Residual	Noise
<i>Slope</i>	-17.826	-8.6587	-2.6477
<i>Depth (km)</i>	1.4193	0.6894	0.2108

Kemudian berdasarkan analisis spektrum yang dihasilkan, didapatkan nilai bilangan gelombang pada anomali regional berada pada rentang dari 0 hingga 0,269698 *cycle/k unit*. Batas bilangan gelombang pada anomali residual berada pada rentang dari 0,337123 hingga 0,606821 *cycle/k unit*, sedangkan pada anomali *noise* berada pada rentang dari 0,674246 hingga 2,02274 *cycle/k unit*. Rentang bilangan gelombang tersebut nantinya akan digunakan

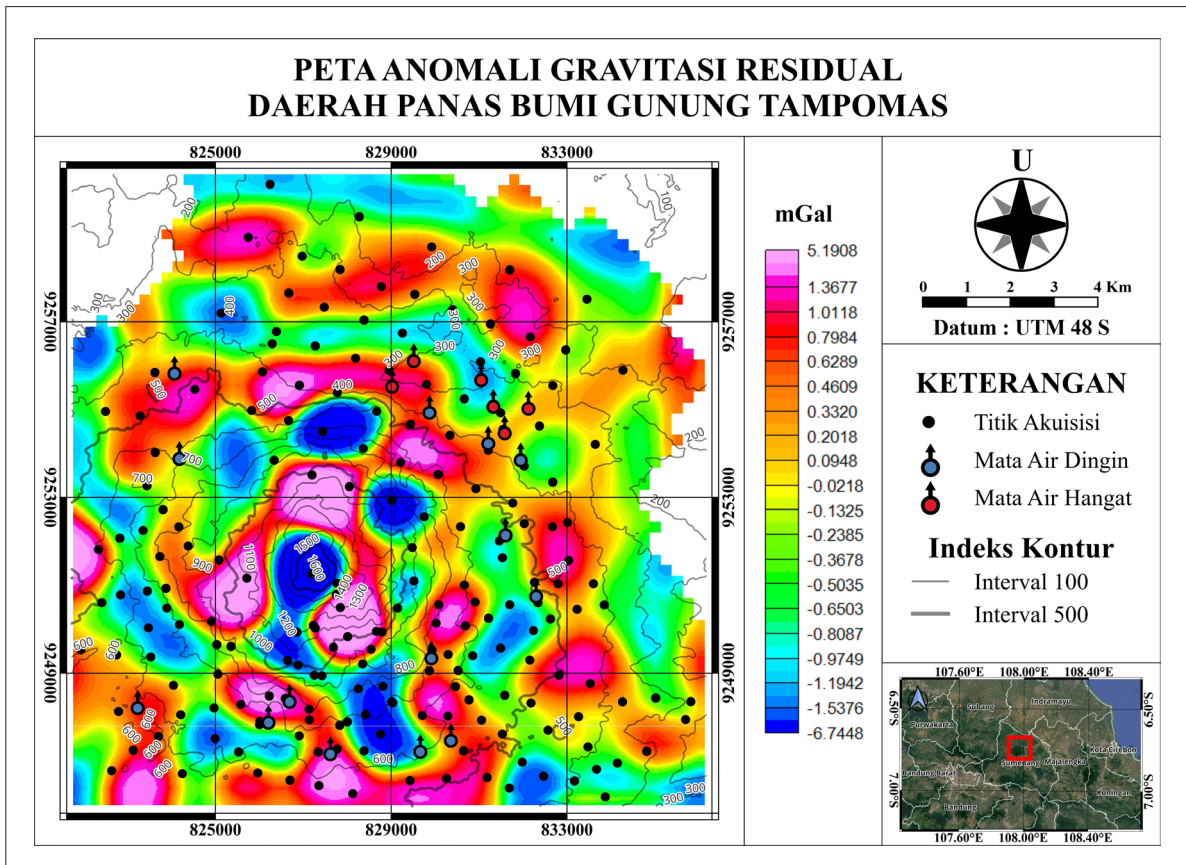
sebagai parameter input pada pemisahan anomali menggunakan *Bandpass Filter*. Berdasarkan hasil pengolahan, anomali residual menunjukkan respon yang representatif dalam menggambarkan keberadaan struktur geologi bawah permukaan daerah penelitian, yang umumnya dikontrol oleh sumber anomali dengan kedalaman relatif dangkal.

