

## IDENTIFIKASI ZONA SESAR BERDASARKAN DATA GRAVITASI DAERAH PASAMAN BARAT, SUMATERA BARAT

Nida Nur Faiza<sup>1\*</sup>, Muhammad Fikri Al Rasyid Harya Wiryawan<sup>1</sup>, Muhamad Syirojudin<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Geofisika, Sekolah Tinggi Meteorologi Klimatologi dan Geofisika, Jalan Meteorologi No. 5, Tanah Tinggi, Kota Tangerang, Banten 15119

<sup>2</sup>Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika, Jalan Angkasa I No. 2 Kemayoran, Jakarta Pusat 10720  
e-mail : [nidafaiza@stmkg.ac.id](mailto:nidafaiza@stmkg.ac.id)

**Abstrak.** Sumatera Barat dikenal sebagai wilayah di Indonesia yang memiliki tingkat seismisitas tinggi. Pada tanggal 25 Februari 2022, telah terjadi gempa bumi merusak di Sumatera Barat tepatnya pada daerah Pasaman Barat. Berdasarkan laporan Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika, belum pernah dilakukan pemetaan zona patahan pada episenter gempa tersebut. Penelitian terbaru di wilayah tersebut menemukan bahwa segmen patahan Kajai di wilayah episenter gempa Pasaman baru saja teridentifikasi sehingga menunjukkan bahwa pemetaan zona patahan di wilayah ini masih berkembang dan memerlukan kajian lebih lanjut. Penelitian ini dibuat dengan tujuan untuk memetakan zona dan jenis patahan atau sesar di Pasaman Barat dengan memanfaatkan data gravitasi serta metode *Second Vertical Derivative* (SVD) dan *First Horizontal Derivative* (FHD). Berdasarkan hasil pengolahan data, densitas rata-rata wilayah Pasaman Barat berada pada angka 2-2,3 gr/cm<sup>3</sup>. Analisis peta Simple Bouguer Anomaly menunjukkan nilai pada wilayah ini berada pada *range* -55 hingga 15 mGal dan menunjukkan adanya indikasi keberadaan sesar yang berorientasi arah Barat Laut-Tenggara dengan jenis sesar geser.

**Kata Kunci:** Gaya Berat; *First Horizontal Derivative* (FHD); Pasaman; *Second Vertical Derivative* (SVD)

**Abstract.** West Sumatra is a region in Indonesia that has a high level of seismicity. On February 25, 2022, a destructive earthquake occurred in West Sumatra, specifically in the West Pasaman area. Based on a report from the Meteorology, Climatology, and Geophysics Agency, mapping the fault zone at the epicenter of the earthquake has never been carried out. Recent research in the region has found that the Kajai fault segment in the area of the Pasaman earthquake epicenter has only recently been identified, suggesting that fault zone mapping in this region is still evolving and requires further study. This research was created to map fault zones and types in West Pasaman by utilizing gravity data and the *Second Vertical Derivative* (SVD) and *First Horizontal Derivative* (FHD) methods. Based the results of data processing, the average density of the West Pasaman region is 2-2.3 gr/cm<sup>3</sup>. Analysis of the Simple Bouguer Anomaly map shows that the values in this area are in the range of -55 to 15 mGal and show indications of its existence of a fault oriented in a northwest-southeast direction with a shear fault type.

**Keywords:** Gravity; Pasaman; *First Horizontal Derivative* (FHD); *Second Vertical Derivative* (SVD)

### PENDAHULUAN

Sumatera berada di pertemuan batas lempeng Indo-Australia, Eurasia, serta Filipina yang menciptakan kondisi geologi yang berpengaruh terhadap aktivitas seismik dan tektonik di kawasan tersebut. Kondisi tersebut terbagi menjadi dua yaitu zona subduksi di Sumatera terletak di antara lempeng Indo-Australia dan zona sesar sumatera yang biasa dikenal dengan Sumateran Fault Zone atau sesar semangko (McCaffrey, 2009; Natawidjaja & Triyoso, 2007; Sieh & Natawidjaja, 2000); Tri Daiana & Handayani 2021). Hal tersebut menyebabkan wilayah Sumatera sering terjadi gempa bumi.

Sumatera Barat merupakan provinsi di wilayah Sumatera yang terkenal akan tingginya tingkat seismisitas yang terjadi. Hal ini disebabkan karena patahan atau sesar yang berada di Pulau Sumatera melewati beberapa wilayah yang berada di provinsi Sumatera Barat, contohnya yaitu Padang Panjang, Pasaman, Bukittinggi, Solok, dan Tanah Datar (Ferdinand & Rahmat Putra 2023). Tujuh dari sepuluh ruas Sumateran Fault Zone juga melintasi wilayah Provinsi Sumatera Barat (Dewanto dkk., 2022). Selain itu, wilayah Sumatera Barat jika dilihat dari tektonik *setting*-nya memiliki tatanan yang sangat kompleks (Dahlia dkk., 2022). Banyak kejadian gempa bumi merusak yang terjadi di wilayah Sumatera Barat dimana wilayah ini juga merupakan wilayah yang ramai oleh pemukiman penduduk. Badan Pusat Statistik menyebutkan bahwa jumlah penduduk di

Sumatera Barat mencapai 5.757.205 jiwa per tahun 2023 (BPS, 2023). Beberapa faktor tersebut yang menyebabkan wilayah Sumatera Barat memiliki kerentanan tinggi terhadap gempa bumi.

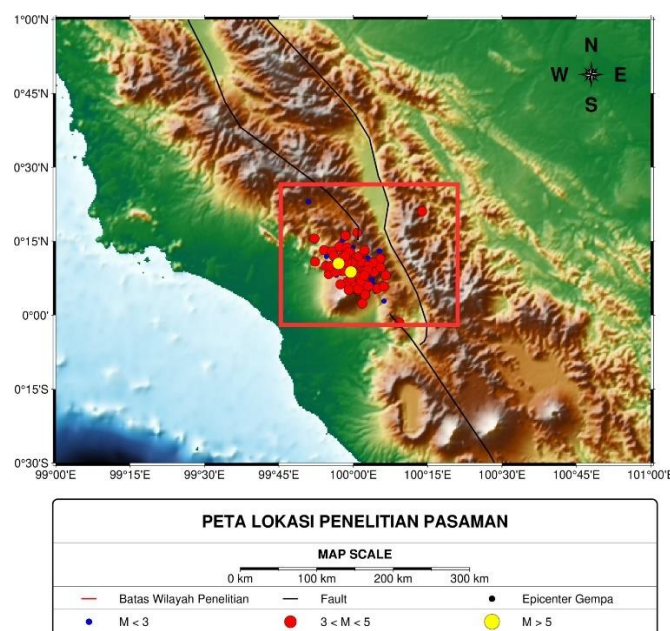
Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) melaporkan terkait kejadian gempa bumi pada 25 Februari 2022 pukul 08.39.29 WIB yang berkekuatan Mw 6.1 pada di wilayah Pasaman Barat, Sumatera Barat. Gempa ini mengakibatkan sekitar 6.627 rumah hancur, menyebabkan 25 orang tewas dan setidaknya 465 orang mengalami luka-luka (Marlius & Susanti 2023). Gempa ini terjadi di daratan dengan kedalaman yang dangkal. Selain itu gempa ini juga terjadi dalam wilayah segmen Talamau dimana sebelumnya belum pernah dipetakan terkait sesar atau patahan di sekitar episenter gempa (Fauziah 2023).

Selama lima dekade terakhir, telah terjadi setidaknya empat gempa bumi mematikan berkekuatan Mw > 6,0 di sekitar daerah Pasaman (Supendi dkk., 2023). Berdasarkan hal tersebut, perlu dilakukan penelitian terkait adanya pemetaan wilayah yang terkait dengan kebencanaan di Pasaman Barat terutama daerah terjadinya gempa Pasaman tanggal 25 Februari 2022 dengan menggunakan metode *gravity*. Metode ini dipilih karena dapat menggambarkan memetakan struktur geometri sesar berdasarkan perbedaan densitasnya (Kurniadi, 2017). Oleh karenanya, penelitian ini bertujuan untuk memetakan zona dan jenis sesar di Pasaman Barat yang berguna untuk pembangunan di masa mendatang. Penelitian ini memanfaatkan data gravitasi dengan menggunakan metode *Second Vertical Derivative (SVD)* dan *First Horizontal Derivative (FHD)* untuk membantu mengidentifikasi dugaan zona sesar di wilayah penelitian. Analisis SVD digunakan untuk menentukan jenis sesar yang teridentifikasi di wilayah penelitian, sedangkan analisis FHD digunakan untuk menentukan batas sesar (Blakely, 1995).

