

**IDENTIFIKASI JALUR SESAR AKTIF MENGGUNAKAN ANALISIS
*FIRST HORIZONTAL DERIVATIVE (FHD) DAN SECOND VERTICAL
DERIVATIVE (SVD) PADA DATA GRAVITASI***

**Tri Ismoyo Wulandjari^{1*}, Mochamad Aryono Adhi², Muhamad Syirojudin³,
Ismi Rohmatas Sania⁴, Hasanuddin⁵, Muhamad Fakhrol Islam Masruri⁶**

Universitas Negeri Semarang^{1,2}

Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika^{3,4,5,6}

tri_ismoyo@students.unnes.ac.id¹

ABSTRAK

Upaya penelitian ini berusaha untuk menggambarkan dan mengkarakterisasi garis patahan aktif yang ada di Kabupaten Sumedang, Jawa Barat, yang menunjukkan kerumitan geologis yang signifikan yang berasal dari interaksi proses tektonik konvergen yang melibatkan Lempeng Indo-Australia dan Eurasia, selain hubungan spasialnya dengan sistem patahan regional terkemuka seperti Patahan Lembang. Investigasi ini menggunakan metode gravitasi dengan analisis derivatif untuk mengidentifikasi struktur sesar bawah permukaan yang berpotensi berkontribusi terhadap bahaya seismik. Data gravitasi diperoleh menggunakan gravimeter Scintrex CG-6 dengan akurasi 0,01 mGal, dilengkapi model gravitasi global GGMPlus dan data topografi SRTM. Peta *Complete Bouguer Anomaly (CBA)* diproses melalui teknik filtering *First Horizontal Derivative (FHD)* dan *Second Vertical Derivative (SVD)* untuk meningkatkan deteksi sesar. Hasil pemrosesan dan interpretasi menunjukkan pola linier dan titik-titik anomali dengan nilai FHD tinggi serta SVD signifikan pada beberapa lintasan sayatan. Pola ini mengindikasikan zona sesar aktif yang selaras dengan tren geologi regional dan distribusi aktivitas seismik pasca gempa akhir tahun 2023. Penelitian ini menyimpulkan bahwa integrasi metode FHD dan SVD pada data gravitasi efektif mengidentifikasi jalur sesar aktif. Temuan ini dapat dijadikan dasar mitigasi bencana geologi serta perencanaan wilayah yang lebih aman.

Kata kunci: *Gravity, FHD, SVD, Anomali Bouguer, Sesar Aktif, Sumedang*

ABSTRACT

This study aims to delineate and characterize active fault lines in Sumedang Regency, West Java, which exhibits significant geological complexity resulting from the convergent tectonic processes between the Indo-Australian and Eurasian Plates, as well as its proximity to prominent regional fault systems such as the Lembang Fault. The investigation utilized the gravity method combined with derivative analysis to identify subsurface fault structures that potentially contribute to seismic hazards. Gravity data were collected using a Scintrex CG-6 gravimeter with an accuracy of 0.01 mGal, supplemented by the global gravity model GGMPlus and SRTM topographic data. The Complete Bouguer Anomaly (CBA) map was processed through First Horizontal Derivative (FHD) and Second Vertical Derivative (SVD) filtering techniques to enhance fault detection capability. Results from data processing and interpretation reveal linear patterns and anomaly points

characterized by high FHD values and significant SVD anomalies along several cross-sectional lines. These patterns indicate the presence of active fault zones that align with regional geological trends and the distribution of seismic activity following the earthquakes at the end of 2023. This study concludes that the integration of the FHD and SVD methods on gravity data is effective in identifying active fault lines. The findings can serve as a fundamental basis for geological disaster mitigation and safer regional spatial planning.

Keywords: Gravity, FHD, SVD, Bouguer Anomaly, Active Fault

PENDAHULUAN

Indonesia, khususnya Jawa Barat, merupakan wilayah dengan kompleksitas geologi tinggi akibat interaksi konvergensi Lempeng Indo-Australia dan Eurasia yang menghasilkan deformasi kerak bumi serta pembentukan berbagai struktur sesar aktif (Heliani et al., 2025; Permana et al., 2022). Metode geofisika gravitasi telah terbukti efektif untuk mendeteksi struktur bawah permukaan, terutama melalui analisis derivatif seperti *First Horizontal Derivative* (FHD) yang menyoroti kontras densitas lateral dan *Second Vertical Derivative* (SVD) yang memperjelas batas struktur dangkal (Hofi et al., 2024; Minarto, 2025). Teknik ini memanfaatkan variasi medan gravitasi untuk mengidentifikasi diskontinuitas seperti sesar yang sulit terdeteksi secara langsung di permukaan.

