

**IDENTIFIKASI STRUKTUR PATAHAN BERDASARKAN
ANALISIS *FAULT FRACTURE DENSITY* (FFD) DEM ALOS
PALSAR SERTA ANALISIS *DERIVATIVE* DAN PEMODELAN
2D GAYABERAT DAERAH GUNUNG RAJABASA,
LAMPUNG SELATAN**

(Skripsi)

Oleh

**Rafika Dewi
1815051021**



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2023**

**IDENTIFIKASI STRUKTUR PATAHAN BERDASARKAN
ANALISIS *FAULT FRACTURE DENSITY* (FFD) DEM ALOS
PALSAR SERTA ANALISIS *DERIVATIVE* DAN PEMODELAN
2D GAYABERAT DAERAH GUNUNG RAJABASA,
LAMPUNG SELATAN**

Oleh
RAFIKA DEWI

Skripsi

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

Pada

**Jurusan Teknik Geofisika
Fakultas Teknik Universitas Lampung**



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2023**

ABSTRAK

IDENTIFIKASI STRUKTUR PATAHAN BERDASARKAN ANALISIS *FAULT FRACTURE DENSITY* (FFD) DEM ALOS PALSAR SERTA ANALISIS *DERIVATIVE* DAN PEMODELAN 2D GAYABERAT DAERAH GUNUNG RAJABASA, LAMPUNG SELATAN

Oleh

Rafika Dewi

Gunung Rajabasa merupakan salah satu gunung api yang terletak di Kabupaten Lampung Selatan, Provinsi Lampung. Gunung Rajabasa memiliki potensi panas bumi yang ditandai dengan adanya manifestasi mata air panas, fumarol, dan tanah hangat. Munculnya manifestasi disebabkan oleh adanya struktur patahan/sesar, sehingga fluida hidrotermal dapat keluar sampai ke permukaan bumi. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi struktur patahan/sesar berdasarkan metode FFD pada peta sebaran kelurusan DEM, analisis *derivative* gayaberat FHD dan SVD serta korelasinya terhadap peta geologi daerah penelitian, dan mengidentifikasi struktur bawah permukaan berdasarkan pemodelan 2D gayaberat. Pengolahan metode FFD dengan data *digital elevation model* (DEM) ALOS PALSAR memberikan informasi mengenai kerapatan kelurusan/*lineament* yang berasosiasi dengan patahan/sesar. Pengolahan metode gayaberat menggunakan data sekunder berupa anomali *Bouguer* lengkap (ABL). Pada peta sebaran kelurusan DEM digunakan sudut *azimuth* 0°, 45°, 90°, dan 135°. Didapatkan hasil bahwa sudut *azimuth* 45° adalah paling selaras dengan patahan/sesar geologi daerah penelitian yaitu berarah barat laut – tenggara. Pada hasil analisis FFD serta analisis *derivative* FHD dan SVD, diidentifikasi adanya patahan berarah barat laut – tenggara. Berdasarkan model 2D gayaberat, diidentifikasi terdapat beberapa patahan pada daerah reservoir. Terdapat litologi tuf, tuf riolitik, batulempung, batupasir, basal, dan andesit. Tuf lapili dan andesit ditemukan pada manifestasi Gunung Botak dan terdapat tuf pada manifestasi Way Simpur.

Kata kunci : FFD, FHD, gayaberat, Gunung Rajabasa, kelurusan, manifestasi, patahan, SVD

ABSTRACT

FAULT STRUCTURE IDENTIFICATION BASED ON FAULT FRACTURE DENSITY (FFD) ANALYSIS OF ALOS PALSAR DEM, DERIVATIVE ANALYSIS, AND 2D GRAVITY MODELING OF MOUNT RAJABASA, LAMPUNG SELATAN

By

Rafika Dewi

Mount Rajabasa is a volcano located in South Lampung Regency, Lampung Province. Mount Rajabasa has geothermal potential which is characterized by the manifestation of hot springs, fumaroles and warm soil. The appearance of the manifestation is caused by the existence of a fault structure, so that the hydrothermal fluid can escape to the surface of the earth. This study aims to identify fault structures based on the FFD method on the DEM lineaments distribution map, FHD and SVD derivative analysis of gravity and their correlation to the geological map of the study area, and identify subsurface structures based on 2D gravity modeling. Processing of the FFD method with ALOS PALSAR digital elevation model (DEM) data provides information about the lineament density associated with faults. Gravity method processing uses secondary data in the form of complete Bouguer anomaly (ABL). On the DEM alignment map, azimuth angles of 0°, 45°, 90°, and 135° are used. The results show that the azimuth angle of 45° is most aligned with the geological fault in the study area, which is northwest-southeast. Based on the results of the FFD analysis and the derivative analysis of FHD and SVD, a fault trending northwest - southeast is identified. Based on the 2D gravity model using the Talwani method, several faults were identified in the reservoir area. There are tuff, rhyolitic tuff, claystone, sandstone, basalt, and andesite. Lapilli tuff and andesite are found in the Botak Mountain manifestation and there are tuff stones in the Way Simpung manifestation.

Keywords : FFD, FHD, gravity, Mount Rajabasa, lineament, manifestation, fault, SVD

Judul Skripsi : **IDENTIFIKASI STRUKTUR PATAHAN BERDASARKAN ANALISIS *FAULT FRACTURE DENSITY (FFD)* DEM ALOS PALSAR SERTA ANALISIS *DERIVATIVE* DAN PEMODELAN 2D GAYABERAT DAERAH GUNUNG RAJABASA, LAMPUNG SELATAN**

Nama Mahasiswa : **Rafika Dewi**

Nomor Pokok Mahasiswa : **1815051021**

Program Studi : **Teknik Geofisika**

Fakultas : **Teknik**



MENYETUJUI,

1. Komisi Pembimbing

Pembimbing I

Pembimbing II

Dr. Ir. Nandi Haerudin, S.Si., M.Si.
NIP. 19750911 200012 1002

Rahmi Mulyasari, M.T
NIP. 19910207 201803 2001

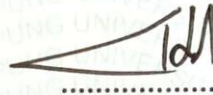
2. Ketua Jurusan Teknik Geofisika

Karyanto, S.Si., M.T.
NIP. 19691230 199802 1001

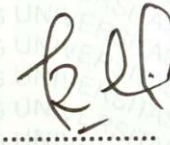
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua : **Dr. Ir. Nandi Haerudin, S.Si., M.Si.**



Sekretaris : **Rahmi Mulyasari, M.T.**



Anggota : **Ir. Syamsurijal Rasimeng, S.Si., M.Si.**



2. Dekan Fakultas Teknik

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



Tanggal Ujian Skripsi : 27 Maret 2023

PERNYATAAN

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

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

Bandar Lampung, 30 Maret 2023

Penulis



Rafika Dewi
NPM. 1815051021

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



Rafika Dewi, lahir di Bandar Lampung pada tanggal 9 Januari 2001. Anak pertama dari dua bersaudara, dari pasangan Bapak Armiandy dan Ibu Nuraini. Penulis telah menempuh pendidikan Sekolah Dasar di SD Negeri 1 Gulak-Galik yang telah diselesaikan pada tahun 2012. Melanjutkan pada jenjang Sekolah Menengah Pertama di SMP Negeri 9 Bandar Lampung yang telah diselesaikan pada tahun 2015, dan kemudian menempuh pendidikan Sekolah Menengah Atas di SMA Negeri 2 Bandar Lampung yang telah diselesaikan pada tahun 2018.

Pada tahun 2018 penulis melanjutkan pendidikan di perguruan tinggi negeri, tepatnya di Jurusan Teknik Geofisika, Fakultas Teknik, Universitas Lampung. Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif di berbagai kegiatan organisasi, baik secara internal di lingkungan jurusan maupun secara eksternal, antara lain: Bendahara umum Himpunan Mahasiswa Geofisika Indonesia (HMGI) Wilayah I pada periode 2020/2021 dan 2021/2022. Anggota Biro Dana dan Usaha HIMA TG Bhuwana Teknik Geofisika Universitas Lampung pada periode 2019/2020 dan 2020/2021. Anggota Divisi *Education Society of Exploration Geophysicists* (SEG SC Universitas Lampung) pada periode 2021/2022. Bendahara pelaksana *event* nasional GWES (*Geophysics Whiz Event and Seminar*) ke-7 pada tahun 2021. Asisten Koordinator Divisi Dana dan Usaha *event* nasional GWES (*Geophysics Whiz Event and Seminar*) ke-6 pada tahun 2020.

Dalam bidang keilmuan dan akademik penulis melakukan publikasi jurnal dengan judul “Penerapan *Weighted Overlay* Pada Pemetaan Tingkat Probabilitas Zona Rawan Longsor di Kabupaten Sumedang, Jawa Barat” pada tahun 2020. Kemudian pada tahun 2021 penulis melakukan publikasi jurnal dengan judul “Komparasi Luas Tutupan Lahan di Kota Bandar Lampung Berdasarkan Algoritma NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) dan EVI (*Enhanced Vegetation Index*)”. Kedua jurnal tersebut telah terbit dalam Jurnal *Geosains dan Remote Sensing* (JGRS).

Pada tahun 2021 penulis melaksanakan Kerja Praktik (KP) di Jurusan Teknik Geofisika Unila dengan judul “**Identifikasi Struktur Patahan Berdasarkan Analisis *Fault Fracture Density* (FFD) DEM ALOS PALSAR dan Analisis *Second Vertical Derivative* (SVD) Gayaberat TOPEX Daerah Gunung Rajabasa, Lampung Selatan**”. Pada akhir masa studi penulis melakukan penelitian Tugas Akhir untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik dengan judul “**Identifikasi Struktur Patahan Berdasarkan Analisis *Fault Fracture Density* (FFD) DEM ALOS PALSAR serta Analisis *Derivative* dan Pemodelan 2D Gayaberat Daerah Gunung Rajabasa, Lampung Selatan**”.

PERSEMBAHAN

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

ALLAH SWT

IBU DAN AYAH TERCINTA

NURAINI

&

ARMIANDY

Selalu mendoakan, memberikan dukungan, kasih sayang, dan pengorbanan disetiap langkah Ika. Terimakasih selalu mengapresiasi tiap hal kecil yang Ika capai. Sehat dan bahagia selalu ibu dan ayah.

KAKEK TERCINTA

SANIP

Yang tiada henti-hentinya mendoakan untuk kelancaran dan kemudahan disetiap langkahku. Sehat selalu kakek kesayanganku.

ADIK TERCINTA

PIKO WIRA LAGA

Yang telah memberikan doa, semangat, dan dukungan.

Keluarga Besar Teknik Geofisika Universitas Lampung

*“Do Your Best, Then You Will Get the Best at the
Best Time”
Rafika Dewi*

KATA PENGANTAR

Puji syukur Alhamdulillah penulis panjatkan atas kehadiran Allah SWT karena berkat Rahmat dan Hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi dengan judul “**IDENTIFIKASI STRUKTUR PATAHAN BERDASARKAN ANALISIS *FAULT FRACTURE DENSITY* (FFD) DEM ALOS PALSAR SERTA ANALISIS *DERIVATIVE* DAN PEMODELAN 2D GAYABERAT DAERAH GUNUNG RAJABASA, LAMPUNG SELATAN**”. Penulisan skripsi ini bertujuan sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Geofisika, Fakultas Teknik Universitas Lampung. Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dan mendukung dalam proses penyusunan skripsi ini. Penulis menyadari bahwa terdapat beberapa kekurangan dalam penyusunan skripsi ini. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kesediaannya untuk memberikan saran dan kritik yang dapat membangun sebagai bahan evaluasi kedepannya. Penulis berharap, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi rekan-rekan pembaca baik dari kalangan akademisi maupun umum dalam pengembangan keilmuan.

Bandar Lampung, 30 Maret 2023

Penulis



Rafika Dewi
NPM. 1815051021

SANWACANA

Puji dan syukur penulis panjatkan atas rahmat dan karunia Allah SWT, yang telah melimpahkan nikmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi ini dengan baik. Shalawat serta salam semoga selalu tercurah kepada suri tauladan Rasulullah Muhammad SAW beserta para sahabatnya dan kita selaku umatnya akhir zaman.

Skripsi ini berjudul **“IDENTIFIKASI STRUKTUR PATAHAN BERDASARKAN ANALISIS *FAULT FRACTURE DENSITY* (FFD) DEM ALOS PALSAR SERTA ANALISIS *DERIVATIVE* DAN PEMODELAN 2D GAYABERAT DAERAH GUNUNG RAJABASA, LAMPUNG SELATAN”** merupakan skripsi dari penelitian yang dilakukan penulis untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik di Jurusan Teknik Geofisika, Fakultas Teknik, Universitas Lampung.

Penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi ini tidak lepas dari dukungan dan bantuan dari berbagai pihak. Untuk itu pada kesempatan ini penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Kedua orang tuaku yang tercinta, yaitu Ibu Nuraini dan Ayah Armiandy yang selalu mendoakan, memberi kasih sayang, semangat, dukungan, motivasi, dan kekuatan disetiap langkah penulis. Terimakasih atas segalanya yang telah diberikan kepadaku ibu dan ayah.
2. Kakek tersayang, yaitu Bapak Sanip yang menjadi bagian penting dalam proses kehidupanku. Terimakasih atas segala doa yang tiada henti-hentinya.
3. Adik satu-satunya yang tersayang, yaitu Piko Wira Laga yang selalu menjadi teman dalam suka dan duka, selalu memberi semangat dan dukungan.

4. *Myself, thank you for always trying to give the best in everything you do. Thank you for working hard until now, enthusiasm for the next step. You are great and you can do it.*
5. Mak Uwo dan Uni Luthfi, *who have been an important part of my life to this day. Thank you so much for providing support, encouragement, and also prayers at every step of my education. Always healthy and happy Mak Uwo and Uni Luthfi.*
6. Bapak Karyanto, S.Si., M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Geofisika Universitas Lampung.
7. Bapak Dr. Ir. Nandi Haerudin, S.Si., M.Si., selaku dosen Pembimbing I yang telah banyak meluangkan waktu, memberikan arahan, masukan, dan koreksi dalam pengerjaan skripsi ini.
8. Ibu Rahmi Mulyasari, M.T., selaku dosen Pembimbing II yang telah banyak meluangkan waktunya, menjadi tempat berdiskusi dan berkeluh kesah tentang kesulitan dalam proses pengerjaan skripsi ini, memberikan koreksi dan masukan pada pengerjaan skripsi ini.
9. Bapak Ir. Syamsurijal Rasimeng, S.Si., M.Si., selaku dosen penguji yang telah meluangkan waktunya untuk memberikan masukan dan saran atas skripsi ini, sehingga menjadikan skripsi ini menjadi lebih baik.
10. Bapak I Gede Boy Darmawan, S.Si., M.Eng., selaku dosen Pembimbing Lapangan Kerja Praktik yang telah banyak meluangkan waktu untuk berdiskusi, memberikan arahan, dalam pengerjaan laporan kerja praktik hingga skripsi ini.
11. Segenap dosen-dosen Jurusan Teknik Geofisika Universitas Lampung yang saya hormati dan terima kasih atas semua ilmu yang diberikan dan terimakasih kepada staf akademik Jurusan Teknik Geofisika.
12. *Big thanks to 1855051009, who has helped and accompanied me a lot to get through all the difficulties in completing this research. Always ready as a place for discussion, always giving encouragement, praying, and always appreciating my achievements. Until finally I can get to this point.*
13. Sahabat dan teman-teman terdekatku, yaitu Adila, Cinde, dan Sebrina yang telah banyak membantu saat penelitian di lapangan, membantu dan menemani

setiap seminar, menjadi tempat berkeluh kesah saling memberikan semangat, motivasi, dan doa.

14. Teman-teman kontrakan abah, yaitu Fira, Pitry, Mila, Rima, Berlian, dan Prita telah memberi banyak dukungan dan semangat selama masa perkuliahan.
15. Teman seperjuangan dalam mengerjakan skripsi, yaitu Nurul dan Ikram yang telah banyak membantu dan menemani saat penelitian di lapangan, serta Rindy dan Arnas telah menjadi tempat berdiskusi dan saling memberikan semangat.
16. Keluarga Teknik Geofisika 2018 “TGasak” terimakasih sudah berbagi cerita, kebersamaan, dan pengalaman semasa perkuliahan ini. Sukses untuk semuanya.
17. Serta semua orang baik yang terlibat secara langsung dan tidak langsung dalam proses pembuatan skripsi ini, penulis mengucapkan banyak terima kasih.