## METODOLOGI

### Data Penelitian

Penelitian ini memanfaatkan data dari Global Gravity Model plus (GGMplus) yang diakses melalui situs <https://murray-lab.caltech.edu/GGMplus/index.html>. Data tersebut terdiri atas latitude, longitude, dan FAA (*Free Air Anomaly*). Selain itu, diperlukan data elevasi wilayah penelitian yang diperoleh dari DEMNAS yang dapat diakses melalui link <https://tanahair.indonesia.go.id/demnas/#/>. Lokasi yang menjadi cakupan penelitian ini berada pada wilayah dengan koordinat antara 0.45° LU sampai -0.094° LS dan 99.79°BT sampai 100.37°BT.



Gambar 1. Peta Wilayah Penelitian

Nilai FAA merupakan data yang telah dikoreksi secara otomatis dengan koreksi pasang surut, *drift*, dan lintang (Maimuna dkk., 2021). Data tersebut nantinya akan digunakan bersamaan dengan data elevasi untuk mendapatkan nilai anomali bouguer sederhana atau *Simple Bouguer Anomaly (SBA)*. Persamaan dari *Anomali Bouguer* dapat ditulis:

$$BA = g_{obs} - (g_0 + FAA - TC) \quad (1)$$

$$\begin{aligned} FAA &= (BC - FAC) \\ &= (0.04193\rho - 0.3086)h \end{aligned} \quad (2)$$

dengan:

- $BA$  : Nilai Anomali bouguer (mGal)
- $g_{obs}$  : Nilai gravitasi pengukuran titik (mGal)
- $g_0$  : Nilai gravitasi normal pengamatan (mGal)
- $FAA$  : Koreksi elevasi (mgal)
- $TC$  : Koreksi medan (mGal)
- $BC$  : Koreksi bouguer (mGal)
- $FAC$  : Koreksi udara bebas (mGal)
- $h$  : Ketinggian elevasi (m)

### Metode Gaya Berat

Metode gaya berat, yang sering disebut sebagai metode gravitasi adalah metode geofisika pasif yang bisa mencerminkan distribusi densitas bawah permukaan. Metode ini dilangsungkan dengan mengukur variasi medan gravitasi bumi untuk identifikasi sebaran massa batuan dan densitas lokal struktur bawah permukaan (Telford, 1990). Apabila metode ini diaplikasikan dalam wilayah patahan atau sesar, maka sesar tersebut dapat dipetakan struktur geometrinya berdasarkan kontras gradien densitasnya (Pambayun 2023). Konsep dasar metode ini yaitu Hukum Newton, dimana interaksi antara dua partikel massa dengan jarak tertentu bisa dirumuskan seperti dibawah ini:

$$\vec{F}(\vec{r}) = -G \frac{m_1 m_2}{r^2} \hat{r} \quad (3)$$

dengan:

- $\vec{F}(\vec{r})$  : Gaya tarik menarik (N)
- $G$  : Konstanta gravitasi ( $6,67 \times 10^{-11} m^3 kg s^{-2}$ )
- $m_1, m_2$  : Massa benda 1 dan 2 (kg)
- $r$  : Jarak antara dua benda (m)
- $\hat{r}$  : Vektor satuan arah  $m_2$  ke  $m_1$  (m)

### Rapat Massa Batuan

Rapat massa batuan adalah faktor penting dalam metode gaya berat. Ada dua cara yang bisa dipakai untuk memperkirakan estimasi rapat massa batuan atau densitas rata-rata di suatu wilayah, yaitu dengan metode Parasinis dan Nettleton. Metode Parasinis dihitung berdasarkan persamaan anomali bouguer dengan mengasumsikan nilai anomali bouguer sebesar nol atau topografi relatif datar, dimana menggambarkan hubungan dari *Free Air Anomaly (FAA)* dan topografi dengan regresi linear (Reynolds, 1997). Metode Nettleton dihitung berdasarkan hasil pengukuran koreksi bouguer dan koreksi medan yang dibuat dalam bentuk grafik, dimana jika nilai massanya sesuai rapat massa permukaan maka profil anomali gaya beratnya akan lebih halus. Nilai densitas diperoleh jika nilai anomali gaya beratnya tidak berkorelasi dengan topografi daerah tersebut (Reynolds, 1997)

### **Pemisahan Anomali**

Pemisahan anomali gaya berat dilakukan dengan menganalisis spektrum untuk memperoleh estimasi kedalaman anomali gaya berat. Pendekatan ini digunakan untuk menentukan window yang dipakai ketika proses pemisahan regional dan residual (Zaenudin, Dani & Amalia 2020). Proses pemisahan anomali dilakukan dalam domain frekuensi, di mana data dalam domain jarak dikonversi ke domain frekuensi menggunakan transformasi Fourier sesuai persamaan berikut :

$$F(k) = \int_{-\infty}^{\infty} f(x)e^{ikx} dx \quad (4)$$

dengan :

$F(k)$  : Fungsi spektrum domain frekuensi ([amplitudo].[jarak])

$k$  : Bilangan gelombang (meter<sup>-1</sup>)

$f(x)$  : Fungsi spektrum domain waktu (amplitudo)

$x$  : Jarak (meter)

Keterkaitan antara amplitudo (A), bilangan gelombang (k) dan kedalaman bisa dijelaskan melalui persamaan matematis berikut :

$$\ln A = (z_0 - z_1)|k| + \ln C \quad (5)$$

Nilai k dari hasil analisis spektrum merupakan batas wilayah regional dan residual dimana besarnya yaitu  $2\frac{\pi}{\lambda}$ . Nilai "λ" didefinisikan sebagai  $\lambda = k_c \cdot \Delta_x$  atau  $\lambda = N \cdot \Delta_x$  dengan N yaitu lebar window. Bilangan gelombang k dan kedalaman dipakai menjadi parameter dalam proses penyaringan untuk memisahkan anomali regional dan residual (Sota, 2011). Filtering dilakukan dengan metode Moving Average, yang menghitung rata-rata nilai anomali Bouguer untuk memperoleh anomali regional. Setelah itu, anomali residual diperoleh dengan cara mengurangi anomali regional dari anomali Bouguer (Blakely, 1995). Persamaan moving average dituliskan sebagai berikut:

$$\Delta g_R(i) = \frac{\Delta g(i-n)+\dots+\Delta g(i)+\dots+\Delta g(i+n)}{N} \quad (6)$$

dengan:

$n$  : Lebar window

$\Delta g_R$  : Anomali Regional

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

Metode *Second Vertical Derivative (SVD)* adalah teknik yang dipakai untuk analisis dengan karakteristik *high pass filter* sehingga bisa memunculkan anomali lokal yang bersifat dangkal dan nilainya dapat dijadikan dasar untuk mengidentifikasi jenis patahan di suatu daerah (Telford dkk, 1990). Nilai SVD dapat diperoleh dari persamaan laplace turunan horizontal berikut (Elkins, 1951) :

$$\nabla^2 g = \frac{\partial^2 g}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 g}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 g}{\partial z^2} = 0 \quad (7)$$

$$\frac{\partial^2 g}{\partial z^2} = -\left(\frac{\partial^2 g}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 g}{\partial y^2}\right) \quad (8)$$

Berikut merupakan interpretasi yang dapat dilakukan berdasarkan analisis SVD:

$$\left| \frac{\partial^2 \Delta g}{\partial z^2} \right|_{min} < \left| \frac{\partial^2 \Delta g}{\partial z^2} \right|_{max} \quad \text{sesar turun} \quad (9)$$

$$\left| \frac{\partial^2 \Delta g}{\partial z^2} \right|_{min} > \left| \frac{\partial^2 \Delta g}{\partial z^2} \right|_{max} \quad \text{sesar naik} \quad (10)$$

$$\left| \frac{\partial^2 \Delta g}{\partial z^2} \right|_{min} \approx \left| \frac{\partial^2 \Delta g}{\partial z^2} \right|_{max} \quad \text{sesar geser} \quad (11)$$