Fenomena yang menjadi landasan penelitian ini adalah kejadian gempa bumi berkekuatan M 4,8 pada 31 Desember 2023 di Kabupaten Sumedang, Jawa Barat. Gempa tersebut dipicu oleh sesar aktif (Cipeles atau Cileunyi-Tanjungsari) yang sebelumnya belum terpetakan dengan baik, serta kedekatannya dengan Sesar Lembang yang merupakan struktur utama di cekungan Bandung (BMKG, 2024; Saputra et al., 2025). Kejadian ini menunjukkan perlunya pemetaan

mendalam terhadap struktur sesar bawah permukaan di wilayah berpenduduk padat untuk mengurangi risiko seismik.

Beberapa penelitian terdahulu telah menerapkan pendekatan serupa. Hofi et al. (2024) menggunakan analisis FHD dan SVD pada data gravitasi untuk mengungkap model struktur sesar bawah permukaan di sekitar Gunung Semeru, Jawa Timur. Heliani et al. (2025) mengintegrasikan data GGMPPlus, GNSS, dan seismik untuk memetakan Patahan Palu-Koro di Sulawesi, di mana nilai FHD tinggi menunjukkan gradien densitas tajam terkait aktivitas tektonik. Rinanda (2024) berhasil mengidentifikasi segmen Dikit Patahan Sumatra Besar menggunakan FHD dan SVD pada data GGMPPlus, sementara Minarto (2025) menerapkan teknik derivatif serupa untuk identifikasi struktur subsurface di area geothermal Tiris. Studi-studi tersebut menunjukkan keandalan metode derivatif gravitasi dalam mendeteksi batas sesar dan zona kontras densitas di berbagai setting tektonik Indonesia.

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi jalur sesar bawah permukaan di Kabupaten Sumedang menggunakan analisis *First Horizontal Derivative* (FHD) dan *Second Vertical Derivative* (SVD) pada data gravitasi.

Kebaharuan (novelty) penelitian ini terletak pada integrasi data primer yang diperoleh langsung menggunakan gravimeter Scintrex CG-6 pasca kejadian gempa 2023 dengan model global GGMPlus dan data topografi SRTM, khusus difokuskan pada wilayah Sumedang yang baru mengalami aktivitas seismik signifikan. Pendekatan ini memberikan resolusi spasial yang lebih tinggi dibandingkan penelitian sebelumnya yang sebagian besar mengandalkan data satelit saja dan belum menyoar area Sumedang pasca-gempa.

Penelitian ini penting dilakukan karena dapat memberikan data dasar bagi mitigasi bencana gempa bumi, perencanaan tata ruang wilayah yang aman, serta pemahaman dinamika tektonik lokal di Jawa Barat yang memiliki implikasi langsung terhadap keselamatan masyarakat dan pembangunan berkelanjutan.

METODE PENELITIAN

Wilayah penelitian terletak di Kabupaten Sumedang, Jawa Barat, pada koordinat $6,795^{\circ}$ – $6,855^{\circ}$ LS dan $107,91^{\circ}$ – $107,97^{\circ}$ BT. Penelitian ini menggunakan pendekatan geofisika gravitasi untuk mengidentifikasi struktur sesar pasca gempa bumi 31 Desember 2023. Data gayaberasat dikumpulkan menggunakan gravimeter Scintrex CG-6 dengan akurasi 0,01 mGal pada titik-titik pengukuran yang disusun secara teratur dengan spasi hingga 500 meter. Penelitian ini juga memanfaatkan data sekunder berupa model gravitasi global GGMPlus dan data topografi SRTM.

Tahapan pengolahan data meliputi kalibrasi gravimeter di stasiun dasar, koreksi pasang surut, koreksi lintang, koreksi udara bebas, koreksi Bouguer,

