

**IDENTIFIKASI *RESERVOIR* DAN *HEATSOURCE* PANAS
BUMI SEKINCAU BERDASARKAN ANALISIS DAN
PEMODELAN DATA GAYABERAT**

(Skripsi)

Oleh
Shabra Panska Shatila
2215051001



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2026**

**IDENTIFIKASI *RESERVOIR* DAN *HEATSOURCE* PANAS
BUMI SEKINCAU BERDASARKAN ANALISIS DAN
PEMODELAN DATA GAYABERAT**

Oleh

Shabra Panska Shatila

Skripsi

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

Pada

**Jurusan Teknik Geofisika
Fakultas Teknik Universitas Lampung**



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2026**

ABSTRAK

IDENTIFIKASI *RESERVOIR* DAN *HEATSOURCE* PANAS BUMI SEKINCAU BERDASARKAN ANALISIS DAN PEMODELAN DATA GAYABERAT

Oleh

Shabra Panska Shatila

Daerah panas bumi Sekincau merupakan salah satu kawasan prospek panas bumi yang dicirikan oleh keberadaan manifestasi permukaan berupa mata air panas dan aktivitas vulkanik. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi struktur geologi bawah permukaan, serta menentukan keberadaan *reservoir* dan *heatsource* sistem panas bumi Sekincau menggunakan analisis dan pemodelan data gayaberat. Metode yang digunakan meliputi analisis *First Horizontal Derivative* (FHD) dan *Second Vertical Derivative* (SVD) untuk indikasi struktur sesar, serta pemodelan inversi 3D untuk memperoleh model distribusi densitas bawah permukaan hingga kedalaman 2000 meter. Hasil analisis derivative menunjukkan terdapat dua sesar utama berarah barat–timur yang berasosiasi dengan struktur kaldera, serta beberapa sesar prediksi berarah barat laut–tenggara yang tersebar di sekitar daerah penelitian. Sesar-sesar tersebut berkorelasi dengan keberadaan mata air panas dan gunung api, mengindikasikan peran sesar sebagai jalur permeabilitas fluida panas bumi menuju permukaan. Model distribusi densitas 3D menunjukkan nilai densitas berkisar antara 2,0 gr/cc hingga 2,9 gr/cc. Zona *reservoir* diidentifikasi berada di bawah dan di sekitar manifestasi serta puncak Gunung Sekincau dengan nilai densitas rendah berkisar antara 1,9 gr/cc hingga 2,2 gr/cc. Adapun *heatsource* diindikasikan berada di bagian tengah daerah penelitian yang meliputi zona manifestasi dan puncak Gunung Sekincau, dengan perkiraan kedalaman lebih dari 3 km berdasarkan analisis anomali regional.

Kata kunci: panas bumi Sekincau, gayaberat, FHD, SVD, inversi 3D, *reservoir*, *heatsource*, distribusi densitas

ABSTRACT

IDENTIFICATION OF GEOTHERMAL RESERVOIR AND HEAT SOURCE IN SEKINCAU BASED ON GRAVITY DATA ANALYSIS AND MODELING

By

Shabra Panska Shatila

The Sekincau geothermal area is one of the prospective geothermal regions characterized by the presence of surface manifestations in the form of hot springs and volcanic activity. This study aims to identify subsurface geological structures, as well as to determine the existence of reservoir and heat source of the Sekincau geothermal system using analysis and modeling of gravity data. The methods used include First Horizontal Derivative (FHD) and Second Vertical Derivative (SVD) analysis for fault structure indication, as well as 3D inversion modeling to obtain a subsurface density distribution model down to a depth of 2000 meters. The results of derivative analysis indicate two main faults trending west–east associated with a caldera structure, as well as several predicted faults trending northwest–southeast distributed around the study area. These faults correlate with the presence of hot springs and volcanoes, indicating the role of faults as permeability pathways for geothermal fluid to the surface. The 3D density distribution model shows density values ranging from 2.0 g/cc to 2.9 g/cc. The reservoir zone is identified to be located below and around the manifestations and the peak of Mount Sekincau with low density values ranging from 1.9 g/cc to 2.2 g/cc. The heat source is indicated to be located in the central part of the study area encompassing the manifestation zone and the peak of Mount Sekincau, with an estimated depth of more than 3 km based on regional anomaly analysis.

Keywords: *Sekincau geothermal, gravity, FHD, SVD, 3D inversion, reservoir, heat source, density distribution*

Judul Skripsi

**Identifikasi Reservoir Dan Heatsource Panas
Bumi Sekincau Berdasarkan Analisis Dan
Pemodelan Data Gayaberat**

Nama Mahasiswa

Shabra Panska Shatila

Nomor Pokok Mahasiswa

2215051001

Program Studi

Teknik Geofisika

Fakultas

Teknik

MENYETUJUI,

1. Komisi pembimbing

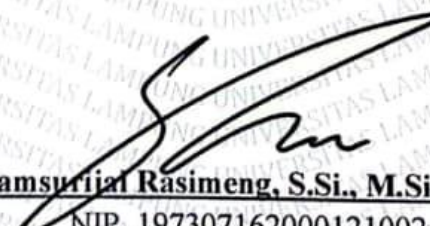
Dosen Pembimbing 1

Dosen Pembimbing 2


Prof. Dr. Ir. Muh Sarkowi, S.Si.,
M.Si., IPU.
NIP. 197112101997021001


Dr. Alimuddin Muchtar, S.Si., M.Si.,
C.EIA.
NIP. 197206262000121001

2. Ketua Jurusan Teknik Geofisika


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

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

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

Sekretaris : **Dr. Alimuddin Muchtar, S.Si., M.Si., C.EIA.**

Anggota : **I Gede Boy Darmawan, S.Si., M.Eng.**

2. Dekan Fakultas Teknik


Dr. Ahmad Herison, S.T., M.T.
NIP. 196910302000031001

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 03 Juni 2026

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi yang berjudul ” **Identifikasi *Reservoir* Dan *Heatsource* Panas Bumi Sekincau Berdasarkan Analisis Dan Pemodelan Data Gayaberat** ” merupakan hasil karya saya sendiri dan bukan merupakan karya dari orang lain, sebagai syarat untuk memperoleh gelar sarjana. Adapun bagian kutipan di dalam skripsi ini merupakan karya orang lain yang telah ditulis sesuai dengan kaidah dan etika penulisan sebagaimana yang telah dicantumkan dalam daftar pustaka dan sesuai aturan yang berlaku.

Apabila pernyataan ini tidak benar seperti yang disampaikan, saya bersedia dikenakan sanksi sesuai dengan aturan yang berlaku.

Bandar Lampung, 3 Juni 2026



Shabra Panska Shatila
NPM. 2215051001

RIWAYAT HIDUP



Penulis memiliki nama lengkap Shabra Panska Shatila, lahir di Kota Padang Panjang, 26 November 2003 yang merupakan anak kedua dari tiga bersaudara dari pasangan Almarhum Bapak Arwilia dan Ibu Syafitri. Riwayat pendidikan formal penulis di mulai dari Taman Kanak-Kanak (TK) yaitu TK Diniyyah Putri Kota Padang Panjang pada tahun 2008 hingga 2010.

Pendidikan Sekolah Dasar (SD) di SDN 07 Silaing Atas, Kota Padang Panjang pada tahun 2010 hingga 2016. Pendidikan selanjutnya di Madrasah Tsanawiyah Negeri (MTsN) Kota Padang Panjang dari tahun 2016 hingga 2019, dan Pendidikan Sekolah Menengah Atas (SMA) di SMAN 02 Padang Panjang dari tahun 2019 hingga 2022.

Pada tahun 2022, Penulis terdaftar sebagai mahasiswa Jurusan Teknik Geofisika Fakultas Teknik Universitas Lampung melalui jalur SNMPTN. Pada tahun 2025 penulis melaksanakan Kerja Praktik (KP) di Stasiun Geofisika Kelas II Bandung (BMKG) dengan judul ” **PERBANDINGAN MAGNITUDO LOKAL GEMPABUMI DENGAN JARINGAN SENSOR CWASN DAN TSMIP (STUDI KASUS: GEMPABUMI TAIWAN 2021-094)** ”. Selama berkuliah di Jurusan Teknik Geofisika Penulis aktif di organisasi Himpunan Mahasiswa Teknik Geofisika Bhuwana (Hima TG Bhuwana) Universitas Lampung sebagai anggota Biro Dana dan Usaha pada tahun 2024. Pada Himpunan Ahli Geofisika Indonesia (HAGI) menjadi anggota field trip pada tahun 2023, Askoor danus pada *Geophysis Academic and Event* (GEAVENT) dan anggota danus pada Seminar Nasional

Geophysict Whiz Event and Seminar (GWES) Unila pada tahun 2024. Pada tahun 2024 mengikuti lomba kompetisi karya ilmiah (K2TI) yang diadakan oleh Institut Teknologi Bandung (ITB) dan menerbitkan jurnal yang berjudul ” **ANALISIS PENGARUH CURAH HUJAN TERHADAP RATA-RATA SUHU, KECEPATAN ANGIN, DAN KELEMBAPAN DI KOTA BANDAR LAMPUNG** ”.

Pada akhir masa studi penulis melakukan penelitian Tugas Akhir untuk memperoleh gelar sarjana teknik dengan judul ” **IDENTIFIKASI *RESERVOIR* DAN *HEATSOURCE* PANAS BUMI SEKINCAU BERDASARKAN ANALISIS DAN PEMODELAN DATA GAYABERAT** ”.

PERSEMBAHAN

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kehadiran Allah Subhana Wa Ta'ala, Tuhan Yang Maha Esa, segala rahmat, hidayah, kekuatan dan kesabaran dalam menghadapi rintangan dan tantangan yang telah diberikan sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik. Skripsi ini penulis persembahkan untuk :

PAPA DAN MAMA TERCINTA

Semua ketulusan, kesabaran, dan kasih sayang tak terhitung dan telah membimbing penulis. Setiap doa yang tiada henti dipanjatkan, setiap nasihat yang diberikan, dan setiap pengorbanan yang mengiringi langkah penulis sejak masa kecil hingga saat ini.

DIRI SAYA SENDIRI

Terimakasih diri sendiri yang tetap melangkah meski sering takut, ragu, lelah, dan ingin menyerah. Skripsi ini mungkin tidak sempurna tapi proses ini menjadi pengalaman penuh makna dan pembelajaran pribadi yang mendalam.

ABANGKU TERSAYANG

Terimakasih untuk segala doa, kasih sayang, perhatian, dukungan dalam bentuk moral dan materi, dan berperan banyak dalam segala keputusan yang penulis ambil. Yang selalu menjadi teman diskusi terbaik dalam berbagai hal.

ADIKKU TERSAYANG

Thanks for being one of my biggest motivation and support system for make a better life. Selalu menjadi alasan penulis untuk terus maju dan tidak pernah menyerah dalam segala hal yang dihadapi.

Keluarga Besar Teknik Geofisika Universitas Lampung

Semua pihak yang terlibat dalam proses pembuatan dan penyusunan skripsi ini, penulis mengucapkan terimakasih yang sebanyak-banyaknya.

MOTTO

Allah memang tidak menjanjikan hidupmu akan selalu mudah, tapi dua kali Allah berjanji bahwa "*Fa inna ma 'al – 'isri yusra, Inna ma 'al – 'usri yusra*"
"setiap kesulitan pasti ada kemudahan"

(QS. Al-Insyirah 94: 5-6)

"Aku membahayakan nyawa ibuku untuk lahir ke dunia, jadi tidak mungkin aku tidak ada artinya, dan aku membuat ayahku bekerja setiap hari hingga lelah, jadi aku pastikan lelahnya tidak sia-sia"

(Penulis)

It's fine to fake it till you make it, until you do, until it's true.

(Taylor Swift)

"Sebutkanlah nama-Nya, Tetap di jalan-Nya. kelak kau mengingat, kau kan teringat, terus berenang lanjutlah mendaki."

(33x - Perunggu)

KATA PENGANTAR

Puji Syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah SWT, karena berkat rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan Skripsi yang berjudul ” **IDENTIFIKASI RESERVOIR DAN HEATSOURCE PANAS BUMI SEKINCAU BERDASARKAN ANALISIS DAN PEMODELAN DATA GAYABERAT** ”. Adapun maksud dan tujuan dari penulisan Skripsi ini adalah untuk memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar sarjana teknik pada Jurusan Teknik Geofisika, Fakultas Teknik Universitas Lampung. Selama penulisan Skripsi ini banyak sekali terdapat hambatan yang dialami. Namun berkat adanya bantuan, serta bimbingan dari berbagai pihak, hingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik. Penulis menyadari bahwa tidak menutup kemungkinan Skripsi ini terdapat kekurangan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun demi kesempurnaan Skripsi ini. Semoga Skripsi ini dapat berguna dan bermanfaat bagi penulis khususnya dan bagi para pembaca pada umumnya, serta bagi perkembangan ilmu pengetahuan.

