

Identifikasi Struktur Bawah Permukaan Sesar Besar Sumatera Segmen Dikit Berdasarkan Analisis *First Horizontal Derivative* (FHD), *Second Vertical Derivative* (SVD) dan *Forward Modelling* 2D Data Anomali Gaya Berat

Shelya Trya Rinanda¹

¹Program Studi Geofisika, Sekolah Tinggi Meteorologi Klimatologi dan Geofisika
Jalan Meteorologi 5, Kel. Tanah Tinggi, Kec. Tangerang, Kota Tangerang, Banten, 15119
*Email: shelya.trya@gmail.com

Submit: 2 Agustus 2024; Revised: 11 September 2024; Accepted: 9 Desember 2024

Abstrak: Segmen Dikit memiliki panjang sebesar 66.19067 km, terletak pada koordinat $2.291^{\circ} - 2.748^{\circ}$ LS dan $101.155^{\circ} - 101.599^{\circ}$ BT. Salah satu metode Geofisika yang efektif untuk mengenali keberadaan sesar adalah metode gaya berat. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pola persebaran anomali gaya berat serta untuk mengidentifikasi struktur bawah permukaan di wilayah segmen Dikit dengan mengambil data anomali gaya berat GGMPPlus. Berdasarkan nilai anomali Bouguernya, anomali tinggi di daerah ini dikontrol oleh keberadaan batuan metamorf di sekitar wilayah penelitian. Sedangkan anomali Bouguer rendah disebabkan adanya zona lemah di sekitar wilayah Gunung Masurai yang dipicu oleh aktivitas panas bumi pada wilayah tersebut. Pemisahan anomali regional dan residual menggunakan moving average dengan mengambil nilai rata-rata bilangan gelombang *cut-off* dari hasil analisis spektrum. Berdasarkan hasil analisis nilai FHD dan SVD, telah teridentifikasi bahwa segmen Dikit memiliki mekanisme *strike-slip* manganan yang memanjang dari Baratlaut ke Tenggara. *Forward modelling* dilakukan menggunakan *software* Grav2DC untuk memetakan struktur bawah permukaan di wilayah penelitian.

Kata kunci: Segmen Dikit, gaya berat, GGMPPlus, FHD, SVD, *forward modelling*.

Abstract: The Dikit segment has a length of 66.19067 km, located at coordinates $2.291^{\circ} - 2.748^{\circ}$ N and $101.155^{\circ} - 101.599^{\circ}$ E. This segment shows tectonic activity with a slip rate of 9-11 mm/year. One of the effective Geophysical methods to recognise the presence of faults is the gravity method. The purpose of this study is to determine the distribution pattern of heavy force anomalies and to identify subsurface structures in the Dikit segment area by taking GGMPPlus heavy force anomaly data. Based on the Bouguer anomaly value, the high anomaly in this area is controlled by the presence of metamorphic rocks around the study area. Meanwhile, the low Bouguer anomaly is due to the presence of a weak zone around the Gunung Masurai area triggered by geothermal activity in the area. The separation of regional and residual anomalies uses a moving average by taking the average value of the cut-off wave number from the results of the spectrum analysis. Based on the analysis

of FHD and SVD values, it has been identified that the Dikit segment has a right strike-slip mechanism that extends from northwest to southeast. Forward modelling was carried out using Grav2DC software to map the subsurface structure in the study area.

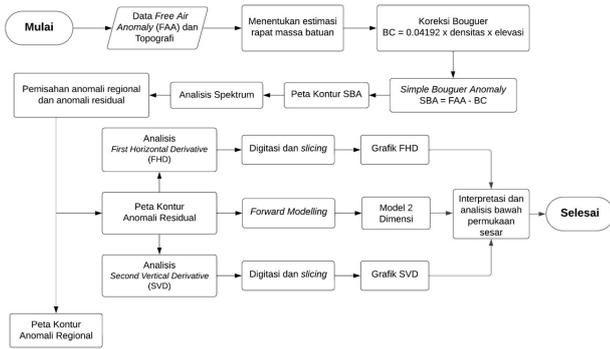
Keywords: Dikit segment, gravity, GGMPPlus, FHD, SVD, forward modeling

1 PENDAHULUAN

Segmen Dikit memiliki panjang sebesar 66.19067 km, terletak pada koordinat $2.291^{\circ} - 2.748^{\circ}$ LS dan $101.155^{\circ} - 101.599^{\circ}$ BT melewati dua provinsi yaitu Bengkulu dan Jambi (Kurniawan dkk., 2016). Segmen ini menunjukkan aktivitas tektonik dengan slip rate sebesar 9-11 mm/tahun. Kondisi ini tidak hanya menggambarkan dimensi geografis segmen tersebut, tetapi juga memiliki implikasi signifikan terkait dengan aktivitas seismik di wilayah tersebut. Salah satu dampaknya adalah peran segmen Dikit s penyebab gempa. Terdapat beberapa gempa yang terjadi di wilayah sekitar segmen Dikit salah satunya adalah Gempabumi Jambi pada tanggal 1 Oktober 2009 dengan Mw 6.4 (Madlazim, 2013).

Metode geofisika merupakan suatu pendekatan yang memanfaatkan sifat-sifat fisis batuan guna mengidentifikasi struktur bawah permukaan. Metode geofisika dapat digunakan untuk mempelajari sesar. Salah satu metode Geofisika yang efektif untuk mengenali keberadaan sesar adalah metode gaya berat. Metode gaya berat dilakukan berdasarkan pada pengukuran variasi medan gravitasi yang muncul akibat perbedaan densitas batuan di bawah permukaan. Metode ini terbukti efektif karena dapat mengidentifikasi kontras densitas batuan yang ada sehingga dapat mengidentifikasi keberadaan sesar.

Pada penelitian ini dilakukan interpretasi secara kuantitatif dan kualitatif. Interpretasi kuantitatif dilakukan dengan menggunakan analisis derivatif meliputi *First Horizontal Derivative* (FHD) dan *Second Vertical Derivative* (SVD) serta analisis spektrum untuk mengetahui batas kontak antar batuan serta estimasi kedalaman anomali gaya berat.



Gambar 1. Diagram alir penelitian.

Interpretasi kualitatif dilakukan dengan melakukan forward modelling yang menghasilkan model 2D dari lapisan bawah permukaan sesar. Kedua interpretasi tersebut dapat mengidentifikasi keberadaan, batas, serta struktur sesar pada daerah penelitian.

2 DATA DAN METODE

Penelitian dilakukan pada wilayah di sekitar segmen Dikit dengan batas wilayah 2.25° - 2.8° LS dan 101.5° - 102° BT. Data penelitian yang digunakan merupakan data sekunder dari satelit gravitasi GGMPlus yang didapatkan melalui laman <https://murraylab.caltech.edu/GGMplus/index.html>. Data yang didapatkan berupa koordinat pengukuran dalam derajat dan nilai *Free Air Anomaly* (FAA) dengan spasi grid antar titik ~ 200 m. Data elevasi diperlukan dalam perhitungan nilai koreksi Bouguer yang diunduh melalui laman <https://tanahair.indonesia.go.id/demnas/#/demnas>.

