

---

**ANALISIS SECOND VERTICAL DERIVATIVE DATA GRAVITASI UNTUK  
MENGINTERPRETASIKAN STRUKTUR BAWAH PERMUKAAN DAERAH  
LEMBANG**

***SECOND VERTICAL DERIVATIVE ANALYSIS OF GRAVITY DATA TO INTERPRET  
THE SUBSURFACE STRUCTURE OF THE LEMBANG AREA***

Ika Maulita\*, Jurusan Fisika, Universitas Jenderal Soedirman, Purwokerto, Indonesia  
Nirmala Ratri Prasetyaningsih, Jurusan Fisika, Universitas Jenderal Soedirman, Purwokerto,  
Indonesia

Umi Pratiwi, Jurusan Fisika, Universitas Jenderal Soedirman, Purwokerto, Indonesia  
Ali Azimi, Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika, Indonesia

\*e-mail: ikamaulita@gmail.com (corresponding author)

**Abstrak.** Analisis data gravitasi Topex dengan metode *Second Vertical Derivative* (SVD) bertujuan untuk menentukan struktur bawah permukaan di wilayah Lembang Jawa Barat. Data gravitasi yang diunduh dari website Topex, dilakukan koreksi sehingga dapat diketahui pola persebaran kenampakan Anomali Bouguer Sederhana (ABS) berdasarkan interpretasi data gravitasi, dan mengetahui kontur hasil SVD Filter Elkins (1951) dalam penentuan jenis struktur bawah permukaan di Lembang, Jawa Barat. Data yang digunakan adalah data sekunder yang meliputi data gravitasi yang sudah terkoreksi hingga Free Airy Anomaly (FAA) dan topografi yang diambil dari website satelit Topex dengan koordinat  $107^{\circ}32' E - 107^{\circ}46' E$  dan  $6^{\circ}45' S - 6^{\circ}52' S$ . Penelitian ini menggunakan Microsoft Excel 2013, Software Surfer 17, Notepad ++, dan Google Earth Pro. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode gravitasi dan metode *Second Vertical Derivatif* (SVD) Filter Elkins. Hasil yang diperoleh dari penelitian ini menunjukkan hasil koreksi data gravitasi menghasilkan 120 data nilai ABS, 3 pola sebaran ABS meliputi: anomali tinggi, anomali sedang, dan anomali rendah serta hasil analisa grafik slicing masing-masing line menunjukkan struktur bawah permukaan di Lembang merupakan jenis patahan normal.

**Kata Kunci:** *Patahan lembang, anomali bouguer sederhana, second vertical derivatif, patahan normal.*

**Abstract.** *Topex gravity data analysis using the Second Vertical Derivative (SVD) method aims to determine the subsurface structure in the Lembang area of West Java. Gravity data downloaded from the Topex website, corrected so that the distribution pattern of Simple Bouguer Anomaly (ABS) can be determined based on the interpretation of gravity data, and to determine the contour of the SVD Filter Elkins (1951) results in determining the type of subsurface structure in Lembang, West Java. The data used are secondary data including gravity data that has been corrected to Free Airy Anomaly (FAA) and topography taken from the Topex satellite website with coordinates  $107^{\circ}32' E - 107^{\circ}46' E$  and  $6^{\circ}45' S - 6^{\circ}52' S$ . This study uses Microsoft Excel 2013, Surfer 17 Software, Notepad ++, and Google Earth Pro. The methods used in this study are the gravity method and the Second Vertical Derivative (SVD)*

*Filter Elkins method. The results obtained from this study show that the results of gravity data correction produce 120 ABS value data, 3 ABS distribution patterns including: high anomalies, medium anomalies, and low anomalies and the results of the slicing graph analysis of each line indicate that the subsurface structure in Lembang is a type of normal fault.*

**Keywords:** *Lembang fault, simple bouguer anomaly, second vertical derivative, normal fault.*

## **PENDAHULUAN**

Indonesia, sebagai negara kepulauan, terletak di Cincin Api Pasifik, sebuah wilayah yang dikenal karena aktivitas seismik dan vulkaniknya yang intens akibat pertemuan beberapa lempeng tektonik (Arisalwadi, 2024). Lokasi geografis yang unik ini menempatkan Indonesia di atas titik pertemuan Lempeng Indo-Australia, Eurasia, dan Pasifik, sehingga rentan terhadap gempa bumi, tsunami, dan letusan gunung berapi (Amahoru, 2023). Dengan 147 gunung berapi, 76 di antaranya aktif, tersebar di pulau-pulau seperti Jawa, Sumatra, Nusa Tenggara, dan Sulawesi, Indonesia dikenal sebagai salah satu wilayah vulkanik paling aktif di dunia (Hariyono & Liliarsari, 2018). Posisi Indonesia di Cincin Api Pasifik berkontribusi pada tingginya aktivitas vulkanik, dengan jumlah gunung berapi aktif yang signifikan dibandingkan dengan wilayah lain di dunia (Huda, 2024).

Selain itu, lokasi Indonesia di pertemuan Asia dan Australia, berbatasan dengan Samudra Hindia dan Pasifik, memainkan peran penting dalam sirkulasi termohalin global (Herho, 2023). Kepulauan Indonesia, yang dikenal dengan keanekaragaman hayati meganya, adalah hasil dari posisinya yang unik yang menjembatani elemen Oriental dan Australasia, dengan tingkat endemisme yang tinggi di wilayah Wallacea (Hanawa & Kojima, 2020). Keanekaragaman hayati ini meluas ke ranah laut, dengan Kepulauan Indonesia menjadi tuan rumah bagi ekosistem terumbu karang yang beragam akibat sejarah geologi yang kompleks dan suhu laut ekuatorial yang hangat (Bachtiar dkk., 2022).

Fitur geologi Indonesia, termasuk zona subduksi dan laut multi-pulau, menjadikannya area penting untuk mempelajari pola aliran mantel dan proses subduksi (Cao dkk., 2021). Karakteristik geologis negara ini, seperti heterogenitas batuan dan sumber daya energi panas bumi, dipengaruhi oleh sistem vulkanik aktif dan pengaturan tektoniknya (Lewerissa dkk., 2020). Selain itu, kerentanan Indonesia terhadap bahaya vulkanik seperti lahar dan banjir bandang setelah letusan menekankan pentingnya pengurangan risiko dan kesiapsiagaan bencana di wilayah vulkanik (Rusdimi dkk., 2017).

Dalam konteks aktivitas seismik, patahan diartikan sebagai rekahan atau zona rekahan pada kerak bumi yang sepanjang sisinya terjadi perpindahan relatif satu sama lain. Perpindahan ini bisa terjadi secara tiba-tiba sehingga mengakibatkan gempa bumi (Legg dkk., 2015). Sesar aktif seismik adalah sesar yang berhubungan dengan terjadinya gempa bumi (Cotilla-Rodríguez, 2016). Kehadiran sesar dapat menyebabkan perubahan sifat seismik akibat anisotropi terkait sesar, di mana ketebalan sesar jauh lebih kecil dibandingkan panjang gelombang seismik (Singhroha dkk., 2020). Sesar berpotensi memecahkan permukaan tanah pada saat terjadinya gempa berkekuatan maksimum tunggal (Mendoza-Ponce dkk., 2018).

Memahami kesalahan sangat penting untuk menilai bahaya seismik. Merayap sesar dan mikroseismisitas dapat membantu mengidentifikasi sesar secara detail, sehingga berkontribusi terhadap penilaian bahaya seismik (Harris, 2017). Sesar neotektonik aktif dan sesar yang terkait dengan gempa bumi besar memainkan peran penting dalam menentukan zona seismik,

sehingga mengarah pada pengembangan model zonasi seismik yang terperinci (Vamvakaris dkk., 2017). Sifat sesar di wilayah seperti Andes di Chili dapat memberikan wawasan tentang potensi seismik dan bahaya yang terkait (Santibanez dkk., 2018). Geometri dan konektivitas sesar dapat dipahami dengan lebih baik melalui relokasi seismisitas, sehingga membantu dalam mendefinisikan geometri sesar pada kedalaman seismogenik (Alghuraybi dkk., 2021). Segmen sesar dapat dipetakan menggunakan atribut seismik dan volume refleksi, sehingga meningkatkan identifikasi dan karakterisasi sesar (Arai dkk., 2018). Mekanisme fokal kegempaan lokal dapat mendukung keberadaan sesar mendatar (Jarahi, 2016).

Dalam analisis bahaya seismik, patahan sering dikaitkan dengan sumber seismik, dan tingkat gempa bumi tahunan pada patahan aktif merupakan parameter kunci dalam menghitung bahaya seismik (Marc dkk., 2017). Panjang sesar patahan, kedalaman sumber, dan mekanisme fokus merupakan faktor penting dalam memprediksi wilayah yang terkena dampak tanah longsor akibat gempa.

Salah satu wilayah yang ada di Jawa tepatnya di Jawa Barat, yang dilalui bidang sesar yaitu sesar lembang. Sesar lembang merupakan salah satu bukti geologis dan ekspresi geomorfologi dari aktivitas neotektonik di Cekungan Bandung. Sesar lembang terletak kurang lebih 10 km di utara Kota Bandung yang melintasi Kota Kecamatan Lembang dengan panjang sekitar 22 km berarah barat-timur. Dari timur ke barat, tinggi gawir sesar yang mencerminkan besarnya pergeseran sesar (loncatan vertical/throw maupun dislokasi) berubah dari sekitar 450-an meter di ujung timur (Maribaya, G. Pulusari) hingga 40-an meter di sebelah barat (Cisarua) dan menghilang di ujung barat utara Padalarang (Budi Brahmantyo, 2005).

