

**IDENTIFIKASI STRUKTUR BAWAH PERMUKAAN
BERDASARKAN ANALISIS DATA GAYABERAT PADA
DAERAH SESAR LAMPUNG-PANJANG**

(Skripsi)

Oleh

**LEDIA DAMAYANTI
NPM. 1815051014**



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2024**

ABSTRAK

IDENTIFIKASI STRUKTUR BAWAH PERMUKAAN BERDASARKAN ANALISIS DATA GAYABERAT PADA DAERAH SESAR LAMPUNG-PANJANG

Oleh

LEDIA DAMAYANTI

Sesar merupakan bidang rekahan yang telah mengalami pergeseran akibat gaya geologi. Pentingnya penelitian sesar di zona tektonik aktif karena banyak gempa bumi yang bersumber dari sesar dan zona subduksi. Penelitian gayaberat pada daerah Sesar Lampung-Panjang dilakukan dengan tujuan untuk menentukan struktur sesar dengan menggunakan teknik *Second Vertical Derivative* (SVD) dan membuat model bawah permukaan 2D menggunakan data anomali residual. Pengolahan data yang dilakukan dalam penelitian meliputi: koreksi apungan, koreksi medan, anomali udara bebas, anomali Bouguer lengkap, analisis spektrum, analisis SVD, dan pemodelan 2D untuk menginterpretasi struktur sesar Lampung-Panjang. Hasil penelitian menunjukkan bahwa daerah penelitian memiliki batas anomali regional terletak pada kedalaman 4411m serta batas kedalaman anomali residual terletak pada kedalaman 499m, adanya korelasi sesar berdasarkan analisa SVD dengan sesar geologi sebenarnya, hasil *forward modelling* menunjukkan adanya beberapa sesar yang terkonfirmasi pada daerah penelitian yaitu pada lintasan pertama terdapat sesar turun yang diidentifikasi dari penampang yang terletak di daerah Rangai Tunggal dan di daerah Babatan hingga Neglasari yang berada di Kabupaten Lampung Selatan serta pada lintasan kedua terdapat sesar turun yang diidentifikasi dari penampang yang terletak di daerah Rangai Tunggal dan di daerah Babatan hingga Neglasari yang berada di Kabupaten Lampung Selatan.

Kata kunci : Gayaberat, Second Vertical Derivatif, *Fordward Modelling*

ABSTRACT

IDENTIFICATION OF SUBSURFACE STRUCTURE BASED ON ANALYSIS OF GRAVITY DATA IN THE LAMPUNG-PANJANG FAULT AREA

By

LEDIA DAMAYANTI

A fault is a fracture area that has experienced displacement due to geological forces. It is important to research faults in active tectonic zones because many earthquakes originate from faults and subduction zones. Gravity research in the Lampung-Panjang Fault area was carried out with the aim of determining the fault structure using the Second Vertical Derivative (SVD) technique and creating a 2D subsurface model using residual anomaly data. Data processing carried out in the research includes: drift correction, terrain correction, free air anomaly, complete Bouguer anomaly, spectrum analysis, SVD analysis, and 2D modeling to interpret the structure of the Lampung-Panjang fault. The research results show that the research area has a regional anomaly boundary located at a depth of 4411m and a residual anomaly depth boundary located at a depth of 499m, there is a correlation of faults based on SVD analysis with actual geological faults, the results of forward modeling show that there are several confirmed faults in the research area, namely on the track firstly, there is a descending fault identified from the cross section located in the Rangai Tunggal area and in the Babatan to Neglasari area which is in South Lampung Regency and in the second track there is a downward fault identified from the cross section located in the Rangai Tunggal area and in the Babatan to Neglasari area which is in South Lampung Regency.

Keywords : Gravity, Second Vertical Derivative, Fordward Modelling

**IDENTIFIKASI STRUKTUR BAWAH PERMUKAAN
BERDASARKAN ANALISIS DATA GAYABERAT PADA
DAERAH SESAR LAMPUNG-PANJANG**

Oleh

Ledia Damayanti

Skripsi

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

Pada

**Jurusan Teknik Geofisika
Fakultas Teknik Universitas Lampung**



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2024**

Judul Skripsi

**IDENTIFIKASI STRUKTUR BAWAH
PERMUKAAN BERDASARKAN ANALISIS
DATA GAYABERAT PADA DAERAH SESAR
LAMPUNG-PANJANG**

Nama Mahasiswa

Tedia Damayanti

Nomor Pokok Mahasiswa

1815051014

Program Studi

Teknik Geofisika

Fakultas

Teknik

MENYETUJUI,

Komisi Pembimbing

1.

Pembimbing 1

Pembimbing 2

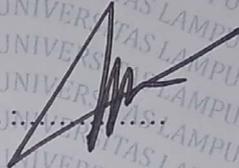
Prof. Dr.Ir. Muh Sarkowi, S.Si., M.Si., IPU. Dr. Ir. Nandi Haerudin, S.Si., M.Si., IPM.
NIP. 197112101997021001 NIP. 197509112000121002

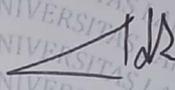
2. Ketua Jurusan Teknik Geofisika

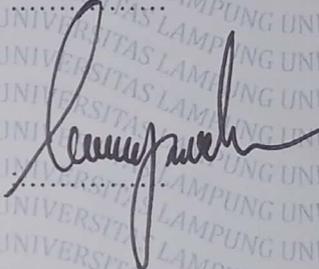
Dr. Karyanto, S.Si., M.T.
NIP. 196912301998021001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua : Prof. Dr.Ir. Muh Sarkowi, S.Si.,M.Si.,IPU. 

Sekretaris : Dr. Ir. Nandi Haerudin, S.Si.,M.Si.,IPM. 

Anggota : Dr. Karyanto, S.Si.,M.T. 

2. Dekan Fakultas Teknik



Dr. Eng. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc. 
NIP. 19750928 200112 1002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 3 April 2024

PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa skripsi yang saya tulis ini 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.

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

Bandar Lampung, 30 Mei 2024

Penulis



Ledia Damayanti
NPM. 1815051014

RIWAYAT HIDUP



Nama lengkap penulis adalah Ledia Damayanti, lahir di Tambahrejo pada tanggal 05 Agustus 1998. Anak ketiga dari lima bersaudara dari pasangan Bapak Ngadianto dan Ibu Artati. Penulis mengawali pendidikan akademik yang dimulai dari Taman Kanak-Kanak (TK) di TK Raudlatul Jannah pada tahun 2003, kemudian dilanjutkan ke jenjang Sekolah Dasar di SD Negeri 2 Tambahrejo sejak tahun 2005 sampai tahun 2011, kemudian melanjutkan menempuh pendidikan menengah pertama di SMPN 1 Gadingrejo yang diselesaikan pada tahun 2014 dan melanjutkan ke SMAS Xaverius Pringsewu yang diselesaikan pada tahun 2018.

Pada tahun 2018 penulis melanjutkan pendidikan di perguruan tinggi negeri, tepatnya di Universitas Lampung dan terdaftar sebagai Mahasiswa Fakultas Teknik Jurusan Teknik Geofisika Universitas Lampung. Penulis selama menjalani masa perkuliahan tercatat turut aktif mengikuti kegiatan organisasi diantaranya terlibat aktif sebagai anggota maupun pengurus Himpunan Mahasiswa Teknik Geofisika (HIMA TG BHUWANA). Selama terlibat aktif di HIMA TG BHUWANA, penulis dipercaya mengemban amanah sebagai Anggota Bidang Sains dan Teknologi pada

kepengurusan Periode 2020-2022, Anggota Bidang Hubungan Masyarakat Fossi FT Periode 2020 Anggota Bidang Komunikasi dan Informasi Badan Eksekutif Mahasiswa Fakultas Teknik (BEM-FT) Periode 2021-2022, serta serta sebagai Anggota Divisi Acara pada kegiatan nasional Geophysics Whiz Event and Seminar (GWES) ke-7 tahun 2021, Seksi Mahasiswa Ikatan Ahli Geologi Indonesia (SM- IAGI) Universitas Lampung sebagai anggota Divisi Fieldtrip Periode 2021-2022 dan menjadi Bendahara Umum Periode 2022-2023.

Pada tahun 2023 penulis melaksanakan Kerja Praktik (KP) di Jurusan Teknik Geofisika Unila dengan judul **“Identifikasi Struktur Geologi Daerah Sesar Lampung-Panjang Menggunakan Metode *Second Vertical Derivative* Berdasarkan Analisis Data Gayaberat”**. Pada akhir masa studi penulis melakukan penelitian Tugas Akhir untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik dengan judul **“Identifikasi Struktur Bawah Permukaan Berdasarkan Analisis Data Gayaberat Pada Daerah Sesar Lampung-Panjang”**.

PERSEMBAHAN

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT atas terselesaikannya skripsi ini dengan baik dan lancar. Skripsi ini saya persembahkan kepada:

IBU DAN AYAH TERCINTA

NGADIANTO

&

ARTATI

Yang selalu mendoakan dan memberi dukungan secara moril dan materil. Terima kasih atas pengertian, perhatian dan kasih sayang tak hingga yang kalian berikan. Semoga Ayah dan Ibu selalu sehat dan diberikan kebahagiaan oleh Allah SWT.

SAUDARA TERKASIH

RISKA MAYLINDA, AYUTIA TIVANI, DIAH NURMALITA SARI

&

FAIQ GHALI GHAZALY

Yang selalu mendoakan, mendukung dan menyemangati serta selalu memberikan bantuan kepadaku.

SUPPORT TERHEBAT

VEVY ANDREAN PANGESTU

&

RAFEYZA ATHAZIQ SHAQUILLE

Yang menjadi tumpuan dan semangat agar selalu kuat menjalani hidup.

Keluarga Besar Teknik Geofisika Universitas Lampung

Hiduplah seakan kamu mati besok,

Belajarlah seakan kamu hidup

Selamanya

~Mahatma Gandhi~

Maka sesungguhnya bersama kesulitan itu ada kemudahan

~QS. Al Insyirah: 5`

“Tuhan selalu ada bersamamu kapanpun dan dimanapun kita berada”

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan atas kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan Skripsi yang berjudul “**Identifikasi Struktur Bawah Permukaan Berdasarkan Analisis Data Gayaberat Pada Daerah Sesar Lampung-Panjang**”. Adapun maksud dan tujuan dari penulisan Skripsi ini adalah untuk memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar sarjana teknik pada Jurusan Teknik Geofisika, Fakultas Teknik Universitas Lampung. Selama penulisan Skripsi ini banyak sekali terdapat hambatan yang dialami. Namun berkat adanya bantuan, serta bimbingan dari berbagai pihak, hingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik. Penulis menyadari bahwa tidak tertutup kemungkinan di dalam Skripsi ini terdapat kekurangan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun demi kesempurnaan Skripsi ini. Semoga Skripsi ini dapat berguna dan bermanfaat bagi penulis khususnya dan bagi para pembaca pada umumnya, serta bagi perkembangan ilmu pengetahuan.

Bandar Lampung, 30 Mei 2024

Penulis



Ledia Damayanti
NPM. 1815051014

SANWACANA

Puji dan syukur penulis panjatkan atas rahmat dan karunia Allah SWT, yang telah melimpahkan nikmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **Identifikasi Struktur Bawah Permukaan Berdasarkan Analisis Data Gayaberat Pada Daerah Sesar Lampung-Panjang** sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik di Jurusan Teknik Geofisika, Fakultas Teknik Universitas Lampung.

Dalam proses penyusunan, penulisan hingga skripsi ini selesai, penulis mendapatkan bimbingan, arah dan dukungan dari berbagai pihak sehingga penyusunan skripsi dapat berjalan dengan baik. Pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan rasa hormat dan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Allah SWT, yang selalu memberikan karunia dan anugerah-Nya baik berupa kesehatan dan kemudahan dalam setiap langkah serta jalan yang dilalui oleh penulis.
2. Kedua Orangtuaku tercinta, Bapak Ngadianto dan Ibu Artati. Terima kasih untuk panjatan doa, semangat, dukungan dan nasihat yang diberikan selama ini. Bapak dan Ibu menjadi penguat dan pengingat paling hebat sehingga penulis dapat menyelesaikan studi sampai sarjana. Semoga Bapak dan Ibu senantiasa dilindungi oleh Allah SWT dan dapat menemani proses hidup penulis sampai akhir.
3. Dua orang terhebatku, Vevy Andrean Pangestu dan Rafeyza Athahaziq Shaquille yang selalu menemani penulis di banyak hal serta hari hari nya yang membuat penulis selalu tumbuh dan berkembang menjadi pribadi yang lebih baik dari sebelumnya, yang menjadi teman bertukar pikiran, berkeluh kesah,

serta sebagai tempat penulis bisa meluapkan seluruh perasaannya, dan seseorang yang membuat penulis selalu bersemangat dan percaya diri untuk menyelesaikan masa studi S1-nya ini terimakasih banyak.

4. Kakakku dan keluarga bahagianya, Riska Maylinda dan Ayutia Tivani, serta adik adik tercintaku, Diah Nurmalita Sari dan Faiq Ghali Ghazaly. Terima kasih untuk semangat, doa, dukungan serta dengan ikhlas membantu demi kelancaran penulis menyelesaikan studinya.
5. Bapak Prof. Dr. Ir. Muh Sarkowi, S. Si., M. Si., IPU. selaku pembimbing satu yang telah memberikan arahan, saran dan kesediaan bapak dalam membimbing pengerjaan skripsi ini.
6. Bapak Dr. Ir. Nandi Haerudin, S. Si., M. Si., IPM. selaku dosen pembimbing kedua yang telah banyak meluangkan waktunya untuk berdiskusi memberikan arahan dengan sabar, koreksi, masukan serta motivasi dalam pengerjaan skripsi ini.
7. Bapak Dr. Karyanto, S.Si., M.T. selaku penguji yang telah meluangkan waktu, memberikan masukan dan saran atas skripsi ini, sehingga menjadikan skripsi ini lebih baik. Serta, membimbing dan membantu penulis selama masa perkuliahan.
8. Bapak Ir. Bagus Sapto Mulyatno, S.Si., M.T. selaku Pembimbing Akademik yang telah memberikan arahan selama masa perkuliahan.
9. Segenap Dosen Pengajar di Jurusan Teknik Geofisika Universitas Lampung yang penuh dedikasi dalam memberikan ilmu yang bermanfaat bagi penulis.
10. Para Staf dan Karyawan Jurusan Teknik Geofisika Universitas Lampung yang telah membantu dalam bidang administrasi selama penulis menempuh studi.
11. Teman yang siap sedia membantu selama proses penyelesaian skripsi yaitu Wulan, Ari, Tecto, Alex, Arnas dan Mila.
12. Keluarga Teknik Geofisika 2018 (TGasak) yang telah banyak berbagi rasa dari awal perkuliahan hingga saat ini, telah memberikan dukungan, semangat dan kebersamaan. Terima kasih banyak untuk keluarga kedua bagi penulis serta terlalu banyak kenangan manis dan pahit yang kita lalui bersama selama masa perkuliahan ini.

