

**PENENTUAN DAERAH PROSPEK *RESERVOIR* PANAS BUMI
RAJABASA BERDASARKAN ANALISA DATA GAYA BERAT**

(Skripsi)

Oleh

**NURMALISA APRIANI
1715051032**



**JURUSAN TEKNIK GEOFISIKA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
2021**

**PENENTUAN DAERAH PROSPEK *RESERVOIR* PANAS BUMI
RAJABASA BERDASARKAN ANALISA DATA GAYA BERAT**

Oleh

NURMALISA APRIANI

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mendapatkan Gelar
SARJANA TEKNIK

Pada

**Jurusan Teknik Geofisika
Fakultas Teknik Universitas Lampung**



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2021**

ABSTRAK

PENENTUAN DAERAH PROSPEK *RESERVOIR* PANAS BUMI RAJABASA BERDASARKAN ANALISA DATA GAYA BERAT

Oleh

Nurmalisa Apriani

Daerah panasbumi Rajabasa merupakan daerah yang memiliki potensi panas bumi yang terletak di Kabupaten Lampung Selatan, Provinsi Lampung. Yang dimana pada Gunung Rajabasa terdapat 2 puncak yaitu puncak Gunung Balerang dan puncak Rajabasa, dan terdapat kawah-kawah yang menandakan terdapatnya sebuah manifestasi panas bumi. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan daerah prospek panasbumi pada daerah penelitian dengan melakukan pemodelan dan analisa *derivative*. Pada proses pengolahan didapatkan anomali bouguer sebesar 25 mGal sampai 100 mGal. Anomali regional yang diperoleh sebesar 30 mGal sampai 80 mGal dengan kedalaman regional sebesar 2150,94 m. sedangkan anomali residual yang diperoleh sebesar -10 mGal sampai 32 mGal dengan rata-rata kedalaman sebesar 222,836 m. untuk menentukan lebar jendela yang digunakan untuk melakukan pemisahan anomali regional dan residual dengan menggunakan metode *moving average* maka didapatkan nilai bilangan gelombang sebesar 0,001993 /m dengan rata-rata lebar jendela yaitu 19. Struktur patahan yang teridentifikasi berupa patahan yang paling dominan patahan normal yang dimana diperoleh dari profile AB, analisa FHD, dan SHD yang dilakukan korelasi dengan hasil *inverse modeling* (3D). Pada pemodelan *inverse modeling* terdapat *reservoir* panasbumi yang dimana batuan tersebut memiliki densitas rendah sebesar 2,1 gr/cc sampai 2,2 gr/cc. Nilai densitas sedang sebesar 2,2 gr/cc sampai 2,4 gr/cc. Sebaran densitas tinggi sebesar 2,5 gr/cc sampai 2,9 gr/cc yang diindikasikan terdapat batuan beku ekstrusif. Daerah prospek *reservoir* panasbumi Gunung Rajabasa terdapat manifestasi berupa manifestasi Banding yang dimana pada daerah prospek *reservoir* tersebut melintasi Gunung Balerang.

Kata Kunci : *Panasbumi, Analisa Derivative, Inverse Modelling, Reservoir.*

ABSTRACT

DETERMINATION OF RAJABASA GEOTHERMAL RESERVOIR PROSPECTS BASED ON GRAVITY DATA ANALYSIS

By

Nurmalisa Apriani

Rajabasa geothermal area is an area that has geothermal potential which is located in South Lampung Regency, Lampung Province. Where on Mount Rajabasa there are 2 peaks, namely the peak of Mount Balerang and the peak of Rajabasa, and there are craters that indicate the presence of a geothermal manifestation. This study aims to determine the geothermal prospect area in the research area by modeling and analyzing derivatives. In the processing, the bouguer anomaly is obtained from 25 mGal to 100 mGal. Regional anomalies obtained are 30 mGal to 80 mGal with a regional depth of 2150.94 m. while the residual anomaly obtained is -10 mGal to 32 mGal with an average depth of 222.836 m. To determine the width of the window used to separate regional and residual anomalies using the moving average method, the wave number value is 0.001993 / m with an average window width of 19. The fault structure identified is the most dominant fault normal fault. which is obtained from the AB profile, FHD analysis, and SHD correlation with the results of inverse modeling (3D). In inverse modeling, there is a geothermal reservoir where the rock has a low density of 2.1 gr/cc to 2.2 gr/cc. The medium density value is 2.2 gr/cc to 2.4 gr/cc. The distribution of high density of 2.5 g/cc to 2.9 g/cc is indicated by the presence of extrusive igneous rocks. The geothermal reservoir prospect area of Mount Rajabasa has manifestations in the form of Banding manifestations which in the reservoir prospect area cross Mount Balerang.

Keywords: Geothermal, Derivative Analysis, Inverse Modeling, Reservoir.

Judul Skripsi : **PENENTUAN DAERAH PROSPEK *RESERVOIR*
PANAS BUMI RAJABASA BERDASARKAN ANALISA
DATA GAYA BERAT**

Nama Mahasiswa : **Nurmalisa Apriani**

Nomor Pokok Mahasiswa : 1715051032

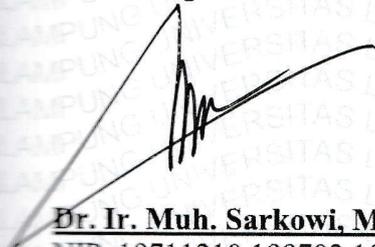
Jurusan : Teknik Geofisika

Fakultas : Teknik



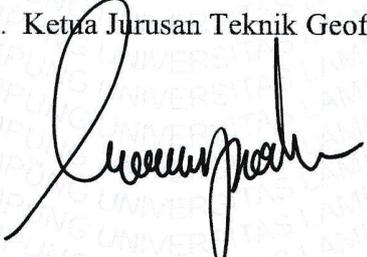
Pembimbing I

Pembimbing II


Dr. Ir. Muh. Sarkowi, M.Si., IPU.
NIP. 19711210 199702 1001


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

2. Ketua Jurusan Teknik Geofisika

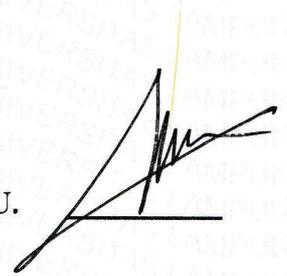

Karyanto, S.Si., M.T.
NIP. 19691230 199802 1001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

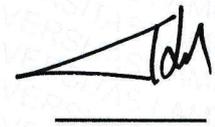
Ketua

: **Dr. Ir. Muh Sarkowi, M.Si, IPU.**



Sekretaris

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



Penguji
Bukan Pembimbing

: **Dr. Ordas Dewanto, M.Si.**



2. Dekan Fakultas Teknik



Prof. Drs. Ir. Suharno, Ph.D., IPU., ASEAN Eng.
NIP. 19620717 198703 1002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **07 Oktober 2021**

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah dilakukan orang lain, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini sebagaimana disebutkan dalam daftar pustaka, selain itu saya menyatakan pula bahwa skripsi ini dibuat oleh saya sendiri.

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

Bandar Lampung, 12 Oktober 2021



Nurmalisa Apriani

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di GPM, Lampung Tengah pada tanggal 11 April 1999, sebagai anak ketiga dari tiga bersaudara, dari pasangan Bapak Heri Purnomo dan Ibu Rusmiyati. Penulis menyelesaikan pendidikan Taman Kanak-Kanak (TK) pada tahun 2005 di TK GPM, kemudian dilanjutkan ke Sekolah Dasar (SD) di SD Negeri 1 Dayamurni pada tahun 2005 hingga 2011. Kemudian penulis melanjutkan ke Sekolah Menengah Pertama (SMP) di SMP Negeri 1 Tumijajar pada tahun 2011 hingga 2014. Selanjutnya, penulis melanjutkan ke Sekolah Menengah Atas (SMA) di SMA Negeri 1 Tumijajar pada tahun 2014 hingga 2017. Selanjutnya pada tahun 2017 penulis diterima sebagai mahasiswa di Jurusan Teknik Geofisika pada Fakultas Teknik Universitas Lampung melalui jalur SBMPTN dan menyelesaikan studi pada tahun 2021.

Selama berkuliah di Universitas Lampung, penulis aktif dalam beberapa organisasi kemahasiswaan. Pada tahun 2018, penulis mulai berorganisasi sebagai Anggota Biro Kesekretariatan dan Rumah Tangga di Hima TG Bhuwana periode 2018/2019, pada tahun 2019 penulis berorganisasi sebagai Anggota Dinas Internal dan Advokasi BEM FT Unila, Anggota Divisi Internal di HMGI Wilayah 1, Anggota Biro Kesekretariatan dan Rumah Tangga di Hima TG Bhuwana, dan juga Anggota Public Relation di *Society of Exploration Geophysicst (SEG) SC* Unila.

Selain aktif dalam organisasi kemahasiswaan, penulis juga turut aktif dalam kegiatan-kegiatan seperti seminar nasional, *workshop*, *course*, dan kuliah lapangan. Selain itu, penulis aktif mengambil peran sebagai asisten praktikum metode gaya berat pada tahun 2021. Pada bulan Januari hingga Februari 2020, penulis melaksanakan Kerja Praktek (KP) di Pusat Survei Geologi, Bandung dengan judul yaitu “**Identifikasi Struktur Daerah Mamuju Berdasarkan Analisis *First Horizontal Derivative (FHD) Dan Second Vertical Derivative (SVD)***”

Menggunakan Data Gayaberat” . Kemudian pada bulan Januari 2021-Oktober 2021 penulis melakukan penelitian Tugas Akhir (TA) di Laboratorium Teknik Geofisika Universitas Lampung dan berhasil menyelesaikan pendidikan sarjananya pada tanggal 7 Oktober 2021 dengan judul penelitian “**Penentuan Daerah Prospek Reservoir Panasbumi Rajabasa berdasarkan Analisa Data Gaya Berat**”

PERSEMBAHAN

Puji syukur saya panjatkan kepada Allah SWT atas rahmat dan karunia Nya hingga penulis dapat menyelesaikan perkuliahan ini dan menyelesaikan skripsi ini dengan baik dan lancar. Skripsi ini saya persembahkan kepada :

IBU DAN BAPAK TERCINTA

RUSMIYATI

&

HERI PURNOMO

Yang telah memberikan kasih sayang, dukungan, kerja keras, dan do'a yang telah kalian berikan kepada saya sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik.

Terimakasih kepada ibu dan bapak atas perjuangannya selama ini. Semoga ini menjadi langkah awal penulis untuk membuat ibu dan bapak bangga dan semoga dapat meraih kesuksesan sehingga dapat membahagiakan ibu dan bapak.

KAKAK-KAKAKKU TERSAYANG

RENDY BAYU ADHA & HERDA SARI

RETNO WAHYUNING H & WAHYU NOVIANTORO

Terimakasih atas do'a, semangat, dan bantuannya selama ini sehingga saya dapat menyelesaikan kuliah ini. Semoga adikmu ini dapat sukses seperti kalian, sehingga dapat membahagiakan keluarga kita tercinta.

TEKNIK GEOFISIKA 2017

Terimakasih atas canda tawa, suka duka, tangis bahagia yang telah kita jalani selama ini. Terimakasih atas begitu banyak pembelajaran yang saya dapatkan selama berteman dengan kalian. Terimakasih sudah menjadi keluarga yang baik di perantuan ini, terimakasih telah membantu saya ketika saya membutuhkan bantuan.

Semoga kita dapat sukses bersama-sama.

MOTTO

“ Jika Orang Lain Bisa Maka Aku Juga Pasti Bisa”

“Ketahuilah Bahwa Kemenangan Bersama Kesabaran, Kelapangan Bersama Kesempitan, Dan Kesulitan Bersama Kemudahan” (HR. Tirmidzi)

“Kesuksesan Bukanlah Kunci Dari Kebahagiaan. Sebaliknya Kebahagiaan adalah Kunci Dari Kesuksesan” (Bob Dylan)

“Gapailah Ambisi Setinggi Langit! Bermimpilah Setinggi Langit! Ketika Kamu Jatuh, Kamu Akan Jatuh Di Antara Bintang-Bintang” (Soekarno)

“ Tidak Apa-Apa Untuk Merayakan Kesuksesan Tapi Lebih Penting Untuk Memperhatikan Pelajaran Tentang Kegagalan” (Bill Gates)

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kepada Allah SWT, atas segala rahmat, hidayah, dan inayah-Nya saya dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik. Sholawat serta salam senantiasa selalu tercurah kepada Rasulullah Muhammad SAW yang telah mengantarkan kita melewati masa jahiliyah sampai ke masa sekarang ini.

Skripsi ini mengangkat judul “Penentuan Daerah Prospek *Reservoir* Panas Bumi Rajabasa Berdasarkan Analisa Data Gaya Berat”. Skripsi ini merupakan hasil dari Tugas Akhir yang penulis laksanakan di Jurusan Teknik Geofisika, Universitas Lampung.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan Skripsi ini tidak lepas dari kesalahan. Karena itu penulis mengharapkan saran dan kritik yang bersifat membangun dari pembaca untuk kemajuan kita bersama. Semoga skripsi ini dapat berguna dan dapat menunjang perkembangan ilmu pengetahuan serta dapat bermanfaat bagi penulis khususnya dan juga bagi pembaca pada umumnya.

Penulis,

Nurmalisa Apriani

SANWACANA

Puji syukur penulis haturkan kepada Allah SWT. yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah serta karunia-Nya kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Skripsi ini berjudul “Penentuan Daerah Prospek *Reservoir* Panas Bumi Rajabasa Berdasarkan Analisa Data Gaya Berat”. Penulis berharap karya ini dapat bermanfaat di kemudian hari.

Banyak pihak yang terlibat langsung dalam memberikan kontribusi ilmiah, spiritual, dan informasi baik secara langsung maupun tidak langsung hingga terbentuk skripsi ini. Pada kesempatan kali ini penulis ingin menyampaikan terimakasih kepada :

1. Allah SWT Tuhan Yang Maha Esa dan Rasulullah Muhammad SAW atas segala rahmat dan hidayah-Nya selama penulis menjalankan Tugas Akhir ini;
2. Kedua orang tua tercinta yang selalu menjadi kebanggaan hidup penulis Bapak Heri Purnomo dan Ibu Rusmiyati yang telah banyak memberi dukungan, mencintai dan menyayangi dengan sepenuh hati;
3. Kakak-kakakku Rendy Bayu Adha, Retno Wahyuning Herlynawati, Herda Sari, dan Wahyu Noviantoro yang telah memberikan dukungan serta motivasi dalam melaksanakan kegiatan perkuliahan.
4. Bapak Prof. Drs.Suharno, B.Sc., M.S., M.Sc., Ph.D. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung.
5. Bapak Karyanto, S.Si. M.T. selaku dosen PA dan juga Ketua Jurusan Teknik Geofisika Universitas Lampung.