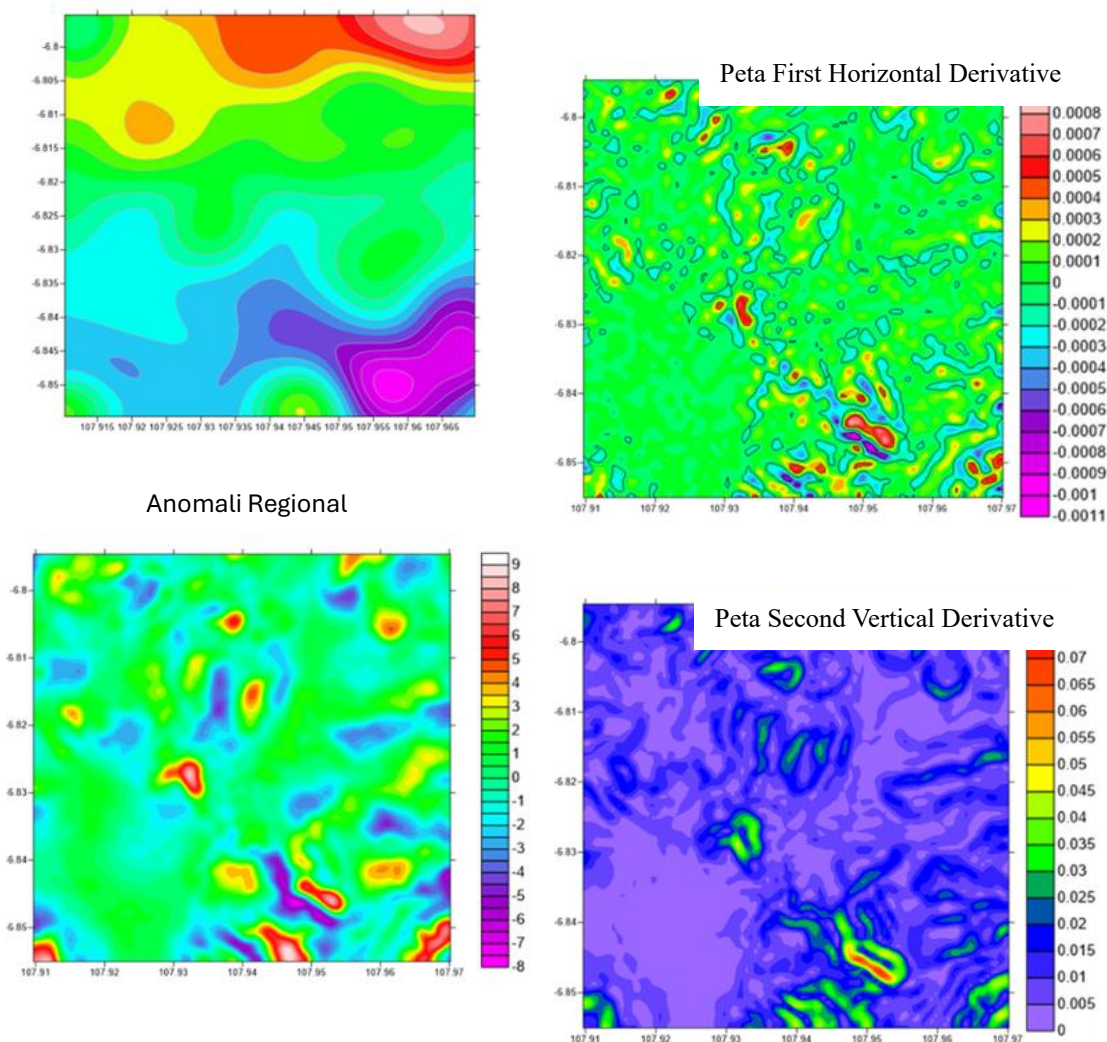
serta koreksi medan topografi untuk memperoleh *Complete Bouguer Anomali* (CBA). Selanjutnya dilakukan analisis turunan gravitasi berupa *First Horizontal Derivative* (FHD) dan *Second Vertical Derivative* (SVD) yang dipetakan dalam bentuk kontur. Hasil analisis tersebut kemudian diinterpretasikan secara spasial dengan overlay peta geologi dan data episentrum gempa dari BMKG, serta divalidasi melalui pemodelan geometri sesar dua dimensi (2D).

HASIL PENELITIAN

Setelah melalui tahap akuisisi dan pemrosesan data gravitasi, analisis dilanjutkan dengan interpretasi hasil untuk mengungkap indikasi keberadaan sesar aktif di Kabupaten Sumedang. Interpretasi difokuskan pada peta-peta turunan gaya berat, yaitu *First Horizontal Derivative* (FHD) dan *Second Vertical Derivative* (SVD).