### First Horizontal Derivative

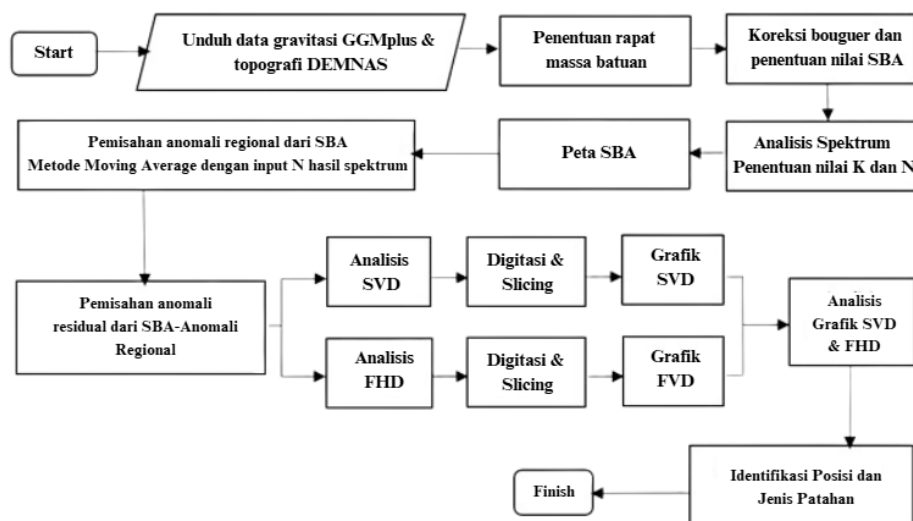
Metode *First Horizontal Derivative* (FHD) adalah teknik yang digunakan untuk menganalisis anomali gaya berat untuk menentukan batas antara kontras densitas secara horizontal, yang ditunjukkan oleh adanya nilai maksimum FHD pada grafik FHD. Nilai maksimum FHD dapat direpresentasikan sebagai fitur geologi yang terkait dengan sesar. Persamaan dari metode FHD adalah sebagai berikut (Cordell, 1979):

$$FHD = \sqrt{\left(\frac{\partial^2 g}{\partial x^2}\right)^2 + \left(\frac{\partial^2 g}{\partial y^2}\right)^2} \quad (12)$$

## METODOLOGI

Pada penelitian ini, lokasi penelitian berada di Kabupaten Pasaman Barat, Sumatera Barat, Indonesia, dengan luasan lokasi yang digunakan yaitu pada batas wilayah 0.45° LU sampai -0.094° LS dan 99.79°BT sampai 100.37°BT. Data yang digunakan didapatkan melalui *Global Gravity Model plus* (GGMplus) yang diakses melalui laman <https://murray-lab.caltech.edu/GGMplus/index.html> yang terdiri latitude, longitude, dan FAA (*Free Air Anomaly*). Selain itu, juga digunakan data elevasi wilayah penelitian yang diperoleh dari DEMNAS yang dapat diakses melalui link <https://tanahair.indonesia.go.id/demnas/#/>, dengan jumlah titik yaitu 78,879 titik.

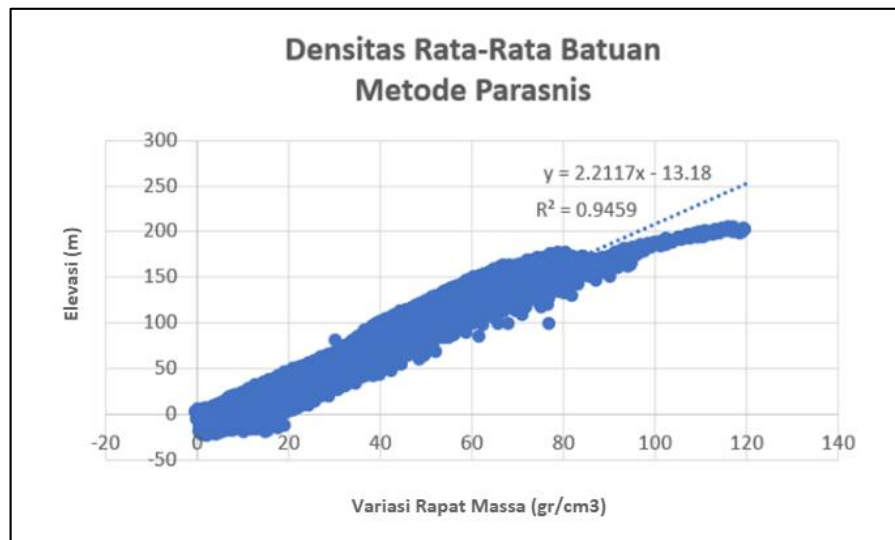
Pengolahan data dilakukan menggunakan Microsoft Excel untuk memperoleh densitas tanah dan *Simple Bouguer Anomaly* (SBA). Kemudian dilakukan analisis spektrum untuk memperoleh kedalaman regional dan residual serta nilai k dan N. Data SBA yang didapat diolah dengan aplikasi Surfer untuk mendapatkan peta SBA. Kemudian dilakukan filtering pada peta SBA memakai metode moving average sehingga menghasilkan nilai anomali regional dan residual dengan memanfaatkan nilai N yang sudah dihitung sebelumnya. Dari hasil tersebut, dilakukan metode SVD dan FHD serta melakukan slicing dengan tujuan mengetahui posisi serta jenis sesar yang diidentifikasi.



Gambar 2. Diagram Alir Pengolahan dan Analisis Data

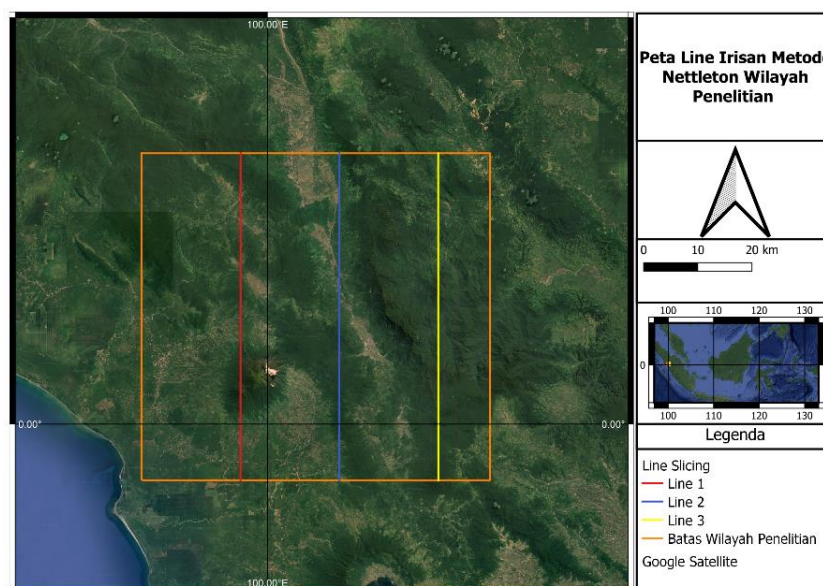
## HASIL DAN PEMBAHASAN

Nilai densitas rata-rata batuan di daerah Pasaman Barat didapatkan memakai metode Parasinis dan Nettleton. Grafik pada gambar 3 merepre estimasi nilai densitas di wilayah penelitian dengan metode Parasinis dengan memperlihatkan kemiringan garis regresi linear yang didapat pada grafik sebesar  $y = 2,2117x - 13,18$ . Sumbu x pada grafik merepresentasikan harga variasi rapat massa sedangkan sumbu y merepresentasikan nilai elevasi dalam meter. Hal ini memperlihatkan nilai densitas batuan di Pasaman Barat sebesar 2,2117 gr/cm<sup>3</sup> berdasarkan metode Parasinis.