Bandar Lampung, 30 Maret 2023

Penulis



Rafika Dewi

NPM. 1815051021

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK	ii
ABSTRACT	iii
PERSETUJUAN.....	iv
PENGESAHAN.....	v
PERNYATAAN.....	vi
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	vii
PERSEMBAHAN.....	ix
KATA PENGANTAR.....	xi
SANWACANA	xii
DAFTAR ISI.....	xv
DAFTAR GAMBAR.....	xviii
DAFTAR TABEL.....	xx
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.....	4
2.1. Lokasi Daerah Penelitian	4
2.2. Geologi Daerah Gunung Rajabasa.....	4
2.2.1. Fisiografi Daerah Gunung Rajabasa.....	4
2.2.2. Stratigrafi Gunung Rajabasa.....	7
2.2.3. Struktur Geologi Gunung Rajabasa.....	10
2.3 Penelitian Terdahulu Gunung Rajabasa.....	12

III. TEORI DASAR.....	18
3.1. Metode Gayaberat.....	18
3.2. Konsep Dasar Metode Gayaberat	18
3.2.1. Gayaberat Newton	18
3.2.2. Percepatan Gayaberat	19
3.3. Rapat Massa Batuan (Densitas Batuan).....	20
3.4. Anomali <i>Bouguer</i>	21
3.5. Analisis Spektrum.....	22
3.6. Filter <i>Moving Average</i>	25
3.7. <i>First Horizontal Derivative</i> (FHD).....	27
3.8. <i>Second Vertical Derivative</i> (SVD).....	27
3.9. Pemodelan Ke Depan (<i>Forward Modelling</i>) Metode Gayaberat.....	29
3.10. Citra Radar.....	30
3.11. <i>Digital Elevation Model</i> (DEM).....	31
3.12. <i>Hillshade/Shaded Relief</i>	32
3.13. Kelurusan (<i>Lineament</i>)	33
3.14. Algoritma Kelurusan (<i>Lineament Algorithm</i>).....	35
3.15. Diagram <i>Rose</i>	35
3.16. Densitas Kelurusan	36
3.17. Patahan/Sesar.....	36
3.18. <i>Fault Fracture Density</i> (FFD).....	37
IV. METODE PENELITIAN	38
4.1. Tempat dan Waktu Penelitian.....	38
4.2. Alat dan Bahan.....	39
4.3. Prosedur Penelitian	39
4.3.1. Pengumpulan Data.....	39
4.3.2. Pengolahan Data DEM ALOS PALSAR	40
4.3.3. Pengolahan Data Gayaberat.....	43
4.4. Diagram Alir	47
V. HASIL DAN PEMBAHASAN	49
5.1. Data <i>Digital Elevation Model</i> (DEM) Daerah Gunung Rajabasa.....	49
5.1.1. <i>Hillshade</i> Data DEM Daerah Gunung Rajabasa.....	51

5.1.2. Kelurusan (<i>lineament</i>) Daerah Gunung Rajabasa.....	56
5.1.3. <i>Fault Fracture Density</i> (FFD) Daerah Gunung Rajabasa	61
5.1.4. Hubungan Arah Kelurusan dengan Patahan/Sesar Utama Daerah Gunung Rajabasa	69
5.2. Data Gayaberat Daerah Gunung Rajabasa.....	72
5.2.1. Anomali <i>Bouguer</i> Lengkap Daerah Gunung Rajabasa.....	72
5.2.2. Analisis Spektrum Daerah Gunung Rajabasa.....	75
5.2.3. Grafik Lintasan Analisis Spektrum Daerah Gunung Rajabasa.....	76
5.2.4. Pemisahan Anomali Regional dan Anomali Residual Gayaberat Daerah Gunung Rajabasa.....	80
5.2.4.1. Anomali Regional Gayaberat Daerah Gunung Rajabasa..	81
5.2.4.2. Anomali Residual Gayaberat Daerah Gunung Rajabasa...	82
5.2.5. Identifikasi Struktur Patahan Daerah Gunung Rajabasa	84
5.2.5.1. <i>First Horizontal Derivative</i> (FHD) Daerah Gunung Rajabasa.....	84
5.2.5.2. <i>Second Vertical Derivative</i> (SVD) Daerah Gunung Rajabasa.....	86
5.2.6. Analisis <i>Derivative</i> Gayaberat Daerah Gunung Rajabasa	88
5.2.7. <i>Forward Modelling</i> (2D) Gayaberat Daerah Gunung Rajabasa.....	95
5.3. Komparasi Patahan Berdasarkan FFD dan Gayaberat	100
5.4. Observasi di Lapangan Panas Bumi Gunung Rajabasa	102
VI. KESIMPULAN	107
6.1. Kesimpulan	107
6.2. Saran	107
DAFTAR PUSTAKA	109

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Peta lokasi daerah penelitian.....	5
2. Tatanan fisiografi daerah Gunung Rajabasa.	6
3. Tatanan geologi daerah penelitian	8
4. Peta geologi daerah penelitian	9
5. Peta struktur geologi regional Sumatera	11
6. Gaya tarik menarik antara dua buah benda	19
7. Kurva Ln A terhadap K.....	25
8. Model 2D lintasan C-D daerah panas bumi Barru	29
9. DEM ALOS PALSAR Wadi M’Goun Watershed, Morocco	32
10. Pola kelurusan pada <i>hillshade/shaded relief</i>	34
11. Diagram alir penelitian.....	48
12. DEM ALOS PALSAR (a) <i>Scene AP_10627_FBS_F7070_RT1</i> (b) dan <i>Scene AP_13982_FBD_F7060_RT1</i>	49
13. Peta <i>digital elevation model</i> (DEM) ALOS PALSAR Gunung Rajabasa	50
14. Peta <i>hillshade azimuth</i> 0° daerah Gunung Rajabasa.	52
15. Peta <i>hillshade azimuth</i> 45° daerah Gunung Rajabasa.	53
16. Peta <i>hillshade azimuth</i> 90° daerah Gunung Rajabasa.	54
17. Peta <i>hillshade azimuth</i> 135° daerah Gunung Rajabasa.	55
18. Peta kelurusan <i>azimuth</i> 0° daerah Gunung Rajabasa.	57
19. Peta kelurusan <i>azimuth</i> 45° daerah Gunung Rajabasa.	58
20. Peta kelurusan <i>azimuth</i> 90° daerah Gunung Rajabasa.	59
21. Peta kelurusan <i>azimuth</i> 135° daerah Gunung Rajabasa.	60
22. Peta <i>fault fracture density</i> (FFD) <i>azimuth</i> 0° daerah Gunung Rajabasa.	62
23. Peta <i>fault fracture density</i> (FFD) <i>azimuth</i> 45° daerah Gunung Rajabasa.	64

24. Peta <i>fault fracture density</i> (FFD) <i>azimuth</i> 90° daerah Gunung Rajabasa.	66
25. Peta <i>fault fracture density</i> (FFD) <i>azimuth</i> 135° daerah Gunung Rajabasa.	68
26. Peta <i>fault fracture density</i> (FFD) total daerah Gunung Rajabasa.	70
27. Peta anomali <i>Bouguer</i> lengkap (ABL) daerah Gunung Rajabasa.	73
28. Peta lintasan analisis spektrum daerah Gunung Rajabasa.	75
29. Grafik <i>Ln A vs K</i> lintasan A-A'.	76
30. Grafik <i>Ln A vs K</i> lintasan B-B'.	77
31. Grafik <i>Ln A vs K</i> lintasan C-C'.	78
32. Grafik <i>Ln A vs K</i> lintasan D-D'.	78
33. Grafik <i>Ln A vs K</i> lintasan E-E'.	79
34. Peta anomali regional daerah Gunung Rajabasa.	81
35. Peta anomali residual daerah Gunung Rajabasa.	83
36. Peta <i>first horizontal derivative</i> (FHD) daerah Gunung Rajabasa.	85
37. Peta <i>second vertical derivative</i> (SVD) daerah Gunung Rajabasa.	86
38. Diagram <i>rose</i> analisis patahan SVD.	87
39. Peta lintasan analisis <i>derivative</i> pada anomali residual	89
40. Grafik analisis <i>derivative</i> lintasan A-A'.	90
41. Grafik analisis <i>derivative</i> lintasan B-B'.	91
42. Grafik analisis <i>derivative</i> lintasan C-C'.	92
43. Grafik analisis <i>derivative</i> lintasan D-D'.	93
44. Grafik analisis <i>derivative</i> lintasan E-E'.	94
45. Peta lintasan <i>forward modelling</i> dari anomali residual	96
46. (a) Analisis <i>derivative</i> ; (b) Hasil <i>forward modelling</i> lintasan A-A'.	97
47. (a) Analisis <i>derivative</i> ; (b) Hasil <i>forward modelling</i> lintasan B-B'.	99
48. Komparasi patahan berdasarkan FFD 45° dan SVD.	101
49. Diagram <i>rose</i> (a) FFD 45° (b) SVD.	102
50. Peta titik manifestasi pada observasi lapangan Gunung Rajabasa.	104
51. (a) Mata Air Panas Way Simpung; (b) Belerang; (c) Andesit; (d) Tuf.	105
52. (a,b,c) Mata Air Panas Gunung Botak; (d) Kekar barat laut – tenggara (NW-SE) dan timur laut – barat daya (NE-SW; (e) Tuf lapili	106
53. Mata Air Panas Maja.	107
54. Mata air panas Kunjir.	107

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Penelitian terdahulu Gunung Rajabasa	15
2. Nilai densitas batuan	20
3. Koefisien filter SVD	28
4. Jadwal pelaksanaan kegiatan penelitian.....	38
5. Parameter ekstraksi kelurusan otomatis pada penelitian.....	56
6. Nilai perhitungan lebar jendela lintasan dari analisis spektrum penelitian.....	80

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Indonesia merupakan negara yang terletak di pertemuan tiga lempeng dunia (*ring of fire*) yaitu Lempeng Eurasia, Lempeng Indo-Australia, dan Lempeng Pasifik yang saling menumbuk satu sama lain sehingga terbentuklah suatu lipatan, patahan, serta sebaran gunung api dari Sumatera, Jawa hingga Bali. Patahan atau sesar yang terdapat di Sumatera merupakan salah satu patahan besar di Asia Tenggara (Katili dan Hehuwat, 1967). Sesar Sumatera termasuk jenis sesar mendatar kompleks dengan sejumlah segmen yang panjangnya bervariasi (Joussineau dan Aydin, 2009). Struktur geologi seperti patahan seringkali mempunyai ciri tertentu di permukaan bumi seperti kelurusan (Massinai dkk., 2014) dan patahan utama berasosiasi dengan suhu permukaan tanah yang tinggi di daerah potensi panas bumi (Qin dkk., 2011). Menurut Mangga dkk. (1993), salah satu Sesar Sumatera terdapat pada daerah Gunung Rajabasa yang memiliki sesar dengan arah barat laut–tenggara. Gunung Rajabasa merupakan salah satu gunung api strato di Indonesia yang terletak di Kecamatan Penengahan dan Kecamatan Kalianda, Lampung Selatan. Menurut Rasimeng (2008), terdapat manifestasi pada daerah Gunung Rajabasa yang disebabkan oleh struktur geologi berupa patahan/sesar sehingga fluida hidrotermal dapat keluar sampai ke permukaan melalui bidang sesar yang terbentuk. Sehingga, pentingnya dilakukan penyelidikan mengenai patahan/sesar didalam sistem panasbumi.

Pada dasarnya, terdapat banyak metode geofisika yang dapat digunakan untuk identifikasi struktur geologi seperti patahan/sesar. Metode geofisika yang digunakan pada penelitian ini adalah metode *fault fracture density* (FFD) dari data

DEM ALOS PALSAR dan metode gayaberat dari data sekunder gayaberat Gunung Rajabasa. Data DEM dilakukan proses *shaded relief* untuk dapat menginterpretasikan patahan berdasarkan kelurusan (*lineament*). Metode FFD didasarkan pada densitas kelurusan dan perhitungan pola kerapatan garis lineasi pada citra satelit, sehingga dapat diketahui zona-zona lemah patahan (Thannoun, 2013). Menurut Darmawan dkk. (2021), zona dengan tingkat kerapatan kelurusan yang tinggi pada daerah Gunung Rajabasa mengindikasikan adanya zona lemah yang berkaitan dengan jalur naiknya fluida panas bumi ke permukaan sebagai manifestasi. Metode gayaberat merupakan metode pasif geofisika yang dapat mengidentifikasi struktur geologi bawah permukaan. Adanya perbedaan densitas atau rapat massa antar batuan di bawah permukaan mengakibatkan munculnya variasi medan gayaberat bumi. Berdasarkan perbedaan nilai densitas dapat diidentifikasi anomali dari sebuah struktur seperti patahan/sesar (Telford dkk., 1990). Pada penelitian ini, metode gayaberat yang digunakan dalam mengidentifikasi struktur geologi adalah dengan metode *first horizontal derivative* (FHD) dan *second vertical derivative* (SVD) terhadap data anomali residual, sehingga dapat diidentifikasi pola-pola patahan atau sesar yang ditunjukkan oleh kontur anomali FHD dan SVD (Zaenudin dkk., 2019).

Daerah Gunung Rajabasa telah banyak dilakukan penelitian mengenai struktur geologi, salah satu penelitian sebelumnya oleh (Darmawan dkk., 2021) mengenai identifikasi zona reservoir menggunakan metode FFD dengan arah sudut penyinaran (*azimuth*) 45° , 135° , 225° , dan 315° . Mengacu pada penelitian sebelumnya, maka dilakukan penelitian ini menggunakan metode FFD dengan arah sudut penyinaran yang berbeda, yaitu (*azimuth*) 0° , 45° , 90° , dan 135° . Selain menggunakan metode FFD, pada penelitian ini juga menggunakan metode gayaberat analisis *first horizontal derivative* (FHD), *second vertical derivative* (SVD), dan *forward modelling*. Penelitian ini difokuskan pada pemanfaatan data DEM ALOS PALSAR dan data sekunder gayaberat pengukuran untuk dapat mengidentifikasi struktur geologi pada daerah Gunung Rajabasa, Lampung Selatan.

1.2. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dalam pelaksanaan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mendapatkan peta sebaran kelurusan berdasarkan pengolahan data DEM.
2. Mengidentifikasi struktur geologi dan korelasinya terhadap peta geologi daerah penelitian berdasarkan analisis FFD pada peta sebaran kelurusan DEM dan berdasarkan analisis FHD serta SVD.
3. Mengidentifikasi struktur bawah permukaan berdasarkan model 2D anomali gayaberat.

1.3. Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Data yang digunakan merupakan data *digital elevation model* (DEM) ALOS PALSAR yang bersumber dari situs <https://asf.alaska.edu/> dan data gayaberat sekunder dari pengukuran Gunung Rajabasa oleh Badan Geologi yang berupa data anomali *Bouguer* lengkap.
2. Identifikasi sebaran kelurusan difokuskan pada metode *fault fracture density* (FFD) dan identifikasi struktur patahan difokuskan pada metode *second vertical derivative* (SVD).
3. Pemodelan yang digunakan pada penelitian ini adalah *forward modelling* (2D) gayaberat.

1.4. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini yaitu dapat memberikan informasi mengenai gambaran struktur patahan pada daerah Gunung Rajabasa serta dapat dijadikan sebagai referensi atau acuan untuk penelitian selanjutnya.

II. TINJAUAN PUSTAKA

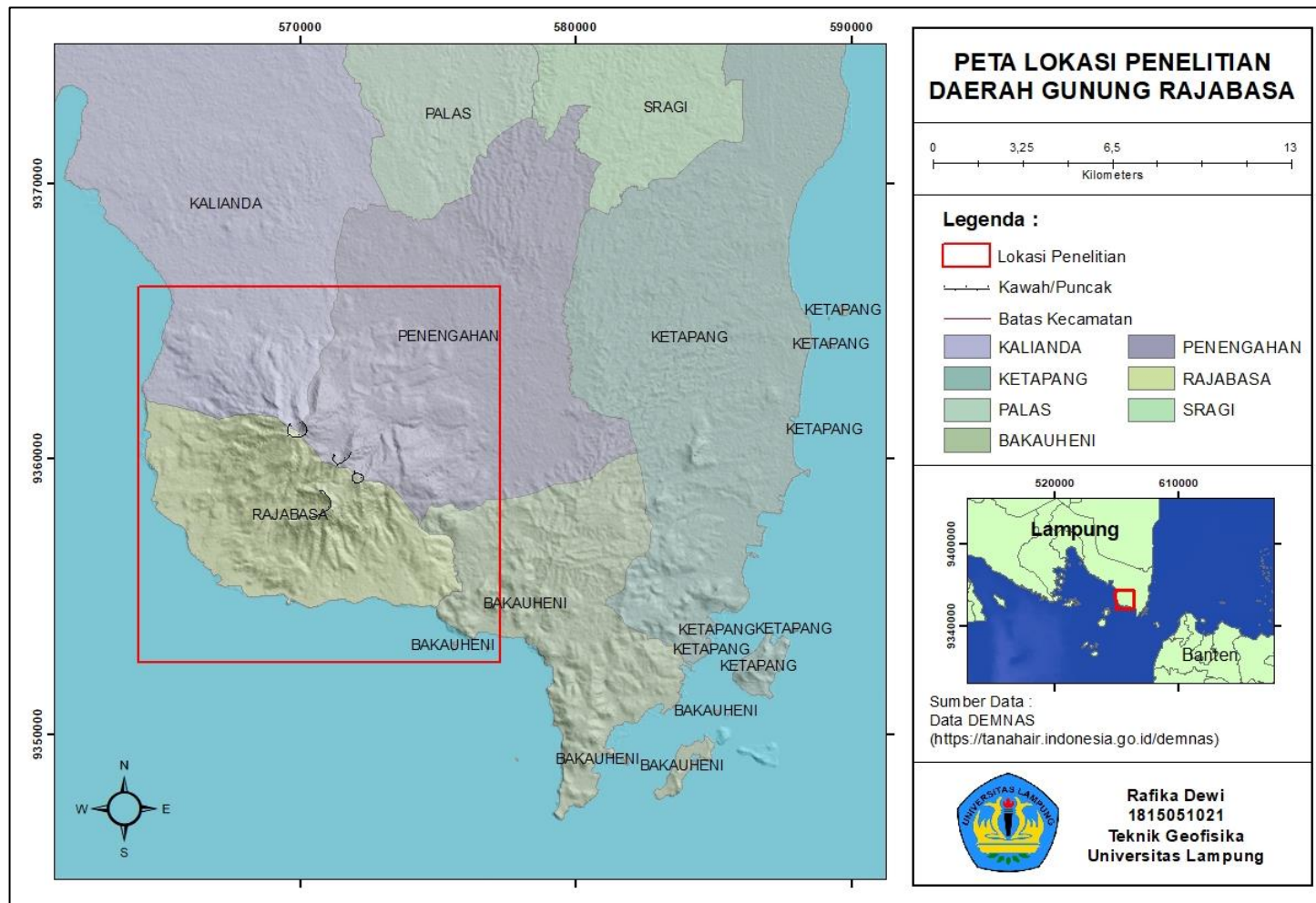
2.1. Lokasi Daerah Penelitian

Penelitian ini difokuskan pada daerah Gunung Rajabasa yang terletak di Provinsi Lampung, secara administratif terletak di Kecamatan Penengahan dan Kecamatan Kalianda, Kabupaten Lampung Selatan, Provinsi Lampung. Daerah Gunung Rajabasa terletak pada koordinat $05^{\circ}46'58,90''$ LS dan $105^{\circ}37'35,72''$ BT. Gunung Rajabasa merupakan salah satu gunung api strato di Indonesia dengan klasifikasi tipe B yang dapat dilihat pada **Gambar 1**.

