IDENTIFIKASI SISTEM PANAS BUMI DI BAWAH PERMUKAAN DAERAH VULKANIK GUNUNG RAJABASA BERDASARKAN DATA GRAVITASI GGMPLUS

REZIE BHARESKY KASWARA
H1071181033

SKRIPSI

PROGRAM STUDI GEOFISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS TANJUNGPURA
PONTIANAK
2025

IDENTIFIKASI SISTEM PANAS BUMI DI BAWAH PERMUKAAN DAERAH VULKANIK GUNUNG RAJABASA BERDASARKAN DATA GRAVITASI GGMPLUS

REZIE BHARESKY KASWARA
H1071181033

Skripsi
Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Sains pada Program Studi Geofisika

PROGRAM STUDI GEOFISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS TANJUNGPURA
PONTIANAK
2025

LEMBAR PENGESAHAN

Judul Tugas Akhir	: Identifikasi Sistem Panas Bumi di Bawah Permukaan Daerah Vulkanik Gunung Rajabasa Berdasarkan Data Gravitasi GGMPlus
Nama Mahasiswa	: Rezie Bharesky Kaswara
NIM	: H1071181033
Jurusan/Program Studi	: Fisika/Geofisika
Tanggal Lulus	: 2 Mei 2025
SK Pembimbing	: No. 1085/UN22.8/TD.06/2024/Tanggal: 18 April 2024
SK Penguji	: No. 1243/UN22.8/TD.06/2025/Tanggal: 25 April 2025

Dosen Pembimbing

Pembimbing I	Pembimbing II
Radhitya Perdhana, S.Si., M.Sc	Zulfian, S.Si., M.Si
NIP198911142019031011	NIP198812142020121005

Dosen Penguji

Ketua Penguji	Anggota Penguji
Muliadi, S.Si., M.Si	Dr. M. Ishak Jumarang, S.Si., M.Si
NIP197005101999031003	NIP197409212003121004

Pimpinan Sidang (merangkap anggota penguji)	Sekretaris Sidang (merangkap anggota penguji)
Radhitya Perdhana, S.Si., M.Sc	Zulfian, S.Si., M.Si
NIP198911142019031011	NIP198812142020121005

Mengesahkan
Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Tanjungpura

Prof. Dr. Gusrizal, S.Si.,M.Si
NIP197108022000031001

PERNYATAAN INTEGRITAS AKADEMIK

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama	: Rezie Bharesky Kaswara
NIM	: H1071181033
Program Studi/ Jurusan	: Geofisika / Fisika
Fakultas	: Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

dengan ini menyatakan bahwa dokumen ilmiah Tugas Akhir yang disajikan ini tidak mengandung unsur pelanggaran integritas akademik sesuai Peraturan Menteri Pendidikan, Kebudayaan, Riset, Dan Teknologi Republik Indonesia Nomor 39 Tahun 2021. Apabila di kemudian hari dokumen ilmiah Tugas Akhir ini mengandung unsur pelanggaran integritas akademik sesuai ketentuan perundangan tersebut, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dan/atau sanksi hukum yang berlaku.

Demikian pernyataan ini untuk digunakan sebagaimana mestinya.

Pontianak, 18 Juni 2025



Rezie Bharesky Kaswara

NIM. H1071181033

Identifikasi Sistem Panas Bumi di Bawah Permukaan Daerah Vulkanik Gunung Rajabasa Berdasarkan Data Gravitasi GGMPlus

Abstrak

Pertemuan lempeng benua dan samudera di Pulau Sumatera menyebabkan pembentukan gunung vulkanik, salah satunya Gunung Rajabasa yang tersimpan potensi panas bumi. Terdapat manifestasi dari potensi panas bumi yang berupa sumber air panas, fumarol, dan kolam lumpur panas di permukaan Gunung Rajabasa. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi struktur bawah permukaan yang terdapat sistem panas bumi di daerah vulkanik Gunung Rajabasa. Metode yang digunakan ialah metode gravitasi, berdasarkan data sekunder gravitasi dari Global Gravity Model Plus (GGMPlus) 2013 yang memiliki resolusi dengan spasi antar titik data sebesar 200 m. Metode analisis kedalaman anomali digunakan analisis spektrum serta pemisahan anomali residual dan regional dengan *bandpass filter.* Penelitian diperkuat dengan analisis *Second Vertical Derivative* (SVD) untuk menemukan indikasi patahan. Hasil dari penelitian didapatkan *Complete Bouger Anomaly* (CBA) yang memiliki rentang nilai 78.7 hingga 46.8 mGal. Berdasarkan analisis spektrum diperkirakan anomali residual berada di kedalaman 836 m dengan rentang nilai 1,4 hingga -2,3 mGal, dan anomali regional diperkirakan berada di kedalaman 3.884 m dengan rentang nilai 79,5 hingga 47,9 mGal. Berdasarkan anomali residual serta analisis SVD, terdapat indikasi struktur patahan dalam model penampang densitas 2D dengan total patahan berjumlah 20 serta terdapat struktur dari komponen sistem panas bumi.