Anomali Residual

Anomali residual sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 10 memiliki rentang nilai anomali antara $-6,7448$ hingga $5,1908$ mGal. Secara fisis, anomali gravitasi tinggi umumnya berkaitan dengan keberadaan litologi berdensitas relatif tinggi atau akumulasi massa batuan tertentu pada kedalaman dangkal yang berasosiasi dengan struktur geologi bawah permukaan. Sebaliknya, anomali gravitasi rendah dapat diindikasikan oleh keberadaan litologi berdensitas rendah maupun zona batuan yang mengalami deformasi struktural, seperti rekahan intensif, sehingga menyebabkan penurunan densitas batuan. Peralihan antara zona anomali gravitasi tinggi dan anomali gravitasi rendah pada peta anomali residual dapat merepresentasikan batas kontak litologi yang berbeda atau keberadaan struktur patahan yang mengakibatkan perbedaan elevasi maupun pergeseran lapisan batuan. Oleh karena itu, interpretasi struktur geologi pada daerah penelitian selanjutnya dikorelasikan dengan hasil analisis derivatif serta data struktur geologi permukaan untuk memperkuat dan memverifikasi interpretasi yang dihasilkan.



Gambar 9. Grafik Analisis Spektral.



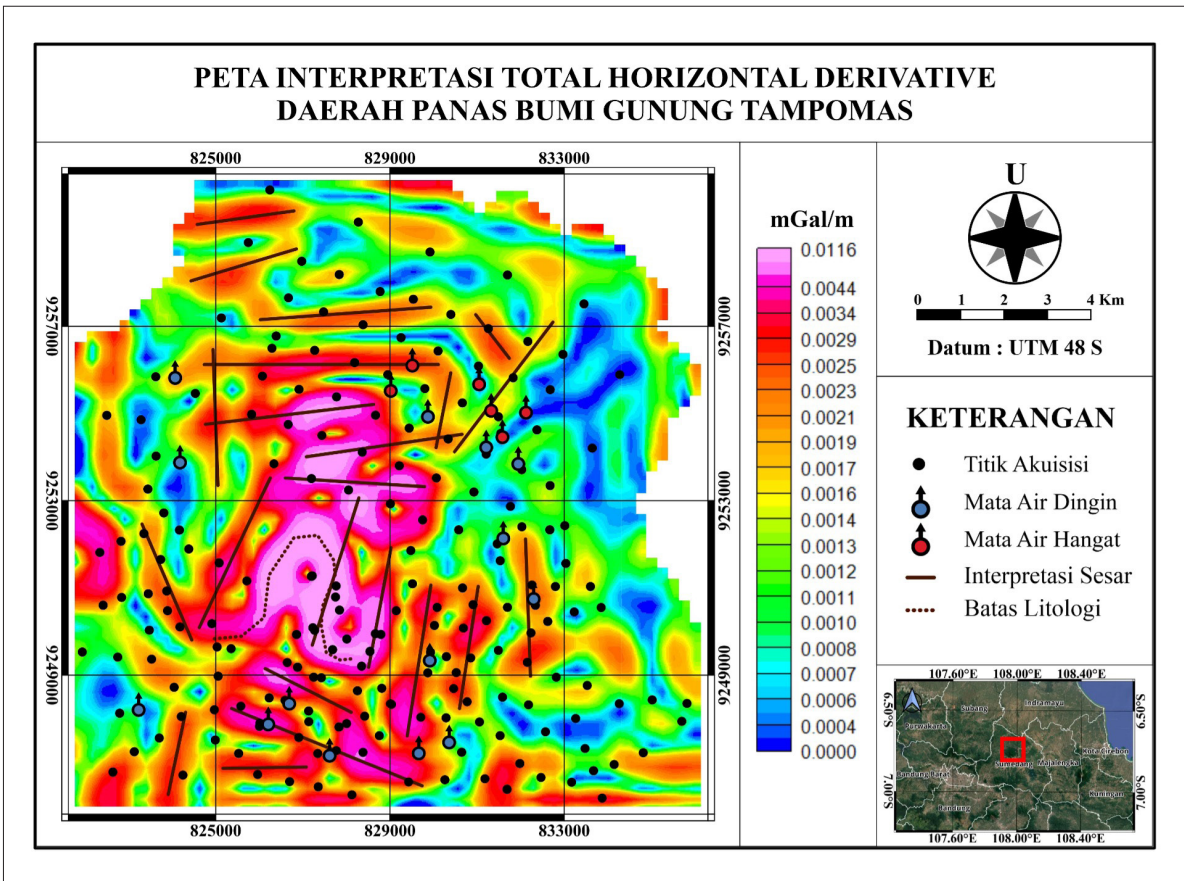
Gambar 10. Peta Anomali Gravitasi Residual.

