

**IDENTIFIKASI SEBARAN PANAS BUMI MENGGUNAKAN METODE
GRAVITY**
(Studi Kasus: Sumber Air Panas Ds. Karangrejo Kec. Arjosari Kab. Pacitan)

SKRIPSI

Oleh:
LAILATUL FATIMAH
NIM. 19640008



**PROGRAM STUDI FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2023**

HALAMAN PENGAJUAN

**IDENTIFIKASI SEBARAN PANAS BUMI MENGGUNAKAN METODE
GRAVITY**

(Studi Kasus: Sumber Air Panas Ds. Karangrejo Kec. Arjosari Kab. Pacitan)

SKRIPSI

Diajukan kepada:
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang
Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Dalam
Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)

Oleh:

LAILATUL FATIMAH
NIM. 19640008

**PROGRAM STUDI FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2023**

HALAMAN PERSETUJUAN

IDENTIFIKASI SEBARAN PANAS BUMI MENGGUNAKAN METODE
GRAVITY
(Studi Kasus: Sumber Air Panas Ds. Karangrejo Kec. Arjosari Kab. Pacitan)

SKRIPSI

Oleh:
LAILATUL FATIMAH
NIM. 19640008

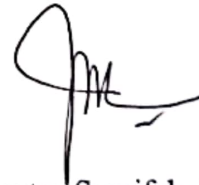
Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji
Pada tanggal 18 Desember 2023

Dosen Pembimbing I



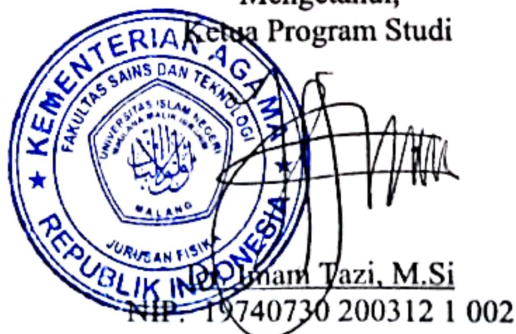
Ahmad Luthfin, M.Si
NIP.19860504 201903 1 009

Dosen Pembimbing II



Dr. Umayyatus Syarifah, M.A
NIP.19820925 200901 2 005

Mengetahui,
Ketua Program Studi



Imam Tazi, M.Si
NIP. 19740730 200312 1 002

HALAMAN PENGESAHAN



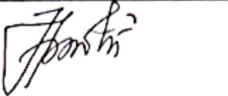
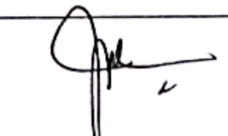
IDENTIFIKASI SEBARAN PANAS BUMI MENGGUNAKAN METODE GRAVITY

(Studi Kasus: Sumber Air Panas Ds. Karangrejo Kec. Arjosari Kab. Pacitan)

SKRIPSI

Oleh:
LAILATUL FATIMAH
NIM. 19640008

Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Skripsi dan
Dinyatakan Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)
Pada Tanggal, 18 Desember 2023

Penguji Utama	<u>Irian, M.Si</u> NIP. 19691231 200604 1 003	
Ketua Penguji	<u>Utiya Hikmah, M.Si</u> NIP. 19880605 202321 2 054	
Sekretaris Penguji	<u>Ahmad Luthfin, S.Si., M.Si</u> NIP. 19860504 201903 1 009	
Anggota Penguji	<u>Dr. Umaiatus Syarifah, M.A</u> NIP. 19820925 200901 2 005	

Mengesahkan,
Kepada Program Studi



Dr. Irfan Tazi, M.Si
NIP. 19740730 200312 1 002

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Lailatul Fatimah

NIM : 19640008

Jurusan : Fisika

Fakultas : Sains dan Teknologi

Judul Penelitian : Identifikasi Sebaran Panas Bumi Menggunakan Metode Gravity (Studi Kasus: Sumber Air Panas Ds. Karangrejo Kec. Arjosari Kab. Pacitan)

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa hasil penelitian saya ini tidak terdapat unsur-unsru penjiplakan karya penelitian atau karya ilmiah yang pernah dilakukan atau dibuat orang lain, kecuali yang tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka. Apabila ternyata hasil penelitian ini terbukti terdapat unsur-unsur jiplakan maka saya bersedia untuk menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Malang, 18 Desember 2023
Yang Membuat Pernyataan



Lailatul Fatimah
NIM. 19640008

MOTTO

“Jangan hanya berusaha karena pasti ada menyerahnya, jadilah berani karena pasti akan terus maju menerjangnya. Allah selalu bersamamu”

HALAMAN PERSEMBAHAN

Saya persembahkan skripsi ini dengan penuh rasa cinta, syukur dan terimakasih yang sebesar-besarnya untuk :

Kedua orang tuaku tercinta Bapak Sukirman dan Ibu Nur Hidayah yang senantiasa menjadi penyemangat penulis untuk menyelesaikan skripsi ini. Terima kasih selalu mendoakan, memberikan kasih sayang, dan cinta setiap hari hingga penulis bisa berada di titik ini. Terima kasih telah menjadi sandaran dan tempat pulang ternyaman bagi penulis. Terima kasih selalu berjuang dan berkorban untuk kehidupan penulis. Bapak ibu, terima kasih sehat selalu dan hiduplah lebih lama lagi untuk selalu menemani perjalanan dan pencapaian hidup penulis.

Adekku Farkhatun Nailly Musafi'ah yang senantiasa sabar dan mengalah untuk menjaga perasaan penulis. Terima kasih selalu pengertian dan memberi semangat dalam menyelesaikan skripsi ini. Semoga kita selalu menyayangi dan bisa membahagiakan bapak dan ibu.

Lailatul Fatimah, *last but no least*, ya! diri saya sendiri. Apresiasi sebesar-besarnya karena telah bertanggung jawab untuk menyelesaikan apa yang telah dimulai. Terima kasih selalu berusaha dan tidak menyerah, serta senantiasa menikmati setiap proses yang bisa dibilang tidak mudah. Terima kasih sudah bertahan dan menutup tanggung jawab ini dengan tangisan haru bapak dan ibu.

Para dosen dan pembimbing, yang telah memberikan pengetahuan, bimbingan, petunjuk, dan pengarahan selama penyusunan skripsi ini sehingga terselesaikan dengan baik.

KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah SWT yang telah melimpahkan segala rahmat dan nikmat, termasuk kesehatan, kesabaran, ketekunan, kesempatan, dan kekuatan kepada penulis, memungkinkan penyelesaian skripsi yang berjudul "Identifikasi Sebaran Panas Bumi Menggunakan Metode Gravity (Studi Kasus: Sumber Air Panas Ds. Karangrejo Kec. Arjosari Kab. Pacitan)". Sholawat dan salam semoga senantiasa tercurah kepada Nabi Muhammad SAW, yang telah membimbing umat dari kegelapan zaman jahiliyah menuju zaman yang penuh terang dan berlimpah ilmu pengetahuan seperti saat ini.

Penulis menyadari bahwa banyak pihak yang telah membantu dan berpartisipasi dalam menyelesaikan penulisan skripsi ini. Oleh karena itu, pada kesempatan kali ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan skripsi. Ucapan terimakasih penulis sampaikan kepada:

1. Prof. Dr. H. M. Zainuddin, M.A selaku Rektor Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang.
2. Dr. Sri Harini, M.Si selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Dr. Imam Tazi, M.Si selaku Ketua Program Studi Fisika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
4. Ahmad Luthfin, S.Si., M.Si dan Umaiatus Syarifah, M.A selaku Dosen Pembimbing skripsi yang senantiasa memberikan ilmu pengetahuan,

bimbingan, pengarahan, saran, dan motivasi serta meluangkan waktu untuk membimbing penulis selama proses penyusunan skripsi.

5. Segenap dosen, Laboran, dan Admin Jurusan Fisika UIN Maulana Malik Ibrahim Malang yang senantiasa memberikan pengarahan dan ilmu pengetahuan.
6. Keluarga tersayang khususnya Bapak Sukirman, Ibu Nur Hidayah, dan Adik Farkhatun Nailly Musafi'ah yang selalu menemani, memberikan dukungan serta mendoakan agar penulis senantiasa diberikan kemudahan dan kelancaran dalam setiap langkahnya.
7. Sahabat dan teman-teman yang selalu mendukung, mendo'akan dan memberikan semangat kepada penulis.
8. Serta semua pihak yang secara langsung maupun tidak langsung memberi motivasi dan arahan dalam penulisan skripsi ini.

Semoga Allah SWT membalas semua kebaikan mereka dengan nikmat yang berlipat ganda baik di dunia maupun di akhirat nanti. Dalam penyusunan skripsi ini penulis menyadari masih banyak kekurangan, oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun untuk kesempurnaan skripsi ini. Akhir kata, semoga skripsi ini dapat menambah pengetahuan dan manfaat bagi pembaca. *Aamiin.*

Malang, 18 Desember 2023

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN PERSETUJUAN	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN	v
MOTTO	vi
HALAMAN PERSEMBAHAN	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiii
ABSTRAK	xiv
ABSTRACT	xv
مستخلص البحث	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	6
1.3. Tujuan	6
1.4. Manfaat	6
1.5. Batasan Masalah	7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	8
2.1. Panas Bumi (<i>Geothermal</i>)	8
2.1.1. Sistem Panas Bumi	9
2.2. Geologi Daerah Penelitian.....	12
2.2.1. Geografis Wilayah.....	12
2.2.2. Stratigrafi	13
2.2.3. Struktur Geologi	14
2.3. Prinsip - Prinsip Gravitasi.....	15
2.3.1. Teori Gravitasi Newton	15
2.3.2. Metode Gravitasi	16
2.3.4. Rapat Massa Batuan	18
2.4. Data Gravitasi Citra Satelit GGMPPlus.....	20
2.5. Koreksi Metode Gravitasi.....	20
2.5.1. Konversi Skala Bacaan ke Satuan mGal	20
2.5.2. Koreksi Bouguer (<i>Bouguer Correction</i>).....	21
2.5.2. Koreksi Medan (<i>Terrain Correction</i>).....	22
2.5.3. Anomali Bouguer	24
2.6. Reduksi Bidang Datar.....	25
2.7. Kontinuasi Keatas (<i>Upward Continuation</i>).....	26
BAB III METODE PENELITIAN	28
3.1. Waktu dan Tempat Penelitian.....	28
3.2. Jenis dan Sumber Data.....	28
3.3. Alat dan Bahan Penelitian	29
3.4. Prosedur Penelitian	29

3.4.1. Pengumpulan Data.....	29
3.4.2. Pengolahan Data.....	29
3.5. Interpretasi Data.....	33
3.6. Diagram Alir.....	34
BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN.....	35
4.1. Akuisisi data.....	36
4.2. Pengolahan Data.....	36
4.3. Interpretasi Kualitatif.....	37
4.3.1. Reduksi Bidang Datar.....	38
4.3.2. Kontinuasi keatas (<i>upward continuation</i>).....	39
4.4. Interpretasi Kuantitatif.....	41
4.4.1. Interpretasi Penampang Lintasan AB.....	42
4.4.2. Interpretasi Penampang Lintasan CD.....	44
4.4.3. Hasil Interpretasi Penampang Sayatan AB dan CD.....	45
4.5. Kajian Keislaman.....	46
BAB V PENUTUP.....	49
5.1. Kesimpulan.....	49
5.2. Saran.....	49
DAFTAR PUSTAKA.....	50
LAMPIRAN.....	54

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Sistem Panas Bumi.....	11
Gambar 2. 2 Peta Geologi Lembar Pacitan.....	13
Gambar 2. 3 Ilustrasi Koreksi Bouguer	22
Gambar 2. 4 Hammer Chart.....	23
Gambar 2. 5 Sumber ekuivalen titik massa.....	25
Gambar 3. 1 Desain Penelitian.....	28
Gambar 3. 3 Diagram Alir	34
Gambar 4. 1 Kontur Topografi	35
Gambar 4. 2 Peta Kontur Anomali Bouguer Lengkap.....	37
Gambar 4. 3 Peta Kontur Anomali Bouguer Lengkap Setelah Di Reduksi Bidang Datar	38
Gambar 4. 4 Peta Kontur Anomali Regional hasil kontinuasi keatas.....	39
Gambar 4. 5 Peta Kontur Anomali Lokal hasil kontinuasi keatas.....	40
Gambar 4. 6 Lintasan <i>slice</i> AB dan CD pada anomali lokal	42
Gambar 4. 7 Model penampang anomali lokal lintasan AB	43
Gambar 4. 8 Model penampang anomali lokal lintasan CD	44
Gambar 4. 9 Peta DEM	62

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Nilai referensi densitas batuan	19
---	----

ABSTRAK

Fatimah, Lailatul. 2023. **Identifikasi Sebaran Panas Bumi Menggunakan Metode Gravity (Studi Kasus: Sumber Air Panas Ds. Karangrejo Kec. Arjosari Kab. Pacitan)**. Skripsi. Program Studi Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim, Malang. Pembimbing: (I) Ahmad Luthfin, S.Si., M.Si (II) Dr. Umayyah Syarifah, M.A

Kata Kunci: Metode Gravitasi, Panas Bumi, Densitas Batuan

Panas bumi merupakan energi panas alami yang dihasilkan dari dalam bumi dengan fluida yang terkandung di dalamnya. Daerah Karangrejo, Arjosari Pacitan merupakan salah satu daerah yang memiliki potensi panas bumi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sebaran panas bumi dan anomali bouguer di daerah pemandian air panas tirta husada, Pacitan, Jawa Timur. Penelitian ini dilakukan menggunakan metode gravity berdasarkan data citra satelit GGMPlus dengan luas 2 km x 2km dan diperoleh data sebanyak 100 data. Berdasarkan hasil interpretasi kualitatif pada kontur anomali lokal didapatkan anomali rendah -2,2 mGal hingga -1 mGal, anomali sedang -0,8 mGal hingga 0,4 mGal, dan anomali tinggi 0,6 mGal hingga 2,2 mGal. Dan pada peta kontur anomali lokal diduga sebaran panas bumi berada pada nilai anomali rendah dengan rentang nilai -2.2 mGal sampai -1 mGal. Interpretasi kuantitatif dengan hasil model penampang menghasilkan 3 lapisan, lapisan pertama berupa aluvium dengan nilai densitas 1,87 gram/cm³. Pada lapisan kedua merupakan batu pasir dengan densitas 2,27 gram/cm³. Pada lapisan ketiga merupakan breksi gunung api dengan nilai densitas 3 gram/cm³.

ABSTRACT

Fatimah, Lailatul. 2023. **Identification of Geothermal Distribution Using the Gravity Method (Case Study: Hot Springs Village, Karangrejo, Arjosari, Pacitan).** Undergraduate Thesis : Physics Departement, Faculty of Science and Technology, Maulana Malik Ibrahim State Islamic University, Malang. Supervisor: (I) Ahmad Luthfin, S.Si., M.Si (II) Dr. Umayyah Syarifah, M.A

Keywords: Gravity Method, Geothermal, Rock Density

Geothermal is natural heat energy produced from within the earth with the fluids contained therein. The Karangrejo area, Arjosari Pacitan is one of the areas that has geothermal potential. This research aims to determine the distribution of geothermal heat and bouguer anomalies in the Tirta Husada hot spring area, Pacitan, East Java. This research was carried out using the gravity method based on GGMPlus satellite image data with an area of 2 km x 2 km and 100 data were obtained. Based on the results of qualitative interpretation of the local anomaly contour, it was found that the low anomaly was -2.2 mGal to -1 mGal, the medium anomaly was -0.8 mGal to 0.4 mGal, and the high anomaly was 0.6 mGal to 2.2 mGal. And on the local anomaly contour map, it is suspected that the distribution of geothermal heat is at a low anomalous value with a value range of -2.2 mGal to -1 mGal. Quantitative interpretation with the results of the cross-sectional model produces 3 layers, the first layer is alluvium with a density value of 1.87 grams/ cm^3 . In the second layer is sandstone with a density of 2.27 grams/ cm^3 . In the third layer is volcanic breccia with a density value of 3 grams/ cm^3 .

مستخلص البحث

الفاطمة، ليلة. ٢٠٢٣. تحديد توزيع الطاقة الحرارية الأرضية باستخدام طريقة الجاذبية (دراسة حالة: الينابيع الساخنة، منطقة كارانغريجو، منطقة أرجوساري، منطقة باسيتان). البحث الجامعي: علم الفيزياء، كلية العلوم والتكنولوجيا، جامعة مولانا مالك إبراهيم الحكومية الإسلامية، مالانج. المشرف: (١) الدكتور جيغيف روستانا، الماجستير، (٢) أحمد أبتوكي، الماجستير.