Metode gravitasi, juga dikenal sebagai gravimetri, adalah teknik geofisika mendasar yang digunakan untuk mempelajari bawah permukaan bumi dengan menganalisis variasi medan gravitasi (Wachidah & Minarto, 2018). Metode ini memainkan peran penting dalam eksplorasi geologi dan analisis struktur, memungkinkan identifikasi fitur bawah permukaan seperti patahan, endapan mineral, dan batas geologi (Suwargana dkk., 2023).

Prospek gravitasi, suatu bentuk gravimetri, memberikan wawasan berharga tentang lapisan atas kerak bumi, membantu dalam interpretasi struktur geologi dan komposisi bawah permukaan (Заалишвили dkk., 2021). Hal ini sangat efektif dalam menggambarkan sistem sesar yang dapat memicu gempa bumi dan tanah longsor, sehingga berkontribusi terhadap upaya mitigasi geohazard (Suwargana dkk., 2023). Metode gravitasi dianggap sebagai salah satu alat geofisika tertua, yang menawarkan cara untuk memvisualisasikan struktur bawah permukaan dan fitur geologi penting (Gabo dkk., 2015).

Kedudukan struktur bawah permukaan bumi dapat memberikan informasi mengenai kondisi geologi suatu daerah. Metode gravitasi memanfaatkan variasi medan gravitasi yang terjadi akibat perbedaan densitas pada setiap lapisan batuan. Di bawah permukaan bumi terdapat sumber massa berupa batuan yang menyebabkan gangguan pada medan gravitasi. Metode gravitasi sangat efektif untuk mendeteksi patahan bumi karena mampu mengidentifikasi perbedaan kontras densitas batuan. Batuan dengan perbedaan kontras densitas yang signifikan menunjukkan bahwa daerah tersebut merupakan daerah patahan. Pengambilan data untuk metode gravitasi dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu pengambilan data langsung atau melalui satelit. Data gravitasi dari satelit memiliki keunggulan, antara lain biaya yang lebih rendah dan kemampuan untuk memperluas cakupan area dengan lebih mudah (Sota, 2011).

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan jenis sesar atau patahan yang terdapat di wilayah Lembang, Jawa Barat. Analisis ini meliputi identifikasi apakah sesar tersebut merupakan sesar normal, sesar naik, atau sesar mendatar. Dengan menggunakan data gravitasi dari satelit Topex dan metode Second Vertical Derivative (SVD), penelitian ini berusaha memberikan gambaran yang jelas dan akurat mengenai struktur bawah permukaan di wilayah tersebut. Tujuan khusus dari penelitian ini adalah untuk mengembangkan pemahaman yang lebih baik tentang aktivitas tektonik di wilayah Lembang. Dengan mengetahui jenis dan karakteristik sesar, diharapkan dapat diperoleh informasi yang bermanfaat bagi penelitian geofisika dan geologi, serta memberikan kontribusi pada studi lanjut mengenai aktivitas neotektonik di Indonesia.

Manfaat utama dari penelitian ini adalah meningkatkan kewaspadaan dan keselamatan masyarakat yang tinggal atau beraktivitas di sekitar wilayah Lembang. Dengan mengetahui jenis sesar yang ada, pihak berwenang dan masyarakat dapat mengambil langkah-langkah yang tepat dalam mitigasi risiko bencana alam, seperti gempa bumi dan longsor, yang berkaitan dengan aktivitas tektonik. Selain itu, hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai dasar untuk perencanaan tata ruang yang lebih aman dan terukur di wilayah Lembang. Informasi mengenai struktur bawah permukaan dan jenis sesar yang ditemukan akan sangat berguna bagi pemerintah daerah, perencana kota, dan pihak terkait lainnya dalam mengembangkan kebijakan dan strategi yang tepat untuk pembangunan infrastruktur yang tahan bencana.

## **METODE**

### **Pengumpulan Data**

Penelitian ini dilakukan di wilayah Lembang, Jawa Barat, yang dikenal memiliki aktivitas tektonik signifikan. Koordinat geografis untuk lokasi studi ini adalah  $107^{\circ}32'$  BT –  $107^{\circ}45'$  BT dan  $6^{\circ}46'$  LS –  $6^{\circ}53'$  LS. Wilayah ini dipilih karena keberadaan Sesar Lembang yang merupakan salah satu patahan aktif di Indonesia. Patahan ini memiliki panjang sekitar 22 km dengan arah barat-timur, terletak sekitar 10 km di utara Kota Bandung. Studi geologis dan morfologis menunjukkan bahwa Sesar Lembang memiliki potensi bahaya yang perlu diteliti lebih lanjut untuk mitigasi risiko bencana.

Penelitian ini difokuskan pada analisis struktur bawah permukaan di wilayah tersebut untuk mengidentifikasi jenis dan karakteristik patahan. Analisis ini dilakukan dengan menggunakan data gravitasi yang dapat memberikan gambaran mengenai variasi densitas batuan di bawah permukaan. Pemahaman yang lebih baik tentang struktur geologi di wilayah Lembang sangat penting untuk pengembangan strategi mitigasi bencana dan perencanaan tata ruang yang lebih aman.

Data gravitasi yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari satelit Topex. Satelit Topex menyediakan data gravitasi dengan resolusi tinggi yang sangat berguna untuk analisis geofisika. Data ini mencakup variasi medan gravitasi yang diakibatkan oleh perbedaan densitas di setiap lapisan batuan di bawah permukaan bumi. Data gravitasi satelit ini merupakan pilihan yang efisien karena dapat mencakup area yang luas dengan biaya yang relatif rendah dibandingkan dengan pengambilan data langsung di lapangan.

Keunggulan lain dari penggunaan data satelit adalah kemampuannya untuk menyediakan data yang konsisten dan dapat diandalkan. Satelit Topex, yang diluncurkan untuk memantau topografi laut dan perubahan iklim global, juga memberikan data gravitasi yang relevan untuk studi geologi. Data ini kemudian diolah dan dianalisis menggunakan berbagai

teknik untuk mengidentifikasi anomali gravitasi yang berhubungan dengan struktur bawah permukaan.

Waktu pengambilan data gravitasi dari satelit Topex dilakukan selama periode tertentu untuk memastikan konsistensi dan akurasi data yang dikumpulkan. Data yang diambil secara berulang dalam jangka waktu yang ditentukan memungkinkan peneliti untuk melakukan verifikasi dan validasi terhadap data yang diperoleh. Konsistensi data sangat penting dalam penelitian geofisika karena variabilitas data yang tidak terkendali dapat mempengaruhi hasil analisis dan interpretasi.

Pengumpulan data yang konsisten juga membantu dalam mengurangi pengaruh faktor eksternal yang dapat menyebabkan fluktuasi pada hasil pengukuran. Dengan demikian, periode pengambilan data yang direncanakan dengan baik sangat penting untuk mendapatkan hasil yang akurat dan dapat diandalkan. Data yang dikumpulkan selama periode waktu ini kemudian diproses dan dianalisis untuk mengidentifikasi struktur geologi di bawah permukaan wilayah Lembang.

### Potensial Gravitasi

Medan gravitasi adalah medan konservatif yang dapat dijelaskan sebagai gradien dari suatu fungsi potensial skalar, yang disebut sebagai potensial gravitasi ( $V$ ). Medan gravitasi dihasilkan oleh distribusi massa dan beroperasi di ruang tiga dimensi di sekitar benda bermassa. Konsep ini sangat penting dalam geofisika karena medan gravitasi bumi dapat memberikan informasi berharga tentang struktur internal bumi. Dengan mengukur variasi medan gravitasi di permukaan bumi, kita dapat menginferensi variasi densitas material di bawah permukaan, yang membantu dalam mengidentifikasi fitur geologis seperti patahan dan lapisan batuan.

Potensial gravitasi membantu menjelaskan bagaimana massa yang berada di suatu titik mempengaruhi massa lain yang berada dalam jarak tertentu. Sebagai medan konservatif, energi potensial gravitasi yang dimiliki oleh suatu massa hanya bergantung pada posisinya dalam medan tersebut dan tidak pada jalur yang dilaluinya untuk mencapai posisi itu. Dalam konteks studi ini, pemahaman tentang medan gravitasi dan potensial gravitasi sangat penting untuk interpretasi data gravitasi yang digunakan untuk mengidentifikasi dan menganalisis struktur bawah permukaan di wilayah Lembang.

Medan gravitasi ( $g$ ) dan potensial gravitasi ( $V$ ) dijelaskan oleh persamaan matematis yang menghubungkan massa, jarak, dan konstanta gravitasi. Medan gravitasi ( $g$ ) di suatu titik dalam ruang didefinisikan sebagai:

$$g = \frac{G \cdot M}{r^2} \quad (1)$$

di mana  $G$  adalah konstanta gravitasi Newton,  $M$  adalah massa yang menyebabkan medan gravitasi, dan  $r$  adalah jarak antara massa tersebut dan titik pengamatan. Persamaan ini menunjukkan bahwa medan gravitasi berbanding terbalik dengan kuadrat jarak dari sumber massa.

Potensial gravitasi ( $V$ ) di suatu titik didefinisikan sebagai:

$$V = \frac{G \cdot M}{r} \quad (2)$$

di mana variabel-variabel yang digunakan adalah:

- $V$ : Potensial gravitasi ( $m/s^2$ )
- $G$ : Konstanta gravitasi Newton ( $6.67430 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2/\text{kg}^2$ )
- $M$ : Massa benda yang menghasilkan medan gravitasi ( $\text{kg}$ )

- r: Jarak antara massa dan titik pengukuran (m)

Keterangan variabel ini penting untuk memahami bagaimana distribusi massa di bawah permukaan bumi mempengaruhi medan gravitasi yang diukur di permukaan. Dalam penelitian ini, penggunaan persamaan tersebut memungkinkan untuk menginterpretasikan data gravitasi dalam konteks struktur geologi di wilayah Lembang.

