

**PENENTUAN SISTEM PANASBUMI BERDASARKAN DATA  
GAYABERAT DAN GEOKIMIA DAERAH POTENSI  
PANASBUMI GUNUNG KAPUR, JAMBI**

(Skripsi)

Oleh  
**ULIVIA NATALIA HALOHO**  
**2215051050**



**FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2026**

## ABSTRAK

### **PENENTUAN SISTEM PANASBUMI BERDASARKAN DATA GAYABERAT DAN GEOKIMIA DAERAH POTENSI PANASBUMI GUNUNG KAPUR, JAMBI**

Oleh

**Ulivia Natalia Haloho**

Daerah penelitian berlokasi di daerah Gunung Kapur, kabupaten Kerinci, Jambi. Manifestasi di daerah penelitian ini merupakan alterasi mati atau belerang. Penelitian ini bertujuan untuk memodelkan sistem panasbumi serta mengidentifikasi struktur geologi, distribusi densitas bawah permukaan, dan zona jenis reservoir serta suhunya berdasarkan analisis data gaya berat dan geokimia. Metode yang digunakan meliputi pengolahan data *Global Gravity Model Plus* (GGMPlus) melalui tahap koreksi, pemisahan anomali regional dan residual menggunakan analisis spektrum dan *moving average*, serta analisis turunan *First Horizontal Derivative* (FHD) dan *Second Vertical Derivative* (SVD) untuk mengidentifikasi struktur sesar. Selanjutnya dilakukan pemodelan inversi 3D untuk memperoleh distribusi densitas bawah permukaan dan analisis geokimia untuk mengetahui jenis dan suhu reservoir. Hasil penelitian menunjukkan nilai densitas berkisar antara 2 gr/cc hingga 2,9 gr/cc. Zona densitas tinggi menunjukkan batuan kompak atau *basement*, sedangkan densitas rendah diinterpretasikan sebagai reservoir yang dianalisis memiliki kandungan klorida dengan suhu berkisar 200°C. Analisis turunan mengidentifikasi indikasi patahan baru ini berarah utara-timur (N-W), yang berperan sebagai jalur fluida dan mengontrol manifestasi panasbumi. Sistem panasbumi menggambarkan sistem panasbumi bertipe vulkanik-dikontrol struktur (*structure-controlled volcanic geothermal system*).

Kata kunci : panasbumi, gayabarat, geokimia, pemodelan inversi 3D

## **ABTRACT**

### ***A DETERMINATION OF THE GEOTHERMAL SYSTEM IS MADE BASED ON GRAVITY AND GEOCHEMICAL DATA FROM THE GUNUNG KAPUR GEOTHERMAL PROSPECT AREA IN JAMBI***

*By*

**Ulivia Natalia Haloho**

*The study area is situated in the Gunung Kapur geothermal prospect area, Kerinci Regency, Jambi. The geothermal manifestations identified in the study area consist of fossil alteration zones and sulfur deposits. The objective of this study is to develop a model of the geothermal system and to identify geological structures, subsurface density distribution, and reservoir type and temperature. These determinations are based on the analysis of gravity and geochemical data. The methods employed in this study include the processing of Global Gravity Model Plus (GGMPlus) data through correction stages, the separation of regional and residual anomalies using spectral analysis and moving average filtering, and derivative analyses using the First Horizontal Derivative (FHD) and Second Vertical Derivative (SVD) methods to identify fault structures. In addition, 3D inversion modeling was conducted to obtain the subsurface density distribution, while geochemical analysis was performed to determine reservoir type and temperature. The results indicate that the subsurface density values range from 2 g/cc to 2.9 g/cc. High-density zones are indicative of compact rocks or basement formations, while low-density zones are interpreted as geothermal reservoirs. Preliminary geochemical analysis suggests that the reservoir is predominantly chloride-dominated, with an estimated temperature of approximately 200°C. Derivative analysis identified indications of a fault trending northwest–southeast (NW–SE), which acts as a fluid pathway and controls the geothermal manifestations. The geothermal system in the study area is interpreted as a structure-controlled volcanic geothermal system.*

*Keywords: geothermal, gravity, geochemistry, 3D inversion modelling*

Judul Skripsi : **Penentuan Sistem Panasbumi Berdasarkan Data Gayaberat dan Geokimia Daerah Panasbumi Gunung Kapur, Jambi**

Nama Mahasiswa : **Olivia Natafia Haloho**

Nomor Pokok Mahasiswa : **2215051050**

Program Studi : **Teknik Geofisika**

Fakultas : **Teknik**

**MENYETUJUI**

1. Komisi Pembimbing

Pembimbing 1

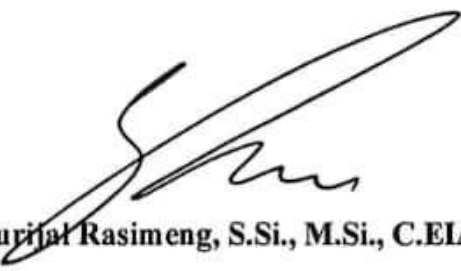
Pembimbing 2



**Prof. Ir. Drs. Suharno, B.Sc. M.S., M. Sc., Ph.D., IPU., ASEAN.Eng.**  
NIP. 196207171987031002

**Irfan Hanif, S.T., M.T.**  
NIP. 199407052024061001

2. Ketua Jurusan Teknik Geofisika



**Dr. Ir. Syamsurizal Rasimeng, S.Si., M.Si., C.EIA, IPM.**  
NIP. 197307162000121002

## MENGESAHKAN

### 1. Tim penguji

Ketua : Prof.Ir. Drs. Suharno, B.Sc. M.S., M. Sc., Ph.D.,  
IPU., ASEAN.Eng.



Sekretaris : Irfan Hanif, S.T., M.T.



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



### 2. Dekan Fakultas Teknik



~~Dr. Ahmad Horison, S.T., M.T.~~  
~~NIP. 195910302000031001~~

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 5 Juni 2026

## PERNYATAAN

Dengan ini, saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul “Penentuan Sistem Panasbumi Berdasarkan Data Gayaberat dan Geokimia Daerah Panasbumi Gunung Kapur, Jambi” merupakan hasil karya saya sendiri dan murni merupakan hasil pemikiran saya. Skripsi ini disusun sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar sarjana.

Segala referensi yang digunakan dalam penulisan skripsi ini, baik yang dikutip secara langsung maupun tidak, telah tercantum secara lengkap dan jelas dalam daftar pustaka sesuai dengan kaidah, prinsip, dan etika penulisan ilmiah yang berlaku. Apabila di kemudian hari terbukti adanya ketidaksesuaian atau pelanggaran terhadap pernyataan ini, saya bersedia menerima konsekuensi sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku.

Bandar Lampung, 5 Juni 2026



Ulivia Natalia Haloho

NPM. 2215051050

## RIWAYAT HIDUP



Nama lengkap penulis adalah Ulivia Natalia Haloho di Kota Medan pada tanggal 04 desember 2004. Anak pertama dari empat bersaudara pasangan Bapak Hisar Haloho dan Ibu M. Tetty Simamora. Penulis mengawali pendidikan dasar yang ditempuh di SDN 053/IX Kenali Kecil dari tahun 2010 hingga 2016, kemudian melanjutkan pendidikan menengah pertama di SMPN 10 Medan yang diselesaikan pada tahun 2019, dan menempuh pendidikan menengah atas di SMAS Primbana Medan yang lulus pada 2022.

Tahun 2022, penulis melanjutkan pendidikan di Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN). Penulis saat ini tercatat sebagai mahasiswa Program Studi Teknik Geofisika, Fakultas Teknik, dengan NPM 2215051050. Dalam masa perkuliahan, aktivitas organisasi menjadi bagian penting bagi penulis, termasuk keanggotaan dan kepengurusan Himpunan Mahasiswa Teknik Geofisika (HIMA TG Bhuwana). Peran yang dijalankan meliputi anggota Bidang Multimedia dan Informasi periode 2023–2025, Penanggung Jawab Publikasi Desain dan Dokumentasi (2023–2024), Penanggung Jawab *Professional Branding* (2025), Sekertaris pelaksana Persekutuan Doa (2024). Selain itu, terlibat sebagai anggota Publikasi dan Dokumentasi di *Geophysics Academic and Event* (GEAVENT) 2023, anggota Publikasi dan Dokumentasi pada *Geophysics Whiz Event and Seminar* (GWES) 2024.

Januari hingga Februari 2025, penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Tanjung Kemala, Kecamatan Pubian, Lampung Tengah. Pada tahun 2026, menjadi waktu pelaksanaan kegiatan Kerja Praktik (KP) di Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika (BMKG) Stasiun Deli Serdang dengan fokus penelitian berjudul “Analisis *Peak Ground Acceleration* Berdasarkan Persamaan Empiris Donovan di Tapanuli Tengah (Studi Kasus: Gempabumi M5.0, 7 Agustus 2025)”. Sebagai penutup masa studi, penulis menyelesaikan penelitian Tugas Akhir guna memperoleh gelar Sarjana Teknik dengan judul “Penentuan Sistem Panasbumi Berdasarkan Data Gayaberat dan Geokimia Daerah Panasbumi Gunung Kapur, Jambi”.

## **PERSEMBAHAN**

Penulis memanjatkan puji syukur atas kehadiran dan kasih karunia Tuhan Yesus Kristus atas terselesaikannya skripsi ini dengan baik dan lancar. Skripsi ini penulis persembahkan kepada:

### **KEDUA ORANG TUA TERCINTA**

Atas setiap doa yang mengiringi, kasih sayang, jerih payah dan dukungan penuh yang menjadi alasan kuat dalam setiap perjalanan yang penulis hadapi. Dengan cinta, skripsi ini penulis persembahkan kepada Bapak dan Mama. Tidak mungkin akan terbalaskan setiap hal dan doa yang diberikan, semoga pencapaian penulis menjadi salah satu kebanggaan dan kebahagiaan untuk kalian.

### **ADIK-ADIK TERSAYANG**

Terima kasih untuk adik-adik yang mendoakan dan mendukung penulis. Terima kasih sudah menjadi alasan penulis untuk cepat menyelesaikan perkuliahan ini. Semoga salah satu pencapaian penulis ini menjadi motivasi dan mimpi yang lebih tinggi untuk masa depan yang lebih baik.

### **KEPADA DIRI PENULIS SENDIRI**

Terima kasih atas usaha yang diperjuangkan hingga saat ini. Untuk setiap keraguan, kekhawatiran, dan doa yang terus dipanjatkan atas suatu hal yang diusahakan, terima kasih karena memilih bertahan dan menjalaninya. Skripsi ini menjadi batu loncatan untuk hal yang lebih besar di hari depan.

**Angkatan 2022 Teknik Geofisika Universitas Lampung**

serta

**Keluarga Besar Teknik Geofisika Universitas Lampung**

## MOTTO

“Firman-Mu itu pelita bagi kakiku dan terang bagi jalanku”

(Mazmur 119: 105)

“Sebab Aku ini mengetahui rancangan-rancangan apa yang ada pada-Ku mengenai kamu, demikianlah firman Tuhan, yaitu rancangan damai sejahtera bukan rancangan kecelakaan, untuk memberikan kepadamu hari depan yang penuh harapan.”

(Yeremia 29:11)

*“And whatever you ask in prayer, if you believe, you will receive.”*

*(Matthew 21:22)*

“Berdoalah dalam setiap hal dan setiap waktu, karena terlebih besar kuasa Tuhan dari apapun di dunia ini”

“Bermimpilah setinggi mungkin karena jika jatuh, engkau akan jatuh diantara bintang-bintang”

“Jangan pernah takut, karena orang pintar bisa kalah dengan orang yang berani”

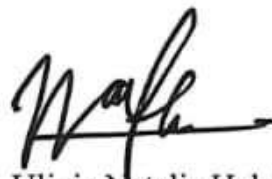
“Lihatlah ke bawah untuk lebih bersyukur dan lihat ke atas untuk memotivasimu”

## KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis kepada Tuhan Yesus Kristus atas segala berkat dan kasih karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Penentuan Sistem Panasbumi Berdasarkan Data Gayaberat dan Geokomia Daerah Gunung Kapur, Jambi”. Skripsi ini disusun sebagai salah satu persyaratan untuk meraih gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Geofisika, Fakultas Teknik, Universitas Lampung. Penelitian yang dilakukan bertujuan untuk memodelkan sistem panasbumi di wilayah Gunung Kapur, Jambi melalui kajian data gayaberat, dengan fokus untuk memahami kondisi bawah permukaan serta mengidentifikasi zona prospek panasbumi.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih memiliki keterbatasan, sehingga saran dan masukan yang membangun sangat diharapkan untuk penyempurnaan skripsi ini. Penulis juga berharap agar hasil penelitian ini dapat memberikan manfaat terkhususnya bagi penulis dan para pembaca pada umumnya, serta bagi perkembangan ilmu geofisika, khususnya di bidang eksplorasi panasbumi.

Bandar Lampung, 5 Juni 2026



Ulivia Natalia Haloho

NPM. 2215051050

## SANWACANA

Penulis mengucapkan puji serta syukur kasih karunia Tuhan Yesus Kristus atas seluruh limpahan berkat, karunia, nikmat, kesehatan, dan peluang yang diberikan, sehingga penulis bisa menuntaskan skripsi ini dengan baik. Skripsi yang berjudul “Penentuan Sistem Panasbumi Berdasarkan Data Gayaberat dan Geokomia Daerah Gunung Kapur, Jambi” disusun syarat untuk diperolehnya gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Geofisika, Fakultas Teknik, Universitas Lampung. Dalam proses penataan skripsi ini, penulis menyadari bahwa terdapat banyak pihak yang sudah memberikan bantuan dan dukungan. Oleh sebab itu, pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Ahmad Herison, S.T, M.T., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung.
2. Bapak Dr. Ir. Syamsurijal Rasimeng, S.Si., M.Si., C.EIA., IPM., selaku Ketua Jurusan Teknik Geofisika Universitas Lampung.
3. Bapak Prof. Ir. Suharno, M.S., M.Sc., Ph.D., IPU., ASEAN Eng., selaku Pembimbing 1 Tugas Akhir penulis yang dengan penuh ketersediaan meluangkan waktu, tenaga, dan pikirannya untuk memberikan arahan, motivasi dan dorongan serta saran yang sangat berharga sepanjang proses pengolahan data dan penyusunan skripsi ini.
4. Bapak Irfan Hanif, S.T, M.T., sebagai Dosen Pembimbing 2 pada Tugas Akhir penulis yang telah memberikan ketersediaan waktu, tenaga, dan pikirannya untuk memberi bimbingan, arahan dan saran bagi penulis dalam proses penyusunan skripsi ini.

5. Bapak Prof. Dr. Ir. Nandi Haerudin, S.Si. M.Si., IPM., sebagai Dosen Penguji yang telah memberikan kritik serta saran yang membangun demi penyempurnaan skripsi ini, penulis mengucapkan banyak terimakasih.
6. Bapak I Gede Boy Darmawan, M.Eng., selaku Dosen Pembimbing Akademik yang turut mendukung dan memotivasi penulis selama perkuliahan.
7. Seluruh Dosen Jurusan Teknik Geofisika Universitas Lampung yang telah mengajarkan banyak ilmu dan pengetahuan, serta terimakasih kepada staf akademik Jurusan Teknik Geofisika Universitas Lampung.
8. Terima kasih banyak untuk kedua orang yang selalu ada untuk penulis, Bapak dan Mama. Terima kasih atas setiap perhatian dan kasih sayang, perjuangan yang keras, serta tidak pernah lupa untuk selalu menyelipkan nama penulis dalam setiap doa yang dipanjatkan. Terima kasih telah menjadi orang tua penulis, yang selalu mengingatkan, memotivasi serta memberikan dukungan penuh bagi pendidikan penulis baik secara rohani dan jasmani dari awal perkuliahan hingga penulis dapat menyelesaikan perkuliahan ini dan menjadi sarjana. Skripsi ini menjadi wujud pencapaian akademik serta hasil doa, harapan dan dukungan dari kedua orang tua untuk pendidikan penulis, semoga Tuhan Yesus memberi kesehatan dan hidup yang lama.
9. Adik-adik terkasih dan tersayang penulis Vanesa, Gisela, Farel. Terima kasih telah memberikan doa, dukungan, semangat serta sukacita bagi penulis. Terima kasih atas pengertian dan saling mau belajar dalam bertumbuh lebih lagi. Dukungan penuh dari kalian menjadi motivasi dan dorongan bagi penulis untuk menyelesaikan penyusunan skripsi ini, semoga adik-adik tersayang juga dapat menyelesaikan dan melanjutkan pendidikan setinggi-tingginya.
10. Kepada seseorang yang cukup berperan banyak, terima kasih banyak atas setiap kasih sayangnya. Terima kasih masih membantu penulis dalam perkuliahan ini walau pun tidak dapat melihat penulis hingga ditahap ini. Terima kasih atas hal-hal baik dan cerita baik yang menjadi contoh bagi penulis.
11. Kepada Wanti dan Fitra, terima kasih banyak sudah menjadi teman yang apa adanya, jujur, saling mendukung dan saling mendoakan. Kepada Wanti, terima kasih telah menemani penulis dalam kerja praktik, bimbingan serta penyusunan

skripsi penulis. Kepada Fitra, terima kasih untuk hal dadakan dan *random*, serta cerita hal baru selama perkuliahan dan penyusunan skripsi ini. Untuk kedua orang ini, atas perbedaan, kekurangan yang dimiliki serta perselisihan yang dilalui, terima kasih karena tetap saling membersamai sehingga dapat mengukir cerita unik serta mencoba hal baru dan menghibur selama hampir 4 tahun perkuliahan dan penyusunan skripsi ini, semoga mencapai hal yang penulis dan kalian perjuangkan.

12. Kepada teman-teman TVOS, Wanti, Suyen, Santa dan Sofia, terima kasih untuk saling mendoakan dan saling mendukung dalam perkuliahan dan penyusunan skripsi ini. Terima kasih untuk setiap pelayanan, wacana, hal-hal *random* bahkan setiap drama yang tercipta. Semoga tetap bertumbuh dalam pelayanan kepada Tuhan dan semoga kita mencapai rencana baik sesuai waktunya.
13. Untuk Paul dan Edu, terima kasih banyak sudah banyak membantu penulis dalam penyusunan skripsi ini. Terima kasih banyak untuk kepedulian dan dorongan untuk memotivasi penulis dalam setiap keterbatasan penulis, karena tanpa itu penulis belum tentu akan secepat ini menyelesaikan skripsi ini.
14. Kepada teman-teman PBB 22, walaupun batak sering dikatakan keras, namun dibalik itu ada hati yang mengerakkan kepedulian antara kita. Terima kasih atas bantuan dan kisah-kisah baik selama perkuliahan dan penyusunan skripsi ini, semoga kesuksesan menghampiri.
15. Kepada teman-teman PKM terima kasih sudah menjadi mewarnai dan membersamai perkuliahan penulis. Terima kasih atas kerja sama, diskusi, serta bantuan, selama proses perkuliahan hingga penyusunan skripsi ini.
16. Kepada teman-teman Lab. PPDG, Dini, Shatila, Nadia, Ika, Razan, bang Ahya dan bang Rizky yang telah banyak mendukung, memotivasi membantu dan memberi cerita lucu dan berkesan penulis selama proses penyusunan skripsi ini.
17. Kepada adik-adik TG Kristen, terima kasih sudah selalu meluangkan waktu dalam mendukung perjalanan seminar-seminar hingga penulis ditahap ini. Terima kasih untuk setiap candaan dan dukungan yang mewarnai perjalanan perkuliahan ini.

terlampau keras pada diri sendiri, tetap berdiri menjadi diri sendiri, dan sudah berusaha sebaik mungkin walau terkadang kondisi tidak sebaik itu. Terima kasih sudah mengusahakan pencapaian ini untuk balasan terbaik dan *elegant* membungkam semua orang yang telah meragukan dan menjatuhkan batin. Terima kasih dalam setiap keraguan, kepasrahan, untuk setiap hal dalam hidup tetap mengandalkan Tuhan dan tidak menjauh bahkan dalam hal paling sulit sekalipun.