الكلمات المفتاحية: طريقة الجاذبية، الطاقة الحرارية الأرضية، كثافة الصخور

الطاقة الحرارية الأرضية هي طاقة حرارية طبيعية يتم إنتاجها من داخل الأرض مع السوائل الموجودة فيها. تعد منطقة كارانغريجو، أرجوساري باسيتان، إحدى المناطق التي تتمتع بإمكانات الطاقة الحرارية الأرضية. يهدف هذا البحث إلى تحديد توزيع الحرارة الأرضية وشدوذ البوخر في منطقة ينابيع تيرتا هوسادا الساخنة، باسيتان، جاوة الشرقية. تم إجراء هذا البحث باستخدام طريقة الجاذبية بالاعتماد على بيانات صور الأقمار الصناعية بناءً على نتائج التفسير النوعي لكفاف. بمساحة 2 كم × 2 كم وتم الحصول على 100 بيانات GGMPPlus الشذوذ المحلي، وجد أن الشذوذ المنخفض كان -2.2 مللي جالون إلى -1 مللي جالون، وكان الشذوذ المتوسط -0.8 مللي جالون إلى 0.4 مللي جالون، وكان الشذوذ المرتفع 0.6 مللي جالون إلى 2.2 مللي جالون. وعلى خريطة كفاف الشذوذ المحلية، يشتهب في أن توزيع الحرارة الأرضية هو عند قيمة شاذة منخفضة مع نطاق قيمة يتراوح وينتج عن التفسير الكمي لنتائج نموذج المقطع العرضي ثلاث طبقات، من -2.2 ملي جالون إلى -1 ملي جالون وفي الطبقة الثانية حجر رملي كثافته 2.27. 3. سنتيمتر/الطبقة الأولى هي الطمي بقيمة كثافتها 1.87 جرام . سنتيمتر/وفي الطبقة الثالثة يوجد بريشيا بركانية 3 كثافته 3 جرام . سنتيمتر/3 جرام

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Peningkatan kebutuhan energi berjalan seiring meningkatnya pertumbuhan penduduk. Peningkatan energi ini disebabkan karena adanya segala bentuk aktivitas manusia yang tidak terlepas dari konsumsi energi guna mempertahankan hidup, baik dalam sektor industri, transportasi, rumah tangga, dan lain-lain. Sementara itu, energi fosil yang tersedia bersifat tidak terbarukan seperti gas, batubara, dan minyak dikhawatirkan akan semakin menurun. Sehingga diperlukan upaya untuk mendorong penggunaan, dan pengembangan *alternative energy* yang bersifat terbarukan (*renewable energy*). Panas bumi merupakan penghasil energi alternatif yang berasal dari sumber alami.

Penggunaan panas bumi sebagai sumber daya dapat dialihkan untuk pembangkit listrik. Suhu tinggi (suhu lebih dari 150 °C) dari panas bumi diperlukan untuk pembangkit daya listrik, sedangkan suhu menengah hingga rendah (suhu di bawah 150 °C) dari panas bumi dapat diterapkan untuk berbagai bidang termasuk bidang industri. Fluida panas bumi dengan temperatur minimal 150 °C dapat menghasilkan listrik.

Energi alternatif yang telah banyak dikembangkan di berbagai negara termasuk negara Indonesia adalah panas bumi, energi tersebut dikenal sangat ramah lingkungan dan efisien dibandingkan dengan energi fosil. Reservoir di dalam bumi menciptakan energi panas bumi berupa air panas dan uap melalui pemanasan oleh batuan beku panas (Tim Pertamina, 2007). Berbagai sumber air permukaan seperti laut, danau, hujan, sungai, dan lain-lain meresap ke dalam menjadi akuifer (air

tanah). Air ini lalu berinteraksi dengan bebatuan beku panas dan magma, menyebabkan terbentuknya uap panas dan air yang mendidih. Uap dan air panas ini, yang memiliki berat jenis, suhu, dan tekanan, kembali mengalir ke permukaan melewati celah-celah pada lapisan kulit bumi menyebabkan manifestasi panas.

Indonesia secara geologis terletak di antara tiga lempeng tektonik pokok yaitu lempeng Indo-Australia, Eurasia, dan Pasifik. Lempeng-lempeng ini masih aktif, yang menyebabkan adanya aktivitas vulkanisme terjadi di sekitar pertemuan lempeng. Indonesia mempunyai potensi energi panas bumi terbesar di dunia karena aktivitas vulkanik. Potensi panas bumi sekitar 1.024 MW ada di daerah Provinsi Jawa Timur. Manifestasi panas bumi permukaan biasanya merupakan tanda potensi panas bumi. Manifestasi tersebut seperti tanah hangat (warm ground), tanah beruap (steaming ground), mata air panas (hot spring), fumarole, dan sebagainya. Tercatat ada 13 lokasi di Provinsi Jawa Timur yang mempunyai potensi panas bumi salah satunya adalah di wilayah Melati. Panas bumi di wilayah Melati berupa mata air panas (hot spring) yang dikenal dengan objek wisata air hangatnya yakni Tirta Husada yang terletak di Karangrejo Kecamatan Arjosari Kabupaten Pacitan. (Aji et al., 2022)

Merujuk pada Firman Allah SWT di dalam QS. An-Nahl [16]: 15:

وَأَلْقَىٰ فِي الْأَرْضِ رُبًسًا أَن تَمِيدَ بِكُمْ وَأَنْهَارًا وَسُبُلًا لَّعَلَّكُمْ تَهْتَدُونَ

Artinya: “Dan Dia menancapkan gunung-gunung di bumi supaya bumi itu tidak goncang bersama kamu, (dan Dia menciptakan) sungai-sungai dan jalan-jalan agar kamu mendapat petunjuk”

Dalam QS. An-Nahl [16]: 15 menyebutkan bahwa Allah SWT menciptakan gunung-gunung yang sangat kokoh, agar tidak mengguncang bumi bersama manusia. Hingga mereka mampu bercocok tanam, membangun rumah dan berjalan di atas permukaannya. Dengan rahmatNya, Allah menciptakan gunung untuk

menyimpan energi yang disebut energi panas bumi yang bersifat terbarukan. Sehingga manusia dapat memanfaatkan dan mengembangkan dalam jangka waktu yang lama sesuai dengan kebutuhan. Energi panas di dalam kerak bumi memiliki suhu yang berbeda-beda tergantung pada kedalaman. (Shihab, 2002)

Area manifestasi panas bumi di Desa Karangrejo merupakan manifestasi yang mempunyai sumber panas bumi akibat adanya aktivitas vulkanik tersier yang berhubungan dengan zona sesar. Sebagian besar Pegunungan Selatan di Jawa Timur didominasi oleh sebaran batuan tersier, dan munculnya mata air panas Karangrejo adalah salah satu tanda adanya panas bumi. Wilayah distribusi batuan tersier sebagian besar diakibatkan deformasi struktur sesar. Diprediksi melewati sungai Brungkah serta sungai Pacitan, ada sebuah sesar yang mengarah hampir barat laut - tenggara. Besar kemungkinan jenis kedua sesar ialah sesar geser yang mendatar dengan gerakan ke arah kanan (Akbar et al.,1993).

Pacitan adalah salah satu kabupaten yang terletak di bagian selatan barat daya di Provinsi Jawa Timur. Secara astronomis kabupaten tersebut berada pada $7^{\circ} 55' - 8^{\circ} 17' \text{ LS}$ dan $110^{\circ} 55' - 111^{\circ} 25' \text{ BT}$. Daerah manifestasi mata air panas terletak di sebelah barat Gunung Bedoyo. Beberapa lokasi yang menunjukkan manifestasi panas bumi telah menjadi destinasi wisata seperti sumber air panas Tirta Husada dengan suhu air panas mencapai 52°C dengan PH normal yang berlokasi di Desa Karangrejo, Kecamatan Arjosari. Di daerah manifestasi terdapat formasi batuan berupa Formasi Mandalika yang memiliki kedalaman $\pm 300 \text{ m}$ dan tersusun oleh perselingan lava, tuff, batu breksi gunung api, bersisipan batu lanau, batu pasir tufan serta batu lempung.

Ilmu geofisika merupakan pengetahuan yang mempelajari tentang bumi dengan menggunakan parameter fisika. Parameter- parameter fisika yang dapat digunakan pada eksplorasi panas bumi meliputi metode seismic, geomagnet, dan gaya berat (gravity). Salah satu cara eksplorasi geofisika untuk menghitung variasi gaya gravitasi di permukaan bumi adalah dengan menggunakan metode gravitasi. Dalam penyelidikan metode gravity, perbedaan densitas sistem panas bumi digunakan sebagai acuan, salah satu objek yang sensitif terhadap kontras densitas adalah batuan reservoir. Batuan reservoir memiliki densitas batuan yang relatif rendah akibat efek pemanasan dari heat source, sedangkan batuan non-reservoir disekitarnya memiliki densitas batuan yang lebih tinggi. Pendekatan ini berasal dari persebaran massa yang tidak seragam di dalam lapisan bumi yang menghasilkan kecilnya perbedaan dalam medan gaya berat. Kondisi ini dipicu oleh ketidakseragaman dalam persebaran densitas batuan. Medan gaya gravitasi yang tidak koheren dihasilkan oleh perbedaan massa jenis batuan dan perbedaan tersebutlah yang dapat diukur di permukaan bumi (Agussalim, 2019).

Perbedaan massa jenis yang diketahui sebagai anomali gravitasi menyebabkan variasi medan gravitasi bumi sehingga diterapkan dalam metode gravitasi. Bumi memiliki rata-rata medan gravitasi sebesar $9,8 \text{ m/s}^2$ atau 980.000 mgal. Segala objek di sekitar bumi memiliki dampak terhadap penghitungan gravitasi, termasuk intrusi batuan beku dan struktur geologi yang dapat memengaruhi medan gravitasi hingga dalam skala miligal.

Metode geofisika yang efisien dalam eksplorasi potensi panas bumi adalah metode gravitasi. Raehanayati et al., (2013) telah mengaplikasikan metode gravitasi di daerah potensi *geothermal* Blawan-Ijen untuk menentukan lokasi dan volume

reservoir panas bumi. Hasil penampang menunjukkan bahwa nilai densitas paling rendah, yaitu 2.58 gr/cm^3 dimiliki oleh batuan ρ_1 berwarna biru, dan diidentifikasi sebagai reservoir panas bumi dengan permeabilitas tinggi dan porositas, dimana volumenya sekitar 101.20 juta m^3 . Sementara itu, penelitian oleh Putra et al., (2021) tentang geothermal struktur bawah permukaan di Lembar Kota Agung menemukan bahwa anomali nilai dibagi menjadi dua kelompok, tiap kelompok mencerminkan daerah lembah dan daerah busur vulkanik. Perhitungannya adalah basis model gravitasi, dengan mempertimbangkan nilai geologi dan densitas bawah permukaan, menjelaskan struktur lapisan bawah permukaan di wilayah potensi panas bumi di daerah penelitian, meliputi batuan lempung, batuan pasir, batuan granit, batuan andesit, dan batuan breksi. Batuan breksi terdiri atas mineral yang tersusun berupa kuarsa dengan nilai densitas antara $2,314 \text{ g/cm}^3$ hingga $2,782 \text{ g/cm}^3$.

Akbar et al, (1993) telah meneliti dengan menggunakan metode *gravity* pada kawasan manifestasi panas bumi Karangrejo. Hasil dari penelitian tersebut menampilkan bahwa sumber panas bumi di Karangrejo timbul di bebatuan gunung api tersier melewati rengkahan-rengkahan lava tersier, yang dihasilkan oleh penetrasi cairan hidrotermal yang mempunyai tingkat keasaman tinggi seperti asam sulfat pada zona kekar (*tracturing zone*) batuan gunung api tersier. Potensi panas bumi di daerah ini relatif sedikit, yaitu kurang dari 0,5 MWE. Sedangkan pada penelitian terdahulu, Lestari et al., (2016) dengan menggunakan metode geomagnetik, juga telah mengungkap dominasi batuan breksi dan lava pada struktur bawah permukaan. Batuan lava andesit, dalam konteks sistem panas bumi Karangrejo, berfungsi sebagai cap rock.

Berdasarkan penjelasan diatas, peneliti akan melakukan penelitian dengan judul “Identifikasi Sebaran Panas Bumi Menggunakan Metode Gravity” (Studi Kasus: Sumber Air Panas Ds. Karangrejo Kec. Arjosari Kab. Pacitan) dengan harapan penelitian dengan penggunaan metode gravity dapat mengidentifikasi sebaran panas bumi berdasarkan data anomali Bouguer.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas maka perumusan masalah penelitian adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana anomali bouguer di daerah penelitian?
2. Bagaimana sebaran panas bumi di daerah penelitian?

1.3 Tujuan

Adapun tujuan penelitian adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui anomali bouguer di daerah penelitian
2. Untuk mengetahui sebaran panas bumi di daerah penelitian

1.4 Manfaat

Dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Memberikan pengetahuan dan referensi bagi peneliti selanjutnya mengenai sistem panas bumi
2. Memberikan pemahaman mengenai penerapan metode geofisika dalam mengidentifikasi sebaran panas bumi
3. Memberikan informasi bagi stakeholder (Pemangku kepentingan) dalam perencanaan pemanfaatan panas bumi di daerah penelitian.

1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini sebagai berikut:

1. Lokasi penelitian berada di daerah manifestasi panas bumi Karangrejo yang terletak pada $8^{\circ}6'4.68''$ LS - $8^{\circ}4'59.73''$ LS dan $111^{\circ}7'18.12''$ BT - $111^{\circ}8'24.18''$ BT
2. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode gravity
3. Akuisisi data diperoleh dari data sekunder melalui website (<https://ddf.curtin.edu.au/gravitymodels/GGMplus/>)

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Panas Bumi (*Geothermal*)

Panas bumi atau disebut juga *geothermal* bersumber dari bahasa Yunani “*geo*” dan “*thermal*”. Frasa “*geo*” memiliki arti bumi dan “*thermal*” memiliki arti panas, sehingga *geothermal* secara bahasa diartikan sebagai panas bumi. Secara istilah *geothermal* atau panas bumi didefinisikan sebagai energi panas alami yang dihasilkan dari dalam bumi dengan fluida yang terkandung di dalamnya. Menurut UU Nomor 23 tahun 2007, panas bumi merupakan sumber energi yang terdapat dalam bebatuan, mineral, uap, air panas dan gas lainnya, secara genetis semuanya tidak terpisahkan pada sebuah sistem panas bumi dan untuk aplikasinya diperlukan proses pengembangan (Ulfa, 2021).

Salah satu sumber energi terbarukan yang tidak merusak lingkungan dengan waktu pemanfaatan yang lama adalah panas bumi (Manyoe, 2017). Sumber panas alami yang terkandung di dalam Bumi menghasilkan energi dan dapat diekstraksi serta digunakan untuk menghasilkan listrik atau untuk aplikasi pemanas. Pembangkit listrik dapat menerapkan energi panas bumi sebagai sumber asalnya. Daerah yang mempunyai sumber panas bumi dengan pancaran uap air, dapat dimanfaatkan secara langsung. Namun, apabila panas bumi berasal dari sumber air panas, maka harus mengalami proses pengolahan terlebih dahulu menjadi uap air. Kedua jenis pemanfaatan potensi *geothermal* adalah tidak langsung dan langsung. Contohnya adalah pembangkit listrik tenaga panas bumi untuk pemanfaatan tidak langsung, sedangkan pemanfaatan langsung mencakup pemanfaatan di bidang yang

tidak memerlukan energi listrik, seperti bidang kesehatan, perikanan, pertanian dan lainnya (Ulfa, 2021).

2.1.1 Sistem Panas Bumi

Sistem vulkanik di sepanjang busur kepulauan menyebabkan sistem panas bumi. Sistem vulkanik ini merupakan gunung api yang mengalami pergerakan lempeng di permukaan bumi. Indonesia terletak di wilayah subduksi, yaitu daerah aktif gempa, baik vulkanik maupun gempa tektonik. Zona subduksi Indonesia ini berasal dari tiga lempeng yang bertemu yaitu lempeng Indo-Australia, Eurasia, dan Pasifik. Sistem panas bumi mempunyai syarat utama yaitu struktur geologi dikarenakan struktur geologi seperti sesar berfungsi sebagai sistem lolos air (*permeable*) (Geofisika et al., 2019).