### **Patahan**

Patahan adalah retakan atau rekahan pada kulit bumi yang terjadi akibat pergerakan relatif antara dua blok batuan yang berlawanan arah. Patahan dapat terbentuk karena adanya tekanan tektonik yang membuat batuan tidak mampu lagi menahan gaya tersebut, sehingga terjadi pemisahan atau pergeseran. Dalam geologi, patahan merupakan salah satu struktur yang sangat penting untuk dipelajari karena dapat memberikan informasi tentang dinamika dan sejarah tektonik suatu wilayah. Jenis-jenis patahan meliputi patahan normal, patahan naik, dan patahan geser, yang masing-masing memiliki karakteristik pergerakan dan penyebab yang berbeda.

Patahan memainkan peran penting dalam menentukan perilaku mekanik dari kerak bumi. Ketika tekanan pada batuan melebihi kekuatannya, batuan tersebut akan patah dan bergerak sepanjang bidang patahan. Proses ini sering kali menghasilkan gempa bumi. Studi tentang patahan memberikan wawasan penting tentang potensi risiko seismik di suatu daerah, serta bagaimana energi tektonik dilepaskan selama peristiwa gempa.

Mekanisme pembentukan patahan biasanya terkait dengan gaya-gaya tektonik yang bekerja di kerak bumi. Patahan dapat terjadi akibat gaya tekan, gaya tarik, atau gaya geser yang bekerja pada batuan. Gaya tekan menyebabkan batuan terdorong dan membentuk patahan naik, sementara gaya tarik menyebabkan batuan tertarik dan membentuk patahan normal. Gaya geser, di sisi lain, menyebabkan pergerakan horizontal yang membentuk patahan geser. Mekanisme ini juga mempengaruhi bagaimana fluida seperti air tanah mengalir di bawah permukaan, karena patahan dapat bertindak sebagai saluran atau penghalang bagi aliran cairan.

Patahan juga dapat memodifikasi transmisi gelombang seismik yang melalui batuan, sehingga mempengaruhi bagaimana gempa bumi dirasakan di permukaan. Selain itu, patahan dapat mengubah topografi permukaan bumi dengan menciptakan fitur-fitur seperti gawir patahan (fault scarp) dan lembah patahan (rift valley). Memahami mekanisme pembentukan patahan membantu dalam mengidentifikasi daerah yang berisiko tinggi terhadap gempa bumi dan fenomena geologi lainnya.

Patahan dianggap sebagai diskontinuitas struktural yang signifikan dalam kerak bumi. Diskontinuitas ini mengganggu kesinambungan massa batuan, menyebabkan perubahan mendadak dalam sifat fisik dan mekanik batuan di sepanjang bidang patahan. Ketika terjadi patahan, batuan di kedua sisi patahan tidak lagi memiliki kontak yang erat, sehingga mempengaruhi kekuatan dan stabilitas geologis daerah tersebut. Diskontinuitas ini dapat menyebabkan berbagai masalah geoteknik, termasuk ketidakstabilan lereng dan penurunan tanah.

Pengaruh patahan sebagai diskontinuitas struktural juga mencakup perubahan dalam pola aliran air tanah dan distribusi tekanan pori dalam batuan. Patahan dapat bertindak sebagai jalur preferensial untuk aliran fluida, yang dapat mempengaruhi resapan air dan kejenuhan tanah. Di sisi lain, patahan juga dapat berfungsi sebagai penghalang yang mencegah aliran air, menciptakan kondisi geohidrologi yang kompleks. Studi tentang diskontinuitas struktural

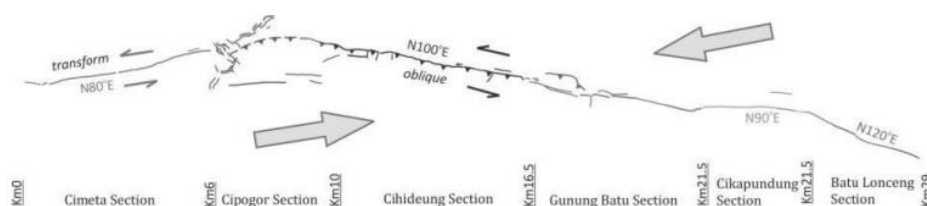
akibat patahan adalah penting untuk perencanaan dan pengelolaan sumber daya alam, serta mitigasi risiko geologis.

### Sesar Lembang

Sesar Lembang adalah salah satu fitur geologis yang paling menonjol di dataran tinggi Bandung, Jawa Barat. Sesar ini terletak di lereng sebelah selatan Gunung Tangkuban Perahu dan memanjang dari timur ke barat sepanjang sekitar 22 km. Secara geologis, Sesar Lembang adalah hasil dari aktivitas tektonik di Cekungan Bandung, yang telah mengalami deformasi akibat pergerakan lempeng tektonik. Morfologi sesar ini ditandai oleh adanya gawir patahan (fault scarp) yang jelas terlihat di permukaan, dengan dinding gawir menghadap ke arah utara. Ketinggian gawir bervariasi dari sekitar 450 meter di bagian timur (Maribaya dan Gunung Pulusari) hingga sekitar 40 meter di bagian barat (Cisarua), yang kemudian menghilang di sekitar Padalarang.

Secara morfologis, Sesar Lembang menunjukkan bukti aktivitas neotektonik yang signifikan, ditandai oleh perubahan topografi yang mencolok dan adanya berbagai fitur geomorfologi yang terkait dengan pergerakan patahan. Gawir patahan yang menghadap ke utara merupakan salah satu ekspresi morfologis yang paling jelas, menunjukkan adanya pergeseran vertikal yang besar. Aktivitas tektonik ini juga mempengaruhi sistem hidrogeologi di wilayah tersebut, dengan potensi dampak terhadap aliran air tanah dan kestabilan lereng. Pemahaman yang mendalam tentang geologi dan morfologi Sesar Lembang sangat penting untuk penilaian risiko geologis dan perencanaan mitigasi bencana di daerah sekitarnya.

Para ahli geologi memiliki berbagai pandangan mengenai jenis dan karakteristik patahan di Sesar Lembang. Menurut (Daryono, 2016), Sesar Lembang adalah patahan mengiri (sinistral) yang juga memiliki komponen patahan menurun (normal), dengan rasio rata-rata antara pergerakan strike-slip dan dip-slip sekitar dua banding satu. Hal ini menunjukkan bahwa sesar ini memiliki komponen gerakan lateral dan vertikal yang signifikan. Sementara itu, (Daryono dkk., 2019) menyatakan bahwa Sesar Lembang adalah patahan geser (strike-slip), yang dibuktikan dengan adanya beberapa sungai yang terpisah dengan jarak beberapa meter dari alur aslinya.



Gambar 1. Kinematika sesar Lembang dan pembagiannya



Gambar 2. Kenampakan patahan topografi patahan Lembang

## **Koreksi Medan Gravitasi**

Dalam penelitian geofisika, data gravitasi yang diperoleh dari pengukuran lapangan atau satelit sering kali dipengaruhi oleh berbagai faktor eksternal yang dapat menyebabkan distorsi. Salah satu efek gravitasi luar yang paling signifikan adalah pengaruh pasang surut bumi-bulan, yang dapat menyebabkan fluktuasi medan gravitasi yang diukur. Efek ini harus dikoreksi untuk mendapatkan data gravitasi yang akurat dan merepresentasikan kondisi bawah permukaan yang sebenarnya. Tanpa koreksi yang tepat, data gravitasi yang digunakan dalam analisis bisa mengandung kesalahan yang signifikan, sehingga interpretasi mengenai struktur geologi menjadi tidak akurat.

Selain itu, medan gravitasi yang diukur juga dipengaruhi oleh variasi topografi dan elevasi permukaan bumi. Ketidakrataan permukaan bumi dapat menyebabkan variasi medan gravitasi yang tidak berkaitan dengan struktur bawah permukaan. Oleh karena itu, diperlukan koreksi tambahan untuk menghilangkan efek topografi dan elevasi. Koreksi ini penting untuk memastikan bahwa data gravitasi yang dianalisis benar-benar mencerminkan variasi densitas batuan di bawah permukaan dan bukan akibat dari variasi topografi.

Koreksi Bouguer adalah salah satu jenis koreksi yang dilakukan untuk menghilangkan efek gravitasi akibat variasi elevasi permukaan. Koreksi ini memperhitungkan massa tambahan yang ada di atas titik pengukuran, seperti gunung atau bukit, serta mengurangi massa yang hilang di lembah atau cekungan. Dengan demikian, koreksi Bouguer membantu dalam menghilangkan efek topografi dari data gravitasi, sehingga hasil pengukuran lebih akurat mencerminkan struktur bawah permukaan. Koreksi ini biasanya dilakukan dengan menggunakan rumus standar yang memperhitungkan densitas rata-rata batuan di daerah penelitian.

Koreksi Terrain adalah jenis koreksi lainnya yang dilakukan untuk menghilangkan efek gravitasi akibat ketidakrataan permukaan yang lebih rinci. Koreksi ini lebih rumit dibandingkan dengan koreksi Bouguer karena memperhitungkan variasi topografi yang lebih halus dan detail. Proses ini melibatkan pengukuran topografi yang sangat akurat dan penggunaan model digital elevasi (DEM) untuk menghitung kontribusi gravitasi dari setiap elemen topografi. Koreksi Terrain sangat penting dalam daerah dengan topografi yang sangat bervariasi, seperti pegunungan atau lembah yang curam.