6. Bapak Dr. Ir. Muh. Sarkowi, S.Si., M.Si., IPU. selaku pembimbing utama atas ketersediannya untuk memberikan bimbingan, saran, kritik dalam proses penyelesaian skripsi ini.
7. Bapak Dr. Ir. Nandi Haerudin, M.Si. selaku pembimbing kedua dalam Tugas Akhir ini yang telah memberikan bimbingan, saran, serta kritikan dalam penulisan Tugas Akhir ini.
8. Bapak Dr. Ordas Dewanto, S.Si., M.Si. selaku penguji dalam Tugas Akhir ini yang telah memberikan masukan, saran, serta kritikannya.
9. Dosen-dosen Jurusan Teknik Geofisika Universitas Lampung yang saya hormati terima kasih untuk semua ilmu yang diberikan.
10. Seluruh Staff Tata Usaha Jurusan Teknik Geofisika Universitas Lampung yang telah memberi banyak bantuan.
11. Teman-teman SALAK BOR (Tiwi, Varen, Hawa, Dea) yang telah membantu, memberikan semangat dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
12. Teman-teman TGIF (Ocak, Jeje. Mus, Uti, Aryka, Devita, Irhaz, Fe, Dea, Hawa, Tiwi, Fina, Varen, Heni, Risa) yang selalu memberikan semangat serta memotivasi dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
13. Rere yang telah membantu mengajarkan Tugas Akhir ini.
14. Teman seperjuanganku Uli dari SMA hingga Kuliah ini yang telah banyak membantu dan memotivasi dalam selama ini.
15. Teman-teman KKN Dayasakti Squad Kholis, Corry, MJ, Rahmat, Kholqi, Farah semoga komunikasi kita tetap terjalin baik. Sayang banget!!
16. Kepada TG 17 Ocak, Jeje, Uti, Dea, Fe, Tiwi, Mustika, Varen, Pipah, Heni, Devita, Risa, Fina, Irhaz, Mesa, Rere, Aryka, Sukma, Tasya, Deden, Danti, Jijah, Intan, Uli, Vivi, Mia, Alma, Ito, Bryan, Faiq, Fajri, Azhar, Fatur, Acep, Ryas, Adif, Bagus, Baho, Baong, Bima, Faiz, Gede, Guruh, Iacun, Madi, Niko, Paulus, dan Tajar.
17. Seluruh Kakak Tingkat TG angkatan 2016, 2015, 2014, 2013, 2012, 2011, 2010, 2009, 2008, 2007 dan Adik Tingkat angkatan 2018, 2019, 2020 yang telah membantu penulis selama perkuliahan.
18. Serta semua pihak yang terlibat, penulis mengucapkan banyak terima kasih.

Akhir kata, Penulis menyadari bahwa Skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, akan tetapi sedikit harapan bahwa Skripsi ini dapat bermanfaat bagi kita semua. Aamiin.

Bandar Lampung, 12 Oktober 2021

Penulis

Nurmalisa Apriani

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK	i
ABSTRACT	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
HALAMAN PERNYATAAN.....	v
RIWAYAT HIDUP	vi
HALAMAN PERSEMBAHAN	viii
MOTTO	ix
KATA PENGANTAR.....	x
SANWACANA	xi
DAFTAR ISI.....	xiv
DAFTAR GAMBAR.....	xviii
DAFTAR TABEL	xxi
I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Tujuan Penelitian	3
1.3. Batasan Masalah	3
II. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1. Letak dan Lokasi Penelitian.....	4
2.2. Fisiografi	5

2.3. Stratigrafi Gunung Rajabasa	6
2.4. Daerah Panas Bumi Rajabasa	6
2.4.1. Geologi Gunung Rajabasa	6
2.4.2. Metode Geomagnetik pada Panas bumi Gunung Rajabasa	9
2.4.3. Metode Magnetotellurik pada Panas Bumi Gunung Rajabasa	9
2.4.4. Anomali <i>Bouguer</i>	12
III. TEORI DASAR	13
3.1. Metode Gaya Berat	13
3.2. Konsep Dasar Metode Gaya Berat	13
3.2.1. Gaya Gravitasi (Hukum Newton 1)	13
3.2.2. Percepatan Gravitasi	14
3.2.3. Potensial Gravitasi	15
3.2.4. Rapat Massa Batuan.....	16
3.3. Analisis Spektrum.....	17
3.4. Metode <i>Moving Average</i>	20
3.5. <i>First Horizontal Derivative</i> (FHD).....	21
3.6. <i>Second Horizontal Derivative</i> (SHD)	22
3.7. <i>Second Vertical Derivative</i> (SVD)	23
3.8. <i>Inverse Modelling</i>	25
3.9. Sistem Panas Bumi	25
3.9.1. Fluida Panas Bumi	27
3.9.2. Sumber Panas (<i>Heat Source</i>)	28
3.9.3. <i>Reservoir</i> Panas Bumi.....	29
3.9.4. Batuan Penudung	29
3.10. Manifestasi Sistem Panas Bumi.....	30
3.10.1. Mata Air Panas.....	30

3.10.2. Fumarola dan Solfatara	30
3.10.3. <i>Geyser</i>	30
3.10.4. Uap Tanah	30
3.10.5. Lumpur Panas	31
3.10.6. Kawah	31
3.10.7. Batuan Alterasi.....	31
3.11. Metode Magnetotellurik	31
IV. METODOLOGI PENELITIAN.....	34
4.1. Tempat dan Waktu Penelitian.....	34
4.2. Alat dan Bahan	34
4.3. Jadwal Kegiatan.....	35
4.4. Prosedur Penelitian	35
4.4.1. Anomali Bouguer Lengkap.....	35
4.4.2. Analisis Spektrum.....	35
4.4.3. Pemisahan Anomali Regional dan Anomali Residual	36
4.4.4. Analisis <i>Derivative</i>	37
4.4.5. Pemodelan Bawah Permukaan.....	37
4.5. Diagram Alir.....	39
V. HASIL DAN PEMBAHASAN	40
5.1. Anomali <i>Bouguer</i>	40
5.2. Analisis Spektrum.....	41
5.2.1. Lintasan 1 (<i>Slice 1</i>).....	43
5.2.2. Lintasan 2 (<i>Slice 2</i>).....	44
5.2.3. Lintasan 3 (<i>Slice 3</i>).....	45
5.2.4. Lintasan 4 (<i>Slice 4</i>).....	46
5.2.5. Lintasan 5 (<i>Slice 5</i>).....	47

5.3. Pemisahan Anomali Regional dan Residual	49
5.3.1. Anomali Regional	49
5.3.2. Anomali Residual.....	50
5.4. <i>Second Vertical Derivative</i> (SVD)	52
5.5. <i>Inverse Modelling</i>	54
5.6. <i>Slicing</i> 3D	60
5.6.1. <i>Slicing</i> pada Line 1.....	62
5.6.2. <i>Slicing</i> pada Line 2.....	64
5.6.1. <i>Slicing</i> pada Line 3.....	66
5.7. Daerah Prospek <i>Reservoir</i>	68
VI. KESIMPULAN DAN SARAN.....	69
6.1. Kesimpulan	69
6.2. Saran	70

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar	
1. Peta Geologi Regional Gunung Rajabasa.	4
2. Peta Fisiografi Gunung Rajabasa.	5
3. Struktur Geologi Gunung Rajabasa.	7
4. Peta Manifestasi Panas Bumi Gunung Rajabasa.....	8
5. Peta Kontur Anomali Medan Magnet Total Pada Topografi	9
6. Penampang MT Utara (kiri)- Selatan(kanan).....	10
7. Penampang MT Barat (kiri)- Timur (kanan).....	11
8. Peta Anomali <i>Bouguer</i>	12
9. Gaya Tarik Menarik Antara Dua Benda.	14
10. Kurva Ln A Terhadap K	19
11. Ilustrasi <i>Moving Average</i> 2-D Jendela 5x5	21
12. Nilai <i>Gradien Horizontal</i> pada Model Tabular.....	21
13. Sistem Panas Bumi Daerah Vulkanik	27
14. Fenomena <i>Solar Wind</i>	32

15. Diagram Alir	39
16. Peta kontur anomali <i>bouguer</i> lengkap.....	41
17. Sayatan peta kontur anomali <i>bouguer</i>	42
18. Grafik Ln A vs K (Lintasan 1)	43
19. Grafik Ln A vs K (Lintasan 2)	44
20. Grafik Ln A vs K (Lintasan 3)	45
21. Grafik Ln A vs K (Lintasan 4)	46
22. Grafik Ln A vs K (Lintasan 5)	47
23. Peta anomali regional	50
24. Peta anomali residual	52
25. Peta anomali SVD	53
26. Model distribusi densitas hasil pemodelan inversi 3D anomali <i>Bouguer</i> residual	55
27. Model distribusi densitas pada kedalaman 0 m	56
28. Model distribusi densitas pada kedalaman 500 m	57
29. Model distribusi densitas pada kedalaman 1000 m	58
30. Model distribusi densitas pada kedalaman 1500 m	59
31. Model distribusi densitas pada kedalaman 2000 m	60
32. Penampang <i>slicing</i> 3D.....	61
33. Penampang <i>slicing</i> 3D pada peta geologi regional	62

34. a. Penampang anomali <i>Bouguer</i> residual , <i>gradient horizontal</i> orde-1 (FHD) dan <i>gradient horizontal</i> orde-2 (SHD) lintasan 1	63
35. a. Penampang anomali <i>Bouguer</i> residual , <i>gradient horizontal</i> orde-1 (FHD) dan <i>gradient horizontal</i> orde-2 (SHD) lintasan 2	64
36. a. Penampang anomali <i>Bouguer</i> residual , <i>gradient horizontal</i> orde-1 (FHD) dan <i>gradient horizontal</i> orde-2 (SHD) lintasan 3	66
37. Daerah prospek <i>reservoir</i>	68

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Nilai Densitas Batuan.....	17
2. Operator Filter SVD.....	24
3. Jadwal Kegiatan Penelitian.	35
4. Kedalaman Anomali Bouguer Regional dan Residual.....	48
5. Bilangan Gelombang (k) dan Lebar Jendela.....	48

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Indonesia merupakan negara yang memiliki tatanan tektonik yang kompleks karena merupakan negara yang dilalui oleh 3 jalur lempeng aktif yaitu Lempeng Indo-Australia, Lempeng Eurasia, dan Lempeng Pasifik. Aktivitas tektonik zona subduksi antara lempeng benua dan samudra yang menghasilkan suatu peleburan magma dalam bentuk *partial melting*. Batuan mantel dan magma mengalami diferensiasi pada saat perjalanan ke permukaan. Proses tersebut membentuk kantong-kantong magma yang memiliki peran dalam pembentukan jalur gunung api atau yang disebut dengan lingkaran api (*ring of fire*) (Kasbani, 2009). Munculnya gunung api di sebagian wilayah di Indonesia bersama dengan aktivitas tektoniknya dapat menyebabkan terbentuknya sistem panas bumi di Indonesia. Gunung Rajabasa merupakan salah satu gunung api strato di Indonesia yang terletak di wilayah Kecamatan Penengahan dan Kecamatan Kalianda, Kabupaten Lampung Selatan. Gunung Rajabasa memiliki dua puncak yaitu puncak Gunung Balerang dan puncak Rajabasa, selain itu Gunung Rajabasa memiliki empat kawah yaitu kawah puncak G. Balerang, kawah Way Balerang, dan kawah Simpur. Keberadaan kawah tersebut sebagai manifestasi panas bumi yang menjadi parameter penting adanya sistem panas bumi pada daerah tersebut (Rasimeng, 2008).

Sistem panas bumi di Indonesia ditandai dengan munculnya mata air panas. Mata air panas cenderung berada di batuan yang ditandai dengan porositas dan permeabilitas tinggi atau disebut juga dengan zona permeabel. Nilai anomali

resistivitas pada zona permeabel pada daerah panas bumi mempunyai karakteristik yang cenderung rendah (Basid dkk., 2014). Energi panas bumi merupakan energi panas alami dari dalam bumi yang ditransfer ke permukaan bumi secara konduksi dan konveksi. Sistem panas bumi merupakan perpindahan panas alami dalam volume tertentu dari kerak bumi dari sumber panas ke tempat pelepasan panas, yang umumnya adalah permukaan tanah. Secara umum di bawah permukaan bumi terdapat sumber panas, akan tetapi tidak semua lokasi menyimpan energi panas bumi. Energi panas bumi hanya terdapat pada lokasi yang memiliki sistem panas bumi. Sistem panas bumi terdiri dari tiga elemen utama yaitu: 1). Batuan *reservoir* yang permeabel; 2). Air yang membawa panas dari *reservoir* ke permukaan bumi, dan; 3). Sumber panas. Untuk mengetahui keberadaan sistem panas bumi adalah: 1). Sumber panas yang besar; 2). *Reservoir* untuk akumulasi panas; 3). Batuan penudung (*cap rock*) untuk menjaga akumulasi panas (Firdaus dkk., 2014).

Untuk mengetahui potensi panas bumi yang di daerah Gunung Rajabasa perlu dilakukan penelitian pendahuluan menggunakan metode survei geofisika, yang salah satunya yaitu metode gaya berat. Metode gaya berat merupakan metode geofisika yang biasa digunakan dalam karakterisasi bumi secara regional, dapat digunakan untuk mengidentifikasi daerah-daerah yang baik untuk eksplorasi sumberdaya (Handayani dan Dadan, 2017). Metode gaya berat sangat tepat digunakan untuk pendugaan struktur bawah permukaan karena metode ini mampu mendeteksi kontras densitas tubuh batuan perbedaan kontras densitas yang beragam mengindikasikan bahwa struktur permukaan bumi memiliki jenis yang beragam (Imam dan Supriyadi, 2014). Metode ini dapat memberikan gambaran mengenai struktur bawah permukaan berdasarkan pada daerah penelitian. Pada penelitian ini menggunakan data gaya berat dan magnetotellurik yang digunakan untuk eksplorasi geothermal yang digunakan untuk mengetahui keberadaan *reservoir*, *heat source* dan juga patahan atau sesar.

1.2. Tujuan Penelitian

Maksud dari penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Mengidentifikasi struktur patahan daerah penelitian berdasarkan analisis pola anomali *bouguer* dan analisa *derivative*
2. Mendapatkan model struktur bawah permukaan berdasarkan pemodelan inversi 3D anomali *bouguer*.
3. Menentukan daerah *reservoir* panas bumi berdasarkan analisa data gaya berat, dan data geologi.