2.1 Anomali Bouguer

Perbedaan nilai gaya berat yang terukur dengan nilai acuan disebut Anomali Bouguer, dan selisih ini mencerminkan perbedaan rapat massa suatu daerah dengan lingkungannya, baik secara vertikal maupun lateral. Setelah melakukan koreksi pada data percepatan gravitasi, diperoleh persamaan untuk Anomali Bouguer sederhana sebagaimana tercantum dalam persamaan 1 (Lestari dan Sarkowi, 2013).

$$BC = 0.04192 \cdot \rho \cdot h \quad (1)$$

$$SBA = FAA - BC \quad (2)$$

2.2 Analisis Spektrum

Analisis spektrum dimaksudkan untuk mengevaluasi lebar jendela dan memperkirakan kedalaman dari anomali gaya berat. Selain itu, analisis spektrum juga bermanfaat untuk membandingkan respons spektrum dari berbagai metode penyaringan. Proses analisis spektrum melibatkan transformasi Fourier lintasan yang telah ditentukan (Blakely, 1995). Hasil dari transformasi ini mencakup spektrum amplitudo

dan spektrum fase, yang dapat digunakan untuk mengestimasi kedalaman dengan memperkirakan nilai bilangan gelombang (k) dan amplitudo (A). Informasi ini berguna untuk menghitung lebar jendela filter dan menjadi input dalam proses filter, pemisahan anomali regional, dan anomali residual (Sarkowi, 2014).

2.3 Moving Average

Moving Average adalah suatu metode *filtering* yang apabila dianalisis melalui spektrumnya menunjukkan kesamaan dengan *low pass filter*. Sehingga hasil dari proses ini adalah frekuensi rendah dari anomali Bouguer yang lebih dalam merepresentasikan kedalaman (regional). Sifat frekuensi rendah ini memungkinkan penetrasi yang lebih mendalam. Proses selanjutnya melibatkan perolehan anomali residual dengan melakukan pengurangan antara anomali regional dan anomali Bouguer (Abdelrahman dan El-Araby, 1996).

Persamaan *moving average* dengan lebar jendela $N \times N$ adalah:

$$\Delta g_{regional} = \left(\frac{N+1}{2}, \frac{N+1}{2} \right) = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N \frac{\Delta g(i, j)}{N^2} \quad (3)$$

Perhitungan anomali residualnya adalah sebagai berikut:

$$\Delta g_{residual}(i, j) = \Delta g(i, j) - \Delta g_{regional}(i, j) \quad (4)$$

Penentuan lebar window diperoleh dari:

$$N = \frac{2\pi}{\Delta S \cdot k_{cutoff}} \quad (5)$$

dimana ΔS adalah spasi grid dan k_{cutoff} adalah frekuensi *cutoff* anomali regional dan residual.

Dilihat dari karakteristik spektrum filternya, lebar jendela $N \times N$ memiliki hubungan langsung dengan *low cut* dari panjang gelombang atau *high cut* frekuensi spasial dari filter *low-pass*. Oleh karena itu, semakin besar lebar jendela, panjang gelombang regional akan semakin meningkat. Secara sederhana, semakin kecil lebar jendela akan mengakibatkan nilai regional mendekati nilai anomali Bouguer yang sebenarnya (Sarkowi, 2014).

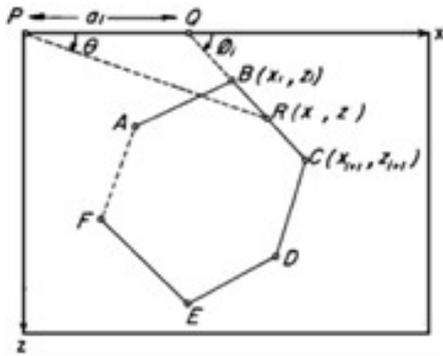
2.4 First Horizontal Derivative (FHD)

Menurut El Fatih (2020), *First Horizontal Derivative* (FHD) adalah metode analisis turunan yang digunakan untuk mengidentifikasi lokasi batas kontras densitas secara horizontal dari data gaya berat. Pada dasarnya, anomali gaya berat yang dihasilkan oleh suatu benda cenderung menunjukkan tepi dari benda tersebut. Dalam konteks matematis, persamaan untuk FHD dapat diungkapkan sebagai berikut:

$$\frac{dg(x_2)}{dx} \approx \frac{g(x_3) - g(x_1)}{2 \cdot \Delta x} \quad (6)$$

2.5 Second Vertical Derivative (SVD)

Pendekatan SVD digunakan untuk mengevaluasi anomali secara vertikal melalui turunan kedua terhadap sumbu z . Metode ini memiliki fungsi sebagai *high pass filter* untuk mendapatkan data residual yang dapat mengidentifikasi jenis mekanisme sesar, seperti sesar normal, sesar naik, atau



Gambar 2. Elemen Geometri yang berkaitan dengan gaya gravitasi dari poligon dengan n -sisi (Talwani dkk., 1959)

sesar geser (Hartati, 2016). Perhitungan SVD didasarkan pada turunan persamaan Laplace, sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \nabla^2 &= 0 \\ \frac{\partial^2 g}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 g}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 g}{\partial z^2} &= 0 \\ \frac{\partial^2 g}{\partial z^2} &= - \left(\frac{\partial^2 g}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 g}{\partial y^2} \right) \end{aligned} \quad (7)$$

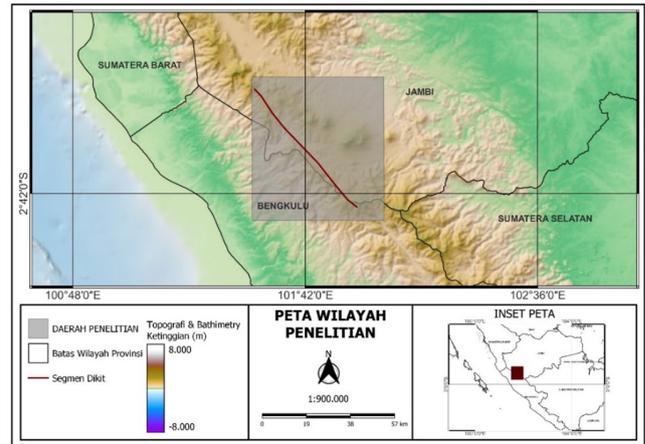
Dalam menganalisis struktur peta SVD, dilakukan dengan membuat suatu sayatan. Setelah diambil sayatan, kita dapat mengidentifikasi jenis sesar dari profil potongan lintasan yang kita prediksi akan tegak lurus dengan struktur geologi. Setelah itu akan diperoleh nilai maksimum dan minimum SVD (Bosy, 2016). Kriteria penentuan jenis sesar dalam metode SVD adalah sebagai berikut (Fitriani dkk., 2020).