Peta *Complete Bouguer Anomali* (CBA) primer menunjukkan distribusi nilai anomali yang bervariasi. Nilai anomali tinggi sekitar 13,2 mGal terdapat di sekitar titik T3 dan T14, sedangkan nilai anomali rendah sekitar 11,1 mGal ditemukan di sekitar titik T13 hingga T16. Peta CBA kombinasi primer dan sekunder memperlihatkan nilai anomali sangat rendah (kurang dari 74) di wilayah tenggara dan nilai anomali tinggi (lebih dari 94) di bagian utara.

Peta anomali regional dan anomali residual ditunjukkan pada Gambar 1. Peta anomali regional menggambarkan tren struktur geologi berskala besar, sementara peta anomali residual memberikan gambaran variasi gravitasi berskala lokal dengan pola anomali positif dan negatif yang tersebar.



Anomali Regional

Gambar 1.

Peta Anomali Regional dan Residual

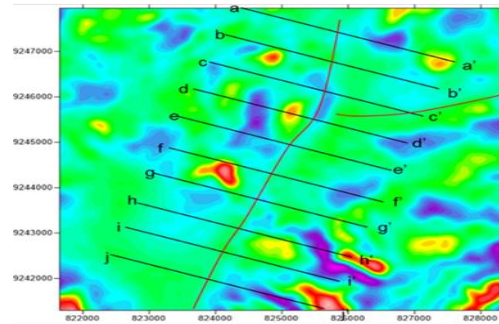
Peta *First Horizontal Derivative* (FHD) dan *Second Vertical Derivative* (SVD) residu disajikan pada Gambar 2. Peta FHD menunjukkan perubahan nilai anomali secara lateral, dengan warna merah tua mengindikasikan gradien horizontal yang tajam. Peta SVD residu memperlihatkan perubahan nilai anomali secara vertikal, dengan area berwarna hijau hingga merah menandakan perubahan vertikal yang tajam.

Gambar 2.

Peta First Horizontal Derivative (FHD) dan Second Vertical Derivative (SVD) menunjukkan kontras densitas lateral dan vertikal yang mengindikasikan struktur besar

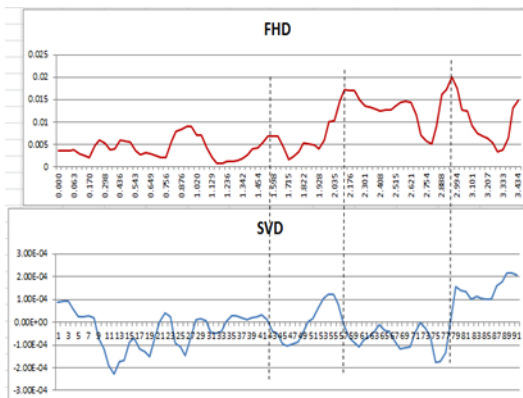
Hasil analisis lintasan (profil melintang) ditampilkan pada Gambar 3a hingga Gambar 3j. Gambar 3a menunjukkan penampang melintang profil a-a' dengan tanda FHD dan SVD. Gambar 3b untuk profil b-b', Gambar 3c untuk profil c-c', Gambar 3d untuk profil d-d', Gambar 3e untuk profil e-e', Gambar 3f untuk profil f-f', Gambar 3g

untuk profil g-g', Gambar 3h untuk profil h-h', Gambar 3i untuk profil i-i', dan Gambar 3j untuk profil j-j'. Pola kontras tinggi pada FHD dan SVD terlihat jelas pada lintasan a-a', b-b', f-f', dan h-h'.



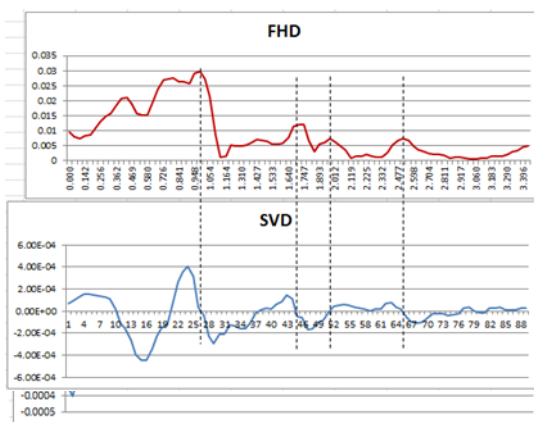
Gambar 3a.