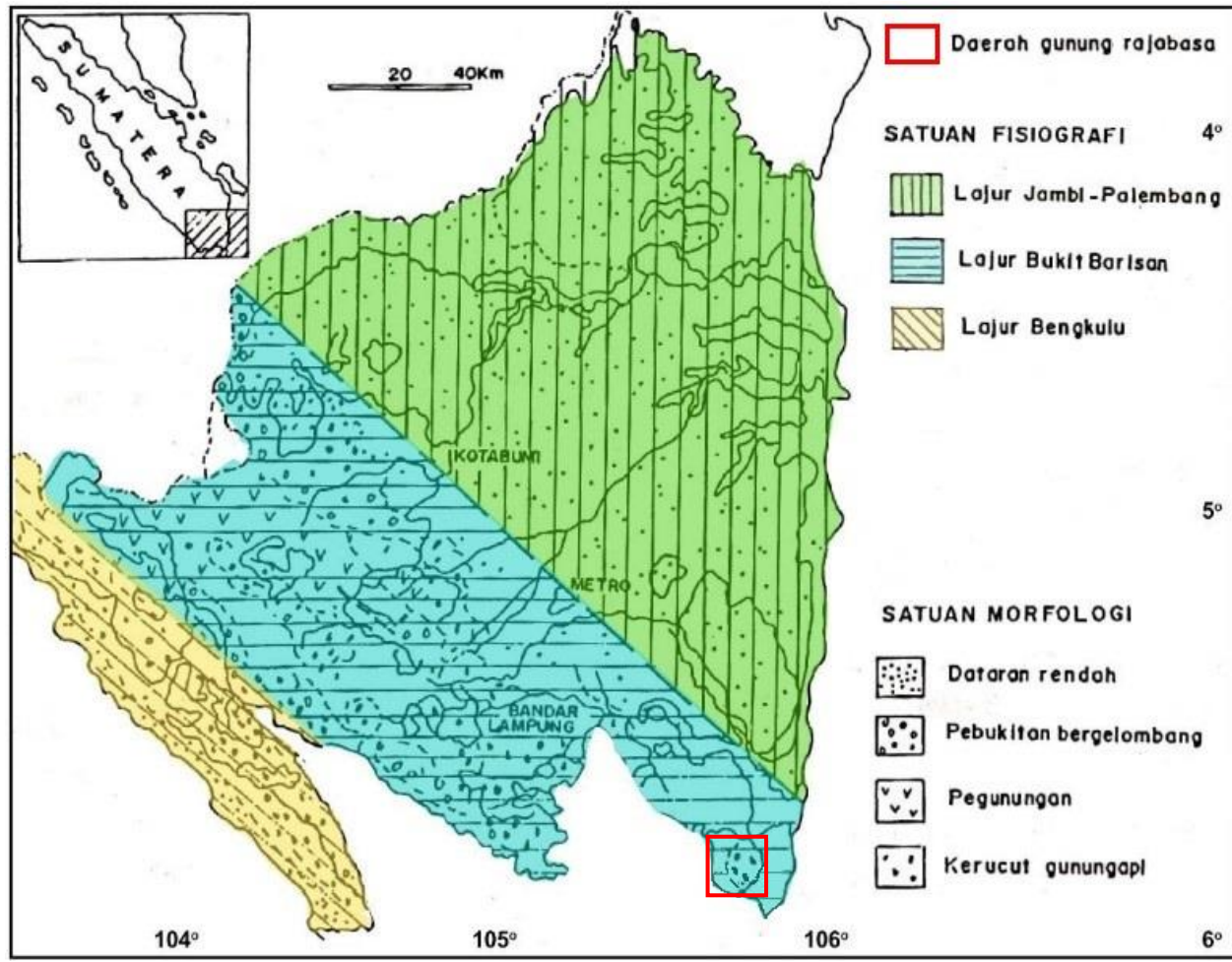
2.2. Geologi Daerah Gunung Rajabasa

2.2.1. Fisiografi Daerah Gunung Rajabasa

Satuan fisiografi menurut Mangga dkk. (1993) yang dapat dilihat pada **Gambar 2**, diketahui bahwa Provinsi Lampung terbagi menjadi tiga fisiografi, yaitu Lajur Jambi - Palembang, Lajur Bukit Barisan, dan Lajur Bengkulu. Satuan morfologi Provinsi Lampung terbagi menjadi empat, yaitu dataran rendah, perbukitan bergelombang, pegunungan, dan kerucut gunung api. Berdasarkan pembagian fisiografi dan morfologi tersebut, daerah Gunung Rajabasa termasuk ke dalam daerah fisiografi Lajur Bukit Barisan dengan satuan morfologi kerucut gunung api yang berbatasan langsung dengan garis pantai.



Gambar 1. Peta lokasi daerah penelitian.

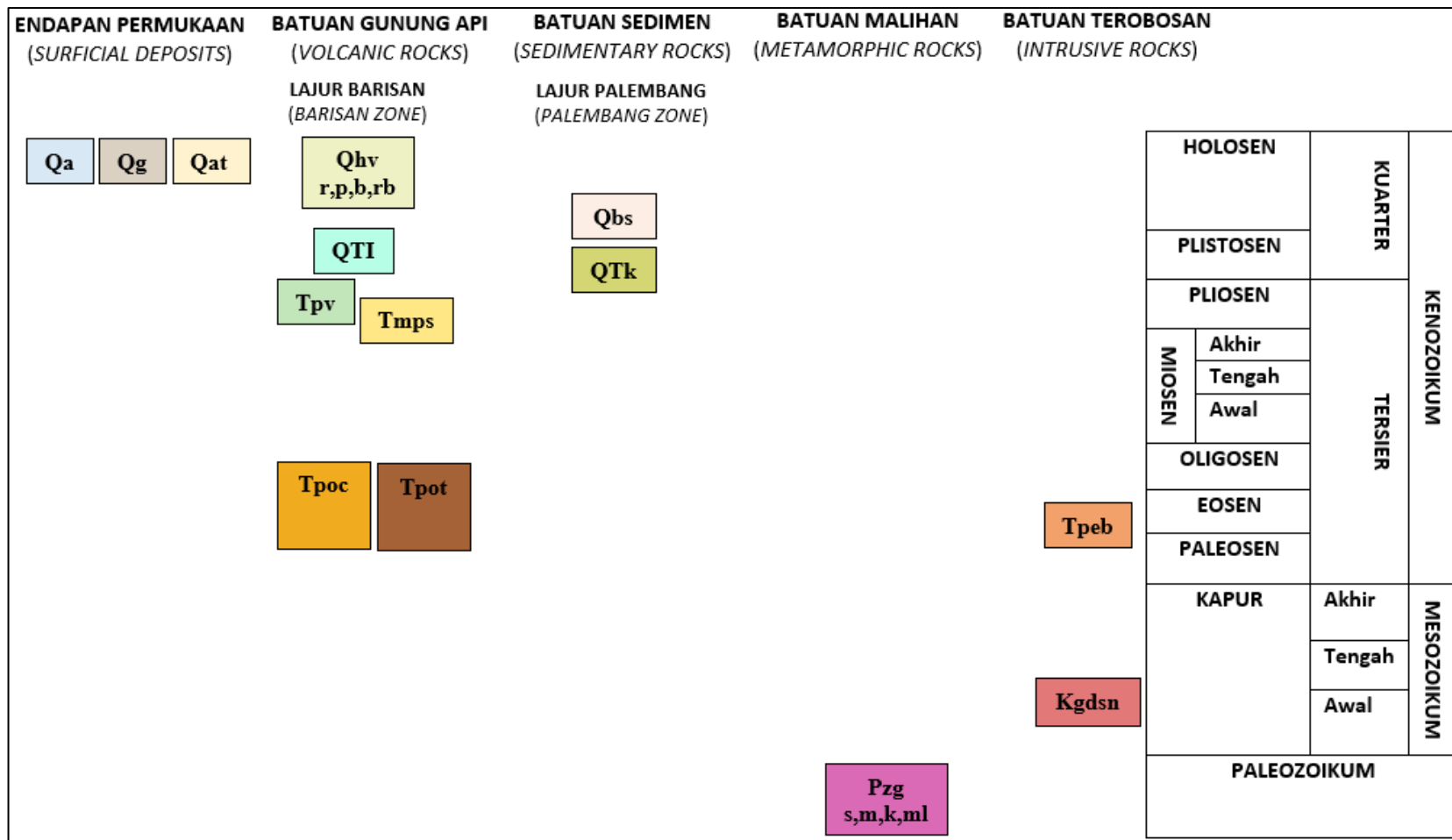


Gambar 2. Tatanan fisiografi daerah Gunung Rajabasa (Mangga dkk., 1993).

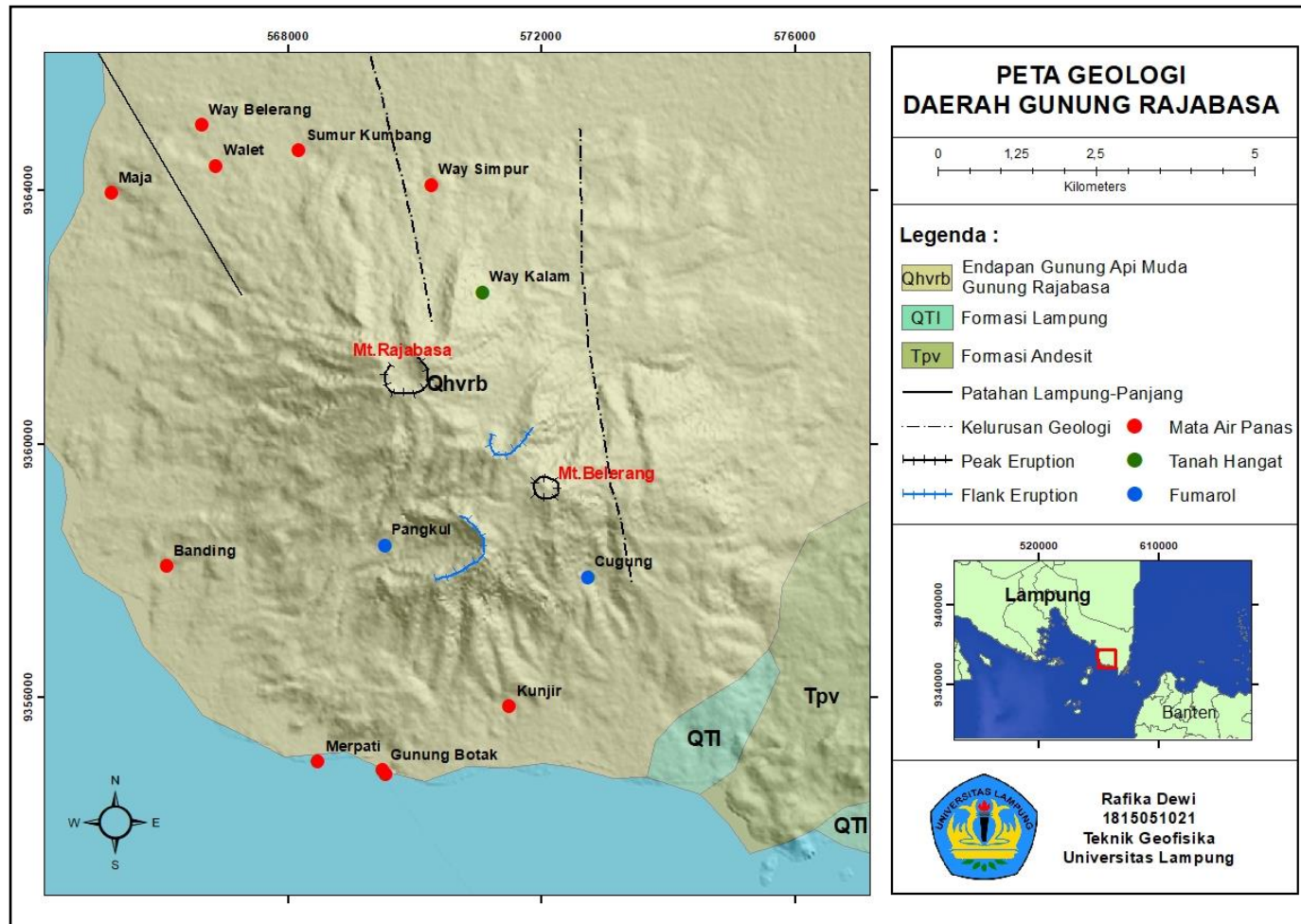
Menurut Erfani dkk. (2022), fisiografi pegunungan di Lampung merupakan bentuk bentang alam pegunungan Bukit Barisan yang terletak di sebelah barat Lampung. Ketinggian pegunungan ini mencapai 1964 mdpl yang memanjang barat laut – tenggara. Batuan penyusun terdiri atas breksi gunung api, lava, dan teralterasi hidrotermal. Menurut Mangga dkk. (1993), daerah dataran bergelombang menempati lebih dari 60% luas lembar dan terdiri dari endapan vulkaniklastik tersier – kuarter dan aluvium dengan ketinggian beberapa puluh meter di atas muka laut. Pegunungan Bukit Barisan menempati 25 – 30% luas lembar, terdiri dari batuan beku dan malihan serta batuan gunung api muda. Lereng-lereng umumnya curam dengan ketinggian sampai dengan 500 – 1.680 m di atas permukaan laut. Daerah pantai bertopografi beraneka ragam dan seringkali terdiri dari perbukitan kasar yang mencapai ketinggian 500 m di atas permukaan laut dan terdiri dari batuan gunung api tersier dan kuarter serta batuan terobosan.

2.2.2. Stratigrafi Gunung Rajabasa

Stratigrafi regional daerah Gunung Rajabasa dapat dilihat berdasarkan peta geologi Lembar Tanjung Karang pada **Gambar 3**, dapat diketahui pada **Gambar 4** daerah penelitian berada pada Endapan Gunung Api Muda Gunung Rajabasa (Qhvr**b**), Formasi Lampung (QT**1**), dan Andesit Tersier (Tpv) (Mangga dkk., 1993).



Gambar 3. Tatanan geologi daerah penelitian (Mangga dkk., 1993).



Gambar 4. Peta geologi daerah penelitian (modifikasi dari Mangga dkk., 1993).

1. Endapan Gunung Api Muda Gunung Rajabasa (Qhvrb**)**

Formasi batuan termuda dengan nama satuan gunung api muda (Qhv) mendominasi seluruh area Gunung Rajabasa. Endapan gunung api muda berumur holosen yang memiliki komposisi batuan lava (andesit-basal), breksi, dan tuf. Batuan-batuan ini dapat mencapai ketebalan beberapa ratus meter yang letaknya tersebar di dekat gunung dan juga dapat menyisip di formasi-formasi lain (Mangga dkk., 1993).

2. Formasi Lampung (QTI)

Formasi Lampung (QTI) ditafsirkan mendominasi hampir seluruh wilayah pada Lembar Tanjung Karang, khususnya di bagian timur dan timur laut. Formasi ini diendapkan di lingkungan terestrial-fluvial serta air payau yang menindih tak selaras satuan-satuan yang lebih tua dan ditindih tak selaras oleh endapan kuartar. Sebarannya menjemari sampai lajur busur belakang. Batuan ini terdiri dari tuf berisi riolit dan dasit serta vulkaniklastik tufaan. Formasi Lampung (QTI) merupakan formasi yang berumur plistosen, terdiri atas tuf berbatu apung, tuf riolitik, batulempung tufan, dan batupasir tufan. Formasi ini secara umumnya mempunyai batuan dengan tekstur halus-menengah dan mempunyai warna putih-kelabu. Berdasarkan interpretasi dari citra satelit formasi ini mempunyai arah kelurusan barat laut – tenggara (Mangga dkk., 1993).

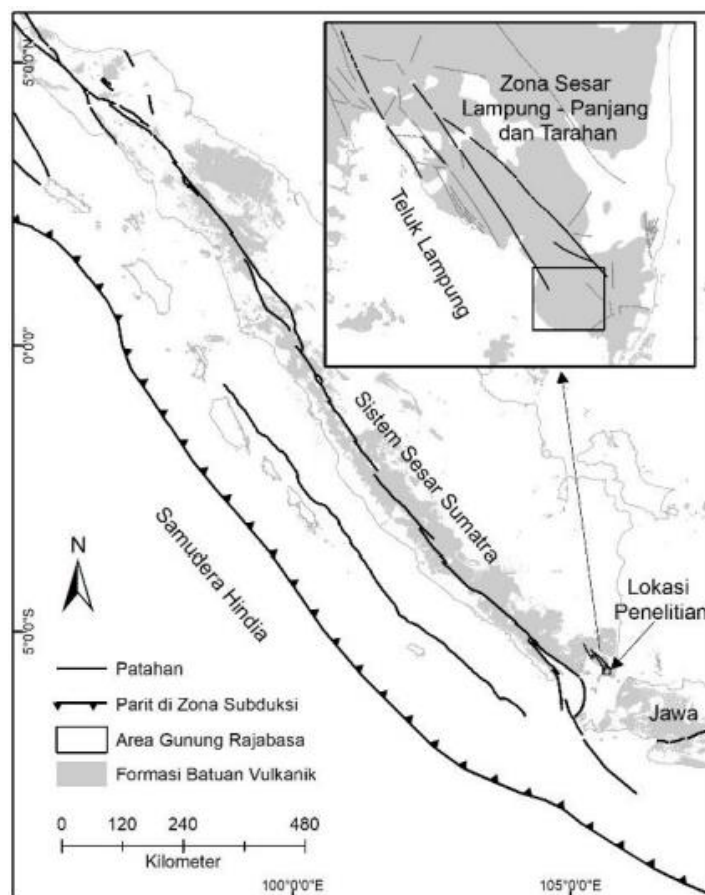
3. Satuan Andesit (Tpv)

Menurut Mangga dkk. (1993), satuan Andesit (Tpv) terbentuk di lingkungan terestrial, memperlihatkan kekar lembar sangat kuat. Satuan ini berupa lava dengan komposisi andesit berwarna kelabu tersingkap segar, ditindih tidak selaras oleh Formasi Lampung serta terkekarkan kuat.

2.2.3. Struktur Geologi Gunung Rajabasa

Daerah lokasi penelitian terdapat pada Lembar Geologi Tanjung Karang yang dapat dilihat pada peta geologi **Gambar 4** di atas, diketahui bahwa struktur geologi yang berkembang di Gunung Rajabasa adalah patahan/sesar dan kawah. Menurut

Mangga dkk. (1993), sesar kompleks dan banyak dijumpai secara regional adalah sesar-sesar berarah barat laut – tenggara. Sebarannya sangat luas dan panjang masing-masing sesar mencapai 25 – 35 km. Khususnya sesar banyak ditemukan pada Lajur Barisan di bagian barat daya, tetapi kemungkinan besar terdapat di bawah runtunan penutup endapan kuartar. Sesar-sesar yang terpetakan di Lajur Barisan mempunyai sejarah yang kompleks, dibuktikan dengan gerakan-gerakan turun dan berbalik. Secara tak resmi, sesar-sesar utama ini disebut Sesar Lampung – Panjang dan Menanga. Selain itu, sesar-sesar ini juga ditafsirkan sebagai bagian maupun gabungan dari sistem Sesar Sumatera yang dapat dilihat pada **Gambar 5**.



Gambar 5. Peta struktur geologi regional Sumatera (Darmawan dkk., 2021; Mangga dkk., 1993).

Sesar Lampung adalah sesar geser berarah barat laut – tenggara yang merupakan kendali sistem panas bumi Gunung Rajabasa bagian utara (Haerudin dkk., 2013). Sesar lokal adalah sesar normal dan mengontrol sistem panas bumi di bagian selatan

daerah penelitian (Amin dkk., 1994). Selain sesar, struktur geologi lain yang berkembang merupakan struktur kawah. Menurut Rasimeng (2008), keberadaan kawah sebagai manifestasi geothermal menjadi salah satu parameter penting adanya potensi geothermal di daerah tersebut. Kawah tersebut adalah Kawah Puncak Gunung Rajabasa, Kawah Puncak Gunung Belerang, Kawah Way Belerang, dan Kawah Simpur. Kawah Puncak Belerang yang terdapat di puncak Gunung Belerang dan Kawah Puncak Rajabasa yang terletak di puncak Gunung Rajabasa. Pada Kawah Puncak Rajabasa dan Kawah Puncak Belerang, gawir-gawir terjal terbentuk di sekeliling kawah. Gawir-gawir ini terbentuk dari peristiwa letusan yang diikuti oleh fase penghancuran yang membentuk morfologi kawah.

2.3 Penelitian Terdahulu Gunung Rajabasa

Rasimeng (2008), telah melakukan penelitian mengenai analisis sesar Gunung Rajabasa Lampung Selatan sebagai daerah prospek geothermal berdasarkan data anomali medan magnet total. Pada penelitian tersebut survei geomagnetik dimanfaatkan untuk menentukan pola-pola sesar dan struktur geologi yang berkembang. Dilakukan pengukuran intensitas medan magnet komponen horisontal (H_h) dan komponen vertikal (H_z) menggunakan alat *fluxgate* magnetometer sehingga dihasilkan intensitas medan magnet total. Pada pengolahan data dilakukan koreksi variasi harian dan koreksi IGRF (*International Geomagnetism Reference Field*). Berdasarkan peta kontur anomali medan magnet total pada *level surface*, sebaran manifestasi geothermal di permukaan memberikan harga respon anomali medan magnet yang cukup baik karena adanya pasangan-pasangan *closure* kontur anomali positif-negatif di sekitar manifestasi. Pasangan *closure* yang lebih dominan berada di sekitar puncak dan kawah Gunung Rajabasa. Melalui medan magnet total diidentifikasi adanya patahan/sesar dengan arah relatif barat laut – tenggara sebagai bidang rekahan sehingga fluida geothermal naik ke permukaan membentuk manifestasi/kawah di sekitar Gunung Rajabasa yaitu manifestasi Way Belerang – lapangan Belerang Kering – kawah puncak Gunung Rajabasa – manifestasi Simpur.