18. Keluarga Besar Teknik Geofisika 2022 yang tidak dapat disebutkan satu per satu, yang telah memberikan berbagai pengalaman serta pelajaran berharga, selama masa perkuliahan. Terima kasih atas setiap cerita suka dan duka yang telah kita lalui bersama. Tetap semangat menyelesaikan apa yang sudah kita mulai, karena semua lelah ini akan menjadi cerita yang kita banggakan suatu hari nanti.
19. Dan terakhir penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang belum dapat penulis sebutkan satu per satu, yang telah membantu atas segala dukungan, doa dan kontribusi yang diberikan.

Sebagai penutup, penulis menyadari bahwa skripsi ini masih memiliki keterbatasan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun untuk penyempurnaan di masa depan. Penulis berharap penelitian ini dapat memberikan manfaat bagi pengembangan ilmu geofisika dan menjadi referensi bagi penelitian selanjutnya.

Bandar Lampung, 5 Juni 2026



Ulivia Natalia Haloho

## DAFTAR ISI

|                                                   | Halaman |
|---------------------------------------------------|---------|
| <b>ABSTRAK</b> .....                              | ii      |
| <b>ABTRACT</b> .....                              | iii     |
| <b>MENGESAHKAN</b> .....                          | v       |
| <b>PERNYATAAN</b> .....                           | vi      |
| <b>RIWAYAT HIDUP</b> .....                        | vii     |
| <b>PERSEMBAHAN</b> .....                          | ix      |
| <b>MOTTO</b> .....                                | x       |
| <b>KATA PENGANTAR</b> .....                       | xi      |
| <b>SANWACANA</b> .....                            | xii     |
| <b>DAFTAR ISI</b> .....                           | xvi     |
| <b>DAFTAR GAMBAR</b> .....                        | xix     |
| <b>DAFTAR TABEL</b> .....                         | xxi     |
| <b>I. PENDAHULUAN</b> .....                       | 1       |
| 1.1. Latar Belakang .....                         | 1       |
| 1.2. Tujuan .....                                 | 4       |
| 1.3. Batasan Masalah .....                        | 4       |
| 1.4. Manfaat Penelitian .....                     | 5       |
| <b>II. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....                 | 6       |
| 2.1. Lokasi Daerah Penelitian .....               | 6       |
| 2.2. Geologi Regional .....                       | 8       |
| 2.3. Tatanan Tektonik dan Struktur Regional ..... | 11      |
| 2.4. Geokimia Gunung Kapur .....                  | 14      |
| 2.5. Penelitian Terdahulu .....                   | 15      |
| <b>III. TEORI DASAR</b> .....                     | 16      |

|                                                                                      |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 3.1. Sistem Panasbumi .....                                                          | 16 |
| 3.2. Metode Gayaberat.....                                                           | 17 |
| 3.3. Konsep Dasar Gayaberat.....                                                     | 18 |
| 3.3.1. Gayaberat Newton.....                                                         | 18 |
| 3.3.2. Percepatan Gayaberat.....                                                     | 19 |
| 3.3.3. Potensial Gayaberat.....                                                      | 20 |
| 3.3.4. Rapat Massa Batuan.....                                                       | 21 |
| 3.4. Koreksi-koreksi dalam Metode Gayaberat .....                                    | 23 |
| 3.4.1. Perhitungan Gayaberat .....                                                   | 23 |
| 3.4.2. Koreksi Lintang.....                                                          | 23 |
| 3.4.3. Koreksi Udara Bebas ( <i>Free Air Correction</i> ).....                       | 24 |
| 3.4.4. Koreksi Bouguer .....                                                         | 24 |
| 3.4.5. Koreksi Medan ( <i>Terrain Correction</i> ).....                              | 25 |
| 3.4.6. Anomali Bouguer Lengkap .....                                                 | 26 |
| 3.5. Densitas Bawah Permukaan Rata-rata .....                                        | 26 |
| 3.5.1. Metode Parasnis .....                                                         | 27 |
| 3.5.2. Metode Nettleton.....                                                         | 27 |
| 3.6. Analisis Spektrum.....                                                          | 28 |
| 3.7. Filter <i>Moving Average</i> .....                                              | 31 |
| 3.8. Pemisahan Anomali Regional dan Residual .....                                   | 32 |
| 3.9. <i>First Horizontal Derivative</i> (FHD).....                                   | 33 |
| 3.10. <i>Second Vertical Derivative</i> (SVD).....                                   | 33 |
| 3.11. <i>Inverse Modelling</i> .....                                                 | 35 |
| 3.12. Geokimia Panasbumi .....                                                       | 36 |
| 3.12.1. Klasifikasi Reservoir Panasbumi Menggunakan Anion $Cl-SO_4-HCO_3$ .....      | 37 |
| 3.12.2. Menentukan Baik Buruknya Sistem Panasbumi Menggunakan Kesetimbangan Ion..... | 38 |
| 3.12.3. Geotermodinamika Air.....                                                    | 39 |
| 3.12.4. Geotermodinamika Silika.....                                                 | 39 |
| 3.12.5. Geotermodinamika Na-K.....                                                   | 39 |
| 3.12.6. Geotermodinamika K-Mg .....                                                  | 40 |

|                                                                        |           |
|------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 3.12.7. Geotermodinamika Na-K-Mg .....                                 | 40        |
| <b>IV. METODOLOGI PENELITIAN .....</b>                                 | <b>42</b> |
| 4.1. Tempat dan Waktu Penelitian .....                                 | 42        |
| 4.2. Alat dan Bahan .....                                              | 42        |
| 4.3. Prosedur Penelitian .....                                         | 43        |
| 4.3.1. Pengumpulan Data .....                                          | 43        |
| 4.3.2. Koreksi Bouguer .....                                           | 44        |
| 4.3.3. Estimasi Densitas Batuan Rata-rata .....                        | 45        |
| 4.3.4. Koreksi Medan .....                                             | 45        |
| 4.3.5. Anomali Bouguer Lengkap .....                                   | 45        |
| 4.3.6. Pemisahan Anomali Regional dan Residual .....                   | 46        |
| 4.4. Analisis Derivatif .....                                          | 47        |
| 4.5. Pemodelan Bawah Permukaan .....                                   | 47        |
| 4.6. Jadwal Penelitian .....                                           | 48        |
| 4.7. Diagram Alir Penelitian .....                                     | 49        |
| <b>V. HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>                                   | <b>50</b> |
| 5.1. Data Penelitian .....                                             | 50        |
| 5.2. Anomali Bouguer Lengkap ( <i>Complete Bouguer Anomaly</i> ) ..... | 51        |
| 5.3. Analisis Spektrum .....                                           | 52        |
| 5.4. Anomali Regional .....                                            | 55        |
| 5.5. Anomali Residual .....                                            | 56        |
| 5.6. Analisis Derivatif (FHD dan SVD) .....                            | 57        |
| 5.7. Pemodelan <i>Inverse</i> 3D .....                                 | 62        |
| 5.7.1. <i>Slicing line</i> A-A' .....                                  | 63        |
| 5.7.2. <i>Slicing line</i> B-B' .....                                  | 66        |
| 5.7.3. <i>Slicing line</i> C-C' .....                                  | 68        |
| 5.8. Analisis Geokimia Panasbumi .....                                 | 71        |
| 5.9. Model Konseptual Sistem Panasbumi .....                           | 75        |
| <b>VI. KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>                                  | <b>78</b> |
| 6.1. Kesimpulan .....                                                  | 78        |
| 6.2. Saran .....                                                       | 79        |
| <b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>                                            | <b>80</b> |

## DAFTAR GAMBAR

| Gambar                                                                                                           | Halaman |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| 1. Zona sesar Sumatera yang terbentuk akibat aktivitas tektonik .....                                            | 2       |
| 2. Peta administrasi daerah Gunung Kapur, Jambi .....                                                            | 7       |
| 3. Peta geologi daerah Gunung Kapur, Jambi.....                                                                  | 9       |
| 4. Sistem panasbumi .....                                                                                        | 17      |
| 5. Gaya tarik menarik antara dua benda.....                                                                      | 18      |
| 6. Menggambarkan visual tiga dimensi mengenai potensial dan kuat medan yang<br>ditimbulkan oleh suatu massa..... | 20      |
| 7. Kurva $\ln A$ terhadap $k$ .....                                                                              | 31      |
| 8. Diagram <i>Ternary</i> Na-K-Mg .....                                                                          | 37      |
| 9. Diagram segitiga Na-K-Mg.....                                                                                 | 40      |
| 10. Hasil ekstraksi data <i>Gravity Acceleration</i> GGMPLUS.....                                                | 44      |
| 11. Hasil ekstraksi elevasi GGMPLUS.....                                                                         | 44      |
| 12. Diagram alir penelitian.....                                                                                 | 49      |
| 13. Peta <i>Complete Bouguer Anomaly</i> daerah penelitian .....                                                 | 51      |
| 14. Peta <i>slicing</i> analisis spektrum. ....                                                                  | 52      |
| 15. Grafik $\ln A$ terhadap <i>line</i> A-A' .....                                                               | 53      |
| 16. Grafik $\ln A$ terhadap <i>line</i> B-B' .....                                                               | 53      |
| 17. Grafik $\ln A$ terhadap <i>line</i> C-C' .....                                                               | 54      |
| 18. Peta anomali regional daerah Gunung Kapur. ....                                                              | 56      |
| 19. Peta anomali residual daerah Gunung Kapur.....                                                               | 57      |
| 20. Peta <i>First Horizontal Derivative</i> (FHD) daerah penelitian.....                                         | 58      |
| 21. Peta <i>Second Vertical Derivative</i> (SVD) daerah penelitian .....                                         | 59      |

|                                                                                            |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 22. <i>Slicing</i> pada <i>overlay</i> peta residual, FHD dan SVD .....                    | 60 |
| 23. Identifikasi struktur patahan <i>slice</i> A-A' .....                                  | 61 |
| 24. Identifikasi struktur patahan <i>slice</i> B-B' .....                                  | 61 |
| 25. Identifikasi struktur patahan <i>slice</i> C-C' .....                                  | 62 |
| 26. Model distribusi densitas hasil inversi 3D. ....                                       | 63 |
| 27. <i>Slicing line</i> A-A' <i>overlay</i> pada peta residual, FHD, SVD dan model 3D..... | 65 |
| 28. <i>Slicing line</i> B-B' <i>overlay</i> pada peta residual, FHD, SVD dan model 3D..... | 67 |
| 29. <i>Slicing line</i> C-C' <i>overlay</i> pada peta residual, FHD, SVD dan model 3.....  | 69 |
| 30. Hasil plotting perkiraan sesar berdasarkan analisis derivatif.....                     | 70 |
| 31. Diagram segitiga $Cl - SO_4 - HCO_3$ .....                                             | 72 |
| 32. Diagram segitiga Na-K-Mg.....                                                          | 74 |
| 33. Model konseptual sistem panasbumi Gunung Kapur.....                                    | 76 |

## DAFTAR TABEL

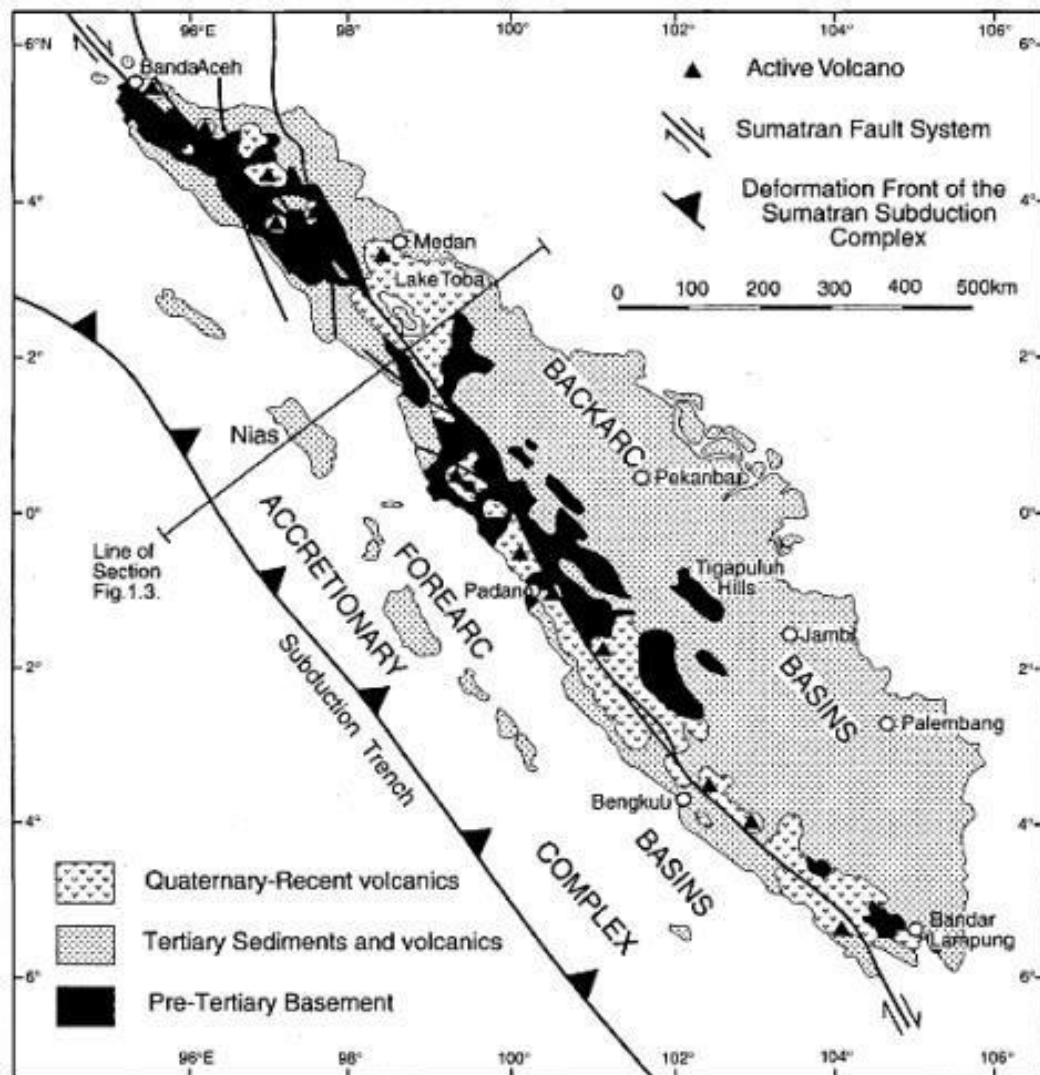
| Tabel                                                                                     | Halaman |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| 1. Data geokimia Gunung Kapur .....                                                       | 14      |
| 2. Nilai densitas batuan (Telford dkk., 1990).....                                        | 22      |
| 3. Operator Henderson dan Zietz (1949).....                                               | 34      |
| 4. Operator Elkins (1951).....                                                            | 35      |
| 5. Operator Rosenbach (1953) .....                                                        | 35      |
| 6. Alat dan bahan.....                                                                    | 42      |
| 7. Pelaksanaan kegiatan penelitian.....                                                   | 48      |
| 8. Data penelitian .....                                                                  | 50      |
| 9. Tabel Perhitungan <i>Charge Balance</i> .....                                          | 71      |
| 10. Tabel hasil perhitungan <i>persentase Cl – SO<sub>4</sub> – HCO<sub>3</sub></i> ..... | 72      |
| 11. Tabel hasil perhitungan <i>persentase Na-K-Mg</i> .....                               | 73      |

## I. PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Energi panasbumi merupakan salah satu sumber energi terbarukan yang bersifat ramah lingkungan (*clean energy*) jika dibandingkan dengan energi berbasis fosil. Selain itu, kegiatan eksplorasi maupun eksploitasi panasbumi umumnya tidak memerlukan area permukaan yang luas. Energi panasbumi merupakan sumber energi terbarukan yang digunakan dalam upaya keberlanjutan dan pengurangan emisi karbon. Proses pembentukan dan pemanfaatan sumber daya panasbumi melibatkan berbagai fenomena geologi, geokimia, dan geofisika. Beberapa metode analisis yang dapat digunakan untuk mengklasifikasikan sistem panasbumi adalah klasifikasi yang sangat sederhana berdasarkan keadaan hidrologi (Suharno, 2012). Fluida panasbumi memiliki komposisi kimia yang beragam. Banyak perbedaan kimia ini bergantung pada sumber air pengisi dan kontribusi volatil dari sumber metamorf atau magmatik (Giggenbach, dkk., 1983).

Daerah panasbumi banyak ditemui di Indonesia khususnya di Sumatra. Pulau Sumatra merupakan salah satu zona tektonik paling aktif di Indonesia yang dipengaruhi oleh tumbukan antara Lempeng Indo-Australia dan Eurasia (Gambar 1). Interaksi kedua lempeng ini membentuk Sistem Sesar Sumatra (*Sumatra Fault Zone*), yang memanjang dari Aceh hingga Lampung. Zona ini menghasilkan deformasi yang kompleks berupa sesar-sesar lokal, lipatan, rekahan, serta zona lemah yang dapat menjadi jalur migrasi fluida hidrotermal. Wilayah Jambi, termasuk Kabupaten Kerinci, berada pada sistem tektonik tersebut sehingga memiliki keragaman geologi yang signifikan, baik dari segi litologi maupun struktur.



Gambar 1. Zona sesar Sumatera yang terbentuk akibat aktivitas tektonik (Barber dkk., 2005).