Berdasarkan firman Allah dalam QS. At-Thur [27]: 6:

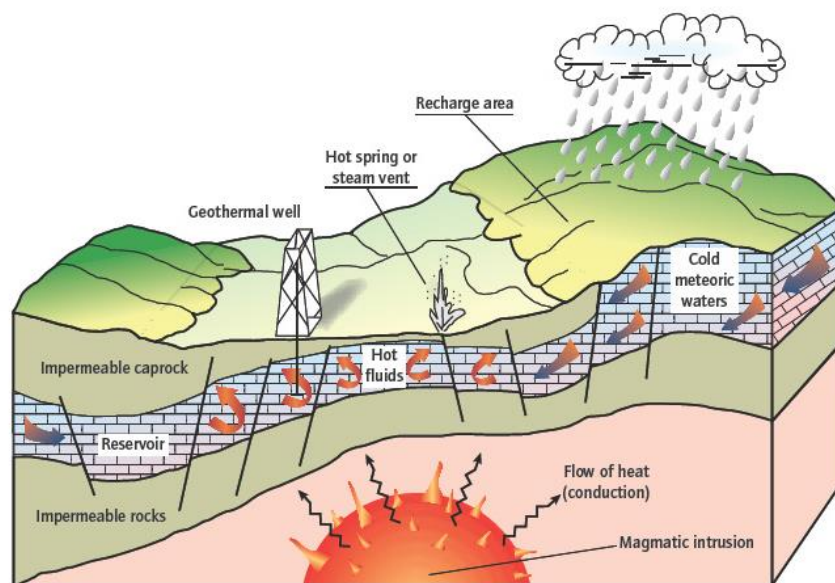
وَالْبَحْرِ الْمَسْجُورِ [الطور : ٦]

Artinya: "laut yang di di dalam tanahnya ada api".

Al-Bahru al-Masjūr, memiliki makna laut yang berada di atas dasar yang dipanasi magma karang. Magma ini berasal dari inti bumi dan menjadikannya sangat panas. Aktivitas vulkanik dibawah dasar laut, samudera berakibat kepada tersusunnya rangkaian pegunungan ditengah-tengah lautan yang pada umumnya terdiri dari karang vulkanik. Hal ini terjadi ketika lempengan lapisan karang bertabrakan pada batasnya yang berhadapan dengan kawasan meluasnya dasar laut dan samudera. Tabrakan ini menyebabkan adanya tertumpuknya jumlah batuan sedimen (*sedimentary rocks*), beku (*igneous rocks*) serta metamorfik (*metamorphic rocks*) yang melipat dan terpecah ke atas berbentuk rangkaian pegunungan (Zaghloul, 2010).

Pada akhir abad ke-20, ahli-ahli geologi dan ilmu kelautan secara ilmiah membuktikan dengan bukti fisik yang nyata bahwa jutaan ton magma yang keluar dari dalam bumi dapat menembus lapisan litosfer dan sampai ke lapisan astenosfir bumi. Jaringan rekahan ini terpusat di dasar laut, samudera, dan basin raksasa, yang tidak dapat memadamkan bara magma dari dalam bumi secara total, sementara itu bara yang sangat panas ini tidak dapat membuat air secara total menjadi uap.

Keberadaan sesar menyebabkan adanya zona rekahan yang membawa air hujan masuk lebih dalam ke lapisan permukaan sehingga dapat menyentuh batuan panas. Seiring waktu pada batuan panas, air jadi terkumpul dan akan memanaskan dan semakin panas serta sebagian besar akan menguap menjadi uap yang panas. Tekanan antara bawah permukaan dan permukaan bumi menyebabkan air dan uap panas berupaya mencari celah untuk keluar permukaan bumi. Sistem panas bumi memiliki 4 komponen utama diantaranya lapisan penutup, fluida, reservoir, dan sumber panas. Berikut skema sistem panas bumi yang ditunjukkan pada Gambar 2.1.



Gambar 2. 1 Sistem Panas Bumi

Konveksi fluida adalah mekanisme utama yang mendasari sistem panas bumi. Reservoir *geothermal* terdiri dari batuan permeable di mana perputaran (*circulation*) panas yang dibawa oleh cairan pembawa panas terjadi. Intrusi magma dengan temperatur lebih dari 600 °C serta mampu menjangkau kedalaman relatif rendah 5 - 10 km menghasilkan sumber panas dalam sistem *geothermal*. Reservoir pada umumnya memiliki lapisan penutup berupa batuan yang tidak dapat mengalirkan air yang digunakan untuk menjaga tekanan di dalam reservoir. (Dickson & Fanelli, 2004)

Air hujan dan air meteorik merupakan sumber fluida di sistem *geothermal*. Gaya gravitasi bumi menyebabkan cairan suhu rendah (dingin) cenderung turun ke bawah menuju ke sumber panas, sementara itu cairan dengan suhu tinggi (panas) cenderung naik ke permukaan melewati celah-celah bebatuan. Namun, jika fluida tersimpan dalam formasi batuan di sekitar sumber panas, ia akan terkena

panas secara konveksi melalui celah-celah bebatuan reservoir dan secara konduksi dari bebatuan di sekitar sumber panas.

Pada kondisi geologi, air tanah yang terkandung dalam batuan reservoir yang porus dan permeable dipanaskan oleh tubuh batuan intrusif. Batuan Reservoir adalah tempat berkumpulnya fluida yang membawa panas dan ditutupi oleh lapisan penutup. Rekahan pada lapisan penutup memungkinkan uap atau air panas keluar, menyebabkan munculnya manifestasi energi panas bumi seperti mata air panas. (Rahmawati et al., 2017)

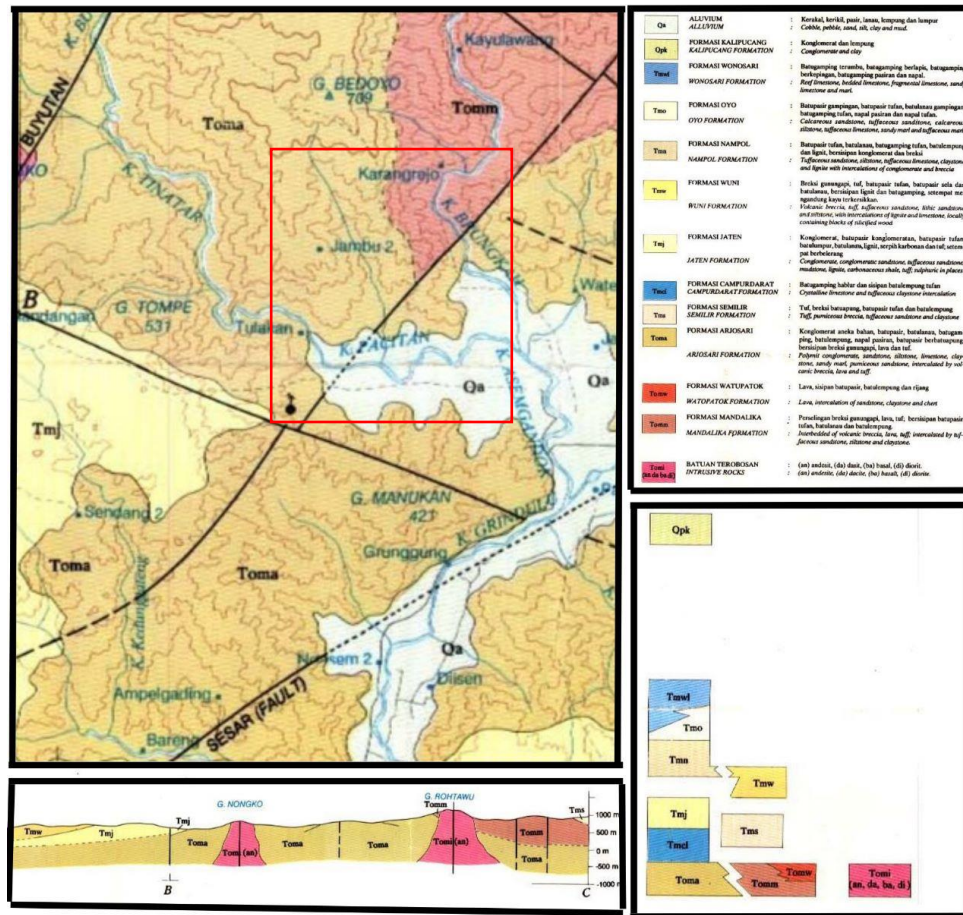
2.2 Geologi Daerah Penelitian

2.2.1 Geografis Wilayah

Lokasi penelitian berada di Kabupaten Pacitan tepatnya sumber mata air panas di Desa Karangrejo Kecamatan Arjosari. Lokasinya berjarak sekitar kurang lebih 15 kilometer dari Kota Pacitan. Lokasi penelitian adalah pada $8^{\circ}05'27.056''S$ dan $111^{\circ}07'49.193''BT$.

Lokasi penelitian memiliki manifestasi panas bumi berwujud singkapan batuan ubahan, keberadaan mata air panas dan kemunculan mineral. Kemunculan mineral merupakan ciri keberadaan sistem panas bumi yang menyebabkan alterasi pada batuan yang ada. Keberadaan mineral serisit silika, klorit, serisit, epidot, kalsit, dan argilit merupakan indikasi terjadinya alterasi batuan vulkanik akibat fenomena energi panas bumi. Sedangkan keberadaan sumber mata air panas (*hot spring*) dengan adanya pemandian air panas Tirta Husada. Manifestasi panas bumi di lokasi ini berada di daerah gawir sesar di sebelah barat lembah Sungai Brungkah dan di dekat pemukiman Bladeras dengan suhu air panas mencapai $52^{\circ}C$ dengan

pH normal (Sumotarto et al., 2020). Adapun peta geologi daerah penelitian dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2. 2 Peta Geologi Lembar Pacitan

2.2.2 Stratigrafi

Daerah Pacitan secara fisiografi berada di jalur Pegunungan Selatan Jawa Timur. Batuan mendominasi Geologi Pegunungan Selatan akibat aktivitas magmatisme tertua yang ditandai dengan munculnya lava andesit, yang disebut sebagai “Formasi Andesit Tua”. Berdasarkan (Samodra, dkk.1992), peta geologi lembar Pacitan, stratigrafi menunjukkan susunan formasi dari tua hingga muda adalah formasi Mandalika, Arjosari, Aluvial, Jaten, dan batuan terobosan.

Formasi Arjosari (Toma) diduga berumur oligosen akhir- miosen awal. Formasi ini terendapkan pada cekungan yang berbatasan dengan lereng bawah laut curam berbarengan dengan aktivitas gunung api bawah laut. Secara litologi terdiri dari batu pasir berbatu apung, napal pasiran, batu pasir, lanau, gamping, lempung, bersisipan tuf, breksi gunung api dan lava.

Formasi Mandalika (Tomm) diduga berusia oligosen akhir – miosen awal. Formasi ini menjemari dengan Formasi Jaten. Formasi Mandalika terdiri atas persilangan dari batu lampung, batu lanau, batu pasir tufan, tuf, lava, dan breksi gunung api.

Formasi Jaten (Tmj) berumur miosen tengah. Formasi ini menekan secara tidak selaras atas Formasi Arjosari. Litoginya terdiri dari konglomerat, batupasir lignit, konglomeratan, batulumpur, batupasir tufan, batulanau, tuf, dan setempat mengandung belerang.

Formasi Aluvium (Qa) tersusun oleh lempung, lumpur, lanau, pasir, kerakal, kerikil, dan berangkal. Formasi ini adalah endapan sungai yang tersebar di dataran rendah sepanjang sungai di bagian barat Lembar Pacitan. Batuan Terobosan (Tomi) diduga berumur Oligo-Miosen hingga miosen akhir. Secara litologi terdiri atas andesit, dasit, basal, dan diorit. Terobosan tersebut umumnya berbentuk *stock*.

2.2.3 Struktur Geologi

Secara geologis, berbagai batuan yang terbentuk selama periode geologis yang lebih tua telah ditemukan. Berbagai batuan sedimen dibentuk oleh cekungan sedimen dan terangkat menjadi daratan Jawa. Aktivitas vulkanik dan tektonik menyebabkan terbentuknya ekstrusi magma dan struktur geologi yang dapat menyusun berbagai batuan vulkanik dan batuan beku. Batuan vulkanik di daerah

penelitian terdiri dari andesit, diorit, dan tufstone dengan mineral Serisit yang terubah. Mineral ini merupakan produk alterasi feldspar ortoklas atau plagioklas di daerah yang telah mengalami kontak dengan alterasi hidrotermal yang biasanya berasosiasi dengan tembaga, timah, atau endapan bijih hidrotermal lainnya.

Daerah Arjosari telah dipetakan secara geologi, khususnya daerah Banyu Anget dan sekitarnya. Disana telah ditemukan empat jenis batuan, yaitu tuf dan batuan vulkanik (Formasi Arjosari); batuan beku diorit sebagai badan intrusi; sedimen aluvial di lembah sungai Pacitan dan batu pasir serta breksi vulkanik (Formasi Mandalika).

Daerah Pacitan dan sekitarnya memiliki struktur geologi yang berupa lipatan, sesar, dan kekar (Nurrohman et al., 2016). Salah satunya adalah Sesar Grindulu yang terletak di sebelah selatan Pulau Jawa. Sesar terbentuk pada zaman kuarter yang terjurus pada timur laut-barat daya. Sesar Grindulu membentuk jalur patahan lempeng benua yang menghasilkan 5 kecamatan di Pulau Jawa yaitu Punung, Bandar, Arjosari, Nawangan, dan Donorojo. (Daerah et al., 1991)

2.3 Prinsip - Prinsip Gravitasi

2.3.1 Teori Gravitasi Newton

Teori metode gravitasi dikemukakan oleh Sir Isaac Newton berdasarkan pada hukum gravitasi. Gravitasi merupakan bentuk gaya saling tarik menarik dimana massa berbanding lurus dengan perkalian kedua massanya serta berbanding terbalik dengan jarak yang dikuadratkan antara pusat kedua massa itu. Oleh karena itu, gaya gravitasi semakin kecil seiring jarak antara kedua benda tersebut dan sebaliknya. Hukum Newton ditulis pada persamaan 2.1 berikut:

$$F = G \frac{mM}{R^2} \quad (2.1)$$

Berdasarkan persamaan di atas Hukum Newton dilambangkan sebagai F (N), massa benda dinyatakan lambang m dan M (kg), jarak antar pusat massa benda dilambangkan r (m), dan konstanta gravitasi universal dilambangkan G yaitu sebesar $6,673 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2/\text{kg}^2$.

Hukum gerak Newton lainnya mengenai gerak adalah pernyataan bahwa gaya yang bekerja adalah perkalian antara massa (kg) dan percepatan. Teori ini dinyatakan dalam persamaan 2.2 sebagai berikut : (Eve, 1928)

$$F = m \cdot g \quad (2.2)$$

Apabila persamaan (2.1) dimasukkan ke dalam persamaan (2.2), maka di peroleh persamaan 2.3 sebagai berikut: (Burger, 1992)

$$g = G \frac{M}{R^2} \quad (2.3)$$

Persamaan (2.3) menunjukkan bahwa nilai gravitasi bumi (g) sebanding dengan massa milik bumi (M) serta berbanding terbalik dengan jari - jari bumi (R) yang dikuadratkan. Berdasarkan teori, gravitasi bumi memiliki nilai besar yang sepadan di seluruh permukaan. Namun pada hakikatnya nilai gravitasi tersebut beragam di setiap tempat dikarenakan bentuk bumi yang pepat, distribusi massa yang berbeda di bumi, dan bentuk topografi permukaan bumi yang acak. (Rahman et al., 2014)

2.3.2 Metode Gravitasi

Pendekatan pasif untuk penelitian geofisika adalah dengan metode gravitasi. Metode ini diukur berdasarkan perbedaan medan gravitasi. Hal ini

disebabkan adanya perbedaan massa jenis atau kepadatan bebatuan di bawah permukaan, sehingga pengukuran dapat dilaksanakan untuk percepatan gravitasi. Metode gaya berat didasarkan pada konsep adanya *causative body*, yaitu batuan dengan densitas yang berbeda dengan batuan di sekitarnya. Metode ini dapat menghasilkan detail informasi tentang kontras densitas batuan dan struktur geologi. Respons yang sangat baik terhadap perbedaan densitas batuan di bawah permukaan membuat metode gravitasi dianggap tepat untuk menganalisa densitas batuan. (Kurniawan et al., n.d.)