Haerudin dkk. (2009), telah melakukan penelitian mengenai analisis reservoir daerah potensi panas bumi Gunung Rajabasa dengan metode tahanan jenis dan

geotermometer. Penelitian tersebut bertujuan untuk menentukan batas-batas reservoir daerah potensi panas bumi Gunung Rajabasa serta mendapatkan nilai temperatur reservoir panas bumi dengan metode geotermometer. Pengambilan data geolistrik 1D dan *mapping* dilakukan di Belerang Kering Gunung Rajabasa dengan konfigurasi *Schlumberger*. Pola penyebaran anomali rendah yang menjadi batas reservoir dan reservoir panas bumi, berada di sebelah utara. Reservoir ini ditemukan juga di sebelah timur dan merupakan tuf pasir pada kedalaman ≤ 450 m dengan nilai tahanan jenis $\leq 35 \Omega\text{m}$ ditandai dengan garis kontur rapat ke renggang yang menunjukkan lereng yang curam. Gunung Rajabasa diidentifikasi sebagai daerah yang memiliki reservoir dengan temperatur sedang yaitu $212,08^\circ\text{C}$ dengan potensi daya $12,5 \text{ MW/Km}^2$, yaitu hasil dari analisis kimia dari mata air panas Way Belerang karena lokasi pengukuran geolistrik dilakukan di Belerang Kering.

Darmawan dkk. (2013), telah melakukan penelitian mengenai interpretasi geologi Gunung Rajabasa berdasarkan integrasi citra ASTER, DEM, dan geologi permukaan. Penelitian tersebut bertujuan untuk mendapatkan gambaran kondisi geologi di Gunung Rajabasa menggunakan metode penginderaan jauh (*Remote Sensing*) pada citra ASTER, ASTER DEM dan data geologi permukaan dengan *band* VNIR data ASTER resolusi spasial 15 m. Penelitian tersebut dilakukan pengamatan lapangan di beberapa lokasi meliputi area manifestasi panas bumi di Gunung Rajabasa. Berdasarkan interpretasi citra ASTER dan ASTER DEM diketahui sebagian besar daerah penelitian merupakan perbukitan curam. Dilakukan penarikan kelurusan pada ASTER DEM, dihasilkan 174 kelurusan dengan arah utama barat laut-tenggara yang menunjukkan bahwa arah utama dari kelurusan hasil interpretasi selaras dengan arah struktur utama yaitu sesar Lampung – Panjang yang berarah barat laut-tenggara. Untuk mendeteksi keterdapatan mineral-mineral alterasi, dilakukan analisis dan interpretasi lebih lanjut pada citra ASTER dengan menggunakan metode *defoliant*. Melalui metode *defoliant*, diketahui sebaran alterasi kaolinit nampak terkonsentrasi di sekitar puncak dari Gunung Rajabasa atau muncul hampir di seluruh daerah manifestasi. Sebaran mineral klorit sebagian besar terdapat sekeliling kaki Gunung Rajabasa atau hanya terdapat di dekat manifestasi mata air panas di Gunung Botak.

Darmawan dkk. (2021), telah melakukan penelitian mengenai identifikasi zona reservoir panas bumi berdasarkan analisis *fault fracture density* (FFD) citra DEM ALOS PALSAR di Gunung Rajabasa. Penelitian tersebut dilakukan untuk menentukan zona permeabilitas tinggi berdasarkan analisis FFD sebagai acuan dalam menganalisis keterkaitan antara karakteristik struktur sebagai zona lemah terhadap jalur fluida panas bumi ke permukaan. Pengolahan data dilakukan dengan proses ekstraksi *lineament* dengan mengubah data DEM menjadi data *hillshade*. Ketinggian penyinaran yang digunakan adalah 45° dan empat arah sudut *azimuth* yang digunakan dalam ekstraksi *lineament* adalah 45° , 135° , 225° dan 315° . Hasil ekstraksi *lineament* dan FFD pada empat sudut *azimuth* menghasilkan arah dominan dari struktur yang teridentifikasi sebagian selaras dan searah dengan sistem Sesar Sumatera dan sebagian menunjukkan respon yang memotong sistem sesar utama. Keterkaitan antara zona lemah (*fracturing*) dengan zona reservoir panas bumi pada zona *upflow* yaitu pada densitas struktur tinggi di manifestasi Way Belerang dan zona *outflow* di manifestasi mata air panas Gunung Botak. Zona lemah yang berkaitan dengan jalur naiknya fluida panas bumi ke permukaan sebagai manifestasi dapat dilihat pada peta FFD melalui kerapatan kelurusan yang tinggi. Hal ini terlihat dengan adanya manifestasi Kecapi Simpur – Way Kalam – Way Belerang, dan Rajabasa – Kunjir.

Apriani (2021), telah melakukan penelitian mengenai penentuan daerah prospek reservoir panas bumi Gunung Rajabasa berdasarkan analisa data gayaberat. Dimana, analisa data gayaberat yang digunakan adalah analisa *derivative* dan *inverse modelling* (3D). Melalui hasil pengolahan data gayaberat pada penelitian tersebut, diketahui nilai anomali *Bouguer* yang didapatkan adalah 25 mGal – 100 mGal. Anomali regional (dalam) memiliki nilai kontur yang *smooth*, sedangkan anomali residual (dangkal) memiliki pola anomali yang kompleks atau panjang gelombang yang lebih pendek. Hasil dari SVD menunjukkan batas antara reservoir panas bumi yang ditandai dengan kontur bernilai nol. Melalui *inverse modelling* (3D), terdapat reservoir panas bumi yang terdapat batuan dengan nilai densitas rendah sebesar 2,1 gr/cc – 2,2 gr/cc, nilai densitas sedang sebesar 2,2 gr/cc – 2,4 gr/cc, dan nilai densitas tinggi sebesar 2,5 gr/cc – 2,9 gr/cc yaitu diidentifikasi

adanya batuan beku ekstrusif. Berdasarkan analisa *derivative* dan *inverse modelling*/model 3D, diperkirakan prospek reservoir panas bumi Gunung Rajabasa terletak di sebelah barat laut, barat, dan timur manifestasi Pangkul dan melewati manifestasi Belerang.

Sarkowi dan Wibowo (2021), telah melakukan penelitian mengenai identifikasi reservoir panas bumi berdasarkan analisis data gravitasi daerah Gunung Rajabasa. Pada analisis data gravitasi penelitian tersebut menggunakan teknik turunan vertikal kedua (SVD) untuk mengidentifikasi patahan dan *inverse modelling* (3D). Kemudian dilakukan korelasi dengan data pusat gempa mikro (MEQ) dan profil inversi magnetotellurik (MT). Terdapat tiga reservoir panas bumi yaitu berada di Gunung Belerang, sebelah barat Gunung Rajabasa, dan selatan mata air panas Pangkul dengan kedalaman sekitar 1.000-1.500 m dari permukaan tanah. Struktur patahan dan litologi memisahkan tiga reservoir tersebut. Lokasi reservoir di Gunung Belerang area pegunungan sesuai dengan data model dari MEQ, suhu, dan data resistivitas magnetotellurik. Berdasarkan model 1D MT, didapatkan nilai resistivitas rendah yang berbeda struktur lapisan (konduktif) di bawah puncak gunung dan melewati area manifestasi bagian utara. Survei *microearthquake* (MEQ) menemukan bahwa pusat gempa mikro terkonsentrasi di bawah Gunung Rajabasa, menyebar ke barat laut – tenggara. Distribusi dari pusat gempa mungkin terkait dengan aktivitas vulkanik di bawah Gunung Rajabasa.

Kesimpulan dari penelitian terdahulu pada daerah Gunung Rajabasa Lampung Selatan, dapat dilihat pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Penelitian terdahulu Gunung Rajabasa

No	Penulis dan Tahun	Metode	Hasil
1	Rasimeng (2008)	Magnetik	Melalui medan magnet total, diidentifikasi terdapat suatu patahan/sesar pada Gunung Rajabasa dengan arah relatif barat laut – tenggara

Tabel 1 (lanjutan)

No	Penulis dan Tahun	Metode	Hasil
	Rasimeng (2008)	Magnetik	yang diduga menjadi bidang rekahan sebagai jalur aliran fluida geothermal naik ke permukaan bumi.
2	Haerudin dkk. (2009)	Tahanan Jenis dan Geotermometer	Batas reservoir panas bumi Gunung Rajabasa diidentifikasi berada pada kedalaman ≤ 450 m memiliki nilai tahanan jenis $\leq 35 \Omega\text{m}$ yang merupakan tuf pasir. Temperatur reservoir panas bumi Gunung Rajabasa diidentifikasi memiliki temperatur sedang yaitu $212,08^\circ\text{C}$ dengan potensi daya $12,5 \text{ MW/Km}^2$.
3	Darmawan dkk. (2013)	Penginderaan Jauh (<i>Remote Sensing</i>) Integrasi Citra ASTER dan DEM	Sebagian besar daerah Gunung Rajabasa adalah perbukitan curam dari hasil interpretasi citra ASTER dan ASTER DEM. Kelurusan ASTER DEM menghasilkan 174 kelurusan dengan arah utama barat laut – tenggara yaitu selaras dengan sesar Lampung – Panjang.
4	Darmawan dkk. (2021)	<i>Fault fracture density</i> (FFD) DEM ALOS PALSAR	Ekstraksi kelurusan dan FFD sudut <i>azimuth</i> 45° , 135° , 225° , dan 315° diidentifikasi arah struktur sebagian selaras dengan sistem Sesar Sumatera dan sebagian memotong sistem sesar utama. Keterkaitan antara zona lemah (<i>fracturing</i>) dengan zona reservoir panas bumi diketahui dari zona <i>upflow</i> pada densitas struktur tinggi di manifestasi Way Belerang dan zona <i>outflow</i> di manifestasi mata air panas Gunung Botak.
5	Apriani (2021)	Gayaberat	Nilai anomali <i>Bouguer</i> berkisar antara 25 mGal – 100 mGal. Melalui <i>inverse modelling</i> (3D), terdapat reservoir panas

Tabel 1 (lanjutan)

No	Penulis dan Tahun	Metode	Hasil
5	Apriani (2021)	Gayaberat	bumi dengan nilai densitas batuan rendah sebesar 2,1 gr/cc – 2,2 gr/cc, sedang sebesar 2,2 gr/cc – 2,4 gr/cc, dan tinggi sebesar 2,5 gr/cc – 2,9 gr/cc diidentifikasi batuan beku ekstrusif. Diperkiraan prospek reservoir panas bumi Gunung Rajabasa terletak di sebelah barat laut, barat, dan timur manifestasi Pangkul dan melewati manifestasi Belerang.
6	Sarkowi dan Wibowo (2021)	Gayaberat, Data MT, dan MEQ	Nilai anomali <i>Bouguer</i> berkisar antara 28-80 mGal. Hasil anomali residual, SVD, dan pemodelan 3D, diidentifikasi terdapat tiga reservoir panas bumi berada di Gunung Belerang, sebelah barat Gunung Rajabasa, dan selatan mata air panas Pangkul dengan kedalaman 1.000-1.500 m dari permukaan tanah. Keberadaan reservoir tersebut terpisah oleh struktur patahan dari analisis SVD. Model 1D MT menghasilkan nilai resistivitas rendah di bawah puncak gunung. Berdasarkan survei MEQ, pusat gempa mikro terkonsentrasi di bawah Gunung Rajabasa menyebar ke barat laut – tenggara yang diperkirakan berkaitan dengan aktivitas vulkanik.

III. TEORI DASAR

3.1. Metode Gayaberat

Metode gayaberat adalah salah satu metode geofisika yang melibatkan pemetaan bawah permukaan bumi dan studi geologi (Telford dkk., 1990). Menurut Sarkowi (2014), metode gayaberat merupakan salah satu metode geofisika yang didasarkan pada pengukuran variasi medan gayaberat di bumi. Dimana, variasi gayaberat di permukaan bumi disebabkan oleh adanya variasi densitas batuan di bawah permukaan, jenis batuan di bawah permukaan, perbedaan topografi di permukaan bumi, dan perbedaan jarak permukaan bumi ke pusat bumi.

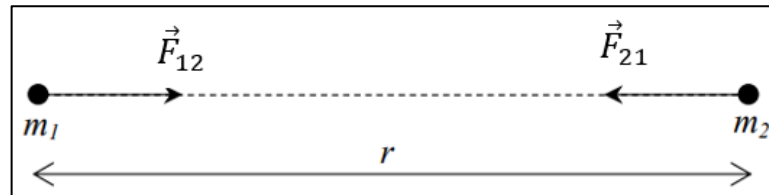
Pengukuran metode gayaberat dilakukan pada suatu nilai komponen vertikal dari percepatan gayaberat di suatu tempat (Grandis, 2009). Metode penyelidikan ini berdasarkan pengukuran dengan adanya perbedaan kecil dari medan gayaberat yang disebabkan karena adanya distribusi massa yang tidak merata di kerak bumi dan menyebabkan tidak meratanya distribusi massa jenis batuan. Adanya perbedaan massa jenis batuan dari satu tempat dengan tempat lain dapat menimbulkan medan gayaberat yang tidak merata pula dan perbedaan inilah yang terukur di permukaan bumi (Setiadi dkk., 2014).

3.2. Konsep Dasar Metode Gayaberat

3.2.1. Gayaberat Newton

Metode gayaberat merupakan salah satu penyelidikan geofisika yang berlandaskan pada prinsip fisika yaitu menurut Hukum Newton mengenai gayaberat yang dipublikasikan oleh Newton pada tahun 1687. Hukum Newton menjabarkan

mengenai interaksi antara dua partikel dengan massa yang terpisah sejauh jarak tertentu atau dapat disebut juga adanya gaya tarik menarik antara dua massa (m_1) dan (m_2) yang terpisah sejauh (r) yang dapat dilihat pada **Gambar 6**.



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

Sehingga, dapat dirumuskan sebagai berikut (Serway dan Jhon, 2009):

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

Keterangan :

$\vec{F}(r)$: Gaya tarik menarik (N)

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

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

r : Jarak antara dua buah benda (m)

\hat{r} : Vektor satuan dengan arah dari m_2 menuju m_1 (m)

3.2.2. Percepatan Gayaberat

Pada dasarnya yang terukur saat pengukuran atau akuisisi menggunakan metode gayaberat adalah percepatan gravitasi (g) bukan gaya gravitasi (F) itu sendiri. Namun, dalam Hukum Newton II, menjelaskan keterkaitan antar keduanya, yaitu sebuah gaya merupakan hasil dari perkalian dari massa (m) dengan percepatan gravitasi (g), yang telah dirumuskan sebagai berikut :

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

Dimana, percepatan sebuah benda bermassa (m_2) yang disebabkan oleh tarikan benda bermassa (m_1) pada jarak (r) secara sederhana dapat dirumuskan sebagai berikut :

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

Apabila ditetapkan pada percepatan gaya tarik bumi, maka persamaan di atas dapat dinyatakan sebagai berikut :

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

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)

3.3. Rapat Massa Batuan (Densitas Batuan)

Besaran utama dalam menentukan nilai suatu percepatan gravitasi adalah rapat massa batuan (densitas batuan). Densitas batuan dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu kandungan fluida yang mengisi ruang pori batuan, porositas, rapat massa butir pembentuk, dapat juga dipengaruhi oleh adanya pemadatan yang terjadi karena tekanan dan pelapukan pada batuan tersebut. Harga rapat massa rata-rata dari daerah penelitian diperlukan pada saat perhitungan anomali *Bouguer*. Variasi rapat massa yang ada di batuan sedimen terjadi karena adanya gaya tektonik (Kirbani, 2001). Nilai densitas setiap batuan memiliki variasi nilai yang berbeda yang dapat dilihat pada **Tabel 2**.

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

Jenis Batuan	Rentang Densitas (gr/cc)	Rata-Rata (gr/cc)
Batuan Sedimen (<i>Sediment Rocks</i>)		
<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

Tabel 2 (lanjutan)

Jenis Batuan	Rentang Densitas (gr/cc)	Rata-Rata (gr/cc)
Batuan Sedimen (<i>Sediment Rocks</i>)		
<i>Shale</i>	1,77-3,20	2,4
<i>Limestone</i>	1,93-2,90	2,55
<i>Dolomite</i>	2,28-2,90	2,70
Batuan Beku (<i>Igneous Rocks</i>)		
<i>Rhyolite</i>	2,35-2,70	2,52
<i>Andesite</i>	2,40-2,80	2,61
<i>Granite</i>	2,50-2,81	2,64
<i>Granodiorite</i>	2,67-2,79	2,73
<i>Porphyry</i>	2,60-2,89	2,74
<i>Quartz diorite</i>	2,62-2,96	2,79
<i>Diorite</i>	2,72-2,99	2,85
<i>Lavas</i>	2,80-3,00	2,90
<i>Diabase</i>	2,50-3,20	2,91
<i>Basalt</i>	2,70-3,30	2,99
<i>Gabbro</i>	2,70-3,50	3,03
<i>Peridotite</i>	2,78-3,37	3,15
<i>Acid igneous</i>	2,30-3,11	2,61
<i>Basic igneous</i>	2,09-3,17	2,79
Batuan Metamorf (<i>Metamorphic Rocks</i>)		
<i>Quartzite</i>	2,50-2,70	2,60
<i>Schists</i>	2,39-2,90	2,64
<i>Graywacke</i>	2,60-2,70	2,65
<i>Marble</i>	2,60-2,90	2,75
<i>Serpentinite</i>	2,40-3,10	2,78
<i>Slate</i>	2,70-2,90	2,79
<i>Gneiss</i>	2,59-3,00	2,80
<i>Amphibolite</i>	2,90-3,04	2,96
<i>Eclogite</i>	3,20-3,54	3,37
<i>Metamorphic</i>	2,40-3,10	2,74

3.4. Anomali Bouguer

Dalam pengolahan data gayaberas, akan muncul anomali-anomali yang merupakan target dalam survei penelitian, yang mana anomali ini akan memudahkan para peneliti untuk menafsirkan keadaan struktur geologi di bawah permukaan bumi. Anomali-anomali ini merupakan hasil dari adanya perbedaan densitas antara batuan

satu dengan batuan yang lain. Pada proses pengolahan data gayaberat anomali yang digunakan adalah anomali *Bouguer*, dimana anomali ini disebabkan oleh benda yang berada dekat dengan permukaan maupun yang jauh dari permukaan bumi (Septian dkk., 2020).