Salah satu daerah yang memiliki indikasi sistem panasbumi adalah kawasan Gunung Kapur di Jambi, yang berada pada zona geologi kompleks di bagian tengah Pulau Sumatra. Wilayah panasbumi Gunung Kapur berada pada jalur Pegunungan Bukit Barisan yang membentang di sepanjang barat Pulau Sumatra. Pembentukan pegunungan tersebut berhubungan erat dengan proses Orogenesa yang berlangsung tiga fasa dimulai dari awal Mesozoikum hingga Neogen akhir (Bemmelen, 1949). Daerah panasbumi ini terletak pada lingkungan geologi vulkanik aktif berumur Kuarter. Berdasarkan hasil penanggalan umur batuan hasil erupsi samping, diperoleh umur sekitar  $1,4 \pm 0,2$  juta tahun yang termasuk dalam Kala Plistosen

Awal. Aktivitas vulkanik tersebut diperkirakan menjadi sumber panas (*heat source*) yang berperan dalam pembentukan sistem panasbumi di wilayah Gunung Kapur. Wilayah panasbumi Gunung Kapur juga berada pada zona depresi yang terbentuk akibat aktivitas tektonik dari sistem Sesar Sumatera pada Kala Kuartar. Akan tetapi, struktur geologi yang berkembang di daerah tersebut belum berfungsi sebagai jalur permeabilitas untuk mengalirkan fluida panas menuju permukaan. Kondisi ini menyebabkan manifestasi panasbumi yang jelas dan representatif belum berkembang dengan baik di daerah tersebut.

Metode gayaberat merupakan salah satu metode geofisika yang memanfaatkan pengukuran variasi medan gravitasi Bumi. Perubahan medan gravitasi di permukaan dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti perbedaan densitas batuan bawah permukaan, jenis litologi, variasi jarak antara permukaan Bumi dengan pusat Bumi, serta kondisi topografi permukaan (Sarkowi, 2014). Dalam kegiatan eksplorasi panasbumi, metode gayaberat digunakan untuk mengidentifikasi kontras densitas batuan bawah permukaan yang berkaitan dengan pembentukan sistem panasbumi (Sihombing dan Rustadi, 2020). Saat ini, metode gravitasi berbasis data citra satelit GGMplus menjadi salah satu alternatif yang banyak digunakan dalam penelitian. Selain memiliki tingkat ketelitian yang cukup baik, metode ini juga mampu mengurangi kebutuhan mobilisasi personel yang umumnya memerlukan biaya transportasi dan akomodasi yang besar. Data yang dihasilkan dari metode tersebut dinilai mampu memberikan kontras anomali yang lebih jelas dibandingkan beberapa metode lain dalam mendeteksi potensi panasbumi (Putra dkk., 2021).

Metode gayaberat (*gravity*) merupakan salah satu teknik geofisika yang efektif untuk memetakan variasi densitas batuan bawah permukaan. Analisis anomali Bouguer beserta turunannya dapat membantu mengidentifikasi struktur geologi seperti sesar, zona patahan, atau intrusi batuan yang berperan sebagai jalur pergerakan fluida panasbumi. Di sisi lain, metode geokimia memberikan informasi mengenai sifat fluida hidrotermal, estimasi temperatur reservoir, proses alterasi batuan, serta klasifikasi sistem panasbumi. Integrasi kedua metode tersebut mampu

memberikan pemahaman yang lebih menyeluruh mengenai kondisi reservoir, jalur aliran fluida, serta struktur pengontrol sistem panasbumi.

Dalam studi ini, peneliti memanfaatkan informasi gayaberat dari satelit GGMplus (*Global Gravity Model Plus*) tahun 2013 (Suprianto dkk., 2021). Berkat ketajaman spasial hingga 200 meter, GGMplus bisa diterapkan untuk survei pendahuluan di suatu daerah, menyediakan pandangan keseluruhan tentang situasi geologis sebelum mengumpulkan data utama dalam skala regional (Hirt dkk., 2013). Dalam tugas akhir ini, penelitian difokuskan pada kajian potensi panasbumi di Gunung Kapur, Jambi menggunakan metode gayaberat dan geokimia dengan tujuan untuk mengidentifikasi sistem panasbumi di wilayah tersebut.

## **1.2. Tujuan**

1. Mengidentifikasi struktur geologi dan faktor pendukung syarat terbentuknya sistem panasbumi berdasarkan anomali gayaberat di daerah Gunung Kapur, Jambi.
2. Menentukan sistem panasbumi layak atau tidak layak, jenis reservoir, dan suhu sistem panasbumi berdasarkan geokimia daerah Gunung Kapur, Jambi.
3. Membuat model sistem panasbumi daerah Gunung Kapur, Jambi.

## **1.3. Batasan Masalah**

1. Data yang digunakan berupa data sekunder *Global Gravity Model Plus* (GGMPlus) yang telah terkoreksi medan dan Bouguer.
2. Wilayah studi adalah area dengan potensi energi panasbumi yang berada di Gunung Kapur, Jambi.
3. Metode yang diterapkan adalah metode gayaberat dan geokimia untuk memodelkan struktur bawah permukaan.

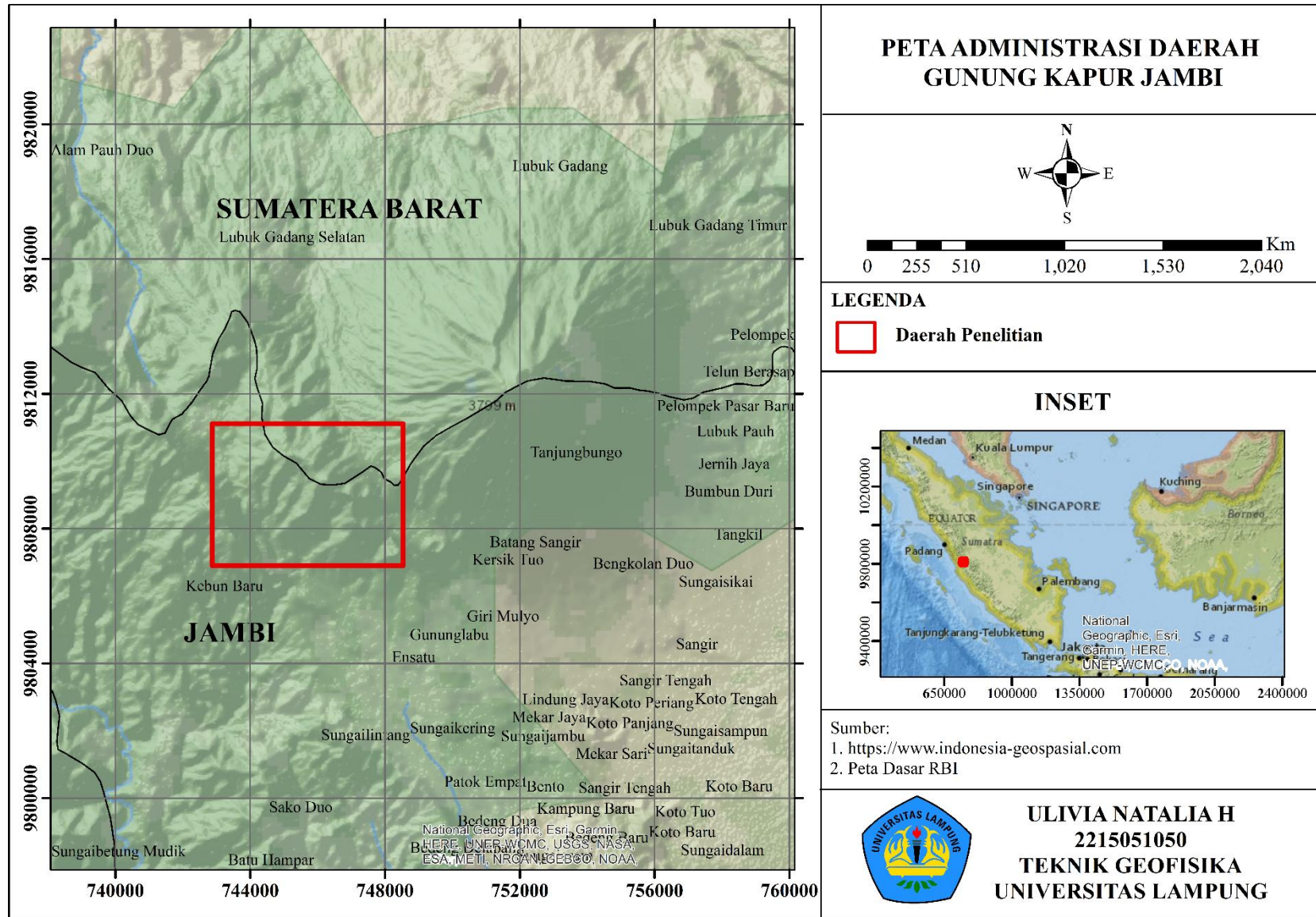
#### **1.4. Manfaat Penelitian**

Penelitian ini bermanfaat untuk memberikan gambaran awal mengenai potensi sistem panasbumi di Gunung Kapur, Jambi melalui integrasi analisis gayaberasat dan geokimia. Hasil penelitian membantu mengidentifikasi struktur geologi pengontrol, jalur migrasi fluida, serta karakteristik reservoir panasbumi, termasuk perkiraan suhu dan tipe sistemnya. Selain itu, penelitian ini diharapkan mampu membuat gambaran sistem panasbumi yang dapat dijadikan dasar bagi studi lanjutan dan perencanaan eksplorasi.

## **II. TINJAUAN PUSTAKA**

### **2.1. Lokasi Daerah Penelitian**

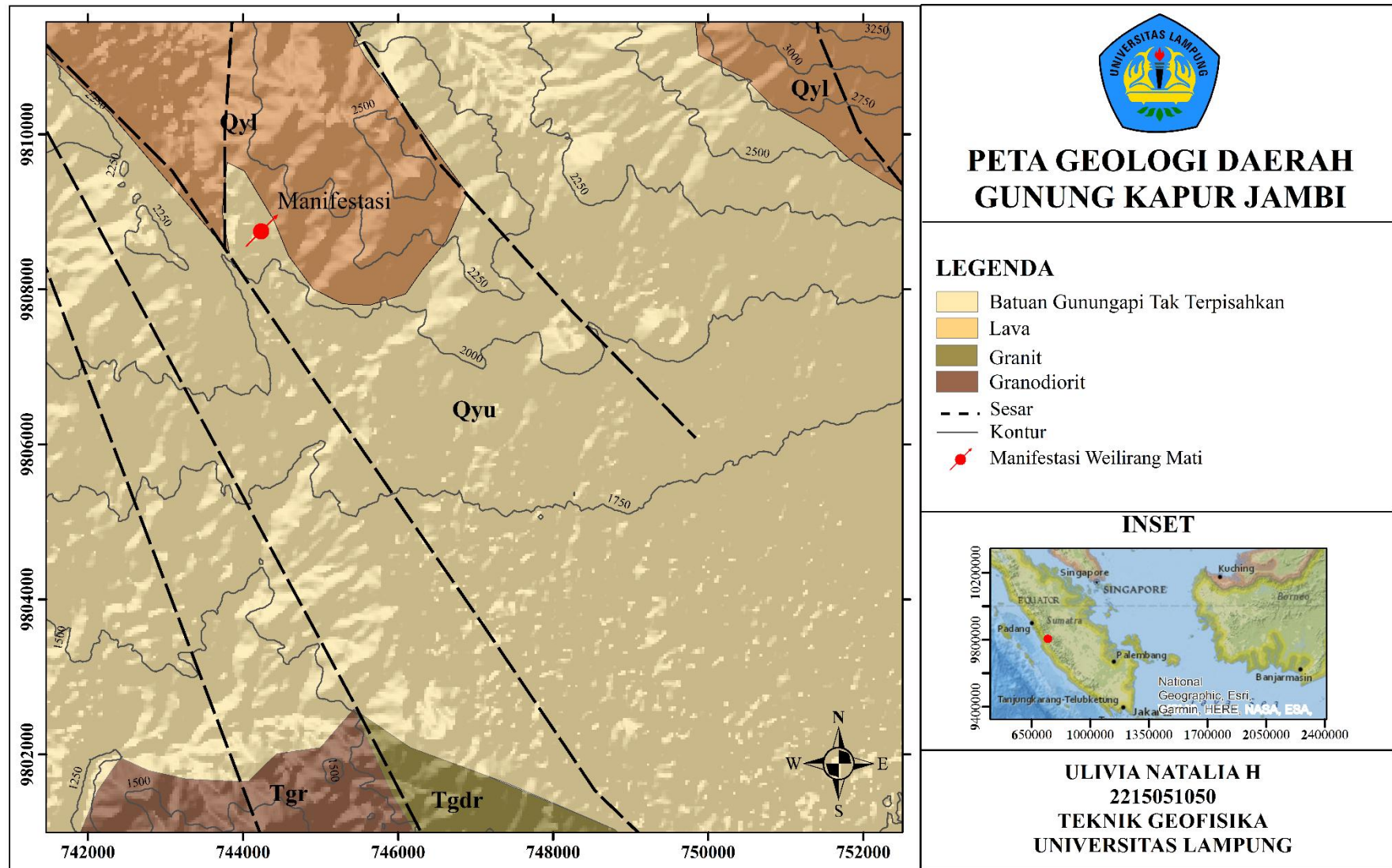
Daerah penelitian dalam laporan ini adalah Gunung Kapur, Kabupaten Kerinci, Provinsi Jambi. Daerah panasbumi Gunung Kapur termasuk ke dalam jalur Pegunungan Bukit Barisan yang membentang di sepanjang bagian barat Pulau Sumatera. Gunung Kapur yang berada di Kabupaten Kerinci merupakan gunung api tidak aktif dengan jarak sekitar 10 km dari Gunung Kerinci yang masih aktif. Secara geografis, wilayah Gunung Kapur di Kabupaten Kerinci terletak pada koordinat  $101^{\circ} 9' 28,7'' - 101^{\circ} 18' 39,4''$  Bujur Timur dan  $1^{\circ} 42' 25,1'' - 1^{\circ} 53' 45''$  Lintang Selatan. Peta lokasi penelitian ditampilkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Peta administrasi daerah Gunung Kapur, Jambi.

## 2.2. Geologi Regional

Menurut Bemmelen (1949) daerah Gunung Kapur termasuk bagian dari Pegunungan Bukit Barisan yang membentang di sepanjang sisi barat Pulau Sumatera. Pembentukan pegunungan tersebut berkaitan erat dengan proses Orogenesa yang berlangsung dalam tiga fase, dimulai sejak awal Mesozoikum hingga akhir Neogen (Bemmelen, 1949). Berdasarkan hasil penyelidikan, secara umum geomorfologi daerah panasbumi Gunung Kapur dibagi menjadi tujuh satuan geomorfologi, yaitu morfologi kubah intrusi, morfologi vulkanik tak terpisahkan, morfologi vulkanik Gunung Kapur, morfologi vulkanik Gunung Terembun, morfologi vulkanik Bukit Batuhampar, morfologi vulkanik Gunung Kerinci, serta satuan morfologi pedataran. Stratigrafi batuan yang ditemukan disusun oleh batuan vulkanik, batuan plutonik, batuan metavulkanik dan endapan permukaan. Stratigrafi batuan di daerah penelitian tersusun atas batuan vulkanik, plutonik, metavulkanik, dan endapan permukaan. Berdasarkan pengamatan megaskopis di lapangan, teridentifikasi sebanyak 15 satuan batuan yang diurutkan dari tua ke muda, yaitu Satuan Metavulkanik (Tm), Granit (Tgr), dan Granodiorit (Tgd) yang berumur Tersier. Selanjutnya terdapat satuan berumur Kuarter yang meliputi Vulkanik Tak Terpisahkan (Qlv), Lava Gunung Hulusunggedang (Qlh), Lava Gunung Kapur (Qlkp), Lava Batuhampar (Qlb), Lava Gunung Terembun (Qlt), Erupsi Samping (Qls), Lava Kerinci 1 (Qlk1), Lava Kerinci 2 (Qlk2), Jatuhan Piroklastik Kerinci (Qjp), Aliran Piroklastik Kerinci (Qap), Endapan Lahar (Qld), serta Aluvium (Qal). Persebaran masing-masing satuan batuan tersebut dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Peta geologi daerah Gunung Kapur, Jambi.

Satuan vulkanik termuda di daerah penelitian berupa aliran piroklastik yang memiliki persebaran cukup luas dan menutupi satuan batuan yang lebih tua. Aktivitas vulkanik Gunung Kerinci diperkirakan berhubungan dengan keberadaan batuan bawah permukaan yang masih menyimpan energi panas. Berdasarkan hasil penanggalan umur menggunakan metode jejak belah (*fission track*), satuan erupsi samping diketahui memiliki umur sekitar  $1,4 \pm 0,2$  juta tahun yang termasuk dalam Kala Pleistosen Awal.

Berdasarkan pola tektonik umum dari peta geologi Lembar Painan yang telah dimodifikasi (Rosidi dkk., 1996), struktur geologi di daerah Gunung Kapur diperkirakan tersusun atas tiga jenis sesar. Jenis pertama adalah sesar mendatar yang umumnya berarah baratlaut–tenggara dan mengikuti pola utama struktur Sesar Sumatera. Sesar ini termasuk sesar mengangan (*dextral*) dengan tipe utama *transcurrent fault system*. Selain itu, terdapat sesar normal dengan arah dominan baratlaut–tenggara yang diperkirakan berperan dalam mengontrol keberadaan satuan batuan plutonik berupa granit dan granodiorit. Struktur sesar lainnya memiliki arah hampir barat–timur yang diduga masih berkaitan atau merupakan perpanjangan dari gaya tektonik pembentuk Sesar Sumatera. Di daerah Gunung Kerinci juga berkembang struktur vulkanik yang ditandai oleh keberadaan sisa gawir yang membatasi depresi vulkanik atau sisa kawah. Struktur tersebut membentuk pola melengkung hingga radial yang mencerminkan pengaruh aktivitas vulkanik di wilayah tersebut.

Batuan alterasi di daerah sekitar Welirang Mati dicirikan oleh keberadaan mineral-mineral ubahan yang didominasi oleh illit, pirofilit, nontronit, dan opal. Pada bagian luar zona alterasi juga ditemukan mineral montmorilonit dan kaolinit dengan tingkat intensitas yang cukup kuat. Selain itu, di lokasi tersebut dijumpai endapan lumpur belerang.

Keberadaan mineral-mineral tersebut menunjukkan bahwa di daerah tersebut telah berkembang proses alterasi hidrotermal yang dipengaruhi oleh fluida bersifat asam dan berasosiasi dengan aktivitas vulkanik Gunung Kerinci, dengan temperatur

pembentukan diperkirakan kurang dari 200°C. Berdasarkan karakteristik mineral ubahannya, zona alterasi ini termasuk ke dalam tipe Argilik Lanjut (*Advanced Argillic*).

Zona alterasi lainnya ditemukan di sekitar Sungai Lintang. Alterasi ini ditandai oleh keberadaan batuan breksi lahar dan aliran piroklastik yang berwarna kecoklatan. Batuan pada daerah tersebut telah mengalami proses alterasi dengan intensitas lemah hingga sedang. Berdasarkan hasil analisis PIMA, mineral alterasi yang teridentifikasi meliputi nontronit dan montmorilonit. Kehadiran mineral-mineral tersebut menunjukkan bahwa proses alterasi dipengaruhi oleh fluida panas dengan kondisi pH netral dan temperatur pembentukan diperkirakan kurang dari 150°C. Berdasarkan karakteristik mineral ubahannya, zona alterasi tersebut termasuk ke dalam zona argilik.