Bandar Lampung, Juni 2026

Penulis

Shabra Panska Shatila
NPM. 2215051001

SANWACANA

Puji syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah Subhanahu Wa Ta'ala, yang telah melimpahkan nikmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan baik. Shalawat dan salam selalu tercurahkan kepada suri tauladan Rasulullah Muhammad Shallallahu 'Alaihi Wassala beserta sahabat sahabatnya, dan semoga kita selaku umatnya mendapatkan syafaatnya di hari akhir kelak.

Adapun dalam penyelesaian skripsi terdapat banyak pihak yang terlibat, pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan rasa terimakasih 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 Dr. Alimuddin Muchtar, S.Si., M.Si., C.EIA. selaku Sekretaris Jurusan Teknik Geofisika Universitas Lampung.
4. Bapak Prof. Dr. Ir. Muh Sarkowi, S.Si., M.Si., IPU. selaku Dosen Pembimbing I Tugas Akhir yang telah sabar membimbing, mengarahkan, kritik dan saran selama proses penyusunan skripsi serta menjadi sosok yang sangat penting dalam perjalanan saat penulis berkuliah.
5. Bapak Dr. Alimuddin Muchtar, S.Si., M.Si., C.EIA. selaku Dosen Pembimbing II Tugas Akhir yang telah memberikan banyak ilmu, saran, masukan dan dukungan kepada penulis.
6. Bapak I Gede Boy Darmawan, S.Si., M.Eng. selaku Dosen Penguji Tugas Akhir yang telah memberikan saran, dan evaluasi penyusunan skripsi.
7. Seluruh dosen dan civitas Jurusan Teknik Geofisika Universitas Lampung,

terimakasih atas ilmu dan pengalaman yang telah diberikan kepada penulis selama masa perkuliahan

8. Kepada orang tua tercinta, Almarhum Papa yang menjadi cinta pertama dan panutanku walaupun tidak sempat melihat penulis menyelesaikan studi, Mama tercinta yang mejadi pintu surgaku yang harus sehat selalu agar bisa selalu ada diperjuangan dan pencapaian hidup penulis kedepannya. Terimakasih atas ketulusan, kesabaran, dan kasih sayang tak terhitung dan telah membimbing penulis sejak masa kecil hingga saat ini. Terima kasih atas setiap doa yang tiada henti dipanjatkan, setiap nasihat yang diberikan, dan setiap pengorbanan yang mengiringi langkah penulis hingga mampu menyelesaikan skripsi dan meraih gelar sarjana. Terima kasih pula atas cintanya yang tidak pernah berkurang dan dukungan yang tidak pernah berhenti menguatkan penulis sepanjang perjalanan pendidikan ini. Semoga Allah SWT membalas kebaikan dan ketulusan dengan keberkahan dan kesehatan sepanjang usia. Aamiin.
9. Abang penulis yang selalu memberikan doa, dukungan, bantuan, semangat dan selalu menjadi teman diskusi yang baik dalam segala hal bagi penulis. Adik penulis yang selalu memberikan dukungan, bantuan, dan semangat selama proses penyusunan skripsi ini. Terima kasih atas semangat dan kebersamaan yang selalu menguatkan satu sama lain. Dukungan kalian menjadi bagian penting dari terselesainya studi ini.
10. Seluruh Keluarga tercinta, Nenek, Almarhum kakek, paman dan tante yang selalu memberikan doa, dukungan dan menyayangi penulis dengan tulus.
11. Keluarga Besar Lab PPDG, Paul, Nadia, Ika, Dini, Edu, Razan, Uliv, Wanti, Wati, Andien, bang rezky, bang erick, bang ahya yang sudah kebersamain penulis dalam menyelesaikan skripsi dan meramaikan Lab.
12. Kepada Anak Embung yang telah menemani penulis dari semester 4, Kerja Praktik hingga menyelesaikan skripsi. Terimakasih untuk segala suka duka, cerita, dan hal hal yang berharga selama kita berteman, sukses selalu buat anak embung.
13. Terimakasih kepada G-Team, Paul dan Helga yang sudah kebersamai penulis dan membawa penulis untuk berani mencoba mengikuti karya tulis

ilmiah yang merupakan hal baru bagi penulis walaupun hanya sampai Semifinal tetapi itu pengalaman baru yang tidak bisa penulis lupakan.

14. Kepada bang raihan dan bang rayya yang telah banyak membantu penulis dari semester 4 hingga saat ini dan memberikan saran dan bantuan selama perkuliahan.
15. Kepada Meyta Dewi Sativa, penulis mengucapkan terimakasih telah menemani penulis dari maba sampai saat ini, yang selalu mendengarkan keluh kesah penulis, membantu, memberikan saran, semangat, dan selalu mengulurkan tangan disaat penulis kesulitan.
16. Kepada Paulina Beny Claudia Manullang, penulis mengucapkan terimakasih atas kebersamaan, dukungan tanpa henti, bantuan, motivasi, semangat dan selalu menjadi teman berbagi cerita dan bertukar pikiran dalam melewati berbagai proses selama masa perkuliahan dan mari berteman hingga sukses.
17. Kepada Raincalosta Neodhy Chardena, penulis ucapkan terimakasih telah menjadi teman sekamar, teman berkeluh kesah, bertukar pendapat, dan hal hal seru selama KKN.
18. Kepada Sahabat SMP, Wizha, Chaca, Kino, Salsa, Uul, Alya yang sudah menemani hampir 10 tahun dari SMP sampai sekarang. Terimakasih sudah selalu ada disaat suka maupun duka penulis dan selalu menjadi *support system* dalam berbagai hal.
19. Kepada Sahabat SMA, Ririn, Afif, Lidya, Putri, Arya, Irvan, Suci yang menemani masa remaja penulis dengan banyak hal menyenangkan.
20. Kepada Puja, Terimakasih telah menjadi teman seperjuangan penulis di negeri rantau ini yang selalu membersamai penulis.
21. Keluarga besar Teknik Geofisika angkatan 22 yang memberikan warna, kenangan, pengalaman, pelajaran berharga selama masa perkuliahan.
22. Terakhir, Penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih kepada diri sendiri atas segala kerja keras dan semangat yang telah ditunjukkan sehingga tidak pernah menyerah dalam menyelesaikan tugas akhir skripsi ini, terima kasih karena telah berjuang sejauh ini, terima kasih karena telah berupaya sekuat tenaga untuk meyakinkan dan menguatkan diri bahwa kamu mampu

menuntaskan studi ini hingga selesai, mampu menjaga diri dari berbagai tekanan yang berada di luar kendali dan tidak pernah mengambil keputusan untuk menyerah sesulit apapun proses yang harus dilalui, meski harus menghadapi kegagalan, kebingungan, perasaan ingin berhenti, bahkan kehilangan seseorang yang dicintai di tengah proses penyusunan skripsi ini, terima kasih karena telah jujur terhadap rasa takut yang ada, namun tidak membiarkan rasa takut tersebut membatasi setiap langkah yang diambil, karena keberanian bukanlah absennya rasa takut, melainkan tekad untuk tetap melangkah meskipun rasa takut itu masih melekat, dan yang paling utama terima kasih karena telah berani menentukan pilihan, memilih untuk mencoba, memilih untuk terus belajar, dan memilih untuk tetap kuat demi menyelesaikan apa yang telah dimulai, ini adalah sebuah pencapaian yang layak untuk dibanggakan. *I wanna thank me for just being me at all times.*

Bandar Lampung, Juni 2026

Shabra Panska Shatila
NPM. 2215051001

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK	iii
<i>ABSTRACT</i>	iv
MENGESAHKAN	vi
PERNYATAAN.....	vii
RIWAYAT HIDUP	viii
PERSEMBAHAN.....	x
MOTTO	xi
KATA PENGANTAR.....	xii
SANWACANA	xiii
DAFTAR ISI.....	xvii
DAFTAR GAMBAR.....	xx
DAFTAR TABEL	xxii
I. PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Tujuan Penelitian.....	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
II. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Lokasi Penelitian	5
2.2 Geologi Regional.....	5
2.3 Stratigrafi Regional	8
2.4 Penelitian Terdahulu.....	10
III. TEORI DASAR.....	13
3.1 Sistem Panas Bumi	13
3.2 Metode Gayabarat.....	14

3.3	Konsep Dasar Gayaberat	15
3.3.1	Gayaberat Newton.....	15
3.3.2	Percepatan Gayaberat.....	16
3.3.3	Potensial Gayaberat.....	17
3.3.4	Rapat Massa Batuan.....	18
3.4	Koreksi Koreksi Metode Gayaberat	20
3.3.1	Koreksi Lintang.....	20
3.3.2	Koreksi Udara Bebas (<i>Free Air Correction</i>).....	20
3.3.3	Koreksi Bouguer	21
3.3.4	Koreksi Medan (<i>Terrain Correction</i>).....	22
3.5	Anomali Bourguer Lengkap	23
3.6	Analisis Spektrum	23
3.7	<i>First Horizontal Derivative</i>	26
3.8	<i>Second Vertical Derivative</i>	27
3.9	<i>Inverse Modeling</i>	27
IV.	METODOLOGI.....	29
4.1	Tempat dan Waktu Penelitian	29
4.2	Alat dan Bahan	29
4.3	Prosedur Penelitian	31
4.3.1	Studi Literatur	31
4.3.2	Koreksi Data.....	31
4.3.3	Anomali Bouguer Lengkap.....	31
4.3.4	Analisis Spektrum	32
4.3.5	Pemisahan Anomali Regional dan Residual	32
4.3.6	<i>First Horizotal Derivative</i> (FHD) dan <i>Second Vertical Derivative</i> (SVD)	32
4.3.7	Pemodelan Bawah Permukaan.....	33
4.4	Jadwal Penelitian	34
4.5	Diagram Alir.....	35
V.	HASIL DAN PEMBAHASAN	36
5.1	Data Penelitian.....	36
5.2	Anomali Bouguer Lengkap	36
5.3	Analisis Spektrum	37
5.4	Pemisahan Anomali Regional dan Residual.....	42
5.5	<i>Analisis Derivative</i>	44
5.1	Lintasan A-A'	48

5.2	Lintasan B-B'	49
5.3	Lintasan C-C'	50
5.4	Lintasan D-D'	51
5.6	<i>Inverse Modelling</i>	52
5.7	Distribusi Densitas Secara Horizontal	61
5.8	Perbandingan Distribusi Densitas Horizontal dengan Model 3D.....	64
5.9	Indikasi <i>Heatsource</i> Berdasarkan Peta Anomali Regional.....	70
5.10	Komparasi Data Gayaberat dan data MT (Magnetotellurik).....	71
VI.	KESIMPULAN DAN SARAN	75
6.1	Kesimpulan.....	75
6.2	Saran	76
	DAFTAR PUSTAKA	77

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Peta batas administrasi daerah penelitian.....	5
2. Peta geologi regional sekincaw (Amin dkk., 1993).....	6
3. Stratigrafi pada peta geologi lembar kotaagung (Amin dkk., 1993).....	9
4. Ilustrasi Sistem Panas Bumi (Sugiharta dkk., 2016).....	13
5. Gaya tarik menarik antara dua benda (Grandis, 2009).	15
6. Potensial dan kuat medan massa 3 dimensi (Maulana, 2012).....	17
7. Kurva $\ln A$ terhadap k (Blakely, 1996).....	26
8. Diagram Alir Penelitian	35
9. Peta Anomali Bouguer Lengkap (ABL).	37
10. Peta lintasan analisis spektrum.....	38
11. Grafik $\ln A$ terhadap K pada lintasan 1.	38
12. Grafik $\ln A$ terhadap K pada lintasan 2.	39
13. Grafik $\ln A$ terhadap K pada lintasan 3.	39
14. Grafik $\ln A$ terhadap K pada lintasan 4.	40
15. Grafik $\ln A$ terhadap K pada lintasan 5.	41
16. Grafik $\ln A$ terhadap K pada lintasan 6.	41
17. Peta Anomali Regional.	43
18. Peta Anomali Residual.....	44
19. Peta First Horizontal Derivative.....	45
20. Peta Second Vertical Derivative	46
21. Peta Residual dengan Lintasan.....	47
22. Profil Residual, FHD, SVD Lintasan A-A'.....	48
23. Profil Residual, FHD, SVD Lintasan B-B'.	49