13. Untuk saudara dan keluarga besar yang tidak dapat disebutkan satu persatu, terima kasih untuk doa dan dukungan, bantuan dan motivasinya selama ini.
14. Keluarga besar HIMA TG BHUWANA, terima kasih atas pengalaman dan pembelajaran yang sudah penulis dapat baik berkenaan dengan dunia geofisika maupun kemampuan berorganisasi.
15. Seluruh pihak yang terlibat dalam proses penyusunan skripsi ini yang telah memberikan bantuan, kesempatan dan pengalaman yang sangat luar biasa. Penulis mengucapkan terima kasih banyak.

Bandar Lampung, 30 Mei 2024

Penulis



Ledia Damayanti
NPM. 1815051014

DAFTAR ISI

| | |
|---|-------------|
| ABSTRAK | ii |
| ABSTRACT | iii |
| LEMBAR PERSETUJUAN | iv |
| LEMBAR PENGESAHAN | v |
| PERNYATAAN | vii |
| RIWAYAT HIDUP | viii |
| PERSEMBAHAN | x |
| KATA PENGANTAR | xii |
| SANWACANA | xiii |
| DAFTAR ISI | xvi |
| DAFTAR GAMBAR | xix |
| DAFTAR TABEL | xx |
| I. PENDAHULUAN | |
| 1.1 Latar Belakang | 1 |
| 1.2 Tujuan Penelitian | 3 |
| 1.3 Batasan Masalah | 3 |
| 1.4 Manfaat Penelitian | 3 |
| II. TINJAUAN PUSTAKA | |
| 2.1 Lokasi Daerah Penelitian | 4 |
| 2.2 Geologi Regional Daerah Penelitian..... | 4 |
| 2.3 Stratigrafi Daerah Penelitian..... | 7 |
| 2.4 Fisiografi Daerah Penelitian | 9 |
| 2.5 Pengertian Gempabumi..... | 9 |
| 2.6 Kedalaman dan Kekuatan Gempabumi | 11 |
| 2.7 Seismisitas Daerah Penelitian | 12 |
| 2.8 Penelitian Terdahulu | 14 |

III. TEORI DASAR

| | |
|---|----|
| 3.1 Metode Gayaberat..... | 17 |
| 3.2 Konsep Dasar Gayaberat..... | 18 |
| 3.2.1 Gayaberat Newton..... | 18 |
| 3.2.2 Percepatan Gayaberat..... | 19 |
| 3.2.3 Potensial Gayaberat..... | 20 |
| 3.3 Koreksi-koreksi dalam Metode Gayaberat | 20 |
| 3.3.1 Koreksi Pasang Surut (<i>Tide Correction</i>)..... | 21 |
| 3.3.2 Koreksi Apungan (<i>Drift Correction</i>) | 21 |
| 3.3.3 Koreksi Lintang (<i>Latitude Correction</i>) | 22 |
| 3.3.4 Koreksi Udara Bebas (<i>Free Air Correction</i>)..... | 22 |
| 3.3.5 Koreksi Bouguer (<i>Bouguer Correction</i>) | 23 |
| 3.3.6 Koreksi Medan (<i>Terrain Correction</i>)..... | 23 |
| 3.3.7 Anomali Bouguer | 24 |
| 3.4 Rapat Massa Batuan..... | 25 |
| 3.5 Analisis Spektrum..... | 27 |
| 3.6 Filter <i>Moving Average</i> | 30 |
| 3.7 Metode <i>Second Vertical Derivative</i> | 31 |
| 3.8 <i>Forward Modelling</i> | 33 |

IV. METODE PENELITIAN

| | |
|--|----|
| 4.1 Tempat dan Waktu Penelitian..... | 35 |
| 4.2 Alat dan Bahan Penelitian..... | 35 |
| 4.3 Prosedur Penelitian | 36 |
| 4.3.1 Studi Literatur | 36 |
| 4.3.2 Koreksi Data Gayaberat | 36 |
| 4.3.3 Anomali Bouguer Lengkap..... | 37 |
| 4.3.4 Analisis Spektrum | 37 |
| 4.3.5 Pemisahan Anomali Regional Residual..... | 37 |
| 4.3.6 Analisis <i>Second Vertical Derivative</i> | 38 |
| 4.3.7 Pemodelan Bawah Permukaan | 38 |
| 4.4 Jadwal Kegiatan Penelitian | 39 |
| 4.5 Diagram Alir Penelitian | 40 |

V. HASIL DAN PEMBAHASAN

| | |
|---|----|
| 5.1 Data Penelitian | 41 |
| 5.2 Anomali Bouguer Lengkap..... | 42 |
| 5.3 Analisis Spektrum..... | 43 |
| 5.4 <i>Moving Average</i> | 48 |
| 5.4.1 Anomali Bouguer Regional..... | 48 |
| 5.4.2 Anomali Bouguer Residual..... | 50 |
| 5.5 <i>Second Vertikal Derivative</i> (SVD)..... | 51 |
| 5.6 Forward Modelling 2D | 55 |
| 5.6.1 Model Penampang Melintang Lintasan A-A' | 55 |
| 5.6.2 Model Penampang Melintang Lintasan B-B' | 56 |

VI. KESIMPULAN

| | |
|----------------------|----|
| 6.1 Kesimpulan | 59 |
| 6.2 Saran | 59 |

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR GAMBAR

| Gambar | Halaman |
|--|---------|
| 1. Peta lokasi daerah penelitian..... | 5 |
| 2. Peta geologi regional daerah penelitian | 6 |
| 3. Peta fisiografi Daerah Lampung | 9 |
| 4. Mekanisme gempabumi. | 10 |
| 5. Sebaran seismisitas daerah penelitian | 16 |
| 6. Gaya tarik menarik antara dua buah benda..... | 18 |
| 7. Kurva Ln A terhadap K..... | 29 |
| 8. Skematik perhitungan <i>moving average</i> | 31 |
| 9. Diagram alir penelitian..... | 40 |
| 10. Peta Anomali Bouguer Lengkap | 43 |
| 11. Lintasan analisis spektrum dari peta anomali Bouguer | 44 |
| 12. Kurva Ln A vs k pada lintasan 1 | 45 |
| 13. Kurva Ln A vs k pada lintasan 2..... | 46 |
| 14. Kurva Ln A vs k pada lintasan 3 | 46 |
| 15. Kurva Ln A vs k pada lintasan 4..... | 47 |
| 16. Peta Anomali Bouguer Regional..... | 49 |
| 17. Peta Anomali Bouguer Residual | 51 |
| 18. Peta <i>second vertical derivatif</i> anomali residual | 53 |
| 19. Peta geologi di <i>overlay</i> dengan struktur SVD..... | 54 |
| 20. Model penampang A-A' | 57 |
| 21. Model penampang B-B' | 58 |

DAFTAR TABEL

| Tabel | Halaman |
|---|---------|
| 1. Kategori Gempa Berdasarkan Kekuatan Gempa (Magnitudo)..... | 11 |
| 2. Hubungan Antara Magnitudo dan Intensitas Gempa..... | 12 |
| 3. Nilai Densitas Batuan..... | 25 |
| 4. Tipe–Tipe Operator Filter SVD | 32 |
| 5. Data yang Digunakan dalam Penelitian | 35 |
| 6. Software yang Digunakan dalam Penelitian. | 36 |
| 7. Pelaksanaan Kegiatan Penelitian | 39 |
| 8. Data Penelitian | 41 |
| 9. Kedalaman Anomali Regional dan Anomali Residual Lintasan 1-4 | 47 |
| 10. Bilangan Gelombang (k) dan Lebar Jendela (N) | 48 |

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sesar merupakan bidang rekahan atau zona rekahan yang mengalami pergeseran yang diakibatkan oleh gaya geologi. Menurut Billings (1959), sesar secara geologi dikatakan sebagai bidang rekahan yang disertai oleh adanya pergeseran relatif (*displacement*) satu blok terhadap blok lainnya. Jarak pergeseran tersebut hanya beberapa milimeter hingga puluhan kilometer, sedangkan bidang patahannya mulai dari berukuran beberapa sentimeter hingga puluhan kilometer. Sesar yang aktif akan menyebabkan getaran yang dapat menjadi sumber gempa bumi. Pergerakan sesar aktif dapat menyebabkan daerah di zona patahan menjadi daerah rawan gempa. Selain itu pada jalur sesar ini dapat ditandai adanya lipatan, graben, lembahan, punggung bukit, ataupun *sagpond* yang terjadi karena pergeseran sesar tersebut.

Sistem Sesar di Pulau Sumatera mengakibatkan banyak kejadian gempa bumi yang terjadi di Pulau Sumatra. Salah satu sumber gempa bumi yang terjadi di daerah Provinsi Lampung adalah segmen Sesar Sumatera di bagian Selatan yang belum diidentifikasi kemenerusannya, yang mana sesar tersebut adalah Sesar Lampung–Panjang yang tergambarkan dalam Peta Geologi Lembar Tanjungkarang (Mangga dkk., 1993). Sesar Lampung-Panjang berada di sepanjang pantai bagian Timur Teluk Lampung. Sesar ini menerus ke daratan Sumatera melalui daerah Tarahan, Panjang dan lereng timur Gunung Rajabasa bahkan diperkirakan menerus ke perairan Selat Sunda. Struktur sesar diduga sebagai jenis sesar mendatar yang bergerak relatif mengangan dipengaruhi oleh adanya gerak vertikal. Sesar Lampung-Panjang diidentifikasi dengan menggunakan metode gayaberat berarah N 225° E dan merupakan sesar turun

dengan dip 70° (Zaenudin dkk., 2017). Sebaran seismisitas di daerah Lampung dari tahun 1960 hingga 2000 menunjukkan ada 3 lokasi pusat gempa di Provinsi Lampung, yang pertama berada di dekat Teluk Lampung yang berdekatan dengan Sesar Lampung-Panjang, yang kedua berada di lepas pantai yang berkaitan dengan lajur Sesar Sumatra Segmen Semangko dan yang terakhir berada di bagian barat yang bertepatan dengan lajur zona subduksi (Huda dan Munir, 2017).

Penelitian mengenai struktur geologi di daerah tektonik aktif penting dilakukan, hal ini dikarenakan Sesar Lampung-Panjang merupakan salah satu sumber tenaga tektonik dari beberapa gempa bumi yang terjadi di Provinsi Lampung. Identifikasi dari tekukan yang terjadi pada sistem patahan mendatar juga sangat penting dalam memperkirakan kejadian gempa bumi pada masa mendatang. Segmen patahan memiliki peranan secara langsung terhadap dinamika dan ukuran dari retakan yang terjadi pada saat gempa bumi. Menurut Zaenudin dkk. (2013), identifikasi dan karakteristik patahan (*fault*) sangat penting untuk melihat implikasi patahan terhadap keadaan bawah permukaan, baik kebencanaan (gempa bumi) maupun sumber daya yang terbentuk setelah pematahan. Hampir 95% lebih gempa bumi terjadi di daerah batas antar lempeng kerak bumi dan di daerah patahan. Identifikasi patahan dan pemetaan patahan dangkal dan dalam sangat diperlukan dalam deteksi gempa.

Pada penelitian ini akan dilakukan pengidentifikasian keberadaan sesar Lampung-Panjang menggunakan metode gayaberat. Metode gayaberat dapat digunakan dalam kegiatan eksplorasi untuk mengidentifikasi struktur geologi bawah permukaan berdasarkan perbedaan rapat masa batuan yang berada pada daerah penelitian dengan menggunakan analisis *Second Vertikal Derivative* (SVD) dan *forward modelling*. Analisis *Second Vertikal Derivative* (SVD) dapat mengetahui kecenderungan struktur secara lateral dari suatu anomali residual. Penentuan patahan SVD ini terindikasi dari kontras anomali positif dan negatif yang saling berhimpit dimana anomali ini dapat dilihat dari pola warna yang sangat berbeda sangat signifikan perbedaannya di suatu

penampang anomali gayaberat (Zaenudin dkk., 2020). Pada penelitian ini juga dilakukan pemodelan berupa *forward modelling* berdasarkan data gayaberat untuk mengidentifikasi struktur patahan daerah Sesar Lampung-Panjang. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan struktur bawah permukaan dan lokasi keberadaan patahan pada daerah penelitian.

1.2 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menentukan kedalaman anomali Bouguer regional dan anomali residual daerah penelitian.
2. Mengidentifikasi struktur sesar berdasarkan analisis derivatif.
3. Mengidentifikasi struktur bawah permukaan berdasarkan pemodelan 2D.

1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Data yang digunakan merupakan data sekunder gayaberat dari data Satelit Topex didapatkan melalui website topex.ucsd.edu.
2. Penentuan batas kedalaman anomali Bouguer regional dan residual menggunakan analisis spektrum.
3. Pemisahan anomali regional dan residual menggunakan filter *moving average*.
4. Identifikasi struktur geologi menggunakan filter *Second Vertikal Derivative* (SVD).
5. Pemodelan dilakukan menggunakan *forward modelling* 2D.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dalam penelitian ini adalah:

1. Memberikan informasi mengenai gambaran struktur bawah permukaan pada daerah penelitian berdasarkan data gayaberat.
2. Mengetahui sistem patahan yang terdapat di daerah penelitian berdasarkan analisis derivatif dan *forward modelling*.