Kata Kunci: Metode gravitasi, Gunung Rajabasa, Sistem Panas Bumi, GGMPlus, SVD

.

Identification of Geothermal System in the Subsurface of Mount Rajabasa Volcanic Area Based on GGMPlus Gravity Data

Abstract

The interaction of continental and oceanic plates on the Island of Sumatera causes the formation of volcanic mountains, one of which is Mount Rajabasa which has geothermal potential. There are manifestations of geothermal potential in the form of hot springs, fumaroles, and hot mud pools on the surface of Mount Rajabasa. This research aims to identify the subsurface structure of the geothermal system in the volcanic area of Mount Rajabasa. The method used is the gravity method, based on secondary gravity data from the Global Gravity Model Plus (GGMPlus) 2013 which has a resolution with a spacing between data points of 200 m. The anomaly depth analysis method used spectrum analysis and separation of residual and regional anomalies with bandpass filters. The research was strengthened with Second Vertical Derivative (SVD) analysis to find indications of faults. The results of the research obtained a Complete Bouger Anomaly (CBA) which has a value range of 78.7 to 46.8 mGal. Based on spectrum analysis, it is estimated that the residual anomaly is at a depth of 836 m with a value range of 1.4 to -2.3 mGal, and the regional anomaly is estimated to be at a depth of 3884 m with a value range of 79.5 to 47.9 mGal. Based on the residual anomalies and SVD analysis, there are indications of fault structures in the 2D density cross section model with a total of 20 faults and the structure of the geothermal system components.

Keywords: Gravity method, Mount Rajabasa, Geothermal System, GGMPlus, SVD

PRAKATA

Dengan rahmat Allah SWT yang maha esa dan karunia-Nya, penulis dapat menyelesaikan skripsi ini yang berjudul " IDENTIFIKASI SISTEM PANAS BUMI DI BAWAH PERMUKAAN DAERAH VULKANIK GUNUNG RAJABASA BERDASARKAN DATA GRAVITASI GGMPLUS" sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains pada Program Studi Geofisika di Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Tanjungpura Pontianak. Skripsi ini disusun sebagai hasil dari perjalanan panjang dalam mengeksplorasi dan menggali ilmu pengetahuan di bidang ilmu Geofisika. Penulisan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan dan dukungan berbagai pihak yang dengan tulus ikut serta dalam proses penelitian ini. Penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Kepada diri sendiri yang sudah berusaha sekuat tenaga dalam menyelesaikan skripsi ini dengan sebaik-baiknya di tengah banyak cobaan yang dihadapi.
2. Kepada kedua orang tua penulis, yakni Usman dan Ernilawati.
3. Kepada kedua saudara penulis, Reza Faisal dan Fazrika Syafarla.
4. Bapak Prof. Dr. Gusrizal, S.Si., M.Si., selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Tanjungpura yang telah mengesahkan skripsi.
5. Bapak Dr. Bintoro Siswo Nugroho, S.Si., M.Si., selaku ketua Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Tanjungpura.
6. Bapak Dr. Yoga Satria Putra, S.Si., M.Si selaku Ketua Program Studi Geofisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Tanjungpura.
7. Bapak Radhitya Perdhana, S.Si., M.Sc selaku Pembimbing I yang telah memberikan bimbingan dan arahan selama penyusunan skripsi.
8. Bapak Zulfian, S.Si., M.Si selaku Dosen pembimbing II yang telah memberikan bimbingan dan arahan selama penyusunan skripsi.
9. Bapak Muliadi, S.Si., M.Si selaku Dosen penguji I yang telah memberikan arahan dan saran selama penyusunan skripsi.