Total Horizontal Derivative

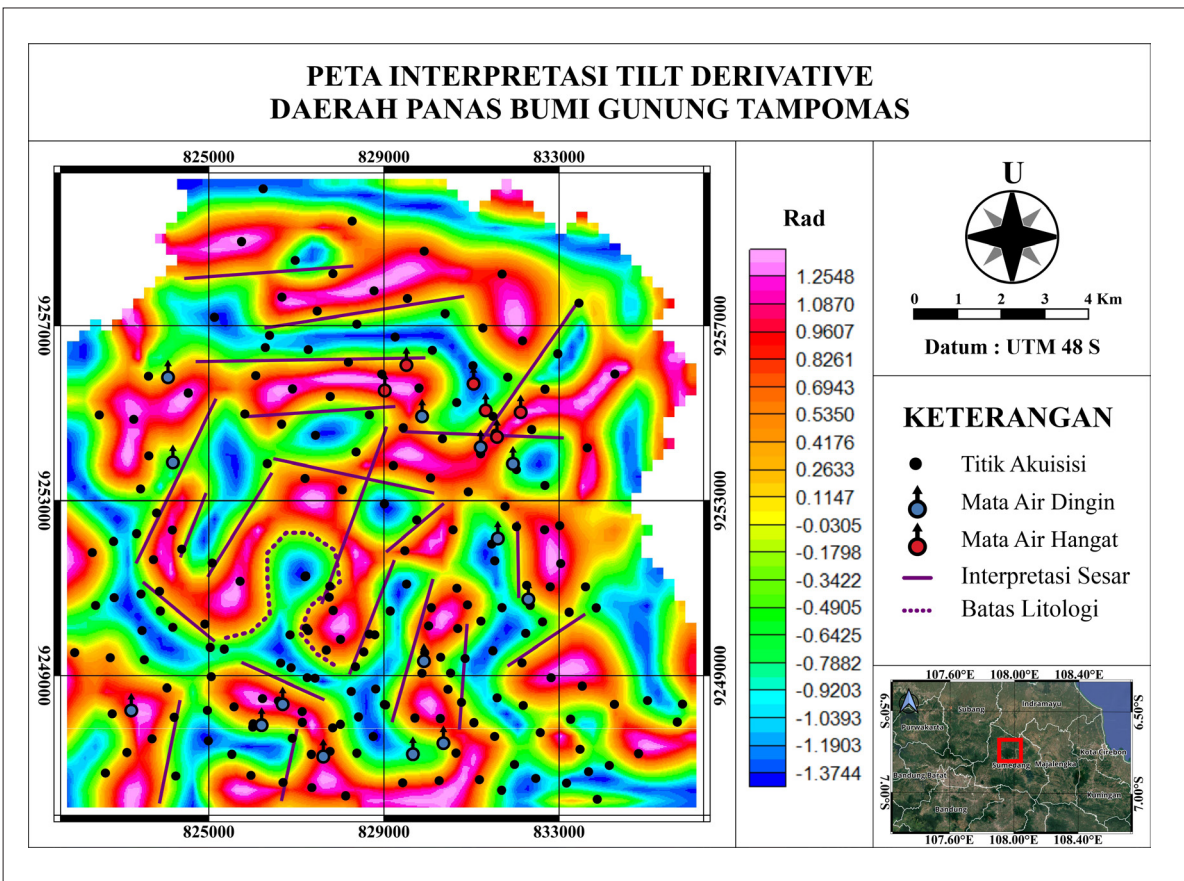
Berdasarkan peta *Total Horizontal Derivative* (THD) sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 11, nilai THD pada daerah penelitian memiliki rentang antara 0,0000 hingga 0,0116 mGal/m. Pada nilai THD tinggi membulat pada bagian tengah dari tubuh gunung diinterpretasikan sebagai batas anomali gravitasi yang berkaitan dengan keberadaan jalur naik magma (*magma neck*) dan batuan di sekitarnya. Selain itu, pada peta THD terlihat adanya kemenerusan anomali THD tinggi yang berasosiasi dengan keberadaan struktur patahan. Namun, beberapa struktur patahan menunjukkan variasi nilai THD dari tinggi hingga sedang. Pola kemenerusan THD yang bersifat fluktuatif tersebut mengindikasikan bahwa batas anomali kemungkinan berasal dari sumber yang berada pada kedalaman relatif lebih dalam. Sementara itu, zona dengan nilai THD rendah diinterpretasikan sebagai bagian tengah atau puncak dari sumber anomali bawah permukaan. Berdasarkan hasil interpretasi pada peta *Total Horizontal Derivative*, dilakukan penarikan batas anomali yang merepresentasikan keberadaan struktur patahan, dengan total sebanyak 22 struktur patahan yang teridentifikasi pada daerah penelitian.