- $\left| \frac{\partial^2 \Delta g}{\partial z^2} \right|_{\max} > \left| \frac{\partial^2 \Delta g}{\partial z^2} \right|_{\min}$ untuk sesar normal/turun
- $\left| \frac{\partial^2 \Delta g}{\partial z^2} \right|_{\max} < \left| \frac{\partial^2 \Delta g}{\partial z^2} \right|_{\min}$ untuk sesar naik
- $\left| \frac{\partial^2 \Delta g}{\partial z^2} \right|_{\max} \approx \left| \frac{\partial^2 \Delta g}{\partial z^2} \right|_{\min}$ untuk sesar geser

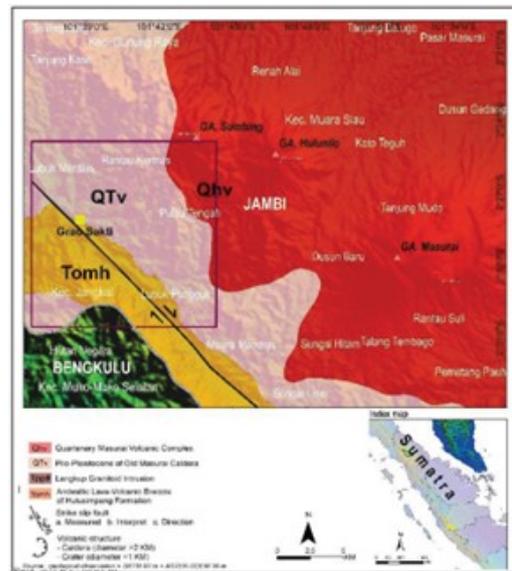
2.6 Forward Modeling

Forward Modelling atau pemodelan kedepan merupakan langkah perhitungan data yang dihasilkan dari teori yang akan diamati di permukaan bumi ketika parameter model telah diketahui. Dalam tahap interpretasi, upaya dilakukan untuk menemukan model yang memberikan respons yang sesuai dan cocok dengan data pengamatan atau data lapangan. Hal ini bertujuan agar model yang dihasilkan dapat mencerminkan atau mendekati kondisi sebenarnya. Biasanya istilah forward modelling kerap digunakan dalam konteks trial and error yang melibatkan serangkaian percobaan untuk mencapai kesesuaian antara data teoritis dan data lapangan. Proses trial and error diharapkan dapat menghasilkan model yang responsnya sesuai dengan data yang ada (Grandis, 2009).

Proses forward modelling bertujuan untuk mengestimasi dampak dari model distribusi massa bawah permukaan yang memiliki penampang sembarang, dapat direpresentasikan oleh suatu poligon dengan n -sisi. Pendekatan ini diungkapkan dalam bentuk integral sepanjang sisi-sisi poligon (Talwani dkk., 1959).



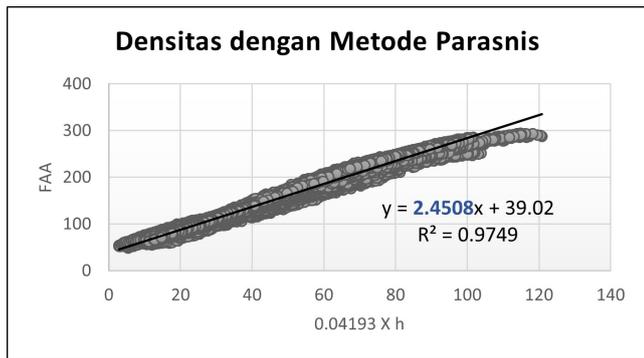
Gambar 3. Peta wilayah penelitian.



Gambar 4. Peta Geologi di sekitar wilayah Segmen Dikit (Kusnana dkk., 1993)

3 HASIL DAN PEMBAHASAN

Segmen Dikit terbentuk melalui cekungan patahan yang mencakup patahan Dikit dan lembah struktural yang sempit. Cekungan ini menampilkan sesar en-echelon dengan orientasi yang relatif serupa, memotong formasi tua seperti Formasi Hulusimpang Oligo-Miosen, Granitoid Langkap Pliosen, dan dipengaruhi oleh keberadaan produk Kaldera Masurai Tua yang berasal dari zaman Plio-Pleistosen. Batas segmen Dikit dibentuk oleh keberadaan litologi tersebut. Lembah struktural segmen Dikit terdiri dari ketidakselarasan produk Kaldera Masurai Tua dari zaman Plio-Pleistosen dan batas struktural dengan Formasi Hulusimpang yang berumur Oligo-Miosen. Segmen Dikit dan manifestasi fitur panas bumi merupakan bagian dari produk Masurai Volcanic Complex dari letusan paling muda dan paling tua. Masurai Volcanic Complex termasuk gunung berapi tipe B dan juga termasuk dalam kategori Gunung Api Kuarter yang tidak aktif (Utama dkk., 2021).



Gambar 5. Densitas rata-rata dengan metode Parasnis

3.1 Densitas

Salah satu metode yang digunakan untuk menentukan densitas rata-rata batuan dalam metode gaya berat adalah dengan menggunakan metode Parasnis. Metode ini menggunakan persamaan regresi linear $y = mx + c$. Dalam metode ini, sumbu y diperoleh dari nilai FAA sedangkan sumbu x diperoleh dari hasil $h \times 0,04192$. Densitas rata-rata daerah penelitian didapat dari nilai gradien garis pada grafik. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa densitas rata-rata batuan dengan metode Parasnis adalah 2,4508 gr/cm³. Dengan nilai densitas tersebut, dapat diketahui bahwa batuan yang membentuk segmen Dikit merupakan jenis batuan sedimen. Nilai densitas ini akan digunakan dalam perhitungan koreksi Bouguer.

3.2 Anomali Bouguer

Nilai densitas dimanfaatkan untuk melakukan perhitungan koreksi Bouguer (BC). Koreksi Bouguer bertujuan untuk mengeliminasi pengaruh massa di antara stasiun pengukuran dengan bidang datum. Nilai FAA disesuaikan dengan koreksi Bouguer untuk mendapatkan nilai Anomali Bouguer Sederhana (SBA). Nilai SBA tersebut kemudian dipetakan menggunakan perangkat lunak Surfer 14 dan hasilnya dapat dilihat pada Gambar 6.

Pada Gambar 6, terlihat nilai anomali Bouguer sederhana sebagai ukuran gravitasi absolut pada setiap titik pengukuran. Rentang nilai ini bervariasi antara 2 hingga 62 mGal dalam penelitian ini. Hasil tersebut mencerminkan respons terhadap variasi rapat massa batuan di wilayah penelitian. Nilai anomali dibagi menjadi tiga kategori, yaitu anomali rendah, sedang, dan tinggi. Anomali rendah, ditandai dengan interval warna dari biru tua hingga biru muda memiliki rentang nilai antara 2 hingga 18 mGal, dominan berada di bagian Barat Laut wilayah penelitian. Daerah seperti Danau Merah Tanjung Berugo, Gunung Masurai, Gunung Sumbing, dan Gunung Hulu Nilo juga menunjukkan anomali rendah. Anomali sedang ditandai dengan warna hijau hingga kuning memiliki rentang nilai antara 22 hingga 38 mGal, mendominasi sebagian besar wilayah Selatan, Barat, dan Utara penelitian. Sementara itu anomali tinggi yang ditunjukkan oleh warna kuning tua hingga merah gelap memiliki rentang nilai antara 42 hingga 62 mGal dan mendominasi wilayah Tenggara dan Baratdaya penelitian. Pada wilayah sekitar garis segmen Dikit juga memperlihatkan kontras