Metode gravitasi dalam studi geotermal dipakai sebagai penjelasan struktur bawah permukaan bumi yang mengontrol sistem geothermal yang dinyatakan oleh tingginya zona densitas pada suatu kedalaman. Zona alterasi di dekat permukaan yang terkait dengan manifestasi sistem panas bumi ditunjukkan dengan zona densitas rendah. Reservoir panas bumi tertentu dan kandungan fluidanya menyebabkan perbedaan densitas antara reservoir panas bumi dan massa batuan di sekitarnya (Sarkowi & Wibowo, 2021).

2.3.3 Potensial Gravitasi

Terdapat penerapan prinsip superposisi pada potensial gravitasi, yang merupakan akumulasi dari potensial gravitasi yang berasal dari setiap massa individual. Perbedaan potensial di antara partikel uji dihitung sebagai hasil penjumlahan vektor dari potensial massa tersebut. Prinsip ini juga berlaku pada persebaran massa yang berkelanjutan. Persebaran massa kontinu atau berkelanjutan disimbolkan sebagai m , merupakan kumpulan massa yang sangat kecil dan tersebar luas, diwakili sebagai $dm = \rho(x,y,z)dv$, dengan $\rho(x,y,z)$ sebagai densitas distribusi massa. Setelah prinsip superposisi diterapkan maka diperoleh (Blakely, 1995)

$$U(p) = \gamma \int_v \frac{dm}{r} = \gamma \int_v \frac{p(Q)}{r} dv \quad (2.4)$$

2.3.4 Rapat Massa Batuan

Rapat massa, yang juga dikenal sebagai kontras densitas, umumnya mencerminkan perbandingan antara massa dan volume batuan. Dalam pendekatan gaya berat, parameter fisik yang diukur adalah rapat massa atau kontras densitas, yang dipakai untuk menentukan besar percepatan gravitasi di permukaan. Beberapa faktor yang memengaruhi rapat massa batuan meliputi tingkat kesarangan atau porositas, kandungan fluida di dalam pori-porinya, rapat massa butir atau matriks pembentuknya, serta proses penyusunan, pemadatan (kompaksi) yang disebabkan oleh pelapukan batuan, tekanan dan kedalaman batuan. Batuan sendiri tersusun dari dua komponen, yaitu komponen rongga (berpori) dan komponen padatan, yang memiliki nilai massa jenis yang berbeda-beda di setiap jenis batuan. Nilai acuan dari densitas yang dipakai didasarkan pada densitas literatur buku menurut Telford dalam (Setyanta & Setiadi, 2006), yang dijelaskan pada Tabel 2.1.

Tabel 2. 1 Nilai referensi densitas batuan

Rock type	Range (g/cm³)	Average (g/cm³)
Batuan Sedimen		
Lempung	1.63-2.6	2.21
Kerikil	1.7-2.4	2.0
Pasir	1.7-2.3	2.0
Lanau	1.8-2.2	1.43
Batu Pasir	1.61-2.76	2.35
Batu Gamping	1.93-2.90	2.55
Batu Kapur	2.28-2.90	2.70
Batuan Beku		
Riolit	2.35-2.70	2.52
Andesit	2.4-2.8	2.61
Granit	2.50-2.81	2.64
Granodiorit	2.67-2.79	2.73
Phorphyry	2.60-2.89	2.74
Diorit	2.72-2.99	2.85
Lava	2.80-3.00	2.90
Diabas	2.50-3.20	2.91
Basalt	2.70-3.30	2.99
Gabbro	2.70-3.50	3.03
Batuan Malihan		
Kuarsa	2.5-2.70	2.60
Sekis	2.39-2.9	2.64
Graywacke	2.6-2.7	2.65
Marmar	2.6-2.9	2.75

2.4 Data Gravitasi Citra Satelit GGMPPlus

Hasil penggabungan data satelit gravitasi disebut GGMPPlus (Global Gravity Model Plus) termasuk juga GRACE (ITG2010), GOCE (TIM-4), dan EGM2008, dengan pengetahuan gravitasi topografi yang memiliki resolusi tinggi, yang diperoleh dari data topografi dengan resolusi sekitar 200 m. GGMPPlus menyajikan lima parameter medan gravitasi, termasuk gangguan gravitasi, defleksi vertikal utara-selatan dan timur-barat serta ketinggian quasigeoid percepatan gravitasi. Data gravitasi yang digunakan berasal dari Anomali Bouguer Lengkap (ABL). Pengolahan data gravitasi GGMPPlus menghasilkan data ABL dengan melakukan koreksi terrain dan koreksi Bouguer (Bahtiar et al., 2021).

Satelit gravimeter GROCE merupakan jenis satelit yang digunakan untuk penentuan medan gravitasi bumi dimana tingkat akurasi sebesar 1 mGal dan akurasi geoid sebesar 1 cm pada resolusi 100 km serta beroperasi pada elevasi orbit sekitar 25 km. Prinsip dasar dari satelit GRACE adalah melakukan pengamatan periodik terhadap perubahan jarak sebagai cara untuk mendeteksi perubahan dalam medan gravitasi bumi (Hirt, dkk. 2013)

2.5 Koreksi Metode Gravitasi

Data pengamatan gayaberat dapat dilakukan dengan koreksi *Bouguer correction*, *terrain correction* dan selanjutnya dicari Anomali Bouguer lengkap (ABL).

2.5.1 Konversi Skala Bacaan ke Satuan mGal

Nilai pembacaan alat gravitometer yang diperoleh dari suatu pengukuran adalah dalam besaran skalar yang harus dikonversi ke dalam satuan percepatan gravitasi (dalam satuan m Gal) karena angka bacaan pada alat ukur biasanya belum

menunjukkan nilai gravitasi yang sebenarnya. Persamaan untuk mengkonversi skala bacaan alat menjadi satuan miligal adalah sebagai berikut:

$$gukur = VIM + (SB - CR) \times FFI \quad (2.5)$$

Dimana *gukur* merupakan nilai gravitasi yang terukur dalam satuan mgal, *VIM* merupakan value in milligal yang diperoleh dari tabel konversi alat, *CR* merupakan counter reading yang diperoleh dari tabel konversi alat, *SB* merupakan skala bacaan yaitu angka yang terbaca pada alat dan *FFI* merupakan factor for interval yang diperoleh dari tabel konversi alat.

2.5.2 Koreksi Bouguer (*Bouguer Correction*)

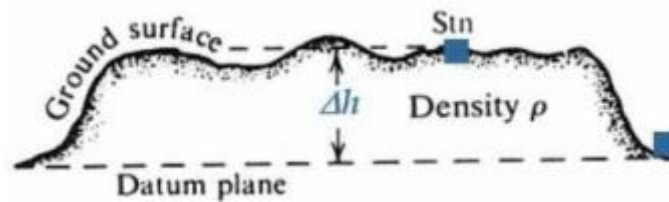
Koreksi ketinggian dengan mempertimbangkan dampak massa batuan di sekitar lokasi pengukuran menggunakan koreksi Bouguer (*Bouguer Correction*). Variasi ketinggian akan memengaruhi besar percepatan gravitasi yang teramati. Koreksi Bouguer diperlukan karena adanya tarikan massa batuan di stasiun pengukuran dan bidang datum, dengan asumsi bahwa batuan tersebut mempunyai jari-jari tidak terbatas dan ketebalan *h* (dalam meter) serta massa jenis ρ (dalam gr/cc). (Maulana & Prasetyo, 2019). *Bouguer Correction* dihitung menggunakan model pendekatan untuk model pelat yang sesuai dengan persamaan 2.6 dibawah:

$$BC = 2\pi g\rho h \quad (2.6)$$

$$BC = 0,04193\rho h \quad (2.7)$$

Koreksi Bouguer disimbolkan dengan *BC* dan memiliki satuan mGal, densitas batuan disimbolkan dengan ρ dengan satuan g/cc, dan ketinggian disimbolkan *h* dengan satuan meter (m).

Rumusan di atas dapat diasumsikan bahwa bidang Bouguer adalah pelat dasar tak hingga. (Sarkowi & Wibowo, 2021)

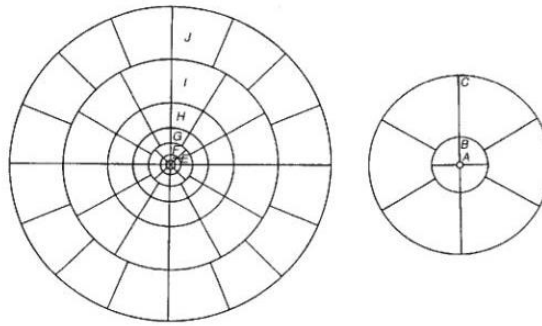


Gambar 2. 3 Ilustrasi Koreksi Bouguer

2.5.2 Koreksi Medan (*Terrain Correction*)

Koreksi terrain ialah langkah yang dikerjakan untuk mereduksi dampak distribusi massa yang tidak rapih di sekitar lokasi pengukuran. Beberapa wilayah dataran memiliki variasi ketinggian yang tidak merata, seperti perbukitan, pegunungan, dan lembah di sekitar stasiun pengukuran. Hal ini dikarenakan adanya pengaruh topografi dan perbedaan signifikan dalam elevasi pada lokasi pengukuran tersebut. Efek topografi ini berdampak pada nilai pengukuran gravitasi di suatu titik observasi. (Maulana & Prasetyo, 2019)

Reynolds (2011) menjelaskan bahwa jika di sekitar gunung ditempatkan stasiun pengukuran, maka akan terjadi gaya ke atas yang menarik pegas. Sedangkan jika stasiun pengukuran berada di sekitar lembah, maka pegas tertarik keatas dikarenakan ada gaya ke bawah yang hilang. Akibatnya nilai gravitasi yang tercatat akan mengalami pengurangan. Koreksi topografi dapat dihitung melalui pemanfaatan *Hammer Chart*. Hammer Chart membagi area dengan beberapa segmen dan zona.



Gambar 2. 4 Hammer Chart

Hammer chart dibedakan berdasarkan besarnya nilai radius dari titik pengukuran gravitasi, yaitu:

1. Inner Zone

Inner Zone mempunyai radius rendah dari pusat pengukuran gravitasi. Inner zone kemudian dibagi menjadi beberapa bagian:

- Zona B: radius 6,56 ft dan dibagi menjadi 4 sektor
- Zona C: radius 54,6 ft dan dibagi menjadi 6 sektor

2. Outer Zone

Outer zone mempunyai jarak yang lumayan jauh dari pusat pengukuran. Perbedaan elevasi dengan titik pengukuran gravitasi umumnya diidentifikasi memakai Analisa peta kontur untuk menentukan keberadaan lembah atau pegunungan. Outer zone kemudian dibagi menjadi beberapa bagian:

- Zona D: radius 175 ft dan dibagi menjadi 6 sektor
- Zona E: radius 558 ft dan dibagi menjadi 8 sektor
- Zona F: radius 1280 ft dan dibagi menjadi 8 sektor
- Zona G: radius 2936 ft dan dibagi menjadi 12 sektor
- Zona H: radius 5018 ft dan dibagi menjadi 12 sektor

- Zona I: radius 8575 ft dan dibagi menjadi 12 sektor
- Zona J: radius 14612 ft dan dibagi menjadi 12 sektor

Besar nilai koreksi *terrain* dapat dicari menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$TC = \left(\frac{2\pi\rho G}{n} [r_2 - r_1 + \sqrt{r_1^2 + Z^2} - \sqrt{r_2^2 + Z^2}] \right) \quad (2.8)$$

Dimana:

N: Jumlah kompartemen pada zona penelitian

r_2 : Radius bagian luar suatu zona (m)

r_1 : Radius bagian dalam suatu zona (m)

Z: Perbedaan ketinggian rata – rata kompartemen dengan titik ukur

2.5.3 Anomali Bouguer

Anomali Bouguer Lengkap (ABL) dapat didefinisikan sebagai wilayah anomali gaya gravitasi yang telah melalui bermacam proses pengurangan, sehingga keragaman nilai anomali percepatan gaya gravitasi yang muncul hanya dipengaruhi oleh keragaman densitas dari bebatuan di bawah permukaan. Pengaruh densitas batuan dari inti bumi hingga permukaan menghasilkan jumlah anomaly yang dicakup oleh nilai ABL, dan dapat dibedakan menjadi anomali residual dan anomali regional. Kemudian dapat menggambarkan geologi bawah permukaan titik pengukuran. (Liana et al., 2020)

Berikut persamaan Anomali Bouguer Lengkap (ABL) yang dapat dinyatakan dengan:

$$ABL = ABS + TC \quad (2.9)$$

Keterangan:

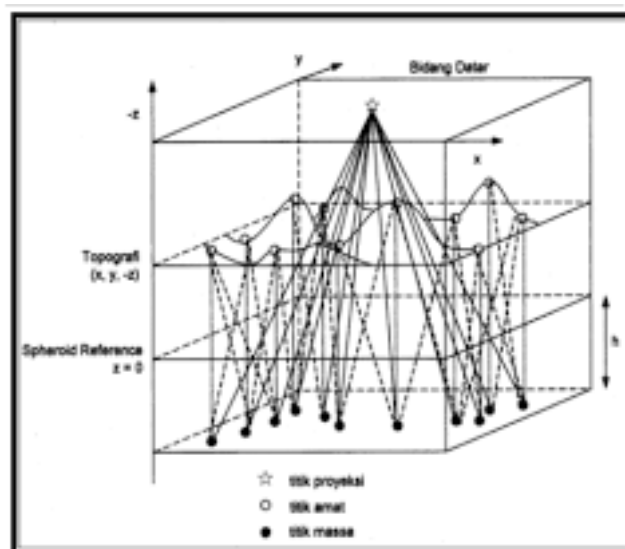
TC = Terrain Correction

ABS = Anomali Bouguer Sederhana (mGal)

ABL = Anomali Bouguer Lengkap (mGal)

2.6 Reduksi Bidang Datar

Data Anomali Bouguer Lengkap (ABL) memiliki variasi atau perbedaan elevasi setelah dipapar permukaan topografi. Sehingga distorsi pada data ABL dapat terjadi karena perbedaan ini. Mengatasi distorsi tersebut, ABL disesuaikan ke bidang datar pada elevasi tertentu, salah satunya melalui metode sumber ekuivalen titik massa. Metode dampney adalah menentukan sumber ekuivalen titik massa diskrit pada kedalaman tertentu dibawah permukaan dengan memanfaatkan data ABL dipermukaan. (Ariyanto et al., 2014).