Tilt Derivative

Berdasarkan peta *Tilt Derivative* (TDR) sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 12, nilai TDR pada daerah penelitian memiliki rentang antara -1,3744 hingga 1,2548 rad. Interpretasi struktur patahan umumnya mengikuti pola kemenerusan anomali pada fase nol, yang pada peta TDR ditunjukkan dengan warna kuning. Pada batas-batas anomali tersebut, pola struktur patahan terlihat lebih tegas sehingga mempermudah proses penarikan struktur patahan. Zona dengan nilai TDR tinggi berbentuk membulat yang berkembang di bagian tengah tubuh gunung diinterpretasikan sebagai batas anomali gravitasi yang berkaitan dengan keberadaan jalur naik magma (*magma neck*) dan batuan di sekitarnya. Batas tersebut dicirikan oleh nilai TDR yang berada pada fase nol dengan pola melingkar. Berdasarkan interpretasi peta TDR, diperoleh sebanyak 21 penarikan batas anomali yang diinterpretasikan sebagai indikasi keberadaan struktur patahan. Selain itu, hasil interpretasi juga menunjukkan adanya batas litologi pada bagian tengah tubuh Gunung Tampomas.



Gambar 11. Peta Interpretasi Total Horizontal Derivative.



Gambar 12. Peta Interpretasi Tilt Derivative.