24. Profil Residual, FHD, SVD Lintasan C-C'.	50
25. Profil Residual, FHD, SVD Lintasan D-D'.	51
26. Model distribusi denstitas inversi 3D.	52
27. Slicing Lintasan A Pada Profil Residual, FHD, SVD, dan Model 3D.	54
28. Slicing Lintasan B Pada Profil Residual, FHD, SVD, dan Model 3D.	55
29. Slicing Lintasan C Pada Profil Residual, FHD, SVD, dan Model 3D.	56
30. Slicing Lintasan D Pada Profil Residual, FHD, SVD, dan Model 3D.	57
31. Model distribusi densitas pada kedalaman 0 meter.	61
32. Model distribusi densitas pada kedalaman -500 meter.	62
33. Model distribusi densitas pada kedalaman -1000 meter.	63
34. Model distribusi densitas pada kedalaman -2000 meter	64
35. Perbandingan Model Densitas Berdasarkan Kedalaman pada Lintasan A-A'	66
36. Perbandingan Model Densitas Berdasarkan Kedalaman pada Lintasan B-B'.	67
37. Perbandingan Model Densitas Berdasarkan Kedalaman pada Lintasan C-C'.	68
38. Perbandingan Model Densitas Berdasarkan Kedalaman pada Lintasan D-D'	69
39. Peta Anomali Regional.	70
40. Peta Anomali Tahanan Jenis Daerah Panasbumi Sekincau (EBTKE, 2017)..	71
41. Komparasi lintasan P1 data MT dengan Daerah Penelitian.	73
42. Komparasi lintasan P2 data MT dengan Daerah Penelitian.	74

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Penelitian Terdahulu	10
2. Nilai densitas batuan (Telford dkk., 1990).....	18
3. Alat dan Bahan.....	29
4. Jadwal Kegiatan Penelitian	34
5. Estimasi Kedalaman Rata-Rata Kedalaman Regional, Residual, Cut Off, dan Lebar Jendela	42
6. Analisis Derivative Lintasan A-A'	49
7. Analisis Derivative Lintasan B-B'.....	50
8. Analisis Derivative Lintasan C-C'.....	51
9. Analisis Derivative Lintasan D-D'	52

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan salah satu negara dengan potensi energi panas bumi terbesar di dunia mencapai 27 Gwe kaitannya sangat erat dengan posisi Indonesia dalam kerangka tektonik dunia. Panas bumi merupakan salah satu sumber daya energi terbarukan yang bersifat ramah lingkungan (*clean energy*) apabila dibandingkan dengan sumber energi fosil. Dalam proses eksplorasi maupun eksploitasinya, panas bumi tidak memerlukan lahan permukaan yang terlalu luas. (Wahyuningsih, 2005).

Pulau Sumatera merupakan salah satu pulau di Indonesia yang memiliki banyak titik potensi panas bumi yakni sebanyak 93 lokasi dengan total potensi sekitar 12 GW. Salah satu potensi panas bumi tersebut berada di Sekincau yang berlokasi di Provinsi Lampung. Titik potensi ini merupakan gabungan dari potensi panas bumi yang terdapat di Danau Suoh dan Gunung Sekincau dengan potensi sekitar 400 Mwe (Saputri dkk., 2019). Pulau Sumatera terletak di perbatasan pertemuan lempeng Indo-Australia dan Eurasia. Termasuk wilayah tektonik aktif, mengakibatkan struktur geologi tampak tersebar di seluruh wilayah Sumatera. Struktur geologi yang memanjang sepanjang Gunung Api Sumatera menghubungkan kawasan tektonik Selat Sunda di selatan dengan kawasan tektonik busur belakang Busur Laut Antaman di selatan Utara (Curry, 1989).

Metode Gayaberat merupakan metode geofisika yang didasarkan pada pengukuran variasi medan gayaberat bumi. Variasi medan gayaberat dipermukaan bumi tersebut dapat disebabkan oleh adanya variasi densitas batuan di bawah permukaan, jenis batuan di bawah permukaan, perbedaan jarak permukaan bumi ke pusat bumi dan adanya perbedaan topografi di permukaan bumi (Sarkowi, 2014).

Dalam eksplorasi panas bumi, metode gayaberat dapat mendeteksi perbedaan densitas batuan di bawah permukaan yang membentuk suatu sistem panas bumi (Sihombing dan Rustadi, 2020). Metode gravitasi berbasis data citra satelit GGMPlus menjadi salah satu alternatif solusi pada penelitian ini. Selain memiliki tingkat akurasi yang cukup baik, penggunaan metode ini juga dapat menghindari mobilisasi personil yang membutuhkan biaya akomodasi dan transportasi yang besar. Data yang dihasilkan dari metode ini menghasilkan kontras yang lebih baik apabila dibandingkan dengan metode lain dalam mendeteksi potensi panas bumi (Putra dkk., 2021).

Berdasarkan penelitian sebelumnya mengenai struktur geologi wilayah Suoh-Sekincau telah dilakukan dengan metode FFD. Berdasarkan kajian tersebut, geologi daerah penelitian didominasi oleh batuan vulkanik dengan arah dominan barat laut-tenggara dan merupakan bagian dari Sesar Besar Sumatera pada segmen Semangko. Kawasan sekitar Gunung Sekincau mempunyai nilai yang tinggi dan kawasan ini dinilai mempunyai tingkat permeabilitas yang baik (Iqbal dan Juliarka, 2019).

Selanjutnya, penelitian dilakukan menggunakan metode gayaberat dengan data gravitasi satelit GGMPlus (*Global Gravity Model Plus*) untuk mengetahui mengidentifikasi mengenai sistem panas bumi pada daerah penelitian khususnya pada identifikasi *reservoir* dan *heatsource* yang terdapat empat manifestasi pada daerah penelitian. Penelitian melakukan pengolahan data gayaberat sehingga mendapatkan *Second Vertical Derivative* (SVD) dan Pemodelan 3D untuk menganalisis struktur bawah permukaan serta menginterpretasi keberadaan *reservoir* dan *heatsource* daerah penelitian.

Hasil penelitian ini diharapkan dapat membantu pengembangan lapangan panas bumi daerah penelitian serta pemanfaatan potensi panas bumi daerah penelitian. Penelitian ini dilakukan pada Lapangan Panas Bumi Sekincau dengan menggunakan data gravitasi satelit GGMPlus (*Global Gravity Model Plus*) untuk mengetahui struktur sesar pada daerah penelitian dan menginterpretasi keberadaan *reservoir* dan *heatsource* untuk pengembangan lapangan panas bumi daerah penelitian serta pentingnya pemetaan gayaberat dalam eksplorasi sumber daya panas bumi di daerah ini.

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan Penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Identifikasi struktur geologi menggunakan analisis *First Horizontal Derivavtive* (FHD) dan *Second Vertical Derivative* (SVD).
2. Mendapatkan model distribusi densitas bawah permukaan untuk mengidentifikasi struktur sesar berdasarkan *inverse modelling* 3D.
3. Interpretasi keberadaan *reservoir* dan *heatsource* berdasarkan analisis pemodelan distribusi densitas gayaberasat dan distribusi secara horizontal berdasarkan kedalaman daerah penelitian.

1.3 Batasan Masalah

Penelitian ini mempunyai beberapa batasan masalah sebagai berikut :

1. Data GGMPPlus yang digunakan sebanyak 1021 data.
2. Pemisahan anomali regional dan residual dilakukan dengan analisis spektrum menggunakan *software* Numeri dan filter *moving average* menggunakan *software* Surfer.
3. Analisis struktur geologi dan pemodelan bawah permukaan dilakukan dengan interpretasi pemodelan 3D berdasarkan data gayaberasat yang diperoleh.

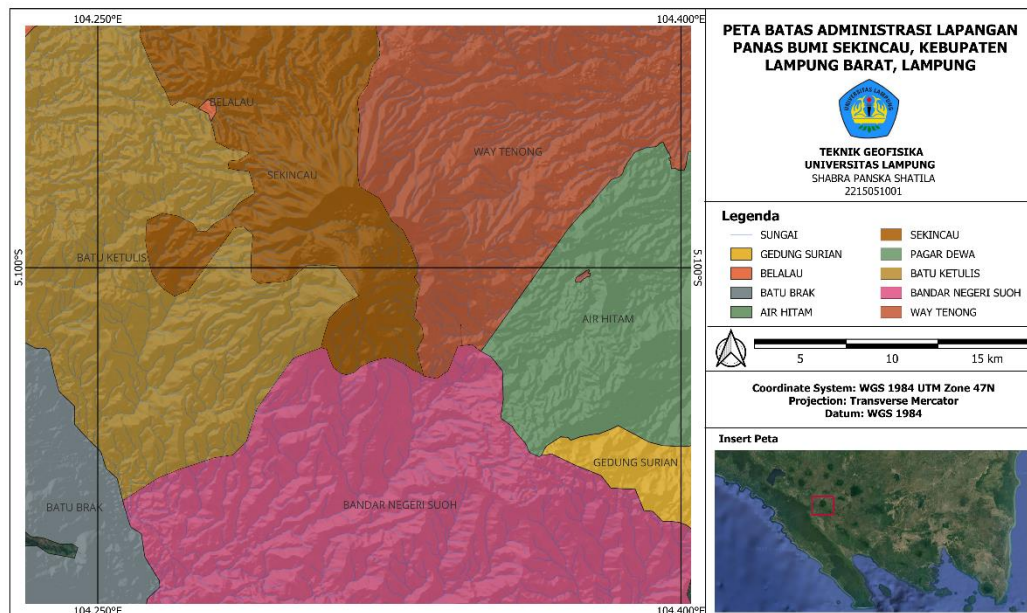
1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dalam pelaksanaan penelitian ini yaitu dapat memberikan informasi mengenai gambaran bawah permukaan daerah penelitian, potensi keberadaan *reservoir* dan *heatsource* panas bumi melalui pemodelan 3D, serta mengetahui sistem patahan daerah peneltian. Hasil penelitian ini dapat dijadikan suatu referensi ataupun acuan pada penelitian atau eksplorasi panas bumi selanjutnya di Sekincau, Lampung Barat.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Lokasi Penelitian

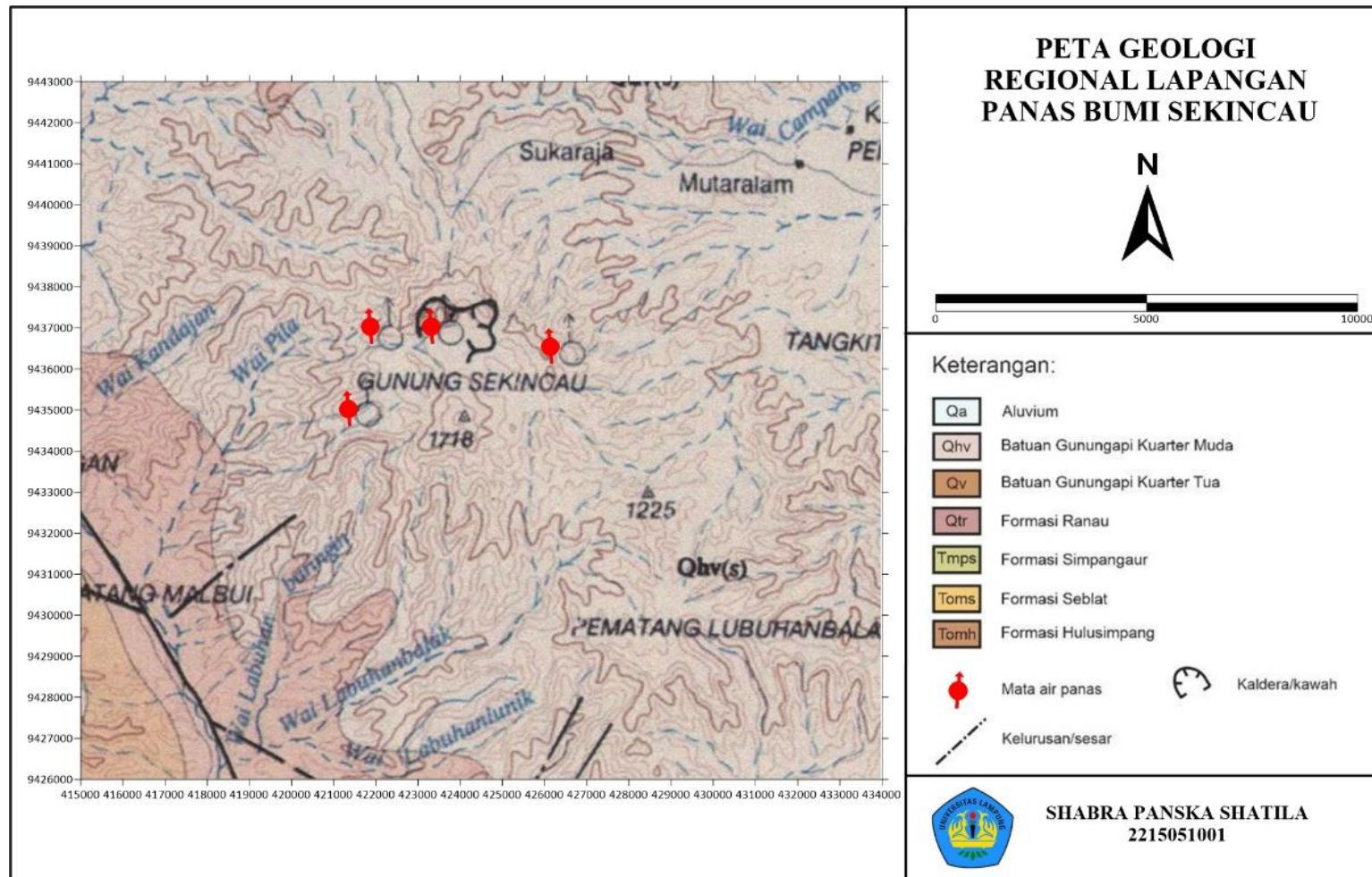
Secara administratif, daerah penelitian meliputi wilayah Kecamatan Sekincau, Way Tenong, Bandar Negeri Suoh, Air Hitam, Gedung Surian, Batu Ketulis, Belalau dan Batu Brak, Kabupaten Lampung Barat, Provinsi Lampung. Penelitian ini dilakukan pada daerah Lapangan Panas Bumi Sekincau terletak 90 km arah barat laut dari pusat Kota Bandar Lampung. Berdasarkan Lembaran Kota Agung skala 1:250.000 yang berada pada Barisan Barisan atau Zona Barisan dengan luas Lapangan Panas bumi Sekincau sekitar 114 km². Peta Lokasi Penelitian dapat dilihat pada Gambar 1 sebagai berikut.



