

ANALISIS STRUKTUR GEOLOGI BAWAH PERMUKAAN DI KABUPATEN SLEMAN BERDASARKAN ANOMALI DATA GRAVITASI

ANALYSIS OF SUBSURFACE GEOLOGICAL STRUCTURE IN SLEMAN DISTRICT BASED ON GRAVITY DATA ANOMALIES

Reynaldi Zulkifli¹, Muhardi^{2*}, Radhitya Perdhana³

^{1,2,3}Program Studi Geofisika, Fakultas MIPA, Universitas Tanjungpura, Jalan Prof. Dr. H. Hadari
Nawawi Pontianak, Indonesia, Telp./Fax.: (0561) 577963

Received: 2023, October 03rd

Accepted: 2024, July 26th

Keywords:

Bouguer Anomaly;

Fault;

Gravity;

Second Vertical Derivative.

Correspondent Email:

muhardi@physics.untan.ac.id

How to cite this article:

Zulkifli, R., Muhardi, &
Perdhana, R. (2024). Analisis
Struktur Geologi Bawah
Permukaan di Kabupaten
Sleman dan Sekitarnya
Berdasarkan Anomali Data
Gravitasi. *JGE (Jurnal
Geofisika Eksplorasi)*, 10(02),
162-172.

Abstrak. Pada kejadian gempa Yogyakarta tanggal 27 Mei 2006, Kabupaten Sleman merupakan daerah yang mengalami kerusakan terparah. Hal ini diduga disebabkan karena adanya patahan aktif Opak berarah timur laut-barat daya yang berada di selatan Yogyakarta. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi struktur geologi bawah permukaan di Kabupaten Sleman berdasarkan data topex. Data yang diperoleh sebanyak 235 data anomali gravitasi yang terdapat pada area dengan luas 653,157 km². Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai anomali Bouguer di lokasi penelitian adalah 78 mGal - 114 mGal. Berdasarkan analisis *Second Vertical Derivative (SVD)* terhadap empat *slice* pada sebaran anomali regional terdapat lima struktur patahan, yang berupa patahan normal. Selain itu, berdasarkan pemodelan 2D, diperoleh formasi batuan bawah permukaan yang tersusun atas batuan hasil dari aktivitas Gunung Merapi, yang didominasi oleh batuan vulkanik, batu lempung, batu tuff lapili, batu pasir, batu sekis, dan diorit. Investigasi lebih mendalam terhadap lima struktur patahan yang telah teridentifikasi dapat memberikan gambaran lebih detail tentang mekanisme pergerakan patahan, potensi seismisitas, dan hubungannya dengan aktivitas patahan Opak.

Abstract. During the earthquake in Yogyakarta on 27th May 2006, Sleman Regency was the area that suffered the worst damage. It is thought to be due to the northeast-southwest trending Opak active fault located south of Yogyakarta. This study aims to identify subsurface geological structures in the Sleman Regency based on topex data. The data obtained are 235 gravity anomaly data in an area of 653.157 km². The results show that the Bouguer anomaly value at the research location is 78 mGal - 114 mGal. Based on the *Second Vertical Derivative (SVD)* analysis of four slices in the regional anomaly distribution, there are five fault structures, namely normal faults. In addition, based on the 2D modeling, the subsurface rock formations in the Sleman Regency are

© 2024 JGE (Jurnal Geofisika Eksplorasi). This article is an open-access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY NC)

composed of rocks produced from the activity of Mount Merapi, which is dominated by volcanic rock, claystone, lapillary tuff, sandstone, schist, and diorite. Further investigation of the five identified fault structures will provide a more detailed description of their movement mechanisms, potential seismicity, and relationship to the activity of the Opak fault.

1. PENDAHULUAN

Daerah Istimewa Yogyakarta merupakan salah satu provinsi yang terletak di sekitar zona pertemuan lempeng tektonik, sehingga mempunyai struktur geologi bawah permukaan yang kompleks. Kondisi ini menyebabkan wilayah Yogyakarta dan sekitarnya menjadi kawasan seismik aktif, sehingga gempa bumi di Yogyakarta terjadi akibat aktifitas patahan yang terdapat di permukaan (Wibowo & Sembri, 2017).

Kabupaten Sleman berada di sebelah utara Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta, yang pada gempa Yogyakarta tanggal 27 Mei 2006 merupakan wilayah dengan kerusakan terparah. Hal ini disebabkan karena adanya patahan aktif Opak yang berarah timur laut-barat daya berada di bagian selatan Yogyakarta (Shinta dkk., 2021). Selain pengaruh aktivitas patahan juga disebabkan oleh struktur tanah Kabupaten Sleman yang di dominasi oleh batuan breksi endapan Gunung Merapi yang rentan dilalui oleh energi gelombang gempa. Penelitian ini mencoba menganalisis struktur geologi bawah permukaan di Kabupaten Sleman dengan metode geofisika.

Salah satu survei geofisika yang dimanfaatkan untuk melakukan analisis struktur geologi bawah permukaan adalah metode gravitasi (Harsita dkk., 2024). Metode ini dapat mengidentifikasi struktur geologi berdasarkan variasi medan gravitasi, yang dihasilkan oleh adanya perbedaan densitas batuan (Susanti dkk., 2022). Data pada metode gravitasi lebih mudah diperoleh, tidak mencemari atau merusak, dan termasuk metode jarak jauh. Dengan demikian, metode ini lebih lebih efektif dibandingkan metode lainnya. Melalui penggunaan metode gravitasi dapat diidentifikasi adanya patahan, cekungan,

graben, ataupun kaldera di bawah permukaan bumi pada suatu wilayah. Namun, juga dibutuhkan analisis lebih lanjut pada metode gravitasi agar dapat memberikan gambaran yang lebih jelas, salah satunya yang sering digunakan ialah metode *Second Vertical Derivative* (SVD) (Maimuna dkk., 2021).

