

**IDENTIFIKASI STRUKTUR BAWAH PERMUKAAN  
DAERAH PANAS BUMI MENGGUNAKAN METODE  
GAYABERAT (STUDI KASUS: GUNUNG SIRUNG, ALOR,  
NUSA TENGGARA TIMUR)**

(Skripsi)

**Khoirul Ashabi  
1915051035**



**JURUSAN TEKNIK GEOFISIKA  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2026**

**IDENTIFIKASI STRUKTUR BAWAH PERMUKAAN  
DAERAH PANAS BUMI MENGGUNAKAN METODE  
GAYABERAT (STUDI KASUS: GUNUNG SIRUNG, ALOR,  
NUSA TENGGARA TIMUR)**

Oleh

**KHOIRUL ASHABI**

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar  
**SARJANA TEKNIK**

Pada

**Jurusan Teknik Geofisika  
Fakultas Teknik Universitas Lampung**



**KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN  
RISET DAN TEKNOLOGI  
JURUSAN TEKNIK GEOFISIKA  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2026**

## ABSTRAK

### IDENTIFIKASI STRUKTUR BAWAH PERMUKAAN DAERAH PANAS BUMI MENGGUNAKAN METODE GAYABERAT (STUDI KASUS: GUNUNG SIRUNG, ALOR, NUSA TENGGARA TIMUR)

Oleh  
**KHOIRUL ASHABI**

Daerah Gunung Sirung, Pulau Pantar, Kabupaten Alor, Nusa Tenggara Timur merupakan salah satu wilayah yang memiliki potensi panas bumi ditandai oleh keberadaan manifestasi permukaan berupa fumarol, mata air panas, tanah panas, dan batuan ubahan. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi struktur bawah permukaan, menentukan zona kedalaman anomali regional dan residual, serta memodelkan sistem panas bumi menggunakan metode gayaberat. Data yang digunakan merupakan data sekunder Global Gravity Model Plus (GGMplus) 2013 yang diolah melalui tahapan analisis spektrum, pemisahan anomali regional dan residual menggunakan filter moving average, analisis turunan *First Horizontal Derivative* (FHD) dan *Second Vertical Derivative* (SVD), serta pemodelan inversi 3D. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai Anomali Bouguer Lengkap di daerah penelitian berkisar antara 70 mGal hingga 145 mGal. Anomali tinggi diinterpretasikan sebagai batuan berdensitas tinggi, sedangkan anomali rendah berkaitan dengan zona sesar, manifestasi panas bumi, dan batuan alterasi. Analisis FHD dan SVD mengindikasikan keberadaan beberapa struktur sesar dengan arah dominan barat laut–tenggara dan barat daya–timur laut. Berdasarkan analisis lintasan, teridentifikasi tiga struktur sesar naik (*reverse fault*) yang berperan sebagai pengontrol sistem panas bumi. Hasil pemodelan inversi 3D menunjukkan distribusi densitas batuan sebesar 2,10–3,10 gr/cm<sup>3</sup> hingga kedalaman sekitar 4000 meter. Zona caprock diinterpretasikan memiliki densitas 2,10–2,43 gr/cm<sup>3</sup>, zona reservoir memiliki densitas 2,44–2,77 gr/cm<sup>3</sup>, sedangkan densitas tinggi 2,78–3,10 gr/cm<sup>3</sup> diindikasikan sebagai sumber panas (heat source). Daerah prospek reservoir panas bumi Gunung Sirung berada di bagian barat daerah penelitian, memanjang dari tenggara ke barat laut pada kedalaman 400–4000 meter.

**Kata kunci:** panas bumi, gayaberat, Gunung Sirung, struktur sesar, inversi 3D, reservoir.

## **ABSTRACT**

### **IDENTIFICATION OF SUBSURFACE STRUCTURES IN A GEOTHERMAL AREA USING THE GRAVITY METHOD (CASE STUDY: MOUNT SIRUNG, ALOR, EAST NUSA TENGGARA)**

By

**KHOIRUL ASHABI**

*The Mount Sirung area, located on Pantar Island, Alor Regency, East Nusa Tenggara, is one of the regions with geothermal potential, indicated by the presence of surface manifestations such as fumaroles, hot springs, hot ground, and altered rocks. This study aims to identify subsurface structures, determine the depth zones of regional and residual anomalies, and model the geothermal system using the gravity method. The data used were secondary data from the Global Gravity Model Plus (GGMplus) 2013, which were processed through spectral analysis, separation of regional and residual anomalies using the moving average filter, First Horizontal Derivative (FHD) and Second Vertical Derivative (SVD) analyses, and 3D inversion modelling. The results showed that the Complete Bouguer Anomaly values in the study area ranged from 70 mGal to 145 mGal. High anomalies were interpreted as high-density rocks, while low anomalies were associated with fault zones, geothermal manifestations, and altered rocks. FHD and SVD analyses indicated the presence of several fault structures with dominant northwest–southeast and southwest–northeast orientations. Based on profile analysis, three reverse fault structures were identified as controlling the geothermal system. The 3D inversion modeling results showed a rock density distribution ranging from 2.10 to 3.10 g/cm<sup>3</sup> to a depth of approximately 4000 meters. The caprock zone was interpreted to have densities of 2.10–2.43 g/cm<sup>3</sup>, the reservoir zone had densities of 2.44–2.77 g/cm<sup>3</sup>, while high densities of 2.78–3.10 g/cm<sup>3</sup> were indicated as the heat source. The prospective geothermal reservoir area of Mount Sirung is located in the western part of the study area, extending from southeast to northwest at depths of 400–4000 meters.*

*Keywords: geothermal, gravity method, Mount Sirung, fault structure, 3D inversion, reservoir.*

Judul Skripsi

: **IDENTIFIKASI STRUKTUR BAWAH  
PERMUKAAN DAERAH PANAS BUMI  
MENGUNAKAN METODE  
GAYABERAT (STUDI KASUS:  
GUNUNG SIRUNG, ALOR, NUSA  
TENGGARA TIMUR)**

Nama Mahasiswa

: **Khoirul Ashabi**

Nomor Pokok Mahasiswa

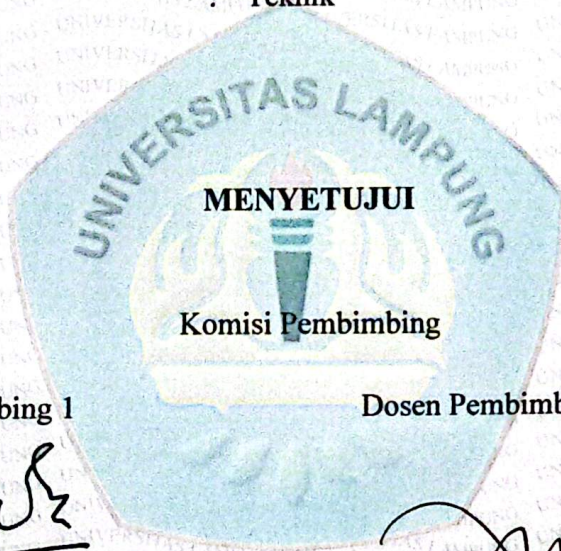
: 1915051035

Program Studi

: Teknik Geofisika

Fakultas

: Teknik



Dosen Pembimbing 1

Dosen Pembimbing 2

**Prof. Dr. Ir. Nandi Haerudin, S.Si.,  
M.Si., IPM.**

**Dr. Rustadi, S.Si., M.T.**

NIP. 197509112000121002

NIP. 197205111997101002

Ketua Jurusan

**Dr. Ir. Syamsurijal Rasimeng, S.Si., M.Si., C.EIA, IPM.**

NIP 197307162000121002

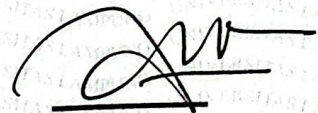
## MENGESAHKAN

### 1. Tim Penguji

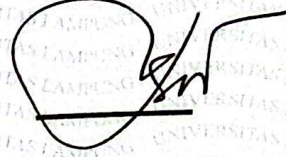
Ketua : Prof. Dr. Ir. Nandi Haerudin, S.Si., M.Si., IPM.



Sekretaris: Dr. Rustadi, S.Si., M.T.



Anggota : Dr. Ir. Bagus Sapto Mulyatno, S.Si., M.T.



### 2. Dekan Fakultas Teknik

  
M. Dr. Ahmad Herison, S.T., M.T.  
NIP. 19691030 200003 1001

Tanggal Lulus Ujian Skripsi: 2 April 2026

## PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi yang saya tulis bukan merupakan karya dari orang lain melainkan berdasarkan pemikiran saya sendiri, sebagai syarat memperoleh gelar sarjana. Adapun kutipan tertentu dalam penulisan skripsi ini terdapat karya atau pendapat orang lain yang ditulis menurut sumbernya sebagaimana disebutkan dalam daftar pustaka secara jelas sesuai dengan norma, kaidah dan etika penulisan ilmiah.

Apabila pernyataan saya ini tidak benar maka saya bersedia dikenakan sanksi sesuai dengan hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, 29 April 2026

Penulis



Khairul Ashabi

**NPM. 1915051035**

## RIWAYAT HIDUP



Khoirul Ashabi lahir di Purwodadi, Kecamatan Gisting, Kabupaten Tanggamus, Provinsi Lampung pada tanggal 3 Februari 2002. Peneliti merupakan anak kedua dari tiga bersaudara, dari Bapak Jaddi dan Ibu Wahyu Yuha. Penulis memulai Pendidikan Sekolah Dasar di Madrasah Ibtidaiyah (MI) Swasta Mathla'ul Anwar Landbaw, Kecamatan Gisting, Kabupaten Tanggamus lulus pada tahun 2013, kemudian pada jenjang Sekolah Menengah Pertama penulis bersekolah di Madrasah Tsanawiyah (MTs) Swasta Mathla'ul Anwar Landbaw, Kecamatan Gisting, Kabupaten Tanggamus dan lulus pada tahun 2016, lalu menempuh Sekolah Menengah Atas (SMA) di SMA Negeri 1 Sumberejo, Kecamatan Sumberejo, Kabupaten Tanggamus lulus pada tahun 2019, pada tahun yang sama penulis melanjutkan pendidikan sebagai Mahasiswa S-1 Teknik Geofisika, Fakultas Teknik, Universitas Lampung melalui jalur SBMPTN. Pada masa perkuliahan terdapat beberapa kegiatan yang diikuti penulis baik dalam lingkup internal maupun eksternal kampus, antara lain: anggota Biro Dana dan Usaha Himpunan Mahasiswa Teknik Geofisika Bhuwana (2020/2021 dan 2021/2022), Anggota Bidang *Fieldtrip* (2020/2021) Serikat Mahasiswa-Ikatan Ahli Geologi Indonesia, Anggota Pergerakan Mahasiswa Islam Indonesia Rayon Teknik (2021/2022).

Pada April 2023 penulis melaksanakan Kerja Praktik (KP) di Pusat Survey Geologi (PSG) Bandung dengan judul **”Identifikasi Struktur Sesar Berdasarkan Analisis FHD dan SVD Gayaberat Lembar Bogor, Jawa Barat”**.

Pada akhir masa studi penulis melakukan penelitian Tugas Akhir (TA) dengan judul **“Identifikasi Struktur Bawah Permukaan Daerah Panas Bumi Menggunakan Metode Gayaberat (Studi Kasus: Gunung Sirung, Alor, Nusa Tenggara Timur)”**.

## **PERSEMBAHAN**

Dengan memuji nama Allah SWT., atas segala rahmat, dan hidayah, serta karunia-Nya yang senantiasa menyertai setiap langkah penulis. Shalawat serta salam semoga selalu tercurah kepada Nabi Muhammad SAW, sebagai sempurnanya panutan yang mengajarkan ilmu, kesabaran, dan keikhlasan dalam menuntut pengetahuan.

### **BAPAK DAN IBU TERCINTA**

### **BAPAK JADDI & IBU WAHYU YUHA**

Jika hidup bisa dimulai sedari awal lagi, saya akan tetap memilih untuk lahir dikeluarga ini, terimakasih atas rasa sayang, dukungan moral, dukungan materi, serta segala pengorbanan yang telah bapak dan ibu berikan kepada saya sehingga dapat menyelesaikan skripsi ini berikut segala tantangannya

### **Teknik Geofisika Universitas Lampung 2019**

Terimakasih kepada teman-teman Teknik Geofisika Angkatan 2019 yang selalu memberikan dukungan, bantuan, serta kebersamaan selama penyusunan skripsi ini.