Proses koreksi data gravitasi dimulai dengan pengumpulan data topografi dan elevasi yang akurat dari area penelitian. Data ini kemudian digunakan untuk menghitung koreksi Bouguer, dengan memperhitungkan massa tambahan di atas titik pengukuran serta mengurangi massa yang hilang. Langkah-langkah ini dilakukan menggunakan perangkat lunak khusus yang dapat mengotomatisasi perhitungan berdasarkan data densitas rata-rata batuan dan elevasi. Setelah koreksi Bouguer selesai, data gravitasi awal telah disesuaikan untuk menghilangkan efek topografi secara umum.

Langkah berikutnya adalah melakukan koreksi Terrain, yang membutuhkan model digital elevasi (DEM) dengan resolusi tinggi. Data DEM digunakan untuk menghitung efek gravitasi dari setiap elemen topografi secara detail. Koreksi Terrain dilakukan dengan menggunakan algoritma yang memperhitungkan variasi kecil dalam topografi dan menghilangkan pengaruhnya dari data gravitasi. Hasil dari kedua jenis koreksi ini adalah data gravitasi yang telah disesuaikan, yang lebih akurat mencerminkan variasi densitas batuan di bawah permukaan tanpa dipengaruhi oleh faktor eksternal. Data yang telah dikoreksi ini kemudian siap untuk dianalisis lebih lanjut menggunakan metode seperti Second Vertical Derivative (SVD).



### **Analisis *Second Vertical Derivative* (SVD)**

Analisis *Second Vertical Derivative* (SVD) digunakan untuk mengidentifikasi jenis patahan yang ada di daerah penelitian. Tujuan utama dari analisis ini adalah untuk memunculkan anomali gravitasi yang berkaitan dengan struktur bawah permukaan yang dangkal, yang sering kali tidak dapat dideteksi dengan metode gravitasi konvensional. Dengan menggunakan SVD, peneliti dapat mengevaluasi variasi densitas batuan secara lebih rinci dan mengidentifikasi pola anomali yang menunjukkan adanya patahan. Informasi ini sangat penting untuk memahami karakteristik geologi daerah penelitian dan untuk memetakan potensi bahaya seismik yang mungkin terjadi.

Penggunaan SVD dalam penelitian ini bertujuan untuk memberikan gambaran yang lebih jelas tentang jenis dan sifat patahan di wilayah Lembang. Dengan mengidentifikasi jenis patahan, seperti patahan normal, naik, atau mendatar, peneliti dapat menentukan potensi risiko geologis dan mengembangkan strategi mitigasi yang lebih efektif. Selain itu, analisis ini juga membantu dalam menilai stabilitas geologis dan memberikan informasi yang diperlukan untuk perencanaan penggunaan lahan yang aman.

SVD adalah analisis high pass filter yang digunakan untuk memunculkan anomali dangkal di bawah permukaan bumi. Analisis ini bekerja dengan menghilangkan komponen medan gravitasi regional yang bersifat panjang gelombang panjang, sehingga hanya menyisakan komponen-komponen anomali lokal yang bersifat panjang gelombang pendek. SVD sangat efektif untuk mendeteksi struktur geologi dangkal karena mampu memperjelas variasi densitas batuan yang berhubungan dengan patahan atau struktur bawah permukaan lainnya.

Sifat high pass filter dari SVD membuatnya sangat berguna dalam studi geofisika untuk memetakan detail struktur geologi yang tidak terlihat dengan metode gravitasi biasa. Dengan memperjelas anomali lokal, SVD memungkinkan peneliti untuk mengidentifikasi dan memetakan fitur geologi kecil namun signifikan yang mungkin tersembunyi dalam data gravitasi mentah. Ini membantu dalam memperoleh pemahaman yang lebih mendalam tentang dinamika bawah permukaan dan struktur geologi di daerah penelitian.

Untuk menentukan jenis patahan di daerah penelitian, analisis SVD menggunakan kriteria berdasarkan nilai minimum (SVD<sub>min</sub>) dan maksimum (SVD<sub>max</sub>) dari turunan vertikal kedua medan gravitasi. Patahan normal dapat diidentifikasi jika nilai  $\partial^2\Delta g/\partial z^2$  lebih kecil dari nilai maksimum absolutnya, yang ditulis sebagai:

$$\left| \frac{\partial^2(\Delta g)}{\partial z^2} \right| < \left| \frac{\partial^2(\Delta g)}{\partial z^2} \right|_{max} \quad (3)$$

Patahan naik diidentifikasi jika nilai  $\partial^2\Delta g/\partial z^2$  lebih besar dari nilai maksimum absolutnya:

$$\left| \frac{\partial^2(\Delta g)}{\partial z^2} \right| > \left| \frac{\partial^2(\Delta g)}{\partial z^2} \right|_{max} \quad (4)$$

Sedangkan patahan mendatar ditentukan jika nilai  $\partial^2\Delta g/\partial z^2$  sama dengan nilai maksimum absolutnya:

$$\left| \frac{\partial^2(\Delta g)}{\partial z^2} \right| = \left| \frac{\partial^2(\Delta g)}{\partial z^2} \right|_{max} \quad (5)$$

Dengan menggunakan kriteria ini, peneliti dapat mengklasifikasikan jenis patahan yang ada di daerah penelitian dan memahami mekanisme pergerakannya. Identifikasi jenis patahan ini penting untuk penilaian risiko seismik dan untuk merencanakan langkah-langkah mitigasi yang tepat.

Filter SVD yang digunakan dalam penelitian ini adalah hasil perhitungan (Elkins, 1951), yang dirancang untuk mengoptimalkan deteksi anomali dangkal dalam data gravitasi. Filter ini bekerja dengan mengaplikasikan transformasi matematis pada data gravitasi mentah untuk memisahkan komponen-komponen anomali lokal dari komponen regional. Penggunaan filter ini memungkinkan peneliti untuk fokus pada variasi densitas batuan yang berkaitan langsung dengan struktur geologi dangkal.

Penjelasan tentang filter SVD Elkins mencakup algoritma dan parameter yang digunakan untuk melakukan transformasi data. Filter ini telah terbukti efektif dalam berbagai studi geofisika untuk mendeteksi patahan dan struktur bawah permukaan lainnya. Dengan menerapkan filter SVD Elkins, penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan peta anomali gravitasi yang akurat dan detail, yang dapat digunakan untuk analisis lebih lanjut dan pengambilan keputusan dalam mitigasi risiko geologis.

Tabel 1. Koefisien *filter* Elkins

Elkins (1951)				
0.0000	-0.0833	0.0000	-0.0833	0.0000
-0.0833	0.0667	-0.0334	-0.0667	-0.0833
0.0000	-0.0334	+1.0668	-0.0334	0.0000
-0.0833	-0.0667	-0.0334	-0.0667	-0.0833
0.0000	-0.0833	0.0000	-0.0833	0.0000

(Sarkowi, 2014)

### Visualisasi dan Interpretasi Data

Penyajian hasil koreksi data gravitasi dalam bentuk grafik dan tabel merupakan langkah penting untuk memvisualisasikan data yang telah diolah. Grafik digunakan untuk menampilkan variasi medan gravitasi yang telah dikoreksi, menunjukkan anomali-anomali yang terdeteksi sepanjang profil penelitian. Dengan menggunakan grafik, peneliti dapat dengan mudah mengidentifikasi pola-pola anomali yang mungkin menunjukkan keberadaan struktur geologi seperti patahan atau lapisan batuan dengan densitas berbeda. Selain itu, grafik membantu dalam memeriksa konsistensi dan keakuratan data yang telah dikoreksi, serta memudahkan interpretasi visual dari hasil analisis.

Tabel digunakan untuk menyajikan data numerik yang lebih rinci dan terstruktur, memungkinkan pembaca untuk melihat nilai-nilai spesifik dari hasil koreksi data gravitasi. Tabel-tabel ini mencakup nilai anomali Bouguer Sederhana (ABS), koreksi Bouguer, dan koreksi Terrain, serta nilai-nilai dari analisis Second Vertical Derivative (SVD). Dengan menyajikan data dalam bentuk tabel, peneliti dapat menyampaikan informasi yang lebih mendalam dan terorganisir, memudahkan pembaca untuk mengikuti langkah-langkah koreksi dan analisis yang dilakukan.

Peta lokasi pengambilan data merupakan alat visual yang penting untuk menunjukkan distribusi geografis dari titik-titik pengukuran gravitasi di wilayah penelitian. Peta ini memberikan konteks spasial yang jelas, memungkinkan pembaca untuk memahami lokasi-lokasi spesifik di mana data gravitasi dikumpulkan. Dengan menggunakan peta, peneliti dapat

menunjukkan hubungan antara anomali gravitasi dan fitur topografi atau geologi yang ada di permukaan. Peta juga membantu dalam mengidentifikasi area-area yang mungkin memerlukan penelitian lebih lanjut berdasarkan hasil analisis awal.

Gambar struktur bawah permukaan yang diidentifikasi dari hasil analisis gravitasi memberikan visualisasi yang konkret tentang bentuk dan letak fitur geologi seperti patahan, lapisan batuan, atau kantong-kantong densitas tinggi atau rendah. Gambar-gambar ini biasanya dihasilkan melalui perangkat lunak pemodelan geofisika yang mampu mengintegrasikan data gravitasi dengan informasi topografi dan geologi lainnya. Dengan menyajikan gambar struktur bawah permukaan, peneliti dapat memberikan gambaran yang lebih jelas dan intuitif tentang hasil penelitian, memudahkan pembaca untuk memahami implikasi geologis dari data yang dianalisis.