Gambar 2. 5 Sumber ekuivalen titik massa

Persamaan dasar yang digunakan dalam proses tersebut adalah (Ariyanto et al., 2014):

$$\Delta g(x,y,z) = G \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{\rho(\alpha,\beta,h)(h-z)d\alpha d\beta}{\{(x-\alpha)^2+(y-\beta)^2+(z-h)^2\}^{3/2}} \quad (2.10)$$

Keterangan:

$\Delta g(x,y,z)$: Anomaly medan gravitasi,

$\rho(\alpha,\beta,h)$: Distribusi kontras densitas permukaan pada bidang $z = h$,

Z : Sumbu vertical dengan arah positif ke bawah,

h : Kedalaman sumber ekuivalen titik massa dari *reference spheroid*,

G : Konstanta gravitasi

2.7 Kontinuitas Keatas (*Upward Continuation*)

Kontinuitas keatas (*upward continuation*) ialah proses perubahan data medan potensial yang terukur dalam suatu *surface* sehingga tampak seakan-akan terukur pada *surface* yang lebih tinggi. Pendekatan ini lebih menampilkan anomali yang berasal dari sumber yang dalam (efek regional) dengan menghiraukan atau menghilangkan anomali yang diakibatkan oleh sumber yang rendah (efek residual), dan hasil akhirnya adalah anomali regional. (Purnomo et al., 2016)

Nilai medan potensial pada titik-titik pengamatan terhadap bidang hasil kontinuitas dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$U(x,y,z_0 - \Delta z) = \frac{\Delta z}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{U(x',y',z_0)}{((x-x')^2+(y-y')^2+\Delta z^2)} dx' dy' \quad (2.11)$$

Keterangan:

$U(x, y, z_0 - \Delta z)$ = Nilai medan potensial pada bidang hasil kontinuasi

$U(x', y', z_0)$ = Nilai medan potensial pada bidang observasi sebenarnya

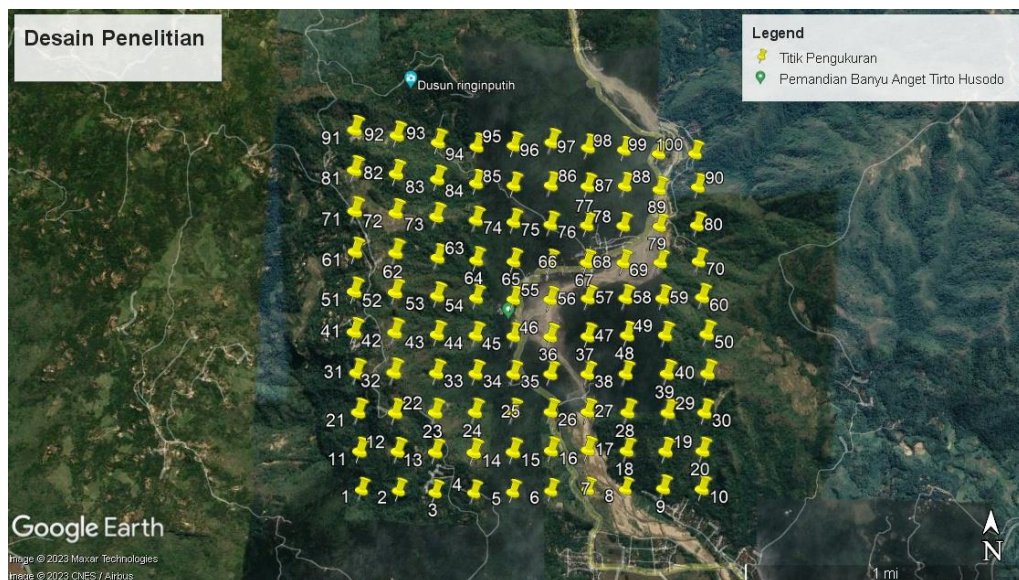
Δz = Jarak atau ketinggian pengangkatan

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Lokasi penelitian berada di sumber air panas Tirta Husada Desa Karangrejo, Kecamatan Arjosari, Kabupaten Pacitan. Secara geografis, lokasi penelitian terletak pada koordinat $8^{\circ}6'4.68''$ LS - $8^{\circ}4'59.73''$ LS dan $111^{\circ}7'18.12''$ BT - $111^{\circ}8'24.18''$ BT. Luas penelitian yaitu 2 km x 2 km. Lokasi penelitian divisualisasikan pada gambar berikut ini:



Gambar 3. 1 Desain Penelitian

3.2 Jenis dan Sumber Data

Data penelitian bersumber dari data anomali gravitasi GGMPPlus berupa data sekunder dan dapat diunduh melalui website https://bgi.obs-mip.fr/data-products/grids-and-models/modele-global_ggmplus2013/ dengan memasukkan koordinat daerah penelitian.

3.3 Alat dan Bahan Penelitian

Alat dan Bahan dalam penelitian adalah sebagai berikut:

1. Perangkat keras (*hardware*) : seperangkat laptop
2. Perangkat lunak (*software*) : *Microsoft office excel, Google Earth,, Matlab, Oasis Montaj, Global Mapper, Magpick, dan Surfer 11*

3.4 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian terbagi ke dalam tiga tahapan yaitu tahap pengumpulan, tahap pengolahan, dan tahap interpretasi.

3.4.1 Pengumpulan Data

Data GGMplus sebagai data yang digunakan diakses melalui <https://ddfe.curtin.edu.au/gravitymodels/GGMplus/>. Penelitian ini dilakukan dengan memasukkan titik koordinat (bujur dan lintang) maksimal dan minimum dari daerah penelitian. Data gravitasi satelit GGMplus berupa format .ga (percepatan gravitasi), .xi (*North – South*), .ha (geoid), .dg (*gravity disturbance*), dan .eta (*east – west*). Setelah diunduh, data gravitasi diekstrak menggunakan *software* Matlab sehingga didapatkan data gravitasi dalam bentuk *Free Air Anomaly* (FAA).

3.4.2 Pengolahan Data

Beberapa koreksi digunakan untuk pengolahan data seperti perhitungan anomali bouguer lengkap (ABL), anomali bouguer sederhana, koreksi Bouguer dan koreksi terrain. Dikarenakan data GGMplus yang didapatkan sesudah proses ekstraksi masih berwujud koreksi data *Free Air Anomaly* (FAA) maka dilakukan koreksi diatas. Beberapa transformasi juga diterapkan pada metode gravitasi yaitu kontinuitas keatas (*upward continuation*) dan reduksi bidang datar.

3.4.2.1 Proses Koreksi Metode Gravity

1. Koreksi Bouguer

Koreksi Bouguer diterapkan untuk menghilangkan pengaruh massa dari datum hingga ketinggian titik pengukuran. Proses ini melibatkan perhitungan tarikan gravitasi yang timbul dari batuan berbentuk slab dengan ketebalan h dan densitas rata-rata ρ . Koreksi Bouguer dilakukan melalui perangkat lunak Microsoft Excel 2010. Input yang diperlukan untuk menghitung koreksi Bouguer adalah nilai *gravity disturbance (free air)* data GGMplus.

Koreksi Bouguer mampu dikalkulasi dengan persamaan berikut:

$$BC = 0,04193 \rho h$$

Dimana nilai ρ adalah nilai massa jenis rata-rata batuan. Pendekatan yang diterapkan untuk menentukan massa jenis rata-rata batuan adalah metode Paranis. Membuat grafik antara nilai koreksi Bouguer dan anomaly udara bebas dapat menentukan nilai densitas dalam metode ini. Langkah awal melibatkan pembuatan tabel yang mencakup data jumlah, nilai densitas sementara, nilai FAA, dan elevasi. Densitas sementara dijadikan sebagai nilai densitas standar untuk proses perhitungan. Perbedaan antara koreksi medan dan densitas sementara diketahui pada nilai densitas yang dipakai dalam metode ini. Nilai Rho standar $2,67 \text{ gr/ cm}^3$ dimasukkan pada kolom TC/Rho.

Proses plotting dalam grafik melibatkan penggunaan nilai X dan Y, di mana X mewakili nilai $(BC - TC/Rho)$ dan Y merupakan nilai anomaly udara bebas (FAA). Setelah grafik terbentuk, nilai $(y = ax + b)$ diperoleh, di mana a merepresentasikan densitas dengan nilai 2,278.

Data h yang digunakan berasal dari data *gravity disturbance (free air)* GGMplus. Dengan nilai koreksi Bouguer yang telah dihitung, nilai ABS (Anomali Bouguer Sederhana) dapat dihasilkan melalui suatu persamaan sebagai berikut:

$$ABS = FAA - BC$$

2. Koreksi Terrain

Koreksi terrain dilakukan karena ketidakraturan topografi (lembah dan bukit) yang akan mengubah nilai pembacaan gravitasi di titik-titik pengukuran. Cara perhitungan koreksi medan dilakukan dengan menggunakan *Hammer Chart* yaitu dengan pemisahan daerah sekitar titik amat menjadi beberapa sektor dan zona.

Koreksi terain diterapkan dengan menggunakan perangkat lunak Global Mapper 15 dan Oasis Montaj. Data topografi, baik inner maupun outer, dari data DEM SRTM di area penelitian diakses dengan menggunakan Global Mapper 15. Sedangkan data latitude, longitude, serta topografi (inner dan outer), diproses dengan menggunakan perangkat lunak Oasis Montaj sehingga data terkoreksi terrain dihasilkan. Selanjutnya data terkoreksi terain diproses menggunakan Microsoft Excel 2010 untuk menghasilkan data Anomali Bouguer Lengkap (ABL).

3. Koreksi Anomali Bouguer Lengkap (ABL)

Sesudah data dari pembacaan gravitasi terkoreksi, maka diperoleh nilai anomaly Bouguer lengkap dengan memakai persamaan:

$$ABL = ABS + TC$$

Setelah nilai Anomali Bouguer Lengkap (ABL) diketahui dan seluruh perhitungan koreksi diselesaikan, langkah berikutnya adalah menciptakan kontur memakai perangkat lunak *Surfer 13* dengan memasukkan nilai bujur-lintang dalam

koordinat UTM juga nilai ABL. Setelah itu, disambung dengan plotting data menggunakan perangkat lunak *Surfer 13*.

3.4.2.2 Proses Transformasi

1. Reduksi Bidang Datar

Data anomali Bouguer lengkap yang terletak pada topografi awalnya diproyeksikan ke bidang datar. Proses reduksi ke bidang datar diperlukan karena koreksi dari nilai anomali Bouguer masih mencerminkan nilai yang terpengaruh oleh topografi, yaitu beberapa titik yang tak menentu dengan elevasi yang beragam. Pengurangan ke bidang datar diupayakan dengan perangkat lunak Matlab dengan menerapkan script metode Dampney. Script ini memerlukan input berupa nilai ketinggian rata-rata dan file dengan ekstensi .txt sebagai masukan, yang berisi data ketinggian, koordinat bujur, lintang, dan nilai Anomali Bouguer Lengkap (ABL). Proses reduksi ini menghasilkan peta kontur ABL yang telah direduksi ke bidang datar.

2. Kontinuasi Ke Atas (Upward Continuation)

Upward continuation menjadi metode yang diterapkan untuk memisahkan anomali lokal dan regional. Prosedurnya adalah dengan mengubah medan potensial yang telah diukur pada permukaan menjadi medan potensial di sekitar permukaan yang tidak dekat dari sumber. Anomali regional berasal dari batuan lebih dalam, sedangkan anomali lokal berasal dari batuan dangkal. Metode pemisahan anomali regional dan lokal diterapkan pada nilai elevasi tertentu sehingga didapatkan hasil kontur anomali regionalnya. Kontinuasi keatas diaplikasikan menggunakan *software magpick*.

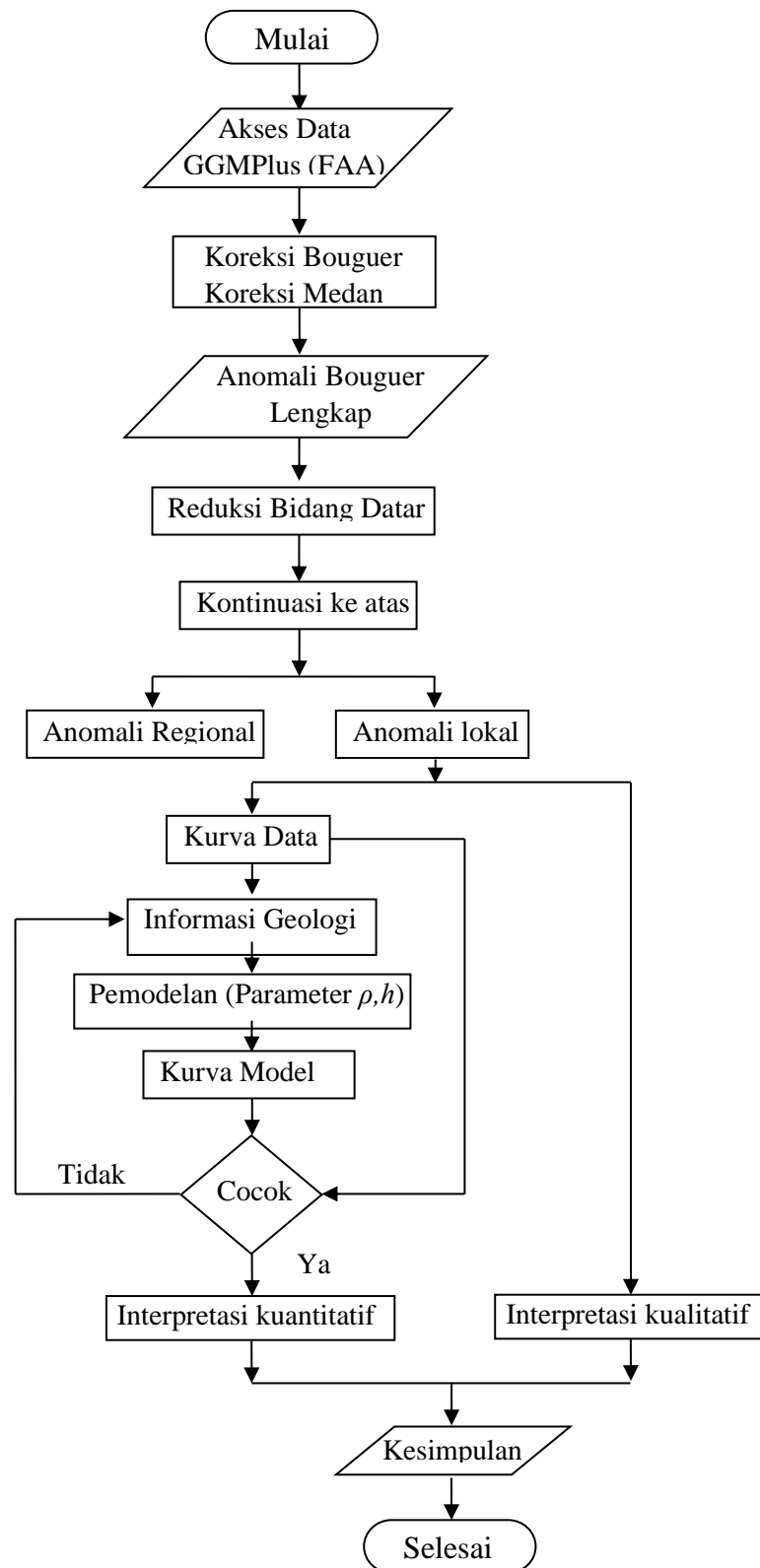
3. Pemodelan Struktur Bawah Permukaan

Perangkat lunak Oasis Montaj dipergunakan dengan memanfaatkan parameter p (densitas) dan h (kedalaman) untuk menggambarkan struktur bawah permukaan, yang kemudian disesuaikan dengan informasi geologi di wilayah penelitian. Penggunaan nilai anomali lokal telah disesuaikan dengan densitas batuan dan nilai topografi.

3.5 Interpretasi Data

Dua pendekatan digunakan untuk interpretasi data yaitu secara kuantitatif dan kualitatif. Interpretasi secara kuantitatif dilakukan melalui pengkajian struktur bawah permukaan dengan mengevaluasi penampang pola anomali lokal sepanjang jalur yang telah ditentukan, menggunakan bantuan perangkat lunak *Oasis Montaj*. Sementara itu, Interpretasi secara kualitatif melibatkan analisis pola anomali lokal yang kemudian direlevansikan dengan konteks geologi serta data-data lainnya.

3.6 Diagram Alir

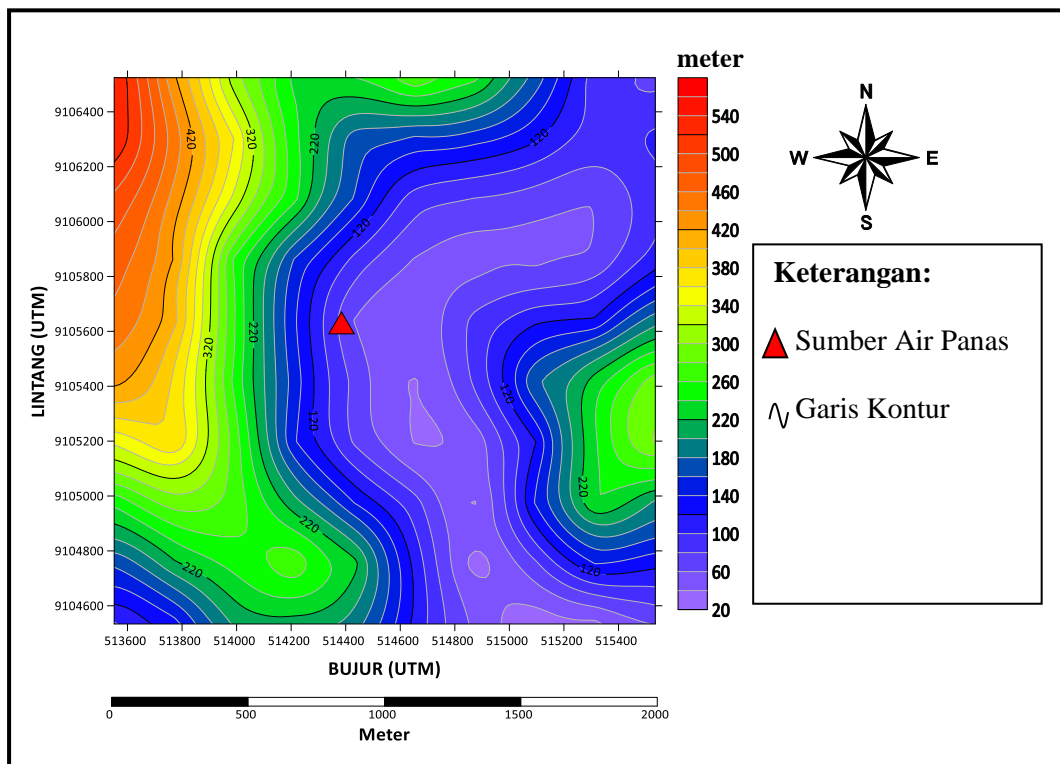


Gambar 3. 2 Diagram Alir

BAB IV

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Metode gravitasi adalah metode yang dipakai dalam penelitian ini. Metode ini menjelaskan suatu teknik eksplorasi geofisika yang menggambarkan struktur dari geologi di bawah permukaan dengan memperhatikan keragaman medan gravitasi yang muncul akibat variasi densitas atau rapat massa antar batuan. Biasanya, metode gravitasi dipakai sebagai langkah awal dalam eksplorasi untuk mengidentifikasi area yang memerlukan survei lebih rinci menggunakan metode geofisika yang lebih terperinci.