## **MOTTO HIDUP**

“Bukankah kita menyimpan bagian terlezat pada makan siang kita untuk dimakan paling akhir, semoga itu aku”

~**Khoirul Ashabi**

“Abi bangun! Dunia enggak nungguin kamu”

~**Wahyu yuha**

“Apa yang tidak membunuhmu membuatmu lebih kuat”

~**Friedrich Nietzsche**

“*Wise men say, only fools rush in* (Orang bijak berkata hanya orang bodoh yang terburu-buru)”

~**Elvis Presley: *Can't Help Falling in Love***

“Tidak penting berapa waktu yang kita punya, yang terpenting adalah akan kita apakan sisa waktu itu”

~**John Ronald Reuel Tolkien: *The Lord of the Rings***

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT. atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Identifikasi Struktur Bawah Permukaan Daerah Panas Bumi Menggunakan Metode Gayaberat (Studi Kasus: Gunung Sirung, Alor, Nusa Tenggara Timur)”** dengan baik. Penyusunan skripsi ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Geofisika, Fakultas Teknik, Universitas Lampung. Dalam proses penyusunan skripsi ini, penulis menghadapi berbagai hambatan, tantangan, dan kesulitan. Namun demikian, berkat doa, dukungan, bantuan, serta bimbingan dari berbagai pihak, seluruh rangkaian penyusunan skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik. Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kata sempurna dan masih terdapat berbagai kekurangan. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun guna penyempurnaan karya ini di masa mendatang. Akhir kata, penulis berharap semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi penulis, para pembaca, serta turut berkontribusi terhadap perkembangan ilmu pengetahuan, khususnya di bidang geofisika.

Bandar Lampung, 2 April 2026

Penulis,

**Khoirul Ashabi**  
**NPM. 1915051035**

## SANWACANA

Puji dan syukur ke hadirat Allah SWT atas limpahan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik. Shalawat serta salam semoga senantiasa tercurah kepada Nabi Muhammad SAW sebagai suri teladan umat, beserta keluarga, sahabat, dan pengikutnya hingga akhir zaman.

Skripsi ini berjudul “Identifikasi Prospek Reservoir Panas Bumi Berdasarkan Analisis Data Gayabarat. (Studi Kasus: Lapangan Panas Bumi Way Umpu)” merupakan skripsi dari penelitian yang dilakukan penulis untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik.

Di dalam proses pembuatan skripsi ini, penulis memiliki banyak hambatan baik dari luar maupun dalam diri penulis sendiri. Penulisan skripsi ini pun tidak lepas dari bimbingan dan bantuan serta petunjuk dari berbagai pihak, oleh karena itu penulis mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada:

1. **Bapak Dr. Ahmad Herison, S.T., M.T.** selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung atas segala kebijakan, dukungan, pelayanan, dan fasilitas yang telah diberikan, sehingga penulis dapat menyelesaikan pendidikan dan skripsi ini dengan baik.
2. **Bapak Dr. Ir. Syamsurijal Rasimeng, S.Si., M.Si., C.EIA, IPM.** selaku Ketua Jurusan Teknik Geofisika Universitas Lampung atas bimbingan, perhatian, dan dukungan yang telah diberikan selama proses perkuliahan dan penyusunan skripsi ini.
3. **Bapak Dr. Alimuddin, S.Si., M.Si.** selaku pembimbing akademik atas segala perhatian, bimbingan, dan peran ayah di kampus serta arahan yang telah diberikan kepada penulis selama proses perkuliahan.
4. **Bapak Prof. Dr. Ir. Nandi Haerudin, S.Si., M.Si., IPM.** selaku dosen Pembimbing I yang telah meluangkan waktu dalam membimbing dan

memberikan bantuan, arahan, saran, kritik, masukan serta motivasi dalam pengerjaan skripsi ini.

5. **Bapak Dr. Rustadi, S.Si., M.T.** selaku Pembimbing II yang telah meluangkan waktunya dan senantiasa memberikan masukan, kritik dan saran dalam skripsi ini.
6. **Bapak Dr. Ir. Bagus Sapto Mulyatno, S.Si., M.T.** selaku Penguji yang telah memberikan arahan, saran, masukan serta dorongan dalam pengerjaan skripsi ini.
7. **Bapak dan Ibu dosen beserta seluruh pegawai Jurusan Teknik Geofisika Universitas Lampung** yang telah mengajarkan banyak ilmu dan wawasan serta membantu penulis untuk setiap keperluan dalam perkuliahan.
8. Kedua orang tua tercinta, Bapak Jaddi dan Ibu Wahyu Yuha yang selalu memberikan doa, dukungan, motivasi, kekuatan, selalu menyemangati dan menyayangi dengan sepenuh hati.
9. Kakak dan adik saya terkasih Irsal Reza Fanani dan Wilda Qolby Azzahren serta keluarga besar yang telah memberikan doa, dukungan dan semangat.
10. Perempuan yang senantiasa menemani dan memberikan dukungan serta waktunya untuk tempat bertukar pikiran Adinda Azzah Nurkhaliza.
11. Sahabat seperjuangan yaitu Cuyung, Elang, Cacing, Halim, Baik, Orio, Wanda, Suoh, Ebay, dan tidak lupa Gopal yang selalu menemani dan memberikan semangat serta motivasi.
12. Keluarga Teknik Geofisika 2019 yang selalu memberikan dukungan selama penulis menempuh studi di Jurusan Teknik Geofisika Universitas Lampung.
13. Semua pihak yang terlibat dan membantu selama penyusunan skripsi ini. Sekali lagi penulis ucapkan terimakasih banyak.

Bandar Lampung, 29 April 2026

Penulis,

**Khoirul Ashabi**  
**NPM. 1915051035**

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>iii</b>
<b>ABSTRACK.....</b>	<b>iv</b>
<b>PERSETUJUAN.....</b>	<b>v</b>
<b>PENGESAHAN.....</b>	<b>vi</b>
<b>PERNYATAAN.....</b>	<b>vii</b>
<b>RIWAYAT HIDUP .....</b>	<b>viii</b>
<b>PERSEMBAHAN.....</b>	<b>x</b>
<b>MOTTO HIDUP .....</b>	<b>xi</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>xii</b>
<b>SANWACANA .....</b>	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>xv</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xviii</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xx</b>
<b>I. PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Tujuan Penelitian .....	3
1.3. Batasan Masalah .....	3
1.4. Manfaat Penelitian .....	3
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>4</b>
2.1. Lokasi Daerah Penelitian .....	4
2.2. Geologi Regional .....	4
2.3. Stratigrafi Daerah Penelitian.....	4
2.4. Sistem Panas Bumi Pulau Pantar .....	7
2.5. Penelitian Terdahulu .....	10
<b>III. TEORI DASAR.....</b>	<b>11</b>

3.1. Metode Gayaberat.....	11
3.2. Konsep Gayaberat.....	11
3.2.1. Gayaberat Newton.....	11
3.2.2. Percepatan Gayaberat.....	12
3.2.3. Potensial Gayaberat.....	13
3.2.4. Densitas Batuan.....	14
3.3. Koreksi dalam Metode Gayaberat.....	16
3.3.1. Koreksi Lintang.....	16
3.3.2. Koreksi Udara Bebas ( <i>Free Air Correction</i> ).....	16
3.3.3. Koreksi Bouguer.....	17
3.3.4. Koreksi Medan ( <i>Terrain Correction</i> ).....	17
3.4. Analisis Spektrum.....	18
3.5. Filter <i>Moving Average</i> .....	21
3.6. <i>First Horizontal Derivative</i> .....	22
3.7. <i>Second Vertical Derivative</i> .....	23
3.8. <i>Invers Modelling</i> .....	24
<b>IV. METODOLOGI PENELITIAN.....</b>	<b>26</b>
4.1. Tempat dan Waktu Penelitian.....	26
4.2. Alat dan Bahan.....	26
4.3. Prosedur dan Penelitian.....	28
4.3.1. Data Global Gravity Model Plus 2013.....	28
4.3.2. Analisis Spektrum.....	28
4.3.3. Pemisahan Anomali Regional dan Residual.....	29
4.3.4. Analisis Derivatif.....	29
4.3.5. Pemodelan Bawah Permukaan.....	30
4.3.6. Tahap Interpretasi.....	30
4.4. Diagram Alir.....	31
<b>V. HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>33</b>
5.1. Anomali Bouguer Lengkap.....	33
5.2. Analisis Spektrum.....	35
5.2.1. Lintasan A.....	37
5.2.2. Lintasan B.....	37

5.2.3. Lintasan C.....	38
5.2.4. Lintasan D .....	39
5.2.5. Lintasan E.....	40
5.3. Pemisahan Anomali Regional dan Residual .....	42
5.3.1. Anomali Regional.....	42
5.3.2. Anomali Residual .....	44
5.4. <i>First Horizon Derivative</i> (FHD) .....	45
5.5. <i>Second Vertical Derivative</i> (SVD).....	47
5.6. Analisis <i>Derivative</i> .....	52
5.6.1. Lintasan 1-1' .....	54
5.6.2. Lintasan 2-2' .....	55
5.6.3. Lintasan 3-3' .....	56
5.6.4. Lintasan 4-4' .....	57
5.7. <i>Inverse Modelling</i> 3D .....	58
<b>VI. KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>64</b>
6.1. Kesimpulan .....	64
6.2. Saran .....	65

## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Sebaran data pada peta administrasi daerah penelitian.....	5
2. LST pada peta geologi daerah penelitian.....	6
3. Susunan stratigrafi daerah penelitian.....	7
4. Sistem panas bumi Gunung Sirung.....	9
5. Gaya tarik-menarik antar dua benda.....	12
6. Potensial dan kuat medan massa 3 dimensi.....	13
7. Kurva $lna$ terhadap $k$ .....	20
8. Keberadaan benda dibawah permukaan yang ditunjukkan grafik nilai gradien horizontal.....	23
9. Peta anomali Bouguer lengkap daerah penelitian.....	34
10. Lintasan analisis spektrum daerah penelitian.....	36
11. Peta anomali Bouguer regional.....	43
12. Peta anomali Bouguer residual.....	45
13. Peta <i>first horizontal derivative</i> .....	46
14. Peta <i>second vertical derivative</i> .....	48
15. Peta <i>second vertical derivative</i> oleh Henderson dan Zieth 1949.....	49
16. Peta <i>second vertical derivative</i> oleh Elkin 1951.....	50
17. Peta <i>second vertical derivative</i> oleh Rosenbach 1953.....	51
18. Peta lintasan <i>slicing</i> .....	53
19. Penampang anomali residual, penampang gradien horizontal orde 1 dan orde 2 anomali residual, penampang gradien vertikal orde 2 anomali residual, hasil interpretasi struktur sesar lintasan 1-1'.....	54

20. Penampang anomali residual, penampang gradien horizontal orde 1 dan orde 2 anomali residual, penampang gradien vertikal orde 2 anomali residual, hasil interpretasi struktur sesar lintasan 2-2' .....	55
21. Penampang anomali residual, penampang gradien horizontal orde 1 dan orde 2 anomali residual, penampang gradien vertikal orde 2 anomali residual, hasil interpretasi struktur sesar lintasan 3-3' .....	56
22. Penampang anomali residual, penampang gradien horizontal orde 1 dan orde 2 anomali residual, penampang gradien vertikal orde 2 anomali residual, hasil interpretasi struktur sesar lintasan 4-4' .....	57
23. Pemodelan bawah permukaan geologi lembar lombren <i>F-G</i> .....	59
24. Pemodelan bawah permukaan geologi lembar lombren <i>H-I</i> .....	59
25. Model 3D inversi daerah penelitian .....	59
26. Inversi 3D estimasi kedalaman reservoir lintasan 1.....	60
27. Inversi 3D estimasi kedalaman reservoir lintasan 2.....	61
28. Inversi 3D estimasi kedalaman reservoir lintasan 3.....	62
29. Inversi 3D estimasi kedalaman reservoir lintasan 4 .....	63

## DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Nilai densitas batuan .....	15
2. Operator Henderson <i>and</i> Zietz (1949) .....	24
3. Operator Elkins (1951) .....	24
4. Operator Rosenbach (1953) .....	24
5. Alat dan bahan .....	26
6. Jadwal penelitian.....	27
7. Tabel rata-rata kedalaman anomali .....	41
8. Tabel perhitungan lebar jendela.....	41
9. Rentang densitas batuan daerah penelitian .....	58
10. Analisa kedalaman struktur panas bumi gunung sirung .....	63

## I. PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Geofisika merupakan metode pendekatan pengukuran yang didasarkan pada sifat fisis bumi dan keadaan sekitar atmosfer dalam radius 300 km, contoh instrument-instrumen sifat fisis yang dapat diukur dengan metode geofisika adalah, gelombang seismik, medan gravitasi, medan magnet dan lainnya. Terdapat beberapa metode yang umum digunakan dalam penelitian yang dilakukan dengan metode geofisika diantaranya, *Ground Penetrating radar* (GPR), Metode Seismik, Metode Elektromagnetik, *Remote Sensing*, serta metode Gayaberat. Secara lebih luas, pengukuran Geofisika dilakukan untuk mengetahui struktur serta litologi dari suatu luasan dipermukaan bumi yang berguna dalam berbagai bidang, seperti eksplorasi sumberdaya alam (khususnya mineral dan hidrokarbon), pemetaan geologi, mitigasi bencana alam, dan geodinamika (Zuhdi dkk., 2021).