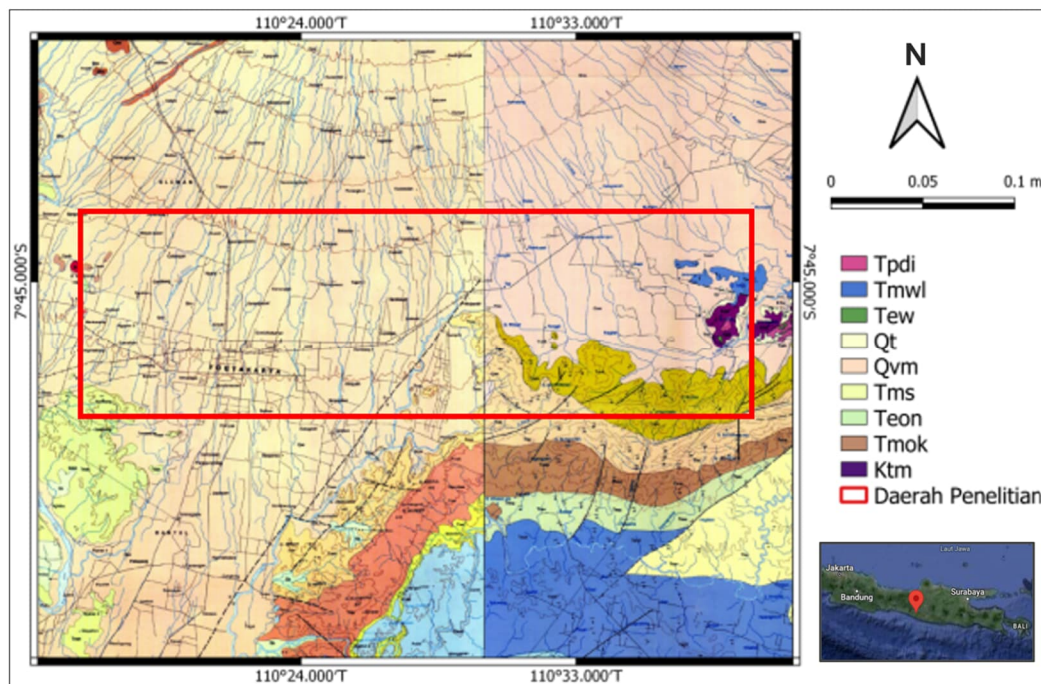
Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi struktur geologi bawah permukaan di Kabupaten Sleman berdasarkan data topex. Penelitian sebelumnya dengan metode gravitasi pernah dilakukan untuk mengidentifikasi struktur lapisan di daerah potensial mineral Pongkor, Jawa Barat (Wachidah & Minarto, 2018). Selain itu, metode ini juga pernah digunakan untuk mengidentifikasi patahan dan struktur bawah permukaan di daerah panas bumi (Purwaningsih dkk., 2023).

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Geologi Regional

Kondisi geologi regional di daerah penelitian dipengaruhi oleh keberadaan gunung merapi. Formasi geologi tersusun atas endapan vulkanik, sedimen dan batuan terobosan, dengan endapan vulkanik mendominasi 90% luas wilayah, dengan jenis tanah regosol yang berbatuan dasar vulkanik. Formasi batuan bawah permukaan tersusun atas batuan hasil dari aktivitas Gunung Merapi.

Batuan tersebut termasuk ke dalam Formasi Endapan Gunungapi Muda Merapi (Qmi), Formasi Kebobutak (Tmok), Formasi Semilir (Tmse), Formasi Nanggulan (Teon), Diorit Pendul (Tpdi), dan Batuan Malihan (Ktm), seperti yang diperlihatkan pada **Gambar 1** (Rahardjo dkk., 1995; Surono dkk., 1992).



Gambar 1. Peta Geologi Regional (Rahardjo dkk., 1995; Suroño dkk., 1992).

2.2. Metode Gravitasi

Metode gravitasi merupakan salah satu metode geofisika yang dapat mengukur variasi medan gravitasi. Variasi ini dipengaruhi oleh variasi densitas batuan bawah permukaan. Metode gravitasi selain dapat menggambarkan formasi batuan penyusun bawah permukaan pada suatu wilayah juga dapat dimanfaatkan untuk mengamati struktur geologi bawah permukaan yang lebih kompleks, seperti adanya patahan pada area rawan gempa bumi dan manifestasi panas bumi (Dewi dkk., 2020; Ulfa dkk., 2019). Namun demikian, masih diperlukan metode lanjutan untuk memberikan gambaran yang lebih jelas, seperti metode *Improved Normalized Horizontal Tilt Derivative (INH)*, *Tilt Derivative Filter (TDR)*, *First Horizontal Derivative (FHD)*, dan *Second Vertical Derivative (SVD)*. Penggunaan metode INH dan TDR terbukti mampu memberikan gambaran depresi anomali dengan geometri berupa kelurusan wilayah penelitian yang diinterpretasikan sebagai patahan.

Hukum gravitasi yang dirumuskan oleh Sir Isaac Newton ini merupakan prinsip dasar dari metode gravitasi. Pada dasarnya gravitasi

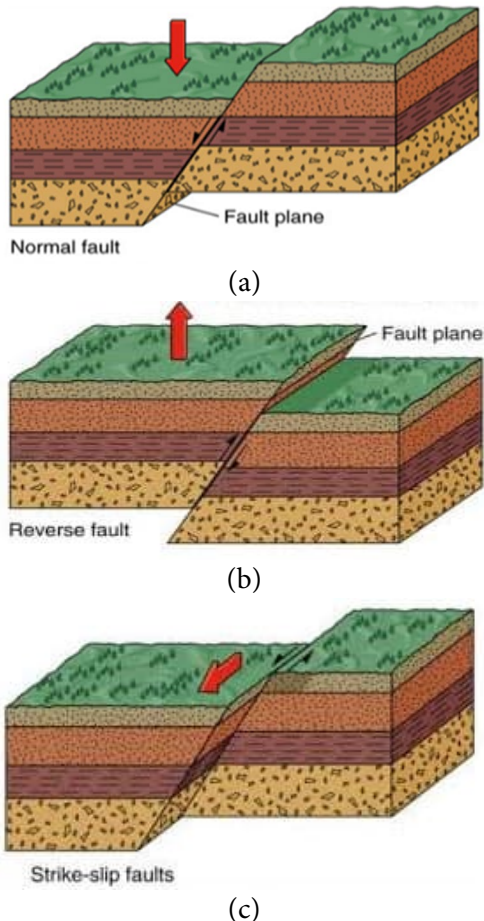
merupakan gaya tarik-menarik antara dua buah benda bermassa dengan densitas berbeda, yang besarnya dipengaruhi oleh massa masing-masing benda dan jarak kedua benda bermassa tersebut (Muhardi dkk., 2023). Dalam keadaan yang sebenarnya, seharusnya percepatan gravitasi terhitung berbeda-beda di setiap tempat, karena bentuk bumi yang ellipsoid mengakibatkan perbedaan jari-jari di daerah kutub dan ekuator, sehingga dapat dikatakan bahwa percepatan gravitasi di daerah ekuator lebih kecil dari pada di daerah kutub. Besarnya gaya tarik-menarik antara 2 benda bermassa dapat dituliskan dalam bentuk Persamaan (1) (Telford dkk., 1990).