1.3. Batasan Masalah

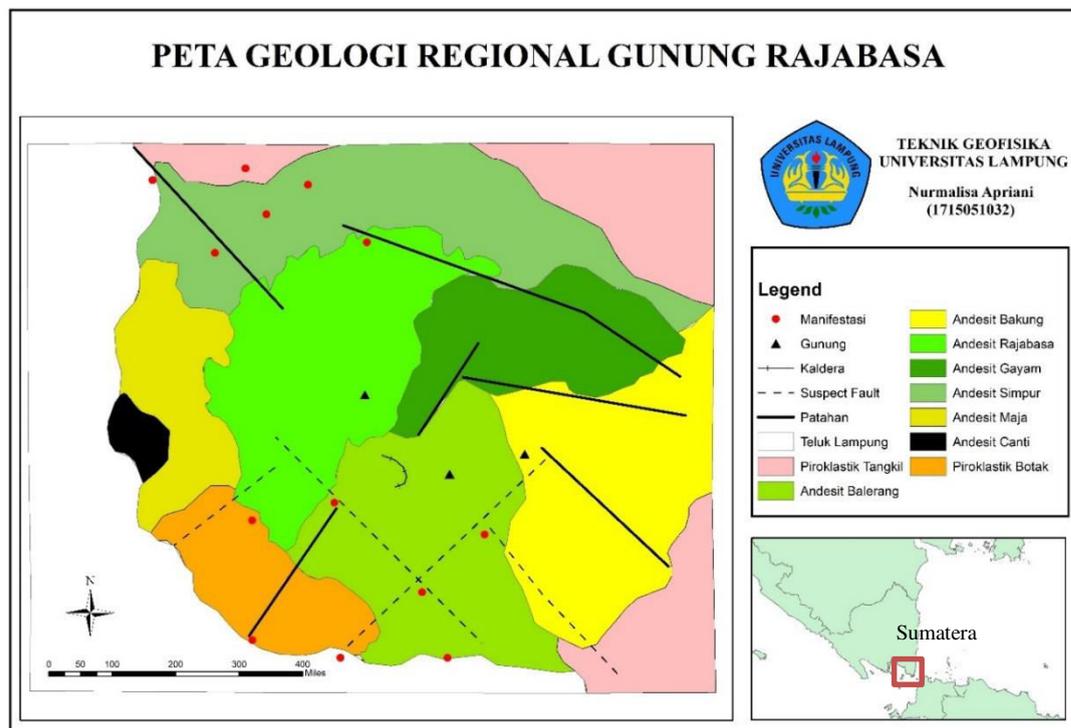
Batasan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Data yang digunakan merupakan data sekunder yang berupa data anomali *bouguer* lengkap.
2. Pada data gaya berat dilakukan proses pemisahan anomali regional dan residual dengan *moving average*, penerapan analisa *derivative* digunakan untuk mengidentifikasi struktur patahan pada daerah penelitian.
3. Pemodelan yang dilakukan pada penelitian ini menggunakan *inverse modelling* (3D).
4. Penentuan daerah prospek panas bumi dapat dilakukan dengan melakukan *overlay* dan analisa data gaya berat, data geologi.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Letak dan Lokasi Penelitian

Lokasi daerah penelitian berada pada daerah Gunung Rajabasa yang secara administratif terletak pada Kecamatan Penengahan dan Kecamatan Kalianda, Kabupaten Lampung Selatan, Provinsi Lampung. Secara astronomis, daerah ini terletak pada $05^{\circ}47'00''$ LS dan $105^{\circ}37'05''$ BT. Adapun peta daerah penelitian dapat dilihat pada gambar di bawah:

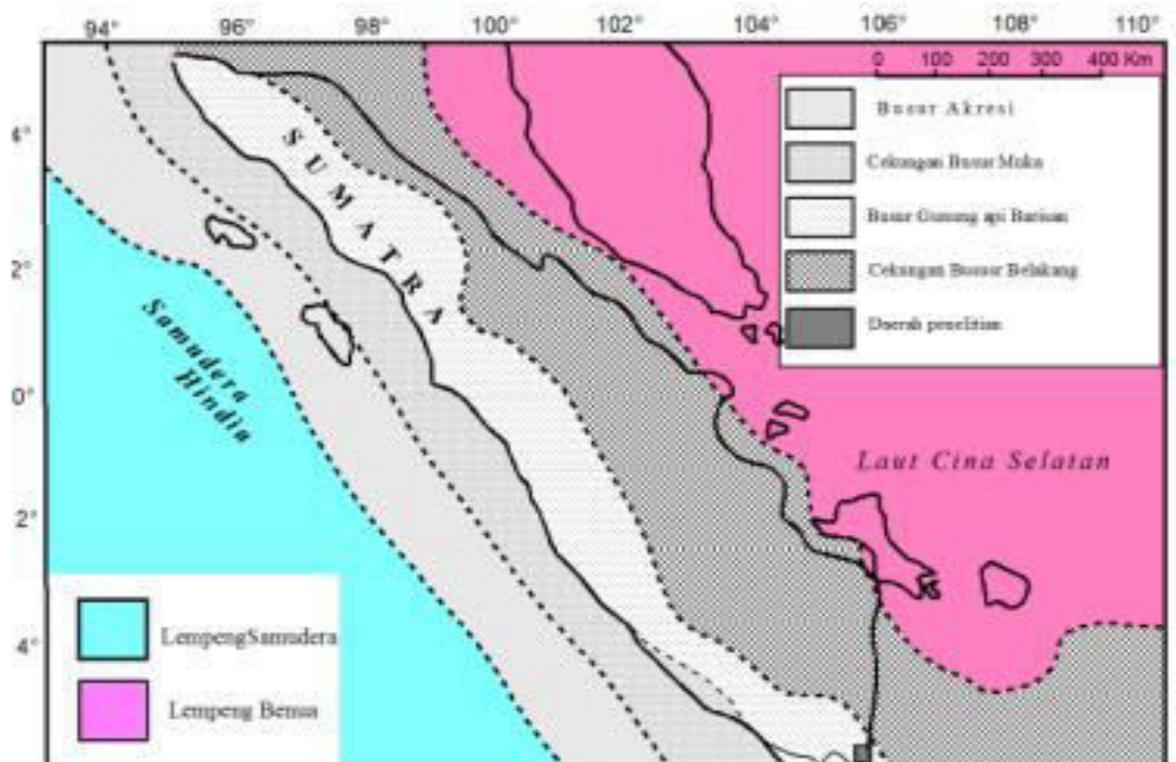


Gambar 1. Peta geologi regional Gunung Rajabasa (Modifikasi Haerudin, dkk., 2013 dan modifikasi Budiarjo, 1975).

2.2. Fisiografi

Kegiatan tektonik pada daerah Lampung menyebabkan terbentuknya cekungan sedimen yang berumur tersier yang berada di belakang busur Gunungapi atau sebelah timur Pegunungan Bukit Barisan yang termasuk ke dalam cekungan busur belakang. Pada Pegunungan Bukit Barisan terdapat luas lembar yaitu batuan alas beku, batuan malihan, dan Gunungapi muda. Keadaan lereng pada daerah Lampung memiliki lereng yang bervariasi, mulai dari datar, landai, miring, dan terjal. Pada Pegunungan Bukit Barisan memiliki kurang lebih 25 sampai 30% luas lembar yaitu batuan alas beku, malihan dan batuan Gunungapi muda. Pada umumnya memiliki lereng – lereng yang curam dengan ketinggian mencapai 500 m sampai 1.680 m di atas permukaan laut. Untuk topografi pada daerah pantai beraneka ragam dan umumnya terdiri atas perbukitan kasar, batuan Gunungapi tersier dan kuartar serta batuan terobosan yang memiliki ketinggian mencapai 500 meter di atas permukaan laut

(Mangga dkk., 1994).



Gambar 2. Peta fisiografi Gunung Rajabasa (Pusat Survei Geologi, 2018).

2.3. Stratigrafi Gunung Rajabasa

Stratigrafi daerah penelitian terdapat di Gunung Rajabasa yang terletak pada Kecamatan Penengahan dan Kecamatan Kalianda, Kabupaten Lampung Selatan, Provinsi Lampung. Adapun urutan stratigrafi Gunung Rajabasa yaitu:

1. Produk Vulkanik Tua Tangkil, terdiri dari Satuan Produk Vulkanik Tua Tangkil, yang berumur Pliosen. Yang terdiri dari litologi berupa lava andesit basaltik dan kekar lembar.
2. Produk Gunung Api Balerang, terdiri dari Satuan Piroklastik Aliran Balerang dan Satuan Lava Balerang yang berumur Pleistosen. Yang terdiri dari litologi berupa tuff berbatu apung, tuff riolit, batu pasir, dan batu lempung.
3. Produk Gunung Api Rajabasa, terdiri dari Satuan Piroklastik Aliran Rajabasa dan Satuan Lava Rajabasa yang berumur Pleistosen. Berdasarkan peta geologi. Yang terdiri dari litologi berupa andesit basal, breksi dan tuff.

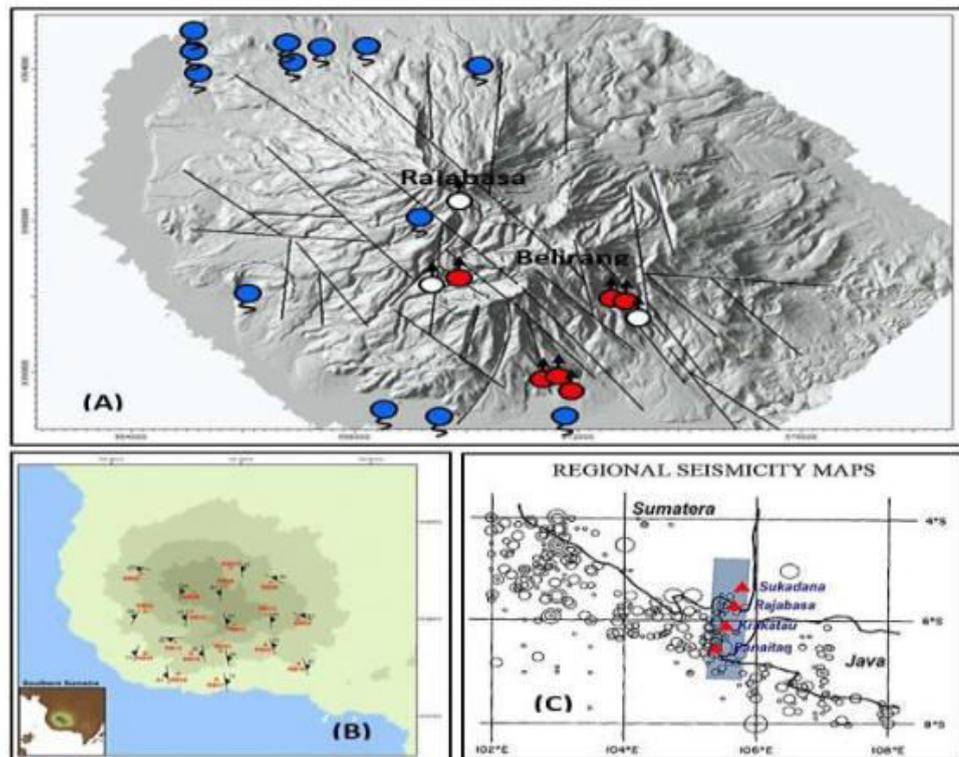
(Suswati dkk., 2001).

2.4. Daerah Panas Bumi Rajabasa

2.4.1. Geologi Gunung Rajabasa

Struktur geologi yang berkembang di Gunung Rajabasa adalah sesar dan kawah. Lampung Selatan dapat dibagi menjadi tiga blok, yaitu Blok Bengkulu, Blok Tengah, dan Blok Sekampung. Blok Bengkulu dan Blok Tengah dipisahkan oleh Sesar Semangko, sedangkan Blok Tengah dan Blok Sekampung dipisahkan oleh Sesar Lampung. Sesar Lampung berlanjut hingga ke arah selatan dan memotong kompleks Gunung Rajabasa serta Gunung Belerang. Sesar yang mengontrol panas bumi di kompleks Gunung Rajabasa adalah Sesar Lampung yang berarah barat laut-tenggara dan sesar- sesar lokal yang berarah timur laut- barat daya

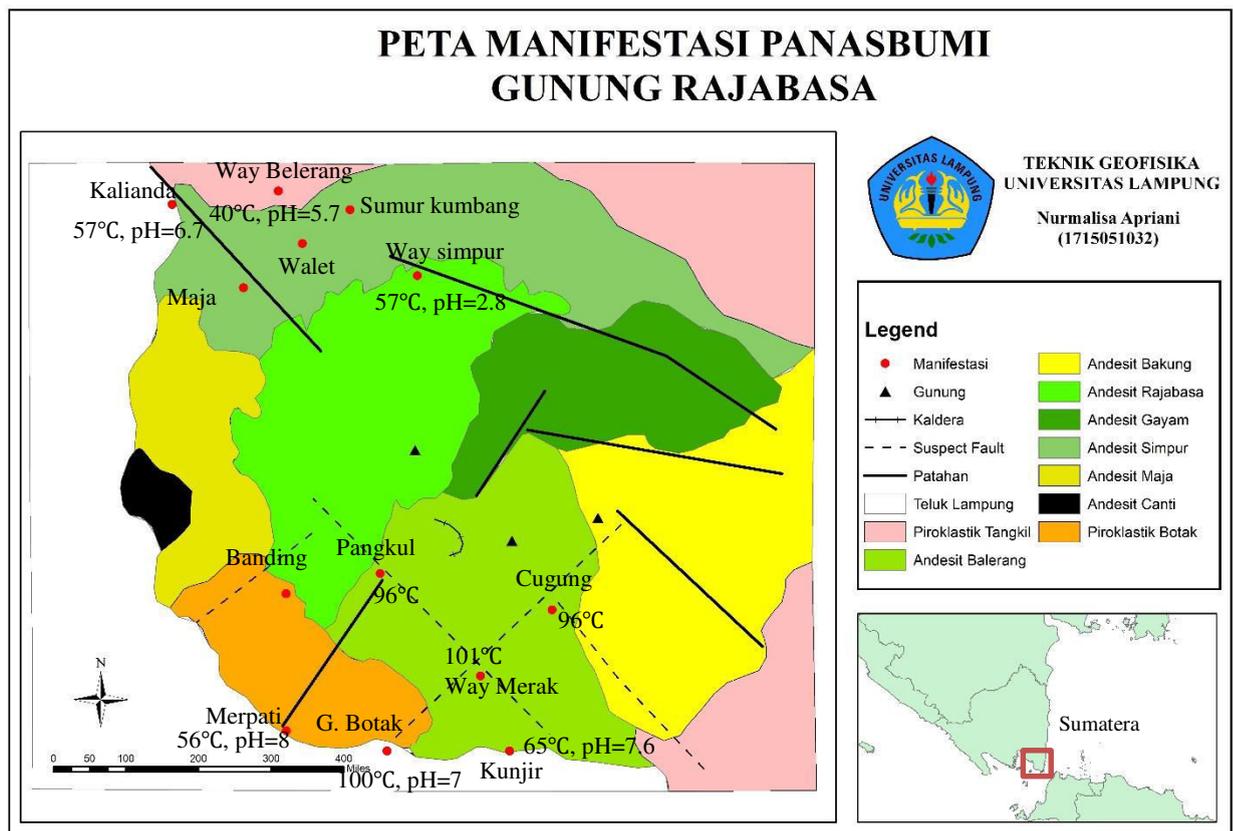
(Nazarwin, 1994).