Indonesia merupakan suatu negara yang dianugerahi dengan potensi panas bumi yang cukup besar, didukung dengan letak Indonesia yang berada di cincin vulkanik. Kegiatan vulkanik dari gunung berapi yang mengitari wilayah Indonesia menghasilkan energi panas bumi yang sangat berlimpah. Energi panas bumi dapat digunakan sebagai pengganti tenaga listrik yang menggunakan bahan bakar minyak sehingga dapat dijadikan sumber energi alternatif untuk menghemat cadangan minyak nasional (Haerudin dkk., 2009). Sumber energi panas atau geothermal hampir menyebar secara merata di Indonesia, berdasarkan pada catatan yang ada terdapat lebih dari 300 titik sumber panas bumi atau geothermal yang tersebar dari Sabang sampai Merauke. Energi geothermal dapat dimanfaatkan untuk pengganti sumber-sumber energi tak terbarukan seperti bahan bakar dari fosil untuk pembangkit listrik dan transportasi (Auzan dkk., 2022). Pulau Pantar merupakan salah satu

pulau yang terletak di Kabupaten Alor, Provinsi Nusa Tenggara Timur (Gambar 1). Di pulau ini terdapat Gunung Sirung yang merupakan gunungapi aktif dengan aktivitas terakhir berupa letusan freatik pada tahun 2004. Selain itu, di pulau ini juga terdapat manifestasi panas bumi berupa fumarol, mata air panas dengan temperatur berkisar antara  $37^{\circ}\text{C}$  sampai dengan  $100^{\circ}\text{C}$ , tanah panas, dan batuan ubahan. Kenampakan manifestasi tersebut menjadi indikasi adanya potensi energi panas bumi yang dapat dimanfaatkan baik secara langsung maupun secara tidak langsung (Sugianto dkk., 2017).

Guna mengetahui potensi panas bumi yang ada daerah penelitian gunung sirung, pantar tengah, kabupaten alor, maka diperlukan rujukan dari penelitian terdahulu terkait pengukuran metode gayaberat. Metode gayaberat ialah metode penelitian geofisika yang didasarkan pada selisih medan gravitasi yang disebabkan pengaruh perbedaan massa jenis susunan batuan permukaan bumi. (Hidayat dkk., 2023). Metode gayaberat adalah metode geofisika yang umum digunakan untuk karakterisasi regional bumi. Pengukuran pada metode gravitasi bertujuan untuk mencari perbedaan kecil atau anomali pada medan gravitasi yang disebabkan oleh variasi kerapatan secara lateral. Variasi yang terukur bergantung pada hukum gravitasi Newton, yang memperhitungkan perbedaan massa dan jarak antara sumber dengan titik pengamatan (Haerudin dkk., 2022).

Dalam eksplorasi energi panas bumi, metode gayaberat dapat mendeteksi perbedaan densitas batuan di bawah permukaan yang membentuk suatu sistem panas bumi. Metode gayaberat juga dapat digunakan untuk membuat model struktur bawah permukaan yang akan digunakan sebagai acuan untuk melakukan interpretasi. Dengan melakukan interpretasi tersebut diharapkan dapat memberikan informasi dan gambaran yang lebih baik tentang kondisi daerah prospek panas bumi dan dalam sebuah interpretasi ini juga mengidentifikasi adanya sesar. Sesar-sesar di daerah penyelidikan dapat dipetakan berdasarkan data terdahulu, pengolahan hasil survei detail lapangan, dan analisis data gayaberat. Interpretasi data gayaberat mendukung eksistensi keberadaan beberapa sesar (Darmawan dkk., 2011).

## 1.2. Tujuan Penelitian

Tujuan dalam pelaksanaan Skripsi ini adalah sebagai berikut:

1. Menentukan zona kedalaman anomali Bouguer regional dan anomali residual daerah penelitian.
2. Menentukan persebaran struktur bawah permukaan berdasarkan hasil analisis *derivative* data gayaberat.
3. Menentukan model perlapisan bawah permukaan berdasarkan *inverse modelling* data gayaberat.

## 1.3. Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dalam pelaksanaan penelitian ini sebagai berikut:

1. Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data sekunder yaitu data *gravity* yang didapatkan di GGMplus2013.
2. Penentuan batas kedalaman anomali Bouguer regional dan residual menggunakan analisis spektrum.
3. Pemisahan anomali regional dan residual menggunakan filter *moving average*.
4. Struktur bawah permukaan diidentifikasi dengan analisis *derivative*, yaitu *first horizontal derivative* (FHD) dan *Second vertical derivative* (SVD).
5. Pemodelan dilakukan menggunakan pemodelan *inverse modelling*.

## 1.4. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penelitian ini yaitu memberikan informasi mengenai gambaran bawah permukaan daerah penelitian. Diharapkan penelitian ini dapat dijadikan suatu referensi ataupun acuan pada penelitian selanjutnya di daerah gunung Sirung, Pantar Tengah, Kabupaten Alor.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Lokasi Daerah Penelitian

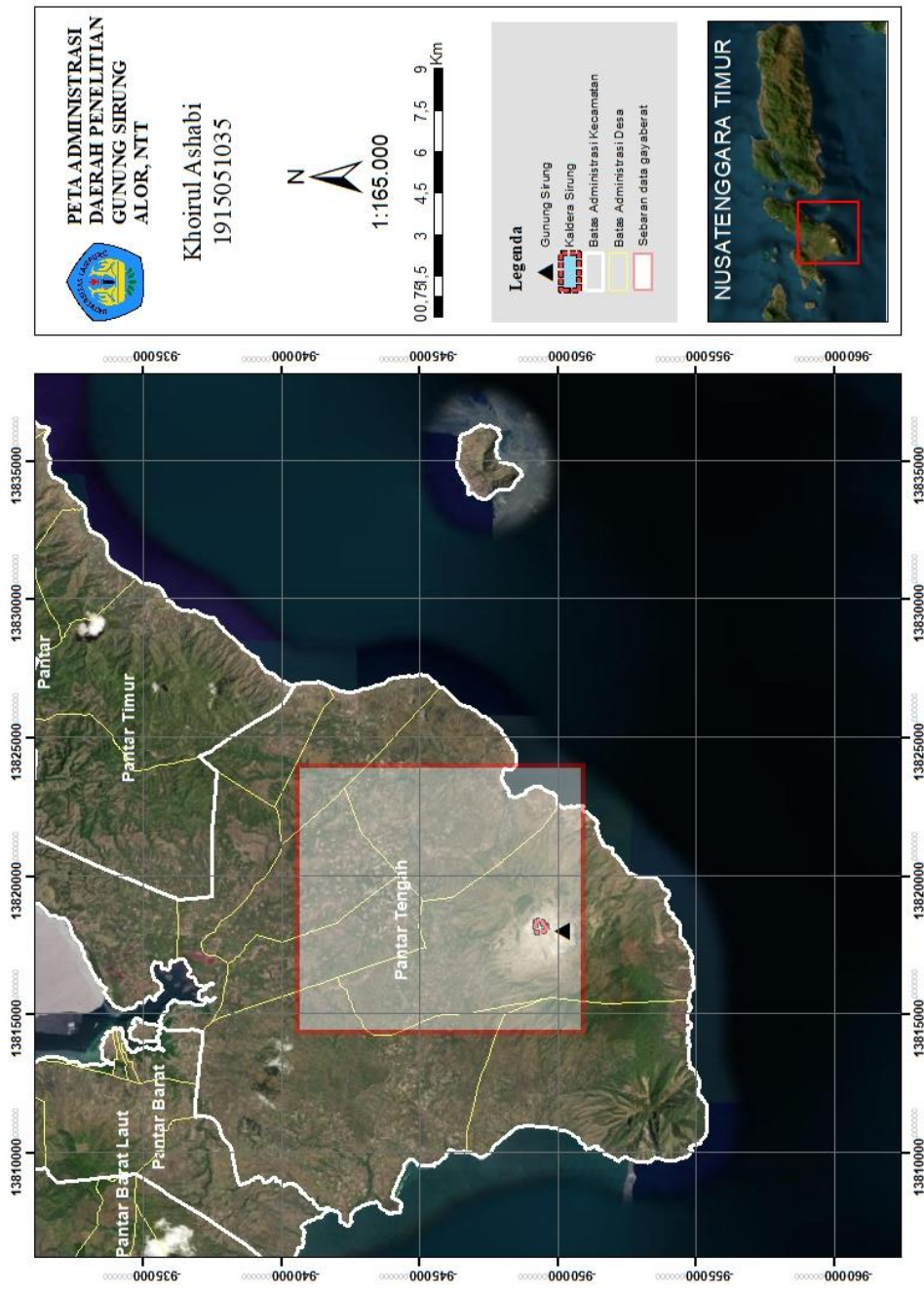
Secara administrasi lokasi gunung sirung sebagai daerah penelitian terletak di mauta, Pantar Tengah, Kabupaten Alor, Provinsi Nusa Tenggara Timur. Penelitian ini dilakukan pada daerah yang ditunjukkan pada **Gambar 1**.

### 2.2. Geologi Regional

Geologi Regional daerah penelitian berada di zona busur vulkanik aktif yang terbentuk akibat subduksi lempeng Indo-Australia di bawah lempeng Eurasia. Gunung ini memiliki kaldera besar dengan beberapa puncak di sekelilingnya. Kaldera yang dimaksud ditunjukkan pada peta **Gambar 2** menggunakan legenda garis putus-putus berwarna merah.

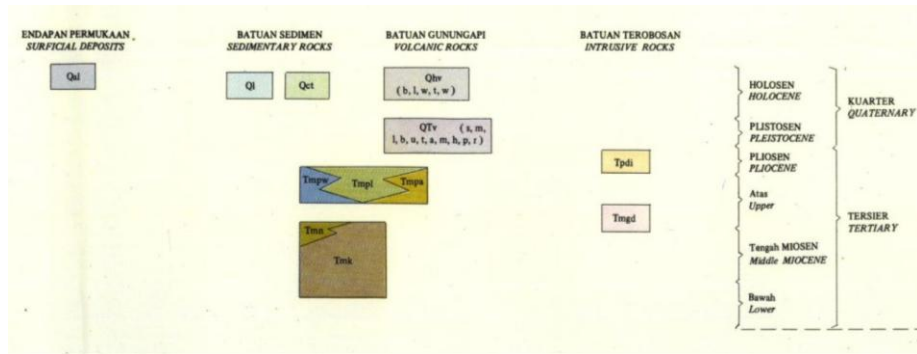
### 2.3. Stratigrafi Daerah Penelitian

Stratigrafi daerah penelitian mengacu pada Peta Geologi Lembar Lomblen, Nusa Tenggara Timur termasuk kedalam batuan produk gunung api Formasi Alor (Tmpa) berupa lava, breksi, dan tufa gampingan, Batuan gunung api tua (Q<sub>Tv</sub>), dan batuan gunung api muda (Q<sub>hv</sub>) dan batugamping koral (Q<sub>l</sub>) serta lapisan Aluvium (Q<sub>al</sub>) sebagai endapan permukaan sebagaimana yang tercantum pada **Gambar 3**.



**Gambar 1.** Sebaran data pada peta administrasi daerah penelitian





**Gambar 3.** Susunan stratigrafi daerah penelitian (Koesoemadinata dan Noya, 1989)

Berdasarkan Peta Geologi Lembar Lomblen Nusa Tenggara Timur (Koesoemadinata dan Noya, 1989). Pada daerah penelitian terdapat beberapa formasi batuan yang diantaranya sebagai berikut:

### 2.3.1. Formasi Alor (Tmpa)

Formasi Alor tersusun atas litologi berupa lava, breksi dan tufa pasiran gampingan. Formasi Waihekan tersusun atas litologi berupa batugamping dan batupasir gampingan. Formasi Laka tersusun atas litologi berupa tufa pasiran gampingan dan tufa napalan. Hubungan ketiga formasi ini menjari dan ketiganya memiliki umur yang sama yaitu antara Miosen atas hingga Pliosen.

### 2.3.2. Batuan Gunungapi Tua (Qtv)

Tersusun atas litologi berupa lava, breksi, aglomerat, tufa, pasir gunung api dan tufa pasiran batuapung.