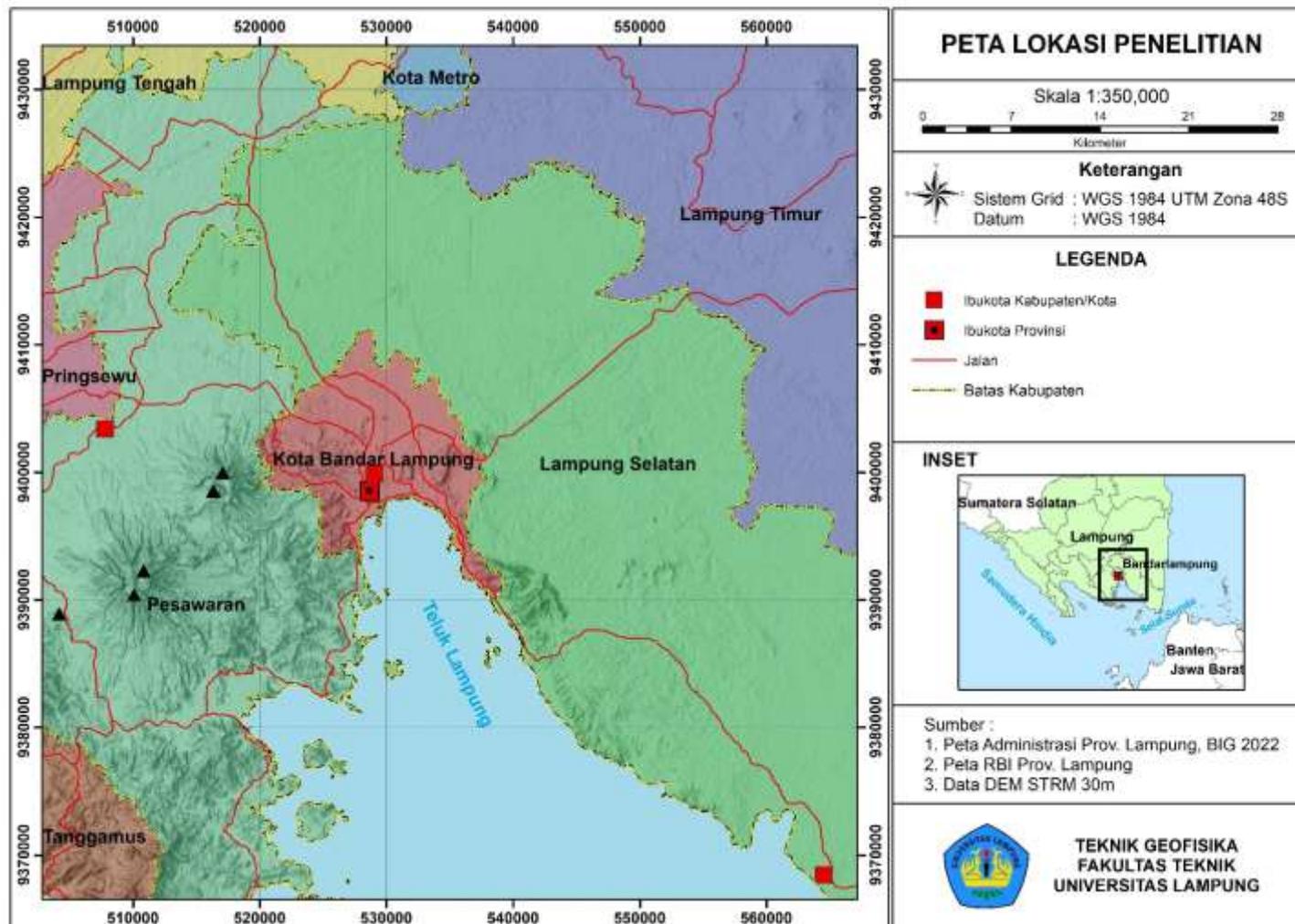
II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Lokasi Daerah Penelitian

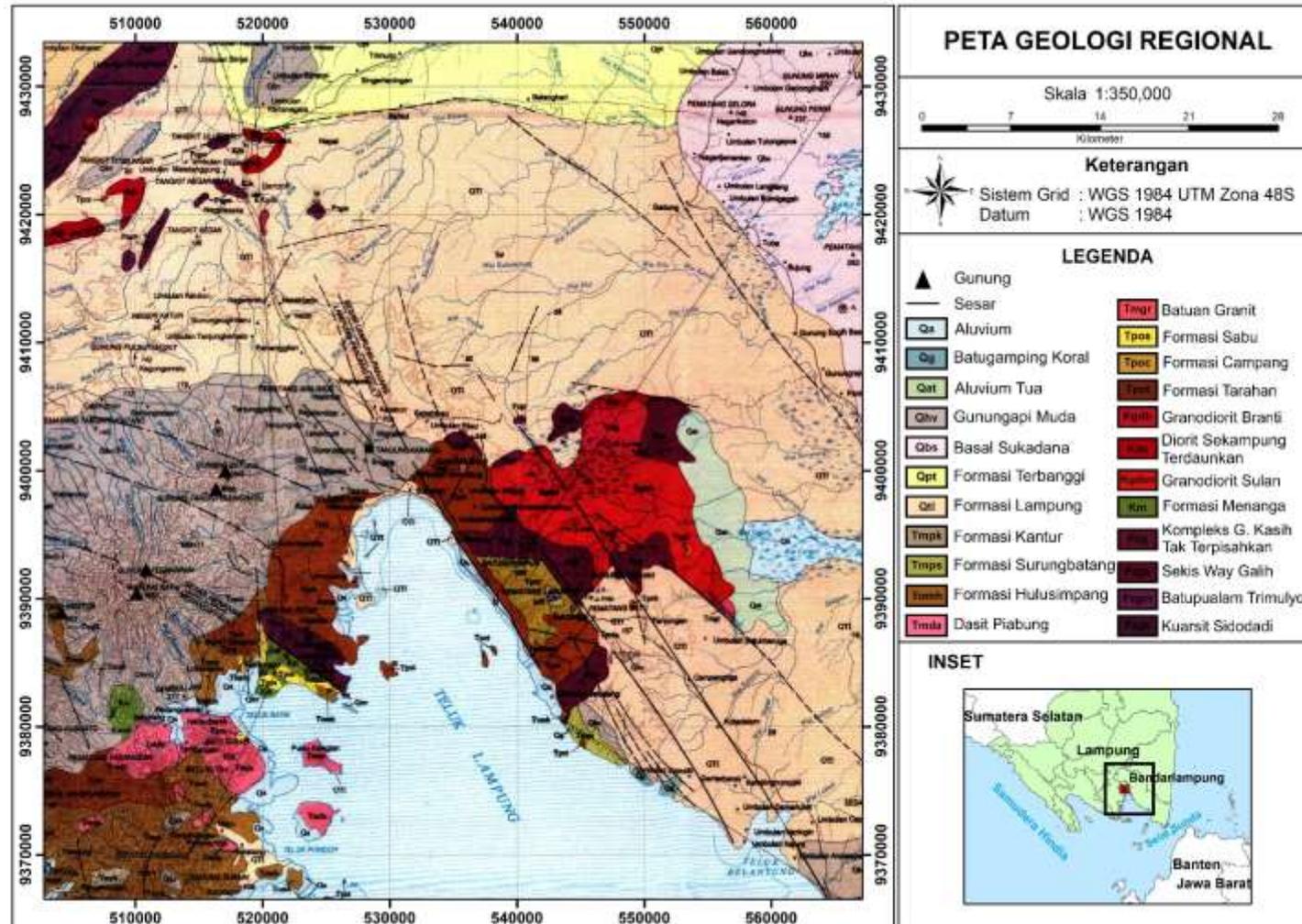
Secara administratif lokasi daerah penelitian terletak di Provinsi Lampung yang mencakup daerah Kota Bandar Lampung, Kabupaten Lampung Selatan, Kabupaten Pesawaran, Kabupaten Lampung Timur, Kabupaten Tanggamus, Lampung Tengah dan Metro serta mencakup area Teluk Lampung. Secara geografis lokasi penelitian terletak pada koordinat $5^{\circ}9'25''$ – $5^{\circ}41'25''$ LS dan $105^{\circ}5'3''$ – $105^{\circ}32'23''$ BT atau pada koordinat 510000–560000 UTMX dan 9370000–9430000 UTMY dalam UTM (*Universal Transverse Mercator*). Daerah penelitian ini termasuk ke dalam zona 48S. Luas daerah penelitian yaitu 2997 km² berada pada ketinggian 0-1671 m dari permukaan laut. Peta lokasi penelitian dapat dilihat pada **Gambar 1**.

2.2 Geologi Regional Daerah Penelitian

Daerah lokasi penelitian terdapat pada Lembar Tanjungkarang, dapat dilihat pada **Gambar 2**. Pada daerah penelitian terdapat sesar yang memiliki arah orientasi Baratlaut-Tenggara (NW-SE) yaitu Sesar Lampung-Panjang yang merupakan sesar geser dimana sesar ini memiliki kemenerusan yang belum dapat diidentifikasi, dapat diinterpretasikan bahwa sesar tersebut berarah N 225° E dengan kemiringan sebesar 70° (Zaenudin dkk., 2013). Sesar ini merupakan bagian dari gabungan sistem Sesar Sumatera yang membentang dari Tarahan hingga Bandar Lampung. Sesar Lampung-Panjang melintasi formasi Aluvium (Qa), Endapan Gunung Api Muda (Qhvp), Formasi Lampung (QTI), Formasi Tarahan (Tpot), dan Sekis Way Galih (Pzgs). Diperkirakan sesar tersebut sudah terbentuk sejak zaman Paleozoikum yaitu sekitar 541–251,9 juta tahun lalu dan terus berkembang hingga saat ini.



Gambar 1. Peta lokasi daerah penelitian (BIG, 2020)



Gambar 2. Peta geologi regional daerah penelitian (Mangga dkk., 1993)

2.3 Stratigrafi Daerah Penelitian

Urutan stratigrafi Lembar Tanjungkarang dibagi menjadi tiga bagian: Pra-Tersier, Tersier, dan Kuartar. Batuan Tersier disusun oleh batuan produk gunungapi dan batuan terobosan/intrusif. Batuan Kuartar disusun oleh batuan sedimen, produk gunung api dan endapan permukaan. Batuan Pra-Tersier disusun oleh batuan-batuan dasar berupa batuan metamorf. Daerah lokasi penelitian terdapat pada Lembar Geologi Tanjung Karang. menurut Mangga dkk (1993). Pada **Gambar 2** daerah penelitian didominasi oleh batuan vulkanik yang berumur antara Plistosen dan Holosen yang terdiri dari beberapa formasi pada daerah penelitian:

1. Kuarsit Sidodadi (Pzgz)

Formasi ini terdiri dari batuan kuarsit dengan sisipan sekis-kuarsa serisit.
2. Batupualam Trimulyo (Pzgm)

Formasi ini terdiri dari batupualam dan sekis.
3. Sekis Way Galih (Pzgs)

Formasi ini terdiri dari sekis amfibol hijau, amfibolit orthogenes dioritan.
4. Kompleks Gunung Kasih Tak Terpisahkan (Pzg)

Formasi ini terdiri dari sekis pelitan dan sedikit gnes.
5. Formasi Menanga (Km)

Formasi ini terdiri dari perselingan serpih dan batulempung dengan basal, sisipan rijang dan lensa batugamping.
6. Granodiorit Sulan (Kgdsn)

Formasi ini terdiri dari batuan vulkanik granodiorit dan tonalit.
7. Diorit Sekampung Terdaunkan (Kds)

Formasi ini terdiri dari batuan diorit dan diorit kuarsa
8. Granodiorit Branti (Kgdb)

Formasi ini terdiri dari batuan granodiorit dan diorit.
9. Formasi Tarahan (Tpot)

Formasi ini terdiri dari tuf padu, breksi dengan sisipan rijang.
10. Formasi Campang (Tpoc)

Formasi ini terdiri dari perselingan batulempung di bagian bawah, serpih, breksi dan tuf padu.

11. Formasi Sabu (Tpos)

Formasi ini terdiri dari perselingan antara breksi konglomerat dengan batupasir.

12. Batuan Granit (Tmgr)

Formasi ini terdiri dari batuan vulkanik granit dan granodiorit

13. Dasit Piabung (Tmda)

Formasi ini terdiri dari batuan dasit.

14. Formasi Surungbatang (Tmps)

Formasi ini terendapkan secara selaras terdiri dari tufit, breksi tufan, tuf pasiran, dan grewake.

15. Formasi Kantur (Tmpk)

Formasi ini terdiri dari perselingan antara tufit, batulempung karbonan, batulanau karbonan dan barupasir.

16. Formasi Hulusimpang (Tomh)

Formasi ini terdiri dari lava andesit basal, tuf dan breksi gunungapi berubah dengan lensa batugamping.

17. Aluvium (Qa)

Formasi ini terdiri dari kerakal, kerikil, pasir, lempung dan gambut.

18. Batugamping Koral (Qg)

Formasi ini terdiri dari batugamping koral sebagian berkeping.

19. Alluvium Tua (Qat)

Formasi ini terdiri dari konglomerat, kerakal, kerikil, dan pasir.

20. Basal Sukadana (Qbs)

Formasi ini terdiri dari basal berongga yang berwarna kelabu dan masif.

21. Formasi Terbanggi (Qpt)

Formasi ini terdiri dari batupasir dengan sisipan batulempung.