Tabel 1. Variasi nilai densitas batuan (Telford dkk., 1990)

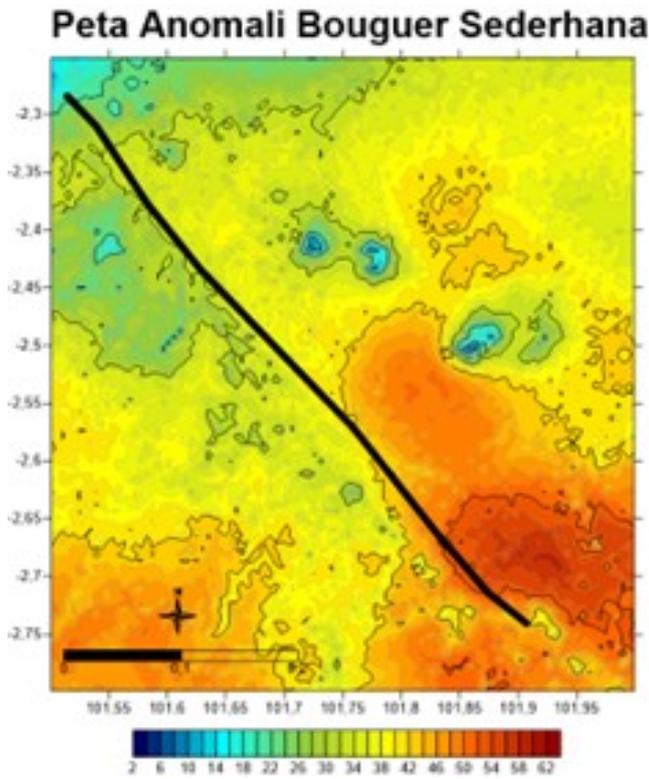
Jenis batuan	Rentang Densitas (gr/m ³)	Rata-rata Densitas (gr/m ³)
Batuan Sedimen		
<i>glacier ice</i>	0.88-0.92	0.9
<i>soil</i>	1.20-2.40	1.92
<i>loess</i>	1.40-1.93	1.64
<i>clay</i>	1.63-2.60	2.21
<i>gravel</i>	1.70-2.40	2
<i>sand</i>	1.70-2.30	2
<i>silt</i>	1.80-2.20	1.93
<i>sandstone</i>	1.61-2.76	2.35
<i>alluvium</i>	1.96-2.00	1.98
<i>dolomite</i>	2.28-2.90	2.7
<i>limestone</i>	1.93-2.90	2.55
<i>shale</i>	1.77-3.20	2.24
<i>halite</i>	2.10-2.60	2.22
<i>chalk</i>	1.53-2.60	2.01
Batuan Beku		
rhyolite	2.35-2.70	2.52
granite	2.50-2.81	2.64
andesite	2.40-2.80	2.61
syenite	2.60-2.95	2.77
basalt	2.70-3.30	2.99
gabbro	2.70-3.50	3.03
Batuan Metamorf		
schist	2.39-2.90	2.64
granuitle	2.52-2.73	2.65
phyllite	2.68-2.80	2.74
slate	2.70-2.90	2.79
gneiss	2.59-3.0	2.8
amphibolite	2.90-3.04	2.96
eclogite	3.20-3.54	3.37

densitas yang cukup signifikan yang mengindikasikan adanya sesar.

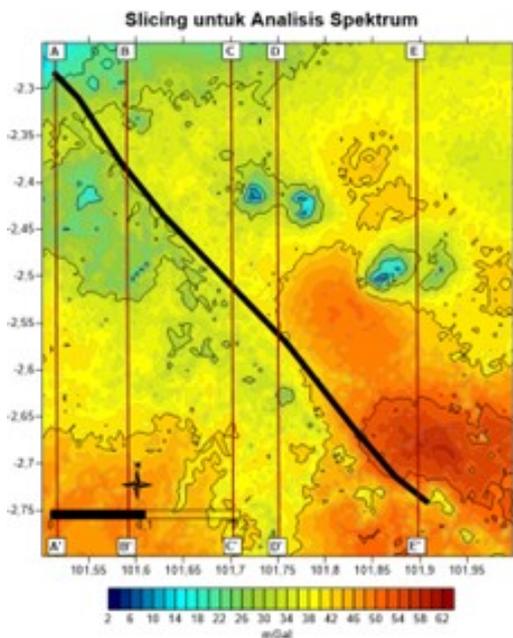
3.3 Analisis Spektrum

Dalam analisis spektrum, dibuat lima slicing (Gambar 7) dengan menggunakan line A-A', line B-B', line C-C', line D-D', dan line E-E'. Pembagian data ini cukup merepresentasikan kondisi di wilayah penelitian. Transformasi Fourier merubah sinyal menjadi kombinasi beberapa sinyal sinusoidal dengan frekuensi berbeda (Sarkowi, 2014). Scatter plot antara bilangan gelombang (k) dan amplitudo (A) digunakan untuk menganalisis spektrum hasil transformasi Fourier dari setiap data slicing anomali gaya berat. Pada grafik tersebut, nilai $kcut - off$ menandai pertemuan fungsi linier antara komponen regional dan residual yang nantinya digunakan untuk menentukan lebar jendela dalam pemisahan anomali gaya berat. Hubungan antara amplitudo dan bilangan gelombang bersifat linier dengan gradien yang berbeda, tergambar dalam persamaan garis lurus pada spektrum regional (titik-titik kuning), residual (titik-titik hijau), dan noise (titik-titik coklat). Perpotongan garis pada batas anomali regional-residual dan residual-noise membentuk bilangan gelombang $cut - off$ ($kcut - off$). Pada line B-B', line C-C', dan line D-D' terlihat memiliki gradien yang relatif rendah dibandingkan dengan line lainnya, yang kemungkinan besar dipengaruhi oleh arah anomali gaya berat positif.

Pada Tabel 2 menggambarkan kedalaman pengaruh res-

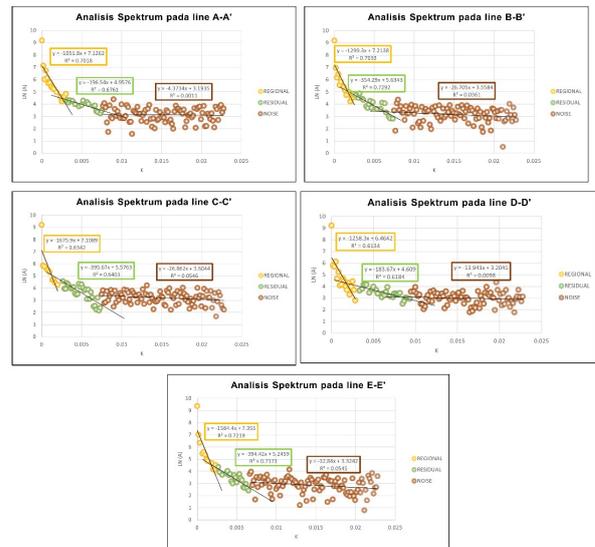


Gambar 6. Peta anomali bouguer sederhana.