10. Bapak Dr. Muhammad Ishak Jumarang, S.Si., M.Si selaku Dosen penguji II yang telah memberikan arahan dan saran selama penyusunan skripsi.
11. Kepada teman-teman seprodi yaitu Deni Alpito Saputra, Jeremi Hosea, Untung Ramadhan, Theobaldus Jumarlius Ripa. Karto Suwiryo, Defky Adjie Yudistira, Indra Reza Kurniawan yang telah memberikan semangat.
12. Dan kepada teman satu angkatan 2018 yaitu keluarga besar marmaron.

Pontianak, 04 Februari 2025

Rezie Bharesky Kaswara
H1071181033

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN ii
ABSTRAK iv
PRAKATA vi
DAFTAR ISI viii
DAFTAR GAMBAR xi
DAFTAR TABEL xiii
DAFTAR LAMPIRAN xiv
BAB I PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 3
1.3 Tujuan Penelitian 3
1.4 Manfaat Penelitian 3
1.5 Batasan Masalah 3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA 4
2.1 Kondisi Wilayah Gunung Rajabasa 4
2.1.1 Letak Geografis dan Kondisi Geologi 4
2.1.2 Stratigrafi 4
2.1.3 Tatanan Tektonik 6
2.2 Panas Bumi 7
2.2.1 Sistem Panas Bumi 8
2.3 Metode Gravitasi 12
2.3.1 Prinsip Dasar Metode Gravitasi 12
2.3.2 Potensial Gravitasi 14
2.3.3 Anomali Gravitasi 14
2.4 Koreksi – Koreksi Pada Metode Gravitasi 15
2.4.1 Koreksi Pasang Surut (Tidal Correction) 15
2.4.2 Koreksi Apungan (*Drift Correction*) 15
2.4.3 Koreksi Lintang 15
2.4.4 Koreksi Udara Bebas 16
2.4.5 Koreksi Medan 17

2.4.6 Koreksi Bouger 18
2.5 Anomali Gravitasi Bouger 19
2.6 Densitas Batuan 20
2.7 Pemisahan Anomali Regional dan Residual 22
2.7.1 Analisis Spektrum (*Spectrum Analsys*) 22
2.7.2 *Bandpass Filter* 25
2.8 Metode *Second Vertical Derivative* (SVD) 25
2.9 Pemodelan Data Gravitasi 26
2.10 GGMPlus 28
BAB III METODOLOGI PENELITIAN 30
3.1 Lokasi Penelitian 30
3.2 Sumber Data 30
3.3 Instrumen Penelitian 31
3.4 Prosedur Penelitian 31
3.4.1 Ekstraksi data GGMPlus 31
3.4.2 Koreksi Anomali Gravitasi 31
3.4.3 Analisis Spektrum 32
3.4.4 Pemisahan Anomali CBA 33
3.4.5 Analisis Second Vertical Derivative (SVD) 33
3.4.6 Pemodelan 33
3.5 Diagram Alir Penelitian 34
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN 35
4.1 Complete Bouger Anomaly (CBA) 35
4.2 *Filtering Anomaly* Menggunakan *Bandpass Filter* 36
4.2.1 Analisis Spektrum 36
4.2.2 Anomali Regional 37
4.2.3 Anomali Residual 38
4.3 Analisa Second Vertical Derivative (SVD) 39
4.3.1 Sayatan A – A' 41
4.3.2 Sayatan B – B' 42
4.4 Model Penampang Bawah Permukaan 2D 42

4.4.1 Sayatan A – A’.....43
4.4.2 Sayatan B – B’.....44
4.5 Analisis Sistem Panas Bumi di Gunung Rajabasa.....45
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN..... 48
5.1 Kesimpulan.....48
5.2 Saran.....48
DAFTAR PUSTAKA 49
LAMPIRAN..... 54