Gambar 4. 1 Kontur Topografi

Gambar 4.1 menunjukkan bahwa wilayah penelitian memiliki kontur tidak datar, nilai skala ketinggian yang berbeda ditunjukkan dengan warna ungu untuk tingkat rendah, warna hijau untuk tingkat sedang, dan warna merah untuk tingkat tinggi.

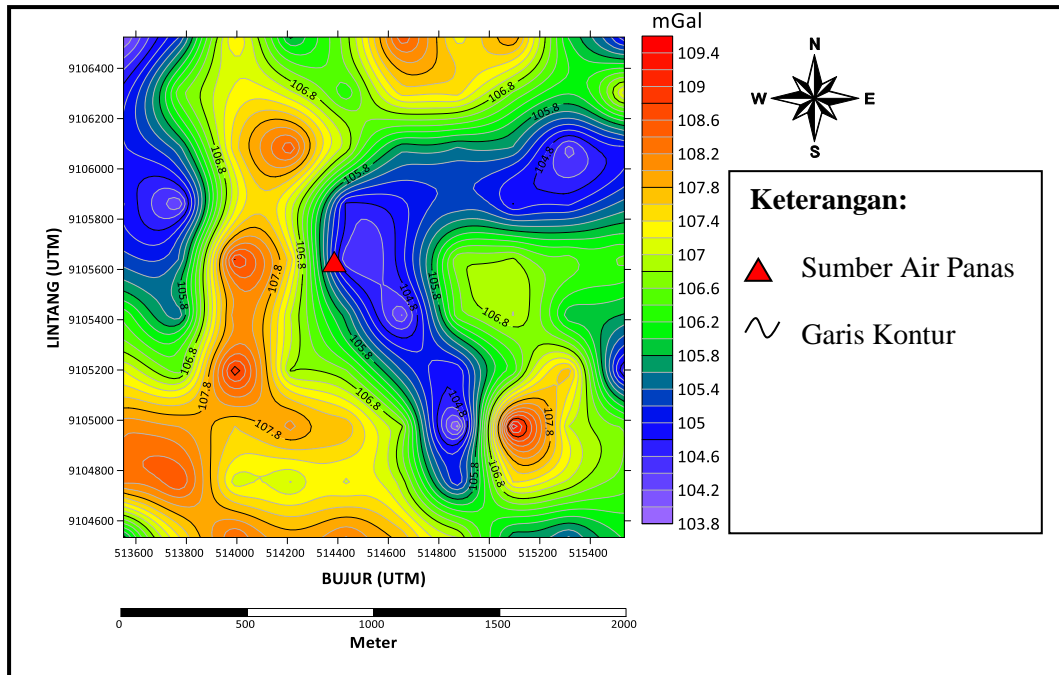
4.1 Akuisisi data

Data gravitasi diperoleh melalui penggunaan data sekunder yang berasal dari citra satelit GGMPPlus berupa nilai anomali udara bebas (Free Air Correction) dan titik koordinat lintang-bujur, dengan luasan daerah penelitian mencakup 2 km x 2 km dengan spasi antar titik yaitu sejauh 200 meter dengan ketinggian rata-rata 193,33 m. Data gravitasi yang diperoleh sebanyak 100 titik yang tersebar di wisata sumber air panas Tirta Husada di Desa Karangrejo, Arjosari, Kabupaten Pacitan.

4.2 Pengolahan Data

Beberapa koreksi yang diterapkan dalam pengolahan data diantaranya koreksi Bouguer, anomali bouguer sederhana, perhitungan anomali bouguer lengkap (ABL) dan koreksi terrain. Pengolahan data gravitasi menghasilkan output berupa anomali bouguer lengkap, yang kemudian ditransformasikan ke bidang datar dan dilakukan kontinuitas keatas untuk menghasilkan anomali regional dan anomali lokal.

Anomali Bouguer Lengkap merupakan total nilai anomali di wilayah penelitian yang diperoleh setelah melakukan beberapa koreksi sebelumnya.



Gambar 4. 2 Peta Kontur Anomali Bouguer Lengkap

Berdasarkan Gambar 4.16 diatas dapat dipahami jika rentang nilai anomali bouguer lengkap yaitu 103.8 mGal hingga 109.4 mGal. Sehingga menurut nilai tersebut data dapat dikelompokkan menjadi tiga kategori, yakni anomali rendah, anomali menengah, serta anomali tinggi.

Anomali rendah ditandai oleh warna ungu hingga biru tua, nilainya berkisar antara 103.8 mGal hingga 105.4 mGal. Anomali menengah dimunculkan dengan warna hijau sampai warna kuning dengan nilai berkisar antara 105.8 mGal hingga 107.4 mGal. Sedangkan anomali tinggi ditampilkan dengan orange sampai merah, nilainya berkisar antara 107.8 mGal hingga 109.4 mGal.

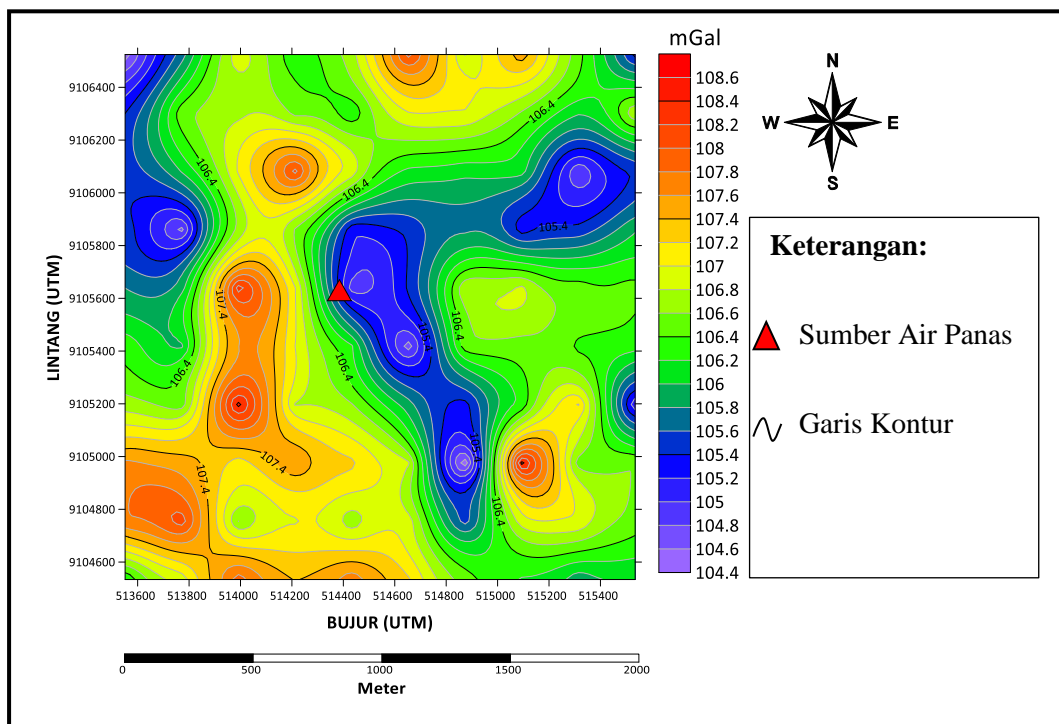
4.3 Interpretasi Kualitatif

Interpretasi kualitatif merupakan interpretasi dengan cara menafsirkan anomali yakni membaca pola pola anomali gravitasi. Pola ini

kemudian direlevansi dengan data geologi daerah penelitian untuk memberikan gambaran umum tentang struktur geologi bawah permukaan.

4.3.1 Reduksi Bidang Datar

Setelah mendapatkan nilai anomali bouguer lengkap. Tahap berikutnya yaitu melakukan reduksi ke bidang datar. Hal ini diperlukan karena nilai anomali bouguer lengkap masih terkait dengan topografi permukaan yang memiliki variasi ketinggian, sehingga menyebabkan adanya pengaruh beda ketinggian antar titik terhadap sumber anomali. Metode Dampney digunakan dalam melakukan proses reduksi bidang datar.



Gambar 4. 3 Peta Kontur Anomali Bouguer Lengkap Setelah Di Reduksi Bidang Datar

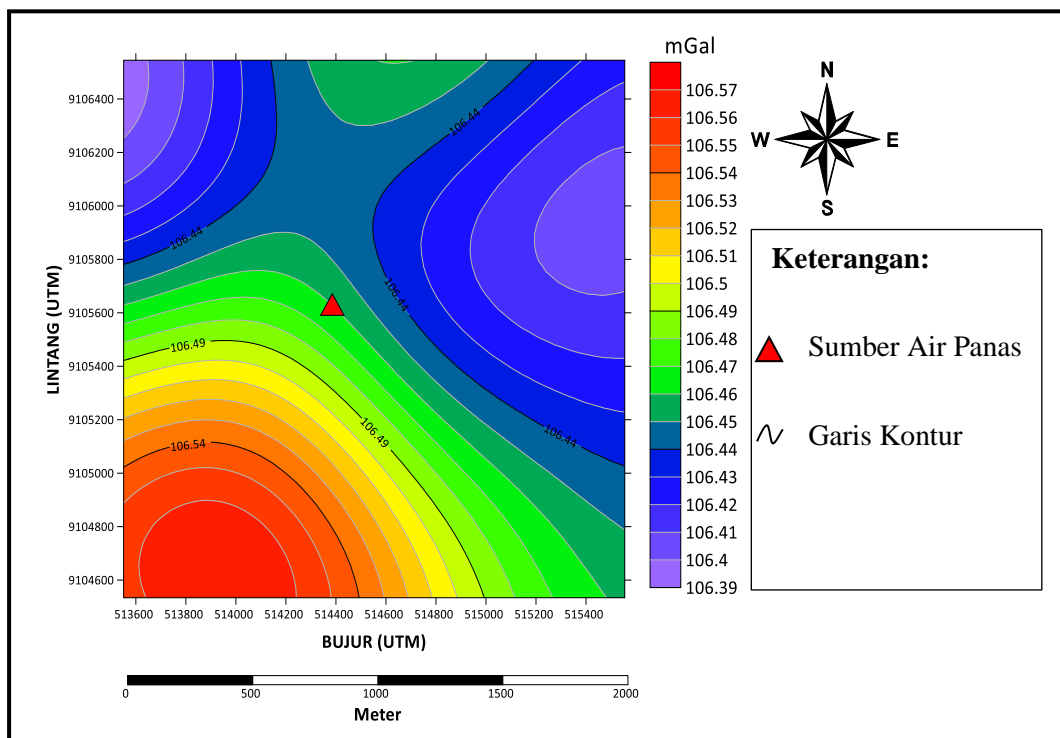
Gambar 4.5 menunjukkan hasil pengurangan ke bidang datar dengan elevasi topografi rata-rata 193,33 mdpl. Terjadi kemiripan yang hampir sama antara kontur dari produk reduksi bidang datar dengan kontur pada anomali Bouguer lengkap, nilai anomalnya berubah sedikit lebih kecil dibandingkan dengan nilai anomali

Bouguer lengkap sebelum dilakukan reduksi. Setelah proses reduksi, anomali gravitasi bernilai antara 104,4 mGal sampai 108,6 mGal.

4.3.2 Kontinuasi keatas (*upward continuation*)

Anomali bouguer lengkap adalah hasil dari penggabungan dua jenis anomali yaitu anomali lokal dan anomali regional. Dalam memisahkan kedua jenis anomali tersebut, data yang tereduksi bidang datar harus dilanjutkan dengan kontinuasi ke atas.

Anomali regional adalah jenis anomali yang memiliki karakteristik yang berskala luas dan dalam sehingga dapat menggambarkan anomali bawah permukaan secara keseluruhan. Arah persebaran anomali rendah ke anomali tinggi dapat diidentifikasi dengan menggunakan peta kontur anomali regional.

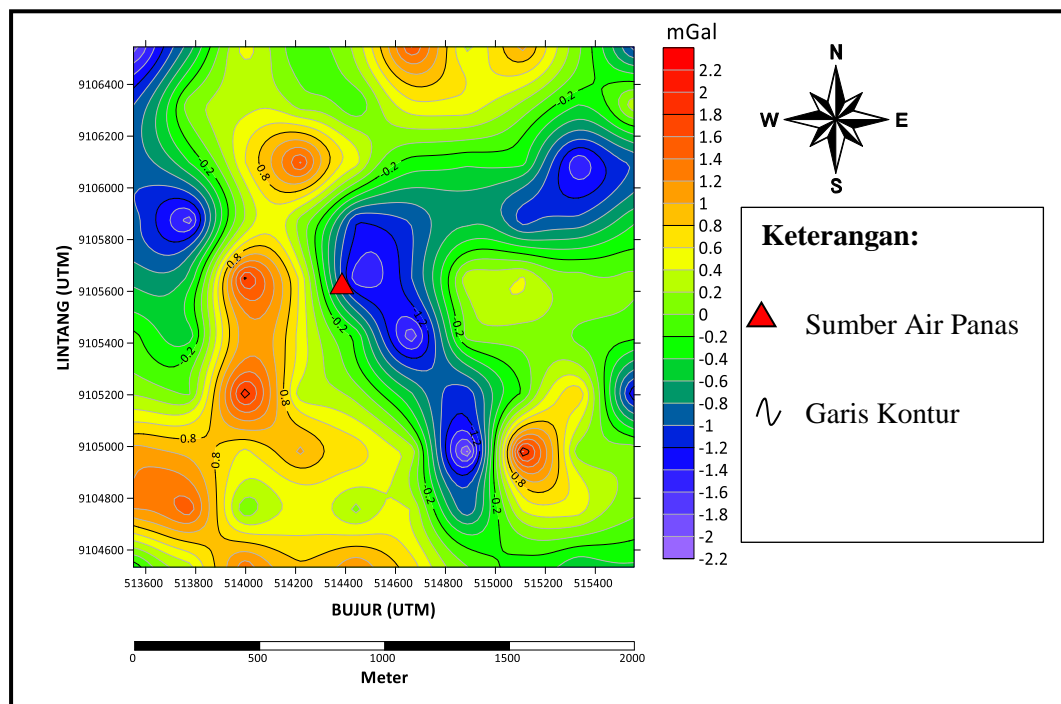


Gambar 4. 4 Peta Kontur Anomali Regional hasil kontinuasi keatas

Berdasarkan peta diatas maka dapat dipahami bahwa kisaran nilai anomali regional adalah antara 106,39 mGal hingga 106,57 mGal. Anomali regional rendah

berkisar antara 106,39 mGal hingga 106,44 mGal ditandai oleh warna ungu hingga biru tua. Anomali menengah ditampilkan warna hijau hingga kuning dengan jangkauan nilai anomali yaitu 106,45 mGal hingga 106,5 mGal. Sedangkan anomali tinggi ditampilkan warna orange sampai merah dengan jangkauan nilai anomali 106.51 mGal hingga 106.57 mGal.

