

**IDENTIFIKASI STRUKTUR BAWAH PERMUKAAN DAERAH
POTENSI PANAS BUMI DI DAERAH TULEHU
MENGUNAKAN METODE GRAVITASI**

**INDRA REZA KURNIAWAN
H1071181040**

SKRIPSI



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

**IDENTIFIKASI STRUKTUR BAWAH PERMUKAAN DAERAH
POTENSI PANAS BUMI DI DAERAH TULEHU
MENGUNAKAN METODE GRAVITASI**

**INDRA REZA KURNIAWAN
H1071181040**

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



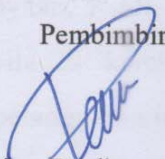
**PROGRAM STUDI GEOFISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS TANJUNGPURA
PONTIANAK
2025**

LEMBAR PENGESAHAN

Judul Penelitian : Identifikasi Struktur Bawah Permukaan Daerah Potensi Panas Bumi di Daerah Tulehu Menggunakan Metode Gravitasi
Nama : Indra Reza Kurniawan
Nim : H1071181040
Jurusan/Program studi : Fisika/Geofisika
Tanggal Lulus : 24 Juli 2025
SK Pembimbing : No. 463/UN22.8/TD.06/2025/Tanggal 17 Februari 2025
SK Penguji : No. 2189/UN22.8/TD.06/2025/Tanggal 14 Juli 2025

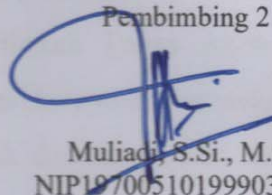
Dosen Pembimbing

Pembimbing 1



Radhitya Perdhana, S.Si., M.Sc.
NIP198911142019031011

Pembimbing 2



Muliadi, S.Si., M.Si.
NIP197005101999031003

Dosen Penguji

Ketua Penguji



Zulfhan, S.Si., M.Si.
NIP198812142020121005

Anggota Penguji



Dr. Joko Sampurno, S.Si., M.Si.
NIP198408252008011004

Pimpinan Sidang
(merangkap anggota penguji)



Radhitya Perdhana, S.Si., M.Sc.
NIP198911142019031011

Sekretaris Sidang
(merangkap anggota penguji)



Muliadi, S.Si., M.Si.
NIP197005101999031003

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 : Indra Reza Kurniawan
NIM : H1071181040
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, 24 Juli 2025



Indra Reza Kurniawan
H1071181040

Identifikasi Struktur Bawah Permukaan Daerah Potensi Panas Bumi Di Daerah Tulehu Menggunakan Metode Gravitasi

Abstrak

Indonesia memiliki potensi panas bumi yang besar, Indonesia berada pada jalur gunung berapi atau cincin api bisa disebut juga *ring of fire*. Provinsi Maluku khususnya kepulauan Ambon dan Seram memiliki potensi energi panas bumi yang dapat dikembangkan sebagai sumber alternatif terbarukan. Salah satu potensi panas bumi yang berada kepulauan Maluku adalah WKP Tulehu yang memiliki temperatur yang cukup tinggi yaitu mencapai 134.09°C – 251°C . Data sekunder gravitasi Global Gravity Model Plus (GGMPlus) 2013 merupakan data model gravitasi global (Global Gravity Model) yang memiliki resolusi sangat tinggi (ultra-high resolution) dengan spasi grid antar titik data ~ 220 m pada arah utara–selatan. Hasil identifikasi struktur geologi menggunakan metode gravitasi dengan menggunakan nilai anomali regional dengan rentang $80,7$ – $101,3$ mGal. Kedalaman anomali regional daerah penelitian diperkirakan sedalam $1,862$ km. Terdapat 7 sesar yang terdapat pada 4 penampang penelitian. Sesar ini berada penampang A–A' pada jarak $8,30$ km, penampang B–B' pada jarak $1,9$ km dan $5,1$ km, penampang C–C' pada jarak $2,450$ km dan pada jarak $11,6$ km, dan penampang D–D' $2,248$ km dan $4,5$ km.