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Tatanan Geologi Daerah Penelitian (Mussofan *et al*., 2016 Dalam Mangga *et al*., 1993) 4
Gambar 2.2. Penampang Geologi Regional Daerah Penelitian (Mangga *et al*., 2010) 5
Gambar 2.3. Peta Geologi Regional Daerah Penelitian (Mangga *et al*., 2010) 5
Gambar 2.4. Tatanan tektonik pulau Sumatera (Barber et al., 2005; Mangga et al., 1993 dalam Darmawan *et al*., 2021) 7
Gambar 2.5. Sistem *geothermal* dari *International Geothermal Association* (IGA) (Kana *et al*., 2015). 8
Gambar 2.6. Model konseptual sistem pertukaran panas (*free convection*) yang mengeluarkan air panas melalui perantara zona sesar (*fracture zone system*) (Sigurdsson *et al*., 1999). 11
Gambar 2.7. Dua benda dengan gaya tarik menarik di jarak r (Telford *et al*., 1990) 13
Gambar 2.8. Pengaruh bukit (A) dan (B) sebuah lembah di tempat pengukuran gravitasi (Reynold, 2011). 18
Gambar 2.9. Ilustrasi dari koreksi bouger (Lowrie, 2007)..... 19
Gambar 2.10. Grafik anomali *power spectrum* yang bersumber dari adanya dua lapisan batuan serta efek noise (Hinze *et al*., 2013) 24
Gambar 2.11. Konsep *Bandpass Filter* (Geosoft, 2016)..... 25
Gambar 2.12. Proses pemodelan kedepan (f*orward moddeling*)..... 26
Gambar 2.13. Modifikasi parameter model secara iteratif (Grandis, 2009) 27
Gambar 2.14. Anomali gaya gravitasi profil 2D bawah permukaan yang didiskritisasi menjadi grid seragam (Grandis, 2009)..... 28
Gambar 3.1. Peta penelitian daerah Gunung Rajabasa 30
Gambar 3.2. Diagram alir penelitian..... 34
Gambar 4.1. Peta Kontur *Complete Bouger Anomaly* (CBA) 35
Gambar 4.2. Kurva grafik *Radially Average Power Spectrum* (RAPS) 36
Gambar 4.3. Peta kontur anomali regional..... 37

Gambar 4.4. Peta kontur anomali residual 38
Gambar 4.5. Peta kontur anomali Second Vertical Derivative (SVD) 39
Gambar 4.6. Peta sayatan anomali residual 40
Gambar 4.7. Hasil analisis SVD sayatan A-A' 41
Gambar 4.8. Hasil analisis SVD sayatan B-B' 42
Gambar 4.9. Model penampang sayatan A-A'..... 43
Gambar 4.10. Model penampang sayatan B-B' 44

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Nilai Densitas Batuan (Telford *et al*., 1990) 20
Tabel 4.1. Hasil estimasi kedalaman daerah penelitian 37

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Peta geologi dan anomali residual di daerah Gunung Rajabasa 54
Lampiran 2 Peta geologi lembar Tanjung Karang, Sumatera 55

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia adalah negara yang terletak di pertemuan tiga lempeng tektonik di antaranya Pasifik, Eurasia, dan Indo-Australia. Aktivitas pertemuan lempeng tersebut penyebab banyaknya gunung berapi di Indonesia. Sebuah aktivitas di zona subduksi berperan dalam pembentukan gunung api (Aziz *et al.*, 2020). Gunung berapi membuat sebuah aktivitas erupsi yang menghasilkan energi panas bumi. Panas bumi tersebut dapat digunakan sebagai energi alternatif pengganti sumber energi lainnya. Menurut Badan Geologi Kementerian ESDM, negara Indonesia terdapat 40% cadangan energi panas bumi di dunia. Diperkirakan akumulasi potensi energi panas bumi yang ada di Indonesia sebesar 23,7 GW (ESDM, 2021).

Di Indonesia semua sistem panas buminya memiliki manifestasi yang berupa fluida panas yang terbentuk pada daerah dengan gunung berapi kuarter serta gunung berapi aktif (Hochstein *et al*., 2008). Panas bumi dapat menghasilkan fluida panas bumi (*geothermal fluids*) diakibatkan kontradiksi di bawah permukaan bumi antara aliran air yang masuk dari daerah resapan (*recharge area*) dengan sumber panas bumi (*geothermal*), yang menyebabkan terjadinya pemanasan dan akan membentuk uap serta air panas yang akan keluar menuju permukaan (Rasimeng *et al.*, 2007). Parameter yang mengendalikan manifestasi tersebut ialah dari temperatur reservoir, tipe dari fluida reservoirnya, tipe batuan reservoir, maupun dari sifat sumber panas. Parameter-parameter tersebut merupakan sistem dari panas bumi (Sigurdsson *et al.*, 1999).