$$\vec{F}(\vec{r}) = G \frac{m_1 m_2}{r^2} \quad (1)$$

2.3. Struktur Patahan

Patahan merupakan suatu rekahan yang dihasilkan karena adanya tekanan tidak seimbang pada batuan. Terjadinya patahan akan menyebabkan kesinambungan massa batuan akan terganggu. Hal ini terjadi karena adanya diskontinuitas struktural pada permukaan bumi (Scholz, 2019). Patahan

terdiri dari tiga jenis, yaitu patahan normal, patahan naik, dan patahan mendatar.



Gambar 2. Jenis patahan; (a) patahan normal, (b) patahan naik, dan (c) patahan mendatar (Scholz, 2019).

Patahan normal (*normal fault*) terjadi ketika blok *footwall* pada lapisan batuan bergerak relatif naik terhadap blok *hanging wall* (**Gambar 2a**). Salah satu ciri dari patahan normal adalah bidang patahan mempunyai sudut kemiringan yang hampir mencapai 90°.

Patahan naik (*reverse fault*) terjadi ketika arah blok *footwall* pada lapisan batuan bergerak relatif turun dibanding blok *hanging wall* (**Gambar 2b**). Salah satu ciri dari patahan ini adalah bidang patahan mempunyai sudut kemiringan relatif lebih kecil yaitu kurang dari 45° (Scholz, 2019).

Patahan mendatar (*strike-slip fault*) terbentuk karena dipengaruhi oleh tegangan

kompresi (**Gambar 2c**). Posisi tegangan maksimum pembentuk patahan ini sama dengan posisi tegangan minimumnya, yaitu horizontal, sedangkan posisi tegangan menengahnya yaitu vertikal. Gerakan patahan ke kanan disebut patahan mendatar sinistral, sedangkan gerakan ke kiri disebut patahan mendatar dekstral (Scholz, 2019).

2.4. First Horizontal Derivative (FHD)

First Horizontal Derivative atau turunan horizontal pertama merupakan nilai pengganti gaya berat secara horizontal dengan jarak tertentu dan memiliki puncak minimum serta maksimum pada grafik yang dapat menampilkan batas-batas kontras kepadatan batuan. Nilai tersebut bersumber dari nilai anomali gaya berat, yang ditunjukkan pada Persamaan (2) (Lase, 2020).

$$HG = \sqrt{\left(\frac{\partial g}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial g}{\partial y}\right)^2} \quad (2)$$

2.5. Second Vertical Derivative (SVD)

Analisis *derivative* digunakan untuk mengidentifikasi struktur patahan bawah permukaan (Zaenudin & Yulistina, 2018). Salah satu metode analisis *derivative* yang umum digunakan adalah metode *Second Vertical Derivative* (SVD) (Sarkowi dkk., 2023). Metode SVD merupakan turunan kedua dari data gravitasi pada arah vertikal z yang dapat memberikan gambaran anomali residual (lokal) yang berasosiasi dengan struktur geologi yang bersifat dangkal, sehingga nilai SVD dapat digunakan untuk mengidentifikasi jenis patahan pada daerah penelitian (Anggraeni, 2021; Endah, 2021). Metode SVD ditunjukkan pada Persamaan (3) (Telford dkk., 1990).

$$\frac{\partial^2 g}{\partial z^2} = -\left(\frac{\partial^2 g}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 g}{\partial y^2}\right) \quad (3)$$

3. METODE PENELITIAN

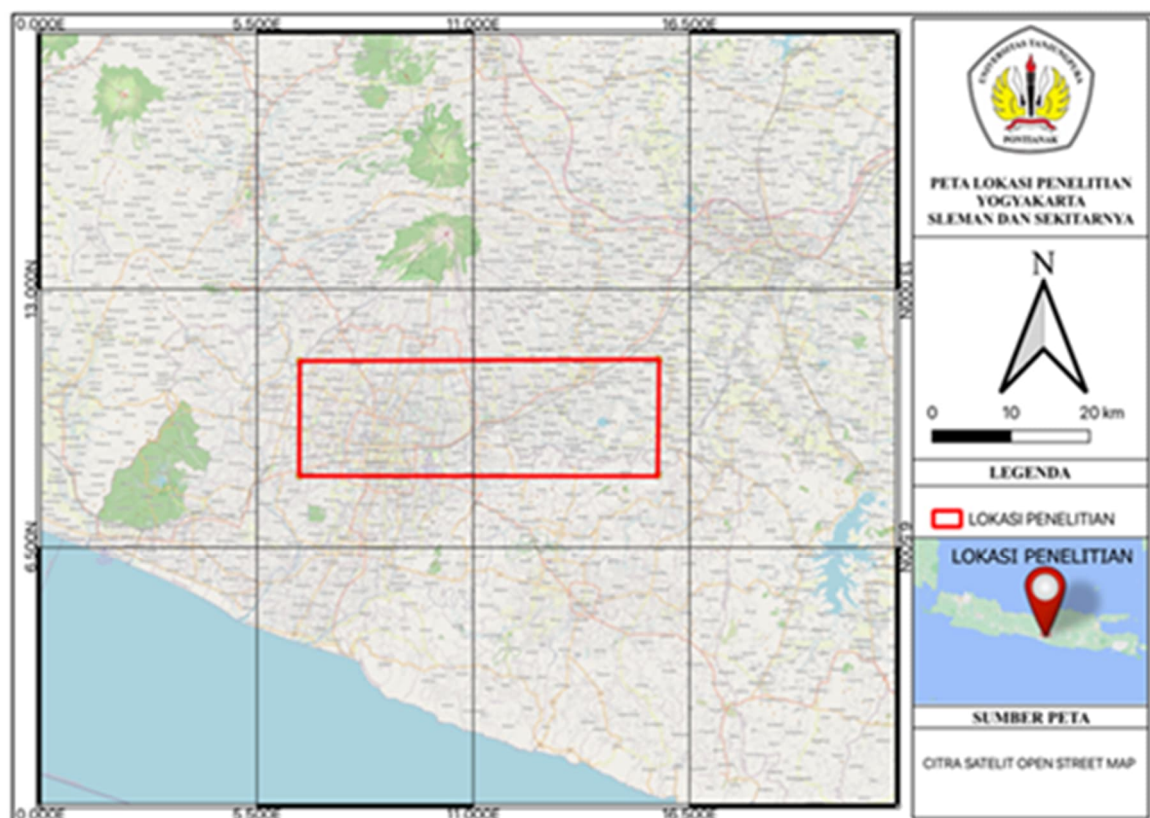
Penelitian dilakukan di Kabupaten Sleman, seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 2**. Data yang digunakan pada penelitian ini sebanyak 235 titik pengukuran dengan luas wilayah penelitian adalah 45,90 km x 14,23 km. Jenis