Kata kunci: Panas Bumi, Gravitasi, GGMPlus, Struktur Geologi

Identification of Subsurface Structure of Geothermal Potential Area in Tulehu Area Using Gravity Method

Abstract

Indonesia has great geothermal potential, Indonesia is located in the path of volcanoes or the ring of fire can also be called the ring of fire. Maluku Province, especially the Ambon and Seram islands, has geothermal energy potential that can be developed as an alternative renewable source. One of the geothermal potentials located in the Maluku islands is WKP Tulehu which has a fairly high temperature reaching 134.09°C–251°C. One method that can be used to identify the subsurface layer of geothermal areas is the gravity method using GGMPlus gravity data. The 2013 Global Gravity Model Plus (GGMPlus) secondary gravity data is a global gravity model data that has ultra-high resolution with grid spacing between data points ~220 m in the north–south direction. The results of the identification of geological structures using gravity methods using regional anomaly values with a range of 80.7–101.3 mgal. The depth of the regional anomaly in the study area is estimated to be 1.862 km deep. There are 7 faults found in the 4 research cross sections. These faults are located in cross section A–A' at a distance of 8.30 km, cross section B–B' at a distance of 1.9 km and 5.1 km, cross section C–C' at a distance of 2.450 km and at a distance of 11.6 km, and cross section D–D' 2.248 km and 4.5 km.

Keywords: *Geothermal, Gravity, GGMPlus, Geological Structure*

PRAKATA

Puji syukur Alhamdulillah, penulis panjatkan kehadiran Allah SWT, yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini yang berjudul “Identifikasi Struktur Bawah Permukaan Daerah Potensi Panas Bumi di Daerah Tulehu Menggunakan Metode Gravitasi” sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains pada Program Studi Geofisika di Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Tanjungpura Pontianak.

Perjalanan panjang yang telah penulis lalui dalam rangka menyelesaikan penulisan skripsi ini, banyak hambatan yang dihadapi dalam penyusunannya, namun berkat bimbingan, bantuan dan dukungan beberapa pihak sehingga penulis berhasil menyelesaikan penulisan skripsi. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Kedua orang tua ku tercinta, Bapak Winarno dan Ibu Sri Mulyati yang telah memberikan kasih sayang, nasehat, semangat, serta selalu mendoakan kepada penulis untuk bisa menyelesaikan tugas akhir skripsi ini. Saya ucapkan terima kasih kepada kedua orang tua ku yang selalu mengusahakan untuk anaknya menjadi sarjana, walaupun beliau tidak merasakan pendidikan sampai dibangku kuliah.
2. Bapak Prof. Dr. Gusrizal, S.Si., M.Si., selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Tanjungpura.
3. Bapak Dr. Bintoro Siswo Nugroho, S.Si., M.Si., selaku ketua Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Tanjungpura.
4. Bapak Dr. Yoga Satria Putra, S.Si., M.Si selaku ketua Program Studi Geofisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Tanjungpura.
5. Bapak Radhitya Perdhana, S.Si., M.Sc., selaku Pembimbing Pertama yang telah banyak memberikan waktu, saran, bimbingan, semangat dan motivasi selama penyusunan skripsi.
6. Bapak Muliadi, S.Si., M.Si selaku Pembimbing Kedua yang telah memberikan arahan dan dukungan selama pengerjaan skripsi ini.

7. Bapak Zulfian, S.Si., M.Si., selaku Dosen Penguji pertama dan Dosen yang pernah menjadi Pembimbing Akademik yang telah memberikan bimbingan akademik maupun saran selama penyusunan skripsi.
8. Bapak Dr. Joko Sampurno, S.Si., M.Si., selaku Penguji kedua yang telah memberikan arahan dan saran selama penyusunan skripsi.
9. Ibu Mega Nurhanisa S.Si., M.Si selaku Pembimbing Akademik yang telah memberikan arahan dan bimbingan selama masa perkuliahan penulis.
10. Seluruh Dosen Jurusan Fisika yang telah memberikan ilmu kepada penulis selama perkuliahan.
11. Kepada Sahabat terdekat yaitu Yohan Prasetyo dan Muhammad Rifqi Rosadi terima kasih atas segala bentuk dukungan, semangat, dan motivasi yang telah diberikan selama proses penyusunan skripsi ini.
12. Teman-teman Marmaron18 yang telah membantu selama masa perkuliahan dan semua pihak yang telah membantu menyelesaikan skripsi ini namun tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.
13. Kepada teman-teman seprodi yaitu Jeremi Hosea, Rezie Bharezky, Untung Ramadhan, Theobaldus Jumarlius Ripa, dan Deni Alpito Saputra yang telah memberikan semangat.
14. Indra Reza Kurniawan, diri saya sendiri. Apresiasi sebesar-besarnya yang telah berjuang untuk menyelesaikan apa yang telah dimulai. Sulit rasanya bisa bertahan sampai dititik ini.