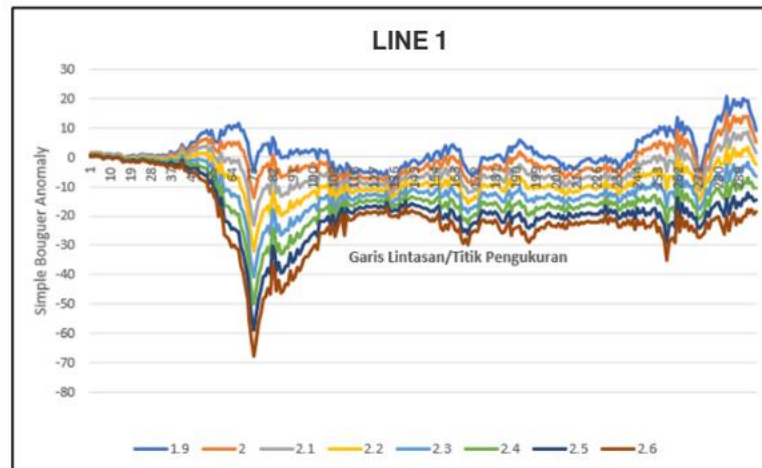


Gambar 3. Grafik Densitas Rata - Rata Batuan Metode Parasinis

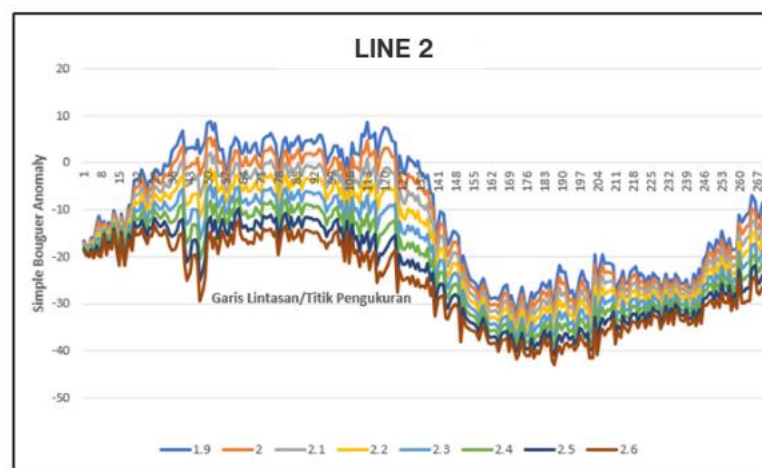
Di samping itu, nilai densitas batuan juga dapat dilakukan dengan metode Nettleton. Dalam penelitian ini, analisis dilakukan dengan percobaan 3 buah *line* secara vertikal sesuai pada gambar 4. Ketiga *line* tersebut berada pada longitude 99.955°BT (*line 1*), 101.119°BT (*line 2*), Dan 101.283°BT (*line 3*) dengan mengarah dari utara ke selatan .



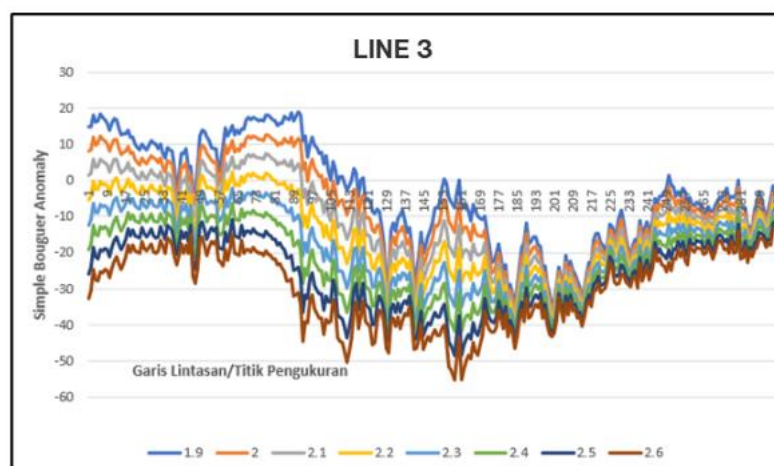
Gambar 4. Sketsa Line Metode Nettleton



Gambar 5. Grafik Densitas Rata - Rata Batuan Metode Nettleton (Line 1)



Gambar 6. Grafik Densitas Rata - Rata Batuan Metode Nettleton (Line 2)

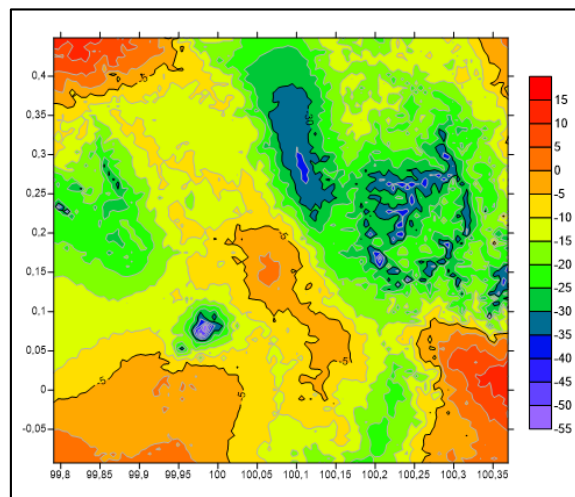


Gambar 7. Grafik Densitas Rata - Rata Batuan Metode Nettleton (Line 3)

Gambar 5, 6, dan 7 menunjukkan grafik variasi anomali bouger sederhana untuk *line* 1, 2, dan 3 pada dengan berbagai asumsi densitas mulai dari 1.9 hingga 2.6 g/cm<sup>3</sup>. Sumbu x merepresentasikan titik pengukuran atau garis lintasan yang diambil dan sumbu y merepresentasikan nilai anomali bouger sederhana dalam satuan mGal. Dari hasil dalam ketiga grafik tersebut, nilai anomali bouger menunjukkan stabilitas dengan asumsi densitas 2.2 – 2.3 g/cm<sup>3</sup> dimana mengindikasikan nilai densitas rata-rata batuan di wilayah ini

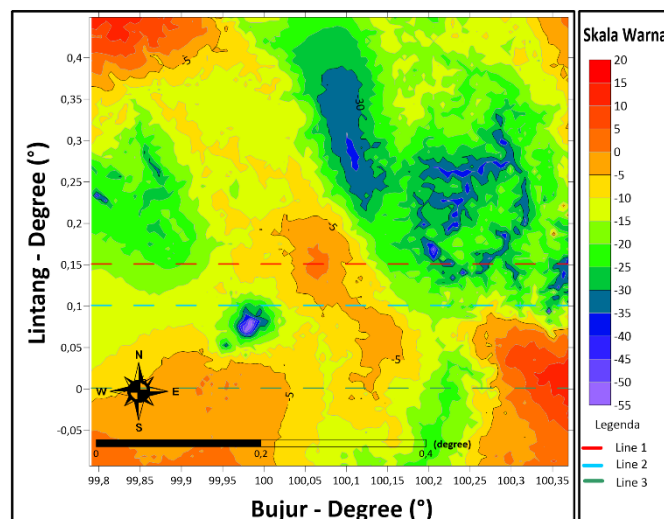
berada pada kisaran tersebut. Hasil dari ketiga *line* tersebut konsisten dan selaras dengan estimasi densitas batuan menggunakan metode Parasinis sehingga menegaskan wilayah penelitian memiliki densitas rata-rata homogen dalam kisaran  $2.2 - 2.3 \text{ g/cm}^3$

Berdasarkan nilai densitas rata rata batuan, data FAA dan elevasi kemudian diolah sehingga mendapatkan nilai *Simple Bouguer Anomaly* (SBA). Gambar 8 menunjukkan plot nilai SBA pada daerah Pasaman Barat. Range nilai SBA sekitar  $-55$  hingga  $15 \text{ mGal}$  dengan nilai SBA tertinggi ditandai kontur berwarna merah, sedangkan daerah dengan nilai SBA terendah dengan kontur berwarna biru.



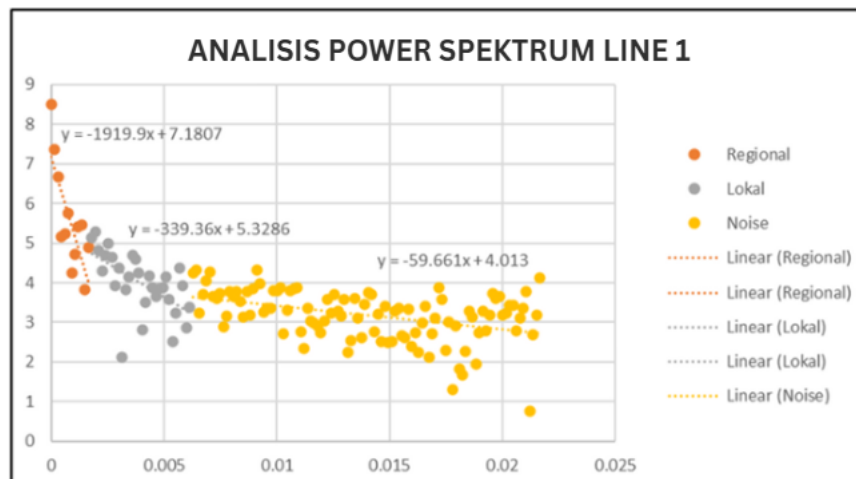
Gambar 8. Peta Simple Bouguer Anomaly

Analisis power spektrum dilakukan untuk memperoleh perkiraan nilai kedalaman regional dan residual serta menghitung nilai window N. Analisis power spektrum dilakukan dengan membuat tiga buah *slice* yang berada pada *line* 1 ( $0.151^\circ\text{LU}$ ), *line* 2 ( $0.101^\circ\text{LU}$ ), serta *line* 3 ( $0.001^\circ\text{LU}$ ) seperti pada Gambar 9.