### **Validasi dan Verifikasi**

Teknik validasi yang digunakan dalam penelitian ini melibatkan perbandingan hasil analisis data gravitasi dengan data geologi lapangan yang telah ada. Validasi ini penting untuk memastikan bahwa hasil analisis yang diperoleh dari metode Second Vertical Derivative (SVD) benar-benar mencerminkan kondisi geologi yang sebenarnya di wilayah penelitian. Dengan membandingkan hasil analisis dengan data lapangan, peneliti dapat mengevaluasi akurasi dan keandalan metode yang digunakan. Data geologi lapangan, seperti peta geologi, hasil pengeboran, dan pengamatan langsung, menyediakan informasi yang kaya dan detail tentang struktur bawah permukaan yang dapat digunakan untuk memverifikasi hasil analisis gravitasi.

Referensi metode validasi ini mengacu pada studi yang dilakukan oleh (Hartati, 2012), yang menggunakan pendekatan serupa untuk menguji keandalan analisis data gravitasi. Dengan merujuk pada metode yang telah divalidasi sebelumnya, penelitian ini mengikuti praktik terbaik yang telah terbukti efektif dalam studi geofisika. Teknik validasi ini membantu dalam mengidentifikasi dan memperbaiki potensi kesalahan atau penyimpangan dalam analisis, sehingga meningkatkan kepercayaan terhadap hasil akhir penelitian.

Keterulangan metode adalah aspek penting dalam penelitian ilmiah untuk memastikan bahwa hasil yang diperoleh dapat diulang oleh peneliti lain dengan kondisi dan prosedur yang sama. Dalam penelitian ini, prosedur yang digunakan dirancang sedemikian rupa sehingga memungkinkan penelitian diulang dengan hasil yang serupa. Langkah-langkah pengumpulan data, koreksi, dan analisis dijelaskan secara rinci dan sistematis, termasuk penggunaan perangkat lunak dan algoritma yang spesifik. Dokumentasi yang baik dari setiap tahap penelitian memastikan bahwa peneliti lain dapat mengikuti dan mereplikasi proses yang sama, yang pada gilirannya memvalidasi keandalan dan konsistensi hasil penelitian.

Dengan memastikan keterulangan metode, penelitian ini tidak hanya meningkatkan kredibilitas hasil yang diperoleh tetapi juga berkontribusi pada pengembangan ilmu pengetahuan yang lebih luas. Peneliti lain dapat mengaplikasikan metode yang sama dalam studi mereka sendiri, baik di wilayah yang sama maupun di wilayah lain dengan kondisi geologis yang serupa. Hal ini membantu dalam membangun dasar pengetahuan yang lebih komprehensif dan memungkinkan penilaian risiko geologis yang lebih baik serta pengambilan keputusan yang lebih informasional dalam mitigasi bencana dan perencanaan tata ruang.

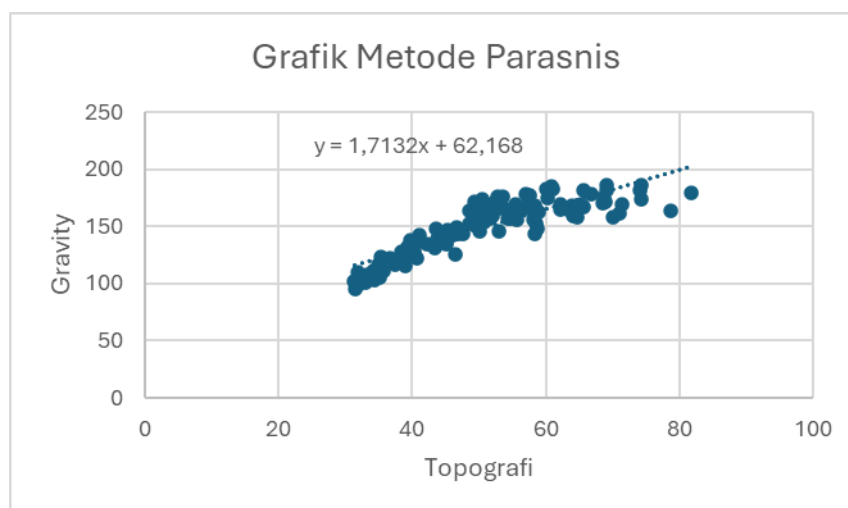
## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil

#### 1. Hasil Koreksi Data Gravitasi

Penelitian ini menggunakan data gravitasi yang dikumpulkan dari satelit Topex pada wilayah Sesar Lembang, dengan koordinat 107°32' BT – 107°45' BT dan 6°46' LS – 6°53' LS. Pengukuran data gravitasi ini bertujuan untuk menggambarkan struktur permukaan bumi berdasarkan nilai anomali gravitasi yang disebabkan oleh perbedaan densitas batuan di bawah permukaan. Dalam penelitian ini, sebanyak 120 data gravitasi dan topografi diunduh dan diolah menggunakan Microsoft Excel 2013. Data yang telah diunduh kemudian dikoreksi untuk menghilangkan pengaruh-pengaruh eksternal sehingga diperoleh nilai SBA (Simple Bouguer Anomaly).

Pengolahan data gravitasi melibatkan beberapa tahap koreksi untuk memastikan keakuratan dan konsistensi data. Koreksi ini meliputi penghilangan efek topografi dan faktor eksternal lainnya yang dapat mempengaruhi hasil pengukuran. Setelah proses pengolahan data selesai, nilai SBA diperoleh dan digunakan untuk analisis lebih lanjut mengenai struktur geologi di bawah permukaan wilayah penelitian. Penggunaan Microsoft Excel 2013 dalam pengolahan data memungkinkan manipulasi dan analisis data yang efisien serta akurat.



Gambar 3. Grafik Metode Parasnisi

Anomali Bouguer Sederhana (SBA) diperoleh dari hasil pengolahan data anomali udara bebas (Free Air Anomaly - FAA) dan koreksi Bouguer (Bouguer Correction - BC). Untuk menghitung nilai koreksi Bouguer, diperlukan estimasi densitas rata-rata batuan di daerah penelitian, yang diperoleh menggunakan metode Parasnisi. Berdasarkan gambar grafik metode Parasnisi, estimasi densitas rata-rata untuk wilayah Sesar Lembang adalah 1.7132 gr/cm<sup>3</sup>. Nilai SBA dihitung dengan persamaan:

$$SBA = FAA - BC$$

Dalam penelitian ini, koreksi medan (Terrain Correction - TC) tidak dilakukan sehingga data TC tidak diikutsertakan.

Nilai SBA merupakan hasil perhitungan koreksi udara bebas dan koreksi Bouguer yang memberikan gambaran tentang variasi densitas batuan di bawah permukaan. Contoh hasil koreksi data gravitasi ditunjukkan dalam tabel yang memuat data-data hasil pengukuran yang

telah dikoreksi. Pengolahan dan perhitungan nilai SBA ini penting untuk mendapatkan informasi yang akurat mengenai struktur geologi di wilayah penelitian.

Visualisasi hasil koreksi data gravitasi disajikan dalam bentuk tabel dan grafik untuk memudahkan interpretasi dan analisis lebih lanjut. Tabel hasil koreksi data gravitasi menampilkan nilai-nilai hasil pengukuran yang telah dikoreksi, termasuk nilai FAA, BC, dan SBA untuk setiap titik pengukuran. Penyajian data dalam bentuk tabel memungkinkan pembaca untuk melihat dan memahami variasi nilai anomali gravitasi yang terukur di wilayah penelitian.

Grafik metode Parasnis (Gambar 3) digunakan untuk memvisualisasikan estimasi densitas rata-rata batuan yang diperoleh dari hasil pengukuran. Grafik ini memberikan gambaran tentang bagaimana nilai densitas rata-rata batuan dihitung dan bagaimana densitas tersebut mempengaruhi nilai koreksi Bouguer. Penyajian hasil dalam bentuk grafik dan tabel membantu dalam mengidentifikasi pola-pola anomali gravitasi dan variasi densitas batuan di bawah permukaan, yang penting untuk analisis lebih lanjut mengenai struktur geologi di wilayah Sesar Lembang.

## 2. Kontur Simple Bouguer Anomaly (SBA)

Data gravitasi yang telah dikoreksi dari anomali udara bebas (Free Air Anomaly - FAA) dan koreksi Bouguer (Bouguer Correction - BC) diolah menggunakan Software Surfer 17 untuk menghasilkan peta kontur Simple Bouguer Anomaly (SBA). Proses pemetaan ini memungkinkan peneliti untuk menggambarkan kondisi struktur bawah permukaan berdasarkan variasi densitas batuan. Software Surfer 17 digunakan karena kemampuannya dalam menghasilkan peta kontur yang akurat dan detail, yang sangat penting untuk analisis geofisika.

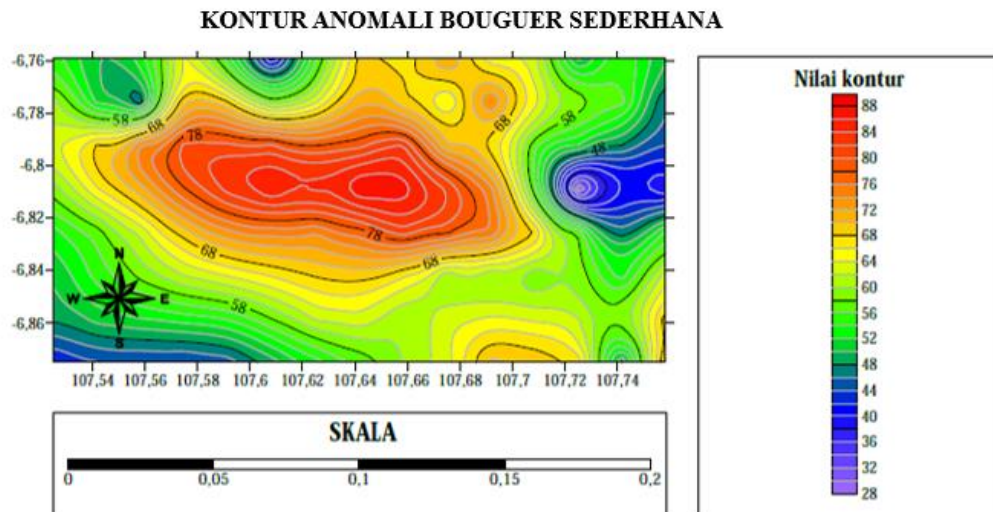
Nilai SBA yang dihasilkan mencerminkan kondisi struktur geologi di bawah permukaan wilayah penelitian. Variasi densitas batuan di bawah permukaan menyebabkan perubahan nilai anomali gravitasi yang terukur. Dengan pemetaan kontur SBA, peneliti dapat mengidentifikasi pola-pola anomali yang menunjukkan perbedaan densitas batuan, memberikan gambaran yang lebih jelas tentang struktur geologi seperti patahan dan lapisan batuan yang berbeda.