22. Endapan Gunung Api Muda (Qhv)

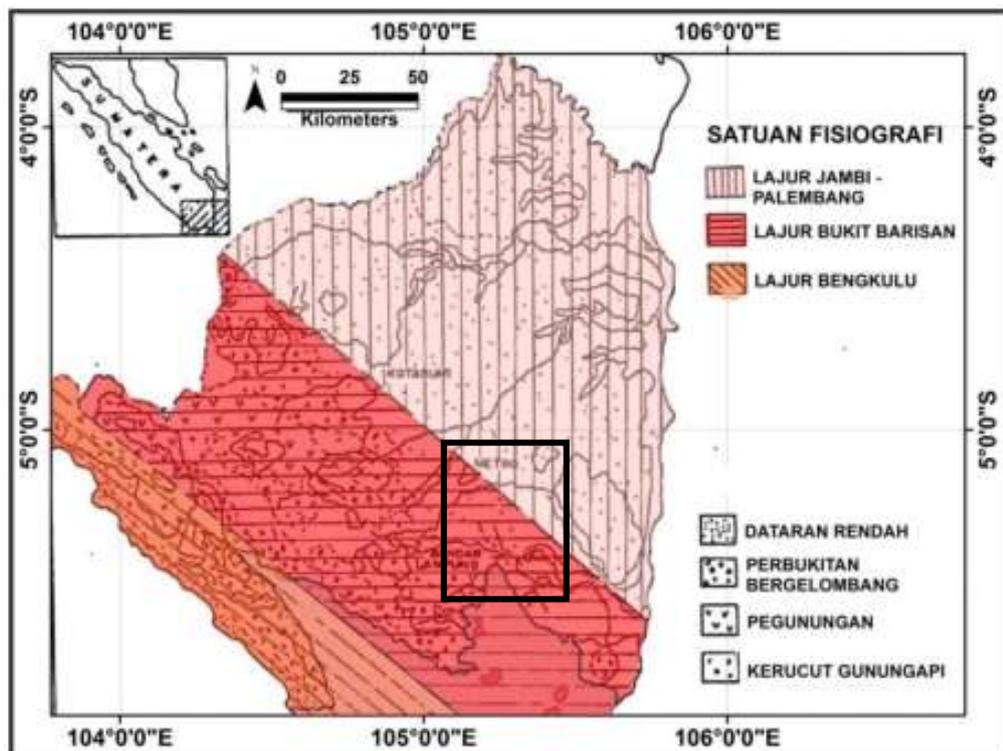
Formasi ini terdiri dari lava (andesit-basal), breksi, tuf.

23. Formasi Lampung (Qtl)

Formasi ini terdiri dari tuf batu lempung, tuf riolitik, tuf padu tufit, batu lempung tufan dan batupasir tufan. Diperkirakan ketebalan formasi ini sekitar 200 m.

2.4 Fisiografi Daerah Penelitian

Berdasarkan fisiografi Daerah Lampung, Provinsi Lampung terbagi menjadi 3 satuan fisiografi yaitu Lajur Jambi-Palembang, Lajur Bukit Barisan, dan Lajur Bengkulu (**Gambar 3**). Kemudian, secara umum daerah Lampung dapat dibagi menjadi 3 satuan morfologi: dataran bergelombang di bagian Timur dan Timurlaut, pegunungan kasar di bagian tengah dan Baratdaya, dan daerah pantai berbukit sampai datar. Pada pembagian fisiografi wilayah Lampung, daerah penelitian termasuk dalam Lajur Jambi Palembang dan Lajur Bukit Barisan. Pegunungan Bukit Barisan menempati 25-30 % luas lembar, terdiri dari batuan beku dan malihan serta batuan gunungapi muda. Lereng-lereng umumnya curam dengan ketinggian sampai dengan 500-1.680 m di atas muka laut. Daerah pantai bertopografi beraneka ragam dan seringkali terdiri dari pebukitan kasar, mencapai ketinggian 500 m di atas muka laut dan terdiri dari batuan gunungapi Tersier dan Kuarter serta batuan terobosan.



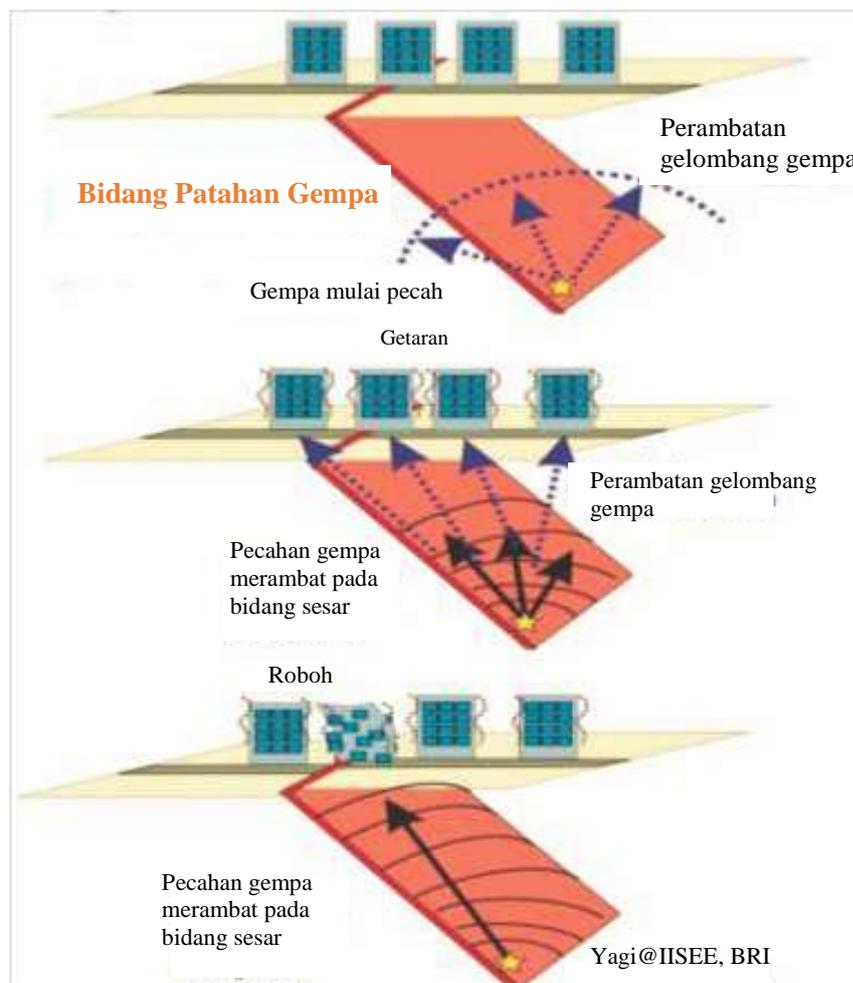
Gambar 3. Peta fisiografi Daerah Lampung (Mangga dkk., 1993)

2.5 Pengertian Gempabumi

Gempabumi (*earthquake*) adalah peristiwa bergetar atau berguncangnya bumi karena pergerakan/pergeseran lapisan batuan pada kulit bumi secara tiba-tiba

akibat pergerakan lempeng-lempeng tektonik. Gempabumi yang disebabkan oleh aktivitas pergerakan lempeng tektonik disebut gempabumi tektonik. Selain itu, gempabumi bisa saja terjadi akibat aktivitas gunung berapi yang disebut sebagai gempabumi vulkanik. Pergerakan tiba-tiba dari lapisan batuan di dalam bumi menghasilkan energi yang dipancarkan ke segala arah berupa gelombang gempabumi atau gelombang seismik.

Akibat yang ditimbulkan oleh gempabumi luar biasa dahsyat karena mencakup wilayah yang sangat luas, menembus batas teritorial negara, bahkan antar benua. Sifat getaran gempabumi sangat kuat dan merambat ke segala arah. Bahkan gempabumi sering kali diikuti oleh bencana alam lanjutan yang jauh lebih dahsyat berupa tanah longsor dan gelombang tsunami yang di tunjukan pada **Gambar 4**.



Gambar 4. Mekanisme gempabumi (Sunarjo dkk., 2012).

2.6 Kedalaman dan Kekuatan Gempabumi

Fowler (1990) mengklasifikasikan gempabumi berdasarkan kedalaman fokus (*hypocentre*) sebagai berikut: gempabumi dangkal (*shallow*) kurang dari 70 km, gempabumi menengah (*intermediate*) kurang dari 300 km, dan gempabumi dalam (*deep*) lebih dari 300 km atau 450 km. Gempabumi dangkal menimbulkan efek guncangan dan kehancuran yang lebih dahsyat dibanding gempabumi dalam. Ini karena sumber gempabumi lebih dekat ke permukaan bumi sehingga energi gelombangnya lebih besar. Karena pelemahan energi gelombang akibat perbedaan jarak sumber ke permukaan relatif kecil.

Berdasarkan kekuatannya atau magnitudo (M) berskala Richter (SR) dapat dibedakan pada **Tabel 1** sebagai berikut:

Tabel 1. Kategori Gempa Berdasarkan Kekuatan Gempa (Magnitudo)

| No. | Kategori Gempa | Magnitudo |
|-----|------------------------|-----------|
| 1 | Gempabumi sangat besar | M > 8 SR |
| 2 | Gempabumi besar | M 7-8 SR |
| 3 | Gempabumi merusak | M 5-6 SR |
| 4 | Gempabumi sedang | M 4-5 SR |
| 5 | Gempabumi kecil | M 3-4 SR |
| 6 | Gempabumi mikro | M 1-3 SR |

Skala yang biasa digunakan oleh BMKG adalah Skala MMI (*Modified Mercalli Intensity*). Skala Mercalli adalah satuan untuk mengukur kekuatan gempa bumi berdasarkan efeknya terhadap manusia atau bangunan sehingga lebih bersifat subjektif. Satuan ini diciptakan oleh seorang vulkanologis dari Italia yang bernama Giuseppe Mercalli pada tahun 1902. Skala Mercalli terbagi menjadi 12 pecahan berdasarkan informasi dari orang-orang yang selamat dari gempa tersebut dan juga dengan melihat serta membandingkan tingkat kerusakan akibat gempa bumi tersebut. Skala Mercalli sangat subjektif dan kurang tepat dibanding dengan perhitungan magnitudo gempa yang lain. Skala Mercalli yang dimodifikasi, pada tahun 1931 oleh ahli seismologi Harry Wood dan Frank Neumann masih sering digunakan

terutama apabila tidak terdapat peralatan seismometer yang dapat mengukur kekuatan gempa bumi di tempat kejadian.

Jika dibandingkan antara Skala Richter dengan skala MMI dapat diperoleh hubungan seperti pada **Tabel 2** di bawah ini.

Tabel 2. Hubungan Antara Magnitudo dan Intensitas Gempa (Irawan dkk., 2020)

| Magnitude (Richter) | Intensitas (MMI) | Pengaruh-pengaruh Tipikal |
|--------------------------|-----------------------|---|
| ≤ 2 | I – II | Pada umumnya tidak terasa |
| 3 | III | Terasa di dalam rumah, tidak ada kerusakan |
| 4 | IV – V | Terasa oleh banyak orang, barang-barang bergerak, Tidak adak kerusakan struktural |
| 5 | VI – VII | Terjadi beberapa kerusakan struktural, seperti Retakretak pada dinding |
| 6 | VII – VIII | Kerusakan menengah, seperti hancurnya dinding |
| 7 | IX – X | Kerusakan besar, seperti runtuhnya bangunan |
| ≥ 8 | XI – XII | Rusak total atau hampir hancur total |

2.7 Seismisitas Daerah Penelitian

Seismisitas merupakan persebaran gempabumi berupa titik-titik gempabumi di suatu wilayah yang menunjukkan tingkat kerentanan wilayah tersebut terhadap gempabumi. Semakin banyak titik gempabumi pada peta menunjukkan bahwa wilayah tersebut memiliki nilai seismisitas yang tinggi. Begitupun sebaliknya, semakin sedikit titik gempabumi pada peta menunjukkan bahwa wilayah tersebut memiliki nilai seismisitas yang rendah. Adapun parameter seismisitas yaitu posisi gempabumi (episenter), kedalaman gempabumi (hiposenter), dan percepatan permukaan tanah.

Kota Bandar Lampung merupakan salah satu wilayah yang sering terdampak gempabumi yang disebabkan oleh Sistem Sesar Sumatera (*Sumatera Fault System*) dan juga gempa-gempa yang berlokasi di zona subduksi Sumatera

(*Sumatera Subduction Zone*). Zona subduksi dan sesar Sumatera serta sesar-sesar aktif lainnya ini menyebabkan daerah Lampung menjadi daerah yang aktif mengalami kejadian gempa bumi. Hal tersebut dibuktikan dengan banyaknya kejadian gempa bumi yang tercatat oleh United States Geological Survey (USGS) dan Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) di mana dari tahun 1914 sampai 2014 tercatat kurang lebih ada 4000 kejadian gempa bumi. Gempa bumi yang tercatat tersebut memiliki magnitudo lebih dari atau sama dengan 1,0 M dengan kedalaman dangkal sekitar 60 Km.

Di daerah Lampung terdapat Sesar Lampung-Panjang yang berada di sepanjang pantai bagian Timur Teluk Lampung. Sesar ini menerus ke daratan Sumatera melalui daerah Tarahan, Panjang dan lereng timur Gunung Rajabasa bahkan diperkirakan menerus ke perairan Selat Sunda. Struktur sesar diduga sebagai jenis sesar mendatar yang bergerak relatif mengangan dipengaruhi oleh adanya gerak vertikal. Gempa bumi yang terjadi pada daerah ini ada yang dirasakan dan tidak dirasakan oleh masyarakat, tergantung dengan magnitudo, kedalaman dan episenter gempa bumi. Berdasarkan data historis kegempaan setiap tahun dari daerah Lampung serta data-data seismisitas lainnya terlihat jelas bahwa wilayah Lampung mempunyai tingkat kegempaan yang cukup tinggi, dan sangat potensial untuk terjadinya gempa bumi besar atau merusak dan tsunami.