Gambar 7. Slicing untuk analisis spektrum.

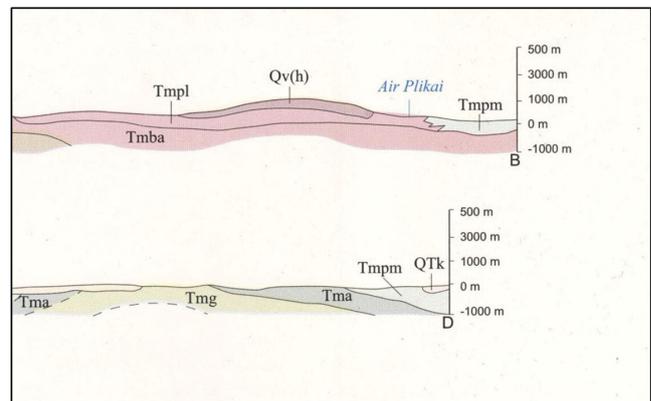
pons anomali pada tingkat regional dan residual. Pada anomali residual, respons anomali pada setiap garis memiliki kedalaman yang bervariasi yakni dengan rentang 180 - 300 m. Sedangkan pada anomali regional memperlihatkan kedalaman yang hampir sama yaitu sekitar +1000 m. Kedalaman ini dikonfirmasi melalui peta geologi lembar Bengkulu (Gambar 9) yang merupakan daerah penelitian menunjukkan



Gambar 8. Analisis spektrum pada tiap-tiap line.

Tabel 2. Kedalaman anomali regional dan residual.

Line	Kedalaman	
	Regional (m)	Residual (m)
A-A'	1051.8	196.54
B-B'	1299.3	354.29
C-C'	1675.9	395.67
D-D'	1258.3	183.67
E-E'	1584.4	394.42
Rata-rata	1373.9	304.921



Gambar 9. Kedalaman regional berdasarkan peta geologi lembar Bengkulu (Gafoer dkk., 2007)

an kedalaman sekitar 1000 m. Dari analisis spektrum, dapat diketahui rata-rata kedalaman anomali regional yaitu 1373,9 m dan rata-rata kedalaman anomali residual yaitu 304,92 m.

Pada Tabel 3 menyajikan hasil analisis spektrum termasuk nilai k cut-off dan panjang gelombang (λ) yang menjadi parameter referensi dalam proses pemisahan anomali regional dan residual. Nilai rata-rata k cut-off adalah 0.00169 yang nantinya berguna untuk menentukan lebar window yang akan digunakan dalam pemisahan anomali regional dan

Tabel 3. Nilai $k_{cut-off}$ dan panjang lintasan survei penelitian gaya berat

Line	$k_{(cut-off)}$ (cycle/m)	λ (m)
A-A'	0.00254	2476.728
B-B'	0.00122	5143.539
C-C'	0.00120	5245.886
D-D'	0.00173	3637.708
E-E'	0.00177	3543.253
Rata-rata	0.00169	3960.34

Tabel 4. Bilangan gelombang $k_{cut-off}$ dan lebar jendela (N)

Line	$k_{(cut-off)}$ (cycle/m)	N (lebar jendela)
A-A'	0.00254	11.1428
B-B'	0.00122	23.1989
C-C'	0.00120	23.5855
D-D'	0.00173	16.3599
E-E'	0.00177	15.9902
Rata-rata	0.00169	16.7471

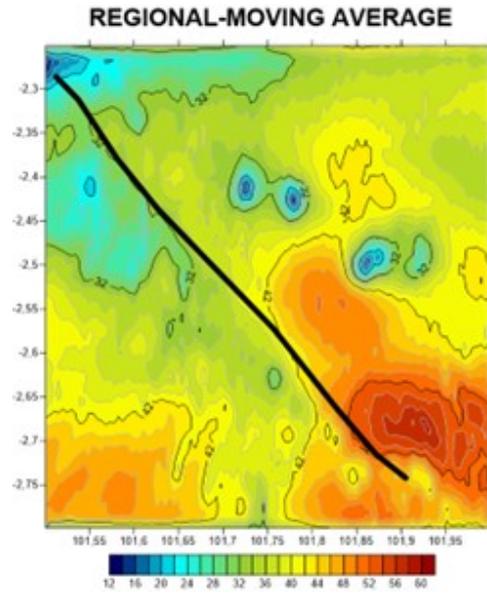
residual menggunakan metode *moving average*. Bilangan gelombang ini juga digunakan untuk menghitung panjang gelombang rata-rata anomali gaya berat di daerah penelitian, yakni sekitar 3960,4 m.

3.4 Moving Average

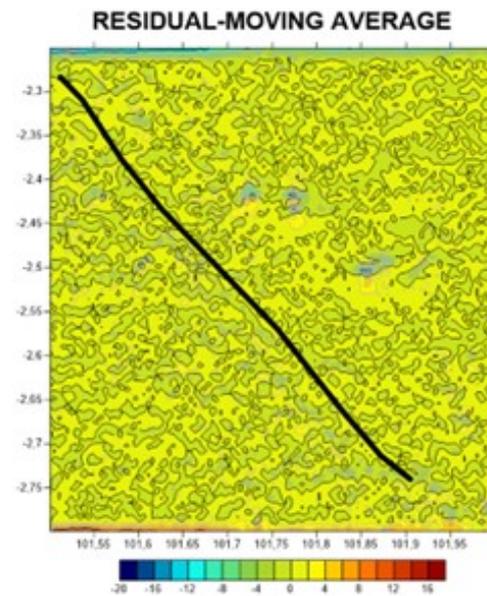
Pemisahan anomali regional dan residual menggunakan metode *moving average* menggunakan estimasi lebar jendela yang diperoleh dari hasil analisis spektrum. Rata-rata nilai $K_{cut-off}$ yang didapatkan dari lima sayatan adalah 0,00169 (Tabel 4). Dari nilai tersebut kemudian dilakukan perhitungan estimasi lebar jendela sebagai input dalam metode *moving average*. Kemudian diperoleh nilai rata-rata N dari kelima sayatan yaitu 16,7471.

Anomali regional ialah anomali gaya berat yang berkaitan dengan struktur regional kerak bumi secara regional. Gambar 10 menunjukkan bahwa anomali regional di daerah penelitian bervariasi antara 12 mGal hingga 60 mGal. Pola anomali regional menunjukkan nilai yang tinggi di bagian Tenggara dan rendah pada bagian Baratlaut. Nilai tinggi di bagian Tenggara mengindikasikan bahwa batuan dasar di wilayah tersebut memiliki densitas yang lebih tinggi dibandingkan dengan batuan yang terdapat di bagian Baratlaut. Pada beberapa titik juga didapati nilai anomali yang rendah tepatnya di sekitar Gunung Masurai dimana di sekitar daerah tersebut diduga memiliki aktivitas panas bumi.