dan sumber data yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- 1) Data anomali gravitasi yang diperoleh dari satelit Topex, dan dapat diunduh melalui https://topex.ucsd.edu/cgi-bin/get_data.cgi yang digunakan sebanyak 235 data dengan luas 45,90 km x 14,23 km.
- 2) Data *digital elevation model* (DEM) merupakan informasi data topografi, ketinggian, dan kemiringan dalam bentuk

raster, vektor, atau bentuk data lain. Kebutuhan data DEM digunakan untuk melakukan koreksi pada pengolahan data. Data DEM diunduh pada laman <https://earthexplorer.usgs.gov/>.

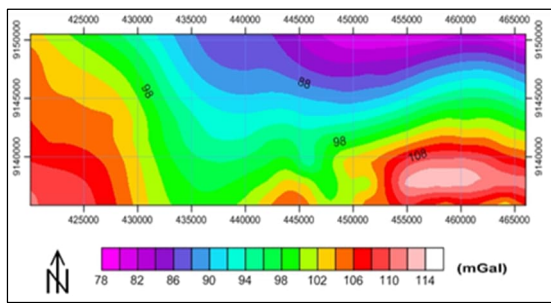
- 3) Daerah Penelitian menggunakan peta geologi lembar Yogyakarta dan Surakarta yang dipublikasikan oleh Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi tahun 1995.



Gambar 3. Peta lokasi penelitian.

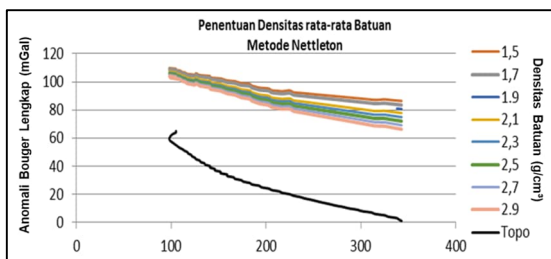
Data percepatan gravitasi pada penelitian ini merupakan data gravitasi *Free Air Anomaly* (FAA) yang sudah dilakukan beberapa kali koreksi seperti koreksi pasang medan, koreksi Bouguer, dan koreksi udara bebas (Maulana & Prasetyo, 2019). Jumlah titik data yang diolah pada penelitian ini sebanyak 235 titik yang tersebar pada daerah Kabupaten Sleman Yogyakarta. Format data FAA yang diperoleh dari data satelit Topex, berupa nilai bujur, lintang, gravitasi dan topografi.

Setelah diperoleh FAA, kemudian lakukan koreksi anomali Bouguer menggunakan persamaan dan dilakukan dengan koreksi medan yang bertujuan untuk mengurangi pengaruh topografi di sekitar daerah penelitian, proses koreksi tersebut memperoleh anomali Bouguer lengkap. Peta anomali Bouguer lengkap dapat dilihat pada **Gambar 4**.



Gambar 4. Anomali Bouguer lengkap.

Nilai densitas rata-rata batuan bawah permukaan diperoleh menggunakan metode Nettleton. Nilai anomali Bouguer lengkap akan dikorelasikan dengan data topografi daerah penelitian. Proses tersebut akan menghasilkan grafik yang menunjukkan korelasi silang antara kedua parameter. **Gambar 5** menunjukkan nilai korelasi silang terkecil, yaitu $-0,98$, yang diperoleh pada lapisan batuan dengan nilai densitas $1,5 \text{ g/cm}^3$.



Gambar 5 Grafik penentuan densitas rata-rata batuan.

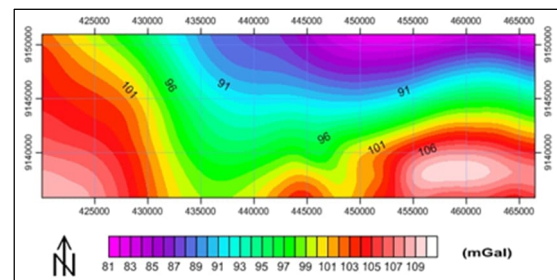
Analisis FHD dan SVD dinilai efektif dalam pemodelan struktur geologi bawah permukaan. Metode FHD dilakukan dengan menghitung turunan pertama dari data medan potensial terhadap arah horizontal. Metode ini digunakan untuk mengidentifikasi gradien medan potensial secara lateral, sehingga membantu dalam mengidentifikasi dan memetakan batas-batas anomali. Selain itu, metode SVD dilakukan dengan menghitung turunan kedua dari data medan potensial terhadap arah vertikal, sehingga dapat mengidentifikasi perubahan medan potensial terhadap kedalaman. Hal ini dapat memperjelas anomali yang lebih dalam. Dengan melakukan analisis kedua metode ini, pemodelan yang

dilakukan dapat mengidentifikasi struktur patahan (Lase, 2020).

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Anomali Regional

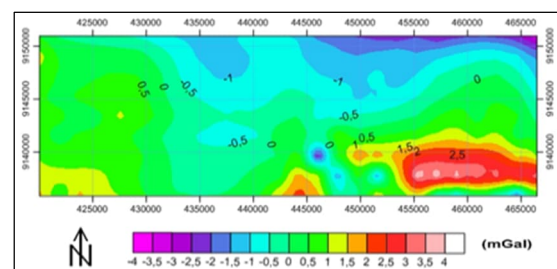
Gambar 6 menunjukkan peta anomali regional di daerah penelitian berkisar antara 81 mGal hingga 109 mGal. Pola anomali regional cenderung lebih tinggi di bagian barat daya dan tenggara, dan pola anomali bernilai rendah secara gradiasi di bagian timur laut. Nilai tinggi yang berada di bagian barat daya berdasarkan peta geologi daerah penelitian, mengindikasikan bahwa batuan dengan nilai densitas lebih tinggi.



Gambar 6. Peta anomali regional.

4.2. Anomali Residual

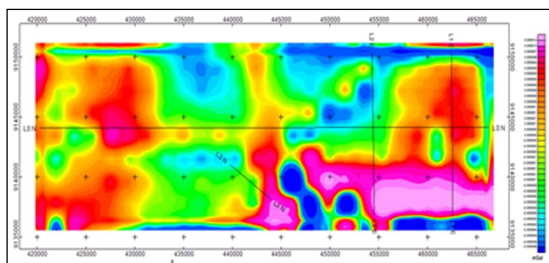
Peta anomali residual menggambarkan massa batuan di bawah permukaan yang relatif lebih dekat dengan permukaan bumi atau yang disebut daerah lokal daerah penelitian, seperti pada **Gambar 7**. Anomali residual memiliki harga berkisar antara -4 mGal hingga 4 mGal . Daerah yang memiliki -4 mGal hingga 0 ditandai dengan warna pink hingga hijau. Anomali residual yang memiliki nilai 0 mGal hingga 4 mGal ditandai dengan warna hijau hingga putih.



Gambar 7. Peta anomali residual.

4.3. Identifikasi Patahan

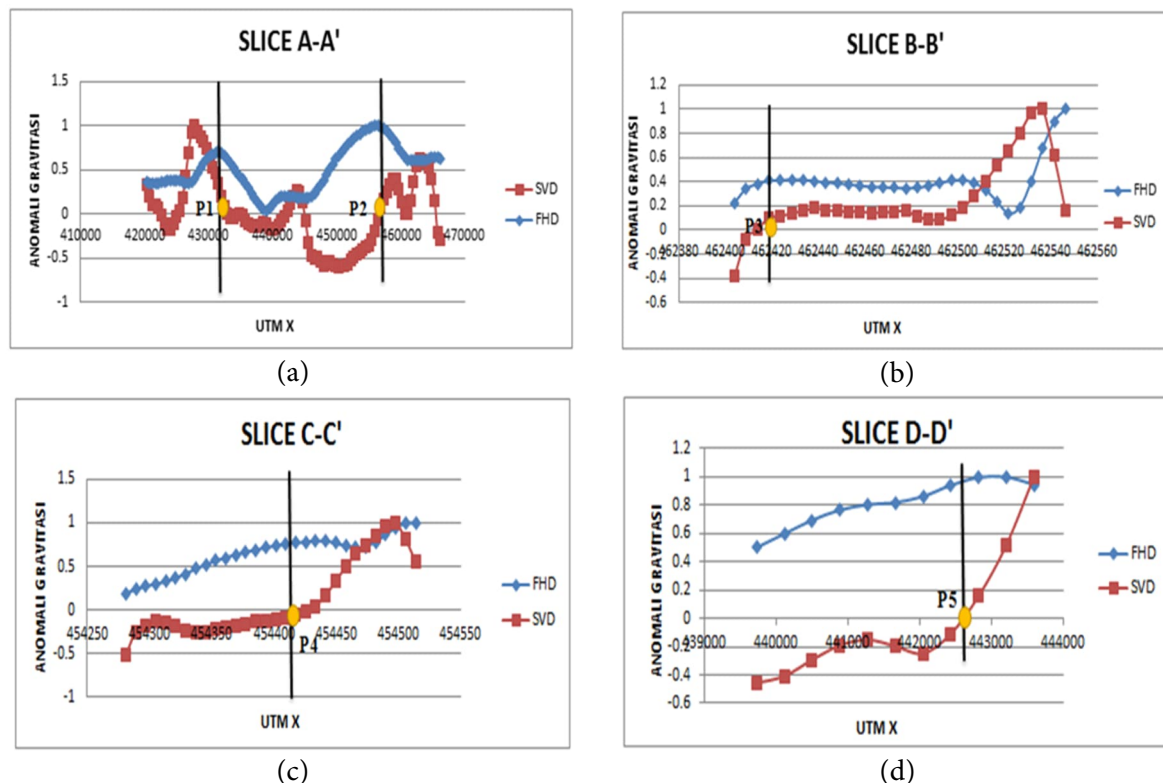
Identifikasi patahan dilakukan dengan menggunakan *Second Vertical Deviate* (SVD). Proses ini digunakan untuk mengidentifikasi keberadaan patahan yang ada pada setiap daerah penelitian. Pada dasarnya prinsip dari SVD dalam mengidentifikasi keberadaan patahan diidentifikasi berdasarkan nilai mutlak maksimum dan minimum, yang dibatasi dengan nilai nol (mendekati nilai nol), yang mengindikasikan batas karakteristik struktur geologi. Proses SVD akan dilakukan pada anomali regional. Posisi *slicing* ditunjukkan pada **Gambar 8**.



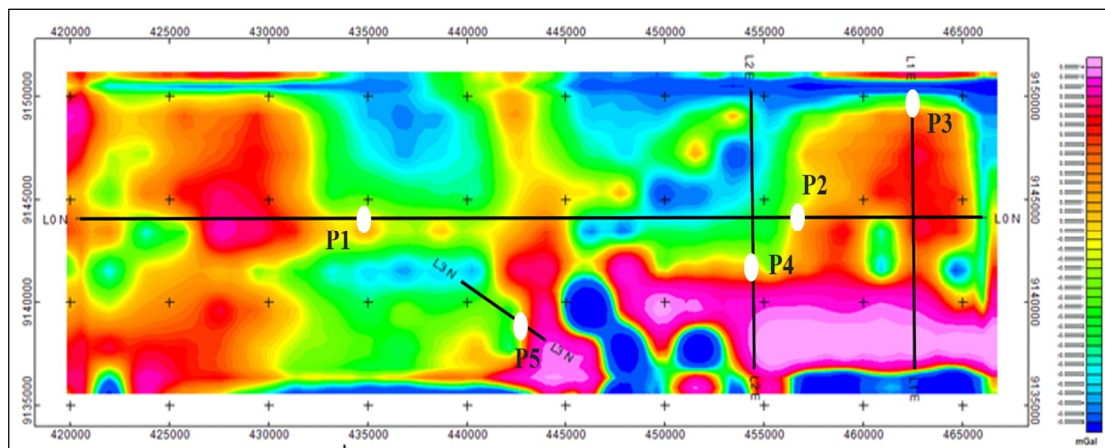
Gambar 8. Slicing pada peta nomali SVD.

Anomali struktur geologi pada SVD akan memiliki nilai mutlak maksimum dan minimum yang dibatasi dengan nilai nol (mendekati nilai nol), yang mengindikasikan batas karakteristik geologi, sehingga dapat diidentifikasi jenis patahan pada daerah penelitian berdasarkan nilai mutlak SVD maksimum ditulis $/SVD/max$ dan minimum ditulis $/SVD/min$ (Endah, 2021).

Jika $/SVD/min$ lebih kecil $/SVD/max$, maka merupakan patahan normal, jika $/SVD/min$ lebih besar $/SVD/max$, maka merupakan patahan naik, jika $/SVD/min$ sama dengan $/SVD/max$, maka merupakan patahan mendatar (Jayatri dkk., 2023; Ibrahim dkk., 2022). Berdasarkan hasil analisis grafik SVD (**Gambar 9**) pada penelitian ini terdapat lima patahan normal, yang berlokasi di titik putih P₁, P₂, P₃, P₄ dan P₅. Struktur patahan ini berada di sekitar zona Patahan Opak yang berarah timur laut-barat daya, sebagai penyebab gempa bumi Yogyakarta tahun 2006 (**Gambar 10**). Sementara itu, patahan minor di sekitarnya belum dapat teridentifikasi karena berada di luar jalur patahan Opak.



Gambar 9. Grafik SVD; (a) slice A-A', (b) slice B-B', (c) slice C-C', dan (d) slice D-D'.



Gambar 10. Plot patahan pada anomali SVD.

4.4. Pemodelan 2D

Pemodelan dilakukan dengan analisis spektrum dan densitas batuan yang sudah dianalisis sebelumnya dengan menggunakan metode Nettleton. Penentuan arah *slice* pada peta anomali regional berdasarkan peta geologi, anomali data gravitasi, dan densitas batuan (Zakaria, 2021). Hal ini juga dilakukan dengan mempertimbangkan objek/target yang akan dipetakan, yang berada pada kedalaman sekitar 3.000 m.

Slice A-A' menunjukkan struktur geologi bawah permukaan lokasi penelitian, yang terdiri dari empat lapisan dan tersusun atas batuan dengan rentang densitas antara 2,99 g/cm³ hingga 1,48 g/cm³, yaitu batuan vulkanik, batu gamping, batu pasir, dan sekis (Gambar 11a). Pada *slice A-A'* juga terlihat adanya dua struktur patahan minor, berupa patahan normal. Nilai *error* pada pemodelan ini sebesar 0,443%, sehingga dapat dinilai model berkorelasi baik dengan data geologi.

Slice B-B' menunjukan struktur geologi bawah permukaan lokasi penelitian, yang terdiri dari lima lapisan dan tersusun atas batuan-batuan dengan rentang densitas antara 2,99 g/cm³ hingga 1,48 g/cm³, yaitu batuan vulkanik, batu gamping, batu pasir, sekis, dan diorit (Gambar 11b). Pada *slice B-B'* juga terlihat adanya struktur sebuah patahan minor, berupa patahan normal. Nilai *error* pada hasil pemodelan ini sebesar 0,532 %, sehingga dapat

dinilai pemodelan berkorelasi baik dengan data geologi.

Slice C-C' menunjukkan struktur geologi bawah permukaan lokasi penelitian, yang terdiri dari empat lapisan dan tersusun atas batuan-batuan dengan rentang densitas antara 2,99 g/cm³ hingga 1,48 g/cm³, yaitu batuan vulkanik, batu gamping, batu pasir, sekis, dan diorit (Gambar 11c). Pada *slice C-C'* juga terlihat adanya struktur sebuah patahan minor, berupa patahan normal. Nilai *error* pada hasil pemodelan ini sebesar 0,455%, sehingga dapat dinilai pemodelan berkorelasi baik dengan data geologi.

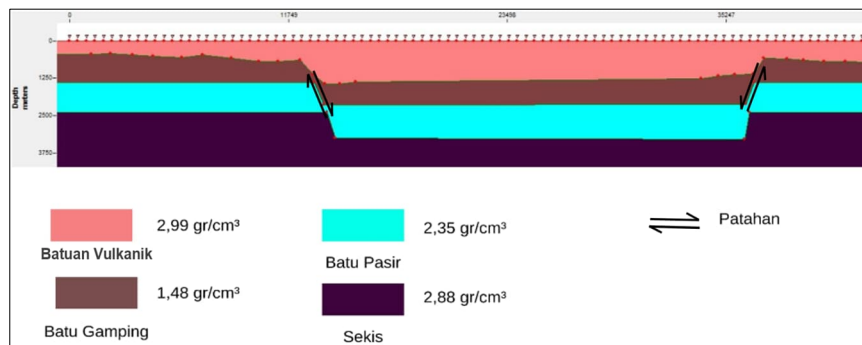
Slice D-D' menunjukkan struktur geologi bawah permukaan lokasi penelitian, yang terdiri dari 5 lapisan dan tersusun atas batuan-batuan dengan rentang densitas antara 2,99 g/cm³ hingga 1,48 g/cm³, yaitu batuan vulkanik, tuff lapili, batu gamping, batu pasir, sekis, dan diorit (Gambar 11d). Pada *slice D-D'* juga terlihat adanya struktur patahan, berupa patahan normal. Nilai *error* pada hasil pemodelan ini sebesar 0,425%, sehingga dapat dinilai pemodelan berkorelasi baik dengan data geologi.

Hasil pemodelan 2D juga menunjukkan kondisi geologi bawah permukaan di Kabupaten Sleman dan sekitarnya yang didominasi oleh batuan hasil dari aktifitas Gunung Merapi di sebelah utara, seperti batuan vulkanik, breksi gunung api, breksi batuapung. Batuan tersebut berasal dari formasi batuan

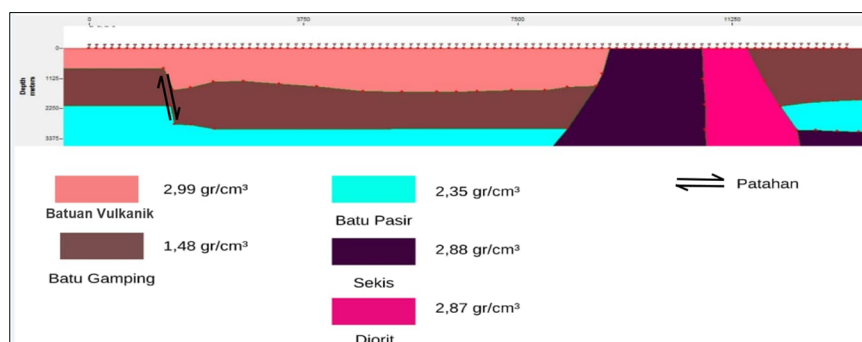
yang berbeda-beda. Berdasarkan hasil pemodelan 2D, sebanyak 5 lapisan batuan bawah permukaan di lokasi penelitian. Lapisan pertama terdiri dari batuan vulkanik, breksi, dan tuf. Lapisan kedua terdiri dari batupasir, batu gamping, dan serpih. Lapisan ketiga terdiri dari batupasir. Lapisan keempat terdiri dari diorit. Lapisan kelima terdiri dari sekis, filit, dan marmar.

Keberadaan patahan yang teridentifikasi ini diduga menjadi salah satu penyebab terjadinya gempa di Yogyakarta tahun 2006. Oleh sebab itu, hasil yang diperoleh perlu divalidasi dengan sebaran hiposenter, baik gempa utama maupun gempa susulan. Sebaran hiposenter dapat menggambarkan keberadaan patahan mayor

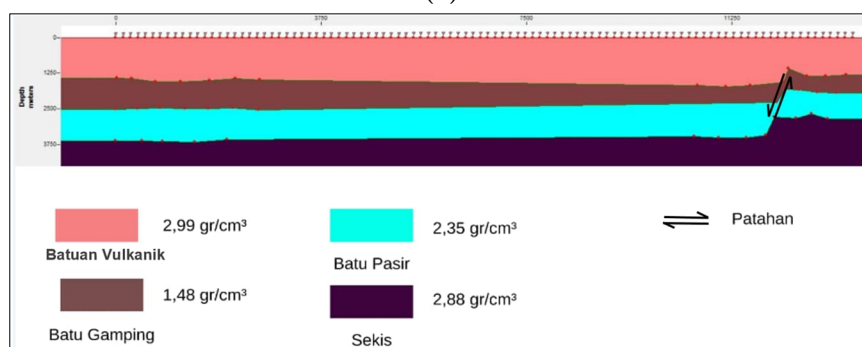
dan minor yang berada di sebelah timur Sesar Opak (Shinta dkk., 2021). Selain itu, perlu juga dilakukan survei geofisika secara langsung untuk memastikan keberadaan patahan, yang menjadi penyebab terjadinya gempa. Kondisi geologi bawah permukaan yang diperoleh juga perlu divalidasi dengan peta sebaran kerentanan seismik untuk menjelaskan potensi kerusakan akibat gempa. Lebih lanjut, perlu dilakukan investigasi lebih mendalam terhadap lima struktur patahan yang telah teridentifikasi, sehingga dapat memberikan gambaran lebih detail tentang mekanisme pergerakan patahan, potensi seismisitas, dan hubungannya dengan aktivitas patahan Opak.



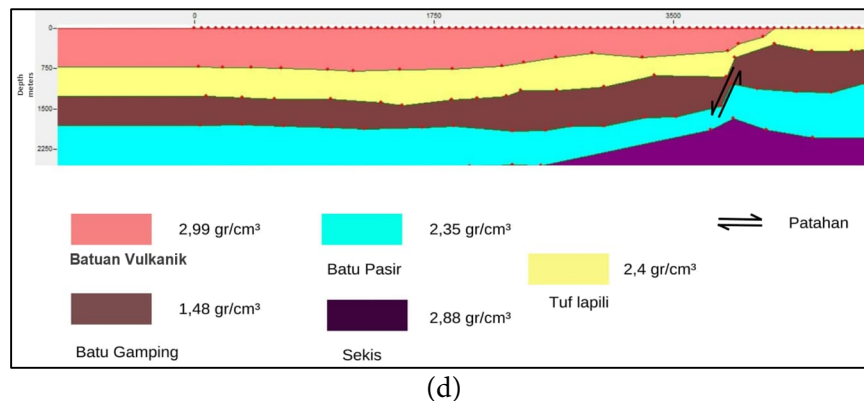
(a)



(b)



(c)



Gambar 11. Penampang 2D; (a) *slice A-A'* (b) *slice B-B'* (c) *slice C-C'*, dan (d) *slice D-D'*.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, daerah penelitian memiliki nilai anomali Bouguer di lokasi penelitian, yaitu 78 mGal - 114 mGal. Berdasarkan analisis *Second Vertical Derivative (SVD)* terhadap empat *slice* pada sebaran anomali regional terdapat lima struktur patahan yang berupa patahan normal. Selain itu, berdasarkan pemodelan 2D, diperoleh formasi batuan bawah permukaan yang tersusun atas batuan hasil dari aktivitas Gunung Merapi, yang didominasi oleh batuan vulkanik, batu lempung, batu tuff lapili, batu pasir, batu sekis, dan diorit. Investigasi lebih mendalam terhadap lima struktur patahan yang telah teridentifikasi dapat memberikan gambaran lebih detail tentang mekanisme pergerakan patahan, potensi seismisitas, dan hubungannya dengan aktivitas patahan Opak.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada kepala Laboratorium Geofisika dan Sistem Informasi Geografis Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Tanjungpura, yang telah mengizinkan penggunaan fasilitas dan peralatan laboratorium pada penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

Anggraeni, F. K. A. (2021). Pemisahan Anomali Regional dan Residual Data Gravitasi Gunung Semeru Jawa Timur. *Jurnal Fisika Unand*, 10(4), 421–427.