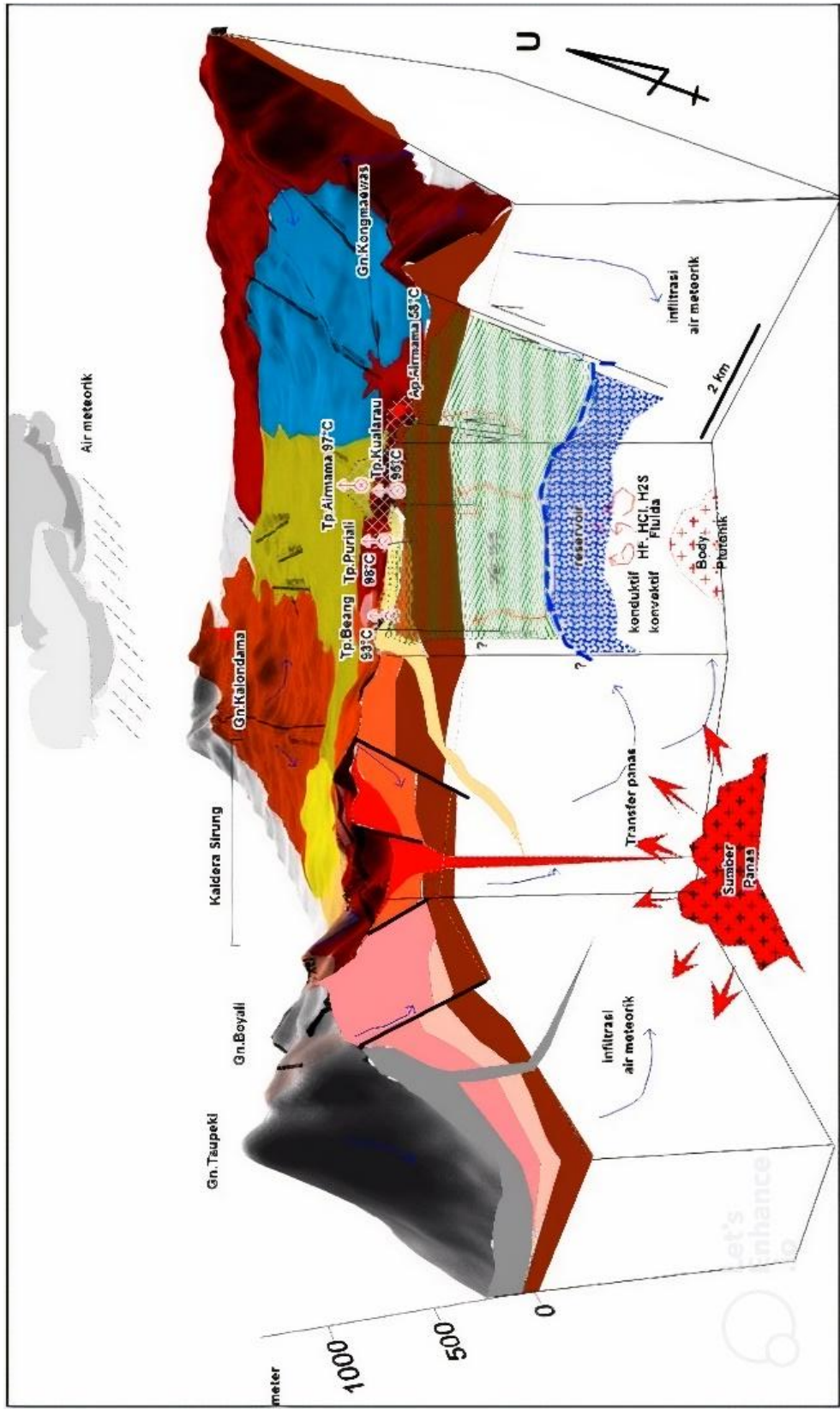
### 2.3.3. Batuan Gunungapi Muda (Qhv) dan Batugamping Koral (Ql)

Batuan gunungapi muda tersusun atas litologi berupa lava, aglomerat, bom, kerikil, pasir dan abu gunungapi. Undak pantai tersusun atas litologi berupa perselingan konglomerat dan batupasir kasar yang sedikit gampingan. Batugamping coral tersusun atas batugamping. Aluvium tersusun atas kerakal dan kerikil andesit, pasir, lanau. Keempat jenis litologi ini memiliki umur yang sama yaitu Holosen.

## 2.4. Sistem Panas Bumi Pulau Pantar

Gunungapi Sirung merupakan kompleks gunungapi yang membentuk kaldera dengan diameter mencapai 3 km dan produk letusannya yang eksplosif tersebar

sebagai piroklastik ke bagian utara. Struktur geologi yang mengontrol aktifitas magmatik berarah baratdaya-timurlaut yang juga mengontrol munculnya tanah panas yang cukup luas di sekitar Airmama hingga Bukit Beang. Kontrol struktur sesar Puriali dan Airmama membentuk zona permeable dalam sistem panas bumi Pantar. Terdapat tiga lokasi mata air panas dan empat lokasi tanah panas yang berada di lereng Sirung, sedangkan di puncak terbentuk fumarol dan solfatara di sekitar danau kawah Sirung yang sangat asam. Temperatur air panas mencapai 99 °C di Kawah Sirung dan > 90°C di sekitar tanah panas. Ilustrasi sistem panas bumi gunung sirung ditunjukkan **Gambar 4**.



Gambar 4. Model tentatif sistem panas bumi Gunung sirung (Hadi, M.N., dan Kusnadi, D. 2015)

## 2.5. Penelitian Terdahulu

Dalam penelitian ini, penulis menggunakan beberapa referensi dari penelitian yang sudah dilakukan sebelumnya pada daerah penelitian maupun daerah lain yang juga memiliki kesamaan substansi. Charisma (2022) melakukan penelitian yang berjudul “Pemisahan Menggunakan *Polynomial Fitting* dan Analisis *Second Vertical Derivative (SVD)* untuk Mengidentifikasi Patahan pada Lapangan Panas bumi Pulau Pantar, Kabupaten Alor” serta bertujuan untuk memperoleh informasi arah struktur patahan daerah penelitian dengan menggunakan produk derivatif SVD serta berkorelasi dengan peta geologi lembar lomben. Hasil yang didapatkan terdapat 4 struktur patahan, dengan 2 struktur pada anomali tinggi dan 2 struktur dengan anomali rendah.

Sugianto (2017) melakukan penelitian yang berjudul “Identifikasi Struktur Sistem Panas Bumi Pantar Berdasarkan Analisis Gradien Horizontal dan Pemodelan 3D Data Gayaberat”, tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi struktur utama pengontrol sistem panas bumi berdasarkan gradien horizontal dan pemodelan 3D. Sehingga didapatkan hasil pemodelan 3D yang menunjukkan beberapa magnitudo maksimum yang berasosiasi dengan struktur sesar berarah baratdaya-timurlaut yang terletak di sekitar daerah Puriali, Beang, dan Airmama, yang kemudian diduga sebagai pengontrol utama sistem panas bumi daerah penelitian.

Fathya (2023) melakukan penelitian yang berjudul “Analisis Anomali *Land Surface Temperature* Menggunakan Citra Satelit Landsat 8 Untuk Identifikasi Prospek Panas Bumi Gunung Sirung Di Kabupaten Alor, Provinsi Nusa Tenggara Timur” dengan tujuan untuk mengetahui mendeteksi keberadaan prospek panas bumi berdasarkan penginderaan jarak jauh serta analisis anomali tinggi *Land Surface Temperature (LST)* dari citra landsat 8. Sehingga didapatkan pola anomali gayaberat pada arah timur laut dari kaldera sirung serta terdapat anomali tinggi suhu permukaan pada lokasi yang sama berdasarkan analisis LST.

### III. TEORI DASAR

#### 3.1. Metode Gayaberat

Metode Gayaberat merupakan metode geofisika yang didasarkan pengukuran variasi medan gayaberat di bumi. Variasi gayaberat di permukaan bumi tersebut dapat disebabkan oleh adanya variasi densitas batuan di bawah permukaan, jenis batuan di bawah permukaan, perbedaan jarak permukaan bumi ke pusat bumi dan adanya perbedaan topografi di permukaan bumi (Sarkowi, 2014). Menurut Djudjun (2005), metode gayaberat merupakan salah satu hal penting dalam banyak masalah yang melibatkan pemetaan bawah permukaan bumi dan studi geologi.

Metode gayaberat didasarkan pada sifat massa, besarnya massa tersebut akan menentukan besarnya gaya tarik-menarik diantara benda tersebut. Metode gayaberat sangat tepat digunakan untuk pendugaan struktur bawah permukaan karena mampu mendeteksi kontras densitas tubuh batuan. Dalam hal ini, perbedaan kontras densitas yang beragam mengindikasikan bahwa struktur bawah permukaan yang beragam jenisnya. Atau dapat dikatakan bahwa distribusi densitas yang tidak seragam di bawah permukaan bumi dapat disebabkan oleh struktur geologi yang ada di dalamnya (Setiadi dkk., 2010).

#### 3.2. Konsep Gayaberat

##### 3.2.1. Gayaberat Newton

Gayaberat Newton memiliki prinsip teori yang didasari Hukum Newton yang menjabarkan mengenai adanya gaya tarik-menarik antara dua massa  $m_1$  dan  $m_2$  yang terpisah sejauh  $r$ , dapat dirumuskan kedalam persamaan (1) (Serway dan Jewett, 2009).

$$\vec{F} = -G \frac{m_1 m_2}{r^2} \quad (1)$$

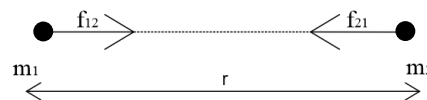
dengan,

$F$  : Gaya Tarik menarik (N)

$m_1, m_2$  : Massa benda 1 dan massa benda 2 (kg)

$r$  : Jarak dua buah benda (m)

$G$  : Konstanta Gravitasi Universal ( $6,67 \cdot 10^{-11} m^3 kg s^{-2}$ )



**Gambar 5.** Gaya tarik-menarik antar dua benda

### 3.2.2. Percepatan Gayaberat

Newton juga menjabarkan keterkaitan antara gaya dan percepatan. Hukum II Newton secara spesifik menjelaskan tentang gerak yaitu gaya sebanding dengan massa benda dikalikan dengan percepatan gayaberat bumi yang dialami benda tersebut, dapat dilihat dari persamaan (2).

$$\vec{F} = m\vec{g} \quad (2)$$

Percepatan sebuah benda bermassa  $m_2$  yang disebabkan oleh tarikan benda bermassa  $m_1$  pada jarak  $r$  secara sederhana dapat dinyatakan dengan persamaan (3) dan turunannya pada percepatan bumi pada persamaan (4).

$$\vec{g} = \frac{\vec{F}}{m} \quad (3)$$

Bila ditetapkan pada percepatan gaya tarik bumi persamaan di atas menjadi

$$\vec{g} = \frac{\vec{F}}{m} = G \frac{M \cdot m}{m \times r^2} = G \frac{M}{r^2} \quad (4)$$

dengan,

$\vec{g}$  : Percepatan gaya Tarik bumi ( $m/s^2$ )

$M$  : Massa bumi (kg)

$m$  : Massa benda (kg)

$\vec{F}$  : Gayaberat (N)

$r$  : Jari-jari bumi (km)

Pengukuran percepatan gayaberat pertama kali dilakukan oleh Galileo, sehingga untuk menghormati Galileo, kemudian didefinisikan:

$$1 \text{ Gall} = 1 \text{ cm/s}^2 = 10^{-2} \text{ m/s}^2 \text{ (dalam c.g.s)}$$

Satuan anomali gayaberat dalam kegiatan eksplorasi diberikan dalam orde miligal (mGall):

$$1 \text{ mGall} = 10^{-3} \text{ Gall}$$

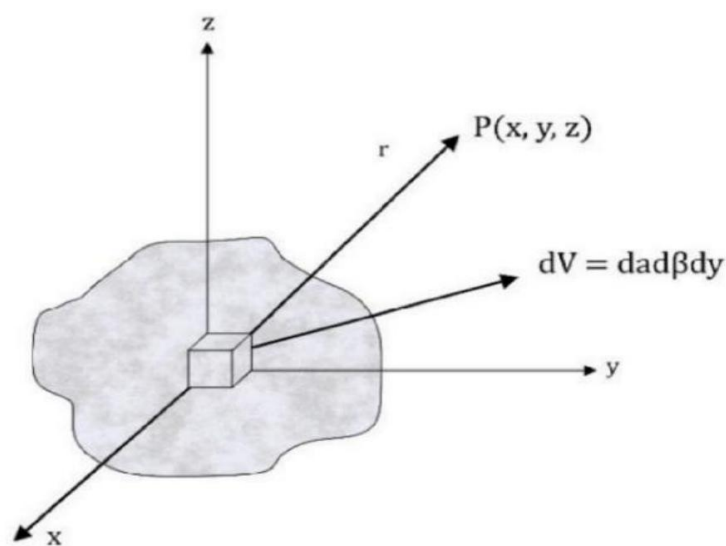
$$1 \mu\text{Gall} = 10^{-3} \text{ mGall} = 10^{-6} \text{ Gall} = 10^{-8} \text{ m/s}^2$$

$$1 \text{ mGall} = 10 \text{ g.u.} = 10^{-5} \text{ m/s}^2$$

Dalam satuan m.k.s, gayaberat diukur dalam g.u. (gravity unit) atau  $\mu\text{m/s}^2$  (Octonovrilna dan Pudja, 2009).

### 3.2.3. Potensial Gayaberat

Potensial gayaberat merupakan suatu energi yang digunakan untuk menempatkan suatu massa di suatu titik ke titik tertentu. Suatu benda yang memiliki massa tertentu pada sistem ruang akan menyebabkan adanya keberadaan medan potensial di sekitarnya. Medan potensial yang terbentuk memiliki sifat konservatif, artinya usaha yang terjadi dalam suatu medan gayaberat tidak berpengaruh pada lintasan yang ditempuhnya dan hanya terpengaruh pada posisi awal dan akhir (Rosid, 2005). **Gambar 6** menunjukkan simulasi arah gaya yang bekerja dalam dimensi 3.