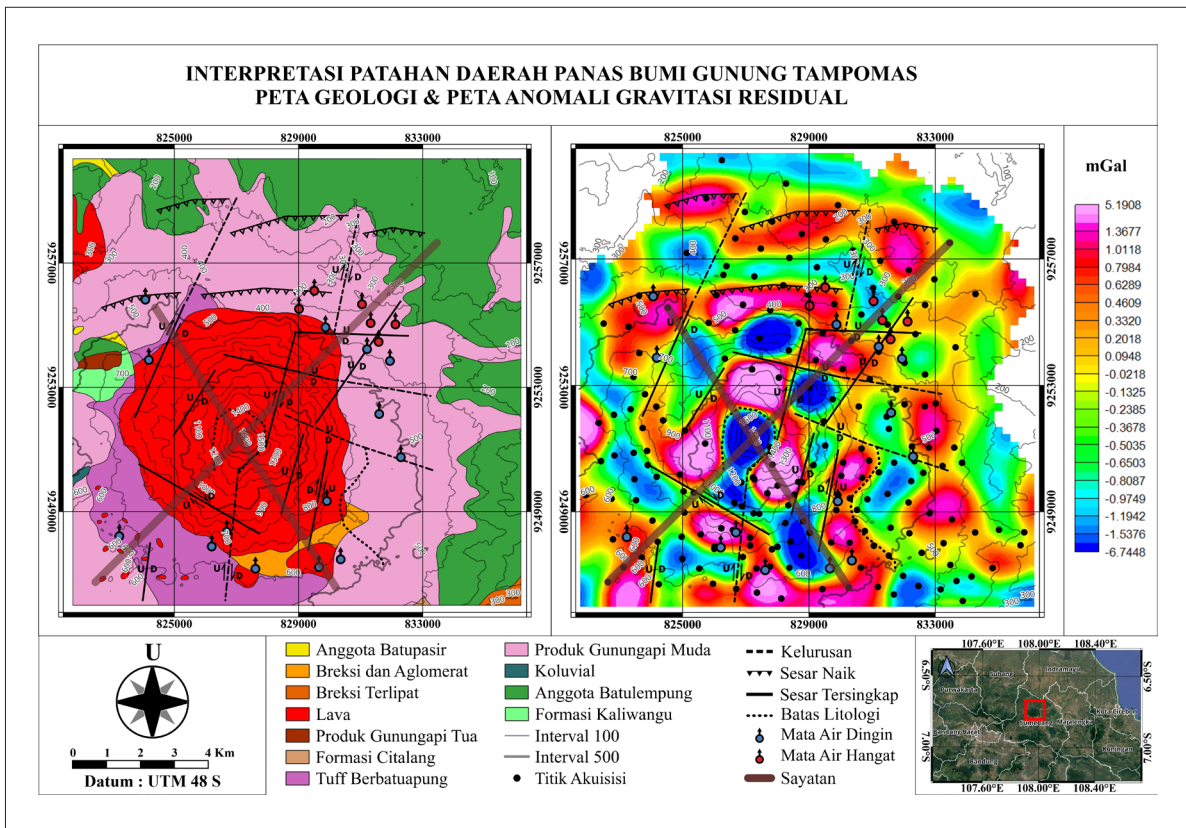
Interpretasi Struktur Patahan

Berdasarkan hasil integrasi data geologi dengan data gravitasi serta analisis derivatif berupa *Total Horizontal Derivative* (THD) dan *Tilt Derivative* (TDR) sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 13, diperoleh hasil interpretasi struktur patahan yang menunjukkan kesesuaian dengan kondisi geologi daerah penelitian. Struktur patahan yang teridentifikasi pada daerah penelitian terdiri atas sesar turun, sesar mendatar, dan sesar naik, yang masing-masing memperlihatkan pola kemenerusan yang berbeda. Penentuan jenis sesar dalam penelitian ini mengacu pada data struktur geologi permukaan oleh Mustofa dkk. (2021) dan Permadi dkk. (2022).

Hasil interpretasi menunjukkan bahwa struktur sesar turun dan sesar mendatar memiliki kecenderungan orientasi timur laut–barat daya, barat laut–tenggara, serta utara–selatan. Struktur-struktur tersebut diinterpretasikan sebagai bagian dari sistem struktur lokal yang berkembang akibat aktivitas gunung api, dengan orientasi yang secara umum searah dengan

kecenderungan pola struktur regional di Pulau Jawa. Sesar turun dan sesar mendatar diindikasikan berperan sebagai zona permeabel yang memungkinkan terjadinya pergerakan fluida panas bumi menuju permukaan, sehingga muncul beberapa manifestasi panas bumi di sekitar daerah penelitian.