Gambar 1. Peta batas administrasi daerah penelitian.

2.2 Geologi Regional

Kawasan penelitian panas bumi Sekincau secara administratif berada di wilayah Kabupaten Lampung Barat. Secara regional, kawasan ini merupakan bagian dari rangkaian Bukit Barisan Sumatera yang membentuk busur gunungapi berumur Tersier-Kuarter. Busur vulkanik ini terbentuk sebagai respons terhadap proses subduksi Lempeng Indo-Australia yang menyusup ke bawah Lempeng Eurasia, dan pada zona ini pula terdapat jalur Sesar Besar Sumatera (*Great Sumatran Fault*) yang berorientasi baratlaut-tenggara (Iqbal dkk., 2019). Dari perspektif struktural, pola tektonik yang berkembang di kawasan ini didominasi oleh sesar mendatar dengan orientasi umum baratlaut-tenggara, selaras dengan arah dominan Sesar Besar Sumatera. Di samping itu, beberapa sesar normal juga teridentifikasi dengan variasi arah yang beragam, meliputi orientasi baratlaut-tenggara, baratdaya-timurlaut, hingga hampir utara-selatan. Keberadaan struktur-struktur sesar tersebut menunjukkan keterkaitan yang erat dengan lokasi kemunculan manifestasi panas bumi di permukaan, yang mengindikasikan bahwa zona patahan berperan sebagai jalur utama migrasi fluida hidrotermal menuju permukaan. Selain itu, di bagian utara kerucut Sekincau dijumpai struktur kawah yang dikenal sebagai Kawah Balirang dengan bukaan yang mengarah ke selatan. Aktivitas pergerakan sesar di kawasan ini turut menghasilkan penurunan blok batuan yang kemudian membentuk Cekungan Suoh. Adapun Gunung Sekincau sendiri merupakan kompleks gunungapi stratovulkanik bertipe andesitik yang saat ini berstatus tidak aktif, dengan kenampakan kaldera yang di dalamnya terdapat kubah dan aliran lava berkomposisi *intermediate* hingga *silicic* yang terbentuk pada periode yang relatif lebih muda.



Gambar 2. Peta geologi regional Sekincau (Amin dkk., 1993).

Daerah penelitian tersusun atas batuan Kuartar hingga Tersier. Satuan batuan yang dijumpai dilihat pada daerah penelitian berdasarkan lembar geologi Kotaagung dari yang termuda sampai yang tertua dapat dilihat pada Gambar 2. sebagai berikut :

a. Batuan Aluvium (Qa)

Formasi ini disusun oleh batuan bongkah, kerakal, kerikil, pasir, lanau, lempung dan lumpur. Formasi ini memiliki umur geologi Holosen.

b. Formasi Ranau (Qtr)

Formasi ini tersusun oleh material vulkaniklastik berupa breksi batuapung, tuf mikaan, tuf batuapung, serta kayu terkarsikan yang terbentuk pada kala Pliosen hingga Plistosen. Keberadaan formasi ini diperkirakan bersumber dari aktivitas erupsi Kaldera Danau Ranau yang terletak sekitar 50 km ke arah barat daya dari Suoh. Dalam tatanan geologi regional, Formasi Ranau merupakan bagian dari kelompok batuan sedimen dan gunungapi yang menyusun Lajur Barisan (Amin, 2023).

c. Batuan Gunungapi Kuartar Muda (Qhv)

Formasi ini disusun oleh litologi breksi, lava dan tuf bersusun andesit basalt. Formasi ini memiliki umur geologi Holosen dan tersebar terutama pada bagian tengah Bukit Barisan (Iqbal dkk., 2019).

d. Batuan Gunungapi Kuartar Tua (Qv)

Formasi ini disusun oleh litologi berupa lava andesit-basalt, tuf dan breksi gunungapi. Formasi ini tersebar di sudut barat laut dari bagian Zona Bukit Barisan. Lingkungan pengendapannya adalah daratan sampai laut dangkal, formasi ini memiliki umur geologi Holosen.

e. Formasi Hulusimpang (Tomh)

Formasi ini disusun oleh litologi berupa breksi gunungapi, lava, tuf dengan komposisi andesitik-basalt, mengalami ubahan, memiliki urat kuarsa, serta mengandung mineral sulfida. Formasi Hulusimpang terbentuk pada masa tersier tepatnya pada kala Oligosen hingga Miosen awal. Formasi ini diendapkan pada lingkungan transisi antara daratan hingga laut dangkal, dan diperkirakan merupakan bagian dari busur vulkanik tepi benua. (Amin dkk, 1993).

f. Formasi Simpangaur (Tmps)

Formasi ini tersusun dari batupasir tufa, tuff, konglomerat, dan mengandung moluska. Formasi ini tersebar pada lajur Bengkulu dan berumur geologi Pliosen.

2.3 Stratigrafi Regional

Berdasarkan hasil pengamatan pada daerah penelitian, Formasi Hulusimpang (Tomh) teridentifikasi sebagai formasi paling tua yang persebarannya mengikuti jalur sisi barat daya Sesar Semangko. Formasi ini terbentuk pada zaman Tersier, berkisar antara Oligosen hingga Miosen awal. Mengacu pada Peta Geologi Lembar Kotaagung yang dikompilasi oleh Amin dkk. (1993), formasi ini menunjukkan hubungan kontak yang bervariasi, berupa intrusi dari granodiorite bodies (Tmgr), kontak langsung dengan sedimen laut (Tmos), serta tertindih oleh sedimen vulkanik (Tmba) maupun sedimen laut lainnya (Tml dan Tmps). Selain tersebar di sepanjang zona Sesar Semangko, Formasi Hulusimpang juga teridentifikasi di bagian timur laut daerah penelitian, di mana keberadaannya dikelilingi satuan batuan yang berumur relatif lebih muda (Hidayatika dkk., 2015).

Menurut Amin dkk. (1993), Formasi Ranau (QTr) terbentuk pada rentang waktu Pliosen hingga Plistosen yang diperkirakan berasal dari aktivitas vulkanik Kaldera Danau Ranau, sebuah struktur kaldera yang berada sekitar 50 km di sebelah barat daya Suoh. Di sisi lain, satuan Batuan Gunungapi Kuartir Tua (Qv) dan Batuan Gunungapi Kuartir Muda (Qhv) keduanya terbentuk pada zaman Kuartir dalam rentang kala Plistosen hingga Holosen. Satuan Batuan Gunungapi Kuartir Muda tercatat mendominasi sebaran batuan di wilayah Lampung Barat, dan diperkirakan merupakan produk dari aktivitas beberapa pusat erupsi gunungapi, salah satunya Gunung Sekincau. Dari kelompok endapan permukaan, satuan Aluvial merupakan satuan termuda yang terbentuk pada kala Holosen. Satuan ini umumnya menempati zona cekungan yang secara spasial dikelilingi oleh batuan gunungapi dari berbagai periode, mulai dari yang berumur tua hingga yang relatif lebih muda. Secara tektonik, daerah penelitian dibagi ke dalam tiga jalur utama, yaitu Lajur Barisan, Lajur Palembang, dan Jalur Bengkulu. Kawasan penelitian ini secara khusus berada pada Lajur Barisan, yang tersusun oleh rangkaian formasi batuan dengan urutan stratigrafi dari yang paling tua hingga yang paling muda.

2.4 Penelitian Terdahulu

Beberapa penelitian terdahulu di wilayah penelitian dan sekitarnya telah dilakukan untuk menelusuri aspek geologi, tektonik, serta struktur geologi yang berkembang di kawasan tersebut. Hasil dari berbagai studi tersebut menjadi landasan penting dalam memahami evolusi geologi regional serta pengaruhnya terhadap kondisi geologi setempat termasuk di wilayah penelitian yang menjadi fokus penelitian ini.

Tabel 1. Penelitian Terdahulu

No	Judul Penelitian, Nama dan Tahun Terbit	Deskripsi
1.	Analisis Kerapatan Kelurusan (<i>Lineament Density</i>) sebagai indikator tingkat permeabilitas di Lapangan Panas bumi Suoh-Sekincau, Lampung (Iqbal dkk., 2019)	Penelitian Iqbal dkk merupakan analisis kerapatan kelurusan dengan hasil analisis <i>lineament density</i> pada kawasan Suoh-Sekincau menunjukkan bahwa Wilayah yang mencakup area Gunung Sekincau memiliki nilai densitas kelurusan yang tergolong tinggi, yang mengindikasikan bahwa wilayah tersebut memiliki tingkat permeabilitas yang baik. Selain itu, beberapa wilayah di sekitarnya seperti Danau Suoh dan Bukit Penetoh tercatat memiliki nilai densitas kelurusan pada kategori sedang. Oleh karena itu, kegiatan ground-checking dinilai perlu dilakukan guna membuktikan secara langsung bahwa daerah dengan nilai densitas kelurusan tinggi memang berasosiasi dengan intensitas struktur geologi yang tinggi di lapangan.
2.	Identifikasi Struktur Bawah Permukaan Daerah Potensi Panas Bumi pada Lembar	Penelitian ini mengkaji kondisi struktur bawah permukaan pada kawasan prospek panas bumi di Lembar Kota Agung, Lampung, menggunakan data anomali percepatan