Gambar 3. Struktur geologi Gunung Rajabasa (Tim Penyiapan WKP Panas Bumi, 2007).

Pada Lapangan Panas Bumi Gunung Rajabasa memiliki pusat erupsi yang lebih jelas dan memiliki kerucut vulkanik, yang mengindikasikan sejarah vulkanisme yang lebih muda. Vulkanisme muda didukung oleh keberadaan seismisitas di bawah puncak Rajabasa, yang berhubungan dengan temperatur yang lebih tinggi dan kurangnya proses pendinginan ke dalam sistem panas bumi atau adanya kemungkinan aktivitas magma yang kuat ke dalam sistem panas bumi. Zona alterasi argilik bertemperatur rendah tersingkap di atas permukaan, yang kemungkinan berhubungan dengan vulkanisme muda dan *uplifting* dan denudasi yang terbatas. Oleh karena itu, batuan *reservoir* dengan porositas dan permeabilitas yang memadai (kemungkinan berhubungan dengan Lampung Tuff) dapat diharapkan keberadaannya, sehingga permeabilitas yang terdistribusi merata lebih mungkin terjadi dibandingkan sistem *fault-hosted* (Tim Penyiapan WKP Panas Bumi, 2007).

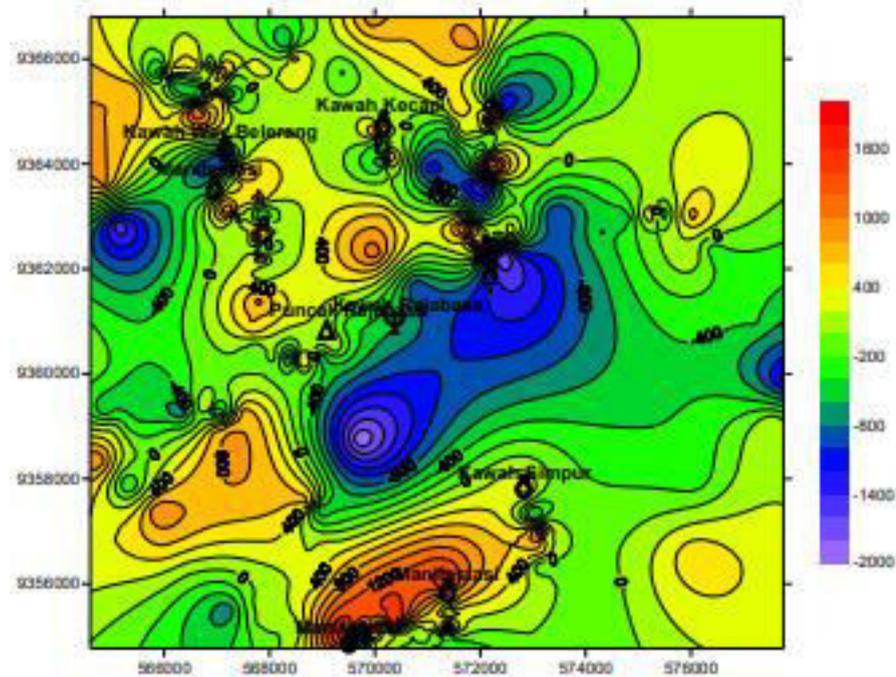
Keberadaan suatu sistem panas bumi biasanya ditandai oleh adanya manifestasi di permukaan. Sebuah manifestasi yang muncul di permukaan menunjukkan adanya sumber panas bumi di kedalaman yang dikenal dengan *reservoir*. Fluida panas bumi tidak sampai ke permukaan tanpa ada media salurannya. Fluida panas bumi mengalir melalui patahan atau rekahan yang terbentuk oleh proses geologi. Kemunculan manifestasi tidak persis di atas *reservoir*, untuk mendapatkan letak *reservoir* yang tepat, maka jenis patahan dan arah saluran fluidanya harus diketahui dengan tepat. Ada patahan yang dapat menyalurkan (*leaking*) dan ada patahan (*sealing*). Hanya patahan *leaking* yang dapat menjadi saluran fluida panas bumi (Haerudin dkk., 2020). Gunung Rajabasa memiliki manifestasi yang terdapat pada **Gambar 4**



Gambar 4. Peta manifestasi panas bumi Gunung Rajabasa (Modifikasi Haerudin, dkk., 2013 dan modifikasi Budiarjo, 1975).

2.4.2. Metode Geomagnetik Pada Panas Bumi Gunung Rajabasa

Survei geomagnetik yang telah dilakukan di daerah Gunung Rajabasa untuk menentukan pola-pola sesar dan struktur geologi yang berkembang. Metode geomagnetik dimanfaatkan untuk mendeteksi batuan dan mineral yang memiliki suseptibilitas magnetik. Selain dipengaruhi oleh mineral-mineral ferromagnetik yang terkandung didalamnya, sifat- sifat kemagnetan batuan dipengaruhi oleh proses pembentukan batuan tersebut (Rasimeng, 2008).

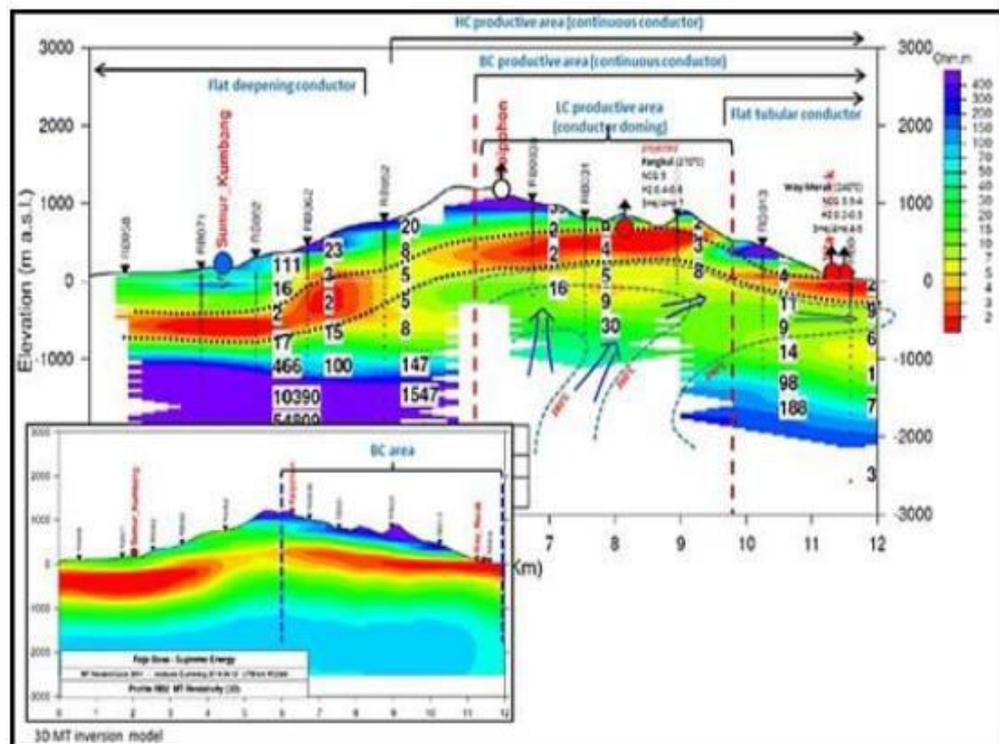


Gambar 5. Peta kontur anomali medan magnet total pada topografi
(Rasimeng, 2008)

2.4.3. Metode Magnetotellurik Pada Panas Bumi Gunung Rajabasa

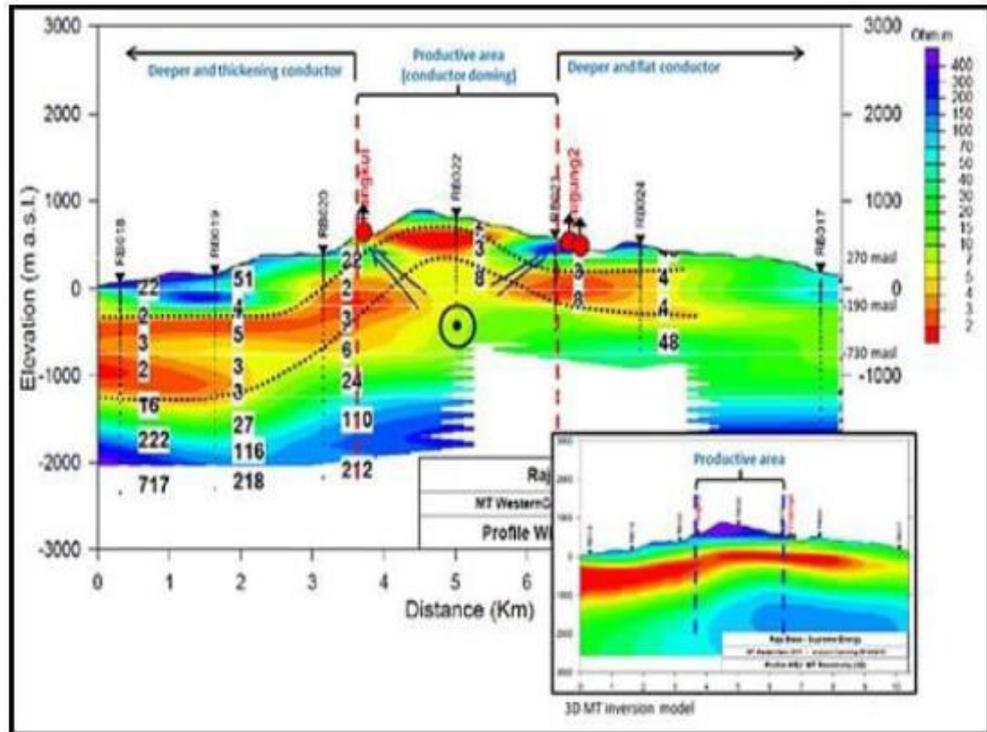
Metode magnetotellurik merupakan metode geofisika yang memanfaatkan medan elektromagnetik alam. Metode ini bertujuan untuk mengetahui tahanan jenis bawah permukaan dengan menggunakan pengukuran pasif komponen medan listrik dan komponen medan magnet yang berubah terhadap waktu. Hasil dari metode

magnetotellurik Gunung Rajabasa memiliki 2 model inversi yaitu inversi 1D dan 3D yang menunjukkan tren yang relatif sama dengan struktur resistivitas yang berada di bawah puncak yang umumnya muncul pada sistem panas bumi, yang dimana pada model 1D memperlihatkan struktur resistivitas yang dangkal daripada model 3D. Model 1D umumnya lebih cocok dengan zona alterasi dangkal aktual/argilik (Tim Penyiapan WKP Panas Bumi, 2007).



Gambar 6. Penampang MT utara (kiri) - selatan (kanan) (Tim Penyiapan WKP Panas Bumi, 2007)

Berdasarkan pada **Gambar 6** hasil dari inverse MT 1D dan 3D, terdapat lapisan konduktif lebih dangkal dan memiliki struktur yang lebih detail pada model 1D, tetapi lebih koheran pada model 3D, lapisan ini konduktif sampai sisi utara, hilang di puncak Rajabasa, doming di bawah fumarol Pangkul dan Cugung, dan lebih mendatar menuju Way Merak dan Gunung Botak.



Gambar 7. Penampang MT Barat (kiri)- Timur (kanan) (Tim Penyiapan WKP Panas Bumi, 2007)

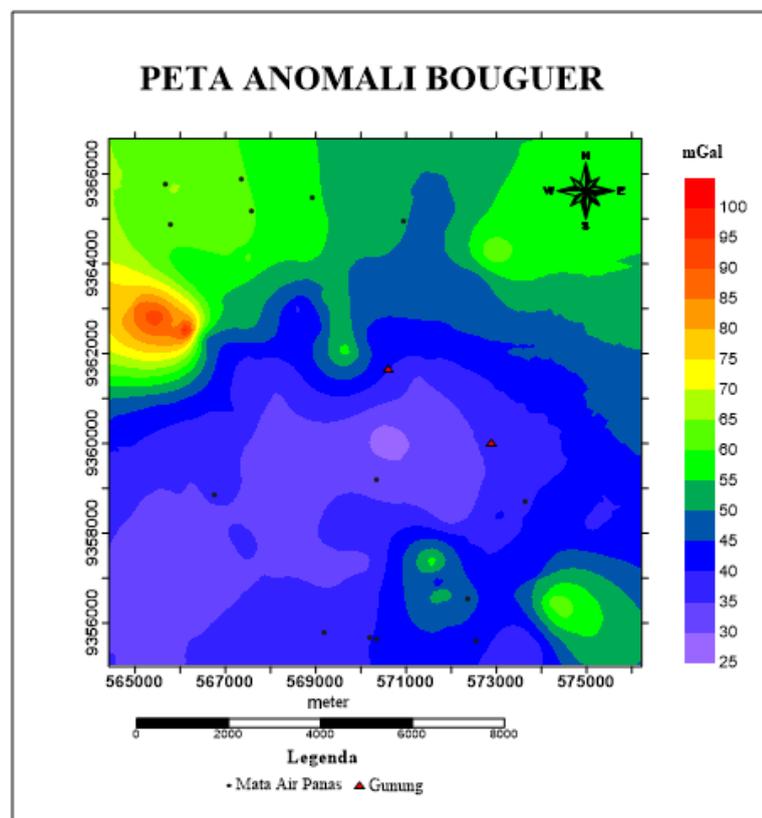
Penampang Barat (kiri)-Timur(kanan) dari inversi MT 1D dan 3D, struktur resistivitas doming berada di antara Pangkul dan Cugung, dan dibatasi oleh lapisan konduktif yang menebal di bagian barat, sedangkan pada bagian timur diindikasikan oleh hilangnya lapisan konduktif.

Lapisan yang memiliki tahanan jenis rendah atau bersifat konduktif memanjang melebihi area manifestasi di utara. Hal ini mengindikasikan sistem panas bumi yang menerus di bawah sisi utara kompleks gunung api. Namun, bentuk dari lapisan konduktif, terlihat terlalu mendatar apabila dikorelasikan sebagai agrilic hidrotermal.

Pada puncak belirang ditemukan struktur lapisan konduktif doming yang berasosiasi dengan sistem netral. Lapisan konduktif bersifat lebih tipis namun lebih intensif di atas struktur doming yang mengindikasikan *upflow*.