Peta kontur Simple Bouguer Anomaly (SBA) menunjukkan persebaran anomali gravitasi yang berkisar antara +28 hingga +88 mGal. Hasil ini mengindikasikan adanya variasi densitas atau rapat massa di wilayah penelitian. Pola persebaran anomali pada peta kontur SBA dapat dibedakan menjadi tiga kategori: anomali tinggi, sedang, dan rendah. Anomali tinggi terkonsentrasi di bagian tengah peta dengan rentang nilai antara 68 hingga 88 mGal, ditandai dengan gradasi warna kuning hingga merah.

Anomali sedang tersebar di bagian selatan hingga timur laut dan tenggara dengan rentang nilai antara 48 hingga 68 mGal. Pola anomali rendah, dengan rentang nilai antara 28 hingga 48 mGal, ditemukan di bagian barat daya ke tenggara dan dari tenggara ke utara hingga barat laut, ditunjukkan dengan gradasi warna ungu muda hingga biru pekat. Pola persebaran ini memberikan informasi tentang variasi densitas batuan di bawah permukaan dan membantu dalam mengidentifikasi struktur geologi yang signifikan.

Peta kontur Simple Bouguer Anomaly (SBA) disajikan dalam Gambar 4.30, yang menunjukkan variasi nilai anomali gravitasi di wilayah penelitian. Gambar ini memperlihatkan gradasi warna yang berbeda untuk mengidentifikasi nilai anomali tinggi, sedang, dan rendah.

Gradasi warna pada peta kontur SBA membantu dalam visualisasi distribusi densitas batuan di bawah permukaan.



Gambar 4. Kontur Anomali Bouguer Sederhana

Variasi densitas batuan yang diidentifikasi melalui peta kontur SBA (Gambar 4) memberikan wawasan penting tentang struktur geologi di wilayah penelitian. Peta ini memungkinkan peneliti untuk mengidentifikasi area dengan densitas tinggi dan rendah, yang dapat menunjukkan keberadaan fitur geologi seperti patahan, lapisan batuan yang berbeda, atau kantong densitas yang tidak biasa. Dengan memahami variasi ini, peneliti dapat memberikan interpretasi yang lebih akurat tentang kondisi geologi di bawah permukaan.

### 3. Kontur SVD Filter Elkins

Kontur Second Vertical Derivative (SVD) diperoleh dengan melakukan grid math pada bagian gridding data. Proses ini melibatkan pengaturan grid data gravitasi mentah yang telah dikoreksi sebelumnya. Grid math membantu dalam menghasilkan peta kontur yang lebih akurat dengan memperhalus data mentah menjadi representasi visual yang dapat diinterpretasikan. Software Surfer 17 digunakan untuk proses ini karena kemampuannya dalam mengolah data grid dan menghasilkan peta kontur yang detail.

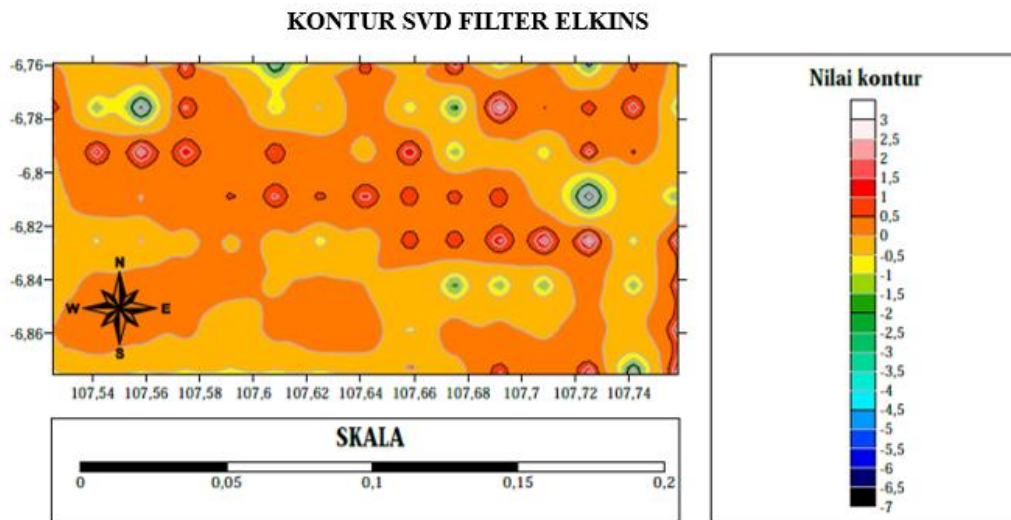
Koreksi Bouguer (BC) berfungsi untuk mengetahui efek gravitasi dari massa batuan yang terletak antara datum (geoid) dan titik pengamat. Nilai BC dihitung berdasarkan ketinggian atau jarak antara titik pengamat dan datum, dengan asumsi jari-jari yang dihasilkan bernilai tak terhingga dengan ketebalan tertentu ( $h$ ) dan densitas ( $\rho$ ) dalam  $\text{gr/cm}^3$ . Dalam penelitian ini, nilai densitas rata-rata yang digunakan adalah  $1.7132 \text{ gr/cm}^3$ , yang diperoleh dari metode Parasnis.

Peta kontur SVD menunjukkan variasi anomali gravitasi yang terdeteksi di wilayah penelitian. Rentang nilai anomali pada kontur SVD berkisar antara -7 hingga 3 mGal. Nilai terendah ditunjukkan dengan warna hitam, sedangkan nilai tertinggi ditunjukkan dengan warna putih. Kontur ini membantu dalam mengidentifikasi variasi densitas batuan di bawah permukaan dan struktur geologi yang terkait dengan anomali tersebut.

Interpretasi kontur SVD menunjukkan adanya kontras yang signifikan antara anomali tinggi dan rendah pada jarak yang pendek. Pola ini menunjukkan adanya struktur geologi dangkal, seperti patahan, yang dapat diidentifikasi melalui analisis lebih lanjut. Nilai SVD

maksimum dan minimum memberikan indikasi jenis patahan yang ada, dengan perbandingan nilai mutlak yang membantu dalam menentukan apakah patahan tersebut adalah patahan normal, naik, atau mendatar.

Gambar kontur SVD filter Elkins disajikan dalam Gambar 4.31. Gambar ini memperlihatkan variasi nilai anomali gravitasi yang berkaitan dengan struktur bawah permukaan di wilayah penelitian. Gradasi warna yang digunakan dalam gambar kontur SVD memudahkan interpretasi visual dari anomali gravitasi, dengan warna hitam menunjukkan nilai terendah (-7 mGal) dan warna putih menunjukkan nilai tertinggi (3 mGal).



Gambar 5. Kontur SVD Filter Elkins

Gambar kontur SVD membantu dalam mengidentifikasi anomali residual yang berasosiasi dengan struktur geologi dangkal. Anomali ini dapat digunakan untuk mengidentifikasi jenis patahan, dengan puncak kurva SVD yang menunjukkan lokasi dan jenis sesar. Peta ini memberikan informasi penting tentang struktur geologi yang ada di bawah permukaan, yang dapat digunakan untuk analisis lebih lanjut dan pengambilan keputusan dalam mitigasi risiko geologis.

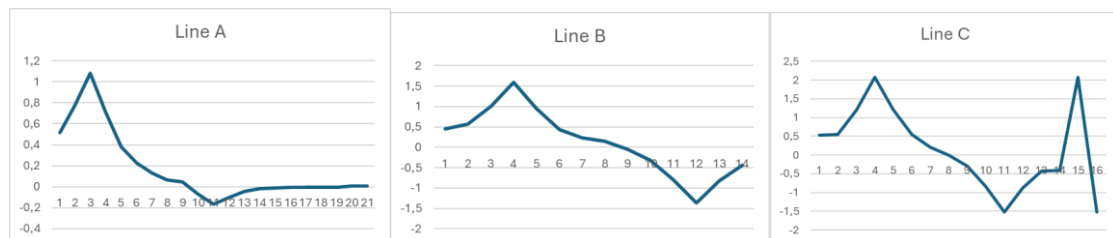
#### 4. Hasil Analisis Patahan

Dari peta kontur anomali Second Vertical Derivative (SVD) terlihat adanya kontras antara anomali tinggi dan rendah pada jarak yang pendek yang berarah barat-timur di wilayah penelitian. Analisis ini menunjukkan bahwa variasi densitas batuan yang signifikan dapat mengindikasikan adanya struktur patahan di bawah permukaan. Korelasi data geologi regional menunjukkan bahwa bentuk anomali ini dapat diidentifikasi sebagai struktur patahan Lembang. Dalam analisis ini, data geologi regional memberikan konteks yang membantu mengidentifikasi dan mengkonfirmasi keberadaan patahan berdasarkan pola anomali yang diamati.