**Gambar 6.** Potensial dan kuat medan massa 3 dimensi (Maulana, 2012).

Suatu massa pada 3 dimensi yang berbentuk sembarang akan terdistribusi secara kontinu dengan rapat massa  $\Delta(\alpha, \beta, \gamma)$ , maka potensial gayaberat di titik  $P(x, y, z)$  diberikan oleh persamaan (5).

$$U(x, y, z) = G \iiint \frac{\Delta(\alpha, \beta, \gamma)}{[(x-\alpha)^2 + (y-\beta)^2 + (z-\gamma)^2]} \quad (5)$$

Medan gayaberat akibat distribusi rapat massa di atas diperoleh dengan mendiferensialkan persamaan (5) terhadap  $x$ ,  $y$  dan  $z$  yang hasilnya adalah persamaan (6) sampai dengan persamaan (8).

$$\Delta g_x(x, y, z) = -G \int_0^\infty \int_{-\infty}^\infty \int_{-\infty}^\infty \frac{\Delta(\alpha, \beta, \gamma)(x-\alpha)}{[(x-\alpha)^2 + (y-\beta)^2 + (z-\gamma)^2]^{3/2}} d\alpha. d\beta. d\gamma \quad (6)$$

$$\Delta g_y(x, y, z) = -G \int_0^\infty \int_{-\infty}^\infty \int_{-\infty}^\infty \frac{\Delta(\alpha, \beta, \gamma)(y-\beta)}{[(x-\alpha)^2 + (y-\beta)^2 + (z-\gamma)^2]^{3/2}} d\alpha. d\beta. d\gamma \quad (7)$$

$$\Delta g_z(x, y, z) = -G \int_0^\infty \int_{-\infty}^\infty \int_{-\infty}^\infty \frac{\Delta(\alpha, \beta, \gamma)(z-\gamma)}{[(x-\alpha)^2 + (y-\beta)^2 + (z-\gamma)^2]^{3/2}} d\alpha. d\beta. d\gamma \quad (8)$$

Dari persamaan (8) akan didapatkan nilai medan gayaberat  $\Delta g$  pada permukaan bumi yang beragam. Medan gayaberat bumi diakibatkan pengaruh oleh distribusi massa di bawah permukaan yang digambarkan oleh fungsi densitas ( $\rho$ ). Sedangkan bentuk dari permukaan bumi yang sebenarnya digambarkan oleh batas integral (Sarkowi, 2007).

### 3.2.4. Densitas Batuan

Densitas atau disebut juga dengan rapat massa batuan merupakan besaran fisik yang sangat penting digunakan dalam pengaplikasian metode gaya berat. Untuk melakukan perhitungan anomali Bouguer kita memerlukan harga densitas rata-rata di daerah survei. Gaya tektonik akan menyebabkan terjadinya variasi densitas pada batuan sedimen. Densitas butir pembentuknya, kandungan fluida yang mengisi pori-porinya, porositas, dan pemadatan akibat tekanan serta pelapukan yang dialami oleh batuan akan mempengaruhi besaran densitas batuan (Brotopuspito, 2001). Berikut merupakan nilai variasi densitas (Telford dkk., 1976) dapat dilihat pada **Tabel 1**.

**Tabel 1.** Nilai densitas batuan (Telford dkk., 1976)

<b>Jenis Batuan</b>	<b>Rentang Densitas (g/cc)</b>	<b>Rata-rata (g/cc)</b>
<i>Overburden</i>		1,92
<i>Soil</i>	1,20-2,40	1,92
<i>Clay</i>	1,63-2,60	2,21
<i>Gravel</i>	1,70-2,40	2,00
<i>Sand</i>	1,70-2,30	2,00
<i>Sandstone</i>	1,61-2,76	2,35
<i>Shale</i>	1,77-3,20	2,40
<i>Limestone</i>	1,93-2,90	2,55
<i>Dolomit</i>	2,28-2,90	2,70
<i>Loess</i>	1,40-1,93	1,64
<i>Silt</i>	1,80-2,20	1,93
<i>Chalk</i>	1,53-2,60	2,01
<i>Halite</i>	2,10-2,60	2,22
<i>Glacier Ice</i>	0,88-0,92	0,90
<i>Rhyolite</i>	2,35-2,70	2,52
<i>Andesit</i>	2,40-2,80	2,61
<i>Granite</i>	2,50-2,81	2,64
<i>Granodiorite</i>	2,67-2,79	2,73
<i>Porphyry</i>	2,60-2,89	2,74
<i>Quartz diorite</i>	2,62-2,96	2,79
<i>Diorite</i>	2,72-2,99	2,85
<i>Lavas</i>	2,80-3,00	2,90
<i>Diabase</i>	2,50-3,20	2,91
<i>Basalt</i>	2,70-3,30	2,99
<i>Gabbro</i>	2,70-3,50	3,03
<i>Peridotite</i>	2,78-3,37	3,15
<i>Syenite</i>	2,60-2,95	2,77
<i>Acid igneous</i>	2,30-3,11	2,61
<i>Basic igneous</i>	2,09-3,17	2,79
<i>Quartzite</i>	2,50-2,70	2,60
<i>Schists</i>	2,39-2,90	2,64
<i>Graywacke</i>	2,60-2,70	2,65
<i>Marble</i>	2,60-2,90	2,75
<i>Serpentine</i>	2,40-3,10	2,78
<i>Slate</i>	2,70-2,90	2,79
<i>Gneiss</i>	2,59-3,00	2,80
<i>Amphibolite</i>	2,90-3,04	2,96
<i>Eclogite</i>	3,20-3,54	3,37
<i>Phyllite</i>	2,68-2,80	2,74
<i>Granulite</i>	2,52-2,70	2,65

### 3.3. Koreksi dalam Metode Gayaberat

Dalam mengolah data gayaberat diperlukan beberapa koreksi-koreksi yang harus dilakukan untuk mengurangi besarnya *noise-noise* yang ditimbulkan. Adapun koreksi data gayaberat meliputi beberapa koreksi di antaranya:

#### 3.3.1. Koreksi Lintang

Karena bumi yang berotasi dan ellipsoid, menyebabkan jari-jari bumi bervariasi untuk lintang yang berbeda. Perbedaan jari-jari bumi tersebut juga menyebabkan nilai gayaberat/gravitasi yang berbeda di berbagai daerah, maka dari itu perlu dilakukan koreksi lintang. Koreksi lintang ( $g\theta$ ) dapat dilakukan dengan persamaan 9 (Blakely, 1996).

$$(\theta) = 978032,7 (1 + 0,0053024 \sin 2\theta - 0,0000058 \sin 2\theta) \quad (9)$$

#### 3.3.2. Koreksi Udara Bebas (*Free Air Correction*)

Pengukuran gayaberat yang dilakukan pada ketinggian  $h$  dari mean sea level akan mengakibatkan nilai  $g$  yang semakin kecil, sehingga harus dilakukan koreksi pada pembacaan alat. Koreksi udara bebas digunakan untuk memperoleh nilai pembacaan gravitasi absolut pada titik observasi (Syamsuriadi, 2013). Menurut Brotopuspito (2001) persamaan (10) digunakan untuk koreksi udara bebas.

$$FAC = 0,3086 \times h \quad (10)$$

dengan,

$FAC$  : *Free Air Correction*

$h$  : Ketinggian (m)

Untuk memperoleh nilai *Free Air Anomali* (FAA) atau anomali udara bebas, dapat menggunakan persamaan (11).

$$FAA = g_{obs} - g_{\varphi} + 0,3086 h \quad (11)$$

dengan,

$FAC$  : *Free Air Anomali*

$g_{obs}$  : Gravitasi Observasi

### 3.3.3. Koreksi Bouguer

Koreksi Bouguer digunakan untuk menghilangkan pengaruh akan keberadaan massa batuan yang menempati ruang antara titik pengukuran dan bidang acuan. Besar koreksi ini dapat dihitung berdasarkan persamaan (12) dan (13)

$$BC = 2\pi G\rho h \quad (12)$$

Karena  $2\pi G=0,04191$  maka (Brotopuspito, 2001),

$$BC = 0,04191\rho h \quad (13)$$

dengan,

$BC$  : *Bouguer Correction* (mGal/m)

$G$  : Konstanta Gravitasi ( $6,67 \times 10^{-11} \text{m}^3/\text{kg}\cdot\text{s}^2$ )

$\rho$  : Rapat massa batuan rata-rata ( $2,67 \text{ gr}/\text{cm}^3$ )

$h$  : Ketinggian (m)

rapat massa batuan rata-rata ( $\rho$ ) akan dihitung dengan menggunakan rumus Nettleton dan Parasnis.

### 3.3.4. Koreksi Medan (*Terrain Correction*)

Kondisi topografi di sekitar titik pengamatan terkadang tidak beraturan seperti adanya lembah atau bukit yang juga mempengaruhi nilai gayaberat di titik pengamatan. Bukit mempunyai efek yaitu memperkecil percepatan gayaberat. Karena itu koreksi medan untuk bukit harus ditambahkan yang berarti bahwa lembah disekitar titik pengamatan dianggap mempunyai massa batuan (Dobrin, 1960). Koreksi medan digunakan untuk meninjau kembali adanya penyebaran massa yang tidak teratur pada sekitar titik pengukuran. Pada koreksi Bouguer menggambarkan titik akuisisi pengukuran pada lapangan yang terletak pada suatu bidang datar yang sangat luas. Sedangkan kondisi di lapangan terdapat topografi atau ketinggian yang tidak datar akan tetapi ada kumpulan gunung atau perbukitan. Jika hanya menggunakan koreksi Bouguer saja akan menghasilkan data yang kurang baik. Dari kenyataan di atas, pengaruh material yang ada di sekitar baik material yang ada berada di atas maupun di bawah titik pengukuran turut memberi

tambahan terhadap hasil pengukuran di titik pengukuran tersebut, sehingga harus dilakukan koreksi topografi terlebih jika di medan pengukuran memiliki topografi yang tidak beraturan seperti rangkaian pegunungan ataupun bukit (Susilawati, 2005). Jika keadaan topografi pengukuran pada area datar, maka koreksi medan dapat dihilangkan. Persamaan (14) digunakan untuk koreksi medan.

$$g = \frac{0.04193}{n} \rho \left\{ (r_2 - r_1) + \sqrt{r_2^2 + L^2} - \sqrt{r_1^2 + L^2} \right\} \quad (14)$$

dengan,

$g$  : Respon gayaberat (mGal)

$n$  : Jumlah Kompartemen tiap zona

$\rho$  : Densitas (g/cc)

$r_1$  : Jari-jari radius dalam (m)

$r_2$  : Jari-jari radius luar (m)

Untuk menghitung pengaruh medan atau koreksi medan dapat menggunakan pelat transparan yang disebut *Hammer Chart* yang ditempatkan di atas peta topografi. *Hammer chart* akan membagi daerah pada sekitar titik pengukuran pada beberapa zona yang merupakan bagian dari silinder konsentris.

### 3.4. Analisis Spektrum

Analisis spektrum memiliki tujuan untuk mendapatkan nilai kedalaman suatu benda anomali gayaberat dari bawah permukaan. Metode analisis spektrum memanfaatkan transformasi Fourier guna mengubah suatu fungsi waktu dan jarak menjadi suatu fungsi frekuensi atau bilangan gelombang (Blakely, 1996). Analisis spektrum dilakukan untuk mengetahui batas Anomali Bouguer regional dan residual daerah penelitian. Hasil dari analisis spektrum ini selanjutnya digunakan untuk mengestimasi lebar jendela untuk filtering anomali gayaberat. Suatu transformasi Fourier digambarkan dengan proses memisahkan suatu gelombang ke dalam bentuk gelombang sinus dengan frekuensi yang bervariasi. Hasil dari penjumlahan pada gelombang-gelombang tersebut adalah bentuk gelombang aslinya (Kadir, 2000). Spektrum diperoleh dari nilai potensial yang terdapat pada suatu bidang horizontal. Persamaan (15)

merupakan persamaan yang digunakan untuk transformasi Fourier (Blakely, 1996):

$$F(U) = \gamma \mu F\left(\frac{1}{r}\right) \text{ dan } F\left(\frac{1}{R}\right) = 2\pi \frac{e^{|k|(z_0-z_1)}}{|k|} \quad (15)$$

dengan,

$$z_1 > z_0, |k| \neq 0$$

$U$  : Potensial gaya berat

$\mu$  : Anomali rapat massa

$\gamma$  : Konstanta gayaberat

$r$  : Jarak

Gerak vertikal gravitasi yang disebabkan oleh suatu titik massa adalah turunan derivatif dari potensial gayaberatnya (ditunjukkan oleh persamaan, (16), (17), dan (18)).