Sementara itu, struktur sesar naik yang berorientasi barat–timur diinterpretasikan sebagai struktur yang lebih tua dan diduga berkaitan dengan sistem struktur regional, seperti Sesar Baribis. Struktur ini diindikasikan berperan sebagai zona penyekat (*sealing zone*) yang membatasi migrasi fluida panas bumi pada sistem panas bumi Wilayah Panas Bumi Gunung Tampomas. Keberadaan struktur sesar naik pada zona ini diduga berperan dalam mengontrol posisi serta pengangkatan satuan batuan berdensitas relatif tinggi ke kedalaman yang lebih dangkal. Kondisi tersebut tercermin pada munculnya anomali gravitasi tinggi di bagian utara daerah penelitian, yang secara geologi berkembang pada Formasi Subang dan satuan pasir tufan hasil gunung api tak teruraikan.



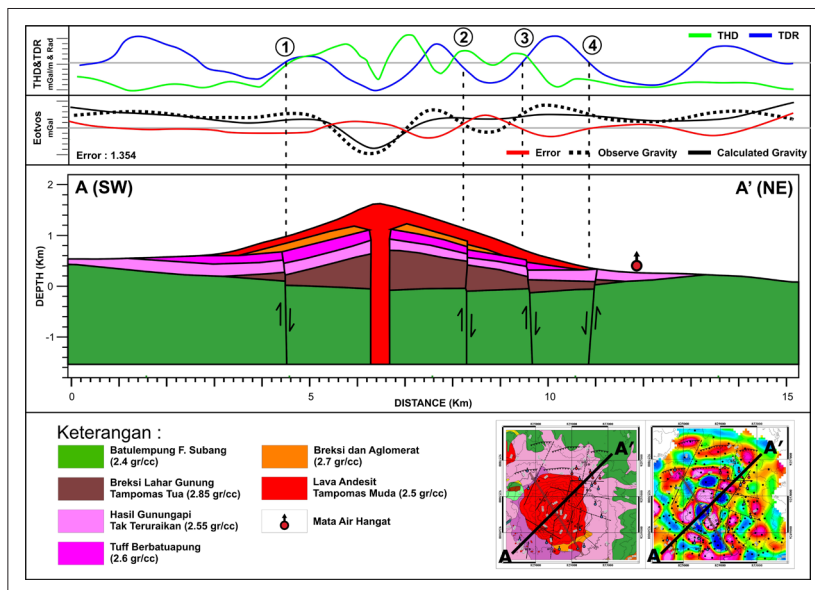
Gambar 13. Interpretasi Patahan.

Forward Modelling

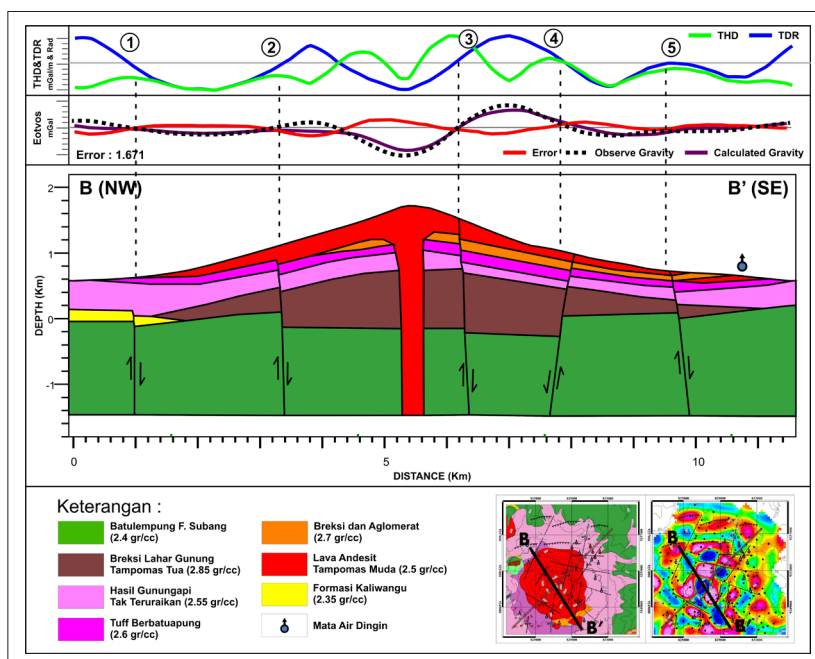
Berdasarkan hasil *forward modelling* 2,5D pada sayatan A–A’ (Gambar 14), struktur bawah permukaan dimodelkan memiliki empat bidang patahan yang diinterpretasikan sebagai sesar turun. Pemodelan ini menghasilkan variasi densitas batuan yang merepresentasikan beberapa satuan litologi, meliputi Formasi Subang dengan densitas 2,4 g/cm³, breksi lahar gunung api tua sebesar 2,85 g/cm³, pasir tufan hasil gunung api tak teruraikan sebesar 2,55 g/cm³, tuf berbatu apung sebesar 2,6 g/cm³, breksi dan aglomerat sebesar 2,7 g/cm³, serta lava gunung api muda dengan