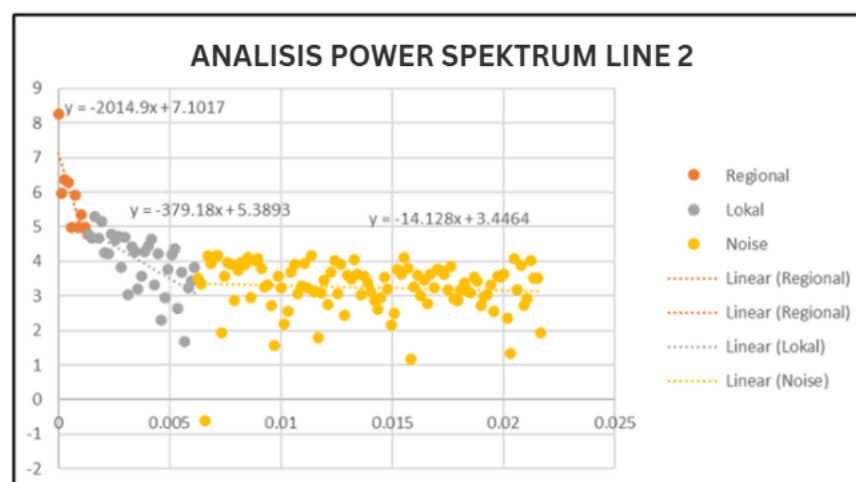


Gambar 9. Peta Lokasi Sayaran Analisis Power Spektrum

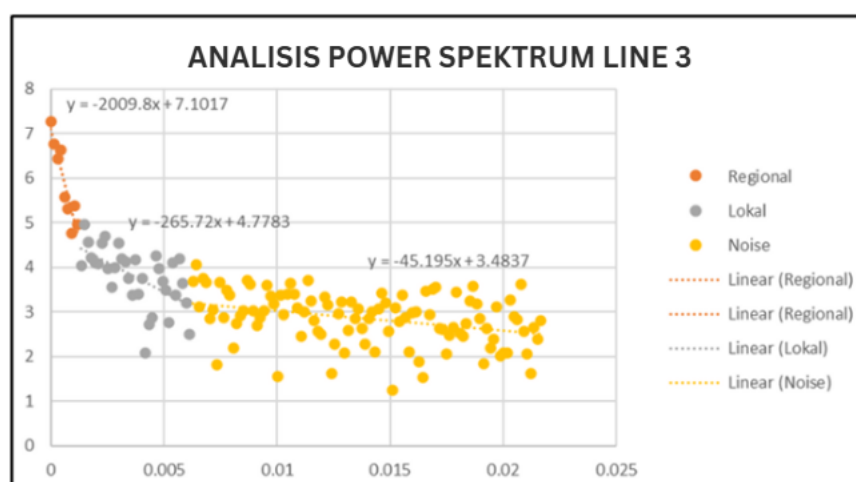




Gambar 10. Grafik Analisis Spektrum *Line 1*



Gambar 11. Grafik Analisis Spektrum *Line 2*



Gambar 12. Grafik Analisis Spektrum *Line 3*

Dari hasil analisis spektrum pada 3 *slice* di daerah penelitian, didapatkan nilai kedalaman regional dan residual sesuai dalam Tabel 1. Nilai kedalaman regional rata-rata di wilayah Pasaman Barat berada sekitar -1981,15 meter sedangkan untuk rata-rata kedalaman residualnya berada sekitar -328,17 meter.

**Tabel 1.** Kedalaman Anomali Regional dan Residual

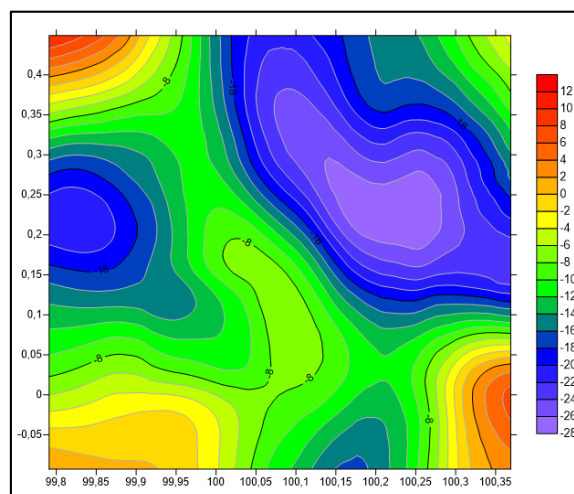
Line	Kedalaman	
	Regional (m)	Residual (m)
Slice 1	-1919,9	-339,6
Slice 2	-2014,9	-379,18
Slice 3	-2009,8	-265,72
<b>Rata-Rata</b>	<b>-1981,15</b>	<b>-328,17</b>

Selain itu dari Tabel 2, masing-masing grafik tersebut juga dilakukan perhitungan untuk mencari nilai *k cutoff* masing-masing *slice* sehingga nantinya digunakan untuk mencari nilai lebar window N. Nilai *k cutoff* yang didapat dari rata-rata masing-masing *slicing* yaitu 0,0011836 *cycle/m* sedangkan nilai lebar window-nya yaitu 23,67.

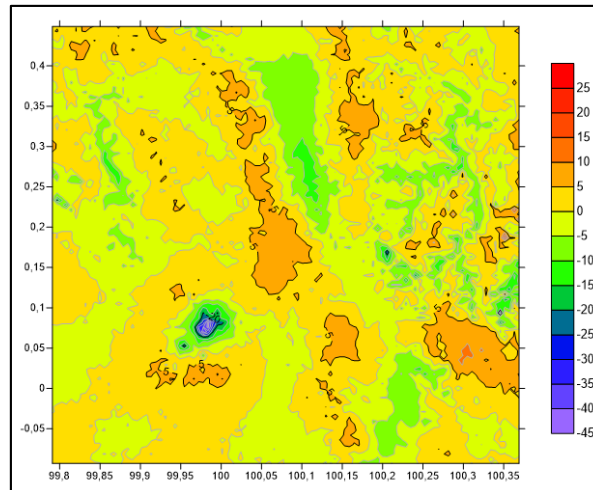
**Tabel 2.** K-Cutoff dan Lebar Window

Line	K Cutoff	N
Slice 1	0,0011718	24
Slice 2	0,0010469	26
Slice 3	0,0011836	21
<b>Rata-Rata</b>	<b>0,0011836</b>	<b>23,67</b>

Nilai N dari hasil perhitungan digunakan dalam pemisahan anomali regional dan residual. Peta anomali regional dihasilkan dengan filter *moving average* yang ada di dalam *software Surfer*. Dari hasil anomali regional kemudian dicari anomali residual. Peta anomali residual diperoleh dengan menekan nilai SBA dari anomali regional. Hasil dari peta anomali regional yang didapat mulai memperlihatkan gambaran kasar dari letak posisi sesar.



**Gambar 13.** Peta Anomali Regional Metode *Moving Average*



**Gambar 14.** Peta Anomali Residual Metode *Moving Average*

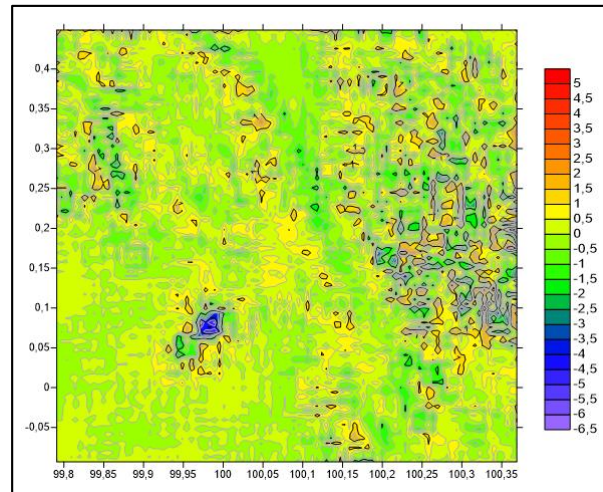
Gambar 13 merupakan plot dari peta anomali regional sedangkan Gambar 14 merupakan plot dari peta anomali residual daerah Pasaman Barat. Dalam peta anomali regional, dapat dilihat range nilai regionalnya berkisar pada -28 hingga 12 mGal. Untuk peta anomali residual, range nilai residualnya berkisar pada -45 hingga 25 mGal. Daerah dengan nilai tertinggi ditandai dengan kontur berwarna merah. Daerah dengan nilai terendah ditandai dengan kontur berwarna biru. Wilayah dugaan sesar berada pada pertengahan nilai gravitasi maksimum dan minimum dengan polanya berarah Barat Laut – Tenggara.

Selanjutnya, untuk melakukan validasi terkait letak dan jenis sesar maka dianalisis dengan metode *Second Vertical Derivative (SVD)* menggunakan pemisahan anomali regional. Hal ini dilangsungkan guna memisahkan efek dari struktur dangkal dan struktur dalam di daerah penelitian serta nantinya akan digunakan untuk menentukan keberadaan sesar. Metode SVD yang akan digunakan dalam penelitian ini dikembangkan oleh Rosenbach tahun 1953. Berikut adalah matriks yang digunakan dalam filter Rosenbach 1953:

**Tabel 3.** Filter Rosenbach (1953) dalam *Second Vertical Derivative*

0.0000	+0.0416	0.0000	+0.0416	0.0000
+0.0416	-0.3332	-0.7500	-0.3332	+0.0416
0.0000	-0.7500	4.0000	-0.7500	0.0000
+0.0416	-0.3332	-0.7500	-0.3332	+0.0416
0.0000	+0.0416	0.0000	+0.0416	0.0000

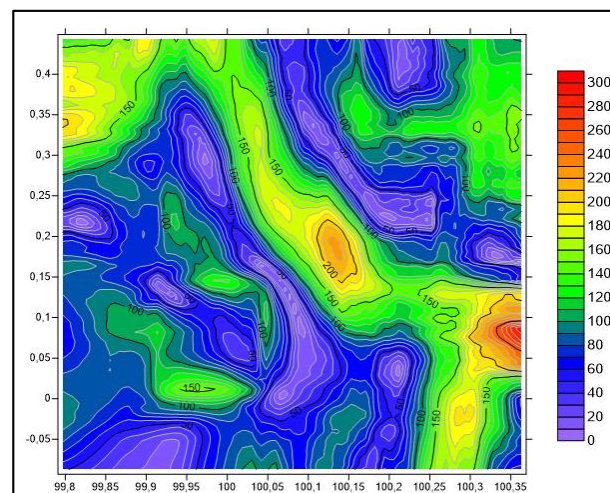
Harhale (2007) menyebutkan bahwa filter yang memiliki resolusi paling baik diantara matriks lainnya yaitu filter Rosenbach. Penggunaan filter SVD Rosenbach ini dapat meningkatkan resolusi lokal data gravitasi dengan menonjolkan perubahan kecil pada struktur bawah permukaan, seperti batas patahan. Filter ini efektif dalam mengeliminasi efek anomali regional, sehingga memungkinkan identifikasi fitur geologi yang lebih halus dan relevan (Blakely, 1995). Hasil dari pengolahan anomali regional dengan SVD filter Rosenbach menunjukkan rentang nilai di antara -6,5 hingga 5. Terlihat pola warna yang kontras pada wilayah penelitian terutama pada wilayah dugaan sesar. Nilai SVD ini akan digunakan untuk mengetahui jenis pola patahan yang ada di wilayah penelitian.



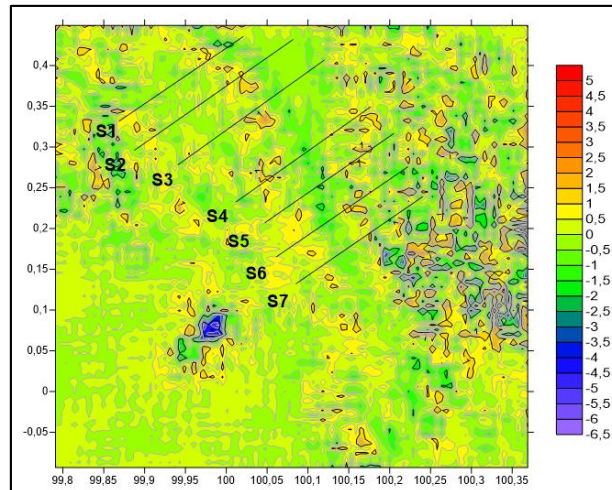
Gambar 15. Peta Anomali Regional SVD Rosenbach

Setelah melakukan analisis SVD terhadap data regional, selanjutnya akan dilakukan analisa *First Horizontal Derivative* (FHD) dengan data regional. Nilai FHD merupakan perubahan anomali gaya berat secara horizontal antar titik dan titik yang lain dengan jarak tertentu. Analisis FHD ini digunakan untuk melihat batas kontras struktur geologi berdasarkan nilai anomalnya.

Kemudian untuk mendelineasi batas anomali densitas dan mengidentifikasi indikasi lokasi patahan, maka akan dilakukan analisis grafik SVD dan FHD dengan mempertimbangkan keterbatasan metode ini. Beberapa keterbatasan metode tersebut adalah ketepatan pemisahan anomali regional dan residual yang bisa dipengaruhi oleh faktor-faktor tertentu seperti resolusi data yang terbatas, noise dari medan gravitasi, serta kompleksitas geologi daerah penelitian yang dapat mempengaruhi hasil analisis (Telford dkk, 1990). Dari kedua peta tersebut akan dibuat tujuh buah slicing pada wilayah yang diduga merupakan patahan di daerah penelitian. Slicing tersebut dibuat tegak lurus dengan daerah dugaan patahan.

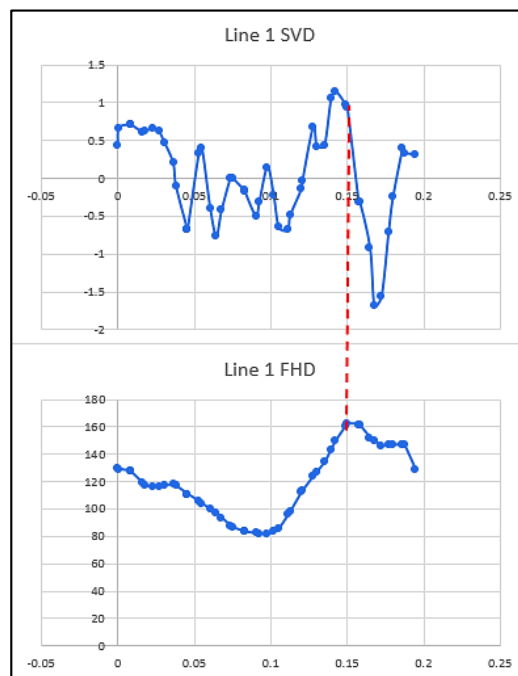


Gambar 16. Peta Anomali Regional dengan FHD

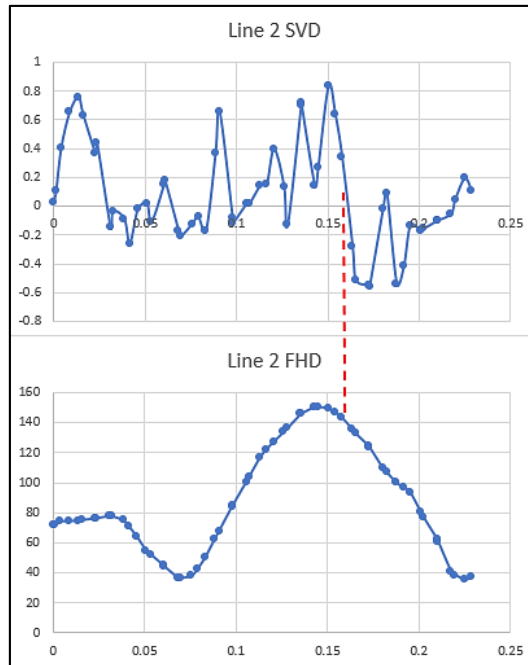


Gambar 17. Slicing Daerah Dugaan Sesar pada Peta SVD Anomali Regional

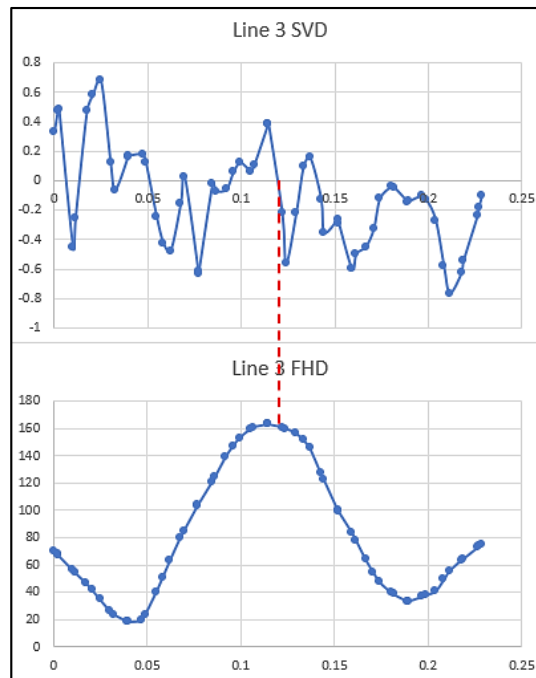
Bidang sesar merupakan daerah yang berada pada tepat dalam titik nilai SVD yang bernilai nol dan selaras dengan nilai FHD yang bernilai paling maksimum. Apabila dalam melakukan *slicing* SVD dan FHD menunjukkan hasil dimana saat nilai SVD pada nilai nol dan diikuti nilai FHD menunjukkan nilai maksimumnya, maka diketahui ada batas perubahan nilai anomali. Hal ini dapat diinterpretasikan sebagai suatu bidang patahan atau sesar.



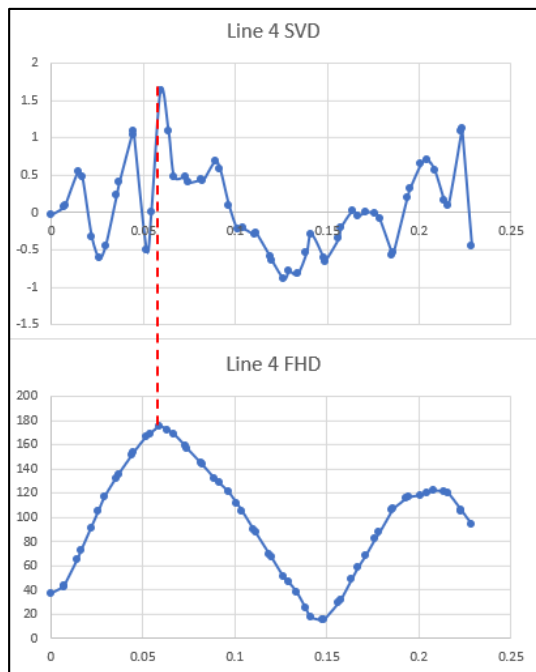
Gambar 18. Slicing 1 Peta SVD dan FHD



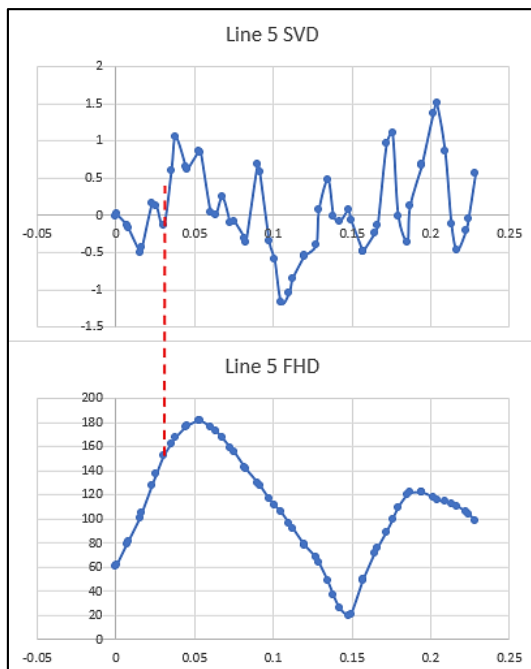
Gambar 19. Slicing 2 Peta SVD dan FHD



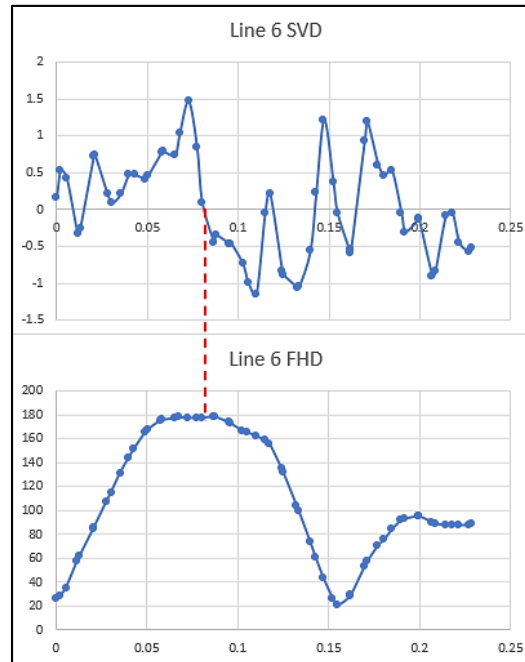
Gambar 20. Slicing 3 Peta SVD dan FHD



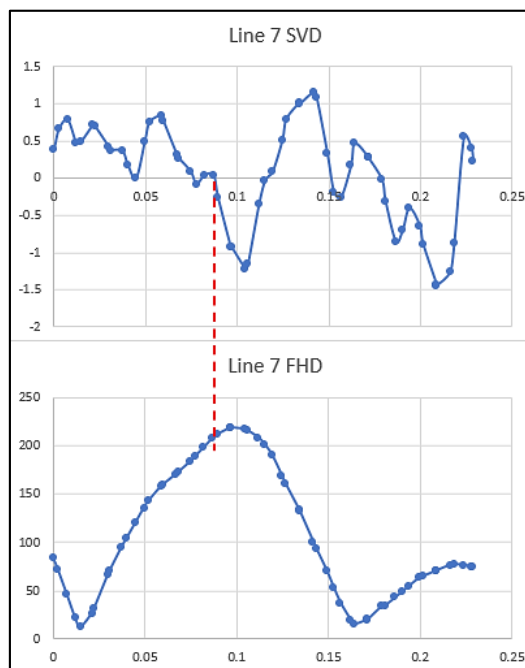
Gambar 21. Slicing 4 Peta SVD dan FHD



Gambar 22. Slicing 5 Peta SVD dan FHD



**Gambar 23.** Slicing 6 Peta SVD dan FHD



**Gambar 24.** Slicing 7 Peta SVD dan FHD

Pada *slicing* 1, FHD menunjukkan maksimum pada nilai 162 dengan nilai SVD nol. Nilai tersebut didapatkan pada jarak 0.158 degree atau 17550 meter. Pada *slicing* 2, FHD menunjukkan maksimum pada nilai 147 dengan nilai SVD nol. Nilai tersebut didapatkan pada jarak 0.153 degree atau 17091 meter. Pada *slicing* 3, FHD menunjukkan maksimum pada nilai 160 dengan nilai SVD nol. Nilai tersebut didapatkan pada jarak 0.121 degree atau 13518 meter. Pada *slicing* 4, FHD menunjukkan maksimum pada nilai 175 dengan nilai SVD nol. Nilai tersebut didapatkan pada jarak 0.059 degree atau 6567 meter. Pada *slicing* 5, FHD menunjukkan maksimum pada nilai 160 dengan nilai SVD nol. Nilai tersebut didapatkan pada jarak 0.035 degree atau 3893 meter. Pada *slicing* 6, FHD menunjukkan maksimum pada nilai 178 dengan nilai SVD nol. Nilai tersebut didapatkan pada jarak 0.086 degree atau 9612 meter. Pada *slicing* 7, FHD menunjukkan



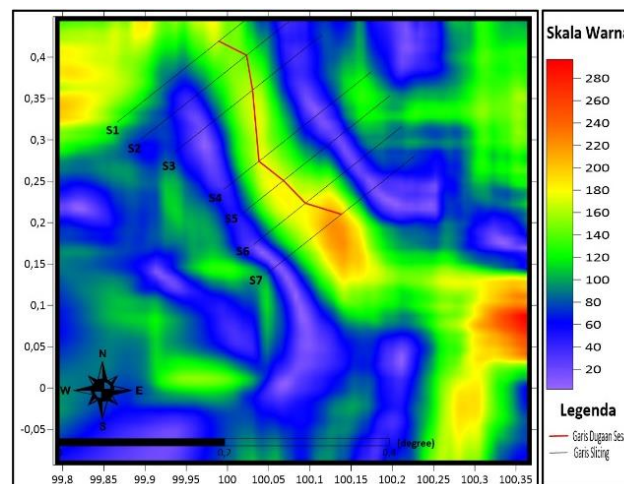
maksimum pada nilai 218 dengan nilai SVD nol. Nilai tersebut didapatkan pada jarak 0.096 degree atau 10696 meter.

**Tabel 4.** Nilai Maksimum dan Minimum *Slicing* SVD serta Penentuan Jenis Sesar

Slice	Nilai		Jenis Sesar
	Maksimum	Minimum	
1	1.144337	-1.6756	Naik
2	0.838509	-0.55719	Geser
3	0.387142	-0.55778	Geser
4	1.640521	-0.50869	Turun
5	1.059176	-0.13778	Turun
6	1.46872	-1.15303	Geser
7	1.159318	-1.21609	Geser

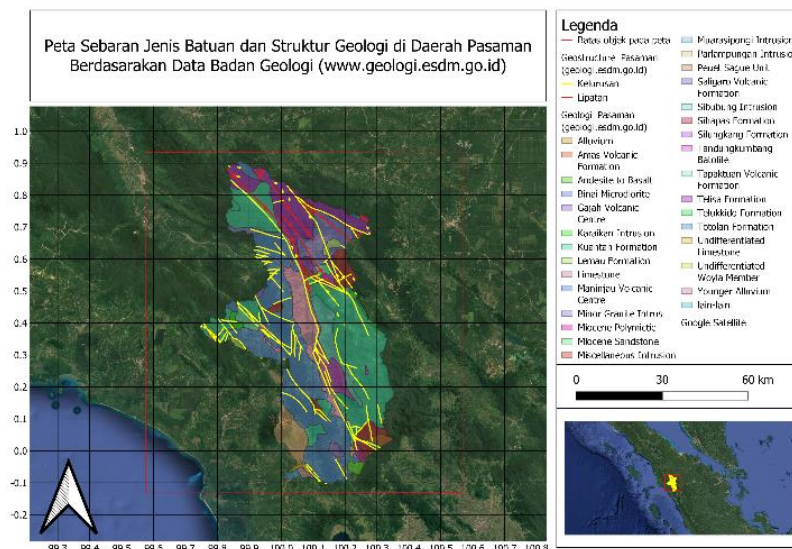
Dari hasil 7 *slicing* yang telah dilakukan pada peta SVD dan FHD, selanjutnya dilakukan analisis penentuan jenis sesar. Hal ini dapat dilihat berdasarkan nilai *absolute* SVD minimum yang lebih kecil dari SVD maksimum untuk patahan turun, *absolute* nilai SVD minimum yang melebihi SVD maksimum untuk patahan naik, dan *absolute* nilai SVD minimum yang relatif sama dengan SVD maksimum untuk patahan geser. Berdasarkan hasil analisis yang dilakukan pada nilai SVD, didapatkan interpretasi jenis sesar pada daerah penelitian mayoritas bersifat geser.

Berdasarkan hasil analisis gaya berat dengan data gravitasi GGMplus dan data topografi DEMNAS, didapatkan indikasi adanya zona patahan atau sesar di wilayah Pasaman Barat, Sumatera Barat. Analisis dengan metode SVD dan FHD menunjukkan pola anomali yang mengindikasikan keberadaan sesar berorientasi Barat Laut-Tenggara dengan jenis sesar geser jika dilihat dari *absolute* nilai minimum SVD dan maksimum SVD.



**Gambar 25.** Peta Zona Sesar Berdasarkan Analisis Data Gravitasi Metode Gaya Berat

Hal ini diperkuat dengan adanya struktur geologi berupa kelurusan pada peta geologi yang bersumber dari Badan Geologi, Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) sesuai pada Gambar 26.



Gambar 26. Peta Geologi Daerah Pasaman (Sumber: geologi.esdm.go.id)

## PENUTUP

### Simpulan dan Saran

Berdasarkan hasil penelitian, bisa disimpulkan nilai densitas rata-rata daerah Pasaman Barat, Sumatera Barat berkisar antara 2-2,3 gr/cm<sup>3</sup>. Hasil pengolahan data di wilayah Pasaman Barat menunjukkan nilai Simple Bouguer Anomaly (SBA) berada pada range -55 hingga 15 mGal dengan estimasi rata-rata kedalaman regional sekitar -1981,15 meter sedangkan untuk rata-rata kedalaman residualnya sekitar -328,17 meter.

Hasil analisis data menggunakan metode *Second Vertical Serivative (SVD)* dan *First Horizontal Derivative (FHD)* menunjukkan adanya indikasi keberadaan sesar yang berorientasi arah barat laut-tenggara dengan jenis sesar geser di wilayah Pasaman Barat, Sumatera Barat.

## DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pusat Statistik Kota Solok. (2023). *Jumlah Penduduk Menurut Kabupaten/Kota di Provinsi Sumatera Barat*. Diakses pada 29 November 2024, dari <https://solokkota.bps.go.id/id/statistics-table/2/MTA1OCMy/jumlah-penduduk-menurut-kabupaten-kota-di-provinsi-sumatera-barat.html>
- Cordell, L. (1979). New Mexico Geological Society Espanola Basin, New Mexico. *New Mexico Geological Society Guidebook*, 59–64.
- Dahlia, B., Ngatiyo, Dewi, I. K., Kurniawan, S. E., & Shandy Yogaswara. (2022). Relokasi Hiposenter Gempabumi Dengan Menggunakan Metode Double Difference Serta Implikasinya Terhadap Seismotektonik di Wilayah Sumatera Barat. *Jurnal Teknik Kebumihan*, 7(2), 18–25.
- Daiana, S. T., & Handayani, L. (2021). “Studi B-value Sebagai Analisis Seismisitas Berdasarkan Data Gempabumi Periode 1914-2020 (Studi Kasus: Provinsi Bengkulu)”. *Jurnal Sains dan Teknologi Mitigasi Bencana*, Vol. 16, No. 1, hal. 30-41.
- Dewanto, B.G., Priadi, R., Heliani, L.S., Natul, A.S., Yanis, M., Suhendro, I. & Julius, A.M., (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*, Vol. 5, No.4.
- Elkins, T. A. (1951). The second derivative method of gravity interpretation. *Geophysics*, 16(1), 29-50.
- Fauziah, N., (2023), “Pemetaan Mikrozonasi Kerusakan Bangunan Pasca Bencana Gempa Bumi di Nagari Kajal”. (Doctoral dissertation, Universitas Negeri Padang).

- Ferdi, F., & Rahmat, R. (2023). "Mikrozonasi Seismik Untuk Kabupaten Pasaman Barat. *Jurnal Applied Science in Civil Engineering*", Vol. 4, No.1, hal. 15-19.
- Harhale, Erlangga, 2007, Aplikasi Turunan Pertama dan Kedua Vertikal pada Analisis Data Gravitasi dan Geomagnet. Skripsi. Depok: Fisika Universitas Indonesia
- John Wiley & Sons.Blakely, R.J. (1995). Potential theory in Gravity and Magnetic. *In Cambridge university Press*.
- Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM). (n.d.). *Data Geologi Indonesia*. Direktorat Jenderal Mineral dan Batubara, Kementerian ESDM. <https://geologi.esdm.go.id>
- Kurniadi, Y. (2017). Identifikasi Zona Sesar Menggunakan Metode Gravity di Wilayah Ciater, Subang, Jawa Barat. *Bandung : Departemen Fisika, ITB*.
- 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* ,Vol. 19, No. 1, hal. 17-23.
- Marlius, D., & Susanti, F. (2022). "Pemberian Bantuan Korban Bencana Gempa Bumi Dikabupaten Pasaman Barat".
- McCaffrey, R. (2009). The tectonic framework of the sumatran subduction zone. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, 37, 345–366. <https://doi.org/10.1146/annurev.earth.031208.100212>
- Natawidjaja, D. H., & Triyoso, W. (2007). The Sumatran Fault Zone. *Journal of Earthquake and Tsunami*, 01(01), 21–47.
- Pambayun, T., (2023), "Analisis Geometri Patahan Pulau Penang Berdasarkan Data Gaya Berat". *Doctoral Dissertation Institut Teknologi Sepuluh Nopember*.
- Reynolds, J. M. (2011). *An introduction to applied and environmental geophysics*
- Sieh, K., & Natawidjaja, D. (2000). Neotectonics of the Sumatran fault, Indonesia. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 105(B12), 28295–28326. <https://doi.org/10.1029/2000jb900120>
- Sota, I. (2011). Pendugaan Struktur Patahan Dengan Metode Gaya Berat. *Positron*, 1(1), 25–30. <https://doi.org/10.26418/positron.v1i1.1565>
- Supendi, P., Rawlinson, N., Prayitno, B.S., Sianipar, D., Simanjuntak, A., Widiyantoro, S., Palgunadi, K.H., Kurniawan, A., Shiddiqi, H.A., Nugraha, A.D., Sahara, D.P., Daryono, D., Triyono, R., Adi, S.P., Karnawati, D., Daniarsyad, G., Ahadi, S., Fatchurochman, I., Anugrah, S.D., Heryandoko, N. & Sudrajat, A., (2023), "A previously unidentified fault revealed by the February 25, 2022 (Mw 6.1) Pasaman Earthquake, West Sumatra, Indonesia", *Physics of the Earth and Planetary Interiors*, Vol. 334.
- Telford, W. M., Geldart, L. P., & Sheriff, R. E. (1990). *Applied geophysics*. Cambridge University Press.
- Zaenudin, A., Dani, I. & Amalia, N., (2020), "Deliniasi Sub-Cekungan Sorong Berdasarkan Anomali Gaya Berat", *Jurnal Geoelebes*, Vol. 4, No. 1, hal 14-22.

-----