2.4.4. Anomali *Bouguer*

Zaenudin, dkk (2013) menyatakan bahwa anomali bouguer pada dasarnya merupakan besarnya simpangan nilai *bouguer* tereduksi dengan nilai *bouguer* teoritis. Nilai anomali *bouguer* tereduksi adalah nilai anomali *bouguer* yang sudah direduksi ke bidang acuan pengukuran. Reduksi *bouguer* dilakukan dengan memberikan beberapa koreksi berupa koreksi pasang surut, koreksi apungan, koreksi lintang, koreksi udara bebas, koreksi medan dan koreksi *bouguer*. Anomali *bouguer* juga merupakan superposisi dari anomali yang bersifat regional dan anomali yang bersifat lokal. Anomali regional berasosiasi dengan kondisi geologi umum secara keseluruhan (geologi regional) daerah yang bersangkutan, dengan dicirikan oleh anomali yang berfrekuensi rendah. Anomali lokal atau yang sering disebut juga sebagai anomali sisa (residual) mengandung informasi geologi setempat yang dicirikan oleh anomali yang mempunyai frekuensi tinggi.



Gambar 8. Peta anomali bouguer

III. TEORI DASAR

3.1. Metode Gaya Berat

Metode gaya berat merupakan metode geofisika yang digunakan terutama untuk karakterisasi bumi secara regional, untuk menentukan struktur kerak bumi, mengidentifikasi daerah-daerah yang baik untuk eksplorasi sumberdaya, dan membangun konsep model eksplorasi. Metode gaya berat mengukur dan menganalisa gangguan pada medan gaya berat bumi. Medan gaya berat utama adalah fungsi dari massa, besar dan sifat rotasi bumi. Medan ini dideskripsikan oleh hukum universal gaya berat, yang terkait dengan gaya tarik menarik antara dua benda terhadap jumlah seluruh massanya dan berbanding terbalik dengan kuadrat dari jarak antara keduanya (Handayani dan Dadan, 2017).

3.2. Konsep Dasar Metode Gaya Berat

3.2.1. Gaya Gravitasi (Hukum Newton 1)

Teori yang mendukung ilmu gravitasi ini adalah hukum Newton yang menyatakan tentang gaya tarik menarik antara dua buah benda bergantung dari jarak dan massa masing-masing benda tersebut, yang dinyatakan sebagai berikut:

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

dimana:

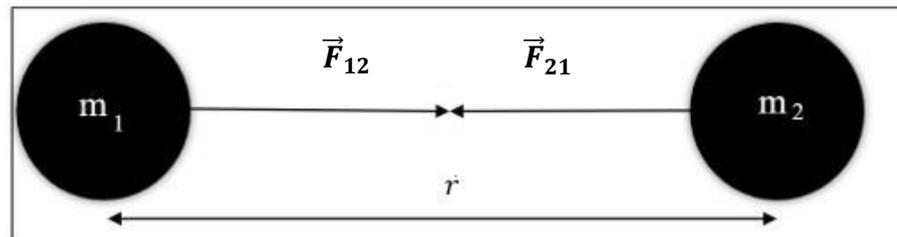
\vec{F} : Gaya tarik menarik (N)

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)

- \vec{r} : Jarak antar dua buah benda (m)
 \hat{r} : Unit vektor dengan arah dari m_2 menuju m_1

Gambar 9 merupakan gaya tarik menarik antara dua buah benda pada jarak dan massa masing-masing partikel



Gambar 9. Gaya tarik menarik antara dua benda pada jarak r

(Telford, et al., 1990)

Hukum 1 Newton menyatakan bahwa jika tidak ada gaya yang bekerja pada benda, kecepatan benda tidak akan berubah, atau benda tidak akan mengalami percepatan. Atau dengan kata lain, jika benda tersebut dalam keadaan diam, dia akan tetap diam. Jika benda dalam keadaan bergerak, dia akan terus bergerak dengan kecepatan yang sama

(Halliday dkk., 2005).

3.2.2. Percepatan Gravitasi

Newton juga mendefinisikan hubungan antara gaya dan percepatan. Hukum Newton II tentang gerak menyatakan bahwa gaya sebanding dengan perkalian massa benda dengan percepatan yang dialami benda tersebut.

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

Percepatan pada sebuah benda yang bermassa m_2 yang disebabkan oleh tarikan benda bermassa M pada jarak r , dapat dinyatakan dengan :

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

Bila ditetapkan pada percepatan gaya tarik bumi persamaan diatas menjadi:

$$g = \frac{\vec{F}}{m} \quad (4)$$

$$\vec{g} = \frac{G \frac{m_1 m_2}{R^2} \hat{r}}{m} \quad (5)$$

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

dimana:

g : Percepatan gaya tarik bumi (m/s^2)

M : Massa bumi (kg)

m : Massa benda (kg)

\vec{F} : Gaya berat (N)

R : Jari-jari bumi (m)

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

$$1 \text{ Gall} = 1 \text{ cm/s}^2 = 10^{-2} \text{ m/s}^2 \text{ (dalam c.g.s)} \quad (7)$$

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

$$1 \text{ mGall} = 10^{-3} \text{ Gall} \quad (8)$$

$$1 \mu\text{Gall} = 10^{-3} \text{ mGall} = 10^{-6} \text{ Gall} = 10^{-8} \text{ m/s}^2 \quad (9)$$

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

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

3.2.3. Potensial Gravitasi

Potensial gravitasi merupakan energi yang diperlukan untuk memindahkan suatu massa dari suatu titik ke titik tertentu. Suatu benda dengan massa tertentu dalam sistem ruang akan menimbulkan medan potensial di sekitarnya. Medan potensial bersifat konservatif, artinya usaha yang dilakukan dalam suatu medan gravitasi tidak bergantung pada suatu lintasan yang ditempuh tetapi tergantung pada posisi awal dan akhir (Rosid, 2005). Medan potensial dapat dinyatakan sebagai gradien atau potensial saklar, melalui persamaan:

$$\vec{g} = -\nabla U(\vec{r}) \quad (11)$$

Dengan mengasumsikan bumi bersifat homogen dan berbentuk bola dengan jari-jari R , potensial gravitasi di permukaan dapat didefinisikan dengan persamaan:

$$-\nabla U(\vec{r}) = -\frac{F(\vec{r})}{m_2} = -g(\vec{r}) \quad (12)$$

$$U(\vec{r}) = \int_{\infty}^r (\nabla U) \cdot dr = - \int_{\infty}^r g \cdot dr \quad (13)$$

$$U(r) = -Gm \int_{\infty}^r \frac{dr}{r^2} = G \frac{m}{r} \quad (14)$$

3.2.4. Rapat Massa Batuan

Rapat massa (*density*) batuan merupakan besaran utama dalam menentukan nilai percepatan gravitasi. Variasi rapat massa pada batuan sedimen disebabkan oleh tekanan gaya tektonik. Densitas batuan dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu rapat massa butir pembentuknya, porositas, kandungan fluida yang mengisi pori-porinya, serta pemadatan akibat tekanan dan pelapukan yang dialami batuan tersebut (Kirbani, 2001). Nilai densitas batuan dapat dibedakan sesuai dengan jenis batuanya, nilai densitas digunakan untuk membandingkan persebaran densitas hasil pengolahan data dengan densitas referensi. Nilai densitas juga digunakan untuk menginterpretasikan batuan penyusun bawah permukaan Adapun variasi densitas (Telford, et al., 1990) dapat dilihat pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Nilai densitas batuan (Telford, et al., 1990)

Jenis Batuan	Batas (g/cc)	rata-rata (g/cc)	Jenis Batuan	Batas (g/cc)	rata-rata (g/cc)
Batuan Sedimen			Batuan Metamorf		
<i>Aluvium</i>	1,96-2,00	1,98	<i>Schist</i>	2,39-2,90	2,64
Clay	1,63-2,60	2,21	Gneiss	2,59-3,00	2,80
Gravel	1,70-2,40	2,00	Phyllite	2,68-2,80	2,74
Loess	1,40-1,93	1,64	Slate	2,70-2,90	2,79
Silt	1,80-2,20	1,93	Granulite	2,52-2,7	2,65
Soil	1,20-2,40	1,92	Amphibolite	2,90-3,04	2,96
Sand	1,70-2,30	2,00	Eclogite	3,20-3,54	3,37
Sandstone	1,61-2,76	2,35			
Shale	1,77-3,20	2,40			
Limestone	1,93-2,90	2,55			
Dolomit	2,28-2,90	2,70			
Chalk	1,53-2,60	2,01			
Halite	2,10-2,60	2,22			
Glacier Ice	0,88-0,92	0,90			
<u>Batuan</u>					
<i>Beku</i>					
Riolit	2,35-2,70	2,52			
Granit	2,50-2,81	2,64			
Andesit	2,40-2,80	2,61			
Syenite	2,60-2,95	2,77			
Basalt	2,70-3,30	2,99			
Gabro	2,70-3,50	3,03			

3.3. Analisis Spektrum

Analisis spektrum dilakukan untuk mengestimasi lebar jendela dan mengestimasi kedalaman dari anomali gaya berat. Selain itu analisa spektrum juga dapat digunakan untuk membandingkan dari respon spektrum dari berbagai metode *filtering*. Analisa spektrum dilakukan dengan mentransformasikan *fourier* lintasan-lintasan yang telah ditentukan. Suatu transformasi *fourier* digunakan untuk menyusun kembali/mengurai suatu bentuk gelombang sembarang ke dalam gelombang sinus dengan frekuensi

bervariasi dimana hasil penjumlahan gelombang-gelombang sinus tersebut adalah gelombang aslinya.

Untuk melakukan analisis lebih lanjut, amplitudo pada gelombang-gelombang sinus tersebut ditampilkan sebagai fungsi dari frekuensi. Secara matematis hubungan antara gelombang $s(t)$ yang akan diidentifikasi gelombang sinusnya (input) dan $S(f)$ merupakan hasil dari transformasi *fourier* sehingga dapat diberikan persamaan sebagai berikut:

$$S(f) = \int_{-\infty}^{\infty} S(t)e^{-j2\pi ft} dt \quad (15)$$

Dimana:

$$j = \sqrt{-1}$$

Pada metode gaya berat, spektrum diturunkan dari potensial gaya berat yang teramati pada suatu bidang horizontal dimana transformasi *fourier*nya adalah sebagai berikut (Blakely, 1996):

$$F(U) = \gamma \mu F\left(\frac{1}{r}\right) \quad \text{dan} \quad F\left(\frac{1}{r}\right) = 2\pi \frac{e^{|k|(z_0-z_1)}}{|K|} \quad (16)$$

Dimana $z_1 > z_0$, $|k| \neq 0$, U adalah potensial gaya berat, μ adalah anomali rapat massa, γ adalah konstanta gaya berat dan r adalah jarak. Percepatan gaya berat dihubungkan pada potensial gravitasi oleh persamaan $g = \nabla U$. Gerak vertikal gravitasi yang disebabkan oleh suatu titik massa adalah turunan *derivative* dari potensial gaya berat nya:

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

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

$$F(g_z) = Gm \partial z \partial F\left(\frac{1}{r}\right) \quad (19)$$

Transformasi *Fourier* pada lintasan yang diinginkan adalah:

$$F(g_z) = 2\pi Gm e^{|k|(z_0-z_1)}, \quad z_1 > z_0 \quad (20)$$

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

$$A = C e^{|k|(z_0-z_1)} \quad (21)$$

Dimana A adalah amplitudo dan C adalah konstanta

Untuk memperoleh hubungan antara amplitudo (A) dengan bilangan gelombang (k) dan kedalaman (z_0-z_1) dilakukan dengan melogaritmakan persamaan $A = C e^{|k|(z_0-z_1)}$ sehingga bilangan gelombang k berbanding lurus dengan *spectral* amplitudo.

$$\ln A = \ln 2\pi G m e^{|k|(z_0-z_1)} \quad (22)$$

$$\ln A = (z_0 - z_1)|k| + \ln C \quad (23)$$

Persamaan di atas dapat dianalogikan dalam persamaan garis lurus:

$$y = mx + c \quad (24)$$

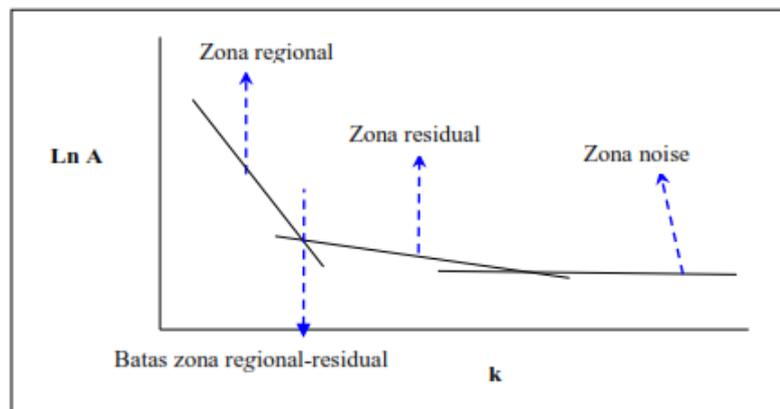
Dimana $\ln A$ sebagai sumbu y , $|k|$ sebagai sumbu x , dan $(z_0 - z_1)$ sebagai kemiringan garis (*gradien*). Oleh karena itu, kemiringan garisnya merupakan kedalaman bidang dalam dan dangkal. $|k|$ sebagai sumbu x didefinisikan sebagai bilangan gelombang yang besarnya $\frac{2\pi}{\lambda}$ dan satuannya *cycle/meter*, dengan λ adalah panjang gelombang. Hubungan λ dengan Δx diperoleh dari persamaan:

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

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

$$N = \frac{2\pi}{k_c \Delta x} \quad (26)$$

Dimana Δx adalah dominan spasi yang akan digunakan dalam *Fast Fourier Transform* (FFT), dan K_c adalah bilangan gelombang *Cut Off*.



Gambar 10. Kurva $\ln A$ terhadap K (Blakely, 1996).

Semakin besar nilai k , maka nilai frekuensi akan tinggi. Hubungan bilangan gelombang k dengan frekuensi $k = 2\pi f$, frekuensi yang sangat rendah berasal dari sumber anomali regional dan frekuensi tinggi yang berasal dari anomali residual.

3.4. Metode *Moving Average*

Nilai dari metode gaya berat yang terukur di permukaan merupakan penjumlahan dari beberapa macam anomali dan struktur dari permukaan sampai inti bumi, anomali *bouguer* yang diperoleh merupakan gabungan antara sumber anomali dan struktur. Anomali *bouguer* merupakan superposisi dari anomali regional dan yang bersifat residual atau lokal. Anomali regional dicirikan dengan anomali yang memiliki frekuensi rendah, sedangkan anomali residual dicirikan dengan anomali yang memiliki frekuensi yang tinggi.

Pemisahan anomali regional dan anomali residual dilakukan untuk memperoleh anomali yang sesuai dengan target untuk itu perlu dilakukan proses penggabungan dengan kondisi geologi daerah target serta meningkatkan resolusi sebelum diinterpretasi secara kuantitatif. Pemisahan anomali ini juga membantu dalam interpretasi gaya berat secara kualitatif. Salah satu cara yang dapat dilakukan untuk memisahkan anomali tersebut dengan menggunakan *filter moving average*. Metode *moving average* merupakan perata-rataan nilai dari data anomali gaya berat. Hasil dari metode ini adalah anomali regional, dan untuk anomali residual diperoleh dari selisih antara anomali *bouguer* atau data hasil pengukuran dengan nilai anomali regionalnya.