Anomali *Bouguer* adalah selisih antara harga gravitasi pengamatan dengan harga gravitasi teoritis yang didefinisikan pada titik pengamatan tertentu. Perbedaan nilai anomali akan menggambarkan perbedaan densitas atau rapat massa pada suatu daerah dengan daerah sekelilingnya baik ke arah vertikal maupun lateral. Variasi dari anomali *Bouguer* merefleksikan variasi densitas secara lateral, misalnya benda dengan densitas tinggi berada di dalam medium yang memiliki densitas rendah akan menghasilkan nilai *Bouguer* anomali positif. Sebaliknya, benda dengan densitas rendah yang berada pada medium dengan densitas tinggi akan menghasilkan nilai anomali *Bouguer* negatif (Reynolds, 1997).

Nilai anomali *Bouguer* dapat dirumuskan sebagai berikut (Kirbani, 2001):

$$BA = g_{obs} - (g_{\varphi} + FAC + BC + TC) \quad (5)$$

Keterangan :

g_{obs} : Harga gayaberat pengukuran pada titik

g_{φ} : Harga gayaberat teoritis di tempat pengamatan (g lintang)

FAC : *Free air correction*/ koreksi udara bebas

BC : *Bouguer correction*/ koreksi *Bouguer*

TC : *Terrain correction*/ koreksi medan

3.5. Analisis Spektrum

Menurut Blakely (1996), analisis spektrum dalam metode gayaberat digunakan untuk mengestimasi lebar jendela filter (*window filter*) dan juga untuk mengestimasi kedalaman anomali gayaberat pada bawah permukaan bumi. Analisis spektrum dilakukan dengan menggunakan transformasi *fourier* lintasan yang telah ditentukan pada peta kontur anomali *Bouguer* lengkap untuk mentransformasi suatu

fungsi dalam jarak atau waktu menjadi suatu fungsi dalam bilangan gelombang atau frekuensi. Analisis spektrum diturunkan berdasarkan potensial yang teramati pada suatu bidang horizontal dimana transformasi *fourier*-nya sebagai berikut :

$$F(U) = \gamma \mu F\left(\frac{1}{r}\right) \text{ dan } F\left(\frac{1}{R}\right) = 2\pi \frac{e^{|k|(z_0-z_1)}}{|k|} \quad (6)$$

Keterangan :

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

U : Potensial gayaberat

μ : Anomali rapat massa

γ : Konstanta gayaberat

r : Jarak

Dimana, gerak vertikal gravitasi yang disebabkan oleh suatu titik massa adalah turunan *derivative* dari potensial gayaberat, yaitu sebagai berikut :

$$g_z = Gm \frac{\partial}{\partial z} \frac{1}{r} \quad (7)$$

$$F(g_z) = GmF \frac{\partial}{\partial z} \frac{1}{r} \quad (8)$$

$$F(g_z) = Gm \frac{\partial}{\partial z} F \frac{1}{r} \quad (9)$$

Transformasi *fourier* pada lintasan yang diinginkan, yaitu sebagai berikut :

$$F(g_z) = 2\pi Gm e^{|k|(z_0-z_1)}, \quad z_1 > z_0 \quad (10)$$

Apabila distribusi rapat massa bersifat acak dan tidak ada korelasi antara nilai gayaberat, maka $m=1$ sehingga hasil transformasi *fourier* anomali gayaberat menjadi :

$$A = C e^{|k|(z_0-z_1)} \quad (11)$$

Keterangan :

A : Amplitudo

C : Konstanta

Hubungan antara amplitudo (A) dengan bilangan gelombang (k) dan kedalaman (z_0-z_1) dapat diperoleh dengan melogaritmakan persamaan $A = C e^{|k|(z_0-z_1)}$, sehingga

bilangan gelombang k berbanding lurus dengan *spectral amplitude*, yaitu sebagai berikut :

$$\ln A = \ln 2\pi G m e^{|k|(z_0 - z_1)} \quad (12)$$

$$\ln A = (z_0 - z_1)|k| + \ln C \quad (13)$$

Persamaan di atas dapat dianalogikan dalam persamaan garis lurus:

$$y = mx + c \quad (14)$$

Keterangan :

$\ln A$: Sumbu y

$|k|$: Sumbu x

$z_0 - z_1$: Kemiringan garis (gradien).

Dimana, kemiringan garis merupakan kedalaman bidang dalam dan dangkal. $|k|$ sebagai sumbu x didefinisikan dengan bilangan gelombang yang besarnya $\frac{2\pi}{\lambda}$ dan satuannya *cycle/meter*, dengan λ adalah panjang gelombang. Hubungan λ dengan Δx adalah sebagai berikut :

$$k = \frac{2\pi}{\lambda} \quad (15)$$

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

$$N = \frac{2\pi}{k_c \Delta x} \quad (16)$$

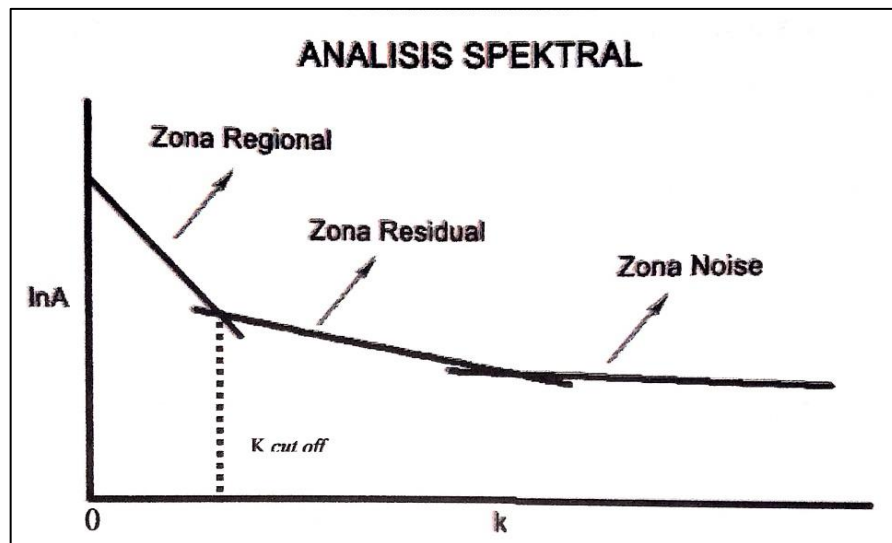
Keterangan :

Δx : Domain spasi yang akan digunakan dalam *Fast Fourier Transform* (FFT).

k_c : Bilangan gelombang *cut off*.

Hubungan bilangan gelombang k dengan frekuensi f adalah $k = 2\pi f$. Semakin besar nilai k , maka nilai frekuensi akan tinggi. Frekuensi rendah muncul dari

sumber anomali regional dan frekuensi tinggi muncul dari sumber anomali residual. Kurva dari analisis spektrum dapat dilihat pada **Gambar 7**.



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

3.6. Filter *Moving Average*

Pada pengukuran gayaberat di lapangan, data anomali gayaberat yang terukur adalah gabungan atau superposisi dari anomali yang bersifat regional dan yang bersifat residual/lokal. Anomali regional berkaitan dengan kondisi geologi umum secara keseluruhan pada daerah yang bersangkutan, seperti *basement*, lipatan, dan patahan yang dicirikan dengan anomali berfrekuensi rendah. Anomali residual menunjukkan pola anomali yang lebih kompleks dibandingkan dengan anomali regional, karena menggambarkan pola anomali dengan panjang gelombang yang lebih pendek yang mencerminkan efek benda anomali yang lebih dangkal, seperti reservoir, intrusi batuan, jenis dan bentuk struktur, dan mineral atau bijih dicirikan dengan anomali berfrekuensi tinggi (Haerudin dan Karyanto, 2007).

Untuk meningkatkan resolusi sebelum interpretasi gayaberat secara kuantitatif, maka perlu dilakukan pemisahan anomali regional dan anomali residual. Pemisahan kedua anomali tersebut dapat dilakukan dengan menggunakan filter *moving average*. Filter *moving average* merupakan salah satu metode penapisan *low pass* filter, yaitu menghilangkan frekuensi tinggi serta meloloskan frekuensi rendah.

Data anomali *Bouguer* lengkap ditapis menggunakan metode ini dengan lebar jendela merupakan rata-rata dari setiap lintasan yang telah melalui analisis spektrum (Setiadi dkk., 2010). Secara matematis persamaan *moving average* yaitu sebagai berikut :

$$\Delta g_{reg}(i) = \frac{\Delta g(i-n) + \dots + \Delta g(i) + \dots + \Delta g(i+n)}{N} \quad (17)$$

Keterangan :

i : Nomor stasiun

N : Lebar jendela

Δg_{reg} : Nilai anomali regional

n : $\frac{N-1}{2}$

Hasil yang didapatkan dari proses *moving average* adalah anomali regional (Δg_{reg}). Menurut Purnomo dkk. (2013), untuk mendapatkan anomali residual (Δg_{res}) dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$\Delta g_{res} = (\Delta g - \Delta g_{reg}) \quad (18)$$

Keterangan :

Δg_{res} : Nilai anomali residual

Δg_{reg} : Nilai anomali regional

Δg : Nilai anomali *Bouguer*

Berdasarkan karakter spektrum dari filter ini, lebar jendela (*window*) $N \times N$ berbanding langsung dengan *low cut* dari panjang gelombang atau *high cut* frekuensi spasial dari *low pass* filter, sehingga dengan bertambahnya lebar *window* akan menyebabkan bertambahnya panjang gelombang regional *output*. Dengan kata lain, lebar *window* terkecil menyebabkan harga regionalnya mendekati anomali *Bouguernya*. Semakin lebar jendela yang digunakan untuk proses *moving average*, maka daerah yang dapat diteliti akan semakin kecil. Hal ini disebabkan data yang berada di tepi akan hilang, sehingga penentuan lebar jendela harus optimal (Setiadi dkk., 2010).

3.7. *First Horizontal Derivative (FHD)*

First horizontal derivative (FHD) atau *horizontal gradient* dapat menunjukkan nilai dari perubahan anomali gravitasi secara horizontal dari satu titik ke titik lainnya dengan jarak tertentu. *Horizontal gradient* dari anomali gayaberat disebabkan oleh suatu *body* yang cenderung untuk menunjukkan tepian dari *body*-nya tersebut. Sehingga, metode ini dapat menentukan batas antara kontras densitas secara horizontal. Perubahan anomali secara horizontal tersebut ditandai dengan adanya nilai maksimum atau minimum pada grafik FHD yang merepresentasikan geologi berupa patahan/sesar (Hartati, 2012)). Metode FHD ini dapat digunakan dalam hal penentuan struktur bawah permukaan yang tergolong dangkal maupun dalam (Zaenudin dkk., 2013). Menurut Blakely (1996), untuk mendapatkan nilai FHD dapat menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$FHD = \sqrt{\left(\frac{\partial g}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial g}{\partial y}\right)^2} \quad (19)$$

Keterangan :

$\frac{\partial g}{\partial x}$ dan $\frac{\partial g}{\partial y}$: Turunan horizontal gayaberat pada arah x dan y .

3.8. *Second Vertical Derivative (SVD)*

Second vertical derivative (SVD) merupakan salah satu teknik *filtering* yang dapat memunculkan anomali residual (efek dangkal). SVD bersifat sebagai *high pass* filter, sehingga dapat menggambarkan anomali residual yang berasosiasi dengan struktur dangkal. SVD dapat digunakan untuk analisis cekungan, intrusi batuan, atau juga dapat digunakan untuk mengidentifikasi patahan (Yulistina, 2017).

Secara teoritis metode ini diturunkan dari persamaan *Laplace* ditulis sebagai berikut:

$$\nabla^2 \Delta g = 0 \quad (20)$$

$$\nabla^2 \Delta g = \frac{\partial^2 (\Delta g)}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 (\Delta g)}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 (\Delta g)}{\partial z^2} \quad (21)$$

$$\frac{\partial^2 (\Delta g)}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 (\Delta g)}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 (\Delta g)}{\partial z^2} = 0 \quad (22)$$

Sehingga, *second vertical derivative* (SVD) diberikan oleh:

$$\frac{\partial^2(\Delta g)}{\partial z^2} = -\left(\frac{\partial^2(\Delta g)}{\partial x^2} + \frac{\partial^2(\Delta g)}{\partial y^2}\right) \quad (23)$$

Untuk persamaan yang digunakan pada data 1D (data penampang), yaitu sebagai berikut:

$$\frac{\partial^2(\Delta g)}{\partial z^2} = -\left[\frac{\partial^2(\Delta g)}{\partial x^2}\right] \quad (24)$$

Metode *second vertical derivative* (SVD) digunakan untuk menentukan jenis sesar berdasarkan data respon gayaberat. Nilai perhitungan SVD secara praktis bisa didapatkan dengan nilai negatif dari SVD. Hasil perhitungan SVD terlihat bahwa karakteristik sesar naik memiliki nilai mutlak SVD maksimum lebih kecil dari nilai mutlak SVD minimum, sedangkan karakteristik sesar turun berlaku sebaliknya (Sihombing dkk., 2018).

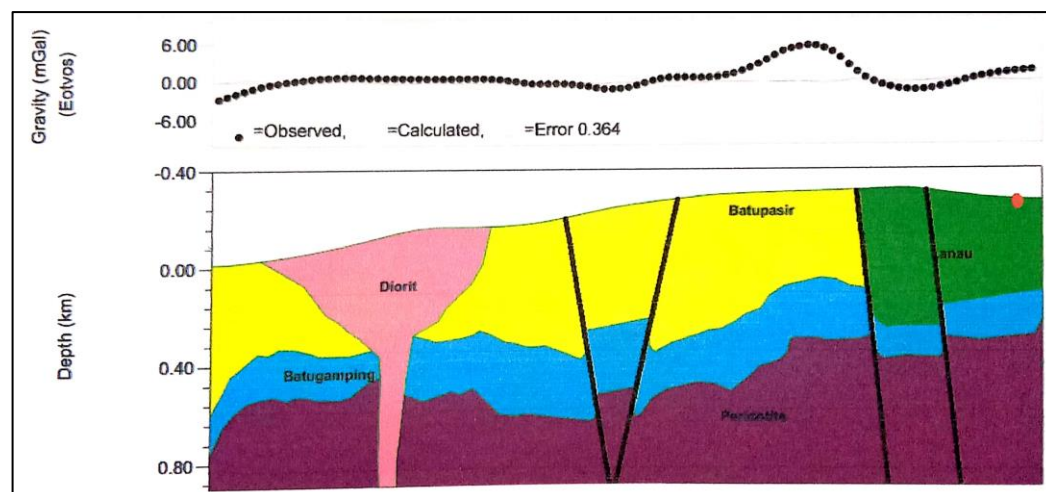
Prinsip dasar dan teknik perhitungan dari metode ini telah dijelaskan oleh Henderson dan Zeitz (1949), Elkins (1951), dan Rosenbach (1953) dapat dilihat pada **Tabel 3**.

Tabel 3. Koefisien filter SVD (Sarkowi, 2010)

SVD Tipe Henderson dan Zietz (1949)				
0.00	0.00	-0.0838	0.00	0.00
0.00	1.00	-2.6667	1.00	0.00
-0.0838	-2.6667	17.00	-2.6667	-0.0838
0.00	1.00	-2.6667	1.00	0.00
0.00	0.00	-0.0838	0.00	0.00
SVD Tipe Elkins (1951)				
0.00	-0.0833	0.00	-0.0833	0.00
-0.0833	-0.6667	-0.0334	-0.6667	-0.0833
0.00	-0.0334	-1.0668	-0.0334	0.00
-0.0833	-0.6667	-0.0334	-0.6667	-0.0833
0.00	-0.0833	0.00	-0.0833	0.00
SVD Tipe Rosenbach (1953)				
0.00	-0.0416	0.00	-0.0416	0.00
-0.0416	-0.3332	-0.75	-0.3332	-0.0416
0.00	-0.75	4.00	-0.75	0.00
-0.0416	-0.3332	-0.75	-0.3332	-0.0416
0.00	-0.0416	0.00	-0.0416	0.00

3.9. Pemodelan Ke Depan (*Forward Modelling*) Metode Gayaberat

Menurut Blakely (1996), *forward modelling* atau pemodelan ke depan (2D) merupakan metode interpretasi yang dapat digunakan untuk memprediksi atau memperkirakan nilai densitas bawah permukaan dengan membuat terlebih dahulu benda geologi yang terdapat di bawah permukaan. Menurut Talwani dkk. (1959), *forward modelling* untuk menghitung efek gayaberat model benda bawah permukaan dengan penampang berbentuk sembarang yang dapat diwakili oleh suatu poligon yang berisi (n) yang dinyatakan sebagai integral garis panjang sisi-sisi poligon. Dimana, pemodelan 2D gayaberat dapat dilihat pada **Gambar 8**.



Gambar 8. Model 2D lintasan C-D daerah panas bumi Barru Sulawesi Selatan (Manalu, 2019).

Menurut Grandis (2009), *forward modelling* merupakan suatu proses perhitungan data dari hasil teori yang akan teramati di permukaan bumi apabila parameter model diketahui. Pada saat tahap interpretasi, dicari pemodelan yang menghasilkan respon yang cocok dan juga *fit* dengan data pengamatan atau data lapangan, sehingga melalui hal tersebut diharapkan hasil dari pemodelan dapat mewakili atau mendekati keadaan sebenarnya. Untuk menghasilkan model yang *fit*, maka pada *forward modelling* dilakukan proses *trial and error* atau proses coba-coba untuk mendapatkan kesesuaian antara data teoritis dengan data lapangan. Maka akan menghasilkan nilai *error* yang kecil dan memperoleh model yang *fit*.

3.10. Citra Radar

Konsep radar adalah mengukur jarak dari sensor ke target dengan pesawat terbang atau satelit yang dilakukan ke arah miring (*side looking*). Ukuran jarak tersebut didapat dengan mengukur waktu yang diperlukan gelombang elektromagnetik selama penjarannya mulai dari sensor sampai ke target dan kembali lagi ke sensor. Gelombang elektromagnetik yang dipancarkan radar berupa gelombang radio dan gelombang mikro. Pantulan dari gelombang yang dipancarkan digunakan untuk mendeteksi objek (Haniah dan Prasetyo, 2011). Pada permukaan bumi, pulsa gelombang radar dipancarkan ke segala arah, sebagian pantulannya diterima kembali oleh sensor. Intensitas dari gelombang pantulan ini sangat lemah dibandingkan ketika dipancarkan (Susanto dan Julzarika, 2009). Identifikasi dan deliniasi struktur sesar aktif akan semakin baik jika dilakukan pada citra dengan resolusi yang lebih tinggi (Aribowo dkk., 2015).