### **2.3. Tatanan Tektonik dan Struktur Regional**

Pulau Sumatera berada di bagian baratdaya Kontinen Sundaland dan merupakan zona konvergensi antara Lempeng Indo-Australia yang menunjam ke bawah Lempeng Eurasia di bagian barat Sumatera (Hamilton, 1979; Curray, 1971). Sundaland sendiri tersusun atas kumpulan blok kontinental heterogen yang berasal dari pecahan Gondwana, khususnya blok Sibumasu dan blok Indocina–East Malaya, yang disertai dengan *terrane* busur kepulauan. Proses konvergensi lempeng tersebut membentuk zona subduksi di sepanjang Palung Sunda serta menghasilkan pergerakan mendatar mengangan pada Sistem Sesar Sumatera. Aktivitas tektonik ini memicu terbentuknya jalur magmatisme yang luas di Pegunungan Bukit Barisan yang memanjang mengikuti arah Pulau Sumatera. Berkaitan dengan keberadaan busur magmatik tersebut, wilayah Sumatera secara umum dapat dibagi menjadi empat mandala geologi, yaitu Zona Akresi, Zona Busur Depan, Zona Busur Magmatik, dan Zona Busur Belakang. Daerah penelitian termasuk ke dalam Zona Busur Magmatik. Geologi daerah ini tersusun atas batuan dasar berumur Pra-Tersier, sejumlah pluton berumur Neogen, serta lapisan batuan vulkanik dan sedimen berumur Tersier hingga Kuartar yang menutupi satuan lebih tua. Tumbukan antara Lempeng Benua Asia dan Lempeng Samudera Hindia

menyebabkan akumulasi tegasan yang secara periodik dilepaskan melalui aktivitas sesar mendatar yang terfokus pada Sistem Sesar Sumatera (Hamilton, 1979).

Sebagai akibat dari proses konvergensi lempeng tersebut, terbentuk tatanan tektonik Sumatera yang kompleks. Berdasarkan perkembangan tektoniknya, evolusi tektonik Sumatera dapat dibagi ke dalam beberapa fase utama sebagai berikut:

- a. Fase Devon-Permian Akhir, pada fase ini terjadi koalisi antara block sibumasu dan East Malaya/ Indo-china bersamaan dengan pembentukan basement batuan. Kegiatan tektonik ini menyebabkan pembentukan akresi (tinggian) yang mengangkat dan membuat batuan tua tersingkap ke permukaan, dimana formasi Ngaol dan formasi Barisan mengalami pengangkatan, perlipatan dan mungkin metamorfisme. Akresi ini juga penyebab terbentuknya paparan sunda, pulau berhala, dan jalur timah asia.
- b. Pada fase Trias–Jura terjadi aktivitas tektonik berupa sistem *transcurrent* atau sesar mendatar yang berkembang akibat interaksi antara blok Sibumasu dan blok Sumatera Barat. Pergerakan kedua blok tersebut memicu terbentuknya patahan-patahan yang menyebabkan beberapa wilayah di Sumatera mengalami pengangkatan dan membentuk jalur sesar memanjang. Struktur patahan ini kemudian berkembang menjadi cikal bakal Sistem Sesar Sumatera yang membentang dari Lampung hingga Aceh. Aktivitas tektonik pada fase ini juga berperan dalam pembentukan Perbukitan Tigapuluh serta menyingkap batuan-batuan berumur tua, seperti yang dijumpai pada Formasi Mentulu.
- c. Pada fase Akhir Kapur terjadi aktivitas tektonik yang melibatkan interaksi antara blok Sumatera Barat dan blok Woyla, sehingga menghasilkan pembentukan sesar-sesar naik. Aktivitas ini ditandai dengan tersingkapnya batuan batugamping dan rijang ke permukaan. Selain itu, pada periode ini juga terjadi intrusi batuan berumur Jura di bagian timur serta intrusi berumur Kapur di bagian barat. Tektonik Kapur tidak hanya dicirikan oleh aktivitas intrusi granitan, tetapi juga oleh pengangkatan regional, proses metamorfisme, dan perkembangan struktur sesar. Sistem pensesaran yang

terbentuk pada fase ini berperan penting dalam mengontrol pembentukan jalur Pegunungan Bukit Barisan.

- d. Pada fase Paleogen atau Tersier terjadi aktivitas magmatisme yang berperan dalam pembentukan Formasi Nagan, Formasi Bandan, serta berbagai endapan sedimen lainnya. Selanjutnya, pada periode Oligosen hingga Neogen, Pulau Sumatera mengalami rotasi tektonik yang mengubah mekanisme deformasi dari *pure shear* menjadi *simple shear*. Perubahan tektonik tersebut memicu terbentuknya berbagai struktur geologi, seperti sesar naik, sesar turun, dan sesar mendatar. Selain menghasilkan deformasi struktur, aktivitas ini juga berpengaruh terhadap proses pengendapan batuan sedimen, perkembangan *magmatisme*, serta aktivitas vulkanisme Kuartar. Vulkanisme tersebut dicirikan oleh kemunculan gunung api seperti Gunung Kerinci dengan komposisi batuan dominan dasit–andesit hingga basalt, dan aktivitasnya berlanjut sampai periode Kuartar.

Perkembangan struktur geologi pada Lembar Painan dan Muara Siberut dikendalikan oleh aktivitas tektonik yang berlangsung sejak periode Permian hingga Resen. Struktur utama dalam batuan di Lembar ini ialah sesar (Barber, 2005). Daerah ini mengalami beberapa fase tektonik yang dimulai sejak Perm Akhir, ketika Formasi Ngaol dan Formasi Barisan mengalami proses pengangkatan, pelipatan, dan kemungkinan metamorfisme. Pada era Mesozoikum terjadi proses sedimentasi laut dangkal hingga laut dalam di bagian tengah dan barat wilayah tersebut. Aktivitas ini kemudian diikuti oleh intrusi batuan berumur Jura di bagian timur serta intrusi berumur Kapur pada bagian yang lebih barat. Sistem pensesaran yang terbentuk berperan dalam mengontrol pembentukan serta perkembangan cekungan antar gunung di daerah Barisan. Pada fase tektonik ini diperkirakan batuan serpentinit dan batuan terkait lainnya mengalami penerobosan ke permukaan akibat aktivitas sesar. Aktivitas tektonik Tersier diawali oleh kegiatan vulkanisme di daerah Barisan yang menghasilkan erupsi celah berupa tuf yang mengandung fragmen batuan Pra-Tersier. Selanjutnya berkembang erupsi lava, breksi, dan tufa dengan bersusunan andesit, yang kemudian diikuti oleh intrusi granit (Rosidi, 1996).

## 2.4. Geokimia Gunung Kapur

Manifestasi panasbumi di daerah Gunung Kapur umumnya berupa belerang mati dan zona alterasi, sedangkan kemunculan mata air panas tidak dijumpai secara langsung di daerah tersebut. Oleh karena itu, karakteristik fluida panasbumi diwakili oleh daerah panasbumi lain yang memiliki tipe sistem serupa dengan Gunung Kapur, yaitu daerah panasbumi Semurup yang direpresentasikan oleh mata air panas Semurup, serta daerah Liki Pinangawan yang diwakili oleh mata air panas Sapan Malolong dan Idung Mancung. Secara umum, mata air panas di sekitar kawasan Gunung Kapur termasuk ke dalam tipe air panas klorida (Gambar 4). Keberadaan mata air panas tersebut berada pada zona *partial equilibrium* hingga *full equilibrium*. Selain itu, kemunculan manifestasi air panas di sekitar daerah Gunung Kapur umumnya berasosiasi dengan lingkungan vulkanik.

Tabel 1. Data geokimia Gunung Kapur

| Parameter               | AP Idung Mancung | AP Sapan Melolong | AP Semurup 1 | AP Semurup 2 | AD Kerinci |
|-------------------------|------------------|-------------------|--------------|--------------|------------|
| pH                      | 2                | 8,05              | 7,64         | 7,8          | 7,31       |
| EC (μS/cm)              | -                | -                 | 2312         | 1726         | 141        |
| SiO <sub>2</sub> (mg/l) | 81,00            | 81,00             | 450,13       | 162,07       | 77,25      |
| B                       | 0,70             | 2,23              | 26,04        | 8,39         | 0,00       |
| Al                      | -                | -                 | 0,09         | 0,00         | 0,00       |
| Fe                      | 14,00            | 0,00              | 0,08         | 0,08         | 0,08       |
| Ca                      | 202,30           | 40,50             | 1,39         | 9,66         | 5,93       |
| Mg                      | 125,90           | 0,10              | 0,19         | 0,96         | 5,99       |
| Na                      | 60,00            | 880,00            | 470,42       | 401,00       | 5,30       |
| K                       | 7,50             | 47,50             | 35,48        | 6,09         | 1,92       |
| Li                      | -                | -                 | 2,33         | 2,00         | 0,02       |
| As                      | -                | -                 | 1,50         | 0,50         | 0,00       |
| NH <sub>4</sub>         | -                | -                 | 1,12         | 26,32        | 18,70      |
| F                       | -                | -                 | 1,50         | 1,00         | 0,00       |
| Cl                      | 226,50           | 1531,70           | 488,49       | 219,92       | 10,00      |
| SO <sub>4</sub>         | 1908,40          | 65,10             | 160,49       | 43,62        | 10,00      |
| HCO <sub>3</sub>        | 0,00             | 59,00             | 267,04       | 706,41       | 92,93      |
| CO <sub>3</sub>         | -                | -                 | 0,00         | 0,00         | 0,00       |
| meq cat                 | 24,01            | 41,52             | 21,93        | 19,94        | 2,11       |
| meq an.                 | 46,12            | 45,53             | 21,58        | 18,74        | 2,01       |
| % IB                    | -31,54           | -4,60             | 0,81         | 3,09         | 2,45       |

## 2.5. Penelitian Terdahulu

Dalam penelitian Rezky (2021) melakukan studi terpadu geologi dan geokimia di daerah panasbumi Gunung Kapur, Kabupaten Kerinci, dengan tujuan mengidentifikasi potensi sistem panasbumi melalui analisis litologi, struktur geologi, zona alterasi, serta anomali geokimia permukaan. Hasilnya menunjukkan bahwa wilayah ini tersusun oleh satuan vulkanik Miosen–Kuartar yang dikontrol oleh sesar berarah NW–SE dan NE–SW, dengan zona alterasi argilik serta anomali Hg dan CO<sub>2</sub> tanah yang menandai keberadaan jalur aliran fluida panas. Estimasi suhu reservoir berdasarkan geotermometer Na–K mencapai sekitar 200°C, dan luas prospek panasbumi diperkirakan sekitar 2 km<sup>2</sup> dengan potensi sumber daya hipotetik sekitar 10–25 MWe. Temuan ini menunjukkan bahwa Gunung Kapur memiliki indikasi sistem panasbumi entalpi sedang meskipun manifestasi permukaannya terbatas.

Secara geologi, Gunung Kapur di Kabupaten Kerinci merupakan gunung bertipe stratovulkano non aktif yang berada di jajaran Bukit Barisan dengan ketinggian 3059 mdpl. Penyelidikan terdahulu oleh Bemmellen (1949), menyatakan bahwa geomorfologi daerah penelitian secara umum bersifat acak dan menyebar diantara dua puncak tertinggi di Kabupaten Kerinci serta Gunung Kerinci yang merupakan sisa aktivitas vulkanisme sejak zaman Miosen.

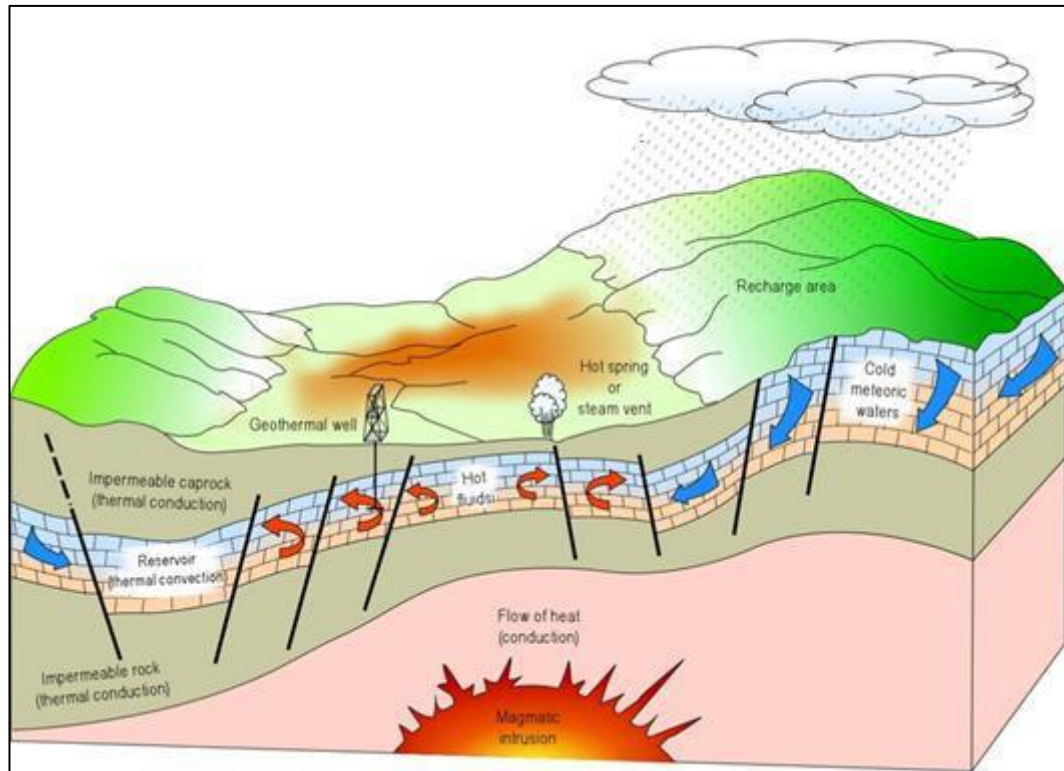
Shancharlo dkk. (2020) melakukan penelitian untuk mengidentifikasi manifestasi panasbumi serta struktur geologi yang memengaruhinya di wilayah utara–baratlaut Danau Kerinci. Penelitian tersebut menggunakan metode interpretasi data ASTER DEM guna menganalisis pola kelurusan struktur geologi di daerah penelitian. Hasil penelitian menunjukkan bahwa manifestasi panasbumi di daerah penelitian tersusun atas batuan breksi vulkanik dan konglomerat dari Formasi Bandan yang merupakan produk Gunung Api Lumut. Selain itu, kemunculan manifestasi air panas dikontrol oleh sistem rekahan yang terbentuk akibat gaya ekstensional pada Segmen Sesar Siulak dengan arah baratlaut–tenggara, yang berasosiasi dengan keberadaan Gunung Api Lumut di bagian utara.

### III. TEORI DASAR

#### 3.1. Sistem Panasbumi

Sistem panasbumi terbentuk akibat proses perpindahan panas secara konveksi yang terjadi karena adanya kontak antara air dan sumber panas di bawah permukaan. Secara umum, sistem panasbumi tersusun atas lima komponen utama seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5, yaitu sumber panas (*heat source*), batuan reservoir, struktur geologi, manifestasi dan fluida pembawa panas. Fluida panas yang bergerak menuju permukaan dapat menghasilkan berbagai manifestasi panasbumi. Uap panas yang terperangkap di dalam batuan permeabel akan muncul sebagai manifestasi permukaan, seperti fumarol (gas yang keluar dari tanah), *hot spring* atau mata air panas, solfatara yang ditandai oleh akumulasi kristal sulfur, dan manifestasi lainnya (Keam dkk., 2005).

Sumber panas dalam sistem panasbumi umumnya berasal dari intrusi magma dangkal yang memanaskan batuan di sekitarnya. Sementara itu, batuan reservoir merupakan batuan yang memiliki porositas dan permeabilitas cukup baik sehingga mampu menyimpan sekaligus mengalirkan fluida panas. Fluida panasbumi sendiri biasanya berupa air panas atau uap air yang terakumulasi di dalam reservoir dan dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi, baik untuk pembangkit listrik maupun penggunaan langsung seperti sistem pemanasan.



Gambar 4. Sistem panasbumi (Dickson dan Fanelli, 2003).

### 3.2. Metode Gayaberat

Metode Metode gayaberat merupakan salah satu metode survei geofisika yang bekerja secara pasif. Prinsip dasar metode ini adalah melakukan pengukuran dan pemetaan variasi medan gravitasi di permukaan Bumi guna mengetahui distribusi anomali gravitasi yang ada. Perubahan nilai gayaberat tersebut dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti perbedaan densitas dan jenis batuan bawah permukaan, variasi jarak terhadap pusat Bumi, serta kondisi topografi permukaan (Sarkowi, 2014). Menurut Djudjun (2005), survei gayaberat berperan vital dalam berbagai isu yang mencakup pemetaan struktur di bawah permukaan Bumi serta penelitian geologis. Keutamaan metode ini terletak pada kapasitasnya dalam membedakan secara efektif antara kepadatan material sumber anomali dengan densitas medium di sekitarnya. Informasi mengenai struktur bawah permukaan dapat diungkap melalui analisis terhadap perbedaan densitas ini. Dengan demikian, penyebaran densitas yang tidak merata di dalam Bumi menjadi indikator keberadaan struktur geologi internal (Setiadi dkk., 2014).

Metode gayaberat sangat efektif digunakan untuk mengidentifikasi struktur bawah permukaan karena mampu mendeteksi adanya kontras densitas pada tubuh batuan. Variasi kontras densitas tersebut menunjukkan adanya perbedaan jenis dan karakter struktur bawah permukaan. Dengan demikian, distribusi densitas yang tidak homogen di bawah permukaan Bumi dapat mencerminkan keberadaan struktur geologi tertentu di dalamnya (Setiadi dkk., 2010).

### 3.3. Konsep Dasar Gayaberat

#### 3.3.1. Gayaberat Newton

Dasar teori metode gayaberat mengacu pada Hukum Gravitasi Newton (Gambar 6), yang menyatakan bahwa besar gaya gravitasi antara dua partikel bermassa  $m_1$  dan  $m_2$  sebanding dengan hasil kali kedua massa tersebut serta berbanding terbalik dengan kuadrat jarak antara pusat massanya. Berdasarkan prinsip tersebut, hubungan matematisnya dapat dinyatakan dalam Persamaan 1 (Serway dan Jewett, 2009):

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

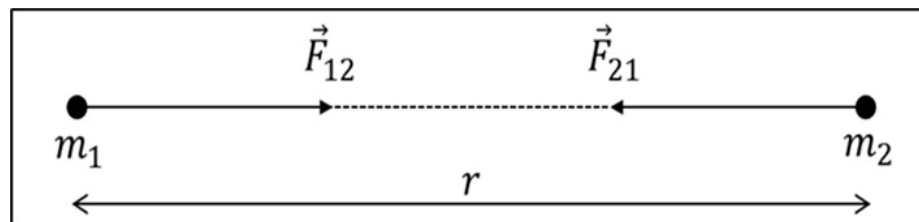
Keterangan:

$\vec{F}$  = gaya tarik menarik (N)

$m_1 m_2$  = massa benda 1 dan massa benda 2 (kg)

$R$  = jarak antara 2 benda (m)

$G$  = konstanta gravitasi universal ( $6,67 \times 10^{-11} m^3 kgs^{-2}$ )



Gambar 5. Gaya tarik menarik antara dua benda (Grandis, 2009).