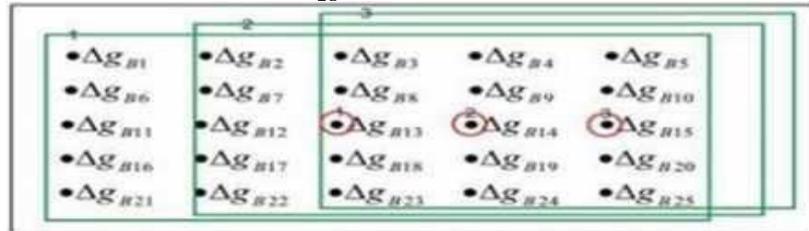
Secara sistematis persamaan *moving average* untuk kasus 1-D adalah sebagai berikut:

$$\Delta g_{reg}(i) = \frac{\Delta g(i-n) + \dots + \Delta g(i) + \dots + \Delta g(i+n)}{N} \quad (27)$$

Dimana, i merupakan nomor stasiun, N merupakan lebar jendela, N adalah nilai bilangan N dikurangi satu dan dibagi dua serta Δg_{reg} adalah besarnya anomali regional. Penerapan *moving average* pada peta dua dimensi, harga pada suatu titik dapat dihitung dengan merata-ratakan semua nilai di dalam sebuah kotak

persegi dengan titik pusat adalah titik yang akan dihitung harganya. **Gambar 11** merupakan contoh perata-rataan bergerak dalam jendela 5 x 5 pada data dua dimensi diberikan persamaan:

$$\Delta g_{reg} = \frac{1}{25} \sum_{N=1}^{25} \Delta g(n) \quad (28)$$



Gambar 11. Ilustrasi *Moving Average* 2-D jendela 5x5 (Robinson dan Caruh, 1988).

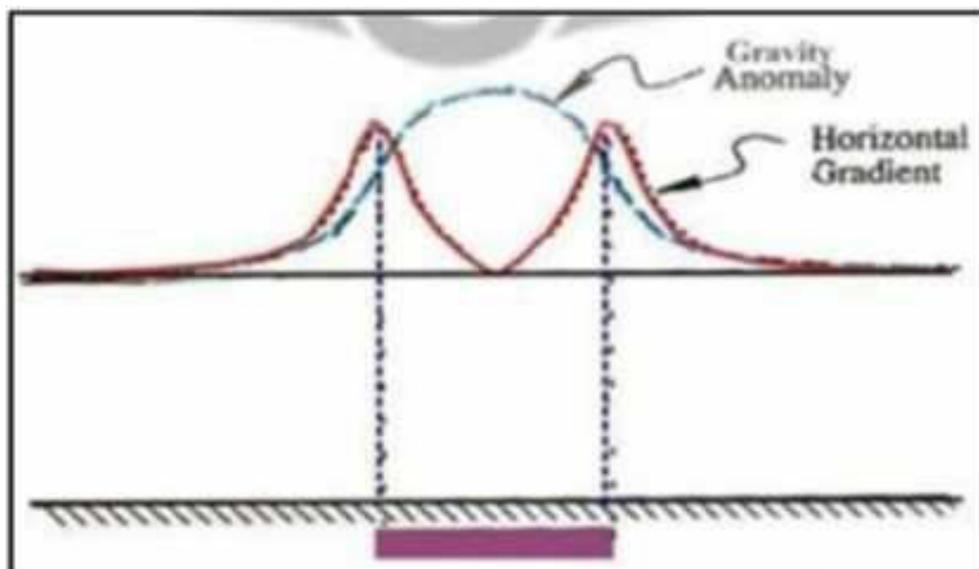
Nilai anomali residual Δg_{res} dihitung dengan menggunakan persamaan:

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

Dimana Δg adalah anomali *bouguer* total (Setiadi dkk., 2014).

3.5. *First Horizontal Derivative* (FHD)

First Horizontal Derivative (FHD) atau turunan mendatar pertama atau mempunyai nama lain yaitu *Horizontal Gradient*. *Horizontal Gradient* yang berasal dari anomali gaya berat yang disebabkan oleh suatu body cenderung lebih menunjukkan tepian dari body tersebut (Zaenudin dkk., 2013).



Gambar 12. Nilai *Gradien Horizontal* pada model Tabular (Blakely, 1996)

Jadi metode *horizontal gradient* dapat digunakan untuk menentukan lokasi batas kontak kontras densitas horizontal dari data gayaberat (Cordell, 1979).

3.6. *Second Horizontal Derivative (SHD)*

Second Horizontal Derivative (SHD) merupakan metode yang digunakan untuk menggambarkan struktur bawah permukaan yang dangkal maupun dalam. Nilai dari amplitude dari *Horizontal Derivative* ditunjukkan sebagai berikut (Cordell and Graunch, 1985) :

$$HG^{1st} = \sqrt{\left(\frac{\partial g}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial g}{\partial y}\right)^2} \quad (30)$$

Dimana $\left(\frac{\partial g}{\partial x}\right)$ dan $\left(\frac{\partial g}{\partial y}\right)$ merupakan turunan horizontal dari nilai gaya berat pada arah x dan y. Nilai satuan *HG* adalah $mGal.m^{-1}$. Maka, persamaan yang dirumuskan oleh Cordell dan Graunch dilakukan modifikasi sehingga diperoleh nilai turunan kedua dari *Horizontal Derivative* yang ditunjukkan sebagai berikut :

$$HG^{2nd} = \sqrt{\left(\frac{\partial^2 g}{\partial x^2}\right)^2 + \left(\frac{\partial^2 g}{\partial y^2}\right)^2} \quad (31)$$

Dimana untuk turunan kerah x, $\frac{\partial^2 g}{\partial x^2}$ dianggap nol, sebaliknya untuk penurunan kearah y, $\frac{\partial^2 g}{\partial y^2}$ dianggap nol. Nilai satuan dari penurunan kedua *Horizontal Derivative* adalah $mGal.m^{-2}$.

Dari analisa *Second Horizontal Derivative (SHD)* didapatkan kriteria untuk patahan naik dan turun yaitu :

1. Untuk patahan turun

$$\left(\frac{\partial^2 g}{\partial x^2}\right)_{maks} < \left|\left(\frac{\partial^2 g}{\partial x^2}\right)_{min}\right|$$

2. Untuk patahan naik

$$\left(\frac{\partial^2 g}{\partial x^2}\right)_{maks} > \left|\left(\frac{\partial^2 g}{\partial x^2}\right)_{min}\right|$$

Kriteria di atas dapat dibuktikan dengan membuat model sintesis lalu dilakukan analisa SHD pada model tersebut (Haerudin, 2020).

3.7. Second Vertical Derivative (SVD)

Second Vertical Derivative (SVD) bersifat sebagai *high pass filter*, yang dapat menggambarkan anomali residual yang berhubungan dengan struktur dangkal dan dapat digunakan untuk mengidentifikasi jenis patahan, termasuk patahan turun, patahan naik, atau patahan mendatar (Sari dkk., 2018). Secara teoritis teknik *second vertical derivative* diturunkan dari persamaan Laplace's untuk anomali gaya berat di permukaan diberikan persamaan sebagai berikut:

$$\nabla^2 \cdot \Delta g = 0 \quad (32)$$

Atau:

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

Sehingga *second vertical derivative* nya diberikan oleh:

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

Untuk data berupa lintasan penampang yang mempunyai nilai sumbu y tetap, maka persamaannya adalah:

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

Dari persamaan di atas dapat diketahui bahwa *second vertical derivative* atau turunan kedua vertikal merupakan nilai turunan horizontal kedua dari suatu anomali gaya berat adalah sama dengan negatif. Penentuan nilai anomali ini dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan:

$$SVD = \frac{g(i+1) - 2g + g(i-1) + \Delta g}{\Delta x^2} \quad (36)$$

Untuk menentukan jenis-jenis patahan naik, patahan turun, atau patahan mendatar dapat menggunakan syarat berikut :

$|SVD|_{min} < |SVD|_{max}$ = Patahan Normal

$|SVD|_{min} > |SVD|_{max}$ = Patahan Naik

$|SVD|_{min} = |SVD|_{max}$ = Patahan Mendatar

Beberapa *filter second vertical derivative* mempunyai respon amplitudo seperti contoh di bawah ini:

Tabel 2. Operator Filter SVD

SVD Tipe Henderson & Zietz (1949)				
0.00	0.00	0.00	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

Second Vertical Derivative ini mengambil nilai turunan kedua dari anomali *bouguer* sama dengan nol sebagai kontak dari kontras densitas antar dua lapisan batuan, yang merupakan struktur patahan atau intrusi (Sarkowi, 2010).

3.8. Inverse Modelling

Inverse Modelling adalah pemodelan yang dilakukan untuk mendapatkan nilai parameter model bawah permukaan dari data hasil pengukuran. Pemodelan inversi berjalan dengan cara suatu model dihasilkan langsung dari data. Pemodelan jenis ini sering disebut data *fitting* atau pencocokan data karena proses di dalamnya dicari parameter model yang menghasilkan respon yang cocok dengan data pengamatan. Diharapkan untuk respon model dan data pengamatan memiliki kesesuaian yang tinggi, dan ini akan menghasilkan model yang optimum. Tujuan dari proses inversi adalah untuk mengestimasi parameter batuan yang tidak diketahui sebelumnya (Supriyanto, 2007). Pada pemodelan inversi merupakan fokus semua bidang geofisika karena pada pemodelan ini dilakukan untuk memperkirakan model berdasarkan hasil pengamatan di lapangan, salah satunya yaitu memperkirakan model struktur bawah permukaan yang ditandai dengan persebaran nilai densitas dari data pengukuran dalam metode gaya berat. Pada proses *inverse modelling* kesesuaian antara respon model dan data pengamatan harus diminimumkan. Suatu fungsi dapat bernilai minimum jika turunannya terhadap parameter tidak diketahui bernilai nol yang digunakan untuk memperkirakan parameter model. Atau model dapat dimodifikasi hingga respon dapat sesuai dengan data.

3.9. Sistem Panas Bumi

Torkis, (2012) menyatakan bahwa panas bumi merupakan energi panas yang terdapat di dalam kerak bumi. Panas bumi terkandung di dalam air panas, uap air dan batuan bersama mineral dan gas yang tidak dapat dipisahkan dalam suatu sistem panas bumi dan untuk pemanfaatannya diperlukan proses penambangan. Panas bumi menghasilkan energi yang bersih yang berkesinambungan atau dapat diperbarui. Sumber daya energi panas bumi dapat ditemukan pada air atau batuan panas di dekat permukaan bumi sampai beberapa kilometer di bawah permukaan. Bahkan lebih jauh lagi sampai pada sumber panas yang ekstrim dari batuan yang mencair atau magma (Suharno, 2012). Secara umum panas bumi merupakan suatu bentuk energi panas yang

tersimpan dalam batuan di bawah permukaan bumi dan fluida yang terkandung didalamnya. Sistem panas bumi adalah suatu sistem yang memungkinkan terjadinya fluida dari daerah *meteoric recharge* ke dalam *reservoir* yang berada di atas sumber panas atau *heat source*

Gambar 13 menunjukkan sistem panasbumi, struktur seperti rekahan maupun patahan yang terdapat di permukaan membuat air dapat masuk ke dalam pori-pori batuan. Air ini lalu menembus ke bawah maupun ke samping selama ada celah untuk air dapat mengalir. Ketika air sampai ke sumber panas (*heat source*) maka temperatur air akan meningkat. Jika temperatur yang diterima oleh air tinggi, sebagian air akan menguap sedangkan sebagiannya lagi akan tetap menjadi air. Perpindahan panas secara konveksi pada dasarnya terjadi karena gaya apung. Air karena gaya gravitasi selalu mempunyai kecenderungan untuk bergerak ke bawah, akan tetapi apabila air tersebut kontak dengan suatu sumber panas maka akan terjadi perpindahan panas sehingga temperatur air menjadi lebih tinggi dan air menjadi lebih ringan. Jika temperatur terus meningkat maka akan mengakibatkan bertambahnya volume dan juga tekanan. Fluida panas akan menekan batuan di sekitarnya untuk mencari celah atau jalan ke luar dan melepaskan tekanan. Karena tekanan di permukaan lebih rendah daripada tekanan di bawah permukaan maka keadaan ini menyebabkan air yang lebih panas bergerak ke atas dan air yang lebih dingin bergerak turun ke bawah, sehingga terjadi sirkulasi air atau arus konveksi.

3. *Connate Water*

Yaitu fosil air yang berhubungan dengan atmosfera pada saat periode geologi yang panjang. Air ini tertutup oleh formasi batuan yang tebal dalam cekungan sedimen.

4. *Juvenile Water*

Merupakan air yang berasal dari magma yang kemudian menjadi bagian dari hidrosfera (Moehadi, 2009).

3.9.2. Sumber Panas (*Heat Source*)

Sumber panas dalam sistem panas bumi terdiri dari intrusi batuan, dapur magma, atau gradien temperatur yang dimana semakin meningkat. Sumber panas (*heat source*) berasal dari intrusi batuan dan magma yang biasanya ditemukan pada gunungapi vulkanik. Magma sebagai sistem panasbumi biasanya terjadi karena proses pelelehan pada mantel atau penurunan pada temperatur sebagai masuknya air dari permukaan bumi saat proses subduksi (Sigurdsson, 2000).

Secara umum dapur magma dibagi menjadi tiga, yaitu:

1. *Plutons*

Merupakan batuan yang berbentuk bola berada pada daerah vulkanik dan terhubung dengan lempeng subduksi.

2. *Necks, Plugs dan Stocks*

adalah batuan intrusi yang berbentuk silinder vertikal.

3. *Sills dan Dikes*

Adalah batuan yang berbentuk parallel. *Sills* digunakan untuk tempat penyimpanan magma, sedangkan *dikes* digunakan sebagai jalur transport magma.

Sumber panas dapat mengalirkan panas dalam 3 proses, yaitu konduksi, konveksi, dan radiasi. Secara umum perpindahan panas yang terjadi di kerak bumi hanya terjadi 2 tipe, yaitu : konduksi yang merupakan perpindahan panas yang melibatkan zat padat, dan konveksi merupakan perpindahan panas yang melibatkan fluida seperti liquid dan gas. Proses konveksi diawali dengan perbedaan gradient panas yang dapat

menyebabkan perbedaan densitas fluida. Akibat dari pengaruh medan gravitasi, perbedaan densitas dapat membuat fluida yang bertemperatur tinggi naik ke permukaan. Sedangkan fluida yang lebih dingin akan turun ke bawah. Pada proses konveksi membutuhkan porositas dan permeabilitas yang besar karena adanya pergerakan fluida. Parameter tersebut dapat mengalirkan dan memindahkan energy panas. Apabila nilai porositas dan permeabilitas rendah maka perpindahan panas dilakukan melalui proses konduksi. Perbedaan laju perpindahan panas melalui proses konveksi dan konduksi dapat menyebabkan perubahan sistem panas bumi (Gupta dan Roy, 2007).