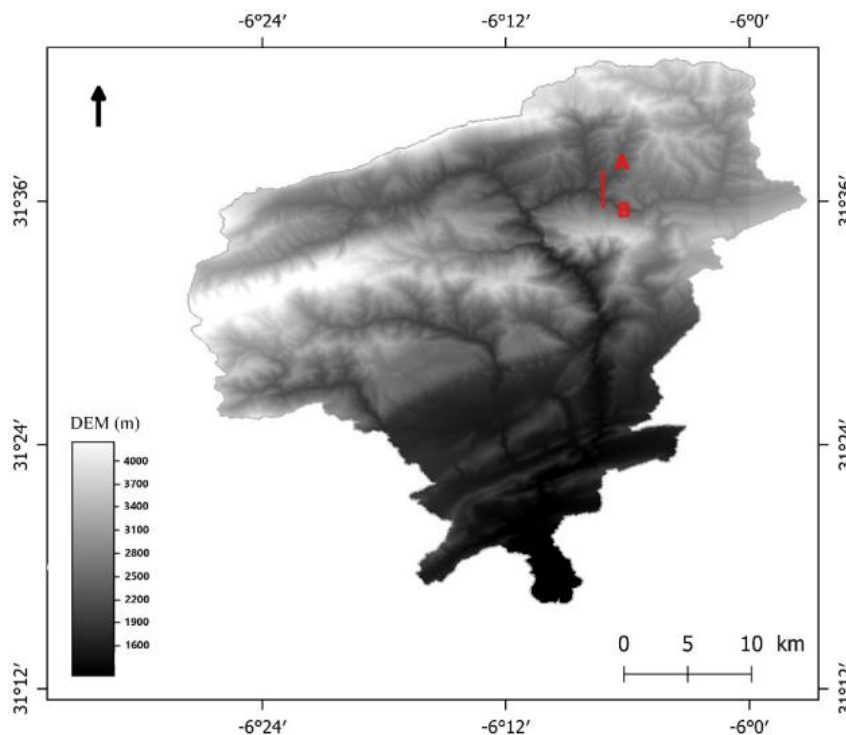
Advanced Land Observing Satellite (ALOS) adalah satelit multimisi milik Jepang yang merupakan satelit generasi lanjutan dari JERS-1 dan ADEOS yang dilengkapi dengan teknologi yang lebih maju. Satelit ALOS telah berhasil diluncurkan pada tanggal 24 Januari 2006, mempunyai 5 misi utama yaitu kartografi, pengamatan regional, pemantauan bencana alam, penelitian sumber daya alam, dan pengembangan teknologi (Julzarika dkk., 2008).

PALSAR adalah sensor *microwave* aktif yang menggunakan frekuensi *L-band* untuk pengamatan permukaan bumi yang bebas awan serta kemampuan pengamatan pada siang dan malam hari tanpa terpengaruh kondisi cuaca satelit, oleh karena itu dapat digunakan untuk observasi kawasan, pengamatan bencana dan survei sumber daya alam. PALSAR memiliki resolusi yang tinggi dalam mode konvensional dan mode ScanSAR yang memungkinkan perekaman pada suatu daerah seluas (250-350) km dengan mengorbankan resolusi spasial. Pengembangan PALSAR sendiri merupakan proyek bersama antara *Japan Aerospace Exploration Agency* (JAXA) dan *Japan Resources Observation Sistem Organization* (JAROS) (JAXA, 2016). Citra ini memiliki resolusi spasial 12,5 meter dan memiliki polarisasi HH dan HV, HH, atau hanya HV. Polarisasi ini berguna untuk pembuatan

band red, green, dan blue. Selain itu juga berguna untuk interferometri dalam pembuatan DSM, aplikasi tegakan pohon, dan lain-lain. PALSAR memiliki kelebihan dapat membedakan dengan jelas antara objek air dan objek non air. Selain itu, PALSAR memiliki keunikan dalam proses klasifikasi yaitu menggunakan unsur bentuk dan pola (Widjajanti dan Sutanta, 2006).

3.11. Digital Elevation Model (DEM)

Digital elevation model (DEM) adalah data digital yang dapat menggambarkan geometri dari bentuk permukaan bumi yang didasarkan dari himpunan titik–titik koordinat hasil sampling dari permukaan yang di algoritmakan sehingga mendefinisikan permukaan tersebut menggunakan himpunan koordinat. DEM merupakan penyajian koordinat (x,y,h) dari titik, secara digital mewakili bentuk topografi suatu permukaan, dimana DEM terbentuk dari titik-titik yang memiliki nilai koordinat 3D (X, Y, Z) (Tempfli, 1991). DEM berisi model medan dengan hanya menginformasikan suatu ketinggian. Gambaran model relief rupa bumi tiga dimensi (3D) yang menyerupai keadaan sebenarnya di dunia nyata (*real world*) divisualisasikan dengan bantuan teknologi komputer grafis dan teknologi *virtual reality* (Li dkk., 2005). Dimana, *digital elevation model (DEM)* dapat dilihat pada **Gambar 9**.



Gambar 9. DEM ALOS PALSAR Wadi M'Goun Watershed, Morocco
(Khal dkk., 2021).

Sebaran data DEM yang berasal dari peta RBI akan berbentuk kontur sedangkan data DEM dari citra satelit berbentuk raster DEM dan data DEM dari LIDAR berbentuk *point cloud*. Selain memiliki bentuk yang berbeda-beda, DEM juga menggunakan sistem proyeksi yang bermacam-macam seperti sistem proyeksi geografik. Setiap data DEM memiliki sistem proyeksi, bentuk, dan pola nilai ketinggian yang beragam, nilai tersebut tergantung sumbernya. Data DEM yang beragam tersebut, kemudian dilakukan pengolahan berupa interpolasi hingga didapatkan nilai-nilai ketinggian yang tersebar teratur sesuai *grid* dan ditransformasikan menjadi sistem proyeksi UTM (Konon dan Smigielski, 2006).

3.12. *Hillshade/Shaded Relief*

Teknik *hillshade* akan menghasilkan peta dengan visualisasi topografi yang semakin jelas. Pengaturan posisi sumber cahaya dan sudut datangnya cahaya telah banyak dilakukan. Pengguna peta memiliki kecenderungan bahwa pencahayaan *oblique*, sumber cahaya bersinar dari sudut moderat antara horizon dan zenit, dan

bersumber dari barat laut, memberikan gambar yang lebih intuitif tentang bentuk medan. *Hillshade* adalah salah satu metode yang digunakan untuk menampilkan gambaran relief sebuah objek pada data raster yang berformat 2D (2 dimensi) dengan cara memberikan efek 3D (3 dimensi) pada data raster yang sedang diolah. Pemberian efek 3D dapat dilakukan dengan pemberian teknik pencahayaan serta bayangan yang tepat pada data raster. Pembuatan *shaded* relief suatu wilayah atau objek pada dasarnya digunakan data *digital elevation model* (DEM) (Gantenbein, 2012).

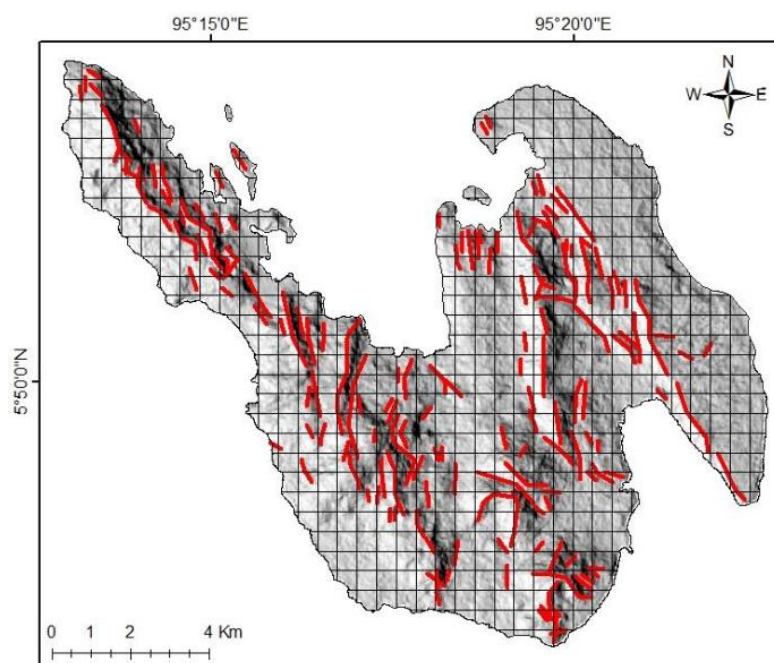
Edge enhancement (perbaikan kualitas citra) dapat dilakukan untuk penajaman citra *shaded* relief untuk meningkatkan detail geometris dari citra. Struktur seperti *lineament*, *drainase*, dan bentang alam tertentu sering dicirikan dengan adanya perubahan yang mencolok pada respon radiometrik. *Edge enhancement* dapat diaplikasikan kepada citra *shaded* relief untuk meningkatkan frekuensi dan kontras pada citra (Abdullah dkk., 2010). Metode *hillshade* digunakan untuk meningkatkan visualisasi dari permukaan yang berguna untuk analisis atau penampilan secara grafis, khususnya ketika menggunakan efek transparansi. Faktor utama dalam pembuatan *hillshade* adalah:

1. *Azimuth*, yaitu sudut pencahayaan yang dihitung searah jarum jam antara 0°-360° dari arah utara.
2. *Altitude*, yaitu sudut pencahayaan yang dihitung dari atas horizon dalam satuan derajat dari 0° (pada horizon) sampai 90° (Richards, 1986).

3.13. Kelurusan (*Lineament*)

Pada kerangka kerja penginderaan jauh, kelurusan diinterpretasikan dari ekspresi topografi atau morfologi yang terekam dalam sebuah citra. *Lineament* atau kelurusan adalah cerminan dari morfologi yang teramati di permukaan bumi yang dihasilkan dari aktivitas gaya geologi bumi. Batasan kelurusan geologi dapat direpresentasikan oleh keunikan geomorfologinya seperti kelurusan punggung, kelurusan lembah, kelurusan sungai, dan kelurusan-kelurusan lain yang disebabkan oleh sesar. Kelurusan geologi dapat digambarkan oleh unsur struktur geologi yang

belum mengalami *displacement* (pergerakan) sedangkan struktur geologi yang telah mengalami pergerakan disebut sesar. Beberapa faktor yang mempengaruhi pengenalan kelurusan dari sebuah citra seperti musim, vegetasi, sudut penyinaran, resolusi spektral, dan spasial (Kavak dan Cetin, 2007). Menurut Lillesand dkk. (2004), satu faktor kelurusan yang penting adalah iluminasi, dimana sudut *azimuth* iluminasi sebagai penentu arah bayangan dan sudut elevasi iluminasi sebagai penentu panjang bayangan. Karena pada umumnya kelurusan mempunyai arah serta orientasi tertentu, maka dalam interpretasinya kelurusan yang sejajar dengan sudut *azimuth* iluminasi (arah datangnya sinar) akan sulit untuk diketahui. Kelurusan atau *lineament* dapat dilihat pada **Gambar 10** yang ditandai oleh garis berwarna merah.



Gambar 10. Pola kelurusan pada *hillshade/shaded relief* (Yanis dkk., 2019).

Pengolahan kelurusan (*lineament*) menggunakan *software* ArcGIS perubahan fitur topografi maupun morfologi seperti perubahan kemiringan lereng pada lereng yang curam, kelurusan, sesar, punggung bukit atau gunung, lembah, dan pola pengaliran akan diasumsikan oleh perubahan tonal atau nilai keabuan yang mendadak pada data DEM sehingga menghasilkan bentuk fitur lurus dalam sebuah citra (Abdullah dkk., 2010).

3.14. Algoritma Kelurusan (*Lineament Algorithm*)

Setelah proses *hillshade*, kemudian dilakukan pengolahan menggunakan *software* PCI Geomatica untuk mendapatkan pola kelurusannya. Algoritma kelurusan adalah algoritma pada *software* PCI Geomatica digunakan untuk mendapatkan kelurusan secara otomatis. Macam-macam *input* algoritma LINE pada *software* PCI Geomatica yaitu sebagai berikut :

1. Filter *Radius* (RADI) adalah nilai radius dari piksel yang akan dikenai filter penajaman tepi.
2. *Edge Gradient Threshold* (GTHR) adalah nilai ambang gradien tepi. Parameter ini untuk menentukan ambang batas tingkat gradien minimum untuk piksel tepi.
3. *Curve Length Threshold* (LTHR) adalah nilai dari panjang minimum piksel yang dihubungkan sebagai vektor kelurusan. Parameter ini digunakan untuk menentukan panjang minimum kurva dalam piksel.
4. *Line Fitting Threshold* (FTHR) adalah nilai ambang toleransi kesalahan. Parameter ini digunakan untuk menentukan kesalahan maksimum dalam piksel. Nilai FTHR rendah akan menggambarkan penyesuaian yang lebih baik tetapi juga segmen yang lebih pendek dalam *polyline*.
5. *Angular Difference Threshold* (ATHR) adalah nilai maksimum perbedaan sudut antara dua vektor yang akan dihubungkan. Parameter ini digunakan untuk menentukan sudut maksimum (dalam derajat) antara segmen *polyline*.
6. *Linking Distance Threshold* (DTHR) adalah nilai panjang maksimum antara dua vektor (dalam piksel) yang akan dihubungkan. Parameter ini digunakan untuk menentukan jarak minimum (dalam piksel) antara titik akhir dua vektor untuk ditautkan (Nugroho dan Susanto, 2015).

3.15. Diagram Rose

Diagram *rose* digunakan untuk perhitungan *trend* pola kelurusan agar dapat mengetahui seberapa banyak besaran data dan arah kelurusan yang muncul. Metode ini juga dilakukan dengan pengecekan kondisi lapangan terhadap indikasi kemunculan patahan atau sesar. Diagram *rose* adalah diagram yang menggambarkan nilai dari suatu penampakan kebumihan atau alam yang terdiri atas

parameter vektor (arah dan besaran) dalam sudut dan arah tertentu serta banyaknya jumlah kejadian (Nugroho dan Susanto, 2015).

3.16. Densitas Kelurusan

Densitas kelurusan (*lineament density*) merupakan metode untuk menghitung kerapatan fitur linier (kelurusan) di setiap sel raster pada data DEM. Jika densitas kelurusan dapat dipetakan maka akan diperoleh informasi mengenai zona permeabel pada suatu daerah (Williams dan Marsh, 1983). Densitas kelurusan dihitung dalam satuan panjang per satuan luas, yang dimaksud dengan satuan panjang per satuan luas yaitu densitas kelurusan akan menghitung panjang dari kelurusan per satu kilometer, semakin panjang (rapat) kelurusan dalam satu kilometer maka akan tinggi nilai densitasnya (Silverman, 1986).

3.17. Patahan/Sesar

Patahan/sesar (*fault*) menurut Ragan (1973) merupakan bidang atau zona rekahan yang terlihat telah mengalami pergerakan. Berdasarkan Asikin (1979), sesar adalah suatu rekahan pada batuan yang telah mengalami pergeseran sehingga terjadi perpindahan antara bagian yang berhadapan, dengan arah yang sejajar dengan bidang patahan. Pergeseran terjadi karena adanya gaya tektonik yang bekerja di dalam bumi. Patahan dapat dikategorikan beberapa jenis berdasarkan arah Bergeraknya terhadap bidang horizontal permukaan bumi. Menurut Rahmania dkk. (2010), jenis-jenis patahan terdapat dua jenis yaitu sebagai berikut:

1. Patahan mendatar merupakan patahan yang memiliki arah gerak horizontal. Patahan mendatar terbagi menjadi dua yaitu *right* lateral dan *left* lateral. *Right* lateral merupakan jenis patahan yang memiliki arah gerak mendatar searah dengan jarum jam, sedangkan *left* lateral merupakan gerak patahan mendatar yang berlawanan dengan arah jarum jam.
2. Patahan tidak mendatar yaitu arah gerak vertikal terbagi menjadi tiga jenis diantaranya adalah patahan turun, patahan naik, dan patahan miring. Patahan turun merupakan patahan yang turun lebih rendah dari blok dasar. Patahan naik

merupakan patahan yang bloknya relatif naik terhadap blok dasar. Patahan miring merupakan patahan yang memiliki blok vertikal yang diiringi gerakan horizontal.

3.18. *Fault Fracture Density* (FFD)

Metode *fault fracture density* (FFD) adalah metode sederhana yang digunakan untuk mengidentifikasi daerah panas bumi berdasarkan densitas kelurusan. Kelurusan ini diasumsikan berasosiasi dengan *fault* atau *fracture* sebagai zona lemah (*fracturing*) yang menjadi jalur pergerakan fluida dari reservoir ke permukaan dan muncul sebagai manifestasi seperti mata air panas atau fumarol (Darmawan dkk., 2021).

Metode *fault fracture density* (FFD) adalah pengembangan dari analisis geospasial yang berguna untuk mengetahui kondisi struktur makro. Daerah yang telah dianalisis oleh metode FFD biasanya memiliki ikatan dengan manifestasi keberadaan reservoir panas bumi pada kedalaman tertentu. Proses pembentukan patahan yang terjadi akan menghasilkan daerah *fracture* sehingga muncul zona permeabel yang membentuk jalur bagi suatu fluida untuk mengalir dari reservoir ke permukaan bumi (Suryantini dan Wibowo, 2010).

Metode FFD dapat dilakukan dengan penarikan garis kelurusan yang dapat menggunakan beragam data, tetapi biasanya menggunakan peta topografi konvensional dan foto udara. Foto udara mempunyai resolusi lebih tinggi dibandingkan dengan peta topografi, tetapi kekurangan foto udara yaitu mempunyai kelurusan yang tidak mencerminkan struktur. Sehingga pada metode FFD lebih baik menggunakan data topografi digital dan data DEM (Soengkono, 1999). Analisis data topografi digital digunakan untuk mengidentifikasi penyebab kelurusan berdasarkan patahan dan rekahannya. Jika densitas kelurusan dipetakan maka *output*-nya akan didapatkan informasi tentang zona permeabel pada suatu daerah (Williams dan Marsh, 1983).

IV. METODE PENELITIAN

4.1. Tempat dan Waktu Penelitian

Adapun tempat dan waktu pelaksanaan penelitian ini sebagai berikut :

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

Alamat : Jurusan Teknik Geofisika Lt.3 - Jl.Brojonegoro No.1 Gedong Meneng, Rajabasa, Gedong Meneng, Kec. Rajabasa, Kota Bandar Lampung, Lampung (35142).

Waktu : November 2022 – Maret 2023

Adapun jadwal kegiatan pada penelitian ini dapat dilihat pada **Tabel 4**.

Tabel 4. Jadwal pelaksanaan kegiatan penelitian

Kegiatan	November				Desember				Januari				Februari				Maret			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Studi Literatur	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Pengumpulan Data	■	■	■	■	■															
Penyusunan Proposal	■	■	■																	
Seminar Usul				■																
Pengolahan Data					■	■	■	■	■	■	■									
Penyusunan Laporan Hasil							■	■	■	■	■	■	■	■						
Bimbingan dan Revisi Hasil							■	■	■	■	■	■	■	■						
Seminar Hasil														■						
Revisi dan Persiapan Sidang Komprehensif															■	■	■	■	■	■
Sidang Komprehensif																				■

4.2. Alat dan Bahan

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

1. Laptop
2. Data DEM ALOS PALSAR Daerah Gunung Rajabasa
3. Data Sekunder Anomali *Bouguer* Lengkap Daerah Gunung Rajabasa
4. *Soft file* Peta Geologi Lembar Tanjung Karang
5. *Software* ArcGis V 10.8
6. *Software* PCI Geomatica 2018
7. *Software* Rockwork 2015
8. *Software* Surfer 13
9. *Software* Geosoft Oasis Montaj V 8.3.4
10. *Software* Google Earth
11. *Software* Microsoft Excel 2016
12. *Software* Microsoft Word 2016

4.3. Prosedur Penelitian

Adapun prosedur yang dilakukan pada penelitian ini terbagi menjadi 3 bagian, yaitu sebagai berikut :

4.3.1. Pengumpulan Data

Tahap persiapan awal yang dilakukan dalam penelitian ini adalah melakukan studi literatur mengenai informasi geologi regional serta melakukan pengumpulan data. Data yang dikumpulkan adalah data *digital elevation model* (DEM) ALOS PALSAR Gunung Rajabasa dengan resolusi 12,5 meter yang didapatkan dari situs <https://asf.alaska.edu/> dan juga data sekunder gayaberat dari pengukuran pada daerah Gunung Rajabasa oleh Badan Geologi pada tahun 1991 dengan jumlah titik pengukuran sebanyak 280 titik.