Anomali residual menggambarkan karakteristik anomali gravitasi yang terkait dengan struktur lokal yang mencerminkan distribusi densitas batuan pada kedalaman dangkal. Batuan pada kedalaman dangkal memiliki nilai anomali yang bervariasi, dipengaruhi oleh variasi densitas batuan tersebut. Gambar 11 menunjukkan nilai anomali di daerah penelitian berkisar antara -20 hingga 15 mGal. Pola anomali ini cenderung memiliki nilai sedang pada seluruh wilayah. Anomali rendah didapati pada daerah di sekitar gunung Masurai dimana mengacu pada informasi Geologi daerah penelitian, diperkirakan bahwa anomali rendah tersebut disebabkan oleh adanya aktivitas panas bumi pada



Gambar 10. Anomali regional dengan *moving average*.

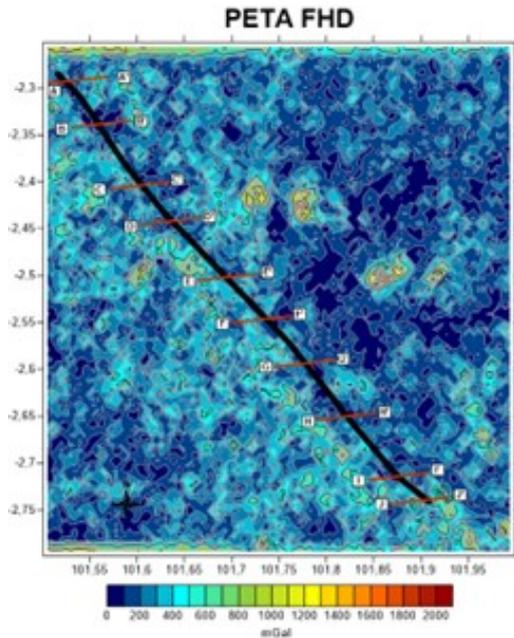


Gambar 11. Anomali residual dengan *moving average*.

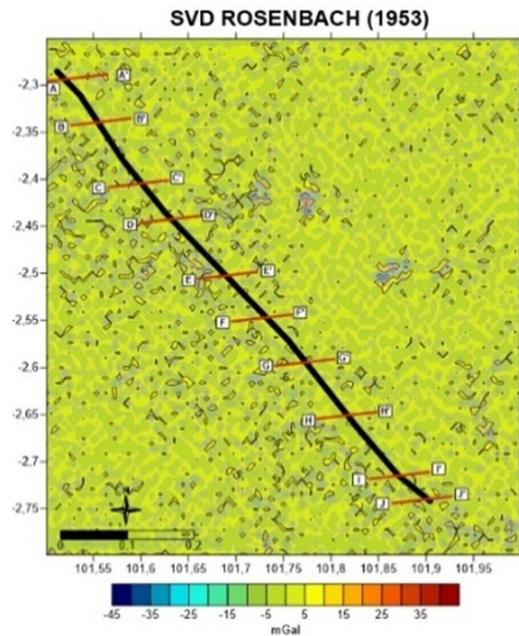
wilayah tersebut. Anomali rendah ini juga mengindikasikan adanya zona lemah, sehingga diduga adanya struktur sesar yang menyebabkan fluida keluar di permukaan sebagai manifestasi panas bumi. Anomali tinggi yang ditandai dengan warna merah dengan nilai sekitar 8 mGal hingga 15 mGal disebabkan oleh keberadaan batuan metamorf yang terdapat di dekat permukaan. Diketahui bahwa batuan metamorf memiliki densitas yang lebih tinggi daripada batuan lainnya.

3.5 Analisis FHD dan SVD

Setelah mendapatkan anomali residual, langkah selanjutnya adalah melakukan analisis derivatif. Tahap awal melibatkan proses *First Horizontal Derivative* yang dilakukan menggu-



Gambar 12. Slicing peta FHD.

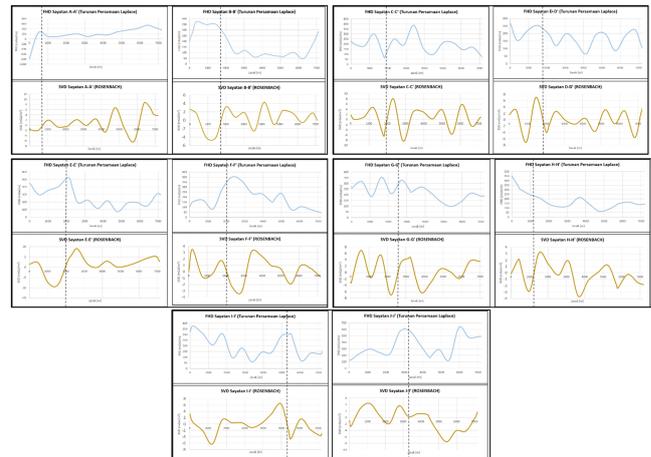


Gambar 13. Slicing peta SVD.

nakan perangkat lunak Surfer. Tujuan dari analisis korelasi pada grafik FHD adalah untuk menentukan posisi sesar dengan mengamati nilai puncak pada grafik tersebut. Grafik ini dibuat dengan menggunakan digitasi lintasan pada peta anomali *residual moving average*. Pendekatan ini melibatkan pembuatan 10 sayatan pada peta anomali residual, yang memotong jalur sesar secara tegak lurus untuk analisis lebih lanjut (Gambar 12).

Setelah melakukan *slicing* FHD, langkah berikutnya adalah membuat *slicing* dari peta *Second Vertical Derivative* yang dilakukan menggunakan perangkat lunak is. Tujuan dari analisis korelasi pada grafik SVD adalah untuk menentukan jenis suatu sesar dengan mengamati nilai maksimum dan minimum pada grafik tersebut. Pendekatan ini melibatkan pembuatan 10 sayatan pada peta SVD dengan menggunakan operator Rosenbach (1953) yang memotong jalur sesar secara tegak lurus untuk analisis lebih lanjut (Gambar 13).

Hasil analisis grafik FHD dan SVD dari tiap sayatan ditunjukkan pada Gambar 14, Grafik FHD berkorelasi dengan grafik SVD dimana ketika nilai FHD menunjukkan nilai maksimum, nilai SVD menunjukkan nilai 0. Keberadaan lokasi sesar dapat diketahui dengan melihat grafik FHD, sedangkan untuk mengetahui jenis suatu sesar dapat dilihat dari grafik SVD. Berdasarkan hasil sayatan line A-A' menunjukkan nilai $|SVD\ MIN|$ sekitar $6.61884\ mGal/m^2$ sedangkan nilai $|SVD\ MAX|$ bernilai $8.47541\ mGal/m^2$. Pada *line* ini memiliki karakteristik patahan normal karena memiliki nilai $|SVD\ MAX| > |SVD\ MIN|$. Pada line B-B' memiliki nilai $|SVD\ MIN|$ sekitar $4.166612\ mGal/m^2$ dan nilai $|SVD\ MAX|$ — yang tidak jauh berbeda yaitu $4.28911\ mGal/m^2$. Hal ini mengindikasikan bahwa pada sayatan ini memiliki karakteristik sesar *strike-slip*. Hasil yang demikian didapati juga pada line C-C', D-D', E-E', F-F', G-G', dan I-I'. Sedangkan pada line H-H' dan J-J' menunjukkan karakteristik patahan naik karena memiliki nilai $|SVD\ MAX| < |SVD\ MIN|$.