Sebaran seismisitas di daerah Lampung dari tahun 1930 hingga 2022 menunjukkan ada 3 lokasi episenter gempa bumi, yang pertama berada di dekat Teluk Lampung yang berdekatan dengan Sesar Lampung-Panjang, yang kedua berada di lepas pantai yang berkaitan dengan lajur Sesar Sumatra Segmen Semangko dan yang terakhir berada di bagian barat yang bertepatan dengan lajur zona subduksi (Huda dan Munir, 2017). Penelitian dengan menggunakan Metode INSAR dan gayaberat mikro juga dilakukan oleh Zaenudin dkk, (2017) menemukan bahwa di sekitar Bandar Lampung, khususnya Way Halim di duga adanya penurunan tanah (*land subsidence*) yang disebabkan oleh Sesar Lampung-Panjang. *Land subsidence* terbesar cenderung terjadi di bagian

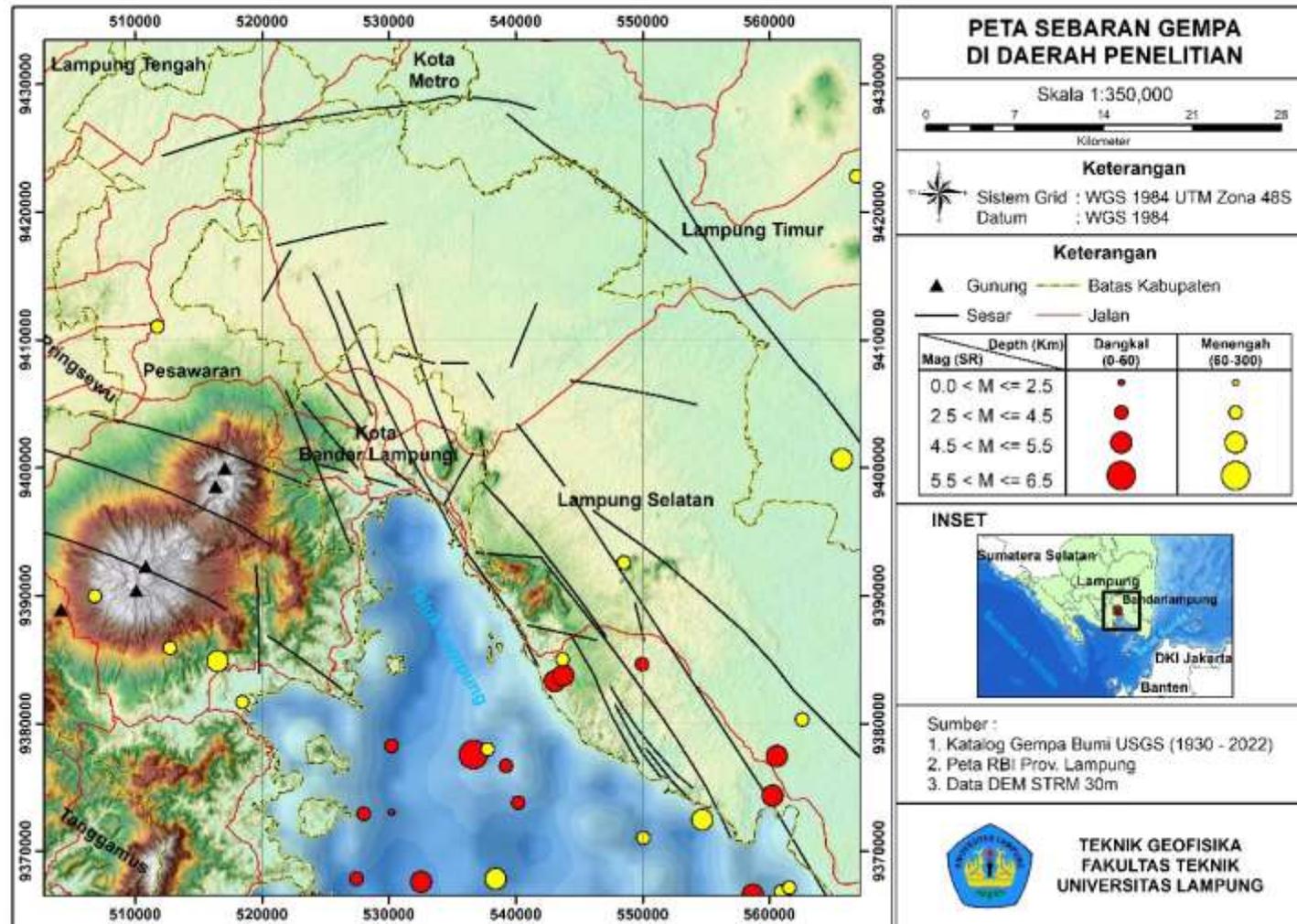
pesisir Teluk Lampung teridentifikasi dengan kecepatan di atas 5 mm/tahun dan yang tertinggi 30 mm/tahun. Sebaran kejadian gempa bumi pada daerah penelitian dapat dilihat pada **Gambar 5**.

2.8 Penelitian Terdahulu

Berdasarkan penelitian Mulyasari dkk (2018) mengenai Zonasi Area Potensi Gerakan Massa di Sepanjang Sesar Lampung-Panjang Kota Bandar Lampung didapatkan hasil bahwa berdasarkan Peta Geologi Lembar Tanjungkarang (Mangga dkk., 1993), kondisi geologi Kota Bandar Lampung berada pada pengaruh sesar/patahan dan terlihat jelas beberapa patahan yang melintasi Kota Bandar Lampung. Keberadaan patahan tersebut tercermin pada kondisi morfologinya yang berupa perbukitan dengan kelereng yang curam. Salah satunya merupakan Sesar Lampung-Panjang yang mana teridentifikasi sesar ini berarah N 225° E dan merupakan sesar turun dengan dip 70°. Berdasarkan pengamatan pada Citra SRTM 30 m, memperlihatkan bahwa wilayah di Kota Bandar Lampung yang berasosiasi dengan keberadaan sesar Lampung-Panjang rentan terhadap gerakan massa.

Berdasarkan penelitian Sanjaya (2014) didapatkan bahwa dari hasil analisis daerah sesar lampung-panjang dapat diketahui bahwa kedalaman regional berada pada kedalaman sekitar 5000 m dan kedalaman residual berada pada kedalaman sekitar 500 m. Serta diketahui adanya sebuah sesar turun dengan dip 50°. Sedangkan dari analisis kurtosis, pada model sintetik sesar turun 50° bernilai 0,0027 dan pada data pengukuran lintasan *slice* pertama bernilai 0,002. Diketahui juga bahwa adanya sebuah sesar turun dengan dip 70°. Sesuai dengan analisis FHD dan SHD pada model sintetik nilai FHD maksimum berada pada nilai positif dan SHD pada nilai nol menandakan adanya sesar turun. Sedangkan dari analisis kurtosis, pada model sintetik sesar turun 70° bernilai 0,003 dan pada data pengukuran bernilai 0,004. Perbedaan nilai ini disebabkan adanya perbedaan tebal lapisan zona kontak sesar dari model pengukuran dengan model sintetik yang mengakibatkan akumulasi densitas berbeda.

Sulandari dkk (2023) telah melakukan penelitian tentang Deliniasi Struktur Sesar Lampung-Panjang dan Identifikasi Potensi Sumberdaya Alam Berdasarkan Anomali Magnet Daerah Bandar Lampung. Dimana dapat diidentifikasi adanya keberadaan sesar Lampung-Panjang yang berarah barat laut – tenggara pada kedalaman 0,5 hingga 3 km. Berdasarkan analisis dengan menggunakan metode magnetik, diketahui bahwa pada daerah penelitian memperlihatkan kemenerusan Sesar Lampung – Panjang tidak menerus ke utara seperti yang tergambar pada Peta Geologi Lembar Tanjung Karang (Mangga dkk, 1993). Dimana hasil yang tergambar Sesar Lampung-Panjang terpotong oleh deliniasi kelurusan struktur yang berarah barat-laut – timur tenggara. Akan tetapi pada peta geologi kelurusan tersebut tidak terlihat karena ditutupi oleh sedimen berumur Kuartar.



Gambar 5. Sebaran seismisitas daerah penelitian (USGS, 2022)

III. TEORI DASAR

3.1 Metode Gayaberat

Metode gayaberat merupakan metode geofisika yang didasarkan pada 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)

Metode gayaberat adalah salah satu metode geofisika yang digunakan untuk menggambarkan bentuk struktur geologi di bawah permukaan. Pada metode gayaberat bertujuan untuk melakukan interpretasi terhadap nilai anomali gravitasi yang disebabkan karena adanya perbedaan harga densitas ataupun kedalaman tubuh massa batuan di bawah permukaan (Yusuf, 2011). Metode gayaberat sangat tepat digunakan untuk pendugaan struktur bawah permukaan dikarenakan 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, 2016).

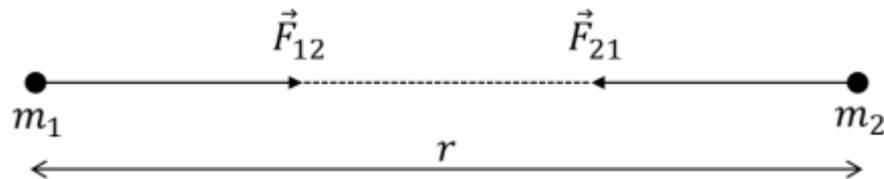
Dalam metode gayaberat, pengukuran dilakukan terhadap nilai komponen vertikal dari percepatan gayaberat di suatu tempat. Namun pada kenyataannya, bentuk bumi tidak bulat sehingga terdapat variasi nilai percepatan gayaberat untuk masing-masing tempat. Hal-hal yang mempengaruhi nilai percepatan gravitasi adalah perbedaan derajat garis lintang, perbedaan ketinggian

(topografi), kedudukan bumi dalam tata surya, variasi rapat massa batuan di bawah permukaan bumi, perbedaan elevasi tempat pengukuran dan hal lain yang dapat memberikan kontribusi nilai gravitasi, misalnya bangunan dan lain-lain (Hidayat dan Basid, 2011).

3.2 Konsep Dasar Gayaberat

3.2.1 Gayaberat Newton

Gayaberat Newton memiliki prinsip teori yang didasari Hukum Newton dimana menjabarkan mengenai adanya gaya tarik menarik antara dua massa m_1 dan m_2 yang terpisah sejauh r , dapat dirumuskan sebagai berikut yang dapat dilihat pada **Gambar 6** (Serway dan Jewett, 2009):



Gambar 6. Gaya tarik menarik antara dua buah benda (Grandis, 2009)

Kedua benda tertentu yang dipisahkan oleh jarak tertentu akan memiliki gaya tarik menarik yang besarnya dinyatakan oleh Persamaan (1).

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

dengan:

\vec{F} : gaya tarik menarik (N)

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

r : jarak antara dua buah benda (m)

G : konstanta gravitasi universal ($6,67 \times 10^{-11} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-2}$)

Hukum I Newton menjelaskan bahwa jika tidak ada gaya yang bekerja pada benda, kecepatan benda tidak akan berubah, atau benda tidak akan mengalami percepatan. Atau dengan kata lain, jika benda dalam keadaan diam, maka benda tersebut akan tetap diam. Jika benda dalam keadaan bergerak, maka benda tersebut akan terus bergerak dengan kecepatan yang sama (Halliday dkk., 2005).

3.2.2 Percepatan Gayaberat

Newton juga mendefinisikan hubungan antara gaya dan percepatan. Hukum II Newton tentang gerak menyatakan gaya sebanding dengan massa benda dikalikan dengan percepatan gayaberat bumi yang dialami benda tersebut, dapat dirumuskan pada 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 pada Persamaan (3).

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

Bila ditetapkan pada percepatan gaya tarik bumi persamaan di atas menjadi Persamaan (4).

$$\vec{g} = \frac{\vec{F}}{m} = G \frac{Mm}{mr^2} \hat{r} = G \frac{M}{r^2} \hat{r} \quad (4)$$

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, maka satuan percepatan gravitasi dinyatakan dengan m/s^2 dalam sistem MKS sedangkan dalam sistem CGS yaitu cm/s^2 , selain itu juga dapat dinyatakan dalam gal atau mgal. Apabila nilai dari kedua satuan di atas dikonversikan, maka dapat diuraikan sebagai berikut:

$$Gall = 1 \text{ cm/s}^2 = 10^{-2} \text{ m/s}^2 \quad (5)$$

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

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

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

$$\text{mGall} = 10 \text{ g.u.} = 10^{-6} \text{ m/s}^2 \quad (7)$$

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 pada suatu titik, pada medan gravitasi dinyatakan sebagai usaha yang diperlukan untuk memindahkan satu massa (m) dari jauh tak berhingga ke titik tertentu dalam medan gravitasi bumi bermassa m . Potensial total di suatu titik bersifat penjumlahan. Maka potensial gaya pada suatu massa yang kontinu pada titik di luar massa tersebut merupakan bentuk integral. Jika integral volume diambil untuk seluruh bumi, maka diperoleh potensial gaya berat bumi di ruang bebas, dan medan gayaberat didapatkan dengan menurunkan potensial tersebut.

$$V = Gm \int_0^r \frac{dr}{r^2} \quad (8)$$

$$V = G \frac{m}{r^2} r \quad (9)$$

$$V = G \frac{m}{r} \quad (10)$$

dengan:

V : potensial gravitasi

M : massa benda (kg)

r : jarak (m)

G : konstanta universal gravitasi ($6.67 \times 10^{-11} \text{ m}^{-3} \text{ kg}^{-1} \text{ dt}^{-2}$)

3.3 Koreksi-koreksi dalam Metode Gayaberat

Dalam memproses data metode gayaberat, terdapat beberapa koreksi-koreksi yang harus dilakukan untuk mereduksi noise-noise yang ditimbulkan. Adapun koreksi data gayaberat meliputi beberapa koreksi diantaranya

3.3.1 Koreksi Pasang Surut (*Tide Correction*)

Koreksi ini dilakukan untuk menghilangkan efek benda-benda di luar bumi seperti matahari dan bulan yang dapat mempengaruhi nilai gravitasi di bumi. Harga koreksi ini berubah-ubah setiap waktu secara periodik tergantung dari kedudukan benda-benda langit tersebut. Koreksi ini merupakan gaya tarik bulan dan matahari pada permukaan bumi maka harga tersebut ditambahkan pada harga baca dan pengamatan, jika koreksi tersebut merupakan lawan dari gaya tarik maka perlu dikurangkan. Koreksi tersebut dihitung berdasarkan perumusan Longman (1965) yang telah dibuat dalam sebuah paket program komputer. Pada grafik pasang surut terdapat nilai positif dan nilai negatif yang artinya jika positif maka bumi mengalami tarikan dari posisi normalnya dan apabila negatif maka bumi mengalami dorongan dari posisi normalnya.