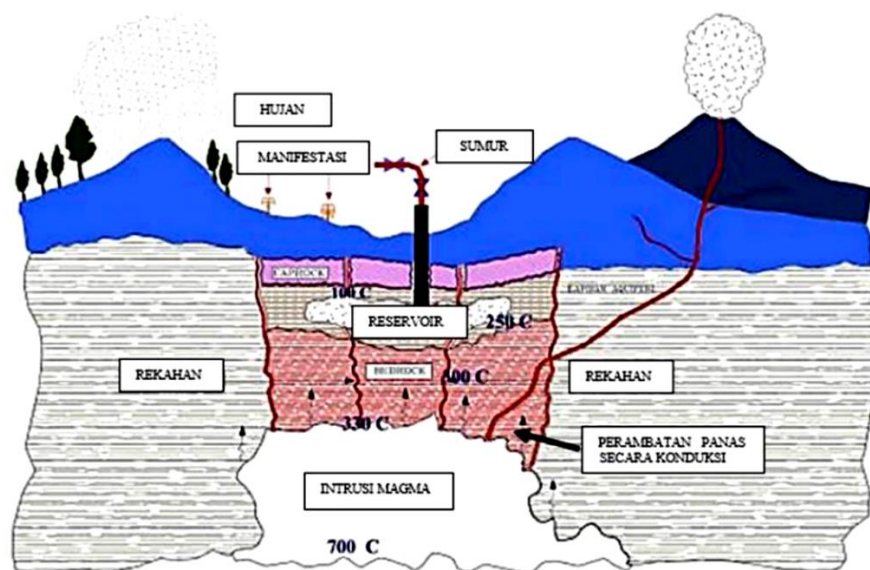
Kotaagung Menggunakan Data Global Gravity Model Plus (GGMplus) (Putra dkk., 2021)	gravitasi dari GGMplus dengan spasi 220 meter, yang diproses melalui koreksi lintang, udara bebas, Bouguer, dan terrain, serta pemisahan anomali regional dan residual. Hasilnya menunjukkan dua zona utama anomali gravitasi, dengan pemisahan menggunakan metode <i>upward continuation</i>, dan pemodelan 2D pada empat lintasan (A–A', B–B', C–C', D–D') mengindikasikan struktur batuan yang saling menerobos. Lintasan A–A' mengidentifikasi batuan andesit densitas 2,595 g/cm³ pada kedalaman 2.000–12.500 meter, lintasan B–B' menunjukkan andesit densitas 2,605 g/cm³ pada 5.000–7.500 meter, lintasan C–C' memperlihatkan dua batuan menerobos ke permukaan dengan densitas 2,68 g/cm³ pada 0–5.000 meter arah timurlaut–baratdaya, dan lintasan D–D' mengidentifikasi wilayah potensi panas bumi Ulubelu dengan densitas 2,585 g/cm³ dan 2,599 g/cm³ di arah tenggara.
3. Analisis Struktur Patahan Daerah Suoh Menggunakan Metode Gaya Berat dan Penentuan Kerapatan Patahan (Zaenudin dkk., 2021).	Penelitian ini mengidentifikasi struktur geologi bawah permukaan, khususnya patahan, di Daerah Panas Bumi Suoh, Lampung Barat, menggunakan data gaya berat satelit TOPEX dan DEM, yang diolah menghasilkan Anomali Bouguer Lengkap (ABL) dan dipisahkan menjadi anomali regional dan residual melalui analisis spektral, dengan kedalaman batuan basement sekitar 6,14 km dan lapisan sedimen sekitar 521 m. Anomali residual dianalisis menggunakan FHD dan SVD untuk mengidentifikasi

patahan, didukung ekstraksi lineament otomatis dan perhitungan FFD dari data DEM, dengan hasil menunjukkan dominasi arah baratlaut–tenggara searah Sesar Besar Sumatera Segmen Semangko, serta zona FFD tinggi diinterpretasikan sebagai zona lemah berpermeabilitas tinggi yang berasosiasi dengan sistem panas bumi.

III. TEORI DASAR

3.1 Sistem Panas Bumi

Panas bumi merupakan energi panas yang tersimpan di dalam batuan pada lapisan bawah permukaan bumi dan mengandung fluida di dalamnya (Torkis, 2012). Di samping itu, panas bumi juga dapat didefinisikan sebagai panas yang dimiliki oleh bumi yang terbentuk secara alami di bawah permukaan. Menurut Hochstein dan Browne (2000), sistem panas bumi merupakan proses perpindahan panas secara alami dalam volume tertentu di dalam kerak bumi yang berlangsung dari sumber panas menuju zona pelepasan panas. Secara umum, komponen pembentuk sistem panas bumi terdiri atas sumber panas (*heatsource*), fluida panas bumi, batuan *permeable* sebagai zona akumulasi (*reservoir*), batuan *impermeable* sebagai batuan penudung (*caprock*), area resapan fluida (*recharge area*), struktur geologi berupa patahan, serta manifestasi panas bumi. Skema sistem panas bumi secara ideal ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 4. Ilustrasi Sistem Panas Bumi (Sugiharta dkk., 2016).

Komponen penyusun suatu sistem panas bumi dapat diuraikan secara singkat sebagai berikut.

1. Sumber panas (*heatsource*), dalam sistem panas bumi dapat berwujud magma chamber dan intrusi batuan yang umumnya dijumpai pada kawasan gunung api (*volcanic*).
2. Fluida panas, dapat berupa *juvenile water*, air magmatik, air meteorik, dan *connate water*.
3. Zona akumulasi (*reservoir*), tersusun atas batuan dengan porositas dan permeabilitas yang tinggi sebagai tempat berkumpulnya fluida panas bumi.
4. Batuan penudung (*caprock*), tersusun atas batuan yang berada di atas *reservoir* dengan *permeabilitas* yang rendah dan memiliki konduktivitas panas yang kecil sehingga berperan dalam menjaga fluida panas yang tersimpan di dalam *reservoir*.
5. *Recharge area*, merupakan zona resapan di mana air meteorik akan masuk ke dalam sistem panas bumi (Hendrasto dkk., 2018).
6. Struktur geologi, berfungsi sebagai jalur pergerakan fluida panas bumi menuju permukaan bumi. Struktur geologi ini dapat berbentuk patahan baik patahan normal, patahan naik, maupun patahan geser. Patahan tersebut terbentuk akibat aktivitas pergerakan tektonik yang aktif sehingga menyebabkan batuan mengalami penurunan tingkat kekompakan (Parapat, 2017).
7. Manifestasi panas bumi, sebagai indikasi adanya potensi energi panas bumi di suatu wilayah. Manifestasi di permukaan ini merupakan fluida hidrotermal yang bersumber dari *reservoir* dan keluar melalui celah-celah batuan (patahan/rekahan) (Murbanendra, 2016).

3.2 Metode Gayaberat

Metode gayaberat merupakan salah satu metode geofisika yang berlandaskan pada pengukuran variasi medan gayaberat di bumi. Variasi gayaberat di permukaan bumi tersebut dapat dipengaruhi oleh adanya variasi densitas batuan di bawah permukaan, jenis batuan di bawah permukaan, perbedaan jarak permukaan bumi terhadap pusat bumi, serta adanya perbedaan topografi di

permukaan bumi (Sarkowi, 2014). Parameter yang dikaji adalah perbedaan medan gravitasi dari suatu titik observasi terhadap titik observasi lainnya. Identifikasi keberadaan struktur di bawah permukaan diperoleh dari variasi nilai densitas batuan di bawah permukaan (Susilo & Sulastomo, 2014). Menurut Djudjun (2005), metode gayaberat merupakan salah satu aspek penting dalam berbagai permasalahan yang berkaitan dengan pemetaan bawah permukaan bumi dan kajian geologi. Metode gayaberat didasarkan pada sifat massa, di mana besarnya massa tersebut akan menentukan seberapa besar gaya tarik-menarik yang terjadi di antara benda-benda tersebut.

3.3 Konsep Dasar Gayaberat

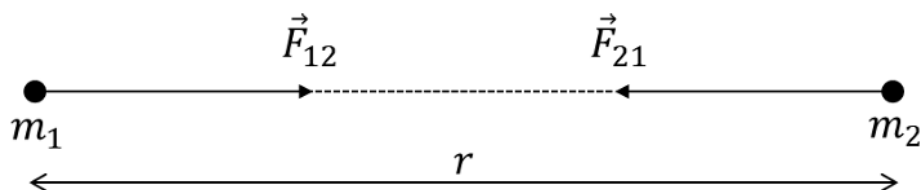
3.3.1 Gayaberat Newton

Gayaberat Newton memiliki prinsip teori yang berlandaskan pada Hukum Newton yang menjelaskan mengenai gaya tarik-menarik antara dua massa dan yang terpisah pada jarak sejauh r , dan dapat dirumuskan sebagai berikut (Serway dan Jewett, 2009):

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

Dimana:

- $\vec{F}$: Gaya tarik menarik (N)
- $m_1 m_2$: Massa benda 1 dan massa benda 2 (kg)
- r^2 : Jarak antara dua buah benda (m)
- G : Konstanta Gravitasi Universal ($6,67 \times 10^{-11} \text{ m}^3 \text{ kg s}^{-2}$)
- $\hat{r}$: Vektor satuan arah



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

3.3.2 Percepatan Gayaberat

Newton juga merumuskan hubungan antara gaya dan percepatan. Hukum Newton kedua menyatakan bahwa besarnya gaya berbanding lurus dengan hasil perkalian antara massa benda dan percepatan yang dialami oleh benda tersebut. Apabila arah gerakanya vertikal, maka gaya (F) yang berpengaruh adalah percepatan gravitasi atau dapat dituliskan sebagai berikut:

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

Percepatan sebuah benda bermassa m_2 yang disebabkan oleh tarikan benda bermassa m_1 pada jarak r secara sederhana dapat dinyatakan dengan :

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

Bila ditetapkan pada percepatan gaya tarik bumi persamaan di atas menjadi

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

Dimana :

$\vec{g}$	: Percepatan gaya tarik bumi (m/s^2)
M	: Massa bumi (kg)
m	: Massa benda (kg)
$\vec{F}$	: Gayaberat (N)
r	: Jari-Jari bumi (km)

Hubungan antara massa bumi (M) dengan Densitas bumi (ρ) dinyatakan oleh persamaan berikut :

$$M = \rho V \quad (5)$$

Selanjutnya persamaan (5) disubstitusikan kedalam persamaan (4) sehingga didapatkan persamaan berikut :

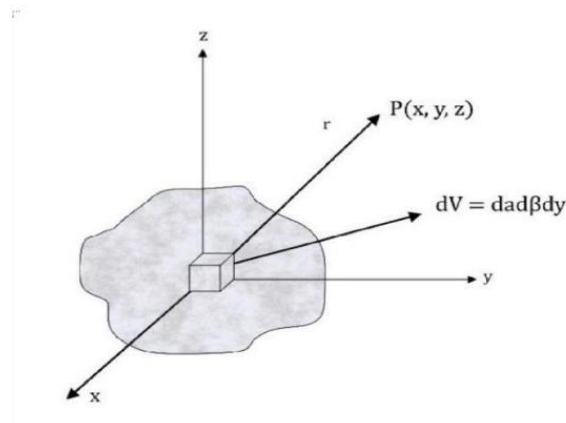
$$\vec{g} = G \frac{\rho V}{r^2} \hat{r} \quad (6)$$

Persamaan (6) menyatakan hubungan antara medan gravitasi bumi dengan densitas

batuan yang ada di bawah permukaan. Berdasarkan persamaan (6), maka nilai percepatan gravitasi di atas permukaan bumi rata-rata $9,6 \text{ m/s}^2$ hingga 10 m/s^2 .

3.3.3 Potensial Gayaberat

Potensial gayaberat merupakan suatu energi yang digunakan untuk memindahkan suatu massa dari satu titik ke titik tertentu. Suatu benda yang memiliki massa tertentu dalam sistem ruang akan menimbulkan keberadaan medan potensial di sekitarnya. Medan potensial yang terbentuk bersifat konservatif, yang berarti usaha yang terjadi di dalam suatu medan gayaberat tidak dipengaruhi oleh lintasan yang ditempuh, melainkan hanya dipengaruhi oleh posisi awal dan posisi akhirnya (Rosid, 2005).



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

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

$$U(x, y, z) = G \iiint \frac{\Delta\rho(\alpha, \beta, \gamma)}{[(x-\alpha)^2 + (y-\beta)^2 + (z-\gamma)^2]} d\alpha d\beta d\gamma \quad (7)$$

Medan gayaberat akibat distribusi rapat massa di atas diperoleh dengan mendiferensialkan persamaan (7) terhadap x , y dan z yang hasilnya adalah,

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

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

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

Dari persamaan (10) akan didapatkan nilai medan gayaberat Δg pada permukaan bumi yang beragam. Medan gayaberat bumi diakibatkan pengaruh oleh distribusi massa di bawah permukaan yang digambarkan oleh fungsi densitas (ρ). Sedangkan bentuk dari permukaan bumi yang sebenarnya digambarkan oleh batas integral (Sarkowi, 2007).

3.3.4 Rapat Massa Batuan

Densitas atau yang dapat pula disebut sebagai rapat massa batuan merupakan besaran fisik yang sangat penting dan dapat dimanfaatkan dalam pengaplikasian metode gayaberat. Untuk melakukan perhitungan anomali Bouguer diperlukan nilai densitas rata-rata di daerah survei. Gaya tektonik akan mengakibatkan terjadinya variasi rapat massa pada batuan sedimen. Rapat massa butir pembentuknya, kandungan fluida yang mengisi pori-porinya, porositas, serta pemadatan akibat tekanan dan pelapukan yang dialami oleh batuan akan mempengaruhi besaran rapat massa batuan (Brotopuspito, 2001). Berikut merupakan nilai variasi densitas (Telford dkk, 1990) yang dapat dilihat pada Tabel 2 di bawah ini.