3.9.3. *Reservoir Panasbumi (Geothermal Reservoir)*

Reservoir panasbumi merupakan yang dapat menyimpan dan mengalirkan fluida termal (uap dan air panas). *Reservoir* biasanya merupakan batuan yang memiliki porositas dan permeabilitas yang baik. Porositas digunakan dalam menyimpan fluida termal, sedangkan permeabilitas berperan dalam mengalirkan fluida. *Reservoir* panasbumi biasanya dikelilingi oleh batuan yang memiliki permeabilitas sangat kecil (*impermeable*), lapisan ini dikenal sebagai lapisan penudung atau *caprock*. Batuan penudung umumnya terdiri dari mineral-mineral lempung yang mengikat air namun sulit untuk meloloskannya. Mineral-mineral tersebut mengandung ikatan hidroksil dan ion-ion seperti Ka dan Ca sehingga lapisan tersebut menjadi konduktif (Torkis, 2012).

3.9.4. Batuan Penudung (*Caprock*)

Batuan penudung dalam sistem panasbumi merupakan batuan yang digunakan untuk menjaga agar panas yang berasal dari *reservoir* tidak keluar ke permukaan. Batuan penudung memiliki karakteristik permeabilitas rendah, tebal, dan berada di atas *reservoir*. Pada batuan ini sering terjadi proses alterasi yang dapat disebabkan oleh interaksi fluida saat melewati batuan yang menjadi indikasi terbentuknya sistem panas bumi (Torkis, 2012).

3.10. Manifestasi Sistem Panas Bumi

Suharno, (2012) menyatakan Beberapa manifestasi permukaan yang menunjukkan gejala adanya sistem panas bumi di permukaan, yaitu :

3.10.1. Mata Air Panas (*Hot Spring*)

Batuan dalam dapur magma yang dapat menyimpan panas sampai ribuan tahun. Air tanah yang turun dan bersentuhan dengan magma akan menjadi panas. Air yang panas akan cenderung naik ke permukaan melalui rekahan- rekahan. Air panas yang muncul ke permukaan disebut mata air panas. Apabila jumlah air panasnya besar, mata air panas dapat menjadi kolam air panas.

3.10.2. Fumarola dan Solfatara

Fumarola merupakan lubang asap yang dimana tempat dikeluarkannya gas- gas yang dihasilkan dari gunung api. Fumarole biasanya ditemukan di sekitar gunung api atau pada rekahan –rekahan. Sedangkan solfatara merupakan fumarola yang mengeluarkan gas belerang.

3.10.3. Geysir

Geysir merupakan air tanah yang tersembur keluar sebagai kolam uap dan kolam air panas. Kolam tersebut terbentuk oleh celah yang berisi air dari kawah, kemudian terdorong ke atas oleh tekanan uap dari bawah. Semakin banyak air di dalam celah maka semakin uap tekanan uap air yang menekan dari bawah, sehingga semakin tinggi air yang tersembur ke atas.

3.10.4. Uap Tanah

Merupakan uap yang berasal dari suatu lapisan yang berada di dekat permukaan yang mengandung air panas yang mempunyai suhu mendekati titik didihnya sehingga terjadi penguapan di atas permukaan.

3.10.5. Lumpur Panas

Lumpur panas biasanya mengandung uap panas yang tidak terlalu banyak dan gas CO₂ yang tidak mudah menjadi cair.

3.10.6. Kawah

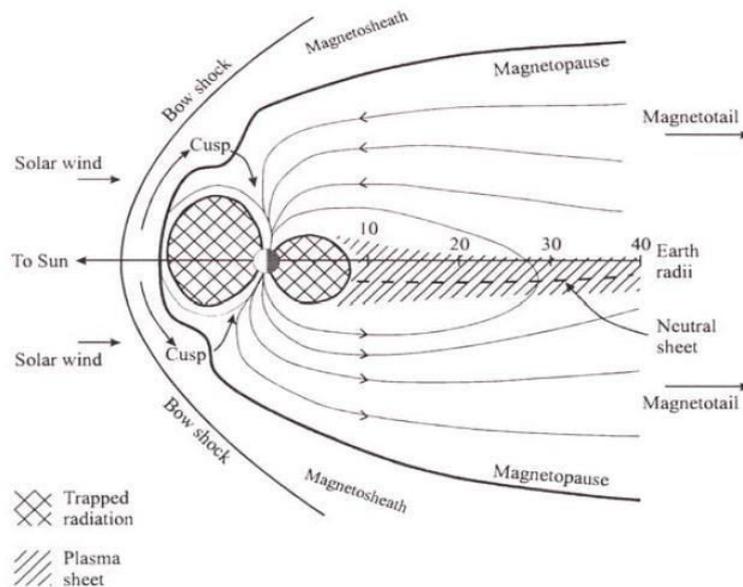
Kawah merupakan suatu bentuk depresi berbentuk corong terbuka ke atas yang merupakan tempat disembarkannya tepra gas-gas, lava dan gas-gas.

3.10.7. Batuan Alterasi

Batuan alterasi merupakan batuan yang terbentuk karena proses interaksi antara batuan asal dengan fluida panasbumi. Batuan alterasi terjadi karena beberapa faktor, antara lain suhu, tekanan, jenis batuan, komposisi fluida, pH, dan lamanya interaksi (Browne, 1998). Interaksi batuan dengan deep *chloride water* (air klorida yang berasal dari *reservoir* dalam) akan menghasilkan mineral-mineral hidrothermal atau yang dapat disebut mineral sekunder. Mineral-mineral pada suhu tinggi seperti epidote, chlorite, dan wairakit. Mineral seperti adularia dan albit terbentuk di tempat yang memiliki permeabilitas tinggi.

3.11. Metode Magnetotellurik

Metode magnetotellurik merupakan metode geofisika pasif yang memanfaatkan konsep elektromagnetik. Metode magnetotellurik membutuhkan medan magnet yang berubah-ubah terhadap waktu. Sumber medan elektromagnetik bumi alami berasal dari aktivitas petir yang menjalar mengitari bumi dan fluktansi medan magnet bumi diakibatkan oleh perubahan dalam magnetosphere yaitu zona kompleks plasma yang terdorong oleh *solar wind*.



Gambar 14. Fenomena *solar wind* (Unsworth, 2006)

Proses terjadinya metode magnetotelurik yaitu *ionosphere* yang berada 50-1500 km di atas permukaan bumi merupakan tempat dimana terdapat plasma yang memiliki konduktivitas elektrik yang cukup tinggi. Sementara itu, dipermukaan matahari selalu terjadi letupan-letupan plasma yang sebagian besar mengeluarkan partikel hidrogen. Oleh karena adanya ionisasi di permukaan matahari, maka partikel hidrogen tersebut berubah menjadi plasma yang mengandung proton dan elektron. Plasma ini berkecepatan rendah, memiliki sifat acak terhadap waktu disebut *solar wind* (Amriyah, 2012).

Apabila *solar wind* tersebut bertemu dengan medan magnet bumi, maka proton dan elektron akan terpisah dengan arah yang berlawanan dan menimbulkan medan EM di dalam *solar wind* itu sendiri. *Solar wind* yang membawa medan EM akan terus menjalar sampai lapisan ionosfer hingga permukaan bumi. Medan EM yang sampai permukaan bumi tersebut selanjutnya akan berinteraksi dengan material yang ada dibawah permukaan dan konsep elektromagnetik MT akan terjadi. Kebergantungan fenomena listrik – magnet terhadap sifat kelistrikan terutama konduktivitas medium (bumi) dapat dimanfaatkan untuk keperluan eksplorasi menggunakan metoda MT. Kedua

Hal ini dilakukan dengan mengukur secara simultan variasi medan listrik (E) dan medan magnet (H) sebagai fungsi waktu. Informasi mengenai konduktivitas medium yang terkandung dalam data MT dapat diperoleh dari penyelesaian persamaan Maxwell menggunakan model-model yang relatif sederhana (Audley dkk., 1975).

IV. METODOLOGI PENELITIAN

4.1. Tempat dan Waktu Penelitian

Tempat dan waktu penelitian ini adalah:

Tanggal : Januari 2021 – Oktober 2021

Tempat : Laboratorium Teknik Geofisika Universitas Lampung,
Jl. Prof.Soemantri Brojonegoro No.1 Gedong Meneng, Rajabasa,
Gedong Meneng, Kec. Rajabasa, Kota Bandar Lampung, Lampung
35142.

Judul : Penentuan Daerah Prospek *Reservoir* Panas Bumi Rajabasa
berdasarkan Analisa Data Gaya Berat

4.2. Alat dan Bahan

Alat dan Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Data gaya berat Gunung Rajabasa
2. Penampang Magnetotellurik Panas Bumi Gunung Rajabasa
3. Laptop
4. *Software Microsoft Word dan Excel v.2016*
5. *Software Surfer 12*
6. *Software ArcGIS 10.3*
7. *Software Grablox*
8. *Software Geosoft Oasis Montaj 8.4*

4.3. Jadwal Kegiatan

Adapun jadwal kegiatan penelitian yang dilakukan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

Tabel 1. Jadwal Kegiatan Penelitian.

No	Kegiatan	Bulan																			
		(Minggu Ke)																			
		Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agu	Sep	Okt										
1	Studi Literatur	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
2	Persiapan Penelitian	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
3	Seminar Usul			■																	
4	Pengolahan Data		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
5	Analisis Hasil								■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
6	Penyusunan Laporan							■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
7	Seminar Hasil												■	■	■	■	■	■	■	■	■
8	Penyelesaian Skripsi																				■
9	Ujian Skripsi																				■

4.4. Prosedur Penelitian

4.4.1. Anomali *Bouguer* Lengkap

Data yang diolah merupakan data sekunder dalam bentuk *Microsoft excel* yang berupa data utm dan anomali *bouguer* lengkap yang tidak perlu dilakukan koreksi lagi.

4.4.2. Analisis Spektrum

Setelah didapat anomali *bouguer* lengkap kemudian dilakukan proses analisis spektrum. Analisis spektrum dilakukan bertujuan untuk

melakukan pemisahan anomali regional dan anomali residual serta digunakan untuk mengestimasi nilai kedalaman dari anomali regional dan anomali residual. Pada proses analisis spektrum dilakukan dengan proses *transformasi fourier* dengan cara membuat lintasan pada peta anomali *bouguer* lengkap. *Transformasi fourier* digunakan untuk mengubah fungsi dalam jarak atau waktu menjadi fungsi dalam bilangan gelombang atau frekuensi. Hasil dari analisis spektrum berupa amplitudo ($\ln A$), frekuensi, dan bilangan gelombang (K). Dari hasil tersebut dapat diperoleh dua gradien yaitu berupa grafik $\ln A$ terhadap K adalah nilai kedalaman bidang batas anomali regional dan anomali residual. Anomali regional menggambarkan *gradien* yang memiliki nilai yang besar yang mencerminkan bidang diskontinuitas dan anomali residual menggambarkan *gradient* yang memiliki nilai yang kecil. Perpotongan antara anomali regional dan anomali residual adalah bilangan gelombang K_c (*Cut off*) yang merupakan dasar dalam penentuan lebar jendela.

4.4.3. Pemisahan Anomali Regional dan Anomali Residual

Anomali *bouguer* merupakan nilai anomali gaya berat yang disebabkan oleh perbedaan nilai densitas batuan pada zona yang dangkal dan dalam pada bawah permukaan. Efek yang berasal dari batuan dangkal disebut anomali residual sedangkan efek yang berasal dari batuan dalam disebut anomali regional. Oleh karena itu perlu dilakukan pemisahan anomali regional dan anomali residual yang berasal dari anomali *bouguer*. Penelitian ini menggunakan pemisahan anomali regional dan anomali residual dengan menggunakan metode *moving average*. Metode *moving average* merupakan metode yang digunakan untuk perata-rataan dari data anomali gaya berat, hasil yang diperoleh adalah anomali regional dan anomali residual diperoleh dari anomali *bouguer* dengan anomali residual. *Software* yang digunakan berupa *surfer*, proses yang dilakukan pada pemisahan anomali regional dan anomali residual dilakukan dengan memasukkan data dari anomali *bouguer* dengan *software surfer* yang kemudian ditentukan nilai lebar jendela yang didapatkan dalam proses

analisis spektrum kemudian dimasukkan sebagai input pemisahan anomali regional dan anomali residual.

4.4.4. Analisis *Derivative*

Setelah dilakukan proses analisis spektrum yang digunakan untuk mendapatkan nilai anomali regional dan anomali residual dengan menggunakan metode *moving average*, maka akan diketahui nilai anomali yang rendah yang dapat digunakan untuk memperlihatkan adanya batuan dengan kontras rapat massa batuan yang rendah, sedangkan pada anomali tinggi dapat memperlihatkan adanya batuan dengan kontras rapat massa yang lebih tinggi. Analisis *derivative* digunakan untuk mengetahui struktur bawah permukaan yang dimana digunakan untuk melihat sebaran patahan. Analisis *derivative* yang digunakan pada penelitian ini adalah turunan pertama anomali residual atau *First Horizontal Derivative* (FHD) dan *Second Horizontal Derivative* (SHD) atau nilai nol pada turunan kedua ke arah horizontal.