3.3.2 Koreksi Apungan (*Drift Correction*)

Gravimeter biasanya dirancang dengan sistem keseimbangan pegas dan dilengkapi massa yang tergantung bebas di ujungnya. Karena pegas tidak elastis sempurna, maka sistem pegas tidak kembali ke kedudukan semula. Seringnya terjadi guncangan pada saat pengukuran (transportasi), mengakibatkan bergesernya pembacaan titik nol pada alat (pada alat gravimeter tidak diklem sehingga pegas tetap bekerja). Keadaan ini disebut *drift* (apungan) yang besarnya sebagai fungsi waktu. Koreksi ini dilakukan untuk mengoreksi kesalahan pembacaan gravimeter pada saat melakukan pengukuran nilai gayaberat di suatu tempat. Koreksi ini dilakukan dengan cara membuat lintasan tertutup pada titik-titik pengukuran (loop tertutup), yaitu dengan cara melakukan pengukuran ulang pada stasiun awal (titik ikat pada tiap loop). Besarnya koreksi apungan dijelaskan pada Persamaan (11).

$$D_n = \left\{ \frac{(g_b - g_a)}{(t_b - t_a)} (t_n - t_a) \right\} \quad (11)$$

dengan:

D_n : koreksi *drift* pada waktu pembacaan titik ikat

g_a : pembacaan *gravimeter* di titik awal

g_b : pembacaan *gravimeter* di titik akhir

t_a : waktu pembacaan di titik awal

t_b : waktu pembacaan di titik akhir

t_n : waktu pembacaan di titik pengamatan

3.3.3 Koreksi Lintang (*Latitude Correction*)

Koreksi lintang pada data gravitasi diperlukan sebagai akibat dari rotasi bumi. Rotasi bumi tersebut akan menyebabkan (Rosid, 2005):

- Bentuk bumi yang berubah pada ekuator (*bulging*) dan kutub (*flattened*) sehingga jari-jari di ekuator lebih besar dari jari-jari kutub.
- Akumulasi massa (fluida) pada ekuator.
- Terjadinya percepatan sentrifugal yang maksimal di ekuator dan minimal terjadi di kutub. Hasil dari rotasi bumi tersebut akan menyebabkan perbedaan nilai percepatan gravitasi di seluruh permukaan bumi, yaitu bervariasi dari ekuator ke kutub atau bervariasi terhadap terhadap lintang.

3.3.4 Koreksi Udara Bebas (*Free Air Correction*)

Pengukuran yang dilakukan pada ketinggian h dari *mean sea level* akan menyebabkan harga g yang semakin kecil, sehingga harus dilakukan koreksi terhadap pembacaan alat. Koreksi ini dilakukan untuk mendapatkan nilai pembacaan gravitasi absolut di titik obsevasi (Ikhsan, 2018). Menurut Brotopuspito (2001) persamaan yang digunakan untuk koreksi udara bebas dijelaskan pada Persamaan (12).

$$FAC = -0,3085h \text{ mGal} \quad (12)$$

dengan:

FAC : *free air correction*

h : ketinggian (m)

Sedangkan anomali udara bebasnya atau *Free Air Anomali* (FAA), dapat dituliskan seperti pada Persamaan (13).

$$FAA = g_{obs} - g_{\varphi} + 0,3085h \quad (13)$$

dengan:

FAA : *free air anomali*

g_{obs} : gravitasi observasi

3.3.5 Koreksi Bouguer (*Bouguer Correction*)

Koreksi Bouguer dilakukan untuk menghilangkan efek massa batuan yang mengisi ruang antara titik pengukuran dan bidang acuan. Besar koreksi ini dapat dihitung berdasarkan Persamaan (14).

$$BC = 2\pi G\rho h \quad (14)$$

dengan:

BC : *Bouguer correction* (mGal/m)

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

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

h : ketinggian (m)

3.3.6 Koreksi Medan (*Terrain Correction*)

Koreksi medan dilakukan untuk mengoreksi adanya penyebaran massa yang tidak teratur di sekitar titik pengukuran. Pada koreksi Bouguer mengandaikan bahwa titik pengukuran di lapangan berada pada bidang datar yang sangat luas. Sedangkan kenyataan di lapangan bisa saja terdapat topografi yang tidak datar akan tetapi ada kumpulan gunung atau perbukitan, maka jika hanya dilakukan koreksi Bouguer saja hasilnya akan kurang baik. Dari kenyataan diatas, pengaruh material yang ada di sekitar 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). Salah satu cara yang sering digunakan untuk mengetahui nilai koreksi medan adalah dengan menggunakan *Hammer Chart* seperti pada Persamaan (15).

$$TC = \frac{2\pi G\rho}{n} \left\{ (r_L - r_D) + \sqrt{r_L^2 + z^2} - \sqrt{r_D^2 + z^2} \right\} \quad (15)$$

dengan:

TC : *terrain correction*

G : konstanta gravitasi

n : jumlah segmen dalam zona tersebut

ρ : densitas rata-rata batuan (g/cc)

r_L : radius dalam (m)

r_D : radius luar (m)

z : selisih ketinggian dari titik pengukuran (m)

3.3.7 Anomali Bouguer

Anomali Bouguer merupakan perbedaan antara nilai gayaberat observasi dengan jumlah secara aljabar dari koreksi-koreksi data gayaberat. Variasi dari Anomali Bouguer merefleksikan variasi densitas secara lateral misalnya benda dengan densitas tinggi berada di dalam medium yang memiliki densitas rendah akan menghasilkan nilai Anomali Bouguer positif, sedangkan benda dengan densitas rendah yang berada pada medium dengan densitas tinggi akan menghasilkan anomali Bouguer negatif (Reynolds, 1997). Anomali Bouguer dapat dihitung menggunakan Persamaan (16).

$$BA = g_{obs} - g_{\varphi} + FAC + BC + TC \quad (16)$$

dengan:

g_{obs} : harga gayaberat pengukuran di titik tersebut

FAC : *free air correction*/ koreksi udara bebas

BC : *Bouguer correction*/ koreksi Bouguer

TC : *terrain correction*/ koreksi medan

3.4 Rapat Massa Batuan

Parameter yang sangat penting dalam metode gayaberat adalah penentuan densitas batuan. Nilai percepatan gravitasi yang terukur di permukaan bumi akan bervariasi dipengaruhi distribusi densitas material yang berada di bawah permukaan bumi yang berasosiasi dengan struktur dan kondisi geologi di dalam bumi. Salah satu metode yang digunakan untuk menentukan densitas batuan rata-rata yaitu metode parasnis. Metode Parasnis mencari densitas batuan dengan cara membuat grafik dari nilai koreksi Bouguer dengan nilai anomali udara bebas.

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 rapat massa pada batuan sedimen. Rapat massa butir pembentuknya, kandungan fluida yang mengisi pori-porinya, porositas, dan pemadatan akibat tekanan serta pelapukan yang dialami oleh batuan akan mempengaruhi besaran rapat massa batuan (Brotopuspito, 2001). Berikut merupakan nilai variasi densitas (Telford dkk., 1990) dapat dilihat pada **Tabel 3**.

Tabel 3. Nilai Densitas Batuan (Telford dkk., 1990)

| Jenis Batuan | Rentang Densitas (gr/cc) | Rata-rata (gr/cc) |
|---------------------|---------------------------------|--------------------------|
| <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 |

Tabel 3 (lanjutan)

| Jenis Batuan | Rentang Densitas (gr/cc) | Rata-rata (gr/cc) |
|----------------------|---------------------------------|--------------------------|
| <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>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>Phylite</i> | 2,68-2,80 | 2,74 |
| <i>Granulite</i> | 2,52-2,70 | 2,65 |

3.5 Analisis Spektrum

Analisis spektrum bertujuan untuk memperkirakan kedalaman suatu benda anomali gayaberat di bawah permukaan. Metode analisis spektrum memanfaatkan transformasi fourier untuk mengubah suatu fungsi dalam jarak atau waktu menjadi fungsi dalam bilangan gelombang atau frekuensi (Blakely, 1996)

Analisis spektrum dilakukan untuk mengestimasi lebar jendela serta estimasi kedalaman anomali gayaberat. Analisis spektrum dilakukan dengan cara mentransformasi fourier lintasan yang telah ditentukan pada peta kontur anomali Bouguer lengkap. Secara umum, suatu transformasi fourier adalah menyusun kembali/mengurai suatu gelombang sembarang ke dalam gelombang sinus dengan frekuensi bervariasi dimana hasil penjumlahan gelombang-gelombang sinus tersebut adalah bentuk gelombang aslinya. (Kadir, 2000)

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. Pada metode gayaberat, spektrum diturunkan dari potensial gayaberat yang teramati pada suatu bidang horizontal dimana transformasi fouriernya dijelaskan pada Persamaan (17) dan Persamaan (18). (Blakely, 1996)

$$F(U) = \gamma\mu F\left(\frac{1}{r}\right) \quad (17)$$

$$F\left(\frac{1}{r}\right) = 2\pi \frac{e^{|k|(z_0-z_1)}}{|k|} \quad (18)$$

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

U : potensial gayaberat

γ : konstanta gayabera

μ : anomali rapat masa

r : jarak

Gerak vertikal gravitasi yang disebabkan oleh suatu titik massa adalah

turunan derivatif dari potensial gayaberatnya:

$$g_z = \gamma\mu \frac{\partial}{\partial z} \frac{1}{r} \quad (19)$$

$$F(g_z) = \gamma\mu F\left(\frac{\partial}{\partial z} \frac{1}{r}\right) \quad (20)$$

$$F(g_z) = \gamma\mu \frac{\partial}{\partial z} F\left(\frac{1}{r}\right) \quad (21)$$

Transformasi fourier pada lintasan yang diinginkan adalah:

$$F(g_z) = 2\pi\gamma\mu e^{|k|(z_0-z_1)}, \quad z_1 > z_0 \quad (22)$$

Jika distribusi rapat massa bersifat random dan tidak ada korelasi antara masing-masing nilai gayaberat, maka $m=1$ sehingga hasil transformasi fourier anomali gayaberat menjadi:

$$A = C e^{|k|(z_0-z_1)} \quad (23)$$

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 (24).

$$A = C e^{|k|(z_0-z_1)} \quad (24)$$

Sehingga bilangan gelombang K berbanding lurus dengan *spectral amplitude*.

$$\ln A = \ln 2\pi\gamma\mu e^{|k|(z_0-z_1)} \quad (25)$$

$$\ln A = (z_0 - z_1)|k| + \ln \ln C \quad (26)$$

Persamaan di atas dapat dianalogikan dalam persamaan garis lurus:

$$y = mx + c \quad (27)$$

Dimana $\ln A$ 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

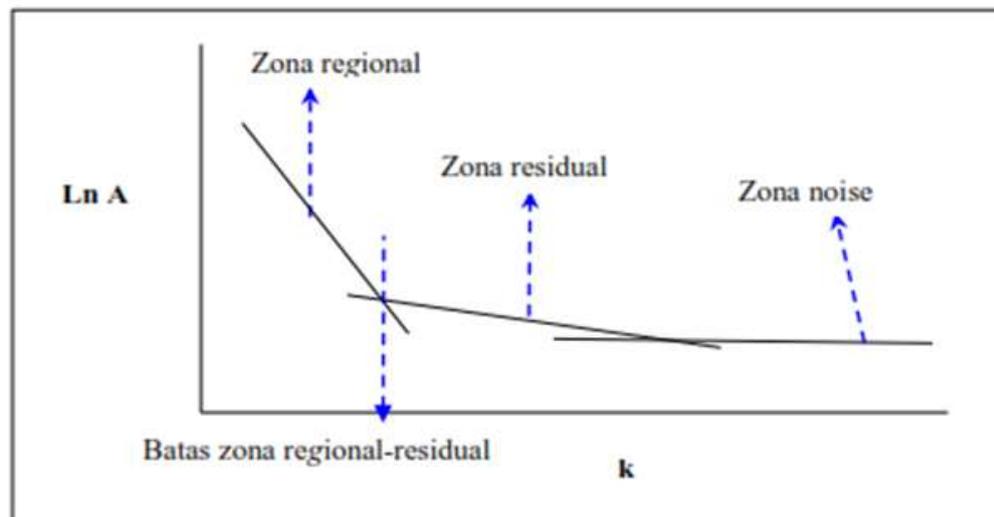
sebagai bilangan gelombang yang besarnya $\frac{2\pi}{\lambda}$ dan satuannya cycle/meter, dengan λ adalah panjang gelombang. Hubungan λ dengan Δx diperoleh dari Persamaan (28).

$$k = \frac{2\pi}{\lambda} = \frac{2\pi}{k_c \Delta x} \quad (28)$$

Nilai λ sama dengan Δx , ada faktor lain pada Δx yang disebut konstanta pengali, sehingga $\lambda = N \cdot \Delta x$, konstanta N didefinisikan sebagai lebar jendela, jadi lebar jendela dapat dirumuskan pada Persamaan (29).

$$N = \frac{2\pi}{k_c \Delta x} \quad (29)$$

Dimana Δx adalah domain spasi yang akan digunakan dalam Fast Fourier Transform (FFT), dan k_c adalah bilangan gelombang *cutoff*. Dalam proses ini akan terbentuk kurva hubungan antara f (frekuensi) dan k (bilangan gelombang) seperti pada **Gambar 7**.



Gambar 7. Kurva Ln A terhadap K (Blakely, 1996)

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.