Penampang melintang Profil a-a' menunjukkan tanda FHD dan SVD



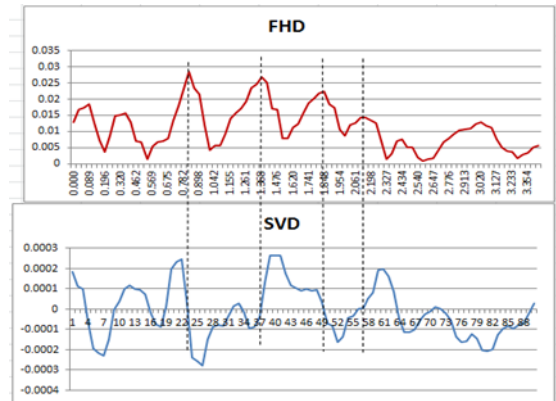
Gambar 3b.

Penampang melintang Profil b-b' menunjukkan tanda FHD dan SVD



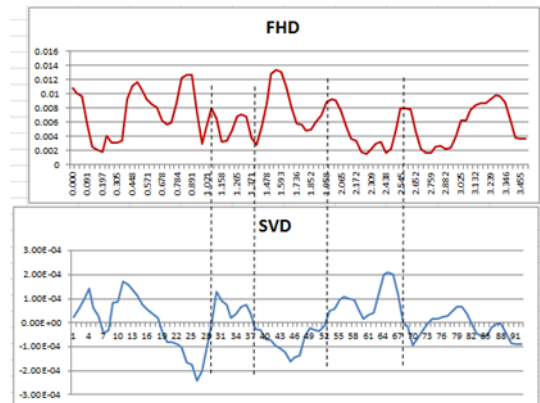
Gambar 3c.

Penampang melintang Profil c-c' menunjukkan tanda FHD dan SVD



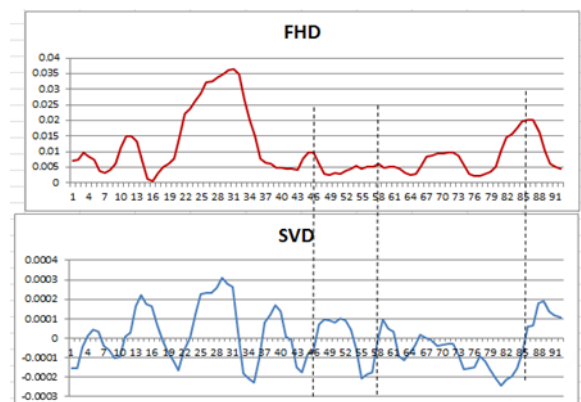
Gambar 3d.

Penampang melintang Profil d-d' menunjukkan tanda FHD dan SVD



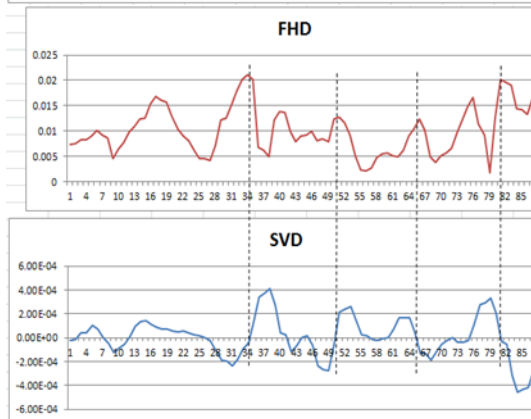
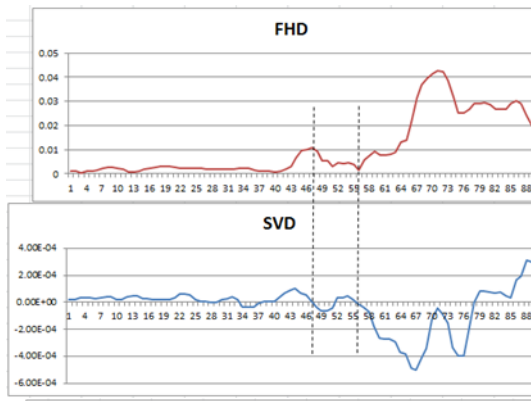
Gambar 3e.

Penampang melintang Profil e-e' menunjukkan tanda FHD dan SVD

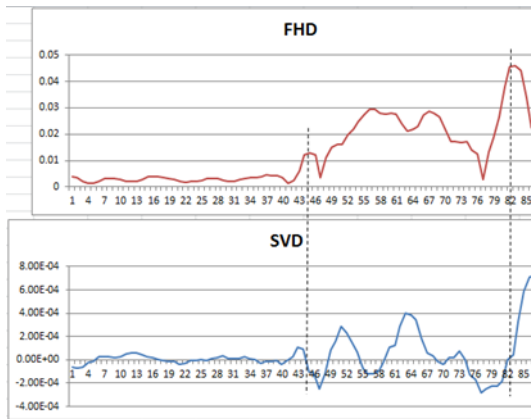


Gambar 3f.