densitas 2,5 g/cm³.

Pada *forward modelling* 2,5D sayatan B–B’ (Gambar 15), struktur bawah permukaan dimodelkan memiliki lima bidang patahan yang diinterpretasikan sebagai sesar turun. Variasi densitas batuan yang dihasilkan mencakup Formasi Subang dengan densitas 2,4 g/cm³, Formasi Kaliwangu sebesar 2,35 g/cm³, breksi lahar gunung api tua sebesar 2,85 g/cm³, pasir tufan hasil gunung api tak teruraikan sebesar 2,55 g/cm³, tuf berbatu apung sebesar 2,6 g/cm³, breksi dan aglomerat sebesar 2,7 g/cm³, serta lava gunung api muda dengan densitas 2,5 g/cm³.



Gambar 14. Pemodelan 2,5D sayatan A-A’.



Gambar 15. Pemodelan 2,5D sayatan B-B’.

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan interpretasi data gravitasi residual, *Derivative Analysis* (THD dan TDR), serta tinjauan geologi, struktur patahan di daerah penelitian didominasi oleh sesar turun dan sesar mendatar dengan orientasi timur laut–barat daya, barat laut–tenggara, dan utara–selatan. Selain itu, teridentifikasi pula sesar naik dengan orientasi barat–timur. Orientasi sesar turun dan sesar mendatar tersebut secara umum diakibatkan oleh adanya aktivitas vulkanik Gunung Tampomas, sedangkan sesar naik diduga berkaitan dengan sistem struktur regional yaitu Sesar Baribis. Sesar turun dan sesar mendatar diinterpretasikan berperan sebagai zona permeabel dalam sistem panas bumi, sedangkan sesar naik diinterpretasikan sebagai zona penyekat fluida pada sistem panas bumi Wilayah Panas Bumi Gunung Tampomas.

Anomali gravitasi tinggi di bagian utara daerah penelitian berkorelasi dengan keberadaan struktur sesar naik pada Formasi Subang dan pasir tufan hasil gunung api tak teruraikan. Sementara itu, anomali gravitasi rendah berbentuk membulat di bagian tengah tubuh Gunung Tampomas diinterpretasikan sebagai zona densitas rendah yang berkaitan dengan jalur naik magma (*magma neck*), yang tersusun oleh lava gunung api muda. Adapun tubuh gunung api dan daerah sekitarnya didominasi oleh satuan breksi lahar gunung

api tua, tuf berbatu apung, Formasi Kaliwangu, serta breksi dan aglomerat, yang secara umum memiliki nilai densitas menengah hingga tinggi.