4.3.2. Pengolahan Data DEM ALOS PALSAR

Pada penelitian ini menggunakan dua data *digital elevation model* (DEM) ALOS PALSAR, yaitu citra dengan nomor *scene* AP_10627_FBS_F7070_RT1 dan AP_13982_FBD_F7060_RT1. Kedua citra *scene* tersebut dimosaik atau dilakukan penggabungan dan pemotongan data sehingga dihasilkan data daerah penelitian Gunung Rajabasa. Pengolahan data DEM menggunakan *software* ArcGis V 10.8, *software* PCI Geomatica 2018 untuk melakukan ekstraksi kelurusan, dan *software* Rockwork 2015 untuk mendapatkan diagram *rose*. Pengolahan data DEM dilakukan untuk ekstraksi kelurusan/*lineament* secara otomatis dalam menentukan pola dominan dari kelurusan, dengan cara sebagai berikut :

1. *Hillshade* atau *Shaded Relief*

Melakukan proses *hillshade* atau *shaded relief* menggunakan *software* ArcGis V 10.8 berdasarkan arah sudut penyinaran (*azimuth*) dan ketinggian. Proses *hillshade* dilakukan dengan menu *spatial analyst tools*. Pada proses ini menggunakan ketinggian penyinaran 45° pada seluruh sudut penyinaran (*azimuth*) untuk mendapatkan hasil yang maksimal. Arah sudut penyinaran (*azimuth*) yang digunakan untuk ekstraksi kelurusan atau *lineament* pada penelitian ini adalah 0°, 45°, 90°, dan 135° untuk meningkatkan ketajaman visualisasi dari kenampakan permukaan bumi.

2. Ekstraksi Kelurusan (*Lineament Extraction*)

Melakukan proses *lineament extraction* berdasarkan data DEM menggunakan algoritma LINE pada *software* PCI Geomatica 2018. Proses ekstraksi kelurusan menggunakan *hillshade* sudut penyinaran (*azimuth*) 0°, 45°, 90°, dan 135°. Dilakukan dengan menu *launch the add layer wizard* dan *grayscale*, melakukan *input* data *hillshade* yang telah didapatkan pada proses sebelumnya. Selanjutnya menu *tools*, lalu *algorithm librarian* selanjutnya memilih menu *analysis*, lalu *geological/geophysical analysis*, kemudian memilih (LINE) *lineament extraction*. Kemudian akan muncul *LINE module control panel*, memilih bagian *files*, selanjutnya memasukan *input params* yang terdiri dari filter *radius* sebesar 10

pixels untuk menghasilkan citra akumulasi tepi, nilai ambang diberikan oleh parameter *Edge Gradient Threshold* (GTHR) sebesar 75 untuk mendapatkan citra *binary edge*. Nilai ambang oleh parameter *Curve Length Threshold* (LTHR) sebesar 20 *pixels* akan dilewatkan dari proses berikutnya untuk menghasilkan kurva *pixel-wide skeleton*. Kesalahan maksimum ditentukan oleh parameter *Line Fitting Threshold* (FTHR) sebesar 2 *pixels* untuk mengubah *lineament* hasil ekstraksi menjadi bentuk vektor yang hasilnya merupakan *polyline*. Nilai ambang parameter *Angular Difference Threshold* (ATHR) sebesar 30° untuk mendapatkan *polyline* yang saling berhadapan, terhubung, dan memiliki orientasi yang sama dan dua segmen yang memiliki jarak antara segmen kurang dari parameter *Linking Distance Threshold* (DTHR) sebesar 20 *pixels*. Kemudian *lineament* akan muncul pada layar dan *save as extracted lineament* dalam format (.shp).

Tahap selanjutnya, melakukan analisis kelurusan (*lineament*) secara manual dari data yang telah didapatkan pada proses ekstraksi *lineament* sebelumnya yang kemudian data tersebut diinput pada *software* ArcGis. Pola kelurusan yang didapatkan dari ekstraksi otomatis pada *software* PCI Geomatica perlu diidentifikasi kembali secara manual dengan menghilangkan pola kelurusan yang diperkirakan bukan sebagai pola kelurusan untuk mendapatkan hasil yang maksimal dengan melihat kesesuaian dengan struktur geologi pada daerah penelitian.

3. *Split Lineament*

Mengubah *lineament* hasil analisis manual menjadi *split lineament* di dalam *Software* ArcGis dengan memilih menu *split line at vertices*, menginput *lineament* sehingga akan muncul *split lineament* yang baru. Kemudian *add field* X1,Y1, X2, dan Y2. Data *split lineament* yang telah didapatkan kemudian diekstraksi ke dalam bentuk (.DXF) untuk seluruh arah sudut penyinaran (*azimuth*).

4. Diagram *Rose*

Diagram *rose* digunakan untuk menentukan arah kelurusan dominan dari suatu kelurusan hasil ekstraksi, data kelurusan tersebut dikonversi menjadi *diagram rose*. Diagram *rose* merupakan diagram yang merepresentasikan nilai suatu fenomena alam/kebumihan yang terdiri dari parameter vektor (arah dan besaran) fenomena itu dalam sudut/arah tertentu dan banyaknya jumlah kejadian. Diagram *rose* didapatkan dengan menginput data (.DXF) dari seluruh arah sudut penyinaran (*azimuth*), yaitu *azimuth* 0°, *azimuth* 45°, *azimuth* 90°, dan *azimuth* 135° ke dalam *software* Rockwork 2015.

5. *Fault Fracture Density* (FFD)

Membuat *fault fracture density* (FFD) dari seluruh arah sudut penyinaran (*azimuth*), yaitu *azimuth* 0°, *azimuth* 45°, *azimuth* 90°, dan *azimuth* 135° dengan menerapkan fungsi densitas kelurusan (*line density*) pada *lineament* hasil ekstraksi. Data yang digunakan adalah data dari ekstraksi kelurusan yang telah diolah sebelumnya. Proses *line density* ini diolah menggunakan *software* ArcGIS dengan menu *ArcToolbox* yaitu *spatial analysis tools* dan memilih *density* kemudian *line density* lalu *input* data kelurusan otomatis. Pada proses *fault fracture density* (FFD) ini menggunakan parameter *cell size* sebesar 30. Berdasarkan peta FFD yang dihasilkan dapat diketahui nilai densitas rendah hingga tinggi pada daerah penelitian, sehingga dapat diidentifikasi struktur geologi yang ada. Dimana menurut Suryantini dan Wibowo (2010), metode FFD dapat menganalisis adanya struktur sesar dengan melihat daerah yang memiliki anomali kerapatan kelurusan paling tinggi, struktur sesar ini berasosiasi dengan kelurusan-kelurusan yang ada di daerah tersebut yang merefleksikan gambaran dari topografi berupa kelurusan sungai, kelurusan lembah, dan struktur sesar maupun rekahan.

6. *Raster Calculate*

Berdasarkan hasil *fault fracture density* (FFD) *azimuth* 0°, *azimuth* 45°, *azimuth* 90°, dan *azimuth* 135° yang telah didapatkan, selanjutnya melakukan proses *raster calculate* dengan memanfaatkan teknik *index overlay* pada seluruh hasil data FFD

sehingga dihasilkan *fault fracture density* (FFD) total. Proses raster *calculate* dengan memilih menu *map algebra*. Melalui hasil peta FFD Total dapat diketahui daerah densitas rendah hingga tinggi serta dapat dilakukan korelasi dengan peta geologi regional daerah penelitian untuk mengidentifikasi dan menginterpretasi keselarasan pola struktur geologi.

4.3.3. Pengolahan Data Gayaberat

Data gayaberat yang digunakan pada penelitian ini adalah data sekunder yang merupakan data pengukuran di daerah Gunung Rajabasa oleh Badan Geologi dengan jumlah titik pengukuran sebanyak 280 titik. Pengolahan data gayaberat pada penelitian ini menggunakan *software* Surfer 13 dan *software* Geosoft Oasis Montaj V 8.3.4. Pengolahan data gayaberat melalui beberapa tahapan, yaitu sebagai berikut:

1. Anomali *Bouguer* Lengkap

Data sekunder gayaberat yang digunakan pada penelitian ini adalah data hasil pengukuran di daerah Gunung Rajabasa, Lampung Selatan yang sudah berbentuk data Anomali *Bouguer* Lengkap (ABL), sehingga tidak perlu dilakukan koreksi data gayaberat. Kemudian data Anomali *Bouguer* Lengkap (ABL) tersebut dilakukan proses *gridding* pada *software* Geosoft Oasis Montaj.

2. Analisis Spektrum

Proses analisis spektrum pada penelitian ini dilakukan dengan membuat lima lintasan yang mewakili daerah penelitian, dimana proses ini untuk dapat memperkirakan kedalaman suatu benda anomali gayaberat di bawah permukaan. Pada proses analisis spektrum menggunakan transformasi *fourier* untuk mengubah suatu fungsi dalam jarak atau waktu menjadi fungsi dalam bilangan frekuensi atau gelombang sehingga dapat diperkirakan kedalaman dari data anomali gayaberat. Hasil dari proses FFT adalah nilai *rill* dan imajiner. Nilai *rill* dan imajiner tersebut akan didapatkan nilai absolutnya. Kemudian dilakukan tahapan dengan

menggunakan *software* Ms.Excel untuk mendapatkan nilai amplitudo (A), Ln A, frekuensi, dan nilai bilangan gelombang (k).

Nilai amplitudo (A) dihitung dengan menggunakan rumus $\sqrt{\text{imaginer}^2 + \text{rill}^2}$. Nilai Ln A didapatkan dengan cara melogaritmakan nilai amplitudo (A). Nilai frekuensi bergantung pada domain spasial yang telah ditentukan sebelumnya, dari nilai frekuensi tersebut didapatkan nilai bilangan gelombang (k) dengan menggunakan rumus $2\pi f$. Selanjutnya dilakukan *plotting* nilai k dan Ln A, dimana k sebagai sumbu x dan Ln A sebagai sumbu y yang kemudian akan diperoleh nilai gelombang atau titik pertemuan antara nilai kedalaman anomali regional dan residual yang disebut *cut off* pada daerah penelitian. Kemudian akan didapatkan nilai lebar jendela yang nilai tersebut akan digunakan pada tahapan selanjutnya. Pada penelitian ini didapatkan nilai lebar jendela sebesar 15.

3. Pemisahan Anomali Regional dan Anomali Residual

Data pada penelitian ini merupakan Anomali *Bouguer* Lengkap (ABL), dimana data tersebut superposisi dari anomali regional (dalam) dan anomali residual (lokal). Sehingga perlu dilakukan pemisahan agar objek yang dicari dapat diidentifikasi dengan baik. Pemisahan anomali regional dan anomali residual pada penelitian ini menggunakan metode *moving average* pada *software* Surfer 13 dengan menginput data anomali *Bouguer* dan nilai lebar jendela sebesar 15 yang telah didapatkan pada proses analisis spektrum. Filter *moving average* adalah tahapan meratakan nilai anomali dari data anomali gayaberat. Anomali *Bouguer* yang telah melewati proses *filtering* dengan metode *moving average*, akan menghasilkan anomali regional. Kemudian anomali residual didapatkan dari selisih antara anomali *Bouguer* dengan anomali regional daerah penelitian.

4. Analisis Derivative

Berdasarkan hasil dari pemisahan anomali regional dan residual pada pengolahan sebelumnya, didapatkan persebaran nilai anomali rendah dan anomali tinggi.

Dimana, nilai anomali rendah diidentifikasi sebagai daerah dengan lapisan batuan yang memiliki kontras rapat massa yang lebih rendah yang diindikasikan sebagai daerah reservoir panas bumi daerah penelitian. Anomali tinggi diidentifikasi sebagai daerah dengan lapisan batuan yang memiliki rapat massa yang tinggi (*basement high*) yang dapat diindikasikan sebagai daerah *heat source*. Berdasarkan hal tersebut, kontras anomali rendah dan anomali tinggi dapat diidentifikasi adanya daerah patahan ataupun kontras litologi. Sehingga, untuk memastikan lebih lanjut mengenai hal tersebut, penulis melakukan analisis *derivative*. Dimana, analisis *derivative* digunakan untuk menentukan batas anomali dan mengetahui jenis patahan. Analisis *derivative* yang dilakukan pada penelitian ini adalah menggunakan metode *first horizontal derivative* (FHD) *second vertical derivative* (SVD) dari data anomali residual.

Peta kontur SVD dibuat berdasarkan prinsip dasar dan teknik perhitungan yang telah dijelaskan oleh Henderson & Zietz (1949), Elkins (1951), dan Rosenbach (1953). Pengolahan SVD menggunakan *software* Surfer 13, dimana struktur patahan akan digambarkan dengan adanya pola anomali tinggi dan anomali rendah pada jarak yang pendek secara kuantitatif pada metode SVD berupa nilai kontur SVD sama dengan nol. Berdasarkan kontur 0 yang didapatkan, membuat struktur SVD berdasarkan dominasi arahnya untuk dapat menginterpretasikan struktur geologi yang ada pada daerah penelitian berdasarkan metode SVD.

5. Pemodelan Bawah Permukaan

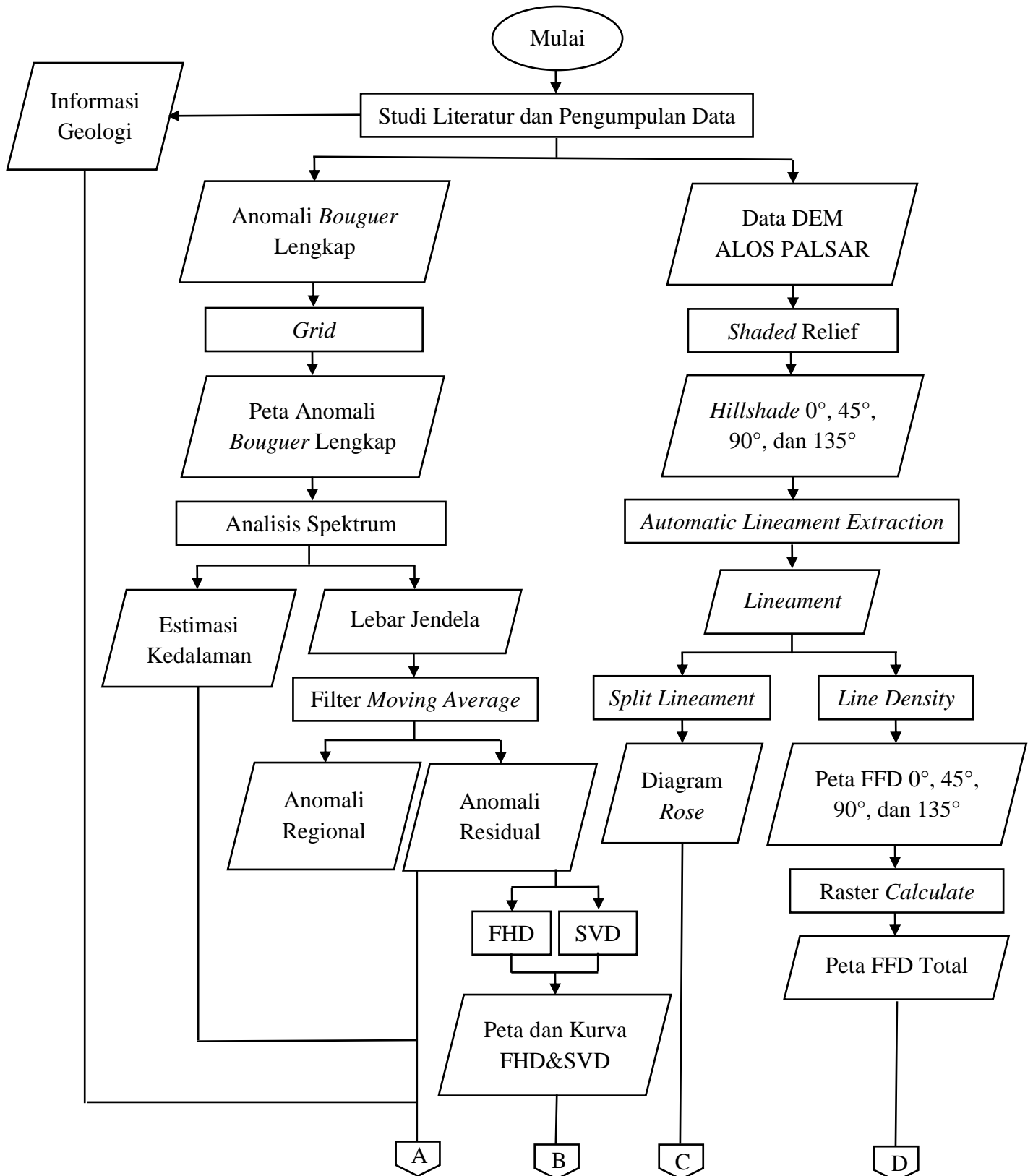
Pada penelitian ini, penulis menggunakan metode *forward modelling* (2D) atau pemodelan ke depan untuk mengetahui model perlapisan bawah permukaan berdasarkan anomali residual. Pemodelan bawah permukaan dengan metode *forward modelling* diproses dengan menggunakan *software* Geosoft Oasis Montaj 8.4. *Forward modelling* dilakukan dengan cara *trial and error* atau coba-coba hingga mendapatkan model yang *fit* atau dengan kata lain mendapatkan model yang grafik teoritis dengan grafik pengukuran berimpit atau mendekati, sehingga *error* yang didapatkan akan semakin kecil. Tahapan pengolahan *forward modelling*

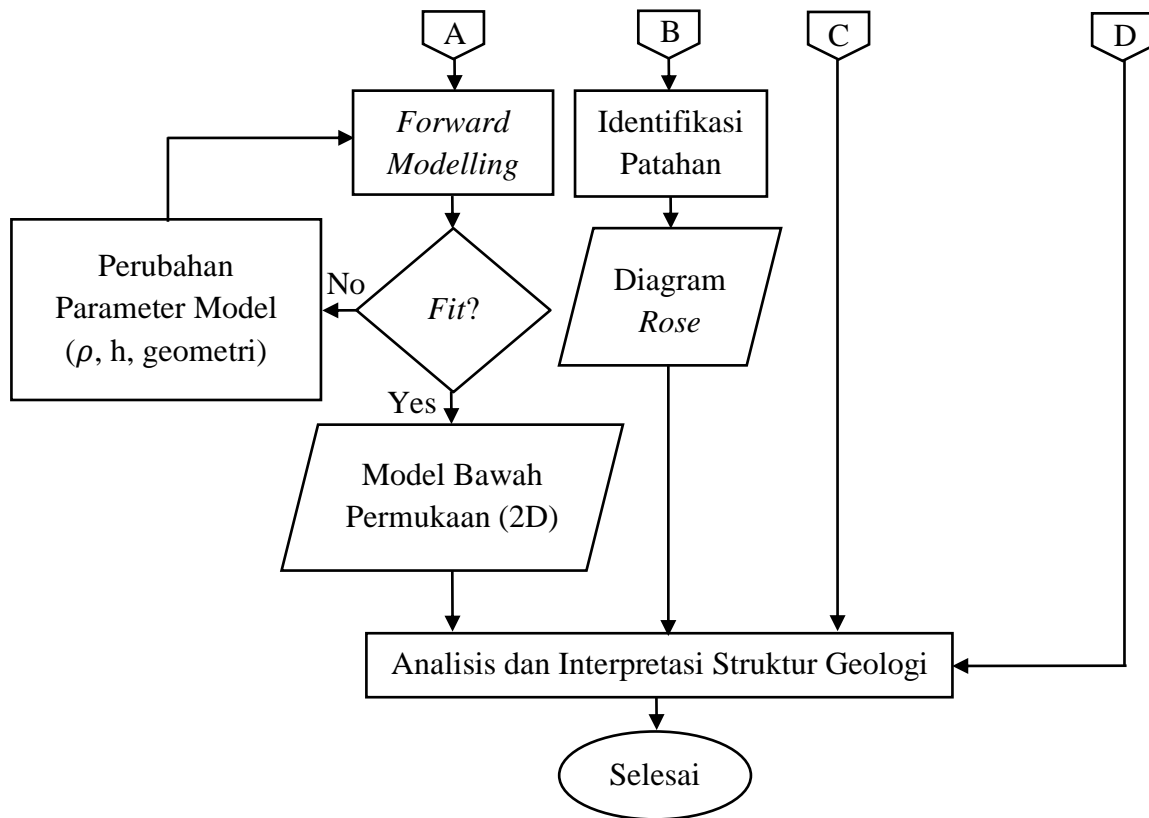
dilakukan dengan melakukan *input* data jarak dan data anomali residual berdasarkan *slice* ataupun lintasan yang telah dibuat.