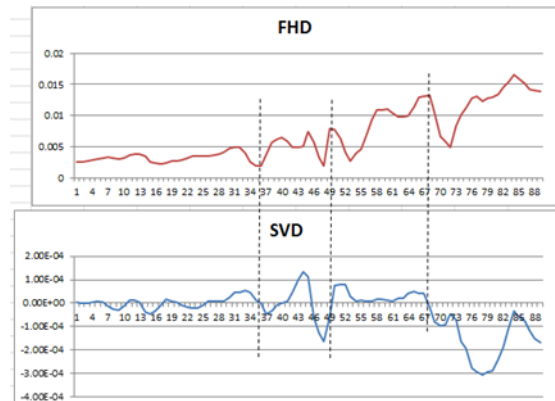
Penampang melintang Profil f-f' menunjukkan tanda FHD dan SVD



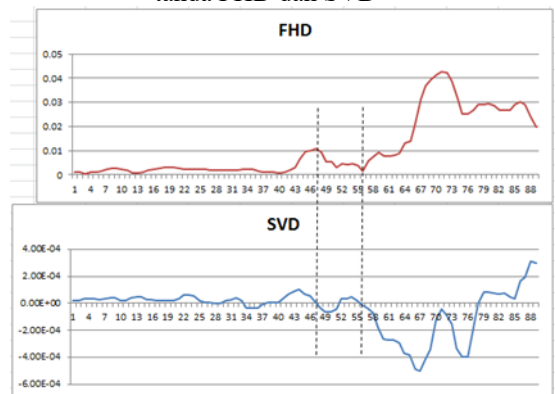
Gambar 3g.
Penampang melintang Profil g-g' menunjukkan tanda FHD dan SVD



Gambar 3h.
Penampang melintang Profil h-h' menunjukkan tanda FHD dan SVD

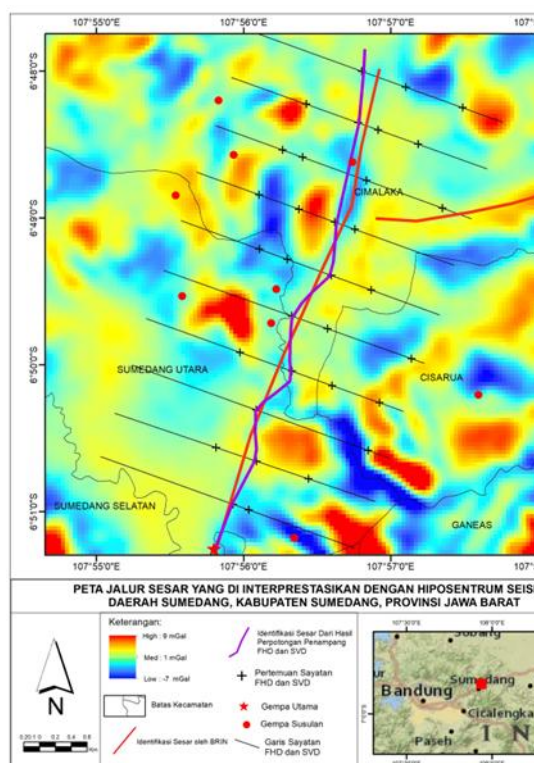


Gambar 3i.
Penampang melintang Profil i-i' menunjukkan tanda FHD dan SVD



Gambar 3j.
Penampang melintang Profil j-j' menunjukkan tanda FHD dan SVD

Gambar 4 menyajikan peta hasil interpretasi dugaan lintasan sesar. Dalam peta ini, simbol “+” merepresentasikan titik-titik hasil interpretasi yang menunjukkan kemungkinan jalur sesar, sementara titik merah menunjukkan lokasi kejadian gempa bumi yang tercatat. Garis merah menggambarkan lintasan dugaan sesar utama dan cabang sekunder yang diinterpretasikan dari pola linier sebaran anomali serta korelasinya dengan titik gempa.



Gambar 4.