Untuk memastikan keberadaan patahan, dilakukan analisis grafik SVD yang diperoleh melalui proses digitasi pada peta kontur anomali residual. Proses digitasi ini menghasilkan grafik yang menunjukkan nilai SVD nol atau mendekati nol, yang mengindikasikan posisi patahan. Grafik SVD ini digunakan untuk mengidentifikasi jenis patahan berdasarkan nilai mutlak maksimum dan minimum SVD. Identifikasi jenis patahan ini penting untuk memahami dinamika geologi dan potensi risiko seismik di wilayah tersebut.

Analisis grafik SVD menunjukkan bahwa nilai maksimum dan minimum SVD dapat digunakan untuk mengidentifikasi jenis patahan di daerah penelitian. Hasil digitasi dari tiga lintasan (A, B, C) pada peta kontur anomali residual menunjukkan nilai SVD maksimum dan minimum yang berbeda-beda. Pada lintasan A, nilai SVD maksimum adalah 1.083132 mGal dan nilai SVD minimum adalah -0.16449 mGal, menunjukkan bahwa nilai SVD maksimum lebih besar dari nilai SVD minimum, mengindikasikan jenis patahan turun. Lintasan B menunjukkan nilai SVD maksimum 1.599565 mGal dan nilai SVD minimum -1.36465 mGal, juga menunjukkan jenis patahan turun. Lintasan C memiliki nilai SVD maksimum 2.078252 mGal dan nilai SVD minimum -1.52115 mGal, yang kembali mengindikasikan jenis patahan turun.

Grafik SVD yang dihasilkan dari proses digitasi memberikan gambaran visual tentang variasi densitas batuan di sepanjang lintasan yang diukur. Nilai SVD nol atau mendekati nol menunjukkan lokasi patahan, sementara perbedaan nilai mutlak SVD maksimum dan minimum membantu dalam menentukan jenis patahan. Analisis ini penting untuk memetakan dan memahami karakteristik geologi di wilayah penelitian, serta untuk mengidentifikasi area yang berpotensi mengalami aktivitas seismik.

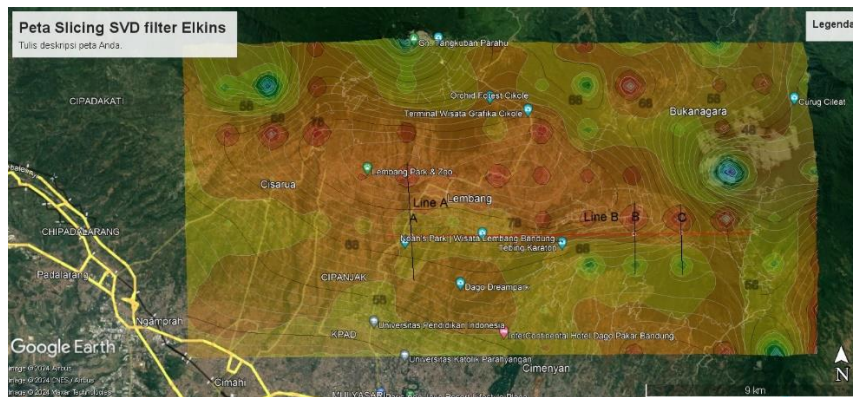


Gambar 6. Grafik Maksimum dan Minimum Garis Slicing (A, B, C)

Hasil analisis ditampilkan dalam bentuk gambar grafik maksimum dan minimum garis slicing (A, B, C), yang menunjukkan variasi nilai SVD di sepanjang lintasan yang diukur (Gambar 6). Gambar-gambar ini membantu dalam visualisasi dan interpretasi hasil analisis, memberikan informasi yang jelas tentang posisi dan jenis patahan. Grafik pada lintasan A, misalnya, menunjukkan perbedaan yang signifikan antara nilai SVD maksimum dan minimum, yang mengindikasikan keberadaan patahan turun. Demikian pula, grafik pada lintasan B dan C menunjukkan pola yang serupa, mengkonfirmasi jenis patahan yang sama di seluruh wilayah penelitian.

Tabel perhitungan analisis sesar berdasarkan data anomali SVD disertakan untuk memberikan rincian numerik dari hasil analisis. Tabel ini mencakup nilai SVD maksimum dan minimum untuk setiap lintasan, serta perbandingan antara nilai-nilai ini untuk menentukan jenis patahan. Selain itu, peta Google Earth slicing SVD filter Elkins (Gambar 7) digunakan untuk memplot hasil analisis pada peta wilayah, menunjukkan jalur sesar Lembang dan memberikan konteks geografis yang lebih luas untuk hasil penelitian. Peta ini membantu dalam visualisasi hasil dan memudahkan peneliti untuk menghubungkan data geologi dengan lokasi spesifik di lapangan.





Gambar 7. Peta Google Earth slicing SVD filter Elkins

## Pembahasan

Penelitian ini menunjukkan bahwa Sesar Lembang adalah jenis patahan turun, yang konsisten dengan hasil penelitian sebelumnya oleh (Murti, 2016). Berdasarkan hasil analisis data anomali SVD pada lintasan A, B, dan C, nilai SVD maksimum masing-masing adalah 1.083132 mGal, 1.599565 mGal, dan 2.078252 mGal, sementara nilai SVD minimum adalah -0.16449 mGal, -1.36465 mGal, dan -1.52115 mGal. Hasil ini menunjukkan bahwa nilai SVD maksimum lebih besar daripada nilai SVD minimum, yang mengindikasikan bahwa patahan ini adalah patahan turun.

Penelitian oleh (Murti, 2016) juga menggunakan metode gravitasi untuk mengidentifikasi jenis patahan di sekitar Kecamatan Lembang, Kabupaten Bandung Barat, dan menemukan bahwa Sesar Lembang adalah jenis patahan normal atau turun. Konsistensi hasil ini memperkuat keandalan metode analisis yang digunakan dalam penelitian ini serta memberikan keyakinan lebih besar dalam interpretasi geologi wilayah tersebut. Dengan demikian, kesimpulan bahwa Sesar Lembang merupakan patahan turun didukung oleh data dari penelitian sebelumnya, yang meningkatkan validitas dan reliabilitas temuan penelitian ini.

Hasil analisis menunjukkan bahwa Sesar Lembang adalah patahan turun, yang memiliki implikasi penting terhadap pemahaman geologi wilayah Lembang. Jenis patahan ini menunjukkan adanya pergerakan vertikal yang signifikan, yang dapat mempengaruhi stabilitas geologis daerah tersebut. Informasi ini penting untuk perencanaan tata ruang dan mitigasi risiko bencana, khususnya dalam merancang bangunan dan infrastruktur yang aman di sekitar zona patahan. Dengan memahami jenis dan karakteristik patahan, langkah-langkah mitigasi yang lebih tepat dapat direncanakan untuk mengurangi dampak potensial dari aktivitas seismik di masa depan.

Rekomendasi untuk penelitian lebih lanjut mencakup penggunaan metode geofisika tambahan, seperti seismik refleksi dan magnetotellurik, untuk mendapatkan gambaran yang lebih detail tentang struktur bawah permukaan. Selain itu, studi geologi lapangan yang lebih intensif diperlukan untuk memverifikasi hasil analisis dan mengidentifikasi potensi risiko lainnya yang mungkin diakibatkan oleh aktivitas seismik di wilayah ini. Penelitian lebih lanjut juga dapat fokus pada pengembangan model prediktif untuk mengantisipasi aktivitas seismik di masa depan dan menyusun strategi mitigasi yang efektif.

## **SIMPULAN**

Penelitian ini mengidentifikasi jenis dan karakteristik Sesar Lembang menggunakan metode Second Vertical Derivative (SVD) dari data gravitasi yang dikumpulkan dari satelit Topex. Analisis menunjukkan bahwa Sesar Lembang adalah jenis patahan turun, yang ditandai oleh nilai SVD maksimum yang lebih besar daripada nilai SVD minimum pada lintasan A, B, dan C. Hasil ini konsisten dengan penelitian sebelumnya oleh (Murti, 2016), yang juga mengindikasikan bahwa Sesar Lembang adalah patahan normal atau turun. Konsistensi hasil ini memperkuat keandalan metode yang digunakan dan memberikan pemahaman yang lebih baik tentang struktur geologi wilayah Lembang.

Penggunaan data gravitasi dan metode SVD dalam penelitian ini memungkinkan pemetaan anomali gravitasi yang detail, yang membantu dalam mengidentifikasi variasi densitas batuan di bawah permukaan. Peta kontur Simple Bouguer Anomaly (SBA) dan kontur SVD menunjukkan pola persebaran anomali yang signifikan, yang terkait dengan struktur geologi seperti patahan. Nilai SBA berkisar antara +28 hingga +88 mGal, sementara nilai SVD berkisar antara -7 hingga 3 mGal. Hasil ini menunjukkan adanya variasi densitas yang besar di wilayah penelitian, yang memberikan wawasan penting tentang kondisi geologi di bawah permukaan.

Implikasi geologis dari hasil penelitian ini menunjukkan bahwa Sesar Lembang memiliki potensi risiko seismik yang signifikan, yang dapat mempengaruhi stabilitas geologis dan keselamatan infrastruktur di daerah tersebut. Jenis patahan turun menunjukkan adanya pergerakan vertikal yang dapat menyebabkan gempa bumi dan deformasi tanah. Informasi ini penting untuk perencanaan tata ruang dan pembangunan infrastruktur yang aman di sekitar zona patahan. Rekomendasi untuk penelitian lebih lanjut mencakup penggunaan metode geofisika tambahan dan studi lapangan yang lebih intensif untuk mendapatkan gambaran yang lebih detail tentang struktur geologi di wilayah ini.