### 3.3.2. Percepatan Gayaberat

Newton juga menjelaskan hubungan antara gaya dan percepatan melalui Hukum II Newton. Prinsip utama hukum ini menyatakan bahwa gerak suatu benda dipengaruhi oleh gaya yang bekerja padanya, di mana besar gaya tersebut sama dengan hasil kali massa benda dan percepatan gravitasi yang dialami. Hubungan tersebut dapat dinyatakan dalam Persamaan 2 berikut.

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

Percepatan yang dialami oleh objek bermassa  $m_2$  sebagai *respons* terhadap tarikan gravitasi dari objek bermassa  $m_1$  pada jarak  $r$  dapat diuraikan secara ringkas menggunakan rumus berikut dalam Persamaan 3:

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

Jika ditetapkan pada percepatan gaya tarik Bumi persamaan di atas menjadi:

$$\vec{g} = \frac{\vec{F}}{m} = \frac{G \frac{m_1 m_2}{r^2} \hat{r}}{m} = G \frac{m}{r^2} \hat{r} \quad (4)$$

Keterangan:

$\vec{g}$  = Percepatan gaya tarik Bumi ( $m/s^2$ )

$M$  = Massa Bumi (kg)

$m$  = Massa benda (kg)

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

$R$  = Jari-jari Bumi (km)

$\hat{r}$  = Vektor satuan arah

Upaya pertama untuk mengukur besaran percepatan gravitasi di Bumi dilakukan oleh Galileo, kemudian didefinisikan sebagai:

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

Anomali gayaberat umumnya dinyatakan dalam satuan miligal (mGal) karena perubahan nilai gravitasi antar titik pengamatan sangat kecil serta disesuaikan dengan sensitivitas alat pengukuran yang digunakan.

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

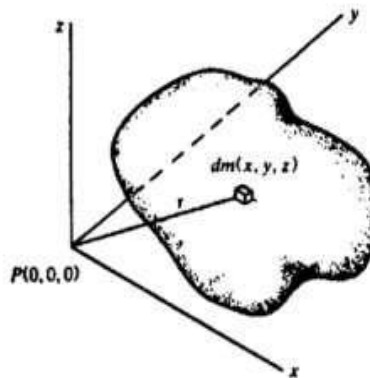
$$1\mu Gall = 10^{-3}mGall = 10^{-6}Gall = 10^{-8}m/s^2 \quad (6)$$

$$1mGall = 10g.u = 10^{-5}m/s^2 \quad (7)$$

Pada sistem satuan MKS, gravitasi dapat diukur dalam g.u. atau  $\mu m/s^2$  (Octonovrilna, 2009).

### 3.3.3. Potensial Gayaberat

Potensial gayaberat adalah energi yang dibutuhkan untuk memindahkan massa antar titik. Setiap benda bermassa menciptakan medan potensial konservatif di sekelilingnya. Medan potensial memiliki sifat konservatif, yaitu usaha yang dilakukan di dalam medan gravitasi tidak dipengaruhi oleh lintasan yang ditempuh, melainkan hanya bergantung pada posisi awal dan posisi akhir suatu benda (Bosy, 2016).



Gambar 6. Menggambarkan visual tiga dimensi mengenai potensial dan kuat medan yang ditimbulkan oleh suatu massa (Maulana, 2012).

Apabila terdapat suatu massa dengan bentuk tidak beraturan yang tersebar secara kontinu dan memiliki rapat massa  $\Delta\rho(\alpha, \beta, \gamma)$ , maka potensial gayaberat pada titik pengamatan  $P(x, y, z)$  dapat dinyatakan melalui Persamaan 8 berikut.

$$U(x, y, z) = g \iiint \frac{\Delta\rho(\alpha, \beta, \gamma)}{[(x - \alpha)^2 + (y - \beta)^2 + (z - \gamma)^2]^{\frac{3}{2}}} d\alpha. d\beta. d\gamma \quad (8)$$

Medan gayaberat dihasilkan dengan melakukan diferensiasi pada persamaan (8) terhadap  $x$ ,  $y$  dan  $z$  yang hasilnya adalah:

$$\Delta g(x, y, z) = -G \int_0^\infty \int_{-\infty}^\infty \int_{-\infty}^\infty \frac{\Delta\rho(\alpha, \beta, \gamma)(x - \alpha)}{[(x - \alpha)^2 + (y - \beta)^2 + (z - \gamma)^2]^{\frac{3}{2}}} d\alpha. d\beta. d\gamma \quad (9)$$

$$\Delta g(x, y, z) = -G \int_0^\infty \int_{-\infty}^\infty \int_{-\infty}^\infty \frac{\Delta\rho(\alpha, \beta, \gamma)(y - \beta)}{[(x - \alpha)^2 + (y - \beta)^2 + (z - \gamma)^2]^{\frac{3}{2}}} d\alpha. d\beta. d\gamma \quad (10)$$

$$\Delta g(x, y, z) = -G \int_0^\infty \int_{-\infty}^\infty \int_{-\infty}^\infty \frac{\Delta\rho(\alpha, \beta, \gamma)(z - \gamma)}{[(x - \alpha)^2 + (y - \beta)^2 + (z - \gamma)^2]^{\frac{3}{2}}} d\alpha. d\beta. d\gamma \quad (11)$$

Berdasarkan Persamaan 9, 10 dan 11, nilai medan gayaberat  $\Delta g$  pada permukaan Bumi tidak bersifat konstan, melainkan mengalami variasi. Perubahan nilai tersebut dipengaruhi oleh distribusi massa di bawah permukaan Bumi yang direpresentasikan melalui fungsi densitas. Selain itu, bentuk serta kondisi aktual permukaan Bumi juga memengaruhi batas integral yang digunakan dalam proses perhitungan. Nilai medan gayaberat  $\Delta g$  pada permukaan Bumi menunjukkan variasi yang menggambarkan sebaran massa di bawah permukaan. Variasi tersebut terjadi akibat perbedaan densitas batuan yang berpengaruh terhadap medan gayaberat. Di samping itu, ketidakaturan bentuk permukaan Bumi juga berperan dalam menentukan batas integral pada perhitungan medan gayaberat (Sarkowi, 2014).

### 3.3.4. Rapat Massa Batuan

Densitas atau rapat massa batuan merupakan salah satu parameter fisik utama dalam metode gayaberat. Penentuan anomali Bouguer yang akurat memerlukan estimasi densitas rata-rata batuan pada daerah survei. Besarnya nilai densitas tersebut dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti densitas mineral penyusun batuan, kandungan fluida dalam pori-pori, tingkat porositas, proses pemadatan akibat tekanan, serta tingkat pelapukan yang terjadi pada batuan. Setiap jenis batuan memiliki karakteristik densitas yang berbeda. Pada batuan sedimen, variasi densitas dapat terjadi akibat pengaruh aktivitas tektonik yang mengubah struktur dan komposisi batuan tersebut (Telford dkk, 1990).

Tabel 2. Nilai densitas batuan (Telford dkk., 1990)

| <b>Jenis Batuan</b>    | <b>Rentang Densitas (g/cc)</b> | <b>rata-rata (g/cc)</b> |
|------------------------|--------------------------------|-------------------------|
| <b>Batuan Sedimen</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                    |
| <b>Batuan Beku</b>     |                                |                         |
| <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>Porphyry</i>        | 2,60 – 2,89                    | 2,74                    |
| <i>Quartz diorite</i>  | 2,62 – 2,92                    | 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                    |
| <b>Batuan Metamorf</b> |                                |                         |
| <i>Quarzite</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>Phyllite</i>        | 2,68 – 2,80                    | 2,74                    |
| <i>Granulite</i>       | 2,52 – 2,7                     | 2,65                    |

### 3.4. Koreksi-koreksi dalam Metode Gayaberat

Dalam pengolahan data gayaberat, diperlukan beberapa tahapan koreksi untuk meminimalkan pengaruh *noise* atau gangguan yang dapat memengaruhi hasil pengukuran. Beberapa koreksi yang umum diterapkan pada data gayaberat antara lain sebagai berikut:

#### 3.4.1. Perhitungan Gayaberat

Gayaberat observasi merupakan nilai gravitasi yang terukur pada waktu tertentu dan dipengaruhi oleh berbagai faktor, seperti posisi serta elevasi titik pengamatan, kondisi struktur geologi, dan densitas batuan bawah permukaan. Secara umum, nilai gayaberat memiliki hubungan yang berbanding terbalik dengan topografi, di mana daerah dengan elevasi lebih rendah cenderung memiliki nilai gayaberat observasi yang lebih besar, sedangkan daerah dengan elevasi lebih tinggi menunjukkan nilai gayaberat observasi yang lebih kecil (Setiadi dkk., 2010).

#### 3.4.2. Koreksi Lintang

Koreksi lintang dilakukan untuk mengakomodasi pengaruh bentuk Bumi yang tidak berbentuk bulat sempurna. Bumi memiliki jari-jari yang lebih pendek di wilayah kutub dan lebih panjang di daerah khatulistiwa, sehingga nilai gayaberat di kutub cenderung lebih besar dibandingkan di khatulistiwa. Perbedaan bentuk tersebut menyebabkan variasi nilai gayaberat pada setiap lintang, sehingga diperlukan koreksi lintang agar data gayaberat dari berbagai lokasi dapat dibandingkan secara seragam. Nilai koreksi lintang ( $\theta$ ) dapat dihitung menggunakan persamaan berikut (Blakely, 1996).

$$G\theta = 978032,7 (1 + 0,0023024 \sin^2\theta - 0,0000058 \sin^2 2\theta) \quad (12)$$

Keterangan:

$G\theta$  = Percepatan gayaberat pada lintang  $\theta$  (dalam  $m/s^2$ )

$g_0$  = Percepatan gayaberat standar pada ekuator ( $9,78049 m/s^2$ )

$\theta$  = Lintang geografis (dalam radian)

$\sin \theta$  = Fungsi sinus dari lintang  $\theta$

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

Pengukuran gayabarat yang dilakukan pada ketinggian ( $h$ ) terhadap *mean sea level* menyebabkan nilai percepatan gravitasi ( $g$ ) menjadi lebih kecil, sehingga diperlukan koreksi terhadap hasil pembacaan alat. Koreksi udara bebas (*free air correction*) diterapkan untuk memperoleh nilai gravitasi absolut pada titik pengamatan (Syamsuriadi, 2013). Menurut Brotopuspito (2001), persamaan yang digunakan dalam koreksi udara bebas adalah sebagai berikut:

$$FAC = 0,308765 h \quad (13)$$

Keterangan:

$FAC$  = *Free Air Correction*

$H$  = Ketinggian (m)

Untuk mendapatkan nilai *Free Air Anomaly* (FAA) atau anomali udara bebas, perhitungannya dapat dilakukan menggunakan persamaan berikut:

$$FAA = g_{obs} - g_{\phi} + 0,3086 h \quad (14)$$

Keterangan

$FAA$  = *Free Air Anomaly*

$g_{obs}$  = Gravitasi Observasi

### 3.4.4. Koreksi Bouguer

Koreksi Bouguer diterapkan untuk menghilangkan pengaruh massa batuan yang berada di antara titik pengamatan dan bidang referensi. Besarnya nilai koreksi ini dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$BC = 2\pi G \rho h \quad (15)$$

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

$$BC = 0,0419\rho \quad (16)$$

Keterangan:

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

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

- $\rho$  = Rapat massa batuan rata-rata ( $2,667 \text{ g/cm}^2$ )  
 $h$  = Ketinggian (m)

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

Koreksi medan dilakukan untuk memperhitungkan pengaruh ketidakteraturan distribusi massa di sekitar titik pengamatan. Dalam koreksi Bouguer, titik pengukuran diasumsikan berada pada suatu bidang datar yang sangat luas. Namun, kondisi topografi di lapangan umumnya tidak sepenuhnya datar karena adanya perbukitan, lembah, maupun pegunungan. Apabila hanya menggunakan koreksi Bouguer, maka hasil pengukuran gayabarat dapat menjadi kurang akurat. Massa batuan yang berada di sekitar titik observasi, baik di atas maupun di bawah permukaan, dapat memberikan pengaruh tambahan terhadap nilai gayabarat yang terukur. Oleh sebab itu, diperlukan koreksi topografi atau koreksi medan, khususnya pada daerah dengan relief yang kompleks seperti kawasan pegunungan dan perbukitan (Susilawati, 2005). Sebaliknya, pada wilayah dengan kondisi topografi relatif datar, pengaruh koreksi medan umumnya dapat diabaikan. Persamaan yang digunakan untuk menghitung koreksi medan adalah sebagai berikut:

$$g = \frac{0,04193}{n} \rho \left\{ (r_1 - r_2) + \sqrt{r_2^2 + L^2} - \sqrt{r_1^2 + L^2} \right\} \quad (17)$$

Keterangan:

- $G$  = Respons gayabarat (mGal)  
 $N$  = Jumlah kompartemen tiap zona  
 $\rho$  = Densitas (g/cc)  
 $r_1$  = jari-jari radius dalam (m)  
 $r_2$  = jari-jari radius luar (m)  
 $L$  = Selisih ketinggian dari titik pengukuran (m)

Pengaruh medan atau koreksi medan dapat dihitung menggunakan lembar transparan yang dikenal sebagai *Hammer chart*, yang ditempatkan di atas peta topografi. *Hammer chart* digunakan untuk membagi area di sekitar titik pengamatan ke dalam beberapa zona yang tersusun sebagai silinder konsentris,

sehingga pengaruh topografi terhadap nilai gayaberat dapat dihitung secara lebih terperinci.

#### 3.4.6. Anomali Bouguer Lengkap

Menurut Hinze (2013), anomali Bouguer lengkap merupakan selisih antara nilai gravitasi hasil pengukuran dengan nilai gravitasi teoritis yang dihitung pada titik observasi tertentu. Selisih ini menggambarkan adanya perbedaan densitas atau rapat massa suatu wilayah terhadap daerah sekitarnya, baik secara vertikal maupun lateral. Variasi anomali Bouguer mencerminkan perubahan densitas secara lateral, di mana keberadaan material berdensitas tinggi yang berada dalam medium berdensitas lebih rendah akan menghasilkan anomali Bouguer positif. Sebaliknya, jika terdapat material berdensitas rendah di dalam medium yang lebih padat, maka akan muncul anomali Bouguer negatif (Reynolds, 1997). Secara umum, anomali Bouguer merepresentasikan sebaran nilai gayaberat yang mencerminkan kondisi bawah permukaan berdasarkan kontras densitas batuan. Dengan demikian, nilai anomali Bouguer dapat dinyatakan dalam bentuk Persamaan 18 berikut (Brotopuspito, 2001).

$$BA = g_{obs} - g_{\phi} + FAC + BC + TC \quad (18)$$

Keterangan:

$g_{obs}$  = Harga gayaberat pengukuran dititik tersebut

$FAC$  = *Free Air Corretion*/ koreksi udara bebas

$BC$  = *Bouguer Correction*/ koreksi Bouguer

$TC$  = *Terrain Correction*/ koreksi medan

#### 3.5. Densitas Bawah Permukaan Rata-rata

Densitas batuan merupakan salah satu parameter fisik yang sangat penting dalam metode gayaberat. Dalam perhitungan anomali Bouguer, diperlukan nilai densitas rata-rata wilayah penelitian yang harus ditentukan secara akurat. Estimasi densitas rata-rata tersebut dapat dilakukan menggunakan beberapa pendekatan, di antaranya metode Parasnis dan metode Nettleton.

### 3.5.1. Metode Parasnis

Metode Parasnis merupakan salah satu cara untuk mengestimasi densitas dengan memplot nilai koreksi Bouguer yang telah dikurangi koreksi medan (BC–TC) sebagai sumbu X terhadap nilai *Free Air Anomaly* (FAA) sebagai sumbu Y. Hasil plot tersebut kemudian diregresikan secara linear untuk memperoleh persamaan garis dari hubungan kedua variabel. Nilai kemiringan dari persamaan garis tersebut merepresentasikan densitas rata-rata batuan di daerah penelitian, yang dapat dinyatakan dengan Persamaan 19 sebagai berikut:

$$g_{obs} - g(\Phi) + g_{FA} = \rho(g_{bouguer} - TC) \quad (19)$$

Keterangan :

|               |                                                |
|---------------|------------------------------------------------|
| $g_{FA}$      | = percepatan gravitasi <i>free air anomaly</i> |
| $g_{obs}$     | = percepatan gravitasi titik pengukuran        |
| $g(\Phi)$     | = percepatan gravitasi lintang                 |
| $g_{bouguer}$ | = percepatan gravitasi bouguer                 |
| $TC$          | = <i>terrain correction</i>                    |

### 3.5.2. Metode Nettleton

Metode estimasi densitas Nettleton merupakan salah satu pendekatan untuk menentukan densitas rata-rata yang dianggap mewakili kondisi permukaan, sehingga profil anomali gayaberat yang dihasilkan menjadi lebih halus. Estimasi densitas ini didasarkan pada penerapan koreksi Bouguer dan koreksi medan. Dalam praktiknya, metode Nettleton dilakukan dengan membuat beberapa profil anomali Bouguer menggunakan berbagai nilai densitas, kemudian hasilnya dibandingkan dengan profil topografi pada lintasan yang sama. Nilai densitas yang menghasilkan kesesuaian terbaik atau variasi paling kecil terhadap bentuk topografi dianggap sebagai densitas rata-rata daerah penelitian. Secara kuantitatif, densitas permukaan yang paling optimal dapat diperoleh melalui analisis korelasi silang antara perubahan elevasi terhadap suatu referensi dengan nilai anomali gayaberatnya (Martha, 2017).