3.6 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. Semakin lebar jendela yang digunakan maka nilai anomali residualnya akan mendekati nilai Anomali Bouguer (Setiadi dkk., 2010).

Sebelum dilakukan interpretasi anomali gayaberat, terlebih dahulu dilakukan pemisahan anomali lokal dan anomali regional. Hal ini bertujuan untuk mendapatkan gambaran tatanan geologi yang akurat ketika diinterpretasi (Haerudin dan Karyanto, 2007).

Pemisahan anomali bertujuan untuk membantu dalam interpretasi gayaberat secara kualitatif. Pemisahan anomali ini salah satunya dapat dilakukan dengan filter *moving average*. *Moving average* dilakukan dengan cara merata-ratakan nilai anomalnya. *Output* yang didapatkan disebut dengan anomali regional. Untuk mendapatkan anomali residual dilakukan pengurangan antara Anomali Bouguer Lengkap terhadap anomali regional yang ditunjukkan oleh Persamaan (30).

$$\Delta g_{reg}(i) = \frac{\Delta g(i-n) + \dots + \Delta g(i) + \dots + \Delta g(i+n)}{N} \quad (30)$$

dengan:

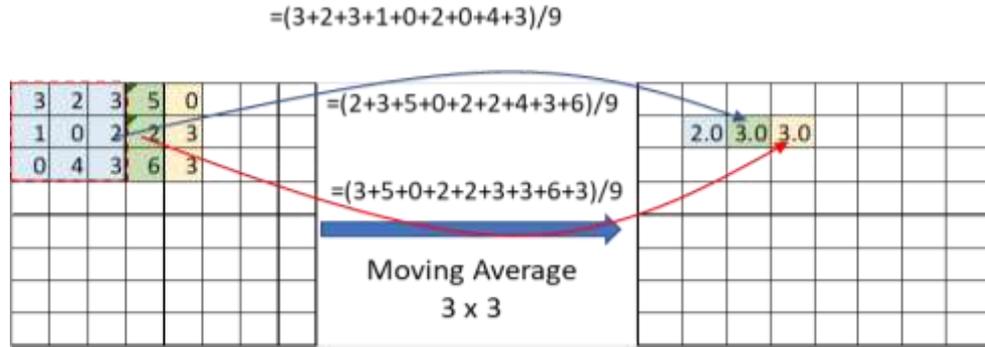
i : nomor stasiun

N : lebar jendela

Δg_{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 pada

Gambar 8.



Gambar 8. Skematik perhitungan *moving average*

Misalnya *moving average* dengan lebar jendela 3, maka:

$$\Delta g_{reg} = \frac{1}{9} \sum_{N=1}^9 \Delta g(n) \quad (31)$$

Nilai anomali residual Δg_{res} dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan (32).

$$\Delta g_{res} = \Delta g - \Delta g_{reg} \quad (32)$$

Dimana Δg adalah anomali bouguer total (Diyanti, 2014).

3.7 Metode *Second Vertikal Derivative*

Second Vertikal Derivative dilakukan untuk memunculkan efek dangkal dari pengaruh regionalnya dan untuk menentukan batas-batas struktur yang ada di daerah penelitian. Metode ini sangat baik untuk mengetahui keberadaan struktur bawah permukaan yang diturunkan dari Persamaan Laplace:

$$\nabla^2 \Delta g = 0 \quad (33)$$

Atau:

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

Sehingga *second vertikal derivative*-nya diberikan oleh:

$$\frac{\partial^2 \Delta g}{\partial z^2} = -\left(\frac{\partial^2 \Delta g}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \Delta g}{\partial x^2}\right) \quad (35)$$

Untuk data 1-D (data penampang) persamaannya diberikan oleh:

$$\frac{\partial^2 \Delta g}{\partial z^2} = \frac{\partial^2 \Delta g}{\partial x^2} \quad (36)$$

Persamaan SVD dan 1-D diatas menunjukkan bahwa *second vertikal derivative* dari suatu anomali gayaberat permukaan adalah sama dengan negatif dari derivatif orde dua horizon. Artinya bahwa anomali *second vertikal derivative* dapat melalui derivatif horizontal yang secara praktis lebih mudah dikerjakan. Untuk data anomali gayaberat dalam grid teratur, anomali *second vertikal derivative* dapat diturunkan melalui proses *filtering* dimana persamaan konvolusi nya diberikan oleh Persamaan (37).

$$\Delta G_{svd}(\Delta x, \Delta y) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} \Delta g(x, y) F(x - \Delta x, y - \Delta y) dx dy \quad (37)$$

Dimana F adalah filter *second vertikal derivative* sesuai persamaan diatas dan Δg adalah anomali gayaberat sebagai data input.

Terdapat beberapa operator filter *Second Vertikal Derivative* (SVD) yang biasa digunakan dalam pengolahan data gayaberat yaitu operator filter *Second Vertikal Derivative* (SVD) yang dihitung oleh Henderson dan Zeits (1949), Elkins (1951), dan Rosenbach (1952). Dimana dalam penelitian ini digunakan operator filter SVD Elkins. Adapun operator-operator SVD dapat dilihat pada **Tabel 4**.

Tabel 4. Tipe–Tipe Operator Filter SVD (Sarkowi, 2010)

| Operator Filter SVD Tipe Henderson and Ziets (1949) | | | | |
|--|---------|---------|---------|---------|
| 0.00 | 0.00 | -0.0838 | 0.00 | 0.00 |
| 0.00 | 1.00 | -2.6667 | 1.00 | 0.00 |
| -0.0838 | -2.6667 | 17.00 | -2.6667 | -0.0838 |
| 0.00 | 1.00 | -2.6667 | 1.00 | 0.00 |
| 0.00 | 0.00 | -0.0838 | 0.00 | 0.00 |
| Operator Filter SVD Tipe Elkins (1951) | | | | |
| 0.00 | -0.0838 | 0.00 | -0.0838 | 0.00 |
| -0.0838 | -0.6667 | -0.0334 | -0.6667 | -0.0838 |
| 0.00 | -0.0334 | 1.0668 | -0.0334 | 0.00 |
| -0.0838 | -0.6667 | -0.0334 | -0.6667 | -0.0838 |
| 0.00 | -0.0838 | 0.00 | -0.0838 | 0.00 |

Tabel 4 (lanjutan)

| Operator Filter SVD Tipe <i>Rosenbanch</i> (1953) | | | | |
|--|---------|-------|---------|---------|
| 0.00 | -0.0416 | 0.00 | -0.0416 | 0.00 |
| -0.0416 | -0.3332 | -0.75 | -0.3332 | -0.0416 |
| 0.00 | -0.75 | 4.00 | -0.75 | 0.00 |
| -0.0416 | -0.3332 | -0.75 | -0.3332 | -0.0416 |
| 0.00 | -0.0416 | 0.00 | -0.0416 | 0.00 |

Ide dari metode ini adalah mengambil nilai turunan kedua dari anomali Bouguer sama dengan nol sebagai kontak dari kontras densitas antara dua lapisan batuan, dalam hal ini kontak tersebut dapat dikatakan sebagai struktur patahan ataupun intrusi (Sarkowi, 2010). Struktur patahan atau sesar naik, sesar turun maupun sesar geser dapat ditentukan dari nilai anomali SVD dengan karakteristik sebagai berikut:

Untuk sesar naik;

$$\left| \frac{\partial^2 g}{\partial z^2} \max \right| < \left| \frac{\partial^2 g}{\partial z^2} \min \right| \quad (38)$$

Untuk sesar turun:

$$\left| \frac{\partial^2 g}{\partial z^2} \max \right| > \left| \frac{\partial^2 g}{\partial z^2} \min \right| \quad (39)$$

Untuk sesar geser:

$$\left| \frac{\partial^2 g}{\partial z^2} \max \right| = \left| \frac{\partial^2 g}{\partial z^2} \min \right| \quad (40)$$

3.8 *Forward Modelling*

Forward modeling atau pemodelan ke depan merupakan suatu metode interpretasi untuk memprediksi atau memperkirakan nilai densitas bawah permukaan dengan membuat terlebih dahulu benda geologi yang terdapat di bawah permukaan. Pada *forward modeling* model awal dibangun berdasarkan perkiraan geologi dan geofisika. Anomali model dihitung dan dibandingkan dengan anomali yang diamati, serta parameter model disesuaikan untuk meningkatkan kesesuaian antara dua anomali. Proses penyesuaian model,

perhitungan anomali, dan perbandingan anomali ini diulang sampai anomali yang dihitung dan diamati dianggap cukup mirip (Blakely, 1996).

Untuk memperoleh kesesuaian antara data teoritis (respons model) dengan data lapangan dilakukan proses coba-coba (*trial and error*) dengan mengubah harga parameter model. Seringkali istilah pemodelan ke depan atau *forward modeling* digunakan untuk menyatakan pemodelan data geofisika dengan cara coba-coba. Dengan kata lain, istilah pemodelan ke depan tidak hanya mencakup perhitungan respon model tetapi juga proses coba-coba secara manual untuk memperoleh model yang memberikan respon yang cocok dengan data (Sarkowi, 2014).

IV. METODE PENELITIAN

4.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Adapun penelitian ini dilakukan di:

Tempat Penelitian : Laboratorium Pengolahan dan Pemodelan Data
Geofisika, Teknik Geofisika Universitas Lampung
Alamat Penelitian : Jalan Prof. Dr. Ir. Sumantri Brojonegoro No. 1,
Gedong Meneng, Kec. Rajabasa, Kota Bandar
Lampung, Lampung 35141
Tanggal : November 2023 – April 2024

4.2 Alat dan Bahan Penelitian

Adapun alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada **Tabel 5** dan **Tabel 6** sebagai berikut:

Tabel 5. Data yang Digunakan dalam Penelitian

| No | Data | Sumber Data |
|----|----------------|--|
| 1 | Data Gayaberat | Data ini berupa data sekunder hasil pengukuran satelit yang diakses melalui website: http://topex.ucsd.edu/cgi-bin/get_data.cgi yang berjumlah 61472 titik. |
| 2 | Data DEM SRTM | Data ini diperoleh dari website DEMNAS www.tanahair.indonesia.go.id . |
| 3 | Peta Geologi | Peta Geologi yang digunakan dalam penelitian ini bersumber dari Peta Geologi Lembar Tanjung Karang Mangga dkk., (1993). |

Tabel 6. Software yang Digunakan dalam Penelitian.

| No | Software | Fungsi |
|----|------------------|---|
| 1 | Laptop | Digunakan dalam pengolahan data penelitian dan penyusunan laporan. |
| 2 | ArcGIS 10.8 | Berfungsi dalam pembuatan peta administrasi dan peta geologi daerah penelitian. |
| 3 | Microsoft Excell | Digunakan untuk melakukan koreksi data gayaberat dan analisis Spektrum |
| 4 | Global Mapper | Untuk mendapatkan batas regional dan lokal daerah penelitian. |
| 5 | Surfer 13 | Digunakan untuk mengolah data gayaberat yaitu dalam pembuatan peta kontur anomali Bouguer, pemisahan anomali Bouguer regional dan residual dan perhitungan SVD. |
| 6 | Oasis Montaj | Digunakan untuk mendapatkan koreksi terrain dan membuat penampang melintang pemodelan ke depan 2D. |

4.3 Prosedur Penelitian

Adapun prosedur penelitian pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

4.3.1 Studi Literatur

Pada tahap awal penelitian yaitu dilakukan studi literatur. Studi literatur berguna untuk mengumpulkan data-data yang berkaitan dengan penelitian seperti tinjauan pustaka dan teori dasar yang dapat memudahkan dalam penelitian.

4.3.2 Koreksi Data Gayaberat

Melakukan koreksi data gayaberat berupa koreksi udara bebas, koreksi Bouguer menggunakan *software* Microsoft excel dan koreksi medan atau *terrain correction* menggunakan *software* Geosoft Oasis Montaj 8.3.4 untuk mendapatkan nilai Anomali Bouguer Lengkap (ABL). Densitas

yang didapatkan pada daerah penelitian ini yaitu 2,65 gr/cc yang digunakan untuk mendapatkan nilai Anomali Bouguer Lengkap.

4.3.3 Anomali Bouguer Lengkap

Dari data gayaberat yang sudah dilakukan koreksi-koreksi kemudian dilakukan *gridding* data untuk mendapatkan kontur Anomali Bouguer Lengkap menggunakan software Surfer 13.

4.3.4 Analisis Spektrum

Analisis spektrum dilakukan untuk mengestimasi lebar jendela serta estimasi kedalaman anomali. Analisis spektrum dilakukan dengan cara transformasi fourier lintasan yang telah ditentukan pada peta anomali Bouguer lengkap. Pada proses ini peta anomali Bouguer lengkap daerah penelitian dilakukan *slice* dengan 4 lintasan lalu ditransformasi fourier kemudian dilakukan analisis spektrum untuk menentukan lebar jendela.

4.3.5 Pemisahan Anomali Regional Residual

Selanjutnya dilakukan pemisahan anomali regional dan residual. Anomali rendah memperlihatkan adanya batuan dengan kontras rapat massa batuan yang lebih rendah (batuan sedimen), sedangkan anomali tinggi mencerminkan adanya batuan dengan kontras rapat massa lebih tinggi. Perangkat lunak yang digunakan untuk proses pemisahan anomali regional dan anomali residual adalah perangkat lunak Surfer, proses pemisahan anomali dimulai dengan menginputkan data anomali Bouguer lengkap ke dalam perangkat lunak Surfer lalu nilai lebar jendela yang didapatkan pada proses analisis spektrum dimasukkan sebagai nilai input pemisahan sehingga hasil yang didapatkan berupa anomali regionalnya. Sedangkan untuk anomali residual diperoleh dari selisih antara anomali bouguer lengkap dengan anomali regional.