Anomali lokal merupakan anomali yang disebabkan karena adanya struktur yang relatif dangkal dan berdekatan dengan permukaan. Peta kontur anomali lokal dapat diperhatikan pada Gambar 4.18



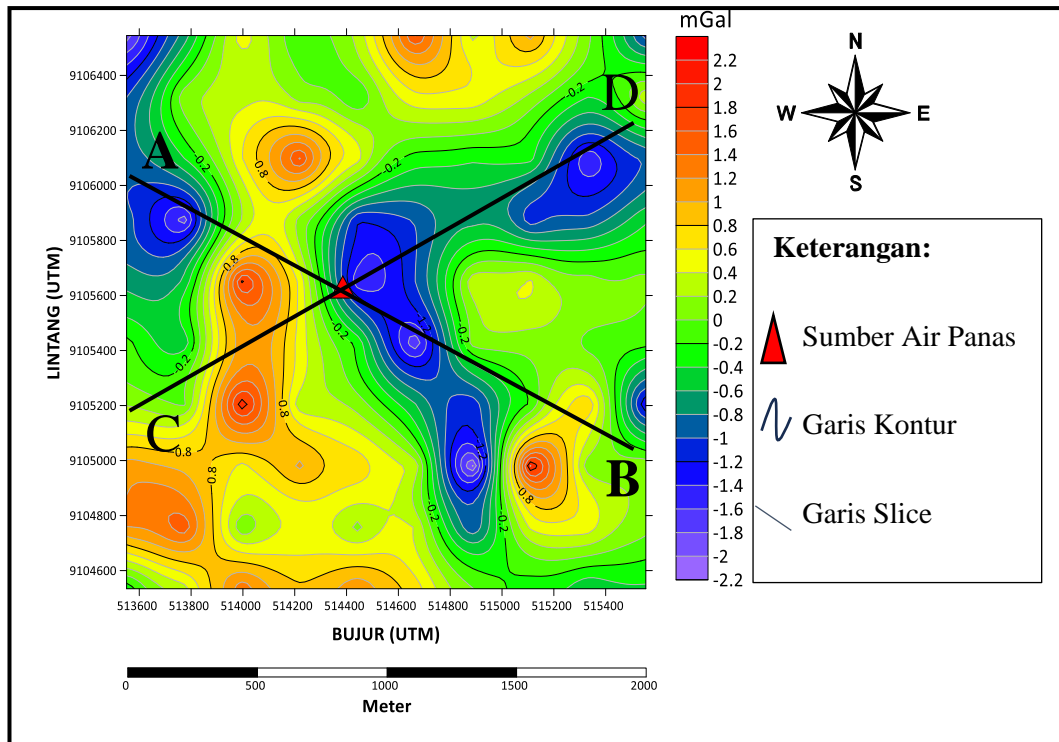
Gambar 4. 5 Peta Kontur Anomali Lokal hasil kontinuasi keatas

Berdasarkan nilai anomali lokal data gravitasi satelit pada gambar 4.19 dapat diamati bahwa rentang nilai anomali lokal berada antara -2,2 mGal hingga 2,2 mGal. Nilai anomali lokal terbagi menjadi 3 kategori, yaitu anomali lokal rendah, anomali lokal sedang, dan anomali lokal tinggi. Adapun anomali lokal rendah ditandai oleh warna ungu hingga biru tua, memiliki rentang nilai antara -2,2

mGal sampai -1 mGal. Lalu anomali lokal sedang ditampilkan dengan warna hijau hingga kuning, memiliki rentang nilai antara -0,8 mGal hingga 0,4 mGal. Sedangkan anomali lokal tinggi ditampilkan dengan warna orange hingga merah yang mempunyai rentang nilai antara 0,6 mGal sampai 2,2 mGal. Terdapat nilai-nilai anomali pada peta kontur anomali lokal yang berasal dari perbedaan ukuran batuan, posisi relatif batuan dan densitas batuan. Nilai anomali positif mengindikasikan tingginya kepadatan batuan di struktur bawah permukaan, sementara nilai anomali negatif menunjukkan rendahnya kepadatan bebatuan di bawah permukaan. Batuan di bawah permukaan cenderung lebih padat karena nilai gravitasi yang lebih tinggi. Selanjutnya, anomali lokal diproses lebih lanjut, dibuat irisan dan terakhir diinterpretasi secara kuantitatif untuk mendapatkan informasi tentang sebaran panas bumi.

4.4 Interpretasi Kuantitatif

Interpretasi kuantitatif dilakukan dengan mengiris anomali lokal dan analisis irisan pola anomali di sepanjang lintasan yang sudah ditentukan. Untuk mendapatkan penampang bawah permukaan dan sebaran reservoir, pada kontur anomali lokal dibuat dua lintasan slice yaitu slice AB dan CD. Hasil penafsiran interpretasi kualitatif dijadikan acuan untuk proses interpretasi kuantitatif sehingga mampu mengidentifikasi tiap bagian pada irisan anomali yang menarik untuk dijelaskan struktur geologi bawah permukannya.

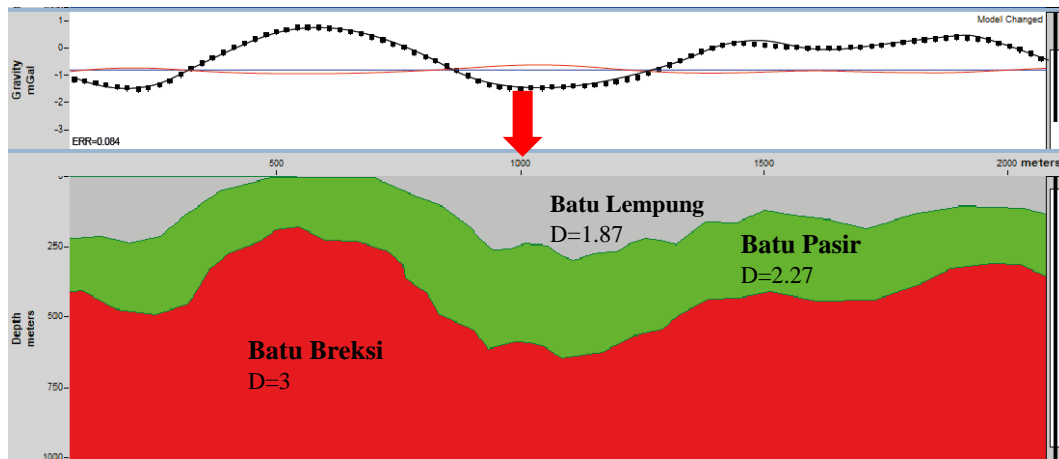


Gambar 4. 6 Lintasan *slice* AB dan CD pada anomali lokal

Gambar di atas merupakan lintasan AB dan CD pada peta kontur anomali lokal. Untuk membuat model bawah permukaan dari penampang anomali lokal digunakan *Software Oasis Montaj*.

4.4.1 Interpretasi Penampang Lintasan AB

Garis AB memotong titik sumber air panas dengan Panjang lintasan 2000 meter dan kedalaman maksimum model struktur bawah permukaan 1000 meter. Lintasan ini membentang dari barat laut ke Tenggara. Model ini menjelaskan keberadaan tiga lapisan penyusun yang berbeda dengan nilai error yang didapat sebanyak 0,084%.



Gambar 4. 7 Model penampang anomali lokal lintasan AB

Keterangan:

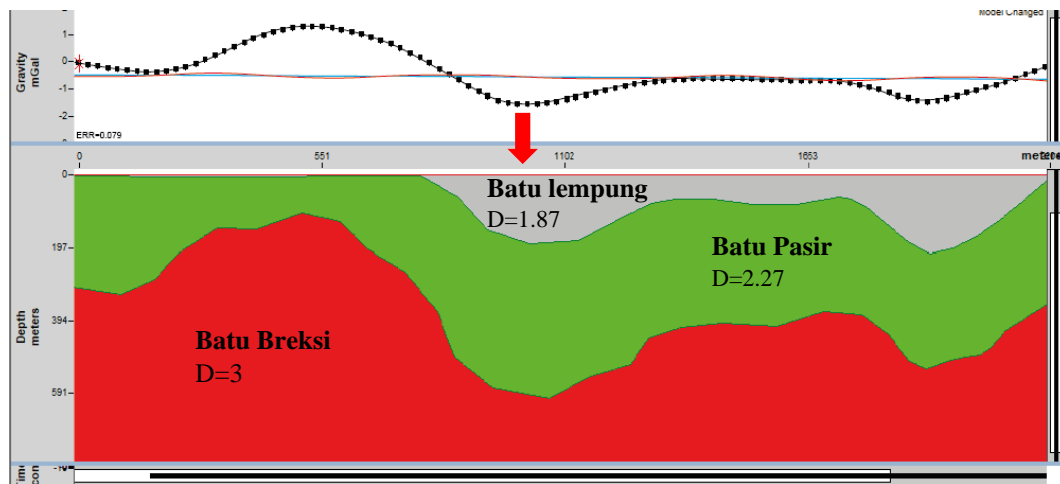
- : Batu Lempung (1,87 gram/cm³)
- : Batu Pasir (2,27 gram/cm³)
- : Perselingan Breksi Gunung Api (3 gram/cm³)
- : Mata Air Panas

Interpretasi litologi batuan pada area penelitian merujuk pada data geologi Lembar Pacitan. Menurut data geologi dipahami bahwa daerah penelitian merupakan struktur Formasi Mandalika dan Formasi Arjosari yang didominasi oleh batuan vulkanik breksi dan lava.

Pada penampang sayatan AB memiliki 3 lapisan. Jenis lapisan pertama ditampilkan dengan warna kelabu yang diinterpretasikan sebagai batuan lanau dengan massa jenis 1.87 gram/cm³. Jenis lapisan kedua ditunjukkan warna hijau dengan densitas 2.27 gram/cm³ dan diinterpretasikan sebagai batu pasir. Keberadaan batu pasir pada lapisan yang kedua diduga sebagai batuan sistem panas bumi. Pada lapisan ketiga ditunjukkan warna merah dengan densitas 3 gram/cm³ dan diinterpretasikan sebagai breksi gunung api.





4.4.2 Interpretasi Penampang Lintasan CD

Model penampang CD pada gambar 4.22 divisualisasikan sampai kedalaman 600 meter dan panjang lintasan 2264 meter yang mengarah dari barat daya ke timur laut. Model ini menjelaskan eksistensi 3 lapisan penyusun yang beragam dengan nilai error yang didapat sebesar 0,079%.



Gambar 4. 8 Model penampang anomali lokal lintasan CD

Keterangan:

-  : Batu Lempung (1,87 gram/cm³)
-  : Batu Pasir (2,27 gram/cm³)
-  : Perselingan Breksi Gunung Api (3 gram/cm³)
-  : Mata Air Panas

Pada penampang sayatan CD diatas, interpretasi struktur batuan daerah tersebut memiliki 3 lapisan. Jenis lapisan pertama ditampilkan dengan warna kelabu yang diinterpretasikan sebagai batuan lanau dengan densitas 1.87 gram/cm³. Jenis lapisan kedua ditampilkan dengan warna hijau dengan massa jenis 2.27 gram/cm³ diinterpretasikan sebagai batu pasir. Keberadaan batu pasir pada lapisan kedua diduga sebagai batuan sistem panas bumi. Pada lapisan ketiga ditunjukkan dengan

warna merah dengan densitas 3 gram/cm³ dan diinterpretasikan sebagai breksi gunung api.

4.4.3 Hasil Interpretasi Penampang Sayatan AB dan CD

Berdasarkan hasil sayatan AB dan CD yang memotong daerah manifestasi Tirta Husada, terdapat 3 lapisan yang sama. Lapisan pertama ditandai dengan warna abu-abu yang diinterpretasikan sebagai batuan lempung dengan massa jenis 1.87 gram/cm³. Lapisan kedua ditandai dengan warna hijau dengan densitas 2.27 gram/cm³ diinterpretasikan sebagai batu pasir. Lapisan ketiga ditandai dengan warna merah dengan massa jenis 3 gram/cm³ yang diinterpretasikan sebagai breksi gunung api.

Pada kedua penampang tersebut, terlihat bahwa lapisan pertama, yang berwarna abu-abu dengan densitas 1.87 gram/cm³, menunjukkan nilai densitas terendah. Batuan dengan densitas rendah ini memiliki porositas tinggi. Hubungan antara porositas dan permeabilitas menunjukkan keterkaitan yang sebanding, dimana permeabilitas cenderung meningkat seiring dengan porositas. Di lapisan kedua, yang diduga sebagai batu pasir menunjukkan porositas yang cukup baik dan umumnya berfungsi sebagai reservoir atau akuifer. Berdasarkan penelitian, reservoir panas bumi terletak pada kedalaman sekitar 350 meter – 500 meter di Formasi Arjosari. Lapisan ketiga menampilkan batu breksi gunung api yang diinterpretasikan sebagai intrusi. Intrusi adalah proses yang diakibatkan aktivitas magma di bawah permukaan lempeng, yang dipicu oleh suhu tinggi dan tekanan dari dalam bumi.

Adanya indikasi sumber geothermal berupa sumber air panas di sekitar Desa Karangrejo, Kecamatan Arjosari, Kabupaten Pacitan, menunjukkan kemungkinan

adanya sistem panas bumi. Aktivitas seperti permeabilitas dan porositas dapat terjadi karena proses alterasi hidrothermal. Adanya rekahan atau penyebaran panas di bawah permukaan memungkinkan fluida panas bumi mengalir ke permukaan, yang dianggap penyebab manifestasi panas bumi di sana. Adanya sesar yang bergerak dari barat laut ke tenggara diidentifikasi sebagai faktor peningkatan panas bumi di wilayah penelitian.

4.5 Kajian Keislaman

Panas bumi (*geothermal*) adalah bentuk energi panas yang berada dalam bebatuan, mineral, gas, uap air, dan air panas yang kesemuanya terdapat dalam sistem panas bumi serta secara genetik saling terkait. Di sisi lain, energi panas bumi merujuk pada energi yang berasal dari panas yang ada di dalam bumi dan umumnya terkait dengan keberadaan gunung berapi.

Dapur magma yang terletak di lapisan bawah permukaan bumi membentuk sumber panas bumi. Melalui proses konduksi-konveksi, pancaran panas oleh dapur magma tersebut mengalir ke bebatuan di sekelilingnya dengan melibatkan air di dalamnya. Suhu air akan meningkat saat air mencapai sumber panas (*heat source*). Pada suhu tinggi, sebagian air akan menguap, sementara sebagian lainnya tetap berwujud cair. Jika suhu terus meningkat, sumber panas bumi akan muncul. Saat tekanan di permukaan lebih rendah dibandingkan tekanan di bawah permukaan maka fluida akan bergerak ke atas. Sebagian dari fluida dapat mencapai permukaan melalui celah-celah yang ada. Keberadaan manifestasi di permukaan dapat menjadi indikator eksistensi panas bumi di lapisan bawah permukaan di sekeliling lokasi tersebut. Dalam Al-Qur'an pada Surat At-Thariq [86]: 11:

Artinya: "Demi langit yang mengandung hujan".

Dalam QS. At-Thariq [86]: 11 memiliki makna pengembalian, artinya diantara sifat menonjol dari langit, mempunyai proses pengembalian atau proses sirkulasi. Sebanyak yang naik dari bumi ke atas, sebanyak itu pula yang akan turun kembali ke bumi. Pengembalian merupakan karakter utama langit yang diberikan Allah swt, Tuhan pencipta alam semesta. Tanpa karakteristik ini, kehidupan di bumi tidak bisa berlanjut. Pengembalian panas ke bumi dan dari bumi ke angkasa melalui awan. Setiap detik sampai dari matahari ke bumi kuantitas besar energi matahari dan atmosfer bekerja sebagai tameng pelindung dari panas matahari saat siang, disamping bekerja sebagai penutup di malam hari untuk menjaga bumi agar tetap hangat (Zaghloul, 2010).

Melalui penelitian ini, diketahui bahwa sebaran panas bumi di wilayah tersebut berhasil diidentifikasi dengan menggunakan metode gravity, dan potensinya dapat bermanfaat bagi masyarakat. Sumber air panas di daerah Karangrejo, Kecamatan Arjosari, Kabupaten Pacitan sebagai manifestasi geothermal dapat digunakan untuk keperluan seperti wisata pemandian air panas, pembangkit listrik tenaga panas bumi, budidaya perikanan, dan sebagainya. Oleh karena itu, dari perspektif al-Qur'an, sebagai hamba-nya, manusia diundang untuk mengoptimalkan pemanfaatan sumber mata air, baik yang berasal dari fenomena vulkanik atau non-vulkanik. Allah berfirman dalam Al-qur'an Surat Al-Mulk [67]: 30:

قُلْ أَرَأَيْتُمْ إِنْ أَصْبَحَ مَاؤُكُمْ غَوْرًا فَمَنْ يَأْتِيكُمْ بِمَاءٍ مَّعِينٍ

Artinya: Katakanlah "Terangkanlah kepadaku jika sumber air kamu menjadi kering; maka siapakah yang akan mendatangkan air yang mengalir bagimu?".

Dalam QS. Al-Mulk [67]: 30 memberikan penjelasan tentang bagaimana gaya berat bumi menghasilkan lapisan atmosfer yang cukup tertahan di permukaannya. Uap air dan gas karbondioksida di atmosfer menjaga suhu tetap. Suhu yang lebih ekstrim akan dirasakan di permukaan bumi jika ukurannya lebih kecil karena lapisan atmosfer akan lebih tipis. Lonjakan suhu akan mencegah air terkumpul di permukaan bumi kecuali di kedua kutubnya. (Lajnah Pentashihan Mushaf Al-Qur'an, 2018)

Pada kenyataannya, medan gravitasi permukaan bumi tidak seragam. Densitas benda, termasuk batuan yang membentuk kerak bumi, sangat dipengaruhi oleh gravitasi, dan medan gravitasi di permukaan bumi diakibatkan oleh densitas batuan, hal ini yang menjadi acuan metode gravitasi di daerah penelitian.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan dapat disimpulkan bahwa:

1. Berdasarkan pada interpretasi kualitatif terhadap kontur anomali lokal didapatkan anomali rendah dengan jangkauan nilai -2,2 mGal sampai -1 mGal, anomali sedang dengan jangkauan nilai -0,8 mGal sampai 0,4 mGal. Sedangkan anomali tinggi dengan jangkauan nilai 0,6 mGal sampai 2,2 mGal.
2. Berdasarkan pada interpretasi kuantitatif pada kontur anomali lokal, sebaran panas bumi diduga berada pada pola anomali rendah dengan jangkauan nilai anomali yaitu -2,2 mGal sampai -1 mGal.

5.2 Saran

Saran untuk penelitian berikutnya agar dilakukan akuisisi data lapangan untuk dibandingkan dengan data satelit GGMPus sehingga pengetahuan yang didapatkan semakin detail dan akurat terkait posisi sumber air panas yang berlokasi di Karangrejo, Arjosari Kabupaten Pacitan.

DAFTAR PUSTAKA

- Agussalim, A. (2019). Aplikasi Metode Gravitasi dengan Kontinuasi ke Atas (Upward Continuation) dalam Menginterpretasi Data Anomali Medan Gravitasi di Daerah Gunung Merapi. *Jurnal Ilmu Fisika: Teori Dan Aplikasinya*, 1(1965) <http://ejournals.umma.ac.id/index.php/jifta/article/view/132%0Ahttp://ejournals.umma.ac.id/index.php/jifta/article/download/132/429>
- Aji, E. P., Wibowo, P., & Windarta, J. (2022). Kinerja Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) dengan Sistem On Grid di BPR BKK Mandiraja Cabang Wanayasa Kabupaten Banjarnegara. *Jurnal Energi Baru Dan Terbarukan*, 3(1), 15–27. <https://doi.org/10.14710/jebt.2022.13158>
- Ariyanto, S. V., Susilo, A., Studi Magister Ilmu Fisika, P., Fisika, J., & Brawijaya, U. (2014). Pendugaan Struktur Kantong Magma Gunungapi Kelud Berdasarkan Data Gravity Menggunakan Metode Ekuivalen Titik Massa. *Natural B*, 2(3), 229–234.
- Bahtiar, E. A., Suprianto, A., & Supriyadi, S. (2021). Identification of The Geothermal Heat at Mount Iyang-Argopuro Based on a Data Image of Landsat 8 Satellite and a Data Gravity of GGMPlus Satellite. *Computational And Experimental Research In Materials And Renewable Energy*, 4(1), 44. <https://doi.org/10.19184/cerimre.v4i1.24966>
- Blakely, R. J. (1996). *Potential Theory in Gravity and Magnetic Applications* (441 p.). Cambridge: Cambridge University Press.
- Daerah, D. I., Arjosari, P., & Timur, J. (1991). *Data anomali hasil digitasi digabungkan dengan data topografi. Data topografi diperoleh dari <http://topex.ucsd.edu> yang telah ter.*
- Dickson, M. H., & Fanelli, M. (2004). *What is geothermal energy? International Geothermal Association (IGA): [htt://iga.igg.cnr.it/geo/geoenergy.php](http://iga.igg.cnr.it/geo/geoenergy.php)*. 1–33.
- El-Naggar, Zaghoul, Selektta dari Tafsir Ayat-Ayat Kosmos dalam AlQur'an Al-Karim, Jilid 3, Jakarta: Shorouk International Bookshop, 2010.
- Eve, A. S. (1928). Applied geophysics [1]. In *Science* (Vol. 67, Issue 1729, pp. 192–193). <https://doi.org/10.1126/science.67.1729.192>
- Geofisika, J. T., Teknik, F., Lampung, U., Prof, J., Brodjonegoro, S., & Lampung, B. (2019). *Data Gaya Berat*. 5(2), 44–54. <https://doi.org/10.23960/jge.v>
- Kurniawan, H. C., Widyasandy, D., Luthfin, A., Nugraha, A. K., & Jatmika, A. B. (n.d.). *Karst : Jurnal Pendidikan Fisika dan Terapannya Volume 5 | Nomor 1 / 21. 5, 21–27.*

- Hirt, C., Claessens, S., Fecher, T., Kuhn, M., Pail, R., & Rexer, M. (2013). New ultra-high resolution picture of Earth's gravity field . *Geophysical Research Letters*, Vol 40, doi: 10.1002/grl.50838.
- H. Samodra, S. Gafoer dan S. Tjokrosoepetro. (1992). Peta Geologi Lembar Pacitan Jawa. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- Lajnah Pentashihan Mushaf Al-Qur'an. (2018). *Penciptaan Bumi*.
- Lestari, T. E., Wibowo, N. B., & Darmawan, D. (2016). Interpretasi Bawah Permukaan Daerah Manifestasi Panas Bumi Desa Karangrejo Kecamatan Arjosari, Pacitan Menggunakan Metode Geomagnet. *Jurnal Fisika*, 5(1), 2–6.
- Liana, Y. R., Wea, T. M. M., Syarifah, W., Supriyadi, S., & Khumaedi, K. (2020). Analisis Anomali Bouguer Data Gaya Berat Studi Kasus di Kota Lama Semarang. *JRST (Jurnal Riset Sains Dan Teknologi)*, 4(2), 63.
- Manyoe, I. N. (2017). Kajian Geologi Daerah Panas Bumi Lombongo Kabupaten Bone Bolango Provinsi Gorontalo. *Jurnal Geomine*, 5(1), 10–18. <https://doi.org/10.33536/jg.v5i1.92>
- Maulana, A. D., & Prasetyo, D. A. (2019). Analisa Matematis Pada Koreksi Bouguer Dan Koreksi Medan Data Gravitasi Satelit Topex Dan Penerapan Dalam Geohazard Studi Kasus Sesar Palu Koro, Sulawesi Tengah. *Jurnal Geosaintek*, 5(3), 91. <https://doi.org/10.12962/j25023659.v5i3.6100>
- Nurrohman, A. S., Wibowo, N. B., & Darmawan, D. (2016). Identifikasi Jalur Sesar Minor Grindulu Berdasarkan Data Anomali Medan Magnet. *Jurnal Fisika*, 5(2), 116–122.
- Purnomo, J., Koesuma, S., & Yuniarto, M. (2016). Pemisahan Anomali Regional-Residual pada Metode Gravitasi Menggunakan Metode Moving Average, Polynomial dan Inversion. *Indonesian Journal of Applied Physics*, 3(01), 10. <https://doi.org/10.13057/ijap.v3i01.1208>
- Putra, N. S., Arman, Y., & Zulfian. (2021). Identifikasi Struktur Bawah Permukaan Daerah Potensi Panas Bumi Pada Lembar Kota Agung Menggunakan Data Global Gravity Model Plus (GGMplus). *Prisma Fisika*, 9(2), 183–189.
- Raehanayati, R., Rachmansyah, A., & Maryanto, S. (2013). Studi Potensi Energi Geothermal Blawan- Ijen, Jawa Timur Berdasarkan Metode Gravity. *Jurnal Neutrino*, 31. <https://doi.org/10.18860/neu.v0i0.2444>
- Rahman, M., Sunaryo, & Susilo, A. (2014). Pendugaan Struktur Bawah Permukaan 2½ Dimensi di Kawasan Gunungapi Kelud Berdasarkan Survei Gravitasi. *Natural B*, 2(3), 221–228.

- Rahmawati, R., Maryanto, S., & Susilo, A. (2017). Identifikasi Sistem Panas Bumi Daerah Cagar, Jawa Timur menggunakan Metode Magnetotelurik. *JPSE (Journal of Physical Science and Engineering)*, 2(2), 72–82. <https://doi.org/10.17977/um024v2i22017p072>
- Reynolds, J. M. 2011. *An Introduction to Applied and Environmental Geophysics*. John Wiley & Sons
- Sarkowi, M., & Wibowo, R. C. (2021). Geothermal Reservoir Identification based on Gravity Data Analysis in Rajabasa Area- Lampung. *RISSET Geologi Dan Pertambangan*, 31(2), 77. <https://doi.org/10.14203/risetgeotam2021.v31.1164>
- Setyanta, B., & Setiadi, I. (2006). Kompleks Batuan Ultramafik Meratus sebagai bagian dari Ofiolit Kerak Samudera Ditinjau dari Aspek Geomagnetik dan Gaya Berat. *Jurnal Geologi Dan Sumberdaya Mineral*, 16(6), 335–348. <https://jgsm.geologi.esdm.go.id/index.php/JGSM/article/view/374/327%0Ah>
<https://jgsm.geologi.esdm.go.id/index.php/JGSM/article/view/374>
- Shihab, M. Quraish. *Tafsir Al-Misbah: Pesan, Kesan dan Keserasian Al-Qur'an*, (Jakarta: Lentera Hati, 2002), Cet. 11, Vol. 15.
- Sumotarto, U., Hendrasto, F., Meirawati, M., & Azzam, I. (2020). Geology of Arjosari geothermal area, Pacitan, East Java. *AIP Conference Proceedings*, 2245(July). <https://doi.org/10.1063/5.0007201>
- Ulfa, A. M. (2021). *Energi Panas Bumi Indonesia Memiliki Potensi Besar*. June, 0–9. <https://katadata.co.id/anhar/infografik/6128cdce7ca64/energi-panas-bumi-indonesia-memiliki-potensi-besar>

LAMPIRAN

1. TAMPILAN PENGAMBILAN DATA GGMPPLUS

Buka website <https://bgi.obs-mip.fr/data-products/grids-and-models/modele-global-ggmpplus2013/>, kemudian pilih GGMPplus data access.

The screenshot shows the BGI website page for GGMPplus data access. The page includes a navigation menu with links for ABOUT US, DATA & PRODUCTS, ACTIVITIES & PROJECTS, PUBLICATIONS, and CATALOGUE. The main content area is divided into sections: Reference paper, GGMPplus data access, and GGMPplus data coverage. The GGMPplus data access section contains a link to the download page: <http://ddfe.curtin.edu.au/gravitymodels/GGMplus/>. The GGMPplus data coverage section states that GGMPplus gravity data is available over land and near-coastal areas with near-global coverage, within 60 degree North and South latitude. A small map titled "GGMPplus data availability" is shown at the bottom of the page.

Setelah mengklik akan muncul tampilan seperti ini, kemudian pilih folder data.

The screenshot shows the Index of [/gravitymodels/GGMplus/](http://ddfe.curtin.edu.au/gravitymodels/GGMplus/) directory. The directory listing includes the following files and folders:

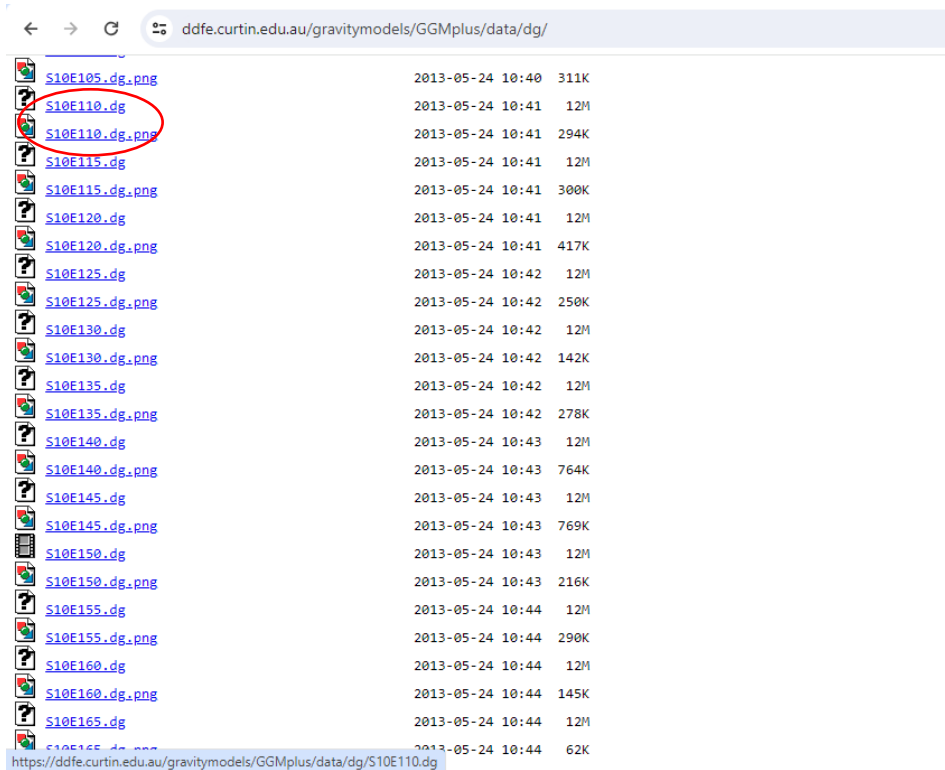
Name	Last modified	Size	Description
Parent Directory		-	
data/	2015-04-01 11:53	-	
gallery/	2013-05-31 10:47	-	
pdf_journal_papers/	2015-03-26 14:05	-	
software/	2015-03-26 14:01	-	
video/	2013-05-31 10:58	-	
GGMplus_readme.dat	2013-09-13 17:39	6.6K	
GGMplus_tilelist_public.dat	2013-05-24 15:45	72K	
hirt2013_ultrahighres_gravity.pdf	2013-09-13 17:30	676K	

Folder data akan memunculkan tampilan dibawah ini, yang nantinya digunakan untuk pengambilan data gravity disturbance dan geoid.

The screenshot shows the Index of [/gravitymodels/GGMplus/data/](http://ddfe.curtin.edu.au/gravitymodels/GGMplus/data/) directory. The directory listing includes the following files and folders:

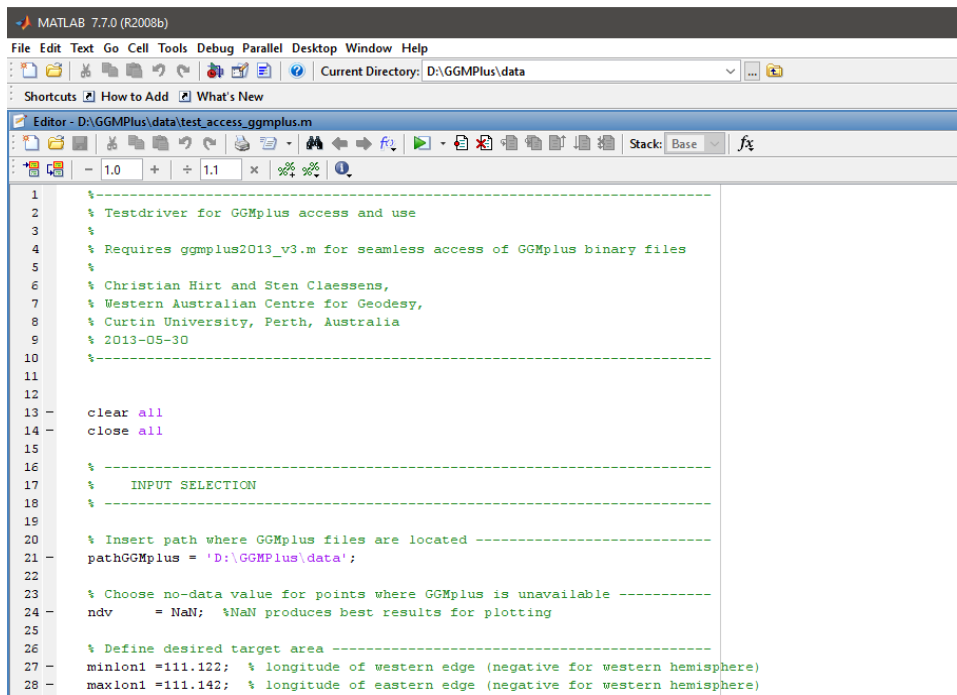
Name	Last modified	Size	Description
Parