

# Estimasi Kedalaman Sumber Anomali Regional dan Analisis Mekanisme serta Pola Kelurusan Sesar Musi Menggunakan Metode Gaya Berat

Rizkahana Fatimah<sup>1</sup> dan Mahmud Yusuf<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Sekolah Tinggi Meteorologi Klimatologi dan Geofisika

\*Email: rizkahanafatimah@stmkg.ac.id

Submit: 27 Maret 2024 ; Revised: 9 Juni 2025; Accepted: 9 September 2025

**Abstrak:** Sesar Musi merupakan salah satu segmen Sesar Semangko (Sesar Besar Sumatera) yang pernah memicu kejadian gempa bumi Curup M6.0 tanggal 15 Desember 1979 lalu. Hingga saat ini, Sesar Musi masih tercatat sebagai sesar aktif dengan slip rate mencapai 13,5 mm/tahun. Lokasi Sesar Musi berada di  $102.2^\circ$  BT –  $102.9^\circ$  BT dan  $3.2^\circ$  LS –  $3.9^\circ$  LS. Wilayah ini merupakan area industri pariwisata yang terus berkembang, sedangkan terdapat risiko akibat aktivitas seismik dan kegempaan di wilayah tersebut. Maka dari itu, perlu dilakukan analisis gaya berat pada wilayah Sesar Musi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui estimasi kedalaman zona sumber anomali regional berdasarkan hasil analisis spektrum. Kemudian, dilakukan juga analisis derivatif untuk mengidentifikasi mekanisme dan lokasi patahan sehingga dapat diperoleh gambaran pola kelurusan Sesar Musi. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode gaya berat dengan menggunakan data dari GGMplus, Batnas, Demnas, dan data pendukung lain yang digunakan untuk validasi hasil analisis. Hasil analisis spektrum menunjukkan bahwa estimasi kedalaman zona regional mencapai 1,366.8 meter dan kedalaman zona residualnya mencapai 128.69 meter. Hasil Analisa derivatif menggunakan Surfer 14 ditampilkan dalam kurva untuk mendapatkan batas lokasi sesar yang kemudian ditampilkan dalam peta yang menunjukkan bahwa Sesar Musi memiliki pola kelurusan berarah barat laut – tenggara. Mekanisme sesar didominasi oleh sesar geser dan terdapat beberapa titik yang cenderung oblique. Hasil analisis tersebut sesuai dengan penelitian-penelitian terdahulu, yang menyatakan bahwa Sesar Musi memiliki mekanisme *strike slip*.

**Kata kunci:** SBA, Sesar Musi, FHD, SVD

*Abstract: Musi Fault is one of the segments of the Semangko Fault (Great Sumatra Fault) that triggered the M6.0 Curup earthquake on December 15, 1979. Until now, the Musi Fault is still recorded as an active fault with a slip rate of 13.5 mm/year. The location of the Musi Fault is at  $102.2^\circ$  East -  $102.9^\circ$  East and  $3.2^\circ$  East -  $3.9^\circ$  East. This region is a part of a growing tourism industry, while there are risks due to seismic activity and seismicity in the region. Therefore, it is necessary to analyze the gravity in the Musi Fault area. This study aims to determine the estimated depth of the regional anomaly source zone based on the results of spectrum analysis. Then, derivative analysis is*

*also carried out to identify the mechanism and location of faults so that a picture of the alignment pattern of the Musi Fault can be obtained. The method used in this research is the gravity method using data from GGMplus, Batnas, Demnas, and other supporting data used to validate the analysis results. The spectrum analysis results show that the estimation of the regional zone depth reaches 1,366.8 meters and the residual zone depth reaches 128.69 meters. The results of derivative analysis using Surfer 14 are displayed in a curve to obtain the fault location boundary which is then displayed in a map showing that the Musi Fault has a northwest - southeast alignment pattern. The fault mechanism is dominated by shear faults and there are several points that tend to be oblique. The analysis results are in accordance with previous studies, which state that the Musi Fault has a strike slip mechanism.*

**Keywords:** SBA, Musi Fault, FHD, SVD

## 1 LATAR BELAKANG

Sesar Semangko merupakan salah satu sesar di Sumatera. Sesar ini terbentuk akibat adanya akumulasi energi pada subduksi Lempeng Indo-Australia terhadap Lempeng Eurasia yang berada di sisi barat pulau Sumatera dan tergolong sesar aktif dengan slip rate 6-27 mm/tahun ([PUSGEN, 2022](#)). Sesar tersebut menjadi salah satu faktor utama kejadian gempa bumi dan aktivitas seismik lain yang cukup signifikan di Sumatera. Hal tersebut didukung oleh pernyataan [Natawidjaja \(2018\)](#) yang menyatakan bahwa terdapat risiko gempa bumi signifikan di Sumatera akibat aktivitas lempeng tektonik yang menyebabkan adanya sesar di dataran Sumatera. Sesar ini memiliki panjang sekitar 1900 km dan terbentang di sepanjang teluk Andaman hingga teluk Semangko yang sejajar dengan subduksi Sumatera ([Alif dkk., 2022; Hurukawa dkk., 2014; Lubis dkk., 2019](#)).

Sesar Semangko atau yang disebut juga Sesar Besar Sumatera terdiri dari tiga bagian, yaitu bagian atas, bagian Tengah, dan bagian bawah. Sesar yang berada di wilayah Provinsi Bengkulu termasuk dalam kategori sesar bagian bawah, meliputi sesar Manna, Sesar Musi, dan Sesar Ketaun. Berdasarkan data seismik, Sesar Musi tercatat pernah memicu kejadian gempa bumi Curup M6.0 tanggal 15

## 2 Fatimah dkk. (2025)

Desember 1979 lalu (Mase dkk., 2024). Hingga saat ini, Sesar Musi masih tercatat sebagai sesar aktif yang terus bergerak dengan *slip rate* mencapai 13.5 mm/tahun. Sesar ini memiliki penjang 70 km dan pernah menghasilkan gempa dengan magnitudo maksimum M7.2 (PUSGEN, 2022). Lokasi Sesar Musi berada di area industri pariwisata yang terus berkembang pesat. Artinya, akan terus terjadi peningkatan jumlah penduduk di wilayah tersebut. Adanya sesar tersebut dapat menimbulkan adanya risiko atau hazard akibat aktivitas sesimik dan kegempaan di wilayah tersebut (Sarkowi dkk., 2022). Maka dari itu, perlu dilakukan penelitian mengenai sumber kegempaan aktif di wilayah ini.

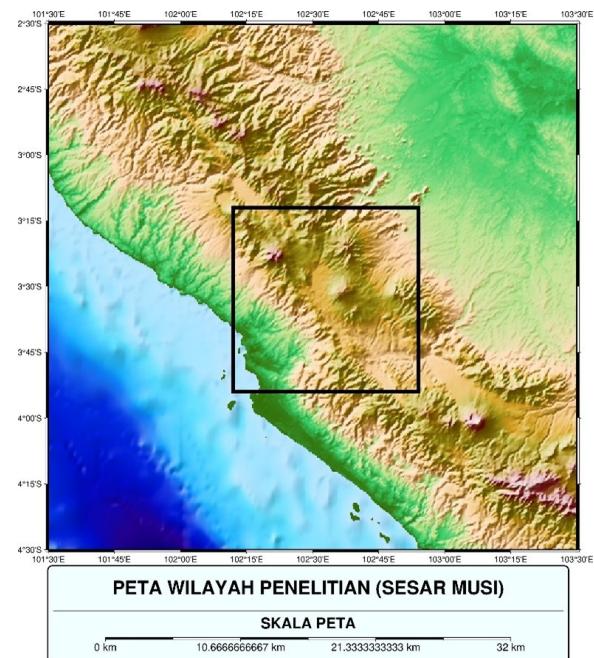
Metode gaya berat merupakan salah satu metode survei pendahuluan yang dapat digunakan untuk identifikasi bawah permukaan berdasarkan analisis anomali medan gravitasi bumi (Hidayat dan Giamboro, 2019; Rivandi dkk., 2016). Variasi nilai anomali tersebut muncul akibat adanya perbedaan densitas pada batuan secara lateral sehingga nilai percepatan gravitasi yang terukur bervariasi (Hidayat dan Giamboro, 2019). Karena itu, metode gaya berat juga dapat digunakan untuk identifikasi sesar. Salah satunya adalah dengan analisis derivative. Analisis derivatif terdiri dari analisis *First Horizontal Derivative* (FHD) dan *Second Vertical Derivative* (SVD). Analisis ini dapat dilakukan dengan menggunakan data anomali regional atau anomali residual. FHD merupakan analisis yang dapat menunjukkan batas kontras densitas dari data gravitasi, sedangkan SVD merupakan analisis yang mampu memberikan gambaran untuk identifikasi mekanisme patahan (Hidayat dan Giamboro, 2019; Novianto dkk., 2025).

Berdasarkan uraian di atas, penelitian ini dilakukan untuk mengetahui estimasi kedalaman zona sumber anomali regional berdasarkan analisis spektrum. Hasil analisis nantinya akan dibandingkan dengan data dari peta lembar geologi untuk mengetahui kesesuaian hasil analisis dengan data geologi. Kemudian, dilakukan juga analisis derivatif untuk mengidentifikasi mekanisme dan lokasi patahan sehingga dapat diperoleh gambaran pola kelurusan Sesar Musi. Gambar 1 menampilkan wilayah studi kasus, yaitu wilayah Sesar Musi. Kotak hitam menunjukkan batasan wilayah penelitian yang digunakan, yaitu  $102.2^\circ$  BT –  $102.9^\circ$  BT dan  $3.2^\circ$  LS –  $3.9^\circ$  LS.

## 2 DATA DAN METODOLOGI

### 2.1 Sumber Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari data gravity, data elevasi, dan Peta Geologi Lembar Bengkulu. Data gravity yang digunakan merupakan data sekunder yang diperoleh dari GGMplus dengan batasan wilayah  $102.2^\circ$  BT –  $102.9^\circ$  BT dan  $3.2^\circ$  LS –  $3.9^\circ$  LS. Data terdiri dari nilai longitude, latitude, dan FAA. Untuk mendapatkan nilai elevasi yang akurat, digunakan data topografi Demnas dan Batnas yang diperoleh dari (<https://tanahair.indonesia.go.id>). Data gravity dari GGMplus kemudian dikombinasikan dengan data elevasi yang diperoleh dari Demnas dan Batnas dengan menggunakan software QGIS. Peta lembar geologi digunakan untuk *crosscheck* nilai estimasi kedalaman zona regional dan residual. Kemudian, informasi dari penelitian terdahulu digunakan untuk



**Gambar 1.** Peta topografi Wilayah Sesar Musi. Batas wilayah yang digunakan sebagai area penelitian berada ditandai oleh kotak hitam.

*crosscheck* kesesuaian hasil analisa mekanisme dan kelurus-an sesar.

### 2.2 Metode

**Metode Gaya Berat** didasarkan pada teori Newton. Dalam teori Newton, dijelaskan bahwa jika terdapat interaksi antara objek bermassa yang berada pada jarak tertentu maka akan timbul gaya tarik-menarik atau gravitasi yang nilainya bervariasi (Rivandi dkk., 2016). Perbedaan densitas pada batuan secara lateral menyebabkan nilai medan gravitasi yang terukur di permukaan bumi tidak sama. Maka dari itu, metode gaya berat dapat digunakan untuk identifikasi bawah permukaan berdasarkan analisis anomali medan gravitasi bumi yang terukur. Analisis metode gaya berat dapat dilakukan dengan melakukan koreksi-koreksi data, pemisahan anomali, hingga analisa *derivative*.

**Densitas Rata-Rata** pada wilayah penelitian ditentukan dengan metode Parasnus. Prinsip dasar persamaan Parasnus adalah penurunan dari persamaan anomali bouguer. Diasumsikan jika nilai *Complete Bouguer Anomaly* (CBA) adalah nol maka akan diperoleh persamaan linier untuk menghitung densitas (Septian et al., 2020):

$$CBA = g_{obs} - g_\theta + g_{FA} - g_B = 0 \quad (1)$$

$$g_{obs} - g_\theta + 0.3086h = g_B = (2\pi Gh)\rho \quad (2)$$

dimana:

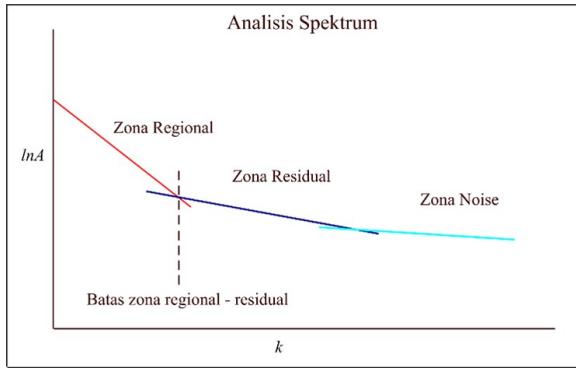
CBA = *Complete Bouguer Anomaly*

$g_{obs}$  = gravitasi hasil observasi

$g_\theta$  = gravitasi normal

$g_{FA}$  = Koreksi udara bebas

$g_B$  = Koreksi Bouguer



**Gambar 2.** Grafik  $\ln A$  amplitudo terhadap bilangan gelombang ( $k$ ) untuk analisa spektrum dan estimasi kedalaman sumber anomali (Sarkowi, 2014).

$\rho$  = densitas rata-rata

Persamaan tersebut merupakan bentuk persamaan linier. Sehingga, nilai densitasnya dapat dihitung menggunakan metode *least square*.

**Simple Bouguer Anomaly** diperoleh dari nilai *Free Air Anomaly* (FAA) dikurangi nilai *Bouguer Correction* (BC). Data perlu dikoreksi menggunakan BC untuk menghilangkan faktor pengaruh dari massa batuan di area titik pengamatan dan juga titik acuan yang memberikan efek tarikan (Dewi et al., 2020). Nilai BC dan SBA dapat dihitung menggunakan persamaan:

$$BC = 0.04192 \times h \times \rho \quad (3)$$

$$SBA = FAA - BC \quad (4)$$

dimana:

$BC$  = bouguer correction (mGal)

$h$  = elevasi (meter)

$\rho$  = densitas ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )

$SBA$  = Simple Bouguer Anomaly (mGal)

$FAA$  = Free Air Anomaly (mGal)

$BC$  = Bouguer Correction (mGal)

Nilai SBA yang diperoleh kemudian diplot menggunakan Surfer 14 untuk mendapatkan gambaran kontur SBA.

**Pemisahan Anomali** perlu dilakukan karena nilai anomali pada SBA tersebut merupakan gabungan dari seluruh sumber anomali dari bawah tanah meliputi anomali regional, anomali residual dan *noise*. Anomali dari sumber noise berukuran lebih kecil dan memiliki frekuensi lebih tinggi dibanding anomali lainnya, sedangkan anomali regional memiliki kedalaman anomali yang lebih besar dibanding anomali residual (Novianto dkk., 2025). Nilai anomali yang akan digunakan dalam analisis adalah nilai anomali regional, maka perlu dilakukan pemisahan nilai anomali regional dari sumber anomali lainnya. Anomali regional mencakup efek dari kondisi geologi secara keseluruhan dan dipengaruhi oleh sumber anomali hingga batuan dasar.

**Analisis Spektrum** diperlukan untuk mendapatkan nilai ( $k$ ) pada perbatasan anomali regional dan residual yang digunakan untuk menghitung lebar jendela ( $n$ ). Nilai ter-

sebut akan digunakan dalam *Moving Average*. Nilai  $k$  dan lebar jendela dihitung menggunakan persamaan yang telah dirumuskan oleh (Telford dkk., 1990; Blakely, 1995).

$$k = \frac{2\pi}{\lambda} \quad (5)$$

$$\lambda = n \cdot dx \quad (6)$$

$$n = \frac{\lambda}{dx} \quad (7)$$

dimana,

$k$  = bilangan gelombang

$\lambda$  = panjang gelombang

$dx$  = lebar grid

$n$  = lebar jendela

Analisis spektrum dilakukan dengan cara membuat *slicing*/profil penampang lintasan yang mewakili area penelitian. Sinyal akan ditransformasikan menjadi beberapa sinyal sinusional dengan frekuensi yang bervariasi melalui transformasi fourier (Sarkowi dkk., 2022). Proses tersebut dilakukan dengan menggunakan software Matlab dan diperoleh spektrum yang menampilkan hubungan  $\ln A$  Amplitudo terhadap bilangan gelombang ( $k$ ). Spektrum tersebut kemudian dibagi dalam tiga zona, yaitu zona regional, residual, dan *noise* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2. Nilai  $k$  merupakan bilangan gelombang pada titik *cut-off*, yaitu pada perbatasan kurva regional dan residual. Estimasi kedalaman setiap zona sumber anomali ditunjukkan oleh regresi linier masing-masing spektrum.

**Moving Average** merupakan metode pemisahan anomali low pass filter yang menapis nilai anomali berfrekuensi tinggi (Sarkowi dkk., 2022). Data SBA difilter berdasarkan nilai lebar jendela ( $n$ ) yang telah diperoleh dari hasil analisis spektrum. Semakin kecil lebar jendela maka nilai anomali regionalnya akan semakin mirip dengan SBA Luaran dari filter *moving average* ini merupakan nilai anomali regional. Berikut merupakan persamaan *moving average* untuk lebar jendela  $n \times n$  (Sarkowi dkk., 2022):

$$\Delta g_{reg} \left[ \frac{n+1}{2}, \frac{n+1}{2} \right] = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \frac{\Delta g(i,j)}{n^2} \quad (8)$$

**Analisis Derivative** dilakukan untuk mengidentifikasi sesar dengan menggunakan data hasil pemisahan anomali, yaitu data anomali regional. Analisa *derivative* ini terdiri dari analisa FHD dan SVD.

**First Horizontal Derivative** atau turunan mendarat pertama adalah gradien horizontal dari nilai anomali gaya berat (Sumintadireja dkk., 2018). Gradien horizontal dari nilai anomali gaya berat menunjukkan batas kontras densitas dari data gravity sehingga dapat diketahui batas struktur di bawah permukaan diketahui. Lokasi patahan ditunjukkan ketika nilai FHD yang berada di nilai maksimum atau mutlak minimum. Turunan horizontal ini dapat dihitung dengan analisis diskrit selisih terpusat seperti persamaan berikut:

$$\frac{\partial g(x,y)}{\partial x} = \frac{g_{i+1,j} - g_{i-1,j}}{2\Delta x} \quad (9)$$

**Tabel 1.** Filter Rosenbach (1953) yang digunakan untuk analisa SVD.

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

Khusus untuk FHD pada data pertama, digunakan persamaan selisih maju:

$$\frac{\partial g(x, y)}{\partial x} = \frac{g_{i+1,j} - g_{i,j}}{\Delta x} \quad (10)$$

Khusus untuk FHD pada data terakhir, digunakan persamaan selisih mundur:

$$\frac{\partial g(x, y)}{\partial x} = \frac{g_{i,j} - g_{i-1,j}}{\Delta x} \quad (11)$$

Proses analisis FHD dilakukan dengan menggunakan software Surfer 14. Dibuat tujuh *slicing* pada data anomali regional di sepanjang garis yang diduga sesar. Dari hasil pengolahan, akan diperoleh nilai anomali regional dan jarak antar titik dari nilai anomali regional.

**Second Vertical Derivative** (SVD) merupakan analisis yang dapat menunjukkan kecenderungan struktur lateral berdasarkan data anomali gaya berat. SVD merupakan metode high pass filter yang sesuai untuk identifikasi mekanisme suatu patahan, apakah patahan tersebut memiliki mekanisme naik, turun, atau geser. Analisis SVD didasarkan pada penurunan persamaan Laplace, bentuk persamannya dijelaskan dalam persamaan (*n*) berikut:

$$\nabla^2 g = \frac{\partial^2 g}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 g}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 g}{\partial z^2} = 0 \quad (12)$$

Sehingga persamaannya menjadi:

$$\frac{\partial^2 g}{\partial x^2} = -\frac{\partial^2 g}{\partial y^2} - \frac{\partial^2 g}{\partial z^2} \quad (13)$$

Terdapat beberapa filter yang dapat digunakan untuk analisis SVD, salah satunya yaitu filter Rosenbach (Rosenbach, 1953). Analisis ini dilakukan dengan menggunakan filter Rosenbach. Matriks koefisien filter Rossenbach dapat dilihat pada Tabel 1.

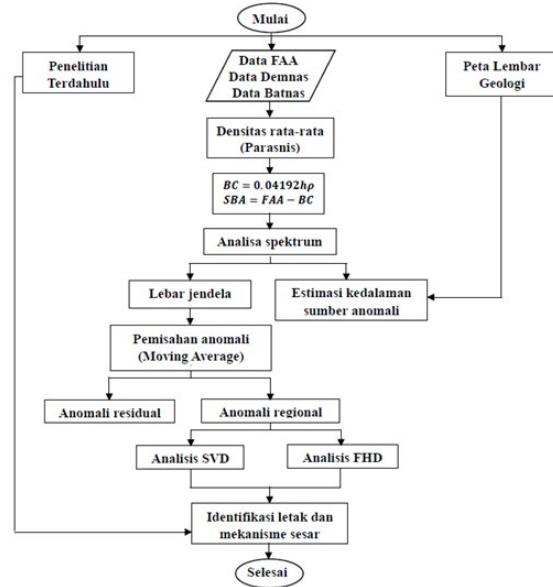
Setelah diperoleh hasil dari analisis SVD, maka dapat ditentukan mekanisme suatu sesar menggunakan kriteria tertentu. Kriteria untuk penentuan mekanisme sesar (Margiono et al., 2021).

$$\left[ \frac{\partial^2 g}{\partial z^2} \right]_{max} > \left[ \frac{\partial^2 g}{\partial z^2} \right]_{min} : \text{adalah sesar turun} \quad (14)$$

$$\left[ \frac{\partial^2 g}{\partial z^2} \right]_{max} < \left[ \frac{\partial^2 g}{\partial z^2} \right]_{min} : \text{adalah sesar naik} \quad (15)$$

$$\left[ \frac{\partial^2 g}{\partial z^2} \right]_{max} \approx \left[ \frac{\partial^2 g}{\partial z^2} \right]_{min} : \text{adalah sesar geser} \quad (16)$$

Setelah mendapatkan hasil SVD dan FHD, kemudian hasil tersebut dibandingkan dengan penelitian dan artikel ilmiah yang membahas mengenai Sesar Musi untuk mendapatkan hasil yang tervalidasi.



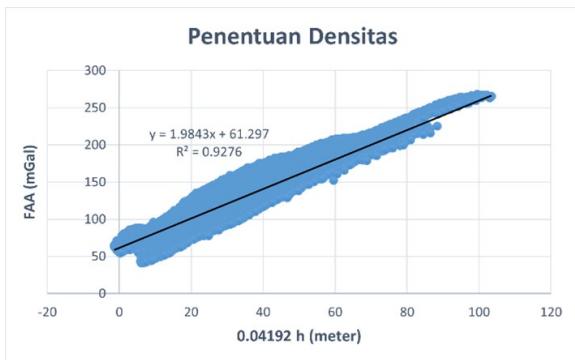
**Gambar 3.** Diagram alir penelitian.

**Alur penelitian** ini dibagi dalam beberapa tahapan dengan menggunakan metode yang telah dijelaskan sebelumnya. Data FAA dan topografi akan diolah menggunakan excel hingga diperoleh densitas dan SBA. Kemudian, nilai SBA diplot dalam software Surfer 14. Setelah itu, dilakukan analisis spektrum menggunakan Matlab R2021a hingga diperoleh spektra yang selanjutnya dibagi dalam 3 kurva menggunakan Excel. Dari analisis spektra yang dilakukan, akan diperoleh nilai lebar jendela dan estimasi kedalaman sumber anomali regional dan residual. Nilai lebar jendela digunakan untuk pemisahan anomali dengan metode *Moving Average* dan menghasilkan anomali regional. Untuk anomali residual, diperoleh dari SBA dikurangi dengan anomali regionalnya. Nilai anomali regional ini yang kemudian digunakan dalam analisis SVD dan FHD hingga nanti diperoleh hasil berupa batas kontras densitas yang merupakan lokasi sesar dan juga akan diketahui mekanisme sesar yang sedang dianalisis. Secara ringkas, tahapan dan urutan penelitian ini dapat dilihat dalam diagram alir penelitian yang ditunjukkan oleh Gambar 3.

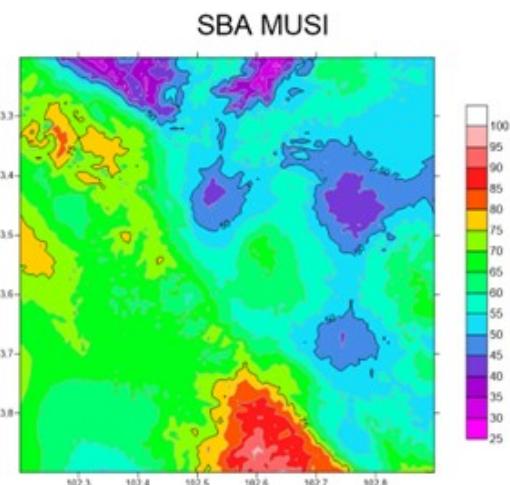
### 3 HASIL DAN DISKUSI

Dengan menggunakan data FAA dan elevasi yang telah disatukan dengan menggunakan QGis, dilakukan proses perhitungan untuk mendapatkan densitas rata-rata batuan. Dari perhitungan Parasnis yang telah dilakukan, didapatkan hasil bahwa densitas rata-rata wilayah penelitian ini adalah 1.98gr/cm<sup>3</sup>. Kurva analisis ditampilkan dalam Gambar 4 yang menunjukkan plot FAA terhadap nilai 0.04192 elevasi. Gradien kurva yang ditunjukkan oleh koefisien *x* merupakan nilai densitas rata-rata batuan di wilayah tersebut. Berdasarkan tabel klasifikasi batuan (Telford dkk., 1990), apabila ditinjau dari densitas rata-ratanya, area tersebut teridentifikasi memiliki struktur batuan sedimen.

Nilai densitas yang telah diketahui digunakan dalam



Gambar 4. Kurva Parasnis yang digunakan untuk menentukan densitas rata-rata batuan di area Sesar Musi.

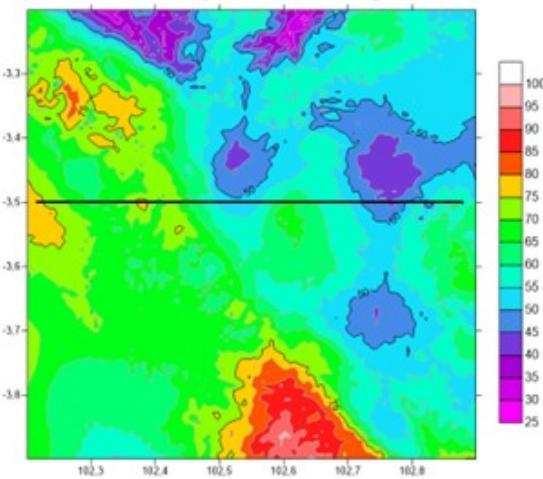


Gambar 5. Plot *Simple Bouguer Anomaly* (SBA) area Sesar Musi yang diperoleh dari pengurangan nilai FAA terhadap *Bouguer Correction*.

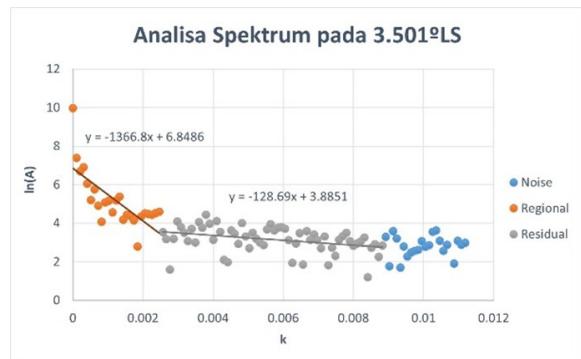
penghitungan *Bouguer Correction* (BC) dan selanjutnya digunakan untuk mengoreksi nilai FAA sehingga diperoleh nilai *Simple Bouguer Anomaly* (SBA). Dengan diterapkannya koreksi bouguer, maka sudah tidak terdapat lagi pengaruh massa dari objek luar di area pengukuran yang menyebabkan nilai gravitasi yang terukur menjadi lebih besar dari seharusnya. Gambar 5 menunjukkan variasi nilai SBA di sekitar Sesar Musi yang ditampilkan menggunakan Surfer. Variasi nilai SBA berkisar antara 26.50926 mGal hingga 98.63443 mGal. Pada Kontur tersebut, tampak bahwa terdapat pola anomali tinggi pada daerah barat laut hingga selatan yang ditandai dengan kontur berwarna oren hingga merah, sedangkan SBA rendah yang ditunjukkan oleh warna ungu ditemukan di bagian utara dan timur. Wilayah dengan pola anomali yang bernilai lebih tinggi tersebut mengindikasikan adanya perbedaan struktur bawah permukaan dimana terdapat distribusi densitas batuan yang lebih tinggi dibandingkan daerah lain.

Hasil SBA di atas masih mengandung anomali yang disebabkan oleh sumber lokal (dangkal) dan sumber regional (dalam). Maka dari itu, perlu dilakukan analisa spektrum yang kemudian dilanjutkan dengan analisis *moving average* untuk memisahkan anomali regional. Analisis spektrum dilakukan pada kontur SBA dengan cara melakukan *slicing*

### Analisa Spektrum dengan SBA



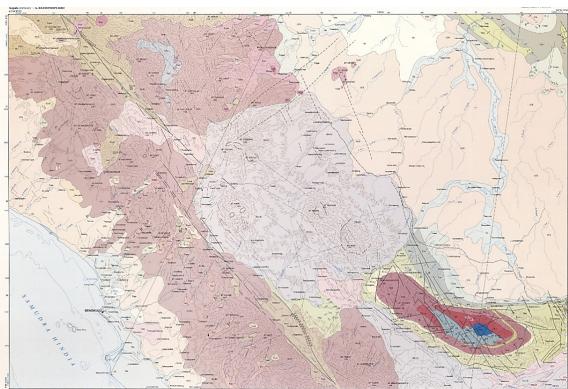
Gambar 6. Kontur SBA yang digunakan untuk analisa spektrum. Garis hitam menunjukkan *slicing* yang dilakukan, yaitu pada 3.5 LS.



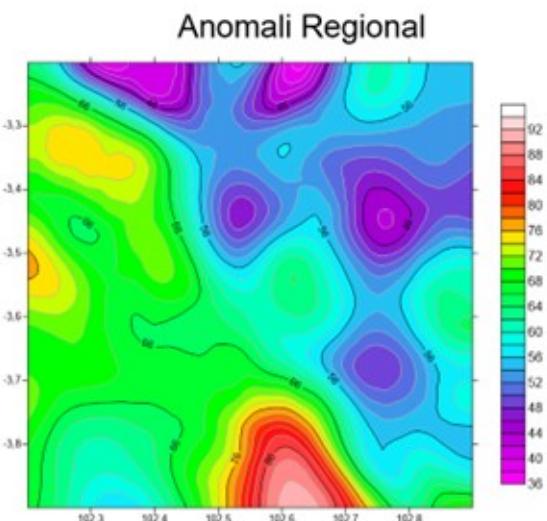
Gambar 7. Plot hasil Analisa spektrum yang menampilkan nilai  $\ln A$  terhadap  $k$ . Gradien kurva regional dan residual menunjukkan nilai estimasi kedalaman zona sumber anomali

di sepanjang garis 3.5 LS seperti yang ditunjukkan Gambar 6. Dari analisis spektrum menggunakan Matlab, dihasilkan spektrum  $\ln A$  terhadap bilangan gelombang  $k$  yang selanjutnya digunakan untuk menentukan kurva kedalaman anomali regional, anomali residual, dan noise seperti yang ditunjukkan Gambar 7. Batas kurva regional dan residual merupakan nilai *cut off* yang selanjutnya digunakan dalam input pemrosesan *Moving Average*. Dengan spasi 1 derajat atau sekitar 222km, diperoleh *cut off* ( $k$ ) senilai 0.002394 dan lebar jendela ( $n$ ) 11. Garis linier pada kurva analisis spektrum ini menunjukkan nilai estimasi kedalaman zona regional yaitu mencapai 1,366.8 meter dan kedalaman zona residualnya mencapai 128.69 meter. Nilai kedalaman zona regional hasil analisis telah sesuai dengan data kedalaman sedimen pada Peta Geologi Lembar Bengkulu (Gambar 8) yang diterbitkan oleh Pusat Survei Geologi yang menyatakan bahwa kedalaman batuan dasar wilayah Bengkulu berkisar 1000m.

Gambar 9 menunjukkan kontur anomali regional hasil pemisahan anomali menggunakan *low pass filter (moving average)*. Filter ini akan menapis anomali dengan frekuensi tinggi sehingga dihasilkan anomali regional yang pada prin-



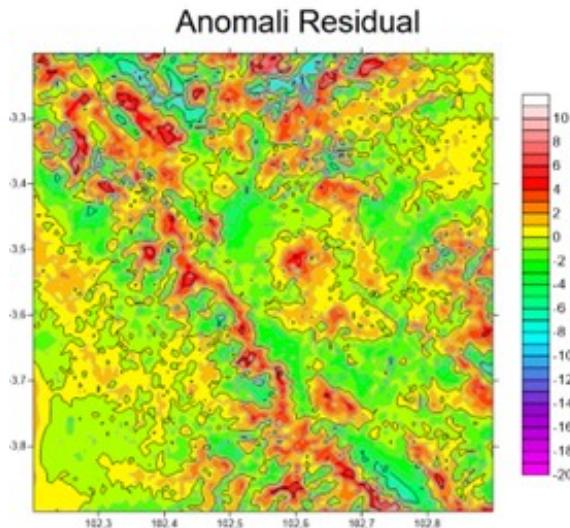
**Gambar 8.** Lembar Geologi Lembar Bengkulu ([Amin dkk., 2007](#)).



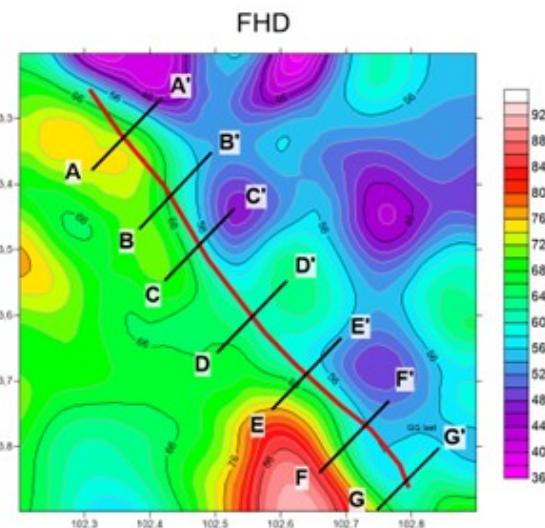
**Gambar 9.** Kontur anomali regional dari hasil pemisahan anomali dengan filter *Moving Average*.

sipnya memiliki frekuensi rendah yang merupakan karakteristik dari anomali yang lebih dalam. Di samping itu, juga dicari nilai anomali residual yang diperoleh dari nilai SBA dikurangi dengan anomali regional hasil *moving average*. Nilai anomali regional berada pada kisaran 36 mGal hingga 92 mGal, sedangkan nilai anomali residual berkisar dari -20 mGal hingga 10 mGal. Nilai anomali regional dengan nilai SBA memiliki perbedaan yang tidak terlalu signifikan. Hal ini menunjukkan bahwa nilai SBA didominasi oleh efek anomali regional, sehingga data yang digunakan untuk analisa *derivative* adalah data anomali regional.

Dari hasil anomali regional yang telah diperoleh, kemudian dilakukan analisis SVD dengan menggunakan matriks filter Rosenbach. SVD dilakukan dengan cara membuat tujuh *slicing* yang tegak lurus garis dugaan sesar seperti yang ditunjukkan Gambar 11. Dari *slicing* yang telah dilakukan, diperoleh nilai koordinat, jarak, dan nilai SVD yang kemudian diplot dalam kurva. Di samping itu, juga dilakukan analisis FHD dengan menurunkan nilai anomali regional. Gambar 12 menunjukkan tujuh *slicing* pada kontur anomali regional yang digunakan untuk analisis FHD. Hasil *slicing*



**Gambar 10.** Kontur anomali residual dari hasil pemisahan anomali dengan filter *Moving Average*.



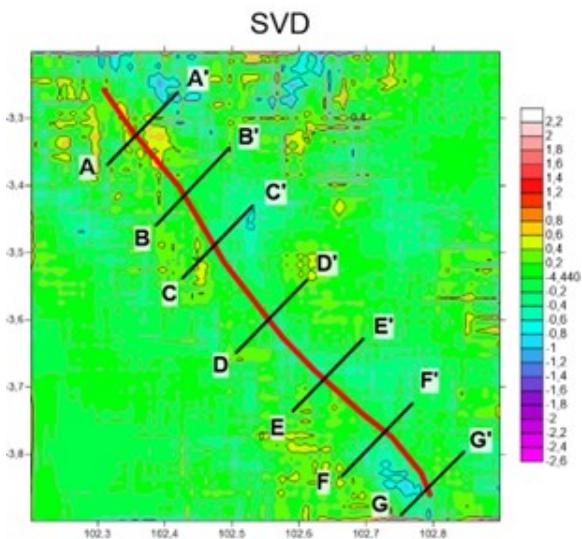
**Gambar 11.** Sayatan pada Kontur anomali regional yang digunakan untuk analisis FHD. Garis merah menunjukkan dugaan sesar, sedangkan garis hitam merupakan tujuh sayatan yang diambil.

ini terdiri dari nilai koordinat, jarak, dan anomali regional di sepanjang *slicing*. Nilai anomali regional tersebut kemudian diturunkan untuk mendapatkan FHD yang dicari.

Data hasil *slicing* pada software Surfer 14 kemudian diolah dalam Excel untuk mendapatkan nilai gambaran kurva dari hasil FHD dan juga SVD. Dari analisis ketujuh sayatan yang dilakukan, diperoleh hasil sebagai berikut:

Gambar 13 di atas merupakan kurva dari slicing SVD dan FHD yang dilakukan. Garis putus-putus berwarna hitam menunjukkan titik keberadaan sesar yang mana ditandai oleh nilai SVD yang bernilai nol dan divalidasi dengan nilai FHD mutlak maksimum. Nilai FHD mutlak maksimum menunjukkan adanya kontras anomali yang tinggi yang mengindikasikan adanya kontak struktur yang berbeda.

Mekanisme sesar ditentukan bedasarkan kriteria penen-



**Gambar 12.** Sayatan pada kontur SVD dengan filter Rosenbach. Garis merah menunjukkan dugaan sesar, sedangkan garis hitam merupakan tujuh sayatan yang diambil.



**Gambar 13.** Kurva hasil analisis SVD dan FHD pada ketujuh sayatan. Garis hitam putus-putus menunjukkan batas kontak yang berada pada saat SVD nol dan FHD mutlak maksimum.

tuan jenis sesar (Margiono dkk., 2022). Tabel 2 menunjukkan perbandingan SVD mutlak minimal dengan SVD maksimal pada sayatan AA' hingga GG'. Tabel tersebut menunjukkan bahwa mekanisme Sesar Musi didominasi oleh sesar geser dan terdapat beberapa titik yang cenderung oblique yaitu pada daerah di sekitar sayatan BB', EE', dan FF'. Hasil akhir analisis menunjukkan bahwa sesar Sumatera se-*gmen* Musi memiliki mekanisme sesar geser. Hal ini sesuai dengan (PUSGEN, 2022) yang menyatakan bahwa, secara



**Gambar 14.** Peta linearitas sesar hasil analisis derivatif. Garis merah menunjukkan pola linearitas sesar yang mengarah barat laut-tenggara.

**Tabel 2.** Nilai SVD mutlak minimum dan maksimum pada ketujuh sayatan yang digunakan untuk menentukan mekanisme sesar hasil analisis.

Sayatan	SVD min	SVD max	Mekanisme Sesar
AA'	0.60779	0.62995	Sesar Geser
BB'	0.21724	0.29785	Sesar Turun
CC'	0.52765	0.51662	Sesar Geser
DD'	0.23359	0.26825	Sesar Geser
EE'	0.37280	0.32449	Sesar Naik
FF'	0.40411	0.36809	Sesar Geser
GG'	0.91325	1.04331	Sesar Geser

umum, Sesar Besar Sumatera memiliki pergerakan *strike slip lateral* arah kanan. Di samping itu, didapatkan pula hasil akhir bahwa lokasi dan kelurusian sesar berarah barat laut – tenggara seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 14. Hasil yang diperoleh ini juga selaras dengan penelitian yang telah dilakukan oleh Ardiansyah dkk yang menyatakan bahwa Sesar Musi memiliki orientasi barat daya - tenggara.

#### 4 KESIMPULAN

Berdasarkan perhitungan metode Paraspnis, diperoleh nilai densitas rata-rata wilayah penelitian sebesar  $1.98 \text{ gr/cm}^3$ . Variasi nilai SBA di daerah Sesar Musi berada pada kisaran  $26.50 \text{ mGal}$  hingga  $98.63 \text{ mGal}$ . Nilai anomali regional berkisar antara  $36 \text{ mGal}$  hingga  $92 \text{ mGal}$ , sedangkan anomali residual menunjukkan rentang  $-20 \text{ mGal}$  hingga  $10 \text{ mGal}$ . Hasil analisis spektrum terhadap data SBA dengan lebar jendela 11 menunjukkan estimasi kedalaman zona regional mencapai  $1,366.8 \text{ meter}$ , sementara kedalaman zona residual mencapai  $128.69 \text{ meter}$ . Nilai kedalaman zona regional tersebut

but konsisten dengan data kedalaman sedimen yang tercantum pada Peta Geologi Lembar Bengkulu. Lebih lanjut, hasil interpretasi menggunakan metode SVD dan FHD mengindikasikan bahwa mekanisme Sesar Musi didominasi oleh sesar geser (*strike-slip*), dengan beberapa segmen yang menunjukkan kecenderungan *oblique*, khususnya pada daerah sekitar sayatan BB', EE', dan FF'. Selain itu, hasil analisis juga menunjukkan bahwa lokasi serta kelurusian sesar berorientasi barat laut–tenggara. Temuan ini diperkuat dengan adanya konsistensi terhadap hasil penelitian terdahulu.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih diberikan kepada California Institute of Technology yang telah menyediakan data GGMplus (Global Gravity Model plus). Serta ucapan terima kasih kepada semua pihak sudah membantu dalam proses pengolahan data.

## Pustaka

- Alif, S., Ardiansyah, M., Nuha, M. Lujainatul Isnaini, E. (2022): Segmentasi sesar semangko timur menggunakan pengukuran fotogrametri. *JRST (Jurnal Riset Sains dan Teknologi)*, **6**, 23–31, doi:[10.30595/jrst.v6i1.10769](https://doi.org/10.30595/jrst.v6i1.10769).
- Amin, T., Pardede, R., Amin, T. Gafur, S. (2007): Peta geologi lembar bengkulu, sumatera: Geological map of the bengkulu quadrangle, sumatera.
- Blakely, R.J. (1995): Potential Theory in Gravity and Magnetic Applications. Cambridge University Press.
- Hidayat, W. Giamboro, W. (2019): Analisis continuous wavelet transform (cwt) anomali residual medan gravitasi di situs geologi karangsambung kebumen jawa tengah. *Jurnal Mineral, Energi dan Lingkungan*, **2**, 61, doi:[10.31315/jmel.v2i2.2368](https://doi.org/10.31315/jmel.v2i2.2368).
- Hurukawa, N., Wulandari, B.R. Kasahara, M. (2014): Earthquake history of the sumatran fault, indonesia, since 1892, derived from relocation of large earthquakes. *Bulletin of the Seismological Society of America*, **104**(4), 1750–1762, ISSN 0037-1106, doi:[10.1785/0120130201](https://doi.org/10.1785/0120130201).
- Lubis, A., Butarbutar, D., Suhendra, S. Samdara, R. (2019): Investigasi sudut pergerakan sesar di segmen musi kepahiang dengan menggunakan metode geolistrik. *Jurnal Meteorologi dan Geofisika*, **20**(2), 67–72.
- Margiono, R., Novitri, A., Pevriadi, A. Zakariya, H. (2022): Analisis data gravitasi untuk identifikasi sesar lokal penyebab gempabumi di wilayah barat daya sumba indonesia. *Jurnal Meteorologi dan Geofisika*, **22**(2), 67–73.
- Mase, L.Z., Refrizon, R., Pakpahan, N.S., Shelina, A., Wu, J. Chaiyaput, S. (2024): Site characteristics of musi fault zone in kepahiang urban area, bengkulu province, indonesia. *Transportation Infrastructure Geotechnology*, **11**(4), 2453–2482, ISSN 2196-7210, doi:[10.1007/s40515-024-00375-w](https://doi.org/10.1007/s40515-024-00375-w).
- Natawidjaja, D.H. (2018): Updating active fault maps and sliprates along the sumatran fault zone, indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, **118**(1), 012001, doi:[10.1088/1755-1315/118/1/012001](https://doi.org/10.1088/1755-1315/118/1/012001).
- Novianto, A., Hidayat, W. Bintarto, B. (2025): Interception of meratus and java trends structures as controlling the emergence of the purwodadi mud volcano complex. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, **1458**(1), 012018, doi:[10.1088/1755-1315/1458/1/012018](https://doi.org/10.1088/1755-1315/1458/1/012018).
- PUSGEN (2022): Peta Deagregasi Bahaya Gempa Indonesia untuk Perencanaan dan Evaluasi Infrastruktur Tahan Gempa. Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, Bandung, ISBN 978-602-5489-44-0.
- Rivandi, A., Destawan, R., Fajri, Z.R. Hidayat, W. (2016): 3d geothermal modelling using gravity survey on dolok marawa, simalungun district, north sumatera. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, **29**(1), 012011, doi:[10.1088/1755-1315/29/1/012011](https://doi.org/10.1088/1755-1315/29/1/012011).
- Rosenbach, O. (1953): A contribution to the computation of the second derivative from gravity data. *Geophysics*, **18**(4), 894–907, doi:[10.1190/1.1437943](https://doi.org/10.1190/1.1437943).
- Sarkowi, M., Wibowo, R. Yogi, I. (2022): Potensi gempabumi di sepanjang sesar semangko segmen lampung. *Jurnal Teknologi dan Inovasi Industri*, **3**(2), 27–33, ISSN 2722-018.
- Sumintadireja, P., Dahrin, D. Grandis, H. (2018): A note on the use of the second vertical derivative (svd) of gravity data with reference to indonesian cases. *Journal of Engineering and Technological Sciences*, **50**(1), 127–139, doi:[10.5614/j.eng.technol.sci.2018.50.1.9](https://doi.org/10.5614/j.eng.technol.sci.2018.50.1.9).
- Telford, W.M., Geldart, L.P. Sheriff, R.E. (1990): Applied Geophysics. Cambridge University Press, 2nd edn.