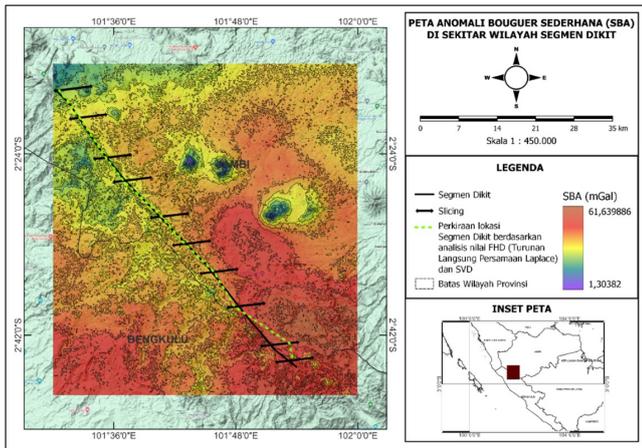


Gambar 14. Grafik korelasi nilai FHD dan SVD pada tiap-tiap line.

Berdasarkan hasil tersebut, maka dapat diidentifikasi bahwa mekanisme pergerakan sesar pada segmen Dikit berjenis *strike-slip* menganan yang memanjang dari Baratlaut ke arah Tenggara. Perkiraan lokasi segmen Dikit berdasarkan analisa nilai FHD dan SVD dapat dilihat pada Gambar 15. Grafik nilai FHD yang diplot terhadap jarak menunjukkan bidang batas diskontinuitas sesar. Jarak ini akan diplot nantinya ke dalam peta sehingga dapat diketahui arah dan bentuk sesarnya. Batas struktur Geologi tiap-tiap line dapat dilihat pada Tabel 5.

3.6 Forward Modelling

Pemodelan bawah permukaan pada anomali Bouguer dilakukan untuk melihat pola struktur batuan pada daerah penelitian secara umum yaitu menentukan ataupun menebak



Gambar 15. Hasil overlay sesar yang diusulkan berdasarkan analisis nilai FHD.

Tabel 5. Batas struktur Geologi tiap line yang diperoleh dari nilai FHD

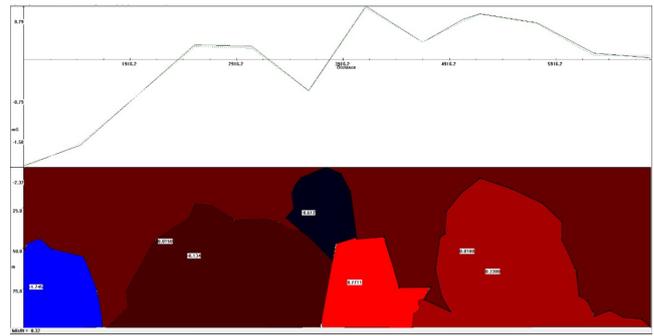
Line	Jarak (m)
A-A'	1018.442
B-B'	1987.371
C-C'	2337.622
D-D'	1992.180
E-E'	2102.196
F-F'	2339.617
G-G'	2708.103
H-H'	1510.271
I-I'	5396.367
J-J'	3292.506

Tabel 6. Analisis posisi dan karakteristik segmen Dikit berdasarkan nilai SVD

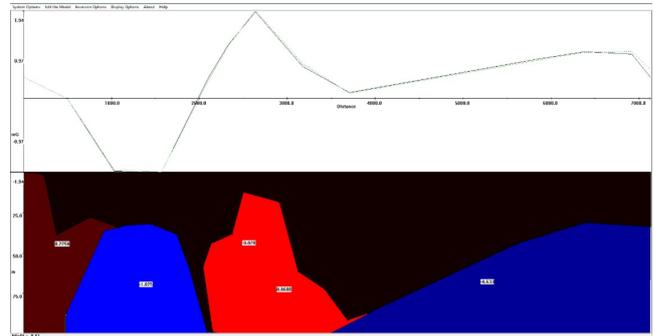
Sayatan	SVD MIN	SVD MAX	Karakteristik Patahan
A-A'	6.16884	8.47541	Sesar Normal
B-B'	4.16612	4.28911	Strike-slip
C-C'	8.40438	8.05715	Strike-slip
D-D'	7.04470	7.06717	Strike-slip
E-E'	8.56334	8.97962	Strike-slip
F-F'	3.17563	3.51302	Strike-slip
G-G'	6.99998	6.88348	Strike-slip
H-H'	3.65000	3.11339	Sesar Naik
I-I'	6.30817	6.41102	Strike-slip
J-J'	7.53975	4.31472	Sesar Naik

nilai densitas yang ada di bawah permukaan, hal ini biasanya disebut dengan *trial and error*. Pada proses ini dilakukan pemodelan dengan menggunakan software Grav2DC.

Pemodelan 2D dilakukan menggunakan data anomali *residual moving average* pada line B-B', line E-E', dan line I-I'. Pemodelan dilakukan sepanjang lintasan garis dan dipetakan dengan kedalaman 100 m. Hasil yang didapatkan berupa poligon-poligon yang menunjukkan densitas batuan di bawah permukaan. Jika nilai densitas pada pemodelan bernilai positif, maka nilai tersebut dijumlah dengan densitas rata-rata wilayah penelitian. Sebaliknya, jika nilai densitas pada pemodelan bernilai negatif, maka nilai tersebut dikurangi dengan densitas rata-rata wilayah penelitian.



Gambar 16. Model 2D bawah permukaan line B-B'.



Gambar 17. Model 2D bawah permukaan line E-E'.

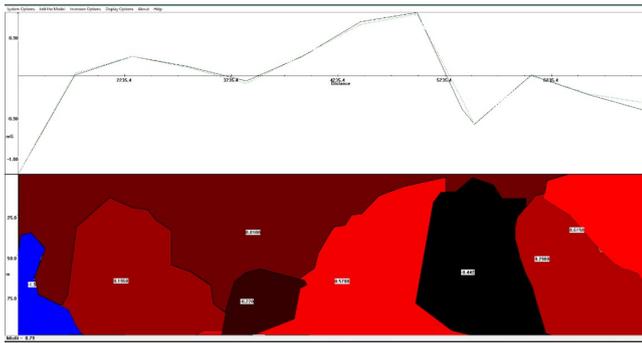
Pemodelan 2D pada ada line B-B' (Gambar 16) menghasilkan nilai *error* yang sangat rendah yaitu 0,32 yang mengindikasikan bahwa pemodelan yang dihasilkan sesuai dengan model yang sebenarnya. Jenis batuan berdasarkan kontras densitas masing-masing poligon antara lain:

- Jenis batuan *solomite* dengan densitas 2,78 gr/cm³ dengan tebal rata-rata sekitar 75 meter.
- Jenis batuan *eclogite* dengan densitas 3,22 gr/cm³ dengan tebal rata-rata sekitar 50 meter.
- Jenis batuan *soil* dengan densitas 1,84 gr/cm³ dengan tebal rata-rata sekitar 50 meter.
- Jenis batuan *sandstones* dengan densitas 2,32 gr/cm³ dengan tebal rata-rata sekitar 90 meter.