$$g_z = Gm \frac{\partial}{\partial z} \frac{1}{r} \quad (16)$$

$$F(g_z) = Gm F \frac{\partial}{\partial z} \frac{1}{r} \quad (17)$$

$$F(g_z) = Gm \frac{\partial}{\partial z} F \frac{1}{r} \quad (18)$$

Transformasi Fourier pada lintasan yang diinginkan menggunakan persamaan (19)

$$F(g_z) = 2\pi Gm e^{|k|(z^0-z^1)}, z_1 > z_0 \quad (19)$$

Jika distribusi rapat massa bersifat acak dan tidak ada korelasi antara masing-masing nilai gayaberat, maka  $m=1$  sehingga hasil transformasi Fourier anomali gayaberat menjadi persamaan (20),

$$A = C e^{|k|(z^0-z^1)} \quad (20)$$

dengan,

$A$  : amplitudo

$C$  : konstanta

Untuk memperoleh hubungan antara amplitudo ( $A$ ) dengan bilangan gelombang ( $k$ ) dan kedalaman ( $z_0-z_1$ ) dilakukan dengan melogaritmakan persamaan  $A = C e^{|k|(z^0-z^1)}$ , sehingga bilangan gelombang  $k$  berbanding lurus dengan *spectral amplitude* sesuai dengan Persamaan (21) dan (22)

$$\ln A = \ln 2\pi Gm e^{|k|(z^0-z^1)} \quad (21)$$

$$\ln A = (z^0 - z^1)|k| + \ln C \quad (22)$$

Persamaan di atas dapat dianalogikan dalam persamaan (4) garis lurus

$$y = mx + c \quad (23)$$

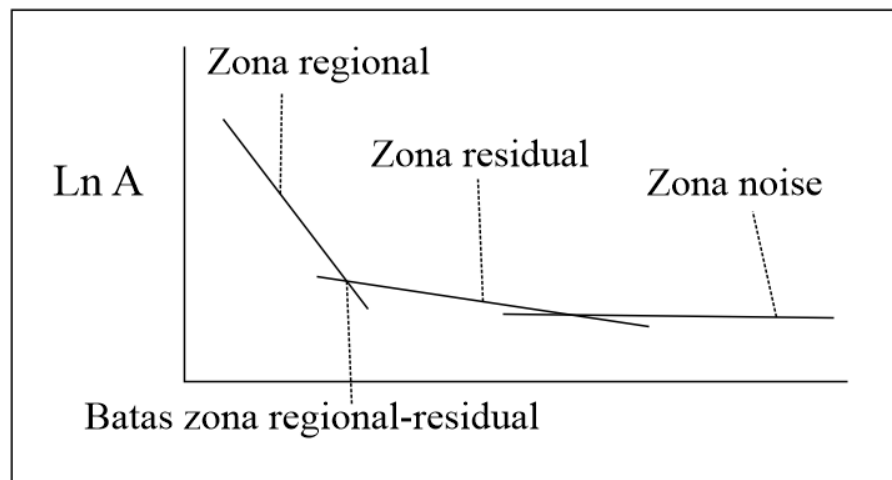
Dengan  $\ln A$  sebagai sumbu y,  $|k|$  sebagai sumbu x, dan  $(z_0 - z_1)$  sebagai kemiringan garis (gradien). Oleh karena itu, kemiringan garisnya merupakan kedalaman bidang dalam dan dangkal  $|k|$  sebagai sumbu x didefinisikan dengan bilangan gelombang yang besarnya  $2\pi/\lambda$  dan satuannya cycle/meter, dengan  $\lambda$  adalah panjang gelombang. Persamaan (24) merupakan asal mula hubungan dari  $\Delta x$

$$\Delta x k = \frac{2\pi}{\lambda} = \frac{2\pi}{k_c \Delta x} \quad (24)$$

nilai sama dengan  $\Delta x$ , ada faktor lain pada  $\Delta x$  yang disebut konstanta pengali, sehingga  $\lambda = N \cdot \Delta x$ , konstanta N didefinisikan sebagai lebar jendela, jadi lebar jendela dapat dirumuskan pada persamaan (25)

$$N = \frac{2\pi}{k_c \Delta x} \quad (25)$$

Dengan  $\Delta x$  adalah domain spasi yang akan digunakan dalam *Fast Fourier Transform* (FFT), dan  $k_c$  adalah bilangan gelombang *cutoff*. Semakin besar nilai  $k$ , maka nilai frekuensi akan tinggi. Hubungan bilangan gelombang  $k$  dengan frekuensi  $f$  adalah  $k = 2\pi f$ , frekuensi yang sangat rendah berasal dari sumber anomali regional dan frekuensi tinggi berasal dari sumber anomali residual. **Gambar 7** menunjukkan Kurva  $\ln A$  terhadap  $k$  menurut Blakely, 1996.



**Gambar 7.** Kurva  $\ln A$  terhadap  $k$  (Blakely, 1996).

### 3.5. Filter Moving Average

Filter *moving average* merupakan salah satu metode penapisan *low pass filter*, dimana metode ini menghilangkan frekuensi tinggi dan meloloskan frekuensi rendah. Data Anomali Bouguer lengkap ditapis menggunakan metode ini dengan lebar jendela merupakan rata-rata dari setiap lintasan yang telah melalui analisis spektrum. Hasil yang didapatkan disebut dengan anomali regional. Sedangkan anomali residual diperoleh dengan cara melakukan proses pengurangan pada Anomali Bouguer lengkap dengan anomali regional. Pada prinsipnya nilai lebar jendela yang digunakan semakin besar maka nilai anomali residual yang diperoleh akan semakin mendekati nilai Anomali Bouguer (Setiadi dkk., 2010).

Pemisahan Anomali Bouguer menjadi anomali regional dan anomali residual digunakan untuk mempermudah proses interpretasi kualitatif. Salah satu filter yang digunakan dalam memisahkan anomali ini dapat dilakukan dengan filter *moving average*. Filter *moving average* memiliki perhitungan dengan cara mencari nilai rata-rata anomalnya. Hasil rata-rataan dari filter adalah anomali regional, sedangkan anomali residual diperoleh dengan mengurangkan data hasil pengukuran gayaberat atau Anomali Bouguer lengkap dengan anomali regional seperti yang ditunjukkan pada persamaan (26) dan (27).

$$\Delta g_{reg}(i) = \frac{\Delta g + \dots + \Delta g(i) + \dots + \Delta g(i+n)}{N} \quad (26)$$

Keterangan:

$I$  : nomor stasiun

$N$  : lebar jendela

$$N = \frac{N-1}{2} \quad (27)$$

$\Delta g_{reg}$  : besarnya anomali regional

Sedangkan penerapan *moving average* pada peta dua dimensi, harga pada suatu titik dapat dihitung dengan merata-ratakan semua nilai di dalam sebuah kotak persegi dengan titik pusat adalah titik yang akan dihitung harganya. Misalnya *moving average* dengan lebar jendela 3 maka terjadi persamaan (28)

$$\Delta g_{reg} = \frac{1}{9} \sum_{n=1}^9 \Delta g(n) \quad (28)$$

Nilai anomali residual  $\Delta g_{res}$  dihitung dengan menggunakan persamaan (29)

$$\Delta g_{res} = \Delta g - \Delta g_{reg} \quad (29)$$

Dengan  $\Delta g$  adalah Anomali Bouguer total (Diyanti, 2014).

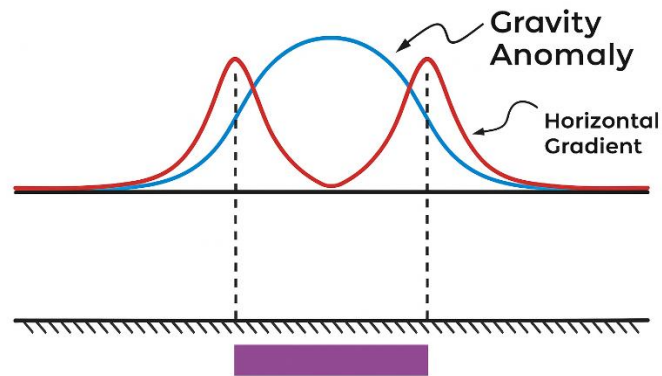
Filter moving average sangat umum digunakan untuk filter pada DSP (*Digital Signal Processing*), secara umum dikarenakan filter *moving average* sangat mudah digunakan untuk dan mudah untuk dimengerti. Hasil akhir dari pengolahan Anomali Bouguer menggunakan filter *moving average* adalah anomali regional (Nugraha, 2016).

### 3.6. *First Horizontal Derivative*

Produk turunan derivatif ini adalah langkah analisis yang digunakan untuk memperkirakan struktur atau lapisan pertama dari bawah permukaan yang terdeteksi dari data anomali gravitasi. *First Horizon Derivative* ini adalah analisis matematis dari laju perubahan medan gravitasi sepanjang kedalaman tertentu (horizon pertama), yang sering kali membantu dalam mengidentifikasi perubahan densitas bawah permukaan secara lebih akurat (Telford, dkk., 1976). *First Horizon Derivative* berguna dalam mengetahui keadaan bawah permukaan berdasarkan prakiraan interpretasi data gayaberat, serta perubahan pertama dari anomali gravitasi pada kedalaman tertentu, yang sering disebut sebagai derivatif pertama. Adapun analisis yang dilakukan bertujuan untuk membantu dalam memetakan dan menggambarkan lapisan atau struktur bawah permukaan dengan lebih tepat, serta untuk mendapatkan gambaran yang lebih jelas tentang distribusi massa yang memengaruhi medan gravitasi (Hinze, dkk., 2013). Persamaan dari *first horizontal derivative* (FHD) dapat dihitung dengan persamaan (30).

$$f(x, y) = \sqrt{\left(\frac{\partial g}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial g}{\partial y}\right)^2} \quad (30)$$

Dengan,  $g$  : nilai anomali (mGal).



**Gambar 8.** Keberadaan benda dibawah permukaan yang ditunjukkan grafik nilai gradien horizontal (Blakely ,1996).

### 3.7. *Second Vertical Derivative*

*Second Vertical Derivative* (SVD) dilakukan untuk memunculkan efek dangkal dari pengaruh regionalnya yang digunakan untuk mendeteksi anomali yang disebabkan oleh struktur. *Second Vertical Derivative* (SVD) ini yaitu diturunkan dari persamaan Laplace. Adapun secara teoritis metode ini diturunkan dari persamaan Laplace pada persamaan (31) dan (32) untuk anomali gayaberat di permukaan.

$$\nabla^2 \cdot \Delta g = 0 \quad (31)$$

atau:

$$\frac{\partial^2 \Delta g}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \Delta g}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \Delta g}{\partial z^2} = 0 \quad (32)$$

sehingga *second vertical derivative*-nya diberikan oleh persamaan (33)

$$\frac{\partial^2 \Delta g}{\partial z^2} = -\frac{\partial^2 \Delta g}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \Delta g}{\partial x^2} \quad (33)$$

Kemudian untuk data 1-D (data penampang) ditunjukkan dengan persamaan (34)

$$\frac{\partial^2 \Delta g}{\partial z^2} = \frac{\partial^2 \Delta g}{\partial x^2} \quad (34)$$

Persamaan SVD data 1-D di atas menunjukkan bahwa *second vertical derivative* dari suatu anomali gayaberat permukaan adalah sama dengan negatif dari derivatif orde dua horizon. Artinya bahwa anomali *second vertical derivative* dapat melalui derivatif horizontal yang secara praktis lebih mudah

dikerjakan. Nilai nol turunan kedua dari Anomali Bouguer sama diinterpretasikan sebagai kontak dari kontras densitas antar dua lapisan batuan, dimana kontak tersebut dapat dikatakan sebagai struktur sesar ataupun intrusi (Sarkowi, 2010). **Tabel 2**, **Tabel 3**, dan **Tabel 4** merupakan Operator filter SVD berdasarkan para ahli

**Tabel 2.** Operator Henderson *and* Zietz (1949)

<b>Operator Filter SVD menurut Henderson <i>and</i> Zietz (1949)</b>				
0,0000	0,0000	-0,0838	0,0000	0,0000
0,0000	1,0000	-2,6667	1,0000	0,0000
-0,0838	-2,6667	17,0000	-2,6667	-0,0838
0,0000	1,0000	-2,6667	1,0000	0,0000
0,0000	0,0000	-0,0838	0,0000	0,0000

**Tabel 3.** Operator Elkins (1951)

<b>Operator Filter SVD menurut Elkins (1951)</b>				
0,0000	-0,0833	0,0000	-0,0833	0,0000
-0,0833	-0,6667	-0,0334	-0,6667	-0,0833
0,0000	-0,0334	-1,0668	-0,0334	0,0000
-0,0833	-0,6667	-0,0334	-0,6667	-0,0833
0,0000	-0,0833	0,0000	-0,0833	0,0000

**Tabel 4.** Operator Rosenbach (1953)

<b>Operator Filter SVD menurut Rosenbach (1953)</b>				
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

### 3.8. *Invers Modelling*

Inversi *modelling* adalah suatu metode interpretasi dimana mekanisme untuk memperoleh kecocokan data perhitungan dan data pengamatan dilakukan secara otomatis. Pada pemodelan inversi, satu atau lebih parameter model

dapat dihitung secara otomatis dari data pengamatan sehingga menghasilkan respon yang sesuai. Pemodelan inversi sering disebut data fitting atau pencocokan data dikarenakan tahapanya melakukan pencarian parameter model yang menghasilkan respon yang cocok dengan data pengamatan (Grandis, 2009).