Peta interpretasi akhir jalur sesar

PEMBAHASAN

Pola anomali FHD dan SVD yang ditampilkan pada Gambar 4 menunjukkan zona kontras densitas lateral dan vertikal yang tajam, terutama pada lintasan a-a', b-b', f-f', dan h-h'. Zona anomali positif berwarna merah-kuning yang berkorespondensi dengan jejak sesar mengindikasikan adanya pergeseran diferensial antara blok hanging wall dan footwall. Geometri linier yang tajam dari anomali ini menggambarkan bahwa sesar di wilayah Sumedang kemungkinan memiliki kemiringan curam, karakteristik tipikal sesar strike-slip (Heliani et al., 2025; Hofi et al., 2024).

Hasil analisis menunjukkan lintasan patahan yang memanjang dari barat daya ke timur laut, dengan konsentrasi simbol "+" pada koordinat $107,93^\circ$ hingga $107,945^\circ$ BT dan $-6,85^\circ$ hingga $-6,80^\circ$ LS. Pola linier ini selaras

dengan distribusi episentrum gempa yang tercatat, memperkuat interpretasi bahwa aktivitas seismik di Sumedang berasosiasi langsung dengan pergerakan sesar aktif tersebut. Temuan ini konsisten dengan studi di wilayah tektonik aktif Indonesia lainnya, di mana nilai FHD tinggi mencerminkan gradien densitas tajam akibat aktivitas tektonik (Permana et al., 2022; Rinanda, 2024).

Zona berwarna merah dan ungu di sekitar jalur sesar mengindikasikan kontras anomali yang signifikan, yang biasanya muncul pada batas batuan berbeda atau zona struktur lemah. Pola ini mendukung keberadaan sesar aktif yang menjadi pusat deformasi dan akumulasi tegangan di wilayah penelitian. Integrasi data primer Scintrex CG-6 dengan GGMPlus memberikan resolusi yang lebih baik dalam mendeteksi batas sesar dibandingkan penggunaan data satelit saja (Minarto, 2025; Soekarno et al., 2025).

Distribusi titik gempa yang mengikuti lintasan dugaan sesar menegaskan bahwa sesar yang teridentifikasi berperan sebagai jalur pelepasan energi seismik. Hal ini sejalan dengan penelitian di segmen patahan Sumatra dan Palu-Koro, di mana kombinasi FHD dan SVD berhasil mengonfirmasi segmen sesar aktif yang sebelumnya kurang terpetakan (Dewanto et al., 2022; Agustine et al., 2023).

Secara keseluruhan, integrasi analisis FHD dan SVD pada data gravitasi primer dan sekunder menghasilkan interpretasi yang komprehensif mengenai jalur sesar di Kabupaten Sumedang. Pendekatan ini membuktikan keandalan metode derivatif gravitasi untuk mendeteksi

struktur geologi tersembunyi di daerah dengan tutupan sedimen tebal dan aktivitas tektonik tinggi (Rosid et al., 2023; Frando et al., 2025).

SIMPULAN

Penelitian ini berhasil mengidentifikasi dugaan jalur sesar aktif di Kabupaten Sumedang menggunakan analisis *First Horizontal Derivative* (FHD) dan *Second Vertical Derivative* (SVD) pada data gravitasi. Integrasi antara data pengukuran primer dengan gravimeter Scintrex CG-6 dan data sekunder GGMPlus serta SRTM menghasilkan interpretasi yang lebih komprehensif mengenai struktur sesar bawah permukaan. Berdasarkan pola kontras densitas lateral dan vertikal yang terdeteksi, jalur sesar teridentifikasi terkonsentrasi pada zona-zona tertentu yang selaras dengan tren geologi regional dan distribusi aktivitas seismik. Hasil penelitian ini dapat dijadikan sebagai data dasar penting dalam upaya mitigasi bencana gempa bumi, perencanaan tata ruang wilayah yang aman, serta pemahaman dinamika tektonik lokal di Kabupaten Sumedang.

DAFTAR PUSTAKA

- BMKG. (2024). BMKG Berhasil Identifikasi Sesar Baru Penyebab Gempa Sumedang. Siaran Pers BMKG. <https://www.bmkg.go.id>
- Heliani, L. S., Pratama, C., Anggraini, A., Dewanto, B. G., Natul, A. S., & Lestari, D. (2025). Integrated Gravity, GNSS, and Seismic Analysis for Fault Mapping in Sulawesi Island: Insights Into The Palu-Koro Fault. *Geodesy and Geodynamics*. <https://doi.org/10.1016/j.geog.2025> (In Press)
- Hofi, L. N., Maryanto, S., Susilo, A., & Wuryani, S. D. (2024). Derivative Analysis of Gravity Data in Revealing The Subsurface Fault Structure Model in Semeru Volcano, East Java and its surrounding. *Trends in Sciences*, 21(9), 8050. <https://doi.org/10.48048/tis.2024.8050>
- Minarto. (2025). Gravity Field Interpretation for Subsurface Structure Identification in A Tiris Geothermal Area, Indonesia. *International Journal of Geophysics*, 2025, Article 1828984. <https://doi.org/10.1155/ijge/1828984>
- Permana, N. R., et al. (2022). Characteristics of Palu-Koro Fault Based on Derivative Analysis and Euler Deconvolution Model of Gravity Data. *Journal of Physics: Conference Series*, 2377(1), 012041. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2377/1/012041>
- Rinanda, S. T. (2024). Identification of the Subsurface Structure of the Great Sumatra Fault Dikit Segment Based on *First Horizontal Derivative* (FHD), *Second Vertical Derivative* (SVD), and Forward Modelling Analyses. *Jurnal Geofisika*. <https://jurnal-geofisika.or.id/index.php/jurnal-geofisika/article/view/631>
- Saputra, S. E. A., Badaruddin, D. F., Wahyudiono, J., & Mandi, I. (2025). The Cipeles sinistral Strike-Slip Fault Caused Mag 4.8–31 December 2023 Sumedang Earthquake. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1517(1), 012018. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1517/1/012018>

- Agustine, E., et al. (2023). Identification of Mud Volcano's Structure Using Gravity Satellite and Fault Fracture Density Analysis: Case study Ciuyah mud volcano, Kuningan, West Java. *Relevant Journal* (undip repository). <https://scholar.undip.ac.id>
- Dewanto, B. G., et al. (2022). The 2022 Mw 6.1 Pasaman Barat, Indonesia Earthquake, Confirmed The Existence Of The Talamau Segment Fault Based On Teleseismic And Satellite Gravity Data. *Quaternary*, 5(4), 45. <https://doi.org/10.3390/quat5040045>
- Frando, M., et al. (2025). Gravity-Anomaly-Based Analysis Of Surface Ruptures Along The Palu-Koro Fault (Indonesia) For Long-Term Seismic Hazard Mitigation. *Bulletin of Geography. Physical Geography Series*. <https://apcz.umk.pl/BOGPGS/article/view/59757>
- Heliani, L. S., et al. (2025). Integrated gravity, GNSS, And Seismic Analysis For Fault Mapping In Sulawesi Island: Insights Into the Palu-Koro Fault. *Geodesy and Geodynamics*. <https://doi.org/10.1016/j.geog.2025> (In Press)
- Hofi, L. N., Maryanto, S., Susilo, A., & Wuryani, S. D. (2024). Fault Detection and Subsurface Model Based on Gravity Data in Pronojiwo, Lumajang, Indonesia. *Trends in Sciences*, 21(9), 8050. <https://doi.org/10.48048/tis.2024.8050>
- Minarto. (2025). Gravity Field Interpretation for Subsurface Structure Identification in A Tiris Geothermal Area, Indonesia. *International Journal of Geophysics*, 2025, Article 1828984. <https://doi.org/10.1155/ijge/1828984>
- Permana, N. R., Gunawan, B., Primastika, A. A., & Novitasari, D. (2022). Characteristics of Palu-Koro Fault based on Derivative Analysis and Euler Deconvolution Model Of Gravity Data. *Journal of Physics: Conference Series*, 2377(1), 012041. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2377/1/012041>
- Rinanda, S. T. (2024). Identification of the subsurface structure of the Great Sumatra Fault Dikit segment based on *First Horizontal Derivative* (FHD), *Second Vertical Derivative* (SVD), and forward modelling analyses. *Jurnal Geofisika*. <https://jurnal-geofisika.or.id/index.php/jurnal-geofisika/article/view/631>
- Rosid, M. S., Nursarifa, S., & Riyanto, A. (2023). Identification of Geological Structures in Sigi Regency, Central Sulawesi Based on Derivative Analysis of Gravity Data. *International Journal of GEOMATE*, 24(103), 26-33. <https://doi.org/10.21660/2023.103.3426>
- Soekarno, H., et al. (2025). Identifying Geological Fault Structures Using Ggmpus Satellite Data and Derivative Methods to Characterize Mount Endut Geothermal Systems Via 3D-Inversion Gravity Modeling. *Geomatics and Environmental Engineering*, 19(3), 31–62. <https://doi.org/10.7494/geom.2025.19.3.31>