Tahapan penentuan lintasan dilakukan dengan menarik lintasan yang melewati anomali tinggi dan anomali rendah yang diindikasikan sebagai daerah patahan, dimana pada penelitian ini menggunakan 2 lintasan. Tahapan dimulai dengan membuat poligon yang kemudian dibandingkan dengan nilai anomali hasil pengukuran, nilai densitas berdasarkan informasi geologi, studi literatur digunakan untuk *input* poligon dan rata-rata kedalaman bidang ketidakselarasan dangkal atau residual dan regional yang didapatkan dari tahapan analisis spektrum digunakan sebagai acuan untuk *input* saat menentukan bidang batas pada daerah bawah permukaan.

4.4. Diagram Alir

Adapun diagram alir pada penelitian ini dapat dilihat pada **Gambar 11**, yaitu sebagai berikut :





Gambar 11. Diagram alir penelitian.

VI. KESIMPULAN

6.1. Kesimpulan

Adapun kesimpulan berdasarkan pengolahan data dan interpretasi yang telah dilakukan, yaitu sebagai berikut:

1. Peta sebaran kelurusan data DEM didapatkan dengan sudut *azimuth* 0° diidentifikasi berarah barat – timur, *azimuth* 45° berarah barat laut – tenggara, *azimuth* 90° berarah timur laut – barat daya, dan *azimuth* 135° berarah timur laut – barat daya.
2. Hasil kelurusan, FFD, dan diagram *rose* sudut *azimuth* 45° dari data DEM adalah paling selaras dengan struktur geologi yaitu berarah barat laut – tenggara dan sudut *azimuth* lainnya memotong sistem sesar utama. Pada hasil analisis *derivative* FHD dan SVD diidentifikasi adanya patahan berarah barat laut – tenggara. Sehingga dari analisis FFD dan SVD memiliki korelasi antara keduanya.
3. Model 2D lintasan A-A' diidentifikasi terdapat litologi tuf, tuf riolitik, batulempung, batupasir, basal, dan andesit. Model 2D lintasan B-B' diidentifikasi terdapat litologi tuf, batulempung, batupasir, dan andesit. Pada manifestasi Way Simpur dan Gunung Botak didapatkan di lapangan berupa tuf dan andesit. Pada manifestasi Gunung Botak didapatkan tuf lapili.

6.2. Saran

Adapun saran yang dapat diberikan adalah penelitian ini perlu dilanjutkan dengan mengkorelasikan terhadap metode geofisika lainnya seperti metode seismik agar dapat memperkuat hasil interpretasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, A., Akhir, J.M., dan Abdullah, I. 2010. Automatic Mapping of Lineaments Using Shaded Relief Images Derived from Digital Elevation Model (DEM) in the Maran-Sungai Lembing Area Malaysia. *Electronic Journal of Geotechnical Engineering*. 15(2): 949-957.
- Amin, T.C., Sidarto, S., dan Santosa, W. 1994. *Geology of the Kotaagung Quadrangle Sumatera*. Bandung: Geological Research and Development Centre.
- Apriani, N. 2021. Penentuan Daerah Prospek Reservoir Panas Bumi Rajabasa Berdasarkan Analisa Data Gaya Berat. *Skripsi*. Universitas Lampung.
- Aribowo, S., Muslim, D., Winantris., Natawidjaja, D.H., dan Daryono, M.R. 2015. Sub-Segmentasi Sesar Pada Segmen Kumering Antara Danau Ranau Hingga Lembah Suoh, Lampung Barat Subdivision. *Jurnal Lingkungan dan Bencana Geologi*. 8(1): 31-45.
- Asikin, S. 1979. *Dasar-Dasar Geologi Struktur*. Bandung: Departemen Teknik Geologi ITB.
- Blakely, R.J. 1996. *Potensial Theory in Gravity and Magnetic Applications*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Bujung, C.A.N., Singarimbun, A., Muslim, D., Hirnawan, F., Sudradjat, A., 2011. Identifikasi prospek panas bumi berdasarkan Fault and Fracture Density (FFD): Studi kasus Gunung Patuha , Jawa Barat. *Jurnal Lingkungan dan Bencana Geologi*. 2(1): 67–75.
- Darmawan, I.G.B., Fahlevi, D.I., Yassar, M.F., dan Pramudya, F.A. 2021. Identifikasi Zona Reservoir Panas Bumi Berdasarkan Analisis Fault Fracture Density Citra Digital Elevation Model ALOS PALSAR di Gunung Rajabasa. *Makalah Ilmiah Buletin Sumber Daya Geologi*. 16(2): 119-131.
- Darmawan, I.G.B., Setijadji, L.D., dan Wintolo, D. 2013. Interpretasi Geologi Gunung Rajabasa Berdasarkan Integrasi Citra ASTER, DEM, dan Geologi Permukaan. *Prosiding Seminar Nasional Kebumihan Ke-6*. Yogyakarta: 11-12 Desember 2013, 285-298.

- Darmawan, I.G.B., Setijadji, L.D., dan Wintolo, D. 2015. Geology and Geothermal System in Rajabasa Volcano South Lampung Regency, Indonesia (Approach to Field Observations, Water Geochemistry and Magnetic Methods). *Proceedings World Geothermal Congress*. Melbourne, Australia: 19-25 April 2015, 1-12.
- Elkins, T. A. 1951. The Second Derivative Method of Gravity Interpretation. *Geophysics Journal*. 16 (1): 29-50.
- Erfani, S., Zaenudin, A., Rustadi., Yogi, I.B.S., dan Catur, R. 2022. Pemetaan Daerah Rawan Gempa dan Sosialisasi Mitigasi di Desa Way Muli Daerah Sekitar Gunung Rajabasa Provinsi Lampung. *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*. 6(2): 143-146.
- Facility, A.S. 2022. Data DEM ALOS PALSAR Gunung Rajabasa. <https://asf.alaska.edu>, diakses pada 12 Juli 2022 pukul 09.54.
- Gantenbein, C. 2012. Creating Shaded Relief for Geologic Mapping using Multiple Light Sources. *Digital Mapping Techniques' 10-Workshop Proceedings*. 101-106.
- Grandis, H. 2009. *Pengantar Pemodelan Inversi Geofisika*. Jakarta: Himpunan Ahli Geofisika Indonesia.
- Haerudin, N dan Karyanto. 2007. Aplikasi Metode Polinomial Least Square Berbasis Matlab Untuk Memisahkan Efek Residual Anomali Regional Pada Data Gravitasi (Studi Kasus Kotamadya Bandar Lampung). *Jurnal Sains MIPA*. 13(1): 32-36.
- Haerudin, N., Pardede, V.J., dan Rasimeng, S. 2009. Analisis Reservoir Daerah Potensi Panasbumi Gunung Rajabasa Kalianda dengan Metode Tahanan Jenis dan Geotermometer. *Jurnal Ilmu Dasar*. 10(2): 141-146.
- Haerudin, N., Wahyudi, Suryanto, W., dan Sarkowi, M. 2013. Analysis of The 3D Geothermal Reservoir Model from Anomaly Magnetic Data Using Mag3D. *The Third Basic Science International Conference*. 1-5.
- Haniah dan Prasetyo, Y. 2011. Pengenalan Teknologi Radar untuk Pemetaan Spasial di Kawasan Tropis. *Jurnal Teknik*. 32(2): 155-161.
- Hartati, A. 2012. Identifikasi Struktur Patahan Berdasarkan Analisa Derivative Metode Gayaberat di Pulau Sulawesi. *Skripsi*. Universitas Indonesia.
- Henderson, R.G dan Zietz, I. 1949. The Computation of Second Vertical Derivative of Gravity Interpretation. *Geophysics Journal*. 14(1).
- JAXA. 2016. *ALOS Data Users Handbook*. Jepang: Earth Observation Research and Application Center Japan Aerospace Exploration Agency.

- Joussineau, G.D dan Aydin, A. 2009. Segmentation Along Strike-Slip Faults Revisited. *Pure and Applied Geophysics*. 166(10-11): 1575-1594.
- Julzarika, A., Kustiyo, dan Harsanugraha, W. K. 2008. Teknik Penurunan Digital Surface Model (DSM) dari Citra Satelit ALOS (Studi Kasus: Cilacap, Indonesia). *Prosiding PIT MAPIN XVII*. Bandung: 10 Desember 2008, 30-38.
- Katili, J.A dan Hehuwat, F. 1967. On The Occurrence of Large Transcurrent Fault in Sumatera, Indonesia. *Journal of Geoscience*. 10: 5-17.
- Kavak, S. K dan Cetin, H. 2007. *A Detailed Geologic Lineament Analysis Using Landsat Tm Data of Golmarmara/Manisa Region, Turkey*. Murray: Murray State University.
- Khal, M., Algouti, A., Algouti, A., Akdim, N., Stankevich, S.A., Menenti, M. 2020. Evaluation of open Digital Elevation Models: estimation of topographic indices relevant to erosion risk in the Wadi M'Goun watershed, Morocco. *Journal Geosciences*. 6(2): 231-257.
- Kirbani, S.D. 2001. *Teori dan Aplikasi Metode Gravitasi*. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.
- Konon, A dan Smigielski, M. 2006. DEM-Based Structural Mapping: Examples From The Holy Cross Mountains And The Outer Carpathians. *Acta Geologica Polonica*. 56(1):1-16.
- Lillesand, T., Kiefer, R.W., dan Chipman, J.W. 2004. *Remote Sensing and Image Interpretation*. New York: Fifth Edition.
- Li, Z., Zhu, Q., dan Gold, C. 2005. *Digital Terrain Modeling Principles and Methodology*. Florida: CRC Press.
- Manalu, M. Identifikasi Struktur Sesar Bawah Permukaan Daerah Panas Bumi Barru Sulawesi Selatan Berdasarkan Analisis SVD dan Pemodelan Anomali Gayaberat. *Skripsi*. Universitas Lampung.
- Mangga, S.A., Amirudin., Suwarti, T., Gafoer, S., dan Sidarto. 1993. Geological Map of Tanjungkarang, Sumatra. Bandung: Geological Research and Development Centre.
- Massinai, M.A., Rusman, S., dan Syamsuddin. 2014. Struktur Geologi Sulawesi Barat Ditinjau dari Kelurusan Geomorfologi Regional. *Prosiding Seminar Nasional Geofisika 2014*. Makassar: 13 September 2014, 62-65.
- Nugroho, U.C dan Susanto. 2015. Ekstraksi Kelurusan (Lineament) Secara Otomatis Menggunakan Data DEM SRTM Studi Kasus: Pulau Bangka. *Prosiding Pertemuan Ilmiah Tahunan XX*. 775-780.

- Purnomo, J., Koesuma, S., dan Yuniyanto, M. 2013. Pemisahan Anomali Regional-Residual pada Metode Gayaberat Menggunakan Metode Moving Average, Polynomial, dan Inversion. *Indonesia Journal of Applied Physics*. 3(1): 1-10.
- Qin, Q., Zhang, N., Nan, P., dan Chai, L. 2011. Geothermal Area Detection using Landsat ETM+ Thermal Infrared Data and its Mechanistic Analysis – A Case Study in Tengchong, China. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*. 13(1): 552-559.
- Ragan, D.M. 1973. *Structural Geology: An Introduction to Geometrical Techniques Edisi Kedua*. New York: John Wiley and Sons.
- Rahmania, M., Niyartama, T.F., dan Sungkowo, A. 2010. Penentuan Jenis Sesar pada Gempa Bumi Sukabumi 2 September 2009 Berdasarkan Gerak Awal Gelombang P. *Proceedings of Seminar Nasional VI SDM Teknologi Nuklir ISSN*. 176.
- Rasimeng, S. 2008. Analisis Sesar Gunung Rajabasa Lampung Selatan Sebagai Daerah Prospek Geothermal Berdasarkan Data Anomali Medan Magnet Total. *Jurnal Sains MIPA*. 14(1): 67-72.
- Reynolds, J.M. 1997. *An Introduction to Applied and Environmental Geophysics, Chichester*. Hokoben: John Wiley dan Sons.
- Richards, J. A. 1986. *Remote Sensing Digital Image Analysis*. New York: Springer Verlag.
- Rosenbach, O. 1953. A Contribution to The Computation of The Second Derivative From Gravity Data. *Geophysics Journal*. 18(4): 769-973.
- Sarkowi, M. 2010. Identifikasi Struktur Daerah Panas Bumi Ulubelu Berdasarkan Analisa Data SVD Anomali *Bouguer*. *Jurnal Sains MIPA*. 16(2): 111-118.
- Sarkowi, M. 2014. *Eksplorasi Gayaberat*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Sarkowi, M dan Wibowo, R.C. 2021. Geothermal Reservoir Identification based on Gravity Data Analysis in Rajabasa Area-Lampung. *Riset Geologi dan Pertambangan Indonesian Journal of Geology and Mining*. 31(2): 77-97.
- Septian, A., Alghifarry, M.B., Gayatri, R., dan Rasimeng, S. 2020. Pemrograman Dasar dan Analisis Anomali *Bouguer* Sederhana Dalam Komputasi Menggunakan Matlab. *Jurnal MIPA Unsrat*. 5(2): 76-80.
- Serway, R.A dan Jhon, W.J. 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

- Gayabarat Subsurface Geological Structures Interpretation Based On Spectral Analysis Of Gravity Data. *Jurnal Geologi dan Sumberdaya Mineral*. 15(4): 205-214.
- Setiadi, I., Setyanta, B., dan Widijono, B.S. 2010. Delineasi Cekungan Sedimen Sumatera Selatan Berdasarkan Analisis Data Gayabarat. *Jurnal Geo-Sciences*. 20(2): 93-106.
- Sihombing, R.B., Sarkowi, M., dan Rustadi. 2018. Pemodelan dan Analisa Struktur Bawah Permukaan Daerah Prospek Panas Bumi Kepahiang Berdasarkan Metode Gayabarat. *Jurnal Geofisika Eksplorasi*. 4(2): 12-19.
- Silverman, B. 1986. *Density Estimation for Statistics and Data Analysis*. New York: Champman and Hall.
- Soengkono, S. 1999. Analysis Of Digital Topographic Data For Exploration And Assessment Of Geothermal System. *Proceeding 21st New Zealand Geothermal Workshop*. Auckland: University of Auckland.
- Suryantini dan Wibowo, H.H. 2010. Application Of Fault And Fracture Density (FFD) Method For Geothermal Exploration In Non-Volcanic Geothermal System; A Case Study In Sulawesi-Indonesia. *Jurnal Geoaplika*. 5(1): 2-37.
- Susanto dan Julzarika, A. 2009. Pemanfaatan Interferometric Synthetic Apertur Radar (InSAR) Untuk Pemodelan 3D (DSM, DEM, DTM). *Majalah Sains dan Teknologi Dirgantara*. 4(4): 154-159.
- Talwani, M., Worzel, J.L., dan Landisman, M. 1959. Rapid Gravity Computations for Two-Dimensional Bodies with Aplication to the Mendocino Submarine Fracture Zone. *Journal of Geophysical Reasearch*. 64(1): 49-59.
- Telford, W., Geldart, L.P., dan Sherrif, R.E. 1990. *Applied Geophysics, 2nd edition*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Tempfli, K. 1991. *DTM and Differential Modeling*. Yogyakarta: Fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada.
- Thannoun, R.G. 2013. *Automatic Extraction and Geospatial Analysis of Lineaments and their Tectonic Significance in some areas of Northern Iraq using Remote Sensing Techniques and GIS*. Iraq: Mosul University.
- Widjajanti, N dan Sutanta, H. 2006. *Model Permukaan Digital*. Yogyakarta: Universitas Gajah Mada.
- Williams, R.S.J dan Marsh, S.E. 1983. Geological Applications. *American Society Photogrammetry*. 2(1): 1667-1669.

- Yanis, M., Ismail, N., Hermansyah, L.V., Nanda, M., dan Abdullah, F. 2019. Delineasi Sebaran Sesar di Pulau Weh Berdasarkan Metode *Fault Fracture Density* (FFD). *Journal of Aceh Physics Society*. 8(1): 6-10.
- Yulistina, S. 2017. Studi Identifikasi Struktur Geologi Bawah Permukaan Untuk Mengetahui Sistem Sesar Berdasarkan Analisis First Horizontal Derivative (FHD), Second Vertical Derivative (SVD), dan 2,5D Forward Modeling di Daerah Manokwari Papua Barat. *Jurnal Geofisika Eksplorasi*. 4(2): 13-20.
- Zaenudin, A., Ahmad, R., dan Sarkowi, M. 2013. Pemodelan Struktur dan Reservoir Lapangan Panas Bumi Bonjol Dari Anomali Gaya Berat. *Prosiding Semirata FMIPA Universitas Lampung*. 207-213.
- Zaenudin, A., Pambudi G.R., Sarkowi, M., dan Sinambela R.Z. 2019. Analisis Zona Mineralisasi Emas Dengan Metode Derivative Dan Pemodelan 3D Anomali Gayaberat, Studi Kasus: Pongkor, Jawa Barat. *Seminar Nasional AVoER XI Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya Palembang*. Palembang: 23-24 Oktober 2019, 1344-1352.