### 3.6. Analisis Spektrum

Analisis spektrum digunakan untuk memperkirakan kedalaman sumber anomali di bawah permukaan yang menyebabkan variasi medan gravitasi. Metode ini memanfaatkan transformasi Fourier untuk mengubah fungsi dalam domain jarak atau waktu menjadi domain frekuensi atau bilangan gelombang (Blakely, 1996). Dalam aplikasinya, analisis spektrum digunakan untuk memisahkan anomali Bouguer menjadi komponen regional dan residual pada daerah penelitian. Hasil pemisahan ini kemudian menjadi acuan dalam menentukan ukuran jendela (*window*) yang tepat untuk proses *filtering* data gayaberat. Transformasi Fourier sendiri bekerja dengan menguraikan suatu sinyal menjadi sejumlah komponen gelombang sinus dengan frekuensi yang berbeda, yang apabila dijumlahkan kembali akan membentuk sinyal asli (Kadir, 2000). Spektrum diperoleh dari nilai potensial yang direpresentasikan pada bidang horizontal. Persamaan transformasi Fourier dapat dituliskan sebagai berikut (Blakely, 1996):

$$F(U) = G\Delta\rho F\left(\frac{1}{r}\right) \quad (20)$$

$$F\left(\frac{1}{r}\right) = 2\pi \frac{e|k|(z_0 z_1)}{|k|} \quad (21)$$

Keterangan:

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

$$U = \text{potensial gayaberat } (m^2/s^2)$$

$$\Delta\rho = \text{anomali densitas } (kg/m^3)$$

$$G = \text{konstanta gayaberat } (m^3/(kg \cdot s^2))$$

$$r = \text{jarak } (m)$$

Berdasarkan kedua persamaan di atas maka diperoleh:

$$F\left(\frac{1}{r}\right) = 2\pi G\Delta\rho \frac{e|k|(z_0 z_1)}{|k|} \quad (22)$$

Transformasi Fourier anomali gayaberat pada lintasan yakni:

$$F(g_z) = 1G\Delta\rho F\left(\frac{\partial}{\partial_z} \frac{1}{r}\right) \quad (23)$$

$$F(g_z) = G\Delta\rho \frac{\partial}{\partial_z} F\left(\frac{1}{r}\right) \quad (24)$$

$$F\left(\frac{1}{r}\right) = 2\pi G\Delta\rho e^{|k|(z_0 z_1)} \quad (25)$$

Keterangan:

$\vec{g}_z$  = anomali gayaberat (mGal)

$K$  = bilangan gelombang (rad/m)

$z_0$  = ketinggian titik amat (m)

$z_1$  = kedalaman benda anomali (m)

Apabila sebaran massa jenis tidak berpola dan tidak terdapat hubungan timbal balik antara setiap nilai anomali gayaberat, maka faktor magnetisasi  $\mu$  akan disetarakan dengan 1. Kondisi ini menghasilkan bentuk Transformasi Fourier dari anomali gayaberat menjadi:

$$A = Ce^{|k|(z_0 z_1)} \quad (26)$$

Keterangan:

$A$  = amplitudo (m)

$C$  = konstanta

Untuk menentukan hubungan antara amplitudo spektrum ( $A$ ), bilangan gelombang ( $k$ ), dan kedalaman ( $z_0 z_1$ ), digunakan transformasi fungsi logaritma. Melalui pendekatan ini, dapat ditunjukkan bahwa terdapat hubungan linear antara parameter-parameter tersebut, di mana bilangan gelombang ( $k$ ) berbanding lurus dengan amplitudo spektral.

$$\ln A = (z_0 z_1)|k| + \ln C \quad (27)$$

Persamaan (27) dapat diibaratkan dengan rumus garis lurus:

$$y = mx + c \quad (28)$$

Pada analisis ini,  $\ln A$  digunakan sebagai sumbu  $y$ , sedangkan nilai  $|k|$  sebagai sumbu  $x$ , serta  $(z_0 z_1)$  sebagai kemiringan garis (*gradien*). Dengan demikian, gradien yang diperoleh mengindikasikan kedalaman sumber anomali, baik yang berada di lapisan dangkal maupun dalam. Nilai  $|k|$  pada sumbu  $x$  didefinisikan  $\frac{2\pi}{\lambda}$  (dengan  $\lambda$  adalah panjang gelombang (*cycle/meter*)). Dalam penentuan kedalaman sumber pada lapisan dalam dan dangkal, hubungan tersebut dianalisis melalui kurva  $\ln A$  vs  $k$  seperti pada Gambar 7.

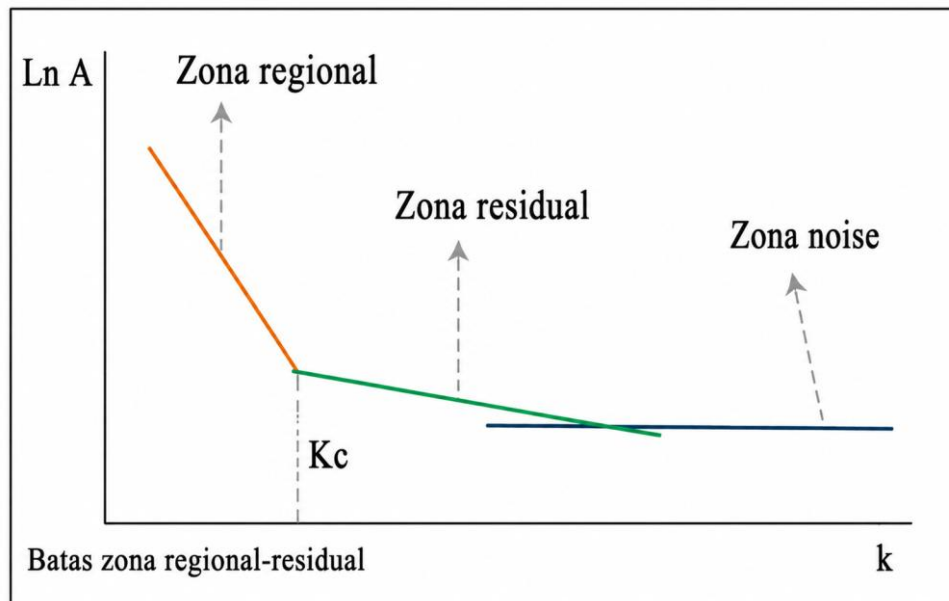
Hubungan antara nilai  $\lambda$  dengan  $\Delta x$  diperoleh dari Persamaan 29 berikut:

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

Panjang gelombang  $\lambda$  dianggap setara dengan  $\Delta x$ . Namun, dalam praktiknya terdapat faktor pengali tambahan berupa konstanta yang memengaruhi nilai  $\Delta x$ , oleh karena itu, rumusnya menjadi  $\lambda = N\Delta x$ , dimana konstanta  $N$  didefinisikan sebagai lebar jendela, jadi lebar jendela dapat dinyatakan melalui rumus sebagai berikut:

$$N = \frac{2\pi}{kc\Delta x} \quad (30)$$

$\Delta x$  merepresentasikan jarak spasial dalam proses transformasi Fourier, sedangkan  $kc$  merupakan bilangan gelombang *cutoff*. Nilai  $k$  yang lebih besar menunjukkan frekuensi yang lebih tinggi. Hubungan bilangan gelombang  $k$  dengan frekuensi  $f$  adalah  $k = 2\pi f$ , di mana frekuensi rendah umumnya berkaitan dengan sumber anomali regional, sedangkan frekuensi tinggi berasal dari sumber anomali residual.



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

### 3.7. Filter *Moving Average*

Filter *moving average* merupakan salah satu teknik penapisan yang termasuk dalam kategori *low pass filter*, yaitu metode yang berfungsi untuk mereduksi komponen frekuensi tinggi dan mempertahankan komponen frekuensi rendah. Dalam penelitian ini, data *Complete Bouguer Anomaly* dilakukan proses filtering menggunakan metode *moving average* dengan lebar jendela yang ditentukan berdasarkan nilai rata-rata tiap lintasan hasil analisis spektrum. Semakin besar lebar jendela yang digunakan, maka hasil anomali residual yang diperoleh akan semakin mendekati nilai *Complete Bouguer Anomaly* (Setiadi dkk., 2010). Sebelum dilakukan interpretasi terhadap data anomali gayaberat, diperlukan pemisahan antara anomali regional dan anomali lokal. Langkah ini bertujuan untuk memperoleh gambaran kondisi tatanan geologi yang lebih akurat pada saat proses interpretasi. Pemisahan anomali dilakukan untuk mempermudah interpretasi data gayaberat secara kualitatif, salah satunya dengan menerapkan filter *moving average*.

Metode *moving average* dilakukan dengan menghitung nilai rata-rata dari data anomali dalam suatu jendela tertentu. Hasil dari proses ini merepresentasikan anomali regional. Selanjutnya, anomali residual diperoleh dengan mengurangkan

*Complete Bouguer Anomaly* terhadap anomali regional, sebagaimana ditunjukkan pada Persamaan (31).

$$\Delta g_{reg}(i,j) = \frac{\Delta g(i-n, j-n) + \dots + \Delta g(i,j) + \dots + \Delta g(i+n, j+n)}{N} \quad (31)$$

Keterangan:

$\Delta g_{reg}(i,j)$  = Nilai anomali regional di titik *grid* (i,j)

$n$  = Separuh dari ukuran jendela rata-rata bergerak

$N$  = Jumlah total elemen dalam jendela yang digunakan untuk perhitungan rata-rata

$i$  dan  $j$  = Indeks untuk posisi dalam *grid*

### 3.8. Pemisahan Anomali Regional dan Residual

Pemisahan antara anomali regional dan anomali residual merupakan tahapan penting dalam pengolahan serta interpretasi data geofisika, terutama pada kegiatan eksplorasi. Anomali total yang diperoleh dari hasil pengukuran di lapangan umumnya terdiri atas dua komponen utama, yaitu anomali regional dan anomali residual. Proses pemisahan ini bertujuan untuk memisahkan pengaruh struktur geologi berskala luas dari pengaruh struktur geologi lokal, sehingga kondisi bawah permukaan dapat diinterpretasikan dengan lebih akurat (Blakely, 1996).

Anomali regional adalah bagian dari data geofisika yang merepresentasikan variasi dengan skala besar dan umumnya berasal dari struktur geologi yang dalam atau memiliki sebaran luas. Anomali ini dapat dipengaruhi oleh keberadaan cekungan sedimen yang luas, perubahan ketebalan kerak Bumi, maupun struktur geologi besar lainnya yang memberikan pengaruh gravitasi atau magnetik secara menyeluruh. Dalam proses pemisahan anomali, anomali regional dianggap sebagai tren latar belakang yang perlu dihilangkan untuk menonjolkan anomali residual. Secara umum, anomali regional dicirikan oleh amplitudo yang relatif kecil dengan panjang gelombang yang lebih panjang dibandingkan anomali residual (Blakely, 1996).

Anomali residual merupakan bagian dari data geofisika yang merepresentasikan variasi berskala lokal dan umumnya berkaitan dengan struktur geologi dangkal. Komponen ini diperoleh setelah pengaruh anomali regional dihilangkan dari anomali total hasil pengukuran. Secara umum, anomali residual ditandai oleh amplitudo yang relatif lebih besar dengan panjang gelombang yang lebih pendek, serta sering berhubungan dengan fitur geologi lokal seperti intrusi batuan, zona sesar, maupun akumulasi mineral tertentu.

### 3.9. *First Horizontal Derivative (FHD)*

*Horizontal derivative* pada data anomali gayaberat merupakan perubahan nilai anomali gravitasi dari satu titik pengamatan ke titik lainnya dalam jarak tertentu. Turunan horizontal dari anomali gayaberat yang berasal dari suatu tubuh batuan umumnya akan memperlihatkan bagian tepi atau batas dari tubuh tersebut. Oleh karena itu, metode *horizontal derivative* dapat dimanfaatkan untuk menentukan lokasi kontak densitas secara lateral pada data gayaberat (Cordell dan Grauch, 1982). Metode ini juga dapat digunakan untuk mengidentifikasi struktur bawah permukaan, baik yang bersifat dangkal maupun dalam. Perhitungan nilai *First Horizontal Derivative* (FHD) dapat dilakukan menggunakan Persamaan 32 berikut (Blakely, 1996).

$$FHD = \sqrt{\left(\frac{\partial g}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial g}{\partial y}\right)^2} \quad (32)$$

Dengan  $\left(\frac{\partial g}{\partial x}\right)$  merupakan turunan pertama anomali gayaberat terhadap x dan  $\left(\frac{\partial g}{\partial y}\right)$  merupakan turunan pertama anomali gayaberat terhadap y.

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

*Second Vertical Derivative* (SVD) digunakan untuk menonjolkan efek anomali dangkal dengan cara mereduksi pengaruh regional, sehingga lebih efektif dalam mengidentifikasi anomali yang berkaitan dengan struktur geologi. Metode *Second Vertical Derivative* (SVD) ini diturunkan dari persamaan Laplace. Secara teoritis,

pendekatan ini berasal dari persamaan Laplace untuk anomali gayabarat pada permukaan, yang dapat dinyatakan sebagai berikut.

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

atau:

$$\frac{\partial^2 \Delta g}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \Delta g}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \Delta g}{\partial z^2} = 0 \quad (34)$$

sehingga *second vertical derivative*-nya diberikan oleh:

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

Kemudian, persamaan untuk data satu dimensi (1D) atau data penampang dapat dirumuskan sebagai berikut:

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

Nilai nol pada turunan kedua anomali Bouguer dapat diinterpretasikan sebagai batas kontak kontras densitas antara dua lapisan batuan. Kontak tersebut umumnya mengindikasikan keberadaan struktur geologi seperti sesar atau intrusi (Sarkowi, 2010). Perhitungan nilai SVD dapat dilakukan dengan menggunakan beberapa operator filter dua dimensi (2D) sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 2, Tabel 3, dan Tabel 4 berikut:

Tabel 3. Operator Henderson dan Zietz (1949)

| Operator Filter SVD menurut Henderson dan Zietz (1949) |         |         |         |         |
|--------------------------------------------------------|---------|---------|---------|---------|
| 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 4. Operator Elkins (1951)

| Operator Filter SVD menurut Elkins (1951) |         |         |         |         |
|-------------------------------------------|---------|---------|---------|---------|
| 0,0000                                    | -0,0833 | 0,0000  | -0,0833 | 0,0000  |
| -0,0833                                   | -0,0667 | -0,0334 | 0,0667  | -0,0833 |
| 0,0000                                    | -0,0334 | 1,0668  | -0,0334 | 0,0000  |
| -0,0833                                   | -0,0667 | 0,0334  | -0,0667 | -0,0833 |
| 0,0000                                    | -0,0833 | 0,0000  | -0,0833 | 0,0000  |

Tabel 5. Operator Rosenbach (1953)

| Operator Filter SVD menurut Rosenbach (1953) |         |         |         |        |
|----------------------------------------------|---------|---------|---------|--------|
| 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 |

### 3.11. Inverse Modelling

*Inverse modeling* merupakan metode interpretasi yang digunakan untuk memperoleh model bawah permukaan, di mana proses pencocokan antara data hasil 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 karena tahapannya melakukan pencarian parameter model yang menghasilkan respon yang cocok dengan data pengamatan (Grandis, 2009). Proses pencarian nilai minimum dari fungsi objektif berkaitan erat dengan upaya memperoleh model yang paling optimum. Karakteristik titik minimum pada fungsi tersebut digunakan sebagai dasar dalam penentuan parameter model. Secara umum, model akan terus dimodifikasi hingga *respons* model dapat sesuai dengan data pengamatan yang tersedia (Sarkowi, 2014).

### 3.12. Geokimia Panasbumi

Fluida panasbumi umumnya mengandung jenis senyawa yang serupa, namun dengan konsentrasi yang berbeda-beda. Perbedaan konsentrasi tersebut dipengaruhi oleh berbagai faktor, seperti temperatur, komposisi magma pada sumber panas, jenis batuan atau litologi yang dilalui fluida, lama serta kondisi interaksi antara fluida dan batuan, serta proses-proses geokimia seperti *mixing* dan *boiling*. Zat terlarut yang terdapat dalam fluida panasbumi berasal dari interaksi antara batuan dan fluida itu sendiri. Berdasarkan sifat muatan listriknya, unsur-unsur terlarut dalam fluida panasbumi dapat dikelompokkan menjadi tiga, yaitu senyawa kation, anion, dan senyawa netral (Simmons, 1998).

Analisis geokimia pada sistem panasbumi digunakan untuk mengidentifikasi karakteristik fluida, seperti temperatur, tipe fluida reservoir, serta asal fluida *recharge*. Estimasi temperatur fluida panasbumi dapat dilakukan dengan dua pendekatan utama, yaitu geotermometer Na–K dan silika. Geotermometer rasio Na–K pada sistem panasbumi memanfaatkan perbandingan konsentrasi natrium dan kalium untuk mengindikasikan kondisi temperatur tinggi di bawah permukaan (Giggenbach, 1988 dalam Nicholson, 1993).

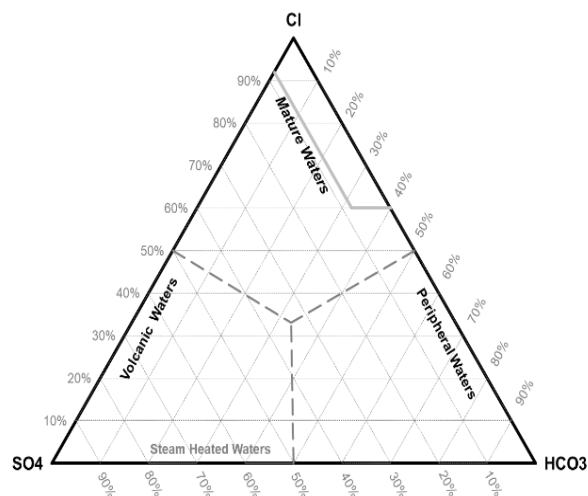
Metode geokimia digunakan untuk mengidentifikasi karakteristik fluida panasbumi, yang mencakup asal-usul fluida, proses pendidihan (*boiling*), pengenceran (*dilution*), serta estimasi temperatur reservoir panasbumi (Saptadji, 2009; Fajrin dan Putra, 2021). Dalam penentuan potensi sumber panasbumi, karakteristik fluida reservoir menjadi salah satu indikator penting. Parameter tersebut dapat dianalisis menggunakan diagram trilinier  $\text{Cl-SO}_4\text{-HCO}_3$ , yaitu diagram klorida–sulfat–bikarbonat yang didasarkan pada komposisi anion utama  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ , dan  $\text{HCO}_3^-$ . Analisis ini dilakukan dengan mengkaji sifat dasar masing-masing unsur dalam fluida panasbumi untuk menentukan tipe dan proses yang memengaruhi fluida tersebut (Fajrin dan Putra, 2021).

Fluida geotermal memiliki komposisi kimia yang beragam, yang pada umumnya merefleksikan kondisi geologi tempat fluida tersebut berada. Variasi kimia ini

terutama dipengaruhi oleh sumber air yang mengisi sistem serta kontribusi komponen volatil yang berasal dari aktivitas magmatik maupun metamorfik. Selain itu, faktor hidrologi juga berperan penting karena dapat memengaruhi proses pencampuran (*mixing*) maupun pendidihan (*boiling*) yang pada akhirnya mengubah komposisi kimia fluida tersebut (Simmons, 1998).

### 3.12.1. Klasifikasi Reservoir Panasbumi Menggunakan Anion $Cl$ , $SO_4$ , $HCO_3$

Klasifikasi air panasbumi. Air panasbumi sering diklasifikasikan berdasarkan komposisi kimia, suhu, dan jenis reservoir. Jenis reservoir meliputi hidrotermal, panasbumi yang ditingkatkan, dan berbagai jenis sistem yang didominasi uap. Analisis hidrokimia dapat mengklasifikasikan air panasbumi lebih lanjut berdasarkan ion dominannya, seperti klorida, bikarbonat, atau sulfat. Skema klasifikasi yang paling berguna untuk fluida panasbumi didasarkan pada komposisinya menggunakan spesies zat terlarut bermuatan negatif (anion, yaitu,  $Cl$ ,  $SO_4$ ,  $HCO_3$ ).