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

Jenis Batuan	Rentang Densitas (g/cc)	Rata-rata (g/cc)
Batuan Sedimen		
Overburden		1,92
Soil	1,20 – 2,40	1,92
Clay	1,63 – 2,60	2,21
Gravel	1,70 – 2,40	2,00
Sand	1,70 – 2,30	2,00
Sandstone	1,61 – 2,76	2,35

Shale	1,77 – 3,20	2,40
Limestone	1,93 – 2,90	2,55
Dolomit	2,28 – 2,90	2,70
Loess	1,40 – 1,93	1,64
Silt	1,80 – 2,20	1,93
Chalk	1,53 – 2,60	2,01
Halite	2,10 – 2,60	2,22
Glacier Ice	0,88 – 0,92	0,90
Batuan Beku		
Rhyolite	2,35 – 2,70	2,52
Andesit	2,40 – 2,80	2,61
Batuan Beku		
Granite	2,50 – 2,81	2,64
Granodiorite	2,67 – 2,79	2,73
Porphyry	2,60 – 2,89	2,74
Quartz diorite	2,62 – 2,92	2,79
Diorite	2,72 – 2,99	2,85
Lavas	2,80 – 3,00	2,90
Diabase	2,50 – 3,20	2,91
Basalt	2,70 – 3,30	2,99
Gabbro	2,70 – 3,50	3,03
Peridotite	2,78 – 3,37	3,15
Syenite	2,60 – 2,95	2,77
Acid igneous	2,30 – 3,11	2,61
Basic igneous	2,09 – 3,17	2,79
Batuan Metamorf		
Quartzite	2,50 – 2,70	2,60
Schists	2,39 – 2,90	2,64
Graywacke	2,60 – 2,70	2,65
Marble	2,60 – 2,90	2,75
Serpentine	2,40 – 3,10	2,78
Slate	2,70 – 2,90	2,79

Gneiss	2,59 – 3,00	2,80
Amphibolite	2,90 – 3,04	2,96
Eclogite	3,20 – 3,54	3,37
Phyllite	2,68 – 2,80	2,74
Granulite	2,52 – 2,7	2,65

3.4 Koreksi Koreksi Metode Gayaberat

3.3.1 Koreksi Lintang

Koreksi lintang dilakukan karena bentuk bumi yang tidak sepenuhnya berbentuk bola sempurna, sehingga terdapat perbedaan antara jari-jari bumi di kutub dengan jari-jari bumi di daerah khatulistiwa. Dengan demikian, nilai gayaberat di kutub akan lebih besar dibandingkan dengan nilai gayaberat di khatulistiwa. Adanya perbedaan tersebut menjadikan koreksi lintang sangat berpengaruh terhadap besarnya nilai gayaberat di suatu daerah.

$$g_{\theta} = 978032,700 (1 + 0,0053024 \sin^2 \theta - 0,0000058 \sin^2 \theta) \quad (11)$$

Dimana :

g_{θ} : Gayaberat terkoreksi lintang (mGal)

θ : sudut lintang (radian)

Dari persamaan (11) terlihat bahwa semakin tinggi letak lintangnya, maka semakin besar percepatan gravitasinya. Jadi, medan gravitasi bumi cenderung bertambah besar ke arah kutub.

3.3.2 Koreksi Udara Bebas (*Free Air Correction*)

Pengukuran gayaberat yang dilaksanakan pada ketinggian h dari mean sea level akan menghasilkan nilai g yang semakin kecil, sehingga perlu dilakukan koreksi terhadap pembacaan alat. Koreksi udara bebas diterapkan untuk memperoleh nilai pembacaan gravitasi absolut pada titik observasi (Syamsuriadi, 2013). Menurut Brotopuspito (2001), persamaan yang digunakan dalam koreksi udara bebas adalah sebagai berikut.

$$FAC = 0,3086 \times h \quad (12)$$

Dimana :

FAC : *Free Air Correction*

h : Ketinggian (m)

Untuk memperoleh nilai *Free Air Anomaly* (FAA) atau anomali udara bebas, dapat menggunakan persamaan:

$$FAA = g_{obs} - g_{\theta} + 0,3086 \times h \quad (13)$$

Dimana :

FAA : *Free Air Anomaly*

g_{obs} : Gravitasi Observasi

3.3.3 Koreksi Bouguer

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

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

Karena $2\pi G = 0.04191$ maka (Brotopuspito, 2001),

$$BC = 0,04191 \rho h \quad (15)$$

Dimana :

BC : *Bouguer Correction* (mGal)

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

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

h : Ketinggian (m)

3.3.4 Koreksi Medan (*Terrain Correction*)

Koreksi medan diterapkan untuk meninjau kembali adanya penyebaran massa yang tidak merata di sekitar titik pengukuran. Pada koreksi Bouguer, titik akuisisi pengukuran di lapangan diasumsikan berada pada suatu bidang datar yang sangat luas. Sementara itu, kondisi di lapangan seringkali memiliki topografi atau ketinggian yang tidak rata, melainkan terdapat kumpulan gunung atau perbukitan. Apabila hanya mengandalkan koreksi Bouguer saja maka akan menghasilkan data yang kurang optimal. Berdasarkan kenyataan tersebut, pengaruh material yang berada di sekitar titik pengukuran baik yang berada di atas maupun di bawah titik pengukuran turut memberikan kontribusi terhadap hasil pengukuran pada titik tersebut, sehingga koreksi topografi perlu dilakukan terlebih lagi apabila medan pengukuran memiliki topografi yang tidak beraturan seperti rangkaian pegunungan ataupun perbukitan (Susilawati, 2005). Apabila kondisi topografi pada area pengukuran relatif datar, maka koreksi medan dapat diabaikan.

Berikut persamaan untuk koreksi medan adalah:

$$TC = \frac{0,04191}{n} \rho \left\{ (r_2 - r_1) + \sqrt{r_2^2 + L^2} - \sqrt{r_1^2 + L^2} \right\} \quad (16)$$

Dimana :

- TC : *Terrain Correction* (mGal)
- n : Jumlah kompartemen tiap zona
- ρ : Densitas (g/cc)
- r_1 : jari-jari radius dalam (m)
- r_2 : jari-jari radius luar (m)
- L : Selisih ketinggian dari titik pengukuran (m)

Dalam menghitung pengaruh medan atau koreksi medan dapat digunakan pelat transparan yang dikenal sebagai *Hammer Chart* yang ditempatkan di atas peta topografi. *Hammer Chart* akan membagi wilayah di sekitar titik pengukuran ke dalam beberapa zona yang merupakan bagian dari silinder konsentris.

3.5 Anomali Bouguer Lengkap

Menurut Hinze (2013), anomali Bouguer merupakan selisih antara nilai gravitasi pengamatan dengan nilai gravitasi teoritis yang didefinisikan pada titik pengamatan tertentu. Perbedaan tersebut akan mencerminkan perbedaan densitas atau rapat massa pada suatu daerah dengan daerah di sekitarnya baik ke arah vertikal maupun lateral. Variasi anomali Bouguer mencerminkan variasi densitas secara lateral, misalnya benda dengan densitas tinggi yang berada di dalam medium berdensitas rendah akan menghasilkan nilai anomali Bouguer positif. Sebaliknya, benda dengan densitas rendah yang berada pada medium berdensitas tinggi akan menghasilkan nilai anomali Bouguer negatif (Reynolds, 1997).

Anomali Bouguer menggambarkan persebaran dari gayaberat untuk menggambarkan kondisi bawah permukaan berdasarkan kontras rapat massa batuan. Nilai Anomali Bouguer dirumuskan sebagai berikut (Brotospito, 2001):

$$CBA = g_{obs} - g_{\theta} + FAC + BC + TC \quad (17)$$

Dimana :

- g_{obs} : Harga gayaberat pengukuran di titik tersebut
- g_{θ} : Harga gravitasi normal (berdasarkan posisi lintang)
- FAC : *Free Air Correction*/ koreksi udara bebas
- BC : *Bouguer Correction*/ koreksi Bouguer
- TC : *Terrain Correction*/ koreksi medan

3.6 Analisis Spektrum

Analisis spektrum bertujuan untuk memperoleh nilai kedalaman suatu benda anomali gayaberat dari bawah permukaan. Metode analisis spektrum memanfaatkan transformasi Fourier untuk mengkonversi suatu fungsi waktu dan jarak menjadi suatu fungsi frekuensi atau bilangan gelombang (Blakely, 1996). Analisis spektrum dilakukan untuk mengetahui batas anomali Bouguer regional dan residual pada daerah penelitian. Hasil dari analisis spektrum ini selanjutnya digunakan untuk mengestimasi lebar jendela dalam proses filtering anomali gayaberat. Transformasi Fourier digambarkan sebagai proses pemisahan suatu gelombang ke dalam bentuk gelombang sinus dengan frekuensi yang bervariasi.

Hasil penjumlahan dari gelombang-gelombang tersebut merupakan bentuk gelombang aslinya (Kadir, 2000). Spektrum diperoleh dari nilai potensial yang terdapat pada suatu bidang horizontal, dengan persamaan transformasi Fourier sebagai berikut (Blakely, 1996):

$$\mathcal{F}(U) = G m \mathcal{F}\left(\frac{1}{r}\right) \quad (18)$$

$$\mathcal{F}\left(\frac{1}{r}\right) = 2\pi G m \frac{e^{|k|(z_0 - z_1)}}{|k|} \quad (19)$$

Dimana :

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

U : Potensial Gayaberat

m : massa

G : Konstanta Gayaberat

r : Jarak

Berdasarkan kedua persamaan di atas maka diperoleh:

$$F\left(\frac{1}{r}\right) = 2\pi G m \frac{e^{|k|(z_0 - z_1)}}{|k|} \quad (20)$$

Transformasi Fourier anomali gayaberat pada lintasan yakni:

$$F(g_z) = 1 G m F\left(\frac{\partial}{\partial_z} \frac{1}{r}\right) \quad (21)$$

$$F(g_z) = G m \frac{\partial}{\partial_z} F\left(\frac{1}{r}\right) \quad (22)$$

$$F(g_z) = 2\pi G m e^{|k|(z_0 - z_1)} \quad (23)$$

Dimana:

g_z : Anomali Gayaberat

k : Bilangan Gelombang

z_0 : Ketinggian Titik Amat

z_1 : Kedalaman Benda Anomali

Jika distribusi densitas bersifat acak dan tidak ada korelasi antara masing-masing nilai gaya berat, maka $\mu = 1$ sehingga hasil transformasi Fourier anomali gaya berat menjadi :

$$A = Ce|k|(z_0 - z_1) \quad (24)$$

Dimana:

A : Amplitudo

C : Konstanta

Untuk memperoleh hubungan antara amplitudo (A) dengan bilangan gelombang (k) dan kedalaman ($z_0 - z_1$) dilakukan dengan melogaritmakan persamaan (22), sehingga bilangan gelombang k berbanding lurus dengan spectral amplitude.

$$\ln A = (z_0 - z_1)|k| + \ln C \quad (25)$$

Pada persamaan di atas dapat dianalogikan dalam persamaan garis lurus :

$$y = mx + c \quad (26)$$

Dimana $\ln A$ sebagai sumbu y , $|k|$ sebagai sumbu x , dan $(z_0 - z_1)$ sebagai kemiringan garis (gradien). Oleh karena itu, kemiringan garisnya merupakan kedalaman bidang dalam dan dangkal $|k|$ sebagai sumbu x didefinisikan 2π dengan bilangan gelombang yang besarnya dan satuannya cycle/meter, λ dengan λ adalah panjang gelombang. Dalam menganalisis kedalaman bidang dalam dan dangkal ini dapat menggunakan kurva $\ln A$ vs k seperti pada Gambar 8. Hubungan λ dengan Δx diperoleh dari persamaan:

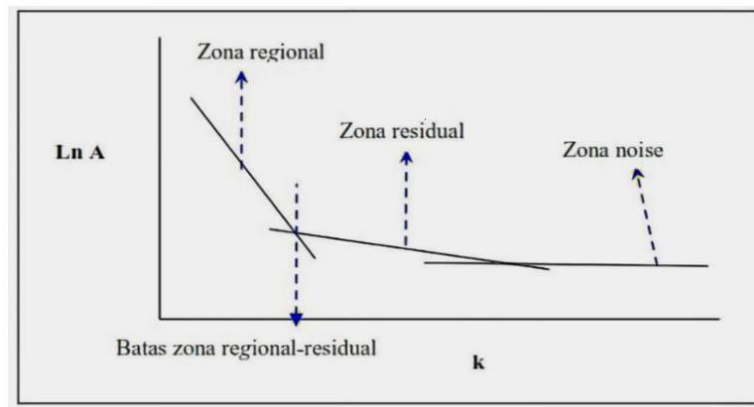
$$k = \frac{2\pi}{\lambda} = \frac{2\pi}{\lambda \Delta x} \quad (27)$$

Nilai λ sama dengan Δx , ada faktor lain pada Δx yang disebut konstanta pengali, sehingga $\lambda = N\Delta x$, konstanta N didefinisikan sebagai lebar jendela, jadi

lebar jendela dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$N = \frac{2\pi}{k_c} \quad (28)$$

Dimana Δx adalah domain spasi yang akan digunakan dalam transformasi Fourier, dan k_c adalah bilangan gelombang cutoff. Semakin besar nilai k , maka nilai frekuensi akan tinggi. Hubungan bilangan gelombang k dengan frekuensi f adalah $k = 2\pi f$, frekuensi yang sangat rendah berasal dari sumber anomali regional dan frekuensi tinggi berasal dari sumber anomali residual. Seperti yang terlihat pada Gambar 8.