Dewi, I., Puspitasari, F., Z, N., & Martha, A. (2020). 3D Data Gravity Modeling For Identification Of The Formation Structure Of The Hydrocarbon Basin In The Bajubang Region, Jambi Province. *JGE (Jurnal Geofisika Eksplorasi)*, 6(3), 216–227. doi:<https://doi.org/10.23960/jge.v6i3.103>

Endah, P. S. (2021). *Aplikasi Metode Turunan Kedua Vertikal (Second Vertical Derivative) Data Gravitasi untuk Interpretasi Sesar Baribis Jawa Barat*, Akademi Meteorologi dan Geofisika.

Harsita, S., Muhandi, & Perdhana, R. (2024). Analisis Sebaran Anomali Gravitasi untuk Observasi Struktur Geologi Zona Mineralisasi di Daerah Ciarinem dan Sekitarnya. *Journal Online of Physics*, 9(3), 18–25.

Ibrahim, M. M., Utami, P., & Raharjo, I. B. (2022). Analisis Struktur Geologi Berdasarkan Data Gravitasi Menggunakan Metode Second Vertical Derivative (SVD) pada Lapangan Panas Bumi "X". *Jurnal Geosains dan Remote Sensing*, 3(2), 59–59.

Jayatri, A. U., Multi, W., & Hayatuzzahra, S. (2023). Identifikasi Keberadaan Sesar Menggunakan Metode Gravitasi dan Analisis Second Vertical Derivative (SVD) di Bagian Selatan Kabupaten Sumbawa. *Jurnal Tambora*, 7(2), 53–57.

Lase, F. T. Z. (2020). *Investigasi Zona Sesar Berdasarkan Analisis FHD dan SVD Data Gayaberat di Area Panasbumi Kepahiang, Bengkulu*. Fakultas Teknologi Eksplorasi dan Produksi. Universitas Pertamina.

Maimuna, A. K., Pramesthi, E. A., Segoro, Y. A., Margiono, R., Azzahra, K. S., Akhadi, M., & Siregar, D. V. (2021). Analisis Anomali Gaya Berat Menggunakan Metode SVD dan Pemodelan 3D (Studi Kasus Gempa di

- Kepulauan Togean, Kabupaten Tojo Una-Una, Sulawesi Tengah. *Jurnal Geofisika*, 19(1), 17–23.
- Maulana, A. D., & Prasetyo, D. A. (2019). Analisa Matematis Pada Koreksi Bouguer dan Koreksi Medan Data Gravitasi Satelit Topex dan Penerapan dalam Geohazard Studi Kasus Sesar Palu Koro, Sulawesi Tengah. *Jurnal Geosaintek*, 5(3), 91–100.
- Muhardi, Nasharuddin, & Prastika, Y. (2023). Identification of The Subsurface Structure Using Gravity Method in Kasihan Village, Pacitan Regency. *AIP Conference Proceedings*, 2480(020002).
- Purwaningsih, I., Aziz, K. N., & Fitrianingtyas, R. (2023). Identifikasi Patahan dan Struktur Bawah Permukaan Kawasan Potensi Panas Bumi Rawa Dano Provinsi Banten Menggunakan Data Gravitasi GGMPlus. *Jurnal Geosains dan Teknologi*, 6(1), 43–52.
- Rahardjo, Wartono, & Rosidi. (1995). *Peta Geologi Lembar Yogyakarta, Jawa*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- Sarkowi, M., Yusuf, M., & Minardi, S. (2023). Identifikasi Struktur Iliran High Sumatera Selatan Berdasarkan Analisa Anomali Gravity. *JGE (Jurnal Geofisika Eksplorasi)*, 9(2), 150–160.
doi:<https://doi.org/10.23960/jge.v9i2.303>
- Scholz, C. H. (2019). *The Mechanics of Earthquakes and Faulting* (Third). Cambridge University Press.
- Shinta, V., Pujiastuti, D., & Aulia, A. N. (2021). Studi Relokasi Hiposenter Aftershock Gempa Yogyakarta 2006. *Jurnal Fisika Unand*, 9(4), 502–509.
- Surono, Toha, B., & Sudarno, L. (1992). *Peta Geologi Lembar Surakarta dan Giritontro, Jawa*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- Susanti, D. A., Pujiastuti, D., & Handayani, L. (2022). Pemodelan Struktur Bawah Permukaan Formasi Jatibarang Berdasarkan Metode Gayaberat. *Jurnal Fisika Unand*, 11(1), 131–138.
- Telford, W. M., Geldart, L. P., & Sheriff, R. E. (1990). *Applied Geophysics* (Second Edi). Cambridge University Press.
- Ulfa, M., Azwar, A., & Muhardi (2019). Identifikasi Struktur Bawah Permukaan Area Sumber Air Panas Non-Vulkanik di Kabupaten Sanggau Berdasarkan Citra Satelit ERS-1 dan Geosat. *Prisma Fisika*, 7(2), 127–133.
- Wachidah, N., & Minarto, E. (2018). Identifikasi Struktur Lapisan Bawah Permukaan Daerah Potensial Mineral dengan Menggunakan Metode Gravitasi di Lapangan “A”, Pongkor, Jawa Barat. *Jurnal Sains Dan Seni ITS*, 7(1), 32–37.
- Wibowo, N. B. & Sembri, J. N. (2017). Analisis Seismisitas dan Energi Gempabumi di Kawasan Jalur Sesar Opak-Oyo Yogyakarta. *Indonesian Journal of Applied Physics*, 7(2), 82–90.
- Zaenudin, A., & Yulistina, S. (2018). Studi Identifikasi Struktur Geologi Bawah Permukaan Untuk Mengetahui Sistem Sesar Berdasarkan Analisis First Horizontal Derivative (FHD), Second Vertical Derivative (SVD), Dan 2,5D Forward Modeling Di Daerah Manokwari Papua Barat. *JGE (Jurnal Geofisika Eksplorasi)*, 4(2), 173–186.
doi:<https://doi.org/10.23960/jge.v4i2.15>
- Zakaria, M. F. (2021). Analisis Kedalaman Sumber Anomali Gravitasi menggunakan Spectral Statistical Technique di Daerah Godean Yogyakarta. *Jurnal Fisika Flux*, 18(1), 75–82.