Kesesuaian antara respons model dengan data pengamatan umumnya dinyatakan oleh suatu fungsi objektif yang harus diminimumkan. Proses pencarian minimum fungsi obyektif tersebut berasosiasi dengan proses pencarian model optimum. Karakteristik minimum suatu fungsi tersebut digunakan untuk pencarian parameter model. Secara lebih umum model dimodifikasi sedemikian rupa hingga respons model menjadi fit dengan data (Sarkowi, 2014).

## IV. METODOLOGI PENELITIAN

### 4.1. Tempat dan Waktu Penelitian

Adapun tempat dan waktu pelaksanaan penelitian ini sebagai berikut:

Waktu : November-Desember 2025

Tempat : Laboratorium Pengolahan dan Pemodelan Data Geofisika,  
Teknik Geofisika Universitas Lampung.

Alamat : Lt.3 Jurusan Teknik Geofisika – Jl. Brojonegoro No.1 Gedong  
Meneng, Rajabasa, Kec. Rajabasa, Kota Bandar Lampung.

### 4.2. Alat dan Bahan

Adapun alat dan bahan yang digunakan dalam melakukan Penelitian ini tertera pada **Tabel 5**.

**Tabel 5.** Alat dan bahan

No.	Alat & Bahan	Fungsi
1.	Data GGMplus	Data yang digunakan dalam pengolahan
2.	<i>Softfile</i> Peta Lembar Geologi	Referensi Geologi Daerah Penelitian dan Korelasi terhadap SVD
3.	Laptop	Hardware Pengolahan Data
4.	<i>Software</i> ArcGIS 10.8	Software untuk membuat Peta Lokasi
5.	<i>Software</i> Surfer 13	Software untuk melakukan pemisahan Anomali Regional dan Anomali Residual
6.	<i>Software</i> Grav3D	Software untuk pemodelan inversi

Jadwal penelitian dapat dilihat dari **Tabel 6**.

**Tabel 6.** Jadwal Penelitian.

<b>Jadwal Kegiatan</b>	<b>November</b>				<b>Desember</b>				<b>Januari</b>			
<i>Minggu ke</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>
Studi Literatur	■	■	■	■								
Penyusunan Proposal					■	■	■					
Seminar Usul							■					
Pengolahan Data							■	■				
Analisis dan Interpretasi								■	■			
Penyusunan Laporan Hasil									■			
Seminar Hasil										■		
Revisi Hasil										■	■	
Ujian Komprehensif											■	

### 4.3. Prosedur dan Penelitian

Adapun prosedur percobaan yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

#### 4.3.1. Data Global Gravity Model Plus 2013

Data GGM Plus 2013 merupakan salah satu data gravitasi satelit. Data ini adalah model komposit atau gabungan yang memurnikan model gravitasi yang ada dari pelacakan satelit ruang angkasa (GRACE, GOCE, dan EGM2008) dan data terestrial dengan informasi data gravitasi topografi resolusi tinggi yang berasal dari data topografi SRTM. Data GGMplus dibuat dari hasil kolaborasi penelitian dari Universitas Curtin dan Universitas Teknik Munich. Terdapat lima data dalam GGMplus, yaitu gravity disturbance, percepatan gravitasi, defleksi komponen vertical Utara-Selatan dan Barat-Timur, serta undulasi quasigeoid (Suprianto dkk., 2021). Jika dibandingkan dengan data gravitasi satelit lain seperti TOPEX atau BGI, GGMplus memiliki resolusi spasial yang paling tinggi, dengan spasi antar titik kurang lebih 220 m (Hirt dkk., 2013).

Prinsip pengukuran data gravitasi GGMplus yaitu menggunakan dua satelit, yaitu satelit gravitasi GRACE dan GOCE. Kedua satelit tersebut mengukur percepatan gravitasi bumi dengan pengukuran pasif, dengan memanfaatkan respon alami dari sumber anomali menggunakan mode satellite to satellite tracking (SST) relative terhadap bumi (Hinze dkk., 2013).

#### 4.3.2. Analisis Spektrum

Dalam tahap ini dilakukan Transformasi Fourier dengan data *Complete Bouguer Anomali* dalam mengubah domain data dari spasial jarak ke spasial frekuensi. Software yang digunakan adalah software Numeri. Hasil dari proses FFT adalah nilai *real* dan imajiner pada setiap lintasan data diolah menggunakan *Microsoft Excel* sehingga didapatkan nilai amplitudo ( $A$ ),  $\ln A$ , frekuensi dan nilai bilangan gelombang  $k$ . Nilai amplitudo ( $A$ ) dilakukan perhitungan matematis sehingga mendapatkan

nilai real dan imajiner. Nilai  $\ln A$  dihasilkan yaitu dengan melogaritmakan nilai amplitudo ( $A$ ). Perhitungan nilai frekuensi bergantung pada domain spasial, dimana dalam mencari besarnya nilai  $k$ . Setelah nilai terhitung maka dilakukan plotting pada nilai  $k$  dan nilai  $\ln A$ . sehingga akan diperoleh nilai *cut off* pada daerah tersebut yang akan digunakan pada penentuan besarnya lebar jendela.

#### 4.3.3. Pemisahan Anomali Regional dan Residual

Anomali Bouguer pada metode gayaberat disebabkan oleh perbedaan densitas batuan, baik yang berada dekat dengan permukaan bumi maupun yang jauh dari permukaan bumi. Efek yang berasal dari batuan pada daerah dangkal disebut dengan anomali regional sedangkan efek yang berasal dari batuan yang dalam disebut dengan anomali residual. Dalam penelitian metode gayaberat ini menggunakan anomali Bouguer lengkap yang dipisahkan dengan noisenya. Pemisahan menggunakan penapis *moving average* dengan nilai input anomali kedalaman residual. Perangkat lunak yang digunakan untuk proses ini adalah perangkat lunak Surfer, proses pemisahan anomali dimulai dengan menginputkan data anomali Bouguer ke dalam perangkat lunak Surfer lalu nilai lebar jendela anomali kedalaman residual yang didapatkan pada proses analisis spektral dimasukkan sebagai nilai *input* pemisahan.

#### 4.3.4. Analisis Derivatif

Pada prosedur tahapan analisis *derivative*, digunakan dua buah filter derivatif terhadap data anomali residual yang sebelumnya sudah didapatkan dari hasil pemisahan. Sedangkan anomali regional dianggap sebagai *noise* karena anomali tersebut adalah anomali yang terjadi karena amplitudo gelombang yang sangat panjang dan frekuensi sangat kecil. Hal ini menandakan bahwa kondisi tersebut merupakan daerah dengan kedalaman yang sangat dalam yang merupakan lapisan homogen dari bumi. Analisis derivatif dilakukan menggunakan *software* Surfer 13. Analisis pertama dilakukan dengan menggunakan filter FHD (*First Horizontal Derivative*), yaitu dengan menggunakan *prewitt*

*coloum detector* untuk FHD Y dan *prewitt row detector* untuk FHD X yang kemudian dilakukan penggabungan dengan menggunakan rumus FHD total pada persamaan (38). Analisis selanjutnya adalah SVD (*Second Vertical Derivative*), menggunakan filter berdimensi 5 x 5 dengan memasukkan operator SVD Elkins yang terdapat pada Tabel 2. Hasil dari analisis ini nantinya berupa peta anomali SVD dan FHD yang dikorelasikan dengan pengambilan lintasan memotong kontras anomali pada peta menggunakan *software* Geosoft dan kemudian data dari setiap lintasan dimasukkan ke dalam excel untuk dijadikan kurva SVD dan FHD. Setelah itu kedua data derivatif dikorelasikan, dimana struktur patahan ditandai dengan nilai FHD yang maksimum atau minimum pada lintasan, kemudian pada lintasan yang sama nilai SVD berada pada kontur anomali nol. Jika hanya memenuhi satu persyaratan atau tidak keduanya maka tidak dapat disebut sebagai struktur patahan.

#### **4.3.5. Pemodelan Bawah Permukaan**

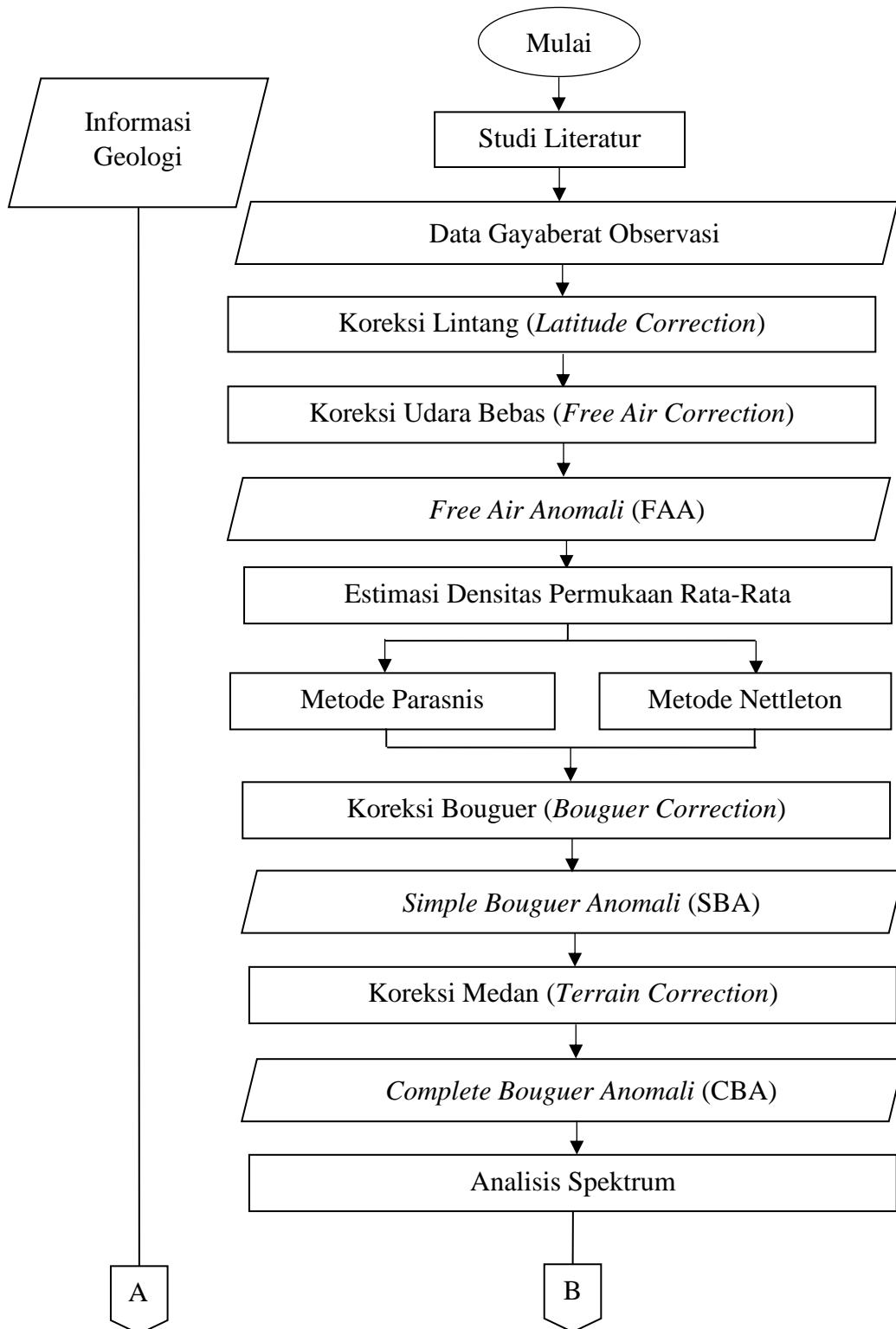
Pemodelan bawah permukaan pada daerah penelitian kali ini yaitu dengan melakukan *inverse modelling*. 3D dengan *inverse modelling* menggunakan *software* Grav3D, *Software Meshtool*, dan juga menggunakan *software* Oasis Montaj. Pemodelan inversi 3D bertujuan untuk mengestimasi kedalaman reservoirs panas bumi pada daerah penelitian.