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

3.7 First Horizontal Derivative

Horizontal derivative pada data anomali gayaberat dapat diartikan sebagai perubahan nilai anomali gayaberat dari satu titik ke titik lainnya dalam jarak tertentu. *Horizontal derivative* dari anomali gayaberat yang disebabkan oleh suatu bodi cenderung memperlihatkan batas tepi dari bodi tersebut. Dengan demikian, metode *horizontal derivative* dapat dimanfaatkan untuk menentukan lokasi batas kontak densitas horizontal dari data gayaberat (Cordell & Grauch, 1982). Metode ini dapat digunakan untuk menggambarkan struktur bawah permukaan baik yang dangkal maupun yang dalam. Untuk menghitung nilai FHD dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan berikut (Blakely, 1995):

$$FHD = \sqrt{\left(\frac{\partial g}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial g}{\partial y}\right)^2} \quad (29)$$

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

3.8 *Second Vertical Derivative*

Second Vertical Derivative (SVD) diterapkan untuk memunculkan efek dangkal dari pengaruh regionalnya yang digunakan dalam mendeteksi anomali yang diakibatkan oleh struktur. *Second Vertical Derivative* (SVD) ini diturunkan dari persamaan Laplace. Secara teoritis, metode ini diturunkan dari persamaan Laplace untuk anomali gayaberat di permukaan, yang persamaannya adalah sebagai berikut.

$$\nabla^2 \Delta g = 0 \quad (30)$$

atau:

$$\frac{\partial^2 \Delta g}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \Delta g}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \Delta g}{\partial z^2} = 0 \quad (31)$$

sehingga *second vertical derivative*-nya diberikan oleh:

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

Kemudian untuk persamaan data 1D atau (data penampang) perumusannya adalah sebagai berikut :

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

Nilai nol turunan kedua dari Anomali Bouguer sama diinterpretasikan sebagai kontak dari kontras densitas antar dua lapisan batuan, dimana kontak tersebut dapat dikatakan sebagai struktur patahan ataupun intrusi (Sarkowi, 2010).

3.9 *Inverse Modeling*

Inverse modeling merupakan suatu metode interpretasi dimana mekanisme

model untuk memperoleh kesesuaian antara data perhitungan dan data pengamatan dilakukan secara otomatis. Pada pemodelan inversi, satu atau lebih parameter model dapat dihitung secara otomatis dari data pengamatan sehingga menghasilkan respons yang sesuai. Pemodelan inversi sering disebut sebagai data *fitting* atau pencocokan data karena tahapannya melibatkan pencarian parameter model yang menghasilkan respons yang sesuai dengan data pengamatan (Grandis, 2009). Kesesuaian antara respons model dengan data pengamatan pada umumnya dinyatakan oleh suatu fungsi objektif yang harus diminimumkan. Proses pencarian nilai minimum fungsi objektif tersebut berkaitan dengan proses pencarian model yang optimum. Karakteristik minimum dari fungsi tersebut dimanfaatkan untuk pencarian parameter model. Secara umum, model dimodifikasi sedemikian rupa hingga respons model menjadi sesuai dengan data pengamatan (Sarkowi, 2014).

IV. METODOLOGI

4.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Waktu dan tempat penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Waktu : Desember 2025 s.d Mei 2026
- Tempat : Laboratorium Pengolahan dan Pemodelan Data Geofisika (PPDG), Jurusan Teknik Geofisika, Universitas Lampung
- Alamat : Laboratorium Terpadu Jurusan Teknik Geofisika Lt. 3 – Jl. Brojonegoro No. 1 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 3. Alat dan Bahan

No	Alat dan Bahan	Fungsi
1	Data Gayaberat GGMPlus	Data yang digunakan dalam pengolahan
2	Peta Lembar Geologi	Referensi geologi daerah penelitian dan peta yang digunakan yaitu Peta Geologi Lembar Kotaagung, Lampung
3	Data SHP Geologi	Referensi peta lokasi penelitian dan peta geologi

No	Alat dan Bahan	Fungsi
4	Data DEM	Referensi peta lokasi penelitian diunduh pada website: https://tanahair.indonesia.go.id/portal-web/unduh/demnas
5	Laptop	<i>Hardware</i> pengolahan data dan penyusunan laporan skripsi
6	<i>Software</i> Global Mapper 26.1	<i>Software</i> yang digunakan untuk mengambil data lokal dan data regional
7	<i>Software</i> QGIS 3.44.2	<i>Software</i> untuk pembuatan peta penelitian.
8	<i>Software</i> Geosoft Oasis Montaj	<i>Software</i> yang digunakan untuk melakukan koreksi medan serta melakukan pengolahan data mulai dari <i>grid</i> data sampai <i>derivative</i> .
9	<i>Software</i> Surfer	<i>Software</i> yang digunakan untuk mengolah data gayaberat yaitu membuat peta untuk melakukan Analisis Spektrum
10	<i>Software</i> Numeri	<i>Software</i> yang digunakan untuk analisis spektrum
11	<i>Microsoft Excel</i>	<i>Software</i> yang digunakan untuk melakukan pengolahan data gayaberat, menghitung nilai Ln A dan k dari hasil analisis spektrum pada Numeri
12	<i>Software</i> Grav3D	<i>Software</i> yang digunakan untuk membuat model 3D
13	<i>Software</i> Global Mapper	Membuat <i>area of interest</i> dari daerah penelitian

4.3 Prosedur Penelitian

Adapun prosedur penelitian yang dilakukan dalam Tugas Akhir ini Adalah sebagai berikut:

4.3.1 Studi Literatur

Studi literatur merupakan langkah awal yang dilakukan setelah menentukan topik penelitian dan dilaksanakan secara berkelanjutan hingga tahap akhir untuk mengumpulkan data serta informasi yang relevan. Studi literatur bertujuan memahami dasar-dasar teori yang mendukung penelitian melalui penelusuran berbagai sumber referensi seperti buku, jurnal ilmiah, skripsi, dan hasil penelitian terdahulu yang berkaitan dengan identifikasi struktur dan analisis bawah permukaan pada daerah prospek panas bumi. Pada tahap ini, penulis mempelajari mengenai stratigrafi, struktur geologi daerah penelitian, metodologi kerja, dan konsep dasar yang berkaitan dengan proses pengolahan data Gayabarat.

4.3.2 Koreksi Data

Koreksi data gayaberaat yang dilakukan diawali dengan koreksi lintang, menggunakan nilai latitude untuk memperoleh Gravitasi Normal. Selanjutnya, berdasarkan dari nilai gravitasi normal, *Gravity Observation* dan *Free Air Correction* (FAC) didapatkan nilai *Free Air Anomaly* (FAA). Kemudian mencari nilai *Terrain Correction* (TC) dengan menggunakan *Software* Global Mapper dengan menginput data DEM STRM Lampung dan melakukan pengolahan data menggunakan *Software* Oasis Montaj untuk mendapatkan nilai *Terrain Correction*. Koreksi selanjutnya yaitu *Bouguer Correction* dengan menggunakan data elevasi dan nilai densitas permukaan yang didapatkan dengan menggunakan metode parasnis dan nettleton.

4.3.3 Anomali Bouguer Lengkap

Anomali Bouguer Lengkap didapatkan dari tahapan sebelumnya yang telah dilakukan. Satuan dari nilai ABL adalah mGal. Selanjutnya lakukan proses *gridding* pada *Software* Surfer untuk mendapatkan kontur ABL.

4.3.4 Analisis Spektrum

Setelah memperoleh Anomali Bouguer Lengkap (ABL), langkah selanjutnya yaitu melakukan analisis spektrum yang digunakan untuk mengetahui lebar jendela. Tahapan yang dilakukan yaitu membuat beberapa lintasan hingga mendapatkan data jarak dan nilai anomali. Selanjutnya data tersebut dibuka di excel agar memiliki interval yang seragam dan masukkan pada *Software* Numeri. Kemudian hasil tersebut dibuka kembali pada excel untuk di hitung nilai Amplitudo (A), $\ln A$, nilai bilangan gelombang (K), dan buat grafiknya. Pada grafik tersebut lakukan pemisahan zona regional, zona residual dan noise. Selanjutnya lakukan perhitungan tiap lintasan dan akan mendapatkan rata rata lebar jendela.

4.3.5 Pemisahan Anomali Regional dan Residual

Pemisahan anomali regional dan residual dilakukan dengan menggunakan filter *moving average* berdasarkan hasil analisis spektrum. Sumber yang berada pada kedalaman lebih dalam akan menghasilkan gelombang dengan frekuensi rendah yang disebut sebagai anomali regional, sedangkan sumber dangkal menghasilkan frekuensi tinggi yang mencerminkan anomali residual. *Software* yang digunakan yaitu *Software Surfer* dengan data ABL yang kemudian dilakukan filter *moving average* dan menggunakan *low pass filter*. Setelah itu masukkan nilai lebar jendela maka akan mendapatkan anomali regional. Anomali residual didapatkan melalui pengurangan nilai anomali regional dengan nilai ABL.

4.3.6 *First Horizontal Derivative (FHD)* dan *Second Vertical Derivative (SVD)*

Proses *First Horizontal Derivative* (FHD) dan *Second Vertical Derivative* (SVD) menggunakan *Software* Oasis Montaj dilakukan melalui beberapa tahapan yaitu dengan mengimpor data anomali residual ke perangkat lunak. Kemudian dilakukan grid, setelah grid terbentuk, lakukan perhitungan *First Horizontal Derivative* (FHD) dan *Second Vertical Derivative* (SVD) pada *Software* Oasis Montaj. Hasil perhitungan tersebut selanjutnya ditampilkan dalam bentuk peta dan membantu mengidentifikasi struktur geologi. Peta *First Horizontal Derivative* (FHD) menonjolkan perubahan nilai anomali secara lateral sehingga batas struktur geologi seperti sesar, rekahan, maupun kontak litologi dapat teridentifikasi dengan