4.3.6 Analisis *Second Vertical Derivative*

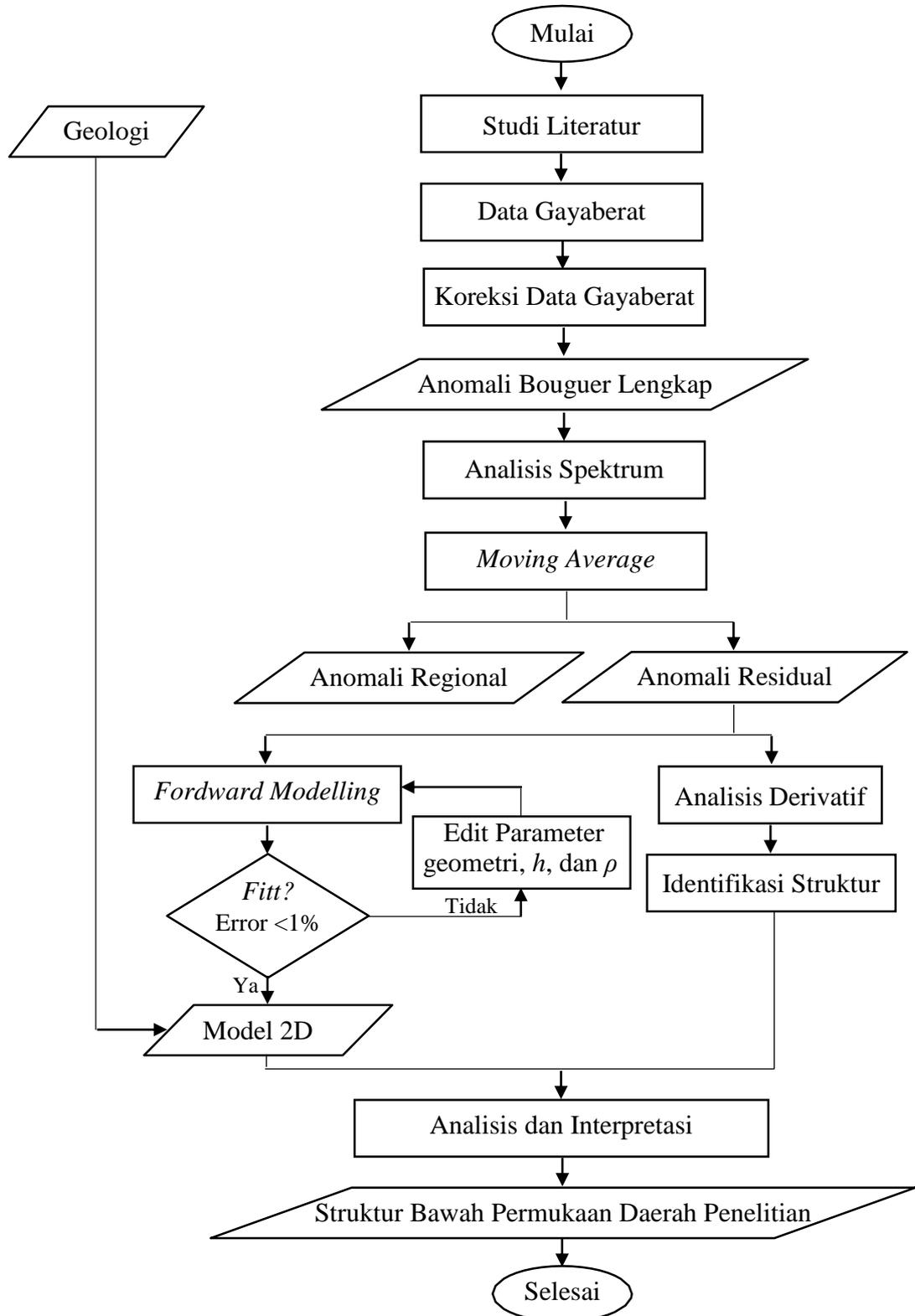
Second vertical derivative dilakukan untuk menentukan batas anomali dan mengetahui jenis struktur yang terdapat pada suatu daerah. Pada SVD, anomali yang disebabkan oleh struktur geologi akan memiliki nilai mutlak maksimum dan nilai mutlak minimum serta dibatasi dengan nilai nol atau mendekati nol sebagai batas karakteristik geologi. Pada penampang SVD bersifat sebagai *high pass filter* sehingga dapat menggambarkan anomali residual yang berasosiasi dengan struktur dangkal yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi jenis sesar turun, sesar naik atau sesar mendatar. Analisis SVD dilakukan menggunakan *software* Surfer dengan filter SVD operator Elkins (1951).

4.3.7 Pemodelan Bawah Permukaan

Pemodelan bawah permukaan pada penelitian ini menggunakan metode *forward modelling 2D* dengan menggunakan *software* Geosoft Oasis Montaj. Tahapan *forward modelling* dilakukan dengan melakukan input data jarak dan data anomali residual berdasarkan *slice* ataupun lintasan yang telah dibuat. Tahapan penentuan lintasan dilakukan dengan menarik lintasan yang melewati anomali tinggi dan anomali rendah yang diindikasikan sebagai daerah patahan. Selanjutnya dilakukan analisis untuk mengetahui struktur bawah permukaan daerah penelitian.

4.5 Diagram Alir Penelitian

Adapun diagram alir pada penelitian ini adalah sebagai berikut seperti pada Gambar 9.



Gambar 9. Diagram alir penelitian

V. KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan pengolahan data gayaberat dan interpretasi data yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Dari hasil analisis spektrum diperoleh batas anomali regional gayaberat pada kedalaman 4411m serta batas anomali residual pada kedalaman 499m.
2. Dari hasil analisis SVD diidentifikasi adanya struktur geologi berupa sesar yaitu sesar Lampung-Panjang dan sesar minor lainnya yang sesuai dengan struktur sesar pada geologi sebenarnya.
3. Berdasarkan pemodelan ke depan 2D diidentifikasi pada lintasan pertama terdapat sesar turun yang terletak di daerah Rangai Tunggal dan di daerah Babatan hingga Neglasari yang berada di Kabupaten Lampung Selatan serta pada lintasan kedua terdapat sesar turun yang diidentifikasi dari penampang yang terletak di daerah Rangai Tunggal dan di daerah Babatan hingga Neglasari yang berada di Kabupaten Lampung Selatan yang terkonfirmasi pada peta geologi.

5.2 Saran

Adapun saran yang dapat penulis berikan pada penelitian ini yaitu untuk mengkonfirmasi struktur lebih lanjut diperlukan analisis yang mendetail mengenai sesar pada daerah penelitian. Hal ini dapat dilakukan dengan melakukan pengukuran menggunakan metode geofisika yang lainnya seperti metode magnetotellurik, mikroseismik dan metode seismik sehingga bisa didapatkan gambaran kondisi bawah permukaan yang lebih maksimal dan akurat.

DAFTAR PUSTAKA

- BIG. (2020). *Portal pencarian dan integrasi informasi geospasial melalui Ina-SDI*. <https://tanahair.indonesia.go.id>. Diakses pada tanggal 11 Agustus 2023.
- Billings, M. P. (1946). *Structural Geology*. Prentice-Hall, Inc. New York.
- Blakely, R. J. (1996). *Potensial Theory in Gravity and Magnetic Applications*. Cambridge University Press. Cambridge.
- Brotopuspito, K. S. (2001). *Teori dan Aplikasi Metode Gravitasi*. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Diyanti, A. (2014). Interpretasi Struktur Geologi Bawah Permukaan Daerah Leuwidamar Berdasarkan Analisis Spektrum Data Gayaberat. *Skripsi*. Universitas Pendidikan Indonesia. Bandung.
- Elkins, T. A. (1951). The Second Derivative Method of Gravity Interpretation. *Geophysics*, 23.
- Grandis, H. (2009). *Pengantar Pemodelan Inversi Geofisika*. Himpunan Ahli Geofisika Indonesia. Jakarta.
- Haerudin, N., dan Karyanto. (2007). Aplikasi Metode Polinomial Least Square Berbasis Matlab Untuk Memisahkan Efek Residual Anomali Regional Pada Data Graviasi (Studi Kasus Kotamadya Bandar Lampung). *Jurnal Sains MIPA*, 13(1).
- Halliday, D., Resnick, R., dan Walker, J. (2005). *Fisika Dasar Edisi 7 Jilid 1*. Erlangga. Jakarta.
- Hidayat, N., dan Basid, A. (2011). Analisis Anomali Gravitasi Sebagai Acuan Dalam Penentuan Struktur Geologi Bawah Permukaan dan Potensi Geothermal (Studi Kasus di Daerah Songoriti Kota Batu). *Jurnal Neutrino*, 4(1).
- Huda, A. M. M., dan Munir, B. (2017). Analisa Pola Sesar di Daratan Selatan Sumatera Berdasarkan Event Gempa Thun 1960-2000. *Jurnal Sains Terapan*, 3(2).

- Ikhsan, M. (2018). Pemantauan Perubahan Kedalaman Muka Air Tanah dengan Metode Microgravity Vertical Gradient antar Waktu di Kawasan Simpang Lima, Semarang. *Skripsi*. Universitas Negeri Semarang. Semarang.
- Irawan, L., Hasibuan, L. H., dan Fauzi. (2020). Analisa Prediksi Efek Kerusakan Gempa Dari Magnitudo (Skala Richter) dengan Metode Algoritma ID 3 Menggunakan Aplikasi Data Mining Orange. *Jurnal Keilmuan dan Aplikasi Bidang Teknik Informatika*, 14(2).
- Kadir, W. G. A. (2000). *Eksplorasi Gayaberat dan Magnetik*. Institut Teknologi Bandung. Bandung.
- Longman, I. M. (1959). Formulas for computing the tidal accelerations due to the Moon and the Sun. *Journal of Geophysical Research*, 64(12).
- Mangga, S.A., Amirudin, T., Suwanti, S., Gafoer dan Sidarto. (1993). *Peta Geologi Lembar Tanjungkarang*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi. Bandung.
- Mulyasari, R., Haerudin, N., Karyanto., Darmawan, I. G B., dan Arifianti, Y. (2018). Zonasi Area Potensi Gerakan Massa di Sepanjang Sesar Lampung-Panjang Kota Bandar Lampung. *Prosiding Semnas SINTA FT Unila*. Lampung.
- Octonovrilna, L. dan Pudja, I. P. (2009). Analisa Perbandingan Anomali Gravitasi dengan Persebaran Intrusi Air Asin. *Jurnal Meteorologi dan Geofisika*, 10(1).
- Rasimeng, S., Mulyasari, R., dan Yogi, I. B. S. (2023) *Pemetaan dan Pemodelan Sesar Lampung-Panjang Untuk Mitigasi Bencana Geologi di Lampung*. Graha Ilmu. Yogyakarta.
- Rosid, S. (2005). *Gravity Method in Exploration Geophysics*. Universitas Indonesia. Jawa Barat.
- Sanjaya, S. W. (2014). Analisis Sesar Menggunakan Model Sintetik Studi Kasus Sesar Panjang Lampung Dengan Menggunakan Data Gayaberat. *Skripsi*. Universitas Lampung: Lampung
- Sarkowi, M. (2010). *Buku Ajar Pengantar Teknik Geofisika*. Universitas Lampung. Lampung.
- Sarkowi, M. (2014). *Eksplorasi gaya Berat*. Graha Ilmu. Yogyakarta.
- Serway, R. A. dan Jewett, J. W. (2009). *Fisika untuk Sains dan Teknik*. Salemba Teknik. Jakarta.
- Setiadi, I., dan Riyanda, A. R. (2016). Delineasi Cekungan Sedimen dan Interpretasi Geologi Bawah Permukaan Cekungan Tanimbar Berdasarkan Analisis Data Gayaberat. *Jurnal Geo-Science*, 17(3).

- Setiadi, I., Setyanta, B. dan Widijono, B. S. (2010). Delineasi Cekungan Sedimen Sumatera Selatan Berdasarkan Analisis Data Gaya Berat. *Jurnal Sumber Daya Geologi*, 20(2).
- Subagio. (2018). Struktur Geologi Bawah Permukaan Pegunungan Selatan Ditafsir Jawa Barat dari Anomali Bouguer. *Jurnal Geologi dan Sumberdaya Mineral*, 19(4).
- Sulandari, B., Suteja, A., Hadibroto, H., Nurmaliyah, Setyana, B., dan Garniwa, A. (2023). Deliniasi Struktur Sesar Lampung-Panjang dan Identifikasi Potensi Sumberdaya Alam Berdasarkan Anomali Magnet Daerah Bandar Lampung. *Jurnal Geologi dan Sumberdaya Mineral*, 24(4).
- Sunarjo, Gunawan, M. T., dan Pribadi, S. (2012). *Gempa Bumi edisi populer*. Badan Meteorologi dan Klimatologi Geofisika. Jakarta.
- Susilawati. (2005). *Pemodelan Metode Gayaberat*. Departemen Fisika FMIPA Universitas Indonesia.
- USGS. (2022). *Katalog Gempabumi*. <https://www.usgs.gov/programs/earthquake-hazards/earthquakes>. Diakses pada tanggal 6 Februari 2024.
- University of California San Diego. (2023). *Script Intitution of Oceanography*. https://www.topex.ucsd.edu/cgi-bin/get_data.cgi. Diakses pada tanggal 10 Maret 2023.
- Yusuf, M. (2011). Analisis Data Gayaberat Kombinasi Gravimeter Absolut (A10) dan Gravimeter Relatif (Lacoste Romberg). *Tesis*. Institut Teknologi Bandung. Bandung.
- Zaenudin, A., Sarkowi, M., dan Suharno. (2013). Pemodelan Sintetik Gradien Gayaberat untuk Identifikasi Sesar. *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi V*.
- Zaenudin, A., Armijon, dan Minardi, S. (2017). Pendugaan Penurunan Tanah (Land Subsidence) di Bandar Lampung dengan Metode Insar dan Gayaberat Mikro (Hasil Studi Awal). *Prosiding Seminar Nasional Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat AVoER 9*.
- Zaenudin, A., Dani, I., dan Amalia, N., (2020). Delineasi Sub-Cekungan Sorong Berdasarkan Anomali Gayaberat. *Jurnal Geoelebes*, 4(1).