Penelitian ini juga menekankan pentingnya mitigasi risiko geologis melalui program edukasi masyarakat dan penyusunan rencana darurat. Masyarakat yang tinggal di sekitar zona patahan harus diberi pemahaman tentang potensi risiko seismik dan cara-cara untuk meminimalkan dampaknya. Dengan pemahaman yang lebih baik tentang struktur geologi dan risiko yang terkait, langkah-langkah mitigasi yang efektif dapat diambil untuk melindungi keselamatan dan kesejahteraan masyarakat di wilayah Lembang. Hasil penelitian ini memberikan dasar yang kuat untuk pengembangan strategi mitigasi bencana yang lebih baik dan perencanaan pembangunan yang berkelanjutan di masa depan.

## **UCAPAN TERIMA KASIH**

Penulis mengucapkan terimakasih kepada pihak-pihak yang telah membantu penelitian ini.

## **DAFTAR PUSTAKA**

Alghuraybi, A., Bell, R., & Jackson, C. (2021). The Geometric and Temporal Evolution of Fault-related Folds Constrain Normal Fault Growth Patterns, Barents Sea, Offshore Norway. *Basin Research*, 34(2), 618–639. <https://doi.org/10.1111/bre.12633>

- Amahoru, A. H. (2023). Indonesian “Tsunami-Generation” in a Nutshell: Systematic Literature Review. *Iop Conference Series Earth and Environmental Science*, 1245(1), 012042. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1245/1/012042>
- Arai, R., Kodaira, S., Takahashi, T., Miura, S., & Kaneda, Y. (2018). Seismic Evidence for Arc Segmentation, Active Magmatic Intrusions and Syn-Rift Fault System in the Northern Ryukyu Volcanic Arc. *Earth Planets and Space*, 70(1). <https://doi.org/10.1186/s40623-018-0830-8>
- Arisalwadi, M. (2024). Hypocenter Distribution Analysis of Sinabung Volcano Eruption in 2021 Using Geiger’s With Adaptive Damping (Gad) Method. *Indonesian Physical Review*, 7(2), 209–219. <https://doi.org/10.29303/ipr.v7i2.293>
- Bachtiar, I., Jefri, E., Abrar, M., & Hadi, T. A. (2022). Biak and Wakatobi Reefs Are the Two Hottest Hotspots of Coral Reef Fish Diversity and Abundance in the Indonesian Archipelago. *Fisheries and Aquatic Sciences*, 25(11), 549–558. <https://doi.org/10.47853/fas.2022.e49>
- Budi Brahmantyo. (2005). *GL 4021 – Geologi Cekungan Bandung – ITB Press*. ITB Press. <https://www.itbpress.id/product/gl-4021-geologi-cekungan-bandung/>
- Cao, L., He, X., Zhao, L., Lü, C., Hao, T., Zhao, M., & Qiu, X. (2021). Mantle Flow Patterns Beneath the Junction of Multiple Subduction Systems Between the Pacific and Tethys Domains, SE Asia: Constraints From SKS-Wave Splitting Measurements. *Geochemistry Geophysics Geosystems*, 22(9). <https://doi.org/10.1029/2021gc009700>
- Cotilla-Rodríguez, M. O. (2016). La Falla Activa Guane, Cuba Occidental. *Revista Geográfica De América Central*, 2(57), 159. <https://doi.org/10.15359/rgac.57-2.6>
- Daryono, M. R. (2016). Paleoseismology tropis Indonesia (dengan studi kasus di Sesar Sumatra, Sesar Palukoro-Matano, dan Sesar Lembang). *Institut Teknologi Bandung*, 32411002.
- Daryono, M. R., Natawidjaja, D. H., Sapiie, B., & Cummins, P. (2019). Earthquake Geology of the Lembang Fault, West Java, Indonesia. *Tectonophysics*, 751, 180–191. <https://doi.org/10.1016/j.tecto.2018.12.014>
- Elkins, T. A. (1951). The second derivative method of gravity interpretation. *GEOFYSICS*, 16(1), 29–50. <https://doi.org/10.1190/1.1437648>
- Gabo, J. A. S., Dimalanta, C. B., Yumul, G. P., Faustino-Eslava, D. V., & Imai, A. (2015). Terrane Boundary Geophysical Signatures in Northwest Panay, Philippines: Results From Gravity, Seismic Refraction and Electrical Resistivity Investigations. *Terrestrial Atmospheric and Oceanic Sciences*, 26(6), 663. [https://doi.org/10.3319/tao.2015.05.11.03\(tc\)](https://doi.org/10.3319/tao.2015.05.11.03(tc))
- Hanawa, M., & Kojima, J. (2020). Distribution Pattern of Swarm-Founding Eusocial Wasps in the Indonesian Archipelago in Comparison of That of Parrots, One of Sedentary Bird Groups. *Bio Web of Conferences*, 19, 00009. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20201900009>

- Hariyono, E., & Liliasari, S. (2018). *The Characteristics of Volcanic Eruption in Indonesia*. <https://doi.org/10.5772/intechopen.71449>
- Harris, R. (2017). Large Earthquakes and Creeping Faults. *Reviews of Geophysics*, 55(1), 169–198. <https://doi.org/10.1002/2016rg000539>
- Hartati, A. (2012). Identifikasi struktur Patahan berdasarkan analisa Derivative metode gaya berat di Pulau Sulawesi. *FMIPA UI*, hal, 30.
- Herho, S. (2023). *Role of Indonesian Archipelago on Global Thermohaline Circulation: Insights From Numerical Experiments*. <https://doi.org/10.31223/x5vh6m>
- Huda, A. T. (2024). Environmental Monitoring System Using Wireless Multi-Node Sensors Based Communication System on Volcano Observations Drones. *Joiv International Journal on Informatics Visualization*, 8(2), 669. <https://doi.org/10.62527/joiv.8.2.1961>
- Jarahi, H. (2016). Probabilistic Seismic Hazard Deaggregation for Karaj City (Iran). *American Journal of Engineering and Applied Sciences*, 9(3), 520–529. <https://doi.org/10.3844/ajeassp.2016.520.529>
- Legg, M. R., Kohler, M. D., Shintaku, N., & Weeraratne, D. S. (2015). High-resolution Mapping of Two Large-scale Transpressional Fault Zones in the California Continental Borderland: Santa Cruz-Catalina Ridge and Ferrello Faults. *Journal of Geophysical Research Earth Surface*, 120(5), 915–942. <https://doi.org/10.1002/2014jf003322>
- Lewerissa, R., Sismanto, Setiawan, A., & Pramumijoyo, S. (2020). The Igneous Rock Intrusion Beneath Ambon and Seram Islands, Eastern Indonesia, Based on the Integration of Gravity and Magnetic Inversion: Its Implications for Geothermal Energy Resources. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 49(4), 596–616. <https://doi.org/10.3906/yer-1908-17>
- Marc, O., Meunier, P., & Hovius, N. (2017). *Prediction of the Area Affected by Earthquake-Induced Landsliding Based on Seismological Parameters*. <https://doi.org/10.5194/nhess-2017-71>
- Mendoza-Ponce, A., Figueroa-Soto, A., Soria-Caballero, D. C., & Garduño-Monroy, V. H. (2018). *Active Faults Sources of the Morelia-Acambay Fault System, Mexico Based on Paleoseismology and the Estimation of Magnitude &lt;i>M</i> From Fault Dimensions*. <https://doi.org/10.5194/nhess-2018-63>
- Murti, M. D. (2016). *Pemodelan Dua Dimensi Data Gaya Berat (Gravity) pada Zona Sesar Lembang*.
- Rusdimi, A. U., Sartohadi, J., & Ritohardoyo, S. (2017). *Reducing Risk From Lahar Hazard in Volcanic Catchment: Retarding Basin Site Assessment*. <https://doi.org/10.2991/icge-16.2017.11>
- Santibanez, I., Cembrano, J., García-Pérez, T., Costa, C. H., Yáñez, G., Marquardt, C., Arancibia, G., & González, G. (2018). Crustal Faults in the Chilean Andes: Geological Constraints and Seismic Potential. *Andean Geology*, 46(1), 32. <https://doi.org/10.5027/andgeov46n1-3067>

- Sarkowi, M. (2014). *Eksplorasi Gayaberat*. Graha Ilmu.
- Singhroha, S., Bünz, S., Plaza-Faverola, A., & Chand, S. (2020). Detection of Gas Hydrates in Faults Using Azimuthal Seismic Velocity Analysis, Vestnesa Ridge, W-Svalbard Margin. *Journal of Geophysical Research Solid Earth*, 125(2). <https://doi.org/10.1029/2019jb017949>
- Sota, I. (2011). Pendugaan Struktur Patahan Dengan Metode Gaya Berat. *POSITRON*, 1(1). <https://doi.org/10.26418/positron.v1i1.1565>
- Suwargana, H., Zakaria, Z., Muslim, D., Haryanto, I., Wahyudi, E. J., & Rohaendi, N. (2023). Gravity Modeling to Understand the Subsurface Geology of the Central Part of West Bandung Regency (Citatah Karst Area, Cipatat-Padalarang). *Trends in Sciences*, 20(6), 6522. <https://doi.org/10.48048/tis.2023.6522>
- Vamvakaris, D., Papazachos, C. B., Papaioannou, Ch., Scordilis, E. M., & Karakaisis, G. F. (2017). Seismic Hazard Assessment in the Broader Aegean Area Using Time-Independent Seismicity Models Based on Synthetic Earthquake Catalogs. *Bulletin of the Geological Society of Greece*, 50(3), 1463. <https://doi.org/10.12681/bgsg.11859>
- 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), Article 1. <https://doi.org/10.12962/j23373520.v7i1.28673>
- Заалишвили, В. Б., Кануков, А. С., Persaeva, Z., & Shmanatov, G. (2021). Study of the Ardon Deep Fault Spatial Position Using High-Precision Gravity and Magnetic Measurements. *E3s Web of Conferences*, 281, 09001. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202128109001>