Pontianak, 24 Juli 2025



Indra Reza Kurniawan
H1071181040

DAFTAR ISI

	hal
LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN INTEGRITAS AKADEMIK	iii
PRAKATA.....	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
BAB II TINJUAN PUSTAKA	5
2.1 Geologi Daerah Penelitian.....	5
2.2 Panas Bumi	6
2.3 Metode Gravitasi	10
2.4 Reduksi Gravitasi	12
2.5 Densitas Batuan	15
2.6 Analisis Spektrum	16
2.7 Pemisahan Anomali Regional dan Residual.....	17
2.8 Pemodelan Data Gravitasi	19
2.9 GGMplus	21
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	22
3.1 Lokasi Penelitian	22
3.2 Instrumen Penelitian.....	22
3.3 Sumber Data	23
3.4 Prosedur Pengolahan Data.....	23
3.5 Diagram Alir.....	25

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	26
4.1. <i>Complete Bouguer Anomaly (CBA)</i>	26
4.2. <i>Filtering Anomaly</i> menggunakan <i>Butterworth</i>	27
4.3. Model 3D.....	30
4.4. Hasil Penampang 2D	30
4.5. Interpretasi Struktur Sistem Panas Bumi.....	37
BAB V SIMPULAN DAN SARAN	39
5.1. Kesimpulan.....	39
5.2. Saran	39
DAFTAR PUSTAKA	40
LAMPIRAN.....	43

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Peta Geologi Daerah Penelitian, (Tjokrosoetra et al., 2011) ..	5
Gambar 2.2	Sistem panas bumi dari International Geothermal Association (IGA) (Kana et al., 2015).	7
Gambar 2.3	Wilayah kerja panas Bumi (WKP) Tulehu	9
Gambar 2.4	Objek wisata air Panas Tulehu	9
Gambar 2.5	Gaya tarik menarik antara dua benda bermassa m_1 dan m_2	11
Gambar 2.6	Kurva $\ln A$ terhadap k (Blakely, 1996).....	17
Gambar 2.7	Konsep <i>Butterworth Filter</i> (Geosoft, 2016)	18
Gambar 2.8	Modifikasi parameter model (Grandis, 2009)	19
Gambar 2.9	Model sebagai distribusi kontras rapat massa bawah permukaan 2D dengan model inversi (garis) cukup fit dengan data anomali bouguer (titik) (Grandis, 2009).....	20
Gambar 3.1	Lokasi Daerah Penelitian.....	22
Gambar 3.2	Diagram alir penelitian	25
Gambar 4.1	Peta kontur <i>Complete Bouguer Anomaly</i> (CBA).....	26
Gambar 4.2	Kurva grafik Radially Average Power Spectrum (RAPS).....	27
Gambar 4.3	Peta kontur anomali regional.....	28
Gambar 4.4	Peta kontur anomali residual	29
Gambar 4.5	Model 3D Densitas	30
Gambar 4.6	(a) Gambar peta anomali regional, (b) Peta geologi regional.....	31
Gambar 4.7	(a) Gambar hasil inversi penampang 2D data observasi dan data kalkulasi, (b) Hasil penampang densitas 2D A–A', (c) Ilustrasi lintasan penampang A–A'	32
Gambar 4.8	(a) Gambar hasil inversi penampang 2D data observasi dan data kalkulasi, (b) Hasil penampang densitas 2D B–B', (c) Ilustrasi lintasan penampang B–B'	34
Gambar 4.9	(a) Gambar hasil inversi penampang 2D data observasi dan data kalkulasi, (b) Hasil penampang densitas 2D C–C', (c) Ilustrasi lintasan penampang C–C'	35