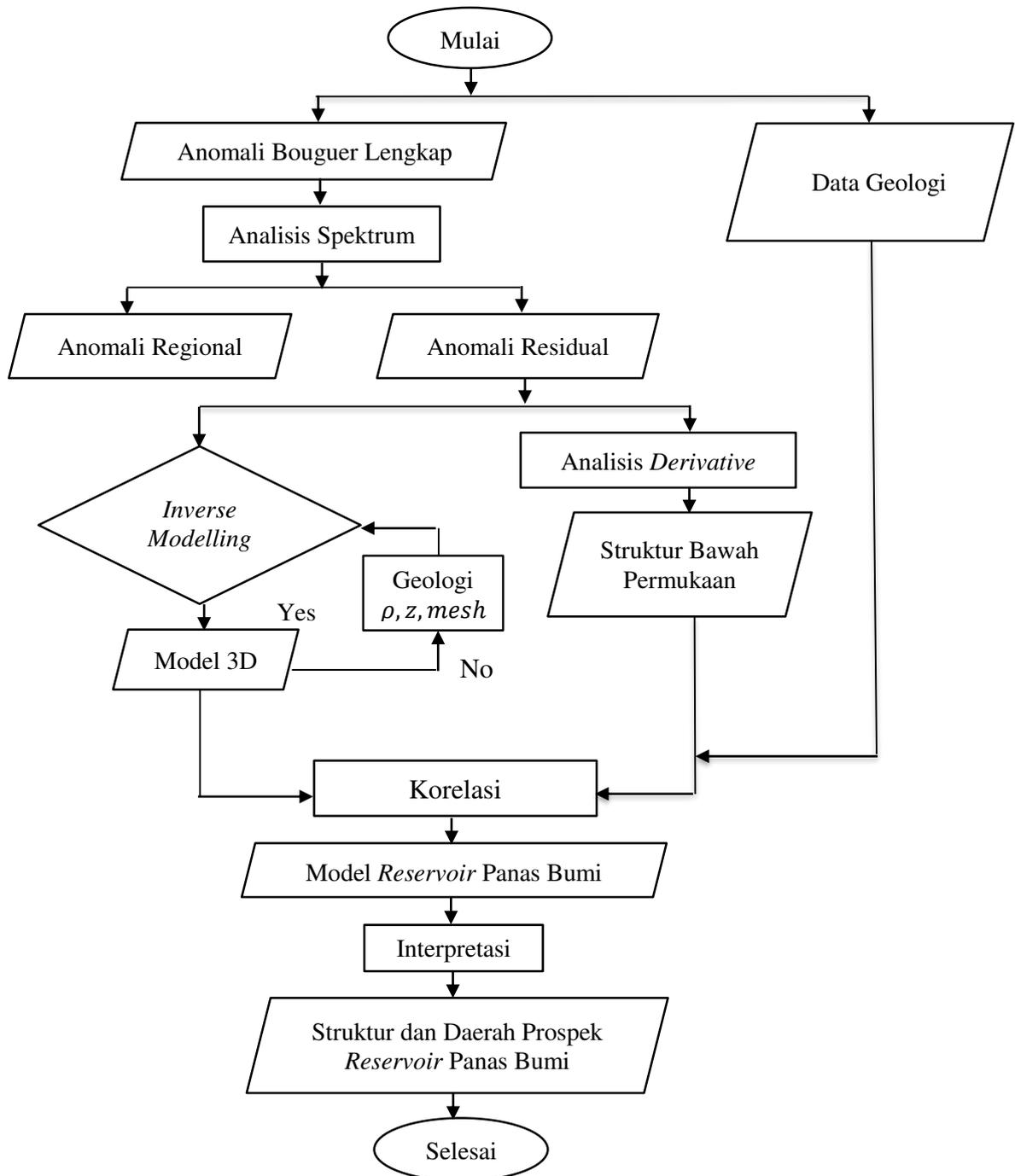
4.4.5. Pemodelan Bawah Permukaan

Pemodelan bawah permukaan pada penelitian ini yaitu dengan menggunakan metode *inverse modelling* (3D) atau pemodelan ke belakang yang dilakukan dengan menggunakan *software Grablox* dan *software Geosoft Oasis Montaj*. *Inverse modelling* dilakukan dengan cara menginput data pada anomali residual berdasarkan dengan lintasan atau *slice* yang dilakukan dengan menggunakan *software Geosoft Oasis Montaj*. Pada *software Grablox* dilakukan dengan memasukkan ukuran pada daerah penelitian yang akan dimodelkan yaitu sebesar 15 km ke arah timur (sumbu x), 17 km ke arah utara (sumbu y), dan kedalaman model adalah 4 km ke arah vertikal (sumbu z). kemudian memasukkan panjang sumbu X, Y, dan Z yang merupakan ukuran model blok mayor (dX, dY, dZ). Untuk sumbu X dibagi menjadi 20 blok (nx), sedangkan sumbu Y dibagi menjadi 20 blok (ny), dan sumbu z dibagi menjadi 10 blok (nz). Dan kemudian dihasilkan blok minor penyusun blok mayor

lalu kemudian dilakukan proses *inverse modelling* dengan menggunakan *Software Oasis Montaj* yang digunakan untuk melakukan *slicing* pada daerah penelitian. Pemodelan ini dilakukan korelasi dengan menggunakan data geologi permukaan, struktur geologi, dan data lain yang mendukung pada daerah penelitian. Pada pemodelan bawah permukaan digunakan untuk menentukan struktur berupa patahan atau sesar, manifestasi sistem panas bumi, dan daerah prospek *reservoir*.

4.5. Diagram Alir

Adapun diagram alir dalam penelitian ini adalah sebagai berikut .



Gambar 15. Diagram Alir

VI. KESIMPULAN DAN SARAN

6.1. Kesimpulan

Berdasarkan pengolahan data dan analisa yang telah dilakukan pada daerah penelitian kesimpulan yang dapat diambil adalah :

1. Nilai anomali *bouguer* yang diperoleh adalah sebesar 25 mGal sampai 100 mGal. Anomali regional atau anomali dalam memiliki nilai kontur yang *smooth* yang disebabkan karena nilai densitas batuan yang homogen. Sedangkan anomali residual atau anomali dangkal memiliki pola anomali yang kompleks yang menggambarkan pola anomali dengan panjang gelombang yang lebih pendek yang mencerminkan efek benda anomali yang dangkal. Batuan yang mendominasi pola anomali ini biasanya terdapat batuan sedimen. Hasil dari *Second Vertical Derivative* menunjukkan batas antara *reservoir* panasbumi yang ditandai dengan nilai nol.
2. Pada pemodelan *inverse modeling* terdapat *reservoir* panasbumi yang dimana batuan tersebut memiliki densitas rendah sebesar 2,1 gr/cc sampai 2,2 gr/cc. Nilai densitas sedang sebesar 2,2 gr/cc sampai 2,4 gr/cc. Sebaran densitas tinggi sebesar 2,5 gr/cc sampai 2,9 gr/cc yang diindikasikan terdapat batuan beku ekstrusif.
3. Daerah prospek *reservoir* panasbumi Rajabasa berdasarkan pemodelan inversi dan analisa *derivative* diperkirakan terletak di sebelah barat laut, barat, dan timur manifestasi pangkul, terletak di sebelah barat manifestasi cugung, melewati manifestasi banding, dan melewati gunung balerang.

6.2. Saran

Berdasarkan pembahasan dan kesimpulan dari penelitian ini maka disarankan untuk mengetahui kevalidan hasilnya yaitu dengan menggunakan metode geofisika yang lain seperti metode elektromagnetik yang menjadi penguat dalam metode gaya berat di panasbumi Rajabasa.

DAFTAR PUSTAKA

- Amriyah, Q. 2012. *Pemodelan Data Magnetotelurik Multidimensi untuk Mendeliniasi Sistem Geotermal Daerah Tawau Malaysia*. Skripsi. Universitas Indonesia. Jakarta.
- Audley, M.G., Carter D.J. dan Barber A.J. 1975. *Stratigraphic Basin for Tectonic Interpretations of the Banda Arcs, Eastern Indonesia, Proc. Indones Petroleum Association 3rd Annual Convention*, p. 25-44.
- Basid, A., Nita, A., dan Sofi, A. 2014. Pendugaan Reservoir Sistem Panas Bumi dengan menggunakan Survey Geolistrik Resistivitas dan Self Potensial, *Jurnal Neutrino* Vol. 7, No. 1.
- Blakely, R. J. 1996. *Potential Theory in Gravity and Magnetic Applications*. Cambridge University Press. Cambridge.
- Bronto, S., Asmoro, P., Hartono, G., dan Sulistiyono. 2012. Evolution of Rajabasa Volcano in the Kalianda Area and Its Vicinity. South Lampung Regency. *Indonesian Journal of Geology*, Vol 7, No. 1.
- Browne, P.R.L. 1998. *Hydrothermal Alteration*. Geothermal Institute The University of Auckland.
- Budiardjo, B., Masdjuk dan Leonardus, A.M. N. 1995. Laporan Geologi Detail Daerah Gunung Rajabasa, Lampung. PERTAMINA Divisi Panasbumi, Indonesia.
- Cordell, L. 1979. *Gravimetric Expression of Graben Faulting in Santa Fe Country and Espanola Basin, New Mexico*. New Mexico. Geol. Soc. Guidebook, 30th Field Conf. 59-64.
- Cordell, L., dan Grauch, V. J. S., 1985. *Mapping Basement Magnetization Zones From Aeromagnetic Data in The San Juan Basin, New Mexico*, in Hinze, W. J., Ed., *The Utility of Regional Gravity and Magnetic Anomaly Maps*. New Mexico. *Sot. Explore Geophys.* 181-197

- Firdaus, A., Udi, H., dan Sugeng, W. 2014. Pemodelan *Steady State* Sistem Panas Bumi Daerah Sumber Air Panas DiWak-Derakan dengan menggunakan Software Hydrotherm 2.2. *Youngster Physics Journal* Vol.3, No.4
- Grandis, H. 2009. *Pengantar Pemodelan Inversi Geofisika*. Himpunan Ahli Geofisika Indonesia. Jakarta.
- Gupta, H., and Roy, S. 2007. *Geothermal Energy: An Alternative Resource For 21ST Century*. Elsevier. Oxford.
- Haerudin, N., Wahyudi., dan Wiwit, S. 2013. Radon and Thoron Analysis of Soil Gas Survey Case Study of Rajabasa Geothermal Field. *AIP Conference Proceedings*.
- Haerudin, N., Dikpride, D., dan Suharno. 2020. Penentuan Patahan dan Saluran Fluida Panas Bumi Rajabasa Bagian Selatan dengan Kombinasi Metode Second Horizontal Derivatif (SHD) dan *Audio Magnetotelluric (AMT)*. *Jurnal Profesi Insinyur Universitas Lampung* Vol. 1, No.1
- Halliday, D., Resnik, R., dan Walker, J. 2005. *Fisika Dasar Edisi 7 Jilid 1*. Erlangga. Jakarta.
- Handayani, L., dan Dadan, D, W. 2017. Eksplorasi Gaya Berat untuk Air Tanah dan Topografi Batuan Dasar di Daerah Serang, Banten, *Ris.Geo.Tam* Vol. 27 No.2.
- Imam, S., dan Supriyadi. 2014. Struktur Bawah Permukaan Sekaran dan Sekitarnya Berdasarkan Data Gaya Berat. *Journal Unnes* Vol.3 No.1.
- Kasbani. 2009. Tipe Sistem Panas Bumi Di Indonesia Dan Estimasi Potensi Energinya. *Buletin Sumber Daya Geologi*. Vol. 4.
- Kirbani, S.B, 2001, *Panduan Workshop Eksplorasi Geofisika: Metode Gravitasi*, *Laboratorium Geofisika* Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Mangga, S. A., Amirudin, T., Suwarti, S., Gafoer., dan Sidarto. 1994. Geologi Lembar Tanjung Karang, Sumatera, skala 1 ; 25.000. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi. Bandung.
- Mussofan,W., Tom, P., Lukman,S., dan Mauliate,A,S. 2015. Geochemistry Model of Chloride Springs Origin near Sea Coastal Area: Case Study from Rajabasa Geothermal Field. *Proceedings World Geothermal*.
- Moehadi, M. 2009. *Buku Ajar Geologi Dasar*. Universitas Indonesia. Depok.
- Nazarwin, 1994. Pemantauan Gunung Api Rajabasa dan Tinjauan Aspek-aspek Geologinya Di Daerah Kabupaten Lampung Selatan. Laporan Proyek, Pertambangan dan Energi, Sumatera Selatan.

- Octonovrilna, L. 2009. Analisa Perbandingan Anomali Gravitasi dengan Persebaran Intrusi Air Asin (Studi kasus Jakarta 2006-2007). *Jurnal Meteorologi dan Geofisika* Vol.10 No.1: AMG.
- Pusat Survei Geologi, 2018. *Geologi Kompleks Gunung Rajabasa, Lampung Selatan Kaitannya dengan Prospek Panas Bumi*. Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. Bandung.
- Rasimeng, S. 2008. Analisis Sesar Gunung Rajabasa Lampung Selatan Sebagai Daerah Prospek Geothermal Berdasarkan Data Anomali Medan Magnet Total. *Jurnal Sains MIPA* Vol.14 No.1.
- Robinson, E., dan Caruh, C. 1988. *Basic Exploration Geophysics*. Wiley and Sons.
- Rosid, S. 2005. *Gravity Method in Exploration Geophysics*. Universitas Indonesia. Jakarta.
- Santoso, D. 2004. *Eksplorasi Energi Geothermal*. Penerbit ITB. Bandung.
- Sari, L., Sehad., dan Hartono. 2018. Penerapan Second Vertical Derivative (SVD) Pada Data Gravitasi Untuk Mengidentifikasi Keberadaan Patahan di Sepanjang Pegunungan Serayu Selatan Kabupaten Banyumas. *Jurnal Teras Fisika* Vol. 1 No.2
- Sarkowi, M. 2010. Identifikasi Struktur Daerah Panasbumi Ulubelu Berdasarkan Analisa Data SVD Anomali *Bouguer*. *Jurnal Sains MIPA*, Vol. 16, No.2.
- Setiadi, I., Diyanti, A., dan Ardi, N. D. 2014. Interpretasi Struktur Geologi Bawah Permukaan Daerah Leuwidamar berdasarkan Analisis Spektral Data Gaya Berat. *Jurnal Geologi dan Sumberdaya Mineral*.
- Sigurdsson, H. 2000. *History of Volcanology*. Rhode Island. Academic Press.
- Suharno, 2012. *Buku Ajar Sistem Panas Bumi*. Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- Supriyanto. 2007. *Analisis Data Geofisika : Memahami teori Inversi*. Departemen Fisika FMIPA Universitas Indonesia. Jakarta.
- Suswati., Haerani N., dan Sutawidjaya I.S. 2001. Pemetaan Geologi Gunungapi Rajabasa Kabupaten Lampung Selatan, Lampung. Direktorat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana, Badan Geologi Bandung.
- Telford, W.M., Geldart, L.P. dan Sherrif, R.E., 1990, *Applied Geophysics*. Cambridge University. USA.
- Tim Penyiapan WKP Panas Bumi. 2007. Penyajian Evaluasi Wilayah Kerja Pertambangan Panas Bumi Daerah Danau Ranau Kabupaten Lampung Barat

Provinsi Lampung Dan Kabupaten Ogan Komering Ulu Provinsi Sumatera Selatan, Potensi Panas Bumi Indonesia Jilid 1, Kementerian ESDM, 2017.

Torkis, R. 2012. Analisa dan Pemodelan Struktur Bawah Permukaan Berdasarkan Metode Gayaberat di Daerah Prospek Panas Bumi Gunung Lawu. Skripsi. Universitas Indonesia. Jakarta.

Zaenudin, A., Rifai, A., dan Muh. S. 2013. Pemodelan Struktur dan Reservoir Lapangan Panas Bumi Bonjol dari Anomali Gaya Berat. *Prosiding Semirata FMIPA Universitas Lampung*.

Zaenudin, A., Sarkowi, M., dan Suharno. 2013. *Pemodelan Sintetik Gradien Gayaberat Untuk Identifikasi Sesar*. Seminar Nasional Sains & Teknologi V. Lampung.