Metode gravitasi yang digunakan dalam penelitian ini memiliki keterbatasan dalam menggambarkan secara rinci pemodelan sistem panas bumi serta estimasi potensi panas bumi. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya disarankan untuk mengintegrasikan metode gravitasi dengan metode geokimia dan metode geofisika lainnya, seperti geomagnetik dan magnetotelurik, guna memperoleh interpretasi sistem panas bumi yang lebih komprehensif.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan apresiasi dan terima kasih kepada Pusat Sumber Daya Mineral Batubara dan Panas Bumi (PSDMBP) serta Program Studi Teknik Geofisika UPN “Veteran” Yogyakarta atas dukungan, fasilitas, dan kesempatan yang diberikan dalam pelaksanaan penelitian ini. Apresiasi yang tulus juga penulis sampaikan kepada semua pihak yang telah membantu namun tidak dapat disebutkan satu per satu. Setiap dukungan yang diberikan, baik secara langsung maupun tidak langsung, memiliki peran yang berarti dalam penyelesaian penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Bachri, S. 2014. Pengaruh tektonik regional terhadap pola struktur dan tektonik Pulau Jawa. *Jurnal Geologi dan Sumberdaya Mineral*, 15(4), 215–221.
- Bemmelen, V. R. van. 1949. *The geology of Indonesia, Vol. IA*. Martinus Nijhoff, The Hague.
- Cordell, L. 1979. Gravimetric expression of graben faulting in Santa Fe County and the Espanola Basin, New Mexico. *New Mexico Geological Society Guidebook*, 30, 59–64.
- Djuri. 2011. *Peta geologi Lembar Arjawinangun, Jawa, edisi ke-3, skala 1:100.000*. Pusat Survei Geologi, Bandung.
- ESDM. 2020. *Potensi pengembangan panas bumi di Indonesia*. Portal Layanan Informasi dan Investasi Energi Baru Terbarukan dan Konservasi Energi, Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. Diakses Juni 2024 dari <https://ebtke.esdm.go.id/lintas/id/investasi-ebtke/sektor-panas-bumi/potensi>
- Hilmi, F., & Haryanto, I. 2008. Pola struktur regional Jawa Barat. *Bulletin of Scientific Contribution*, 6(1), 57–66.

-
- Hinze, W. J., von Frese, R. R. B., & Saad, A. H. 2013. *Gravity and magnetic exploration: Principles, practices, and applications*. Cambridge University Press.
- Mustofa, S. A., Hadi, M. N., & Wahyuningsih, R. 2021. Geologi rinci daerah panas bumi Gunung Tampomas, Kabupaten Sumedang, Provinsi Jawa Barat. Dalam *Prosiding Hasil Kegiatan Pusat Sumber Daya Mineral Batubara dan Panas Bumi Tahun Anggaran 2021*. PSDMBP, Bandung. ISSN 0261-0811.
- Permadi, G. B., Herdianita, N. R., Amanda, F. F., Wibowo, A. E. A., Mesakh, Z., & Putra, D. C. W. 2022. Hydrogeochemistry model and reservoir compartment of Mount Tampomas geothermal system area, Sumedang Regency, West Java. Dalam *Proceedings of the IAGI Annual Scientific Meeting*. Indonesian Geologists Association.
- Pulunggono, A., & Martodjojo, S. 1994. Perubahan tektonik Paleogen–Neogen merupakan peristiwa terpenting di Jawa. Dalam *Proceedings Geologi dan Geotektonik Pulau Jawa*, 37–50.
- Sarkowi, M. 2014. *Eksplorasi gravitasi*. Graha Ilmu, Yogyakarta.
- Silitonga, P. H. 2003. *Peta geologi Lembar Bandung, Jawa Barat, edisi ke-3, skala 1:100.000*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Supriyadi, Y., Risdianto, D., & Komara. 2021. Survei rinci gaya berat daerah panas bumi Gunung Tampomas, Kabupaten Sumedang, Provinsi Jawa Barat. Dalam *Prosiding Hasil Kegiatan Pusat Sumber Daya Mineral Batubara dan Panas Bumi Tahun Anggaran 2021*. PSDMBP, Bandung. ISSN 0261-0811.
- Talwani, M., Worzel, J. L., & Landisman, M. 1959. Rapid gravity computations for two-dimensional bodies with application to the Mendocino submarine fracture zone. *Journal of Geophysical Research*, 64(1), 49–59.
- Telford, W. M., Geldart, L. P., Sheriff, R. E., & Keys, D. A. 1990. *Applied geophysics* (2nd ed.). Cambridge University Press.
- Verduzco, B., Fairhead, J. D., Green, C. M., & MacKenzie, C. 2004. New insights into magnetic derivatives for structural mapping. *The Leading Edge*, 23(2), 116–119.
-