Gambar 4.10	(a) Gambar hasil inversi penampang 2D data observasi dan data kalkulasi, (b) Hasil penampang densitas 2D D-D', (c) Ilustrasi lintasan penampang D-D'	36
-------------	--	----

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Nilai Densitas Batuan (Telford et al., 1990)	15
Tabel 4.1 Hasil estimasi kedalaman daerah penelitian	28

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Peta geologi regional lembar ambon	43
Lampiran 2 Koordinat lintasan penampang	44
Lampiran 3 Data penelitian	44

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia berada pada jalur gunung berapi atau cincin api bisa disebut juga *ring of fire*. Indonesia memiliki potensi panas bumi yang besar dimana terdapat sekitar 40% dari potensi panas bumi dunia atau setara dengan 29.000 MW. Namun demikian baru $\pm 7\%$ dari potensi yang diidentifikasi yang digunakan (Tala *et al*, 2020).

Letak Indonesia yang berada diantara gunung-gunung api dan tumbukan lempeng tektonik serta garis khatulistiwa menjadikannya negara yang memiliki potensi energi terbarukan panas bumi yang besar. Dengan memanfaatkan panas bumi banyak keuntungan yang akan didapatkan dibandingkan penggunaan bahan bakar fosil, panas bumi dapat dijadikan sebagai alternatif energi terbarukan yang keberadaannya selalu tetap dan tidak bergantung pada cuaca serta musim (Nurwahyudin dan Harmoko, 2020). Dalam Undang-Undang Nomor 27 Tahun 2003 disebutkan bahwa sumber energi panas yang terkandung di dalam air panas, uap air dan batuan serta mineral dan gas lainnya secara genetis semuanya tidak dapat dipisahkan pada suatu sistem geotermal dan guna pemanfaatannya dibutuhkan proses penambangan.

Provinsi Maluku khususnya kepulauan Ambon dan Seram memiliki potensi energi panas bumi yang dapat dikembangkan sebagai sumber alternatif terbarukan. Potensi panas bumi ini tersebar merata di pulau Ambon, Haruku, Saparua, Nusalaut dan Seram yang umumnya muncul pada jalur patahan aktif. Pada awal tahun 2017, telah dilakukan pengambilan data lapangan gravitasi dan magnetik bumi untuk mempelajari sistem panas bumi di Suli dan Tulehu, kabupaten Maluku Tengah yang diketahui memiliki energi perkiraan sebesar 100 MWe. Secara keseluruhan manifestasi panas bumi di Suli dan Tulehu berada pada jalur patahan yaitu patahan Banda–Hatuasa, Banda, dan Huwe yang berarah barat daya ke timur laut (Lewerissa, 2019).

Energi panas bumi dapat dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan energi selama ini ditopang oleh industri minyak dan gas. Potensi penggunaan energi berbasis bahan bakar fosil. Selain itu, residu yang di hasilkan dari penggunaan energi panas bumi tidak berkontribusi terhadap kerusakan lingkungan (Adhiem *et al.*, 2021).

Metode gravitasi merupakan salah satu metode geofisika tertua yang masih banyak digunakan hingga saat ini karena metode ini sensitif terhadap perubahan arah lateral yang menyebabkan distribusi densitas yang tidak homogen pada anomali gravitasi. Oleh karena itu, metode ini sering digunakan untuk menggambarkan endapan sungai purba, struktur geologi bawah permukaan, intrusi batuan, cekungan sedimen, batuan dasar dan lain-lain. Variasi anomali gravitasi dipengaruhi oleh densitas batuan, kedalaman, luas horizontal dan besarnya (Nurul, *et al.*, 2020).