Pemodelan 2D pada ada line E-E' (Gambar 17) menghasilkan nilai *error* yang rendah yaitu 0,61 yang mengindikasikan bahwa pemodelan yang dihasilkan sesuai dengan model yang sebenarnya. Jenis batuan berdasarkan kontras densitas masing-masing poligon antara lain:

- Jenis batuan *andesite* dengan densitas 2,68 gr/cm³ dengan tebal rata-rata sekitar 100 meter.
- Jenis batuan *loess* dengan densitas 1,42 gr/cm³ dengan tebal rata-rata sekitar 60 meter.
- Jenis batuan *eclogite* dengan densitas 3,31 gr/cm³ dengan tebal rata-rata sekitar 80 meter.
- Jenis batuan *sandstones* dengan densitas 2,43 gr/cm³ dengan tebal rata-rata sekitar 100 meter.
- Jenis batuan *soil* dengan densitas 1,82 gr/cm³ dengan tebal rata-rata sekitar 60 meter.

Pemodelan 2D pada ada line I-I' (Gambar 18) menghasilkan nilai *error* yang rendah yaitu 0,79 yang mengin-



Gambar 18. Model 2D bawah permukaan line I-I'.

dikasikan bahwa pemodelan yang dihasilkan sesuai dengan model yang sebenarnya. Jenis batuan berdasarkan kontras densitas masing-masing poligon antara lain:

- Jenis batuan *dolomite* dengan densitas 2,65-2,74 gr/cm^3 dengan tebal rata-rata sekitar 80 meter.
- Jenis batuan *clay* dengan densitas 2,23 gr/cm^3 dengan tebal rata-rata sekitar 25 meter.
- • Jenis batuan *chalk* dengan densitas 2,008 gr/cm^3 dengan tebal rata-rata sekitar 90 meter.
- Jenis batuan *gabbro* dengan densitas 3,065 gr/cm^3 dengan tebal rata-rata sekitar 50 meter.

4 KESIMPULAN

Daerah penelitian memiliki nilai anomali bouger pada rentang antara 2 hingga 62 mGal. Anomali rendah didapati pada daerah di sekitar gunung Masurai dimana diperkirakan bahwa anomali rendah tersebut disebabkan oleh adanya aktivitas panas bumi pada wilayah tersebut. Nilai anomali yang cukup tinggi disebabkan oleh keberadaan batuan metamorf yang terdapat di dekat permukaan. Berdasarkan hasil Analisa FHD dan SVD, dapat diidentifikasi bahwa mekanisme pergerakan sesar pada segmen Dikit berjenis *strike-slip* mengangan yang memanjang dari Baratlaut ke arah Tenggara. Densitas rata-rata wilayah penelitian adalah sebesar 2,4508 gr/cm^3 . Berdasarkan hasil *forward modelling*, penyusun utama batuan di wilayah penelitian adalah jenis batuan sedimen seperti *sandstones* dan *soil*. Batuan metamorf seperti *eclogite* juga menempati wilayah penelitian yang mungkin bisa menjadi penyebab tingginya anomali gaya berat.

Pustaka

- Abdelrahman, E. El-Araby, T. (1996): Shape and depth solutions from moving average residual gravity anomalies. *Journal of Applied Geophysics*, **36**(2), 89–95, ISSN 0926-9851, doi:[https://doi.org/10.1016/S0926-9851\(96\)00038-9](https://doi.org/10.1016/S0926-9851(96)00038-9).
- Blakely, R.J. (1995): Potential Theory in Gravity and Magnetic Applications. Cambridge University Press.
- Bosy, R.S. (2016): Analisis Gravitasi Untuk Menentukan Struktur Geologi Dan Analisis Petroleum System Cekungan Barito, Daerah Tanjung Area, Kalimantan Selatan. Bachelor's thesis, Universitas Trisakti Jakarta.

El Fatih, G. (2020): Identifikasi keberadaan struktur patahan dari data satellite gravity dengan fhd dan svd, studi kasus : Thrust fault kolaka. doi:[10.13140/RG.2.2.33109.24806](https://doi.org/10.13140/RG.2.2.33109.24806).

Fitriani, D.S., Putri, S.N.A. Putrajy, I.F. (2020): Metode gravitasi untuk identifikasi sesar weluki dengan analisis first horizontal derivative dan second vertical derivative. *Prosiding Seminar Nasional Fisika (E-Journal)*, **9**(1), SNF2020FA–53, doi:[10.21009/03.SNF2020.01.FA.10](https://doi.org/10.21009/03.SNF2020.01.FA.10).

Gafoer, S., Amin, T.C. Pardede, R. (2007): Peta geologi lembar bangkulu, sumatera.

Grandis, H. (2009): Pengantar Pemodelan Inversi Geofisika. Himpunan Ahli Geofisika Indonesia (HAGI).

Hartati, A. (2016): Identifikasi Struktur Patahan Berdasarkan Analisa Derivative Metode Gayaberat Di Pulau Sulawesi. Bachelor's thesis, Universitas Indonesia.

Kurniawan, T., Rasmid, R., Yogi, R. Setyonegoro, W. (2016): Tingkat aktivitas seismik dan kerapuhan batuan 19 segmentasi di bawah daratan sumatera. *Buletin Meteorologi Klimatologi dan Geofisika Balai Besar Wilayah II BMKG*, **6**(3), 5–13.

Kusnama, R., Pardede, S.A. Mangga, S. (1993): Geological map of sungaipenuh and ketaun quadrangle, sumatra, scale 1:250.000.

Lestari, I. Sarkowi, M. (2013): Analisis struktur patahan daerah panas bumi lahendong-tompaso sulawesi utara berdasarkan data second vertical derivative (svd) anomali gayaberat. *Seminar Nasional Sains Dan Teknologi V Lembaga Penelitian Universitas Lampung*.

Madlazim, M. (2013): Determining the source parameters of the jambi earthquake (1 october 2009, mw =6.4) using three-component local waveforms. *Makara of Science Series*, **17**(1), 17–22.

Sarkowi, M. (2014): Eksplorasi Gayaberat. Graha Ilmu.

Talwani, M., Worzel, J.L. Landisman, M. (1959): Rapid gravity computations for two-dimensional bodies with application to the mendocino submarine fracture zone. *Journal of Geophysical Research (1896-1977)*, **64**(1), 49–59, doi:<https://doi.org/10.1029/JZ064i001p00049>.

Telford, W.M., Telford, W., Geldart, L. Sheriff, R.E. (1990): Applied geophysics. Cambridge university press.

Utama, H., Said, Y., Siregar, A. Adhitya, B. (2021): The role of sumatra fault zone of dikit fault segment to appearance of geothermal features on the grao sakti, jambi, indonesia. The 3rd Green Development International Conference (GDIC 2020), doi:[10.2991/aer.k.210825.064](https://doi.org/10.2991/aer.k.210825.064).