Gambar 8. Diagram Ternary Na-K-Mg (Rukait dkk., 2022).

Tipe fluida dalam sistem panasbumi dapat dibedakan menjadi beberapa jenis, yaitu:

#### a. Air Klorida ( $Cl$ )

Air klorida (*chloride water*) merupakan jenis fluida panasbumi yang umumnya ditemukan pada sistem dengan temperatur tinggi. Mata air panas dengan debit besar dan kandungan  $Cl$  yang tinggi umumnya berasal dari reservoir dalam, serta mengindikasikan adanya zona permeabel pada suatu daerah. Namun, keberadaan

tipe fluida ini tidak selalu tepat berada di atas zona *upflow* utama, karena faktor lain seperti topografi juga dapat memengaruhi sistem hidrologi secara signifikan. Selain itu, air klorida juga dapat menjadi indikator adanya zona permeabilitas tinggi, seperti sesar, breksi erupsi, maupun struktur konduit.

#### b. Air Sulfat ( $\text{SO}_4$ )

Air sulfat, yang juga dikenal sebagai *acid-sulphate water*, merupakan fluida panasbumi yang terbentuk pada kedalaman dangkal akibat proses kondensasi gas-gas panasbumi yang naik mendekati permukaan. Gas dan volatil panasbumi yang berasal dari kedalaman umumnya larut dalam fluida di zona dalam yang terpisah dari sistem air klorida. Tipe air ini biasanya dijumpai di area tepi sistem panasbumi dan tidak jauh dari zona *upflow*. Secara topografi, keberadaannya umumnya berada di atas *water table* dan di sekitar zona pendidihan (*boiling zone*), meskipun sering juga muncul dekat permukaan.

#### c. Air Bikarbonat ( $\text{HCO}_3$ )

Tipe air ini memiliki kandungan  $\text{CO}_2$  yang tinggi dan sering disebut sebagai *neutral bicarbonate-sulphate water*. Fluida ini merupakan hasil kondensasi gas dan uap yang membentuk air bawah tanah dengan kadar oksigen rendah. Air bikarbonat banyak ditemukan pada sistem non-vulkanik dengan temperatur relatif tinggi. pH-nya cenderung mendekati netral akibat interaksi dengan batuan lokal, baik pada reservoir dangkal maupun selama proses migrasi ke permukaan. Dalam proses tersebut terjadi pelepasan proton sehingga menghasilkan fluida dengan pH mendekati netral, dengan bikarbonat dan natrium sebagai komponen dominan. Jenis air ini umumnya bersifat reaktif dan cukup korosif.

### 3.12.2. Menentukan Baik Buruknya Sistem Panasbumi Menggunakan Keseimbangan Ion

Keseimbangan ion adalah upaya pemeriksaan yang dilakukan untuk mengevaluasi kelayakan analisis kimia. Kandungan ion bermuatan positif (kation) seperti  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}_2$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Li}^+$ ,  $\text{Rb}^+$ ,  $\text{Cs}^+$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ . Kandungan ion bermuatan

negatif (anion) seperti  $Cl^-$ ,  $K^+$ ,  $SO_4^-$ ,  $HCO_4^-$ ,  $F^-$ ,  $Br$ . Selain ion netral seperti  $SiO_2$ ,  $NH_2$ ,  $B$ ,  $CO_2$ , dan  $H_2S$ .

Salah satu cara untuk mengetahui seberapa baik analisis kimia adalah dengan memeriksa keseimbangan ion. Dalam kebanyakan larutan, ion dominan adalah  $Na^+$ ,  $K^+$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Cl^-$ ,  $HCO_3^-$ ,  $SO_4^{2-}$ , karena itu,  $mNa^+$ ,  $mK^+$ ,  $2mCa^{2+}$ ,  $2mMg^{2+} = mCl^-$ ,  $mHCO_3^-$ ,  $2mSO_4^{2-}$ .

### 3.12.3. Geotermodinamika Air

Geotermometer merupakan metode yang digunakan untuk memperkirakan temperatur reservoir panasbumi berdasarkan kandungan zat terlarut dalam fluida panasbumi, di mana konsentrasi unsur-unsur tersebut sangat dipengaruhi oleh suhu sistem. Setiap jenis geotermometer memiliki keterbatasan tertentu yang perlu diperhatikan dalam penerapannya agar tidak terjadi kesalahan dalam interpretasi hasil.

### 3.12.4. Geotermodinamika Silika

Pada sebagian besar sistem panasbumi, fluida pada kedalaman umumnya berada dalam kondisi kesetimbangan dengan mineral kuarsa. Pada reservoir dengan temperatur lebih dari  $220^\circ C$ , kuarsa dapat mengalami pengendapan akibat proses pendinginan yang berlangsung secara lambat. Sebaliknya, apabila pendinginan terjadi secara cepat, mineral yang terbentuk atau terendapkan adalah silika amorf. Berdasarkan hasil simulasi hubungan antara kelarutan atau konsentrasi silika terhadap perubahan suhu, temperatur fluida dapat diperkirakan (Simmons, 1998).

### 3.12.5. Geotermodinamika Na-K

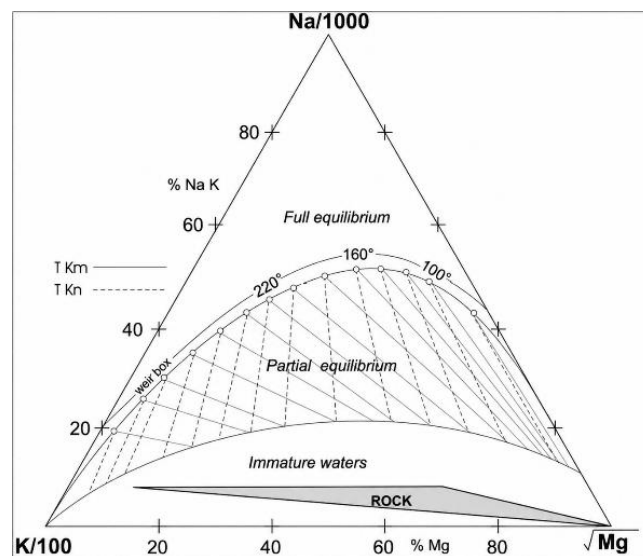
Geotermometer Na-K adalah metode untuk memperkirakan suhu reservoir panasbumi berdasarkan rasio konsentrasi natrium (Na) dan kalium (K) dalam air panas. Geotermometer ini dapat diaplikasikan pada reservoir air klorida dengan suhu  $> 180^\circ C$ .

### 3.12.6. Geotermodinamika K-Mg

Geotermometer K-Mg adalah alat yang digunakan untuk memperkirakan suhu reservoir panasbumi. Geotermometer ini menggunakan rasio kalium (K) dan magnesium (Mg) (Fournier dan Truesdell 1973). Kandungan Na, K, Mg, dan Ca relatif dari air termal dalam kesetimbangan penuh dengan sistem mineral yang stabil secara termodinamika, yang diperoleh melalui rekristalisasi isokimia batuan kerak rata-rata, pada suhu dan salinitas tertentu, didefinisikan secara unik.

### 3.12.7. Geotermodinamika Na-K-Mg

Geoindikator Na-K-Mg (Gambar 9) adalah metode geokimia yang digunakan untuk menganalisis karakteristik fluida panasbumi, termasuk estimasi suhu reservoir.



Gambar 9. Diagram segitiga Na-K-Mg (Rukait dkk., 2022).

Diagram *ternary* Na-K-Mg membantu menentukan jenis fluida dan tingkat kematangannya, serta memperkirakan suhu reservoir. Geoindikator Na-K-Mg sering digunakan untuk memperkirakan suhu reservoir panasbumi, terutama untuk reservoir dengan suhu tinggi (di atas 180°C).

Dalam diagram ternary Na-K-Mg Giggenbach fluida panasbumi terbagi menjadi tiga, yaitu :

- a. *Full equilibrium water*, menunjukkan bahwa fluida telah mencapai kesetimbangan kimia dengan batuan reservoir, sehingga komposisi kimianya dianggap stabil dan mampu menggambarkan kondisi reservoir secara baik. Fluida pada zona ini umumnya memiliki kandungan Mg yang sangat rendah, menandakan minimnya pengaruh pencampuran dengan air permukaan, sehingga hasil estimasi temperatur menggunakan geotermometer kimia dapat dianggap paling representatif. Zona ini biasanya dikaitkan dengan jalur *upflow*, yaitu area naiknya fluida panas langsung dari reservoir.
- b. *Partial equilibrium water*, menunjukkan kondisi dimana fluida telah mengalami kesetimbangan sebagian, tetapi belum sepenuhnya stabil. Hal ini umumnya disebabkan oleh adanya proses pencampuran dengan air dangkal atau pendinginan selama fluida bergerak menuju permukaan. Pada zona ini, kandungan Mg mulai meningkat sehingga menandakan adanya pengaruh eksternal terhadap fluida reservoir. Kondisi seperti ini umumnya ditemukan pada daerah *outflow*, yaitu zona aliran keluar fluida dari sistem panasbumi.
- c. *Immature water*, menggambarkan fluida yang belum mencapai kesetimbangan kimia dengan batuan reservoir atau telah mengalami pencampuran yang signifikan dengan air meteorik. Fluida pada zona ini umumnya memiliki kandungan Mg yang tinggi, yang menunjukkan dominasi pengaruh air permukaan dibandingkan pengaruh reservoir.

## IV. METODOLOGI PENELITIAN

### 4.1. Tempat dan Waktu Penelitian

Waktu dan tempat penelitian ini adalah sebagai berikut.

Waktu : Januari 2026 – Mei 2026

Tempat : Laboratorium Pengolahan dan Pemodelan Data Geofisika (PPDG),  
Jurusan Teknik Geofisika, Universitas Lampung

Alamat : Jl. Brojonegoro No. 1 Gedong Meneng, Rajabasa, Gedong Meneng, Kec.  
Rajabasa, Kota Bandar Lampung, Lampung 35142

### 4.2. Alat dan Bahan

Adapun alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

Tabel 6. Alat dan bahan

| No | Alat dan Bahan                           | Fungsi                                                                                                                                                                                    |
|----|------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1  | Data<br>Gayaberat<br>GGMPlus             | Data yang digunakan dalam pengolahan.                                                                                                                                                     |
| 2  | Data Geologi                             | Referensi peta lokasi penelitian dan peta geologi.                                                                                                                                        |
| 3  | Data DEM                                 | Referensi peta lokasi penelitian diunduh pada website:<br><a href="https://tanahair.indonesia.go.id/portalweb/unduh/demnas">https://tanahair.indonesia.go.id/portalweb/unduh/demnas</a> . |
| 4  | Laptop                                   | <i>Hardware</i> pengolahan data dan penyusunan laporan skripsi.                                                                                                                           |
| 5  | <i>Software</i><br>Global<br>Mapper 26.1 | <i>Software</i> yang digunakan untuk mengambil data local dan data regional.                                                                                                              |

|    |                                            |                                                                                                                                                            |
|----|--------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 6  | <i>Software</i><br>ArcGIS 10.8             | <i>Software</i> untuk pembuatan peta penelitian.                                                                                                           |
| 7  | <i>Software</i><br>Geosoft Oasis<br>Montaj | <i>Software</i> yang digunakan untuk melakukan koreksi medan serta melakukan pengolahan data mulai dari <i>grid</i> data sampai <i>forward modelling</i> . |
| 8  | <i>Software</i><br>Surfer                  | <i>Software</i> yang digunakan untuk mengolah data gayaberat yaitu membuat peta untuk melakukan Analisis Spektrum.                                         |
| 9  | <i>Software</i><br>Numeri                  | <i>Software</i> yang digunakan untuk analisis spektrum.                                                                                                    |
| 10 | <i>Microsoft</i><br><i>Excel</i>           | <i>Software</i> yang digunakan untuk melakukan pengolahan data gayaberat, menghitung nilai Ln A dan k dari hasil analisis spektrum pada Numeri.            |
| 11 | <i>Software</i><br>Grav3D                  | <i>Software</i> yang digunakan untuk membuat model 3D.                                                                                                     |

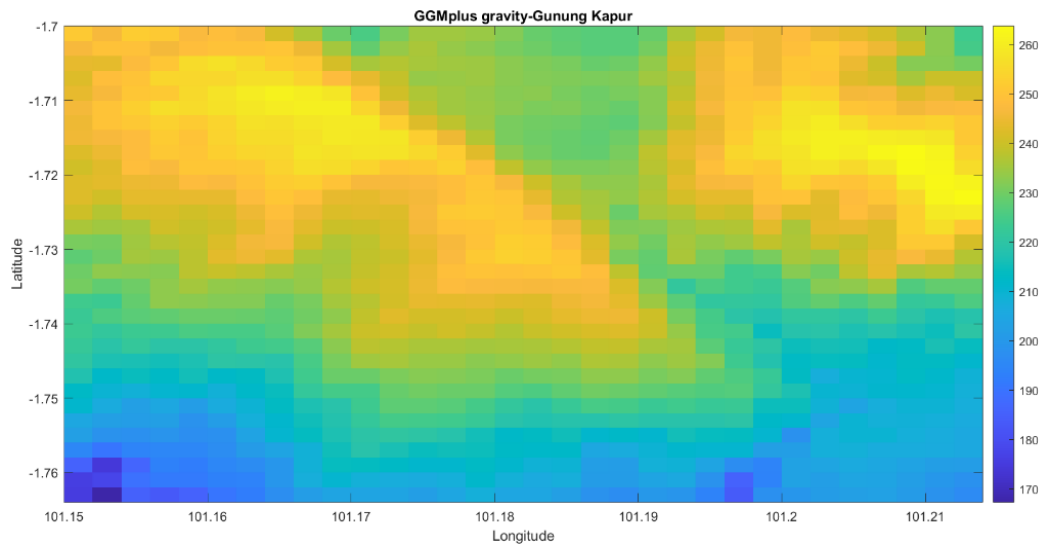
---

### 4.3. Prosedur Penelitian

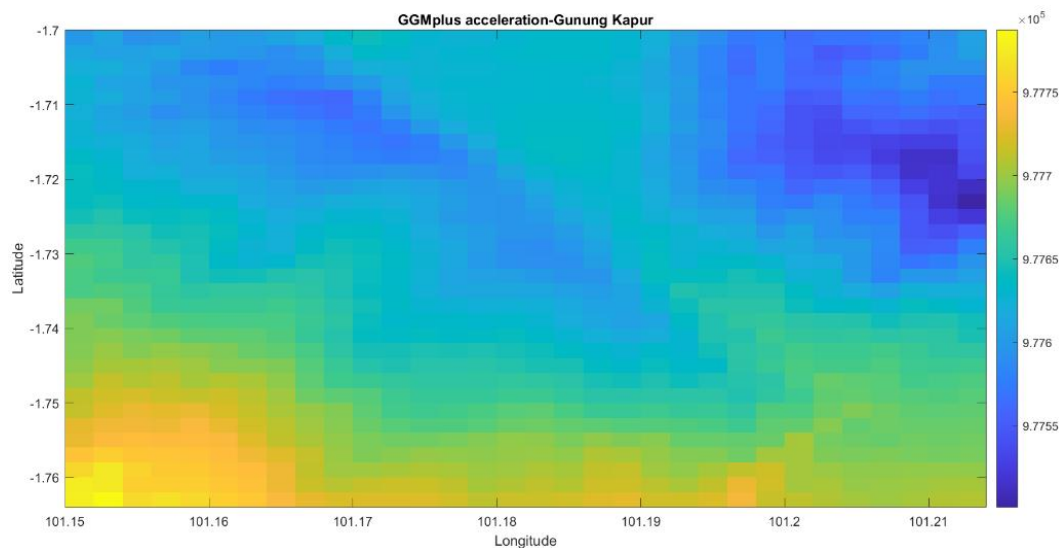
Adapun prosedur penelitian yang dilakukan pada Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

#### 4.3.1. Pengumpulan Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini terdiri atas data gravitasi satelit GGMplus, data DEM, serta peta geologi regional yang mencakup wilayah Gunung Kapur, Jambi. Data DEM berperan penting sebagai informasi topografi dan digunakan dalam proses koreksi medan untuk memperhitungkan pengaruh relief permukaan terhadap nilai anomali gravitasi. Data gayaberat GGMplus diunduh berdasarkan koordinat geografis wilayah penelitian dalam format .ga dengan kode S05E100.ga, yang mencakup Lintang Selatan  $-5^{\circ}$  hingga  $0^{\circ}$  dan Bujur Timur  $100^{\circ}$  hingga  $105^{\circ}$ . Data tersebut kemudian diekstraksi menggunakan Matlab R2023a. Data DEM dengan kode S05E100.dem juga diunduh dan diproses dengan cara serupa untuk memperoleh nilai distribusi yang diperlukan. Hasil ekstraksi berupa nilai distribusi *gravity acceleration* ditampilkan pada Gambar 10 dan hasil ekstraksi data DEM ditampilkan pada Gambar 11.



Gambar 10. Hasil ekstraksi data *Gravity Acceleration* GGMPLUS.



Gambar 11. Hasil ekstraksi elevasi GGMPLUS.

#### 4.3.2. Koreksi Bouguer

Koreksi Bouguer merupakan penyesuaian yang memperhitungkan pengaruh gravitasi dari lapisan massa batuan yang berada di antara titik observasi dan permukaan air laut. Untuk melakukan perhitungannya, kita membuat asumsi bahwa titik pengukuran berlokasi pada suatu bidang datar yang sangat luas, dengan ketebalan  $h$  meter serta densitas batuan yang spesifik ( $\rho$ ). Proses koreksi Bouguer dilakukan dengan menggunakan *Microsoft Excel*. Angka rapat massa ( $\rho$ ) yang diterapkan diperoleh dari perhitungan menggunakan metode parsnis, sehingga mendapatkan nilai 1,9 gr/cc dan nilai  $h$  diperoleh dari data elevasi yang tersedia

pada data DEM. Kegunaan utama Koreksi Bouguer adalah untuk memperoleh nilai Anomali Bouguer Sederhana (ABS). Nilai ABS ini didapat melalui kalkulasi dengan mengurangi nilai Anomali Udara Bebas (FAA) dengan nilai Koreksi Bouguer (BC).

#### 4.3.3. Estimasi Densitas Batuan Rata-rata

Densitas batuan adalah parameter fisis penting dalam metode gayaberat, dan nilai densitas rata-rata area studi diperlukan untuk menghitung anomali Bouguer. Estimasi densitas rata-rata dalam riset ini menggunakan metode Parasnis. Prosesnya grafik dibuat pada *Excel* dengan FAA di sumbu Y dan BC di sumbu X. Setelah ditarik garis regresi melalui titik nol, kemiringan garis akan mendekati nilai densitas ( $\rho$ ). Dari sini, diperoleh nilai Anomali Bouguer Sederhana (ABS).

#### 4.3.4. Koreksi Medan

Koreksi medan dilakukan untuk menghilangkan dampak dari perbedaan ketinggian yang ada di area penelitian. Perbedaan bentuk permukaan ini memengaruhi hasil pengukuran gayaberat melalui penambahan atau pengurangan gaya tarik massa batuan. Sebagai contoh, keberadaan lembah dapat menurunkan nilai percepatan gravitasi, sedangkan bukit akan meningkatkan nilainya. Koreksi medan dihitung berdasarkan data koordinat dan elevasi dari DEM menggunakan *software* Global Mapper 20.

#### 4.3.5. Anomali Bouguer Lengkap

Setelah menyelesaikan serangkaian perhitungan koreksi gayaberat, kita akan memperoleh nilai Anomali Bouguer Lengkap. Nilai ini didapat melalui penjumlahan Anomali Bouguer Sederhana (ABS) dengan koreksi medan (*terrain correction*). Data yang telah lengkap ini kemudian diproses lebih lanjut menggunakan teknik *gridding* dalam *software* Surfer untuk menghasilkan kontur Anomali Bouguer Lengkap. Selanjutnya, analisis *Radially Average Power Spectrum* (RAPS) digunakan untuk mengestimasi kedalaman sumber anomali bawah permukaan. Metode ini dilakukan dengan menganalisis hubungan antara nilai  $\ln A$  terhadap bilangan gelombang  $k$  pada grafik spektrum. Estimasi kedalaman

sumber anomali kemudian ditentukan berdasarkan kemiringan (*slope*) dari kurva yang dihasilkan.

Dari hasil analisis tersebut diperoleh grafik hubungan antara  $\ln A$  dan  $k$ , yang selanjutnya digunakan untuk menentukan kedalaman anomali regional maupun residual melalui persamaan garis tren berbentuk ( $y = ax + b$ ). Dalam hal ini, nilai ( $a$ ) merepresentasikan kemiringan garis yang berhubungan dengan estimasi kedalaman anomali, baik regional maupun residual, yang diperoleh dari masing-masing garis *trend*.

#### 4.3.6. Pemisahan Anomali Regional dan Residual

Anomali Bouguer pada metode gayaberat muncul akibat adanya variasi densitas batuan, baik yang berasal dari sumber dangkal maupun dari kedalaman yang lebih besar. Pengaruh dari struktur batuan dangkal dikenal sebagai anomali residual, sedangkan pengaruh dari struktur yang lebih dalam disebut sebagai anomali regional. Pemisahan anomali regional dan residual dilakukan dengan bantuan perangkat lunak Microsoft Excel dan Numeri. Tahapan ini diawali dengan analisis spektrum terhadap data *Complete Bouguer Anomaly* (CBA) untuk memperkirakan kedalaman sumber anomali sekaligus menentukan ukuran jendela (*window*) yang sesuai. Penentuan zona *cut-off* pada spektrum didasarkan pada perubahan kemiringan kurva yang paling signifikan, yang menunjukkan batas antara komponen anomali regional dan residual. Nilai lebar jendela yang diperoleh dari hasil analisis spektrum tersebut kemudian digunakan dalam penerapan filter *moving average* untuk proses pemisahan anomali. Besarnya lebar jendela berpengaruh terhadap hasil pemisahan, di mana jendela yang lebih besar menghasilkan anomali regional yang lebih halus, sedangkan jendela yang lebih kecil mampu mempertahankan detail anomali lokal. Anomali regional diperoleh dengan menghitung nilai rata-rata CBA di sekitar setiap titik pengukuran, kemudian anomali residual ditentukan melalui pengurangan nilai anomali regional dari nilai CBA.

#### 4.4. Analisis Derivatif

Analisis turunan (*derivative*) dalam studi ini dilaksanakan dengan menggunakan metode *First Horizontal Derivative* (FHD) dan *Second Vertical Derivative* (SVD) untuk mendapatkan data mengenai batas-batas jenis struktur yang ada di bawah permukaan. Dari hasil analisis FHD diperoleh grafik serta peta anomali FHD yang digunakan untuk mengidentifikasi batas-batas struktur sekunder di bawah permukaan berdasarkan distribusi nilai anomalnya. Sementara itu, analisis SVD menghasilkan grafik dan peta anomali SVD yang dimanfaatkan untuk menginterpretasikan keberadaan struktur sekunder bawah permukaan melalui pola anomali yang terbentuk.

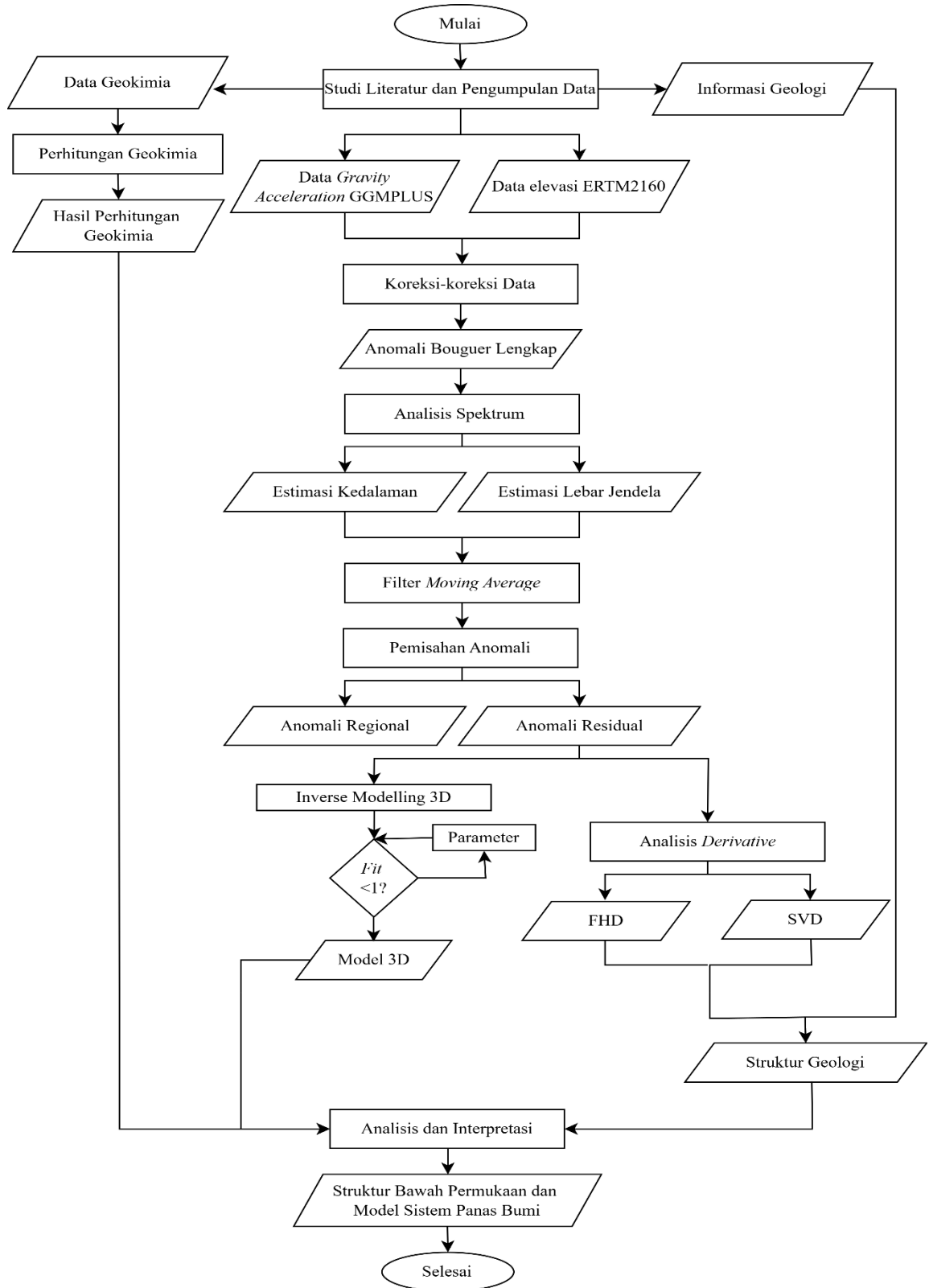
#### 4.5. Pemodelan Bawah Permukaan

Pemodelan bawah permukaan dalam penelitian ini dilakukan menggunakan pendekatan *inverse modelling* tiga dimensi (3D) untuk menggambarkan distribusi densitas berdasarkan data gayabarat. Proses pemodelan 3D ini dilakukan dengan bantuan perangkat lunak Grav3D menggunakan pendekatan *block model* yang disesuaikan dengan sebaran titik pengukuran di lapangan. Setiap blok dimodelkan menggunakan parameter awal berupa nilai densitas serta toleransi kesalahan yang ditentukan oleh penulis. Pendekatan ini bertujuan untuk meminimalkan ketidakpastian data sehingga hasil pemodelan lebih mendekati kondisi geologi yang sebenarnya. Hasil pemodelan 3D tersebut kemudian dapat divisualisasikan dan dianalisis lebih lanjut menggunakan *software* Surfer.



#### 4.7. Diagram Alir Penelitian

Diagram alir pada penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 12 berikut.



Gambar 12. Diagram alir penelitian.

## VI. KESIMPULAN DAN SARAN

### 6.1. Kesimpulan

Berdasarkan pengolahan data dan interpretasi yang telah dilakukan pada daerah penelitian, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Berdasarkan analisis derivatif dan pemodelan 3D menunjukkan adanya indikasi patahan atau sesar. Pada *line* A-A' terdapat indikasi 2 patahan naik dan 1 patahan turun, sedangkan *line* B-B' terdapat 3 patahan naik dan 1 patahan turun serta pada *line* C-C' terdapat indikasi patahan naik 2 dan juga patahan turun 2. Hasil interpretasi dari data gayaberasat menunjukkan adanya faktor pendukung terjadinya sistem panasbumi di daerah Gunung Kapur yaitu sumber panas (*heatsource*), batuan penudung (*caprock*), reservoir dan juga daerah resapan (*recharge area*).
2. Hasil analisis geokimia terdapat 3 sampel yang dapat dinyatakan baik atau layak yaitu sampel APSM, APS1 dan APS2, sedangkan sampel yang tidak baik atau tidak layak yaitu sampel APIM dan ADK. Diagram segitiga  $Cl - SO_4 - HCO_3$  menunjukkan zona prospek panasbumi dengan jenis reservoir dominan klorida dari sampel APSM dan APS1. Pada diagram segitiga Na-K-Mg didapatkan suhu reservoir sedang yaitu sekitar 190°C hingga 210°C.
3. Dari hasil pembuatan model sistem panasbumi Gunung Kapur, diperkirakan sistem panasbumi berasal dari aktivitas Gunung Kerinci dan juga kemungkinan berasal dari Gunung Patah Sembilan. Sebaran area prospek panasbumi Gunung Kapur terdapat di sekitar pemunculan manifestasi belerang mati atau alterasi.

## 6.2. Saran

Berdasarkan hasil penelitian, disarankan untuk melakukan menggunakan metode geofisika seperti Magnetotellurik untuk menggambarkan keberadaan *caprock* serta sistem panasbumi lebih mendetail pada daerah Gunung Kapur.

## DAFTAR PUSTAKA

- Barber, A. J., Crow, M. J., dan Milsom, J. (2005). *Sumatra: Geology, Resources and Tectonic Evolution*. London: Geological Society of London Press.
- Bemmellen, V. (1949). *Chemistry Geothermal System*, Press, Inc. Orlando.
- Blakely, R. J. (1996). *Potential Theory in Gravity and Magnetic Applications*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Bosy, R. S. (2016). *Analisis Gravitasi Untuk Menentukan Struktur Geologi Dan Analisis Petroleum System Cekungan Barito, Daerah Tanjung Area, Kalimantan Selatan*. Tesis. Universitas Trisakti.
- Brotopuspito, K. S. (2001). *Teori Dan Aplikasi Metode Gravitasi*. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.
- Cordell, L., dan Grauch, V. J. S. (1982). Reconciliation of the Discrete and Integral Fourier Transforms. *Geophysics*, 47(2), 237-243.  
<https://doi.org/10.1190/1.1441330>
- Dickson, M. H., dan Fanelli, M. (2013). *Geothermal Energi*. Routledge.
- Djudjun, A. (2005). *Penyelidikan Gayabarat Daerah Panasbumi Sipoholon Tarutung Kabupaten Tapanuli Utara Provinsi Sumatera Utara. Pemaparan Hasil Kegiatan Lapangan Subdit Panasbumi*. Bandung: Pusat Sumber Daya Geologi.
- Fajrin, M. dan Putra, A. (2021). Karakteristik Fluida Mata Air Panas di Kabupaten Tanah Datar. *Jurnal Fisika Unand*, 10(2), 212–218.  
<https://doi.org/10.25077/jfu.10.2.212-218.2021>

- Giggenbach, W. F., Gonfiantini, R., Jangi, B. L., dan Truesdell, A.H. (1983). Isotope and Chemical composition of geothermal discharges, Northwest Himalaya, India: *Geothermics* v. 12: 199-222.
- Giggenbach, W.F. (1988). Geothermal Solute Equilibria Derivation of Na-K-Mg-Ca Geoindicators. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 52, 2749–2765.
- Grandis, H. (2009). *Pengantar pemodelan inversi geofisika*. Bandung: Himpunan Ahli Geofisika Indonesia (HAGI).
- Hamilton W.B. (1979). *Tectonic of the Indonesian Region*. Washington D.C: U.S Geological Survei Press.
- Hinze, W. J., Von Frese, R. R. B., dan Saad, A. H. (2013). *Gravity and Magnetic Exploration: Principles, Practices, and Applications*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Hinze, W.J., Von Frese, R.R.B., dan Saad, A.H. (2012). *Gravity and Magnetic Exploration*. Cambridge: Cambridge University Press.  
<https://doi.org/10.1017/cbo9780511843129>
- Hirt, C., Claessens, S., Fecher, T., Kuhn, M., Pail, R., dan Rexer, M. (2013). New Ultrahigh-Resolution Picture of Earth's Gravity Field. *Geophysical research letters*, 40(16), 4279-4283. <https://doi.org/10.1002/grl.50838>
- Kadir, W. G. A. (2000). *Eksplorasi Gayaberat dan Magnetik*. Jurusan Teknik Geofisika, Fakultas Ilmu Kebumihan dan Teknologi Mineral, Institut Teknologi Bandung.
- Keam, R. F., Luketina, K. M., dan Pipe, L. Z. (2005). Definition And Listing of Significant Geothermal Feature Types in the Waikato Region. *Proceedings World Geothermal Congress Antalya* , 24-29.
- Natawidjaja, D. H. (2018). Updating Active Fault Maps and Sliprates Along The Sumatran Fault Zone, Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 118, 012001(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/118/1/012001>
- Nicholson, K. (1993). *Geothermal Fluids*. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag.
- Octonovrilna, L., dan Pudja, I. P. (2009). Analisa Perbandingan Anomali Gravitasi dengan Persebaran Intrusi Air Asin (Studi kasus Jakarta 2006-2007). *Jurnal Meteorologi dan Geofisika*, 10(1). <https://doi.org/10.31172/jmg.v10i1.32>

- Putra, N. S., Arman, Y., dan Zulfian, Z. (2021). Identifikasi Struktur Bawah Permukaan Daerah Potensi Panasbumi Pada Lembar Kota Agung Menggunakan Data Global Gravity Model Plus (GGMplus). *Prisma 40 Fisika*, 9(2), 183-189.
- Reynolds J. M. (1997). *An Introduction to Applied and Environmental Geophysics*. New York: John Wiley dan Sons, Inc.
- Rezky, Y., Andri E. A. W., Anna Y. (2021). Penyelidikan Terpadu Geologi dan Geokimia Daerah Panasbumi G. Kapur Kabupaten Kerinci Provinsi Jambi. *Prosiding Hasil Kegiatan Pusat Sumber Daya Geologi*.
- Rosid, S. (2005). *Gravity Method in Exploration Geophysics*. Depok: Universitas Indonesia.
- Saptadji, N.M. (2009). *Teknik Panasbumi*. Bandung: ITB Press.
- Sarkowi, M. (2007). *Gayaberat Mikro Antar Waktu Untuk Analisa Perubahan Kedalaman Muka Air Tanah (Studi Kasus Dataran Aluvial Semarang)*. Disertasi. ITB Bandung.
- Sarkowi, M. (2014). *Eksplorasi Gayaberat*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Serway, R. A., dan Jewett, J. W. (2009). *Fisika Untuk Sains dan Teknik*. Jakarta: Salemba Teknika.
- Setiadi, I., Diyanti, A., dan Ardi, N. D. (2014). Interpretasi Struktur Geologi Bawah Permukaan Daerah Leuwidamar Berdasarkan Analisis Spektral Data Gayaberat. *Jurnal Geologi dan Sumberdaya Mineral*, 15(4), 205-214.
- Setiadi, I., Setyanta, B., dan Widiyono, B. S. (2018). Delineasi Cekungan Sedimen Sumatra Selatan Berdasarkan Analisis Data Gayaberat. *Jurnal Geologi dan Sumberdaya Mineral*, 20(2), 93-106.
- Shancharlo dkk. (2020). Kontrol Keberadaan Manifestasi Air Panas di Utara-Baratlaut Danau Kerinci, Jambi: Hasil Studi Pendahuluan. *Jurnal Teknik Kebumihan*, 5(2), 19–23.
- Sihombing, R. B., dan Rustadi, R. (2018). Pemodelan dan Analisa Struktur Bawah Permukaan Daerah Prospek Panasbumi Kepahiang Berdasarkan Metode Gayaberat. *JGE (Jurnal Geofisika Eksplorasi)* 4(2), 159-172. <https://doi.org/10.23960/jge.v4i2.14>,

- Simmons, S. F. (1998). *Geochemistry Lecture Notes 1998*. Wellington: University of Auckland New Zealand.
- Suharno. (2012). *Sistem Panasbumi*. Lampung: Universitas Lampung.
- Suharno, S. (2015). Geothermal System Identification Based on Analysis of Ion Balance Cl-So<sub>4</sub>-Hco<sub>3</sub> and Na-K-Mg Chart Analysis. *Proceedings Indonesia International Geothermal Convention dan Exhibition 2015 Jakarta Convention Center, Indonesia–August 19th–21st, 2015*.
- Suharno, Ronald B. A., Zaenudin, A., dan Rustadi (2012). Sistem Panasbumi Cisarua Natar lampung Selatan. *Proceedings The 12<sup>TH</sup> Annual Indonesian Geothermal Association Meeting and Conference*.
- Suprianto, A., Supriyadi, Priyantari, N., dan Cahyono, B. E. (2021). Correlation Between GGMplus, Topex and BGI Gravity Data in Volcanic Areas of Java Island. *Journal of Physics: Conference Series*, 1825(1), <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1825/1/012023>
- Susilawati. (2005). *Pemodelan Metode Gayaberat*. Depok: Universitas Indonesia.
- Syamsuriadi. (2013). *Penentuan Struktur Bawah Permukaan Kota Makassar dengan Menggunakan Metode Gayaberat (Gravity)*. Skripsi. Universitas Hasanudin.
- Telford, W.M., Geldart, L.P. dan Sheriff, R.E. (1990). *Applied Geophysics Second Edition*. Cambridge: Cambridge University Press.