Pengukuran dalam metode gravitasi terdiri dari dua jenis, yaitu penentuan jumlah absolut gravitasi di suatu tempat dan pengukuran perubahan gravitasi dari suatu tempat ke tempat lain. Survei gravitasi yang digunakan dalam metode gravitasi menggunakan instrumen portabel yang disebut gravimeter, yang menentukan nilai variasi gravitasi relatif terhadap satu atau lebih lokasi referensi (Lowrie, 2007). Metode ini memanfaatkan data anomali gravitasi yang dapat diakses secara terbuka seperti data *Ocean Topography Experiment* (TOPEX), *Bureau Gravimetrique International* (BGI), *Earth Gravitational Model* (EGM2008), dan *Global Gravity Model plus* (GGMplus). Data GGMplus merupakan data model gravitasi global yang memiliki resolusi sangat tinggi (ultra-high resolution) dengan spasi grid antar titik data 220 m pada arah utara dan selatan (Hirt *et al.*, 2013)

Salah satu metode eksplorasi dapat diterapkan untuk melakukan eksplorasi panas bumi ini. Metode gravitasi berbasis data citra satelit GGMPlus menjadi alternatif solusi pada penelitian saat ini. Penelitian terdahulu yang dilakukan Sudrajad (2023) melakukan validasi melalui analisis deskriptif perbandingan data gravitasi GGMplus terhadap data gravitasi lapangan panas bumi. Selain itu, penelitian yang dilakukan Alfisah (2023) berfokus menganalisis data *Global*

Gravity Model plus untuk mengetahui keberadaan patahan dan struktur bawah permukaan dengan menggunakan metode *Derivative* dan inversi. Selain cukup akurat, mobilisasi personil yang membutuhkan biaya akomodasi dan transportasi yang besar dapat dihindari. Data yang diperoleh dari metode ini menghasilkan kontras yang lebih baik bila dibandingkan dengan metode lain dalam mendeteksi potensi panas bumi. Berdasarkan hal tersebut, diyakini bahwa citra satelit yang telah diolah dapat digunakan untuk mengidentifikasi struktur bawah permukaan yang memiliki potensi panas bumi.

Berdasarkan latar belakang yang telah disampaikan, perlu dilakukan penelitian untuk mengetahui struktur geologi pada daerah potensi panas bumi di Tulehu, Kecamatan Salahutu. Struktur geologi tersebut dapat dimodelkan menggunakan metode gravitasi dengan memanfaatkan data gravitasi GGMplus. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengidentifikasi struktur geologi pada daerah panas bumi di sekitar Tulehu, Kecamatan Salahutu, Kabupaten Maluku Tengah. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan gambaran mengenai struktur geologi potensi panas bumi di daerah Tulehu dan sekitarnya.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang dituliskan, rumusan masalah dari penelitian ini adalah:

1. Bagaimana struktur geologi bawah permukaan daerah potensi panas bumi Tulehu berdasarkan data gravitasi yang didapatkan dari *Global Gravity Model plus* (GGMplus)
2. Bagaimana mengidentifikasi daerah potensi panas bumi berdasarkan pemodelan inversi 2D yang dibuat

1.3 Batasan Masalah

Adapun Batasan masalah dalam penelitian ini, yaitu :

1. Daerah penelitian terletak di daerah Tulehu, Maluku dengan koordinat $3^{\circ}30'33,87'' - 3^{\circ}37'23,66''$ LS dan $128^{\circ}21'6,93'' - 128^{\circ}52'23,76''$ BT BT.

2. Penelitian ini menggunakan data gravitasi yang diperoleh dari data satelit GGMplus.
3. Pemodelan inversi 2D struktur bawah permukaan dilakukan menggunakan anomali regional.

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah tersebut, tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Memodelkan struktur bawah permukaan daerah Tulehu dan sekitarnya menggunakan data gravitasi daerah penelitian.
2. Mengidentifikasi struktur geologi bawah permukaan daerah potensi panas bumi Tulehu, Maluku Tengah berdasarkan data gravitasi.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan gambaran serta informasi mengenai struktur geologi bawah permukaan pada daerah potensi panas bumi di Tulehu dan sekitarnya, Kabupaten Maluku Tengah. Hasil penelitian ini dapat dimanfaatkan oleh pihak terkait untuk mengoptimalkan potensi panas bumi yang tersedia, sehingga dapat dikelola secara maksimal sebagai sumber energi alternatif yang ramah lingkungan di masa mendatang.