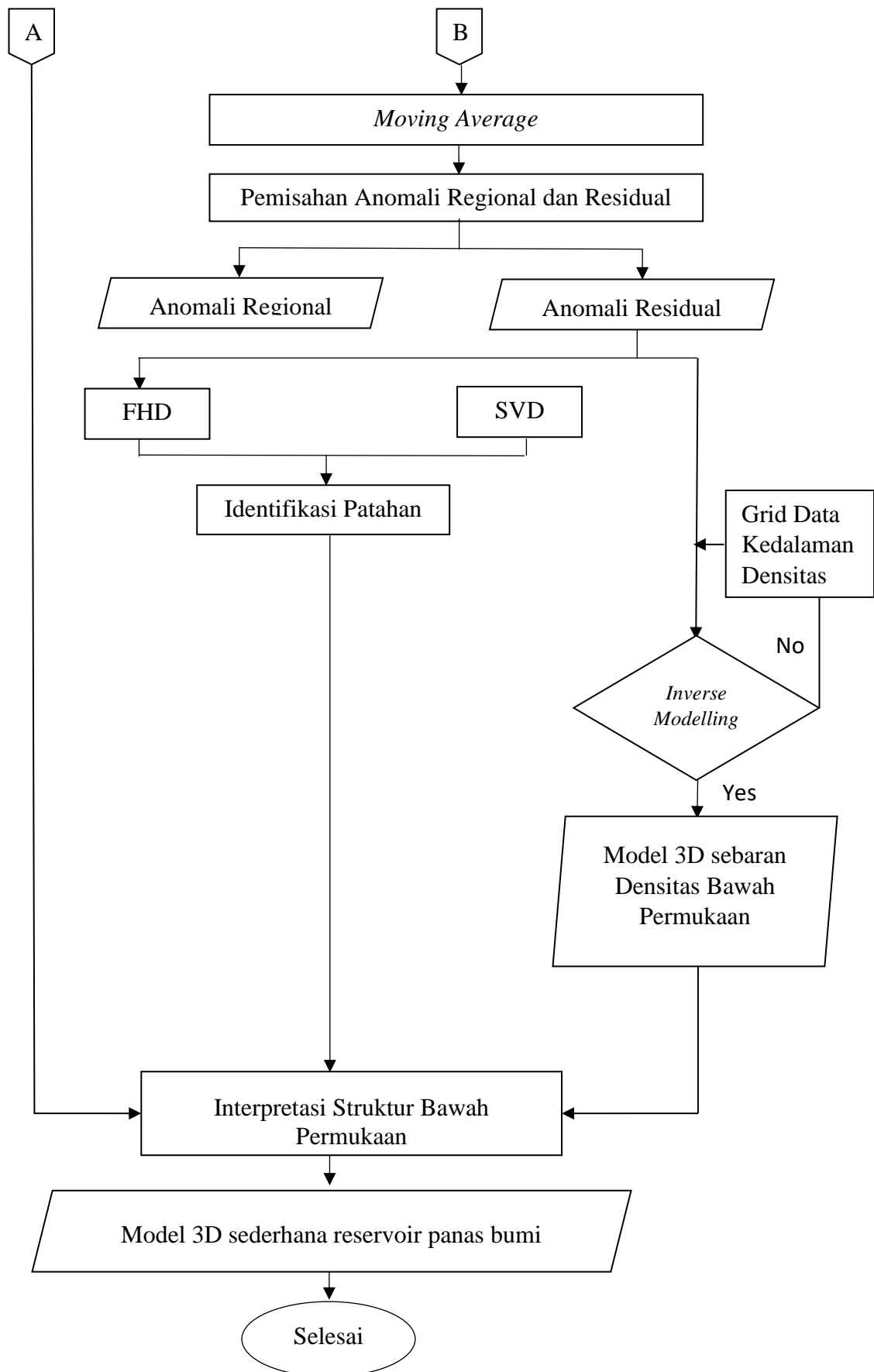
#### **4.3.6. Tahap Interpretasi**

Prosedur terakhir yang dilakukan adalah interpretasi struktur patahan. Tahapan ini dilakukan secara kualitatif untuk melihat dugaan keterdapatan struktur patahan yang ada di daerah penelitian. Dari hasil analisis derivatif yang telah dilakukan dan mendapatkan dugaan patahan maka dilakukan pencocokan dengan data geologi lapangan yang diperoleh dari peta geologi daerah penelitian dan juga studi literatur. Dari proses ini akan didapatkan dugaan patahan yang cocok dengan data geologi dan juga dugaan patahan yang tidak mempunyai kecocokan yang disajikan dalam bentuk peta.

#### 4.4. Diagram Alir

Adapun Diagram Alir alir pada penelitian ini adalah:





## VI. KESIMPULAN DAN SARAN

### 6.1. Kesimpulan

Dari penelitian ini dapat diambil kesimpulan sebagai berikut

1. Anomali Bouguer di daerah penelitian berkisar antara 70 mGal hingga 145 mGal. Anomali bernilai tinggi diduga disebabkan oleh keberadaan batuan dengan densitas relatif lebih besar dibandingkan batuan di sekitarnya. Sementara itu, anomali Bouguer bernilai rendah diinterpretasikan sebagai pengaruh zona sesar yang berimpit dengan area manifestasi air panas serta batuan ubahan. Analisis *Second Vertical Derivative* (SVD) bernilai nol dan *First Horizontal Derivative* (FHD) yang menunjukkan nilai maksimum atau minimum mengindikasikan adanya struktur patahan atau sesar. Pola patahan di daerah penelitian umumnya berorientasi barat laut–tenggara dan barat daya–timur laut.
2. Berdasarkan analisis lanjutan terhadap kurva hasil pemotongan lintasan data gayaberat, teridentifikasi tiga struktur bawah permukaan berupa sesar naik (*reverse fault*). Struktur sesar tersebut berkembang pada dua arah utama, yaitu berarah utara–selatan (N–S) di sekitar Gunung Sirung serta berarah barat daya–timur laut (SW–NE) yang berkembang ke arah timur laut daerah penelitian.
3. Hasil pemodelan inversi 3D menunjukkan distribusi densitas di daerah penelitian dengan kisaran nilai antara 2,10 hingga 3,10 gr/cm<sup>3</sup> pada kedalaman maksimum sekitar 4000 meter. Nilai densitas rendah, yaitu 2,10–2,43 gr/cm<sup>3</sup>, diinterpretasikan sebagai zona *caprock*. Densitas menengah dengan rentang 2,44–2,77 gr/cm<sup>3</sup> diinterpretasikan sebagai zona reservoir. Sementara itu, densitas tinggi yang berkisar antara 2,78–3,10

gr/cm<sup>3</sup> diindikasikan sebagai potensi sumber panas (*heat source*) serta kemungkinan keberadaan endapan silikat hidrotermal. Daerah prospek reservoir panas bumi Gunung Sirung berada dibagian barat daerah penelitian, memanjang dari tenggara ke barat laut daerah penelitian pada kedalaman 400-4000 m dengan lingkungan panas bumi vulkanik.

## **6.2. Saran**

Adapun saran pada penelitian ini, dibutuhkan kajian lebih lanjut terkait fase-fase hidrokarbon pada daerah penelitian serta analisis menggunakan metode geofisika lainnya untuk mendapatkan interpretasi data yang lebih akurat dan detail pada daerah penelitian.

## DAFTAR PUSTAKA

- Auzan, F. H., Krismadiana, Fahridhotul, S., Riva, I., & Nuryunita, D. (2022). Potensi dan pemanfaatan energi panas bumi di Indonesia. *Indonesian Journal of Conservation*, 11(2), 71–77.
- Blakely, R. J. (1996). *Potential theory in gravity and magnetic applications*. Cambridge University Press.
- Brotopuspito, K. S. (2001). *Teori dan aplikasi metode gravitasi*. Universitas Gadjah Mada.
- Charisma, A. W. P., Zarkasyi, A., Suharno, & Haerudin, N. (2022). Pemisahan menggunakan polynomial fitting dan analisis second vertical derivative (SVD) untuk mengidentifikasi patahan pada lapangan panas bumi Pulau Pantar, Kabupaten Alor. *Jurnal Geologi dan Sumberdaya Mineral*, 23(2), 91–96.
- Darmawan, I. G., Suharno, & Munandar, D. A. (2011). Menentukan sistem sesar di area prospek panas bumi menggunakan metode gayaberat. *Jurnal Repositori LPPM UNILA*.
- Diyanti. (2014). *Interpretasi struktur geologi bawah permukaan daerah Leuwidamar berdasarkan analisis spektrum data gayaberat* (Skripsi). Program Studi Fisika, FPMIPA, Universitas Pendidikan Indonesia.
- Djudjun, A. (2005). *Penyelidikan gaya berat daerah panas bumi Sipoholon Tarutung, Kabupaten Tapanuli Utara, Provinsi Sumatera Utara*. Pusat Sumber Daya Geologi.
- Dobrin, M. B. (1960). *Introduction to geophysical prospecting*. McGraw-Hill Book Company.
- Fathya, A. B., Nugraha, H. S., Ranti, A. G., & Wahyuningsih, R. (2023). Analisis anomali land surface temperature menggunakan citra satelit Landsat 8 untuk identifikasi prospek panas bumi Gunung Sirung di Kabupaten Alor, Provinsi Nusa Tenggara Timur. *Buletin Sumber Daya Geologi*, 18(1), 37–54.

- Grandis, H. (2009). *Pengantar pemodelan inversi geofisika*. Himpunan Ahli Geofisika Indonesia.
- Hadi, M. N., & Kusnadi, D. (2015). Survei geologi dan geokimia daerah panas bumi Pulau Pantar, Kabupaten Alor, Provinsi Nusa Tenggara Timur. Dalam *Prosiding Hasil Kegiatan Lapangan Pusat Sumber Daya Geologi Tahun Anggaran*.
- Haerudin, N., Pardede, V. J., & Rasimeng, S. (2009). Analisis reservoir daerah potensi panas bumi Gunung Rajabasa Kalianda dengan metode tahanan jenis dan geotermometer. *Jurnal Ilmu Dasar*, 10(2), 141–146.
- Haerudin, N., Rustadi, Marjunus, R., Zaenudin, A., Kurniasih, A., & Ferucha, I. (2022). 2D modelling gravity methods for mapping subsurface basin of Bandar Lampung City. *AIP Conference Proceedings*, 2563, 040003.
- Hidayat, S., Lailatul, H. L., & Alexander, F. T. P. (2023). Analisis potensi geothermal Gunung Sibualbuali menggunakan metode gravity. *Jurnal Pendidikan Fisika dan Sains*, 6(2), 14–19.
- Hinze, W. J. (2013). *Gravity and magnetic exploration: Principles, practices, and applications* (1st ed.). Cambridge University Press.
- Hirt, C., Claessens, S., Fecher, T., Kuhn, M., Pail, R., & Rexer, M. (2013). New ultrahigh-resolution picture of Earth's gravity field. *Geophysical Research Letters*, 40(16), 4279–4283.
- Kadir, W. G. A. (2000). *Eksplorasi gayaberat dan magnetik*. Jurusan Teknik Geofisika, Fakultas Ilmu Kebumihan dan Teknologi Mineral, ITB.
- Koesoemadinata, S., & Noya, N. (1989). *Peta geologi Lembar Lomblen*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- Nugraha, P. (2016). *Penentuan kedalaman optimum anomali gaya berat dengan metode korelasi antara analisis spektrum dan continuation (Studi kasus Semarang, Jawa Tengah)* (Skripsi). Universitas Negeri Semarang.
- Octonovrilna, L., & Pudja, I. P. (2009). Analisa perbandingan anomali gravitasi dengan persebaran intrusi air asin (Studi kasus Jakarta 2006–2007). *Jurnal Meteorologi dan Geofisika*, 10(1).
- Rosenbach, O. (1953). A contribution to the computation of the second derivative from gravity data. *Geophysics*, 17(1), 894–911.
- Rosid, S. (2005). *Gravity method in exploration geophysics*. Universitas Indonesia.

- Sarkowi, M. (2007). *Gaya berat mikro antar waktu untuk analisa perubahan kedalaman muka air tanah (Studi kasus dataran aluvial Semarang)* (Disertasi). Institut Teknologi Bandung.
- Sarkowi, M. (2010). Identifikasi struktur daerah panas bumi Ulubelu berdasarkan analisa data SVD anomali Bouguer. *Jurnal Sains MIPA*, 16(2), 111–118.
- Sarkowi, M. (2014). *Eksplorasi gaya berat*. Graha Ilmu.
- Serway, R. A., & Jewett, J. W. (2009). *Fisika untuk sains dan teknik*. Salemba Teknika.
- Setiadi, I., Setyanta, B., & Widijono, B. S. (2010). Delineasi cekungan sedimen Sumatra Selatan berdasarkan analisis data gaya berat. *Jurnal Geologi dan Sumberdaya Mineral*, 20(2), 93–106.
- Sugianto, A., Iqbal, T., & Toni, R. (2017). Identifikasi struktur sistem panas bumi Pantar berdasarkan analisis gradien horizontal dan pemodelan 3D data gaya berat. *Buletin Sumber Daya Geologi*, 12(2), 135–143.
- Susilawati. (2005). *Pemodelan metode gayaberat*. Departemen Fisika, FMIPA, Universitas Indonesia.
- Syamsuriadi. (2013). *Penentuan struktur bawah permukaan Kota Makassar dengan menggunakan metode gaya berat (gravity)* (Skripsi). Universitas Hasanuddin.
- Telford, W. M., Geldart, L. P., Sheriff, R. E., & Keys, D. A. (1976). *Applied geophysics*. Cambridge University Press.
- Van Bemmelen, R. W. (1949). *The geology of Indonesia and adjacent archipelagoes*. Government Printing Office.
- Zuhdi, M. (2021). *Pengantar geofisika*. Einstein College.