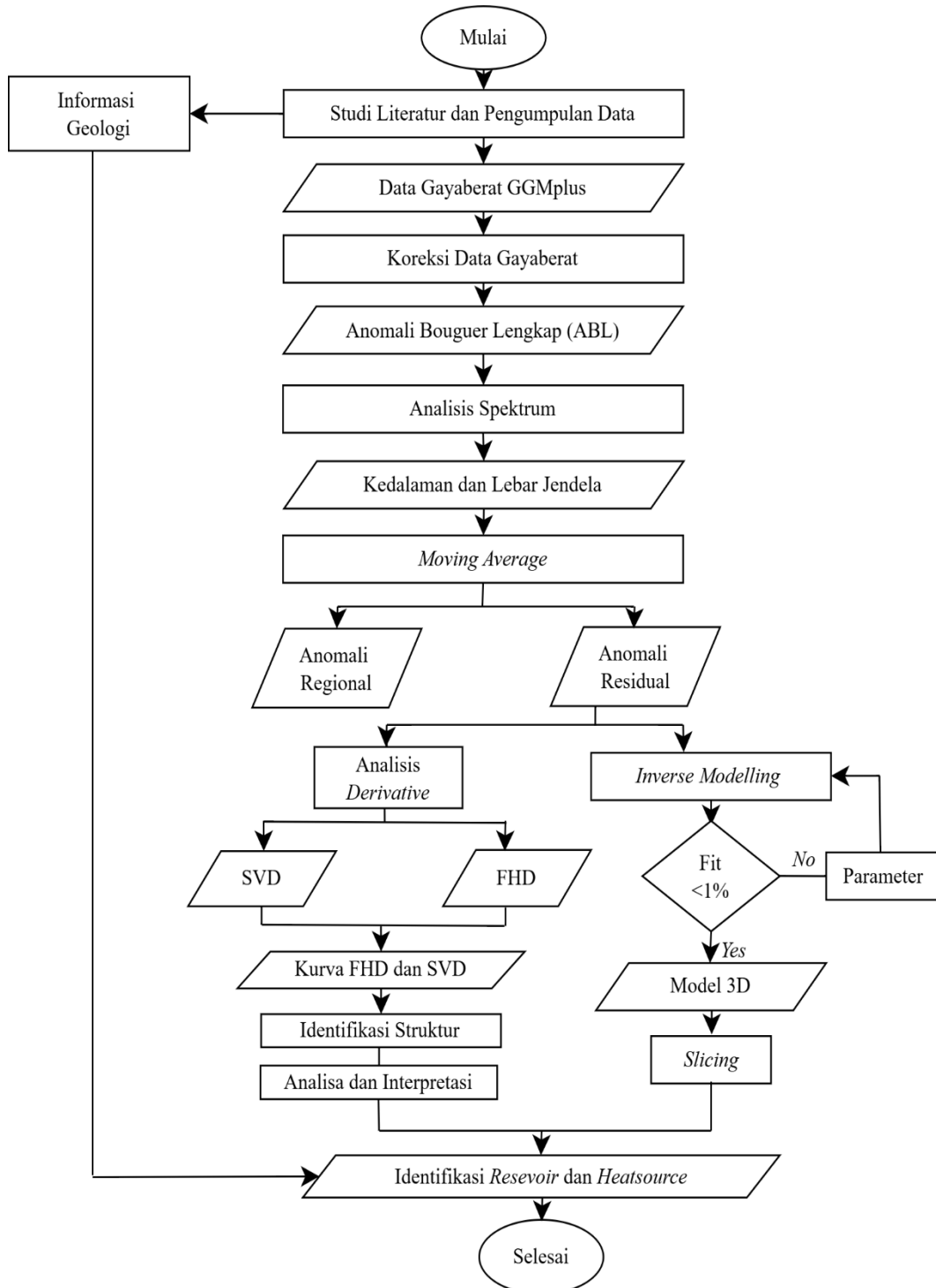
jelas. Sedangkan peta *Second Vertical Derivative* (SVD) membantu memperjelas keberadaan anomali dangkal dan mempertegas kontras antar struktur bawah permukaan.

4.3.7 Pemodelan Bawah Permukaan

Pemodelan bawah permukaan pada penelitian ini dilakukan menggunakan pendekatan inverse modelling dalam tiga dimensi (3D) untuk merepresentasikan distribusi densitas berdasarkan data gaya berat dengan bantuan *Software* Grav3D. Pemodelan 3D dilakukan menggunakan Grav3D untuk memperoleh gambaran distribusi densitas bawah permukaan berdasarkan data anomali gravitasi. Proses diawali dengan pembuatan model blok 3D sesuai sebaran titik pengukuran, penentuan parameter awal seperti densitas referensi dan batas toleransi kesalahan. Hasilnya berupa model 3D distribusi densitas yang divisualisasikan dalam bentuk penampang dan tampilan tiga dimensi sebagai dasar interpretasi geologi bawah permukaan.

4.5 Diagram Alir

Adapun diagram alir yang digunakan dalam penelitian seperti Gambar 8.



Gambar 8. Diagram Alir Penelitian

VI. KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Adapun kesimpulan pada penelitian ini sebagai berikut:

1. Berdasarkan analisis *derivative* daerah penelitian terdapat dua sesar utama berarah barat–timur yang berasosiasi dengan struktur kaldera, serta beberapa sesar prediksi berarah barat laut–tenggara yang tersebar di sekitar daerah penelitian. Sesar-sesar tersebut berkorelasi dengan keberadaan mata air panas dan gunung api, mengindikasikan bahwa sesar berperan sebagai jalur permeabilitas fluida panas bumi menuju permukaan.
2. Model distribusi densitas 3D dengan kedalaman 2000 meter menunjukkan nilai persebaran densitas berkisar antara rentang 2 gr/cc sampai 2,9 gr/cc. Kemudian analisis *derivative* dibandingkan dengan penampang *slicing* model 3D untuk dapat mengidentifikasi sesar pada daerah penelitian.
3. Berdasarkan dari analisis *derivative* dan model 3D menunjukkan *reservoir* dibawah manifestasi dan berada didekat manifestasi serta puncak gunung Sekincau dengan densitas berkisar dari 1,9 gr/cc hingga 2,2 gr/cc.
4. Berdasarkan model distribusi densitas dengan kedalaman dan dari peta anomali regional diindikasikan bahwa *heatsource* berada pada tengah daerah penelitian yang meliputi manifestasi, dan puncak gunung Sekincau yang diperkirakan kedalaman *heatsource* berada lebih dari 3km.

6.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian, disarankan menggunakan metode geofisika lainnya seperti Metode MEQ (*micro-earthquake*) mengidentifikasi *reservoir* dan *heatsource*, dan geokimia untuk mengetahui suhu dan jenis *reservoir* daerah penelitian. Serta metode lainnya untuk menggambarkan kondisi bawah permukaan yang lebih detail di daerah panasbumi Sekincau, Lampung Barat.

DAFTAR PUSTAKA

- Brotopuspito, K. S. (2001). *Teori dan aplikasi metode gravitasi*. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.
- Cordell, L., & 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>
- Ditjen EBTKE. (2017). *Buku Potensi Panas bumi Jilid 1*. Direktorat Panas Bumi.
- Djudjun, A. (2005). Penyelidikan Gaya Berat Daerah Panas Bumi Sipoholon Tarutung Kabupaten Tapanuli Utara Provinsi Sumatera Utara. *Pemaparan Hasil Kegiatan Lapangan Subdit Panas Bumi*. Pusat Sumber Daya Geologi. Bandung.
- Garini, S. A. (2014). Relokasi Hiposenter Gempa Bumi di Sulawesi Tengah dengan Menggunakan Metode Geiger Dan Coupled Velocity-Hypocenter. *Inovasi Fisika Indonesia*, 3(2). <https://doi.org/10.26740/ifi.v3n2>
- Grandis, H. (2009). Pengantar pemodelan inversi geofisika. *Himpunan Ahli Geofisika Indonesia (HAGI)*, 1-186.
- Hendrasto, F., Hutasoit, L., Kusuma, S. B., dan Sapiie, B. (2018). Penerapan Model Nreca pada Daerah Resapan Lapangan Panas bumi Wayang Windu, Jawa Barat. *Riset Geologi dan Pertambangan*, 28(1).
<https://doi.org/10.14203/risetgeotam2018.v28.428>.

- Hidayatika, A., Utami, P., Suharno, & Amukti, R. (2015). Analysis of thermal manifestation in Suoh, West Lampung, Indonesia. In *Proceedings of the World Geothermal Congress 2015*
- Hinze, W. J., von Frese, R. R. B., dan Saad, A. H. (2013). *Gravity and Magnetic Exploration: Principles, Practices, and Applications*. Cambridge University Press.
- Hochstein, M. P., & Browne, P. R. (2000). Surface manifestations of geothermal systems with volcanic heat sources. *Encyclopedia of volcanoes*, 1, 835-855.
- Indrawati, L. D., Indriana, R. D., & Nurwidyanto, M. I. (2020). Comparative Study on Separation of Regional and Residual Magnetic Anomalies Using the Upward Continuation, Moving Average, and Polynomial Methods. *Journal of physics and Its Applications*, 2(2), 90-93.
- Iqbal, M., & Juliarka, B. R. (2019). Analisis Kerapatan Kelurusan (Lineament Density) sebagai indikator tingkat permeabilitas di Lapangan Panas bumi Suoh-Sekincau, Lampung. *Journal of Science and Applicative Technology*, 3(2), 61-67. <https://doi.org/10.35472/jsat.v3i2.212>
- Kadir, W. G. A. (2000). Eksplorasi Gaya Berat dan Magnetik. *Jurusan Teknik Geofisika, Fakultas Ilmu Kebumihan dan Teknologi Mineral, Institut Teknologi Bandung*.
- Longman, I. M. (1959). Formulas for computing the tidal accelerations due to the moon and the sun. *Journal of Geophysical Research*, 64(12), 2351-2355. <https://doi.org/10.1029/JZ064i012p02351>
- Murbanendra, B. W. (2016). Identifikasi Panas Bumi Di Gedongsongo Menggunakan Metode Magnetik. Skripsi. Semarang: Universitas Negeri Semarang.
- Parapat, J. (2018). Analisis dan Pemodelan Inversi 3D Struktur Bawah Permukaan Daerah Panas Bumi Sipoholon Berdasarkan Data Gaya Berat. Skripsi. Institute Teknologi Sepuluh Nopember.

- Putra, N. S., Arman, Y., & Zulfian, Z. (2021). Identifikasi Struktur Bawah Permukaan Daerah Potensi Panas Bumi Pada Lembar Kota Agung Menggunakan Data Global Gravity Model Plus (GGMplus). *Prisma Fisika*, 9(2), 183-189.
- Reynolds JM. 1997. *An Introduction to Applied And Environmental Geophysics*. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Rosid, S. (2005). *Gravity Method in Exploration Geophysics*. Universitas Indonesia, Depok.
- Saputri, A. N. (2023). Analisis potensi panas bumi Suoh menggunakan metode analytical hierarchy process (AHP). Skripsi. Universitas Lampung.
- Sarkowi, M. (2007). Gaya berat 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., & Jewett, J. W. (2009). *Fisika untuk sains dan teknik*. Jakarta: Salemba Teknika.
- Setiadi, I., Setiawan, A., & Iskandar, M. A. S. (2023). Interpretasi Geologi Cekungan Singkawang, Kalimantan Barat, Berdasarkan Analisis Data Gayaberat dan Seismik. *Jurnal Geologi dan Sumberdaya Mineral*, 24(2), 59-70. <https://doi.org/10.33332/jgsm.geologi.v24i2.728>.
- Sihombing, R. B., & Rustadi, R. (2018). Pemodelan Dan Analisa Struktur Bawah Permukaan Daerah Prospek Panas bumi Kepahiang Berdasarkan Metode Gayaberat. *JGE (Jurnal Geofisika Eksplorasi)*, 4(2), 159-172. <https://doi.org/10.23960/jge.v4i2.14>
- Susilawati. (2005). *Pemodelan Metode Gayaberat*. Departemen Fisika FMIPA Universitas Indonesia.

- Susilo, A., & Sulastomo, G. (2014). Identifikasi Sesar di Daerah Pongkor Bogor Jawa Barat Dengan Menggunakan Metode Gayaberat. Doctoral Dissertation. Brawijaya University.
- Syamsuriadi. (2013). Penentuan Struktur Bawah Permukaan Kota Makassar dengan Menggunakan Metode Gaya Berat (Gravity). Skripsi. Universitas Hasanudin.
- T. C. Amin, S. Sidarto, S. Santosa dan W. Gunawan, "Peta Geologi Lembar Kotaagung, Sumatera skala 1:250.000," Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung, 2010.
- Telford, W.M., Geldart, L.P. dan Sheriff, R.E. (1990). *Applied Geophysics Second Edition*. Cambridge University Press. Cambridge.
- Torkis, R. (2012). Analisa dan Pemodelan Struktur Bawah Permukaan Berdasarkan Metode Gaya Berat di Daerah Prospek Panas Bumi Gunung Lawu. Skripsi. Universitas Indonesia.
- Wahyuningsih, R. (2005). Potensi dan wilayah kerja pertambangan panas bumi di Indonesia. *Kolokium Hasil Lapangan. Badan Geologi: Bandung*.
- White, D. E. (1973). Characteristics of geothermal resources. In P. Kruger & C. Otte (Eds.), *Geothermal energy: Resources, production, stimulation* (pp. 70–75). Stanford University Press.
- Zaenudin, A., Karyanto, K., Kurniasih, A., & Wibowo, R. C. (2021). Analisis Struktur Patahan Daerah Suoh Menggunakan Metode Gaya Berat dan Penentuan Kerapatan Patahan. *Positron*, 11(2), 95-103. <https://doi.org/10.26418/positron.v11i2.48461>
- Curry, J. R. (1989). The Sunda Arc: a model for oblique plate convergence. *Netherlands Journal of Sea Research*, 24(2-3), 131-140.
- Sugiharta, A., Elny, Sumaedi, Lihu, I. J., Tatang, Aminuddin, A. H., and Winarti, S. (2016): *Buku Informasi Pemanfaatan Jasa Lingkungan Panas Bumi di*

Hutan Konservasi, Direktorat Pemanfaatan Jasa Lingkungan Hutan
Konservasi, Bogor.