Menurut data Badan Geologi Kementerian ESDM Pulau Sumatera yang merupakan bagian daerah Indonesia memiliki 101 titik manifestasi panas bumi, salah satu titik tersebut berada pada Gunung Rajabasa yang terletak di Provinsi Lampung, Kabupaten Lampung Selatan yang merupakan daerah penelitian ini berada. Menurut ESDM terdapat dua titik manifestasi panas bumi di kaki Gunung Rajabasa yaitu, potensi panas bumi Kalianda yang terletak di Kecamatan Kalianda tepatnya di arah barat laut Gunung Rajabasa dengan cadangan mungkin sebesar 58

MW dan potensi panas bumi Pematang Belirang terletak di kecamatan Penengahan yang berada di arah selatan Gunung Rajabasa dengan cadangan terduga 225 MW (ESDM, 2021).

Eksplorasi geofisika terhadap panas bumi berkaitan dengan pengukuran sifat fisik bumi, yaitu mengukur parameter yang bisa menemukan sebuah struktur berpengaruh terhadap sifat sistem panas bumi, bertujuan agar dapat menemukan struktur yang mengendalikan akuifer di bawah permukaan untuk dijadikan lokasi lubang sumur, salah satu metode geofisika yang digunakan untuk pengukuran ialah metode gravitasi (Kana *et al.*, 2015). Perbedaan massa jenis atau densitas batuan dari hasil perhitungan metode gravitasi dimanfaatkan untuk mengetahui struktur batuan bawah permukaan, menemukan patahan pada bawah permukaan, dan potensi panas bumi (Amanda *et al*., 2022). Pada penelitian Setiadi *et al* (2021) pemisahan sumber anomali gravitasi bouger di lapisan yang dangkal terhadap lapisan yang dalam dan adanya efek *noise* dipisahkan dengan *bandpass filter.*

Penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Sarkowi dan Wibowo (2021) berfokus pada identifikasi reservoir panas bumi menggunakan analisis data gravitasi dari Pusat Survei Geologi Bandung. Dari hasil penelitian tersebut ditemukan tiga reservoir di daerah Gunung Rajabasa dengan perkiraan kedalaman reservoir berkisar antara 1.000 hingga 1.500 meter. Selain itu, penelitian yang dilakukan oleh Saputra (2023) berfokus pada analisis anomali gravitasi GGMPlus menggunakan metode SVD dan pemodelan inversi 2D berdasarkan anomali bouger yang dangkal hasil *butterworth filter.* Hasil yang didapatkan teridentifikasi keberadaan 30 struktur patahan di daerah Gunung Rajabasa, dan juga terdapat tiga pola densitas struktur batuan yang terdiri dari formasi gunung api muda (1,13–2,04 g/cm³), formasi Lampung (2,12–2,6 g/cm³), dan formasi andesit (2,71–2,94 g/cm³).

Berdasarkan pemaparan latar belakang di atas, penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi kondisi struktur geologi dari sistem panas bumi di daerah Gunung Rajabasa menggunakan anomali gravitasi bouguer pada rentang sumber yang dangkal hasil *bandpass*. Hal ini dilakukan untuk memperoleh anomali optimum yang sumbernya tidak terlalu dalam di bawah permukaan serta terdapat efek *noise*, sehingga struktur sistem panas bumi dapat dimodelkan dengan lebih tepat.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian ini adalah:

1. Bagaimana pola anomali di residual pada daerah panas bumi Gunung Rajabasa, Lampung Selatan?
2. Bagaimana mengidentifikasi struktur sistem panas bumi dengan data anomali gravitasi GGMPlus di bawah permukaan Gunung Rajabasa, Lampung Selatan?

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk:

1. Menentukan pola anomali residual pada daerah panas bumi Gunung Rajabasa, Lampung Selatan.
2. Mengidentifikasi struktur dari sistem panas bumi di bawah permukaan daerah Gunung Rajabasa, Lampung Selatan berdasarkan data gravitasi.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini ialah dapat memberikan informasi struktur bawah permukaan di Gunung Rajabasa, Lampung Selatan untuk membantu eksplorasi panas bumi pada daerah tersebut. Serta memberi rancangan geologi struktur di bawah permukaan.

1.5 Batasan Masalah

Adapun Batasan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Data dalam penelitian ini merupakan data sekunder berupa data gravitasi yang didapatkan dari *Global Gravity Model Plus* (GGMPlus)
2. Pemodelan menggunakan anomali residual dari hasil *Bandpass.*
3. Luas area sebesar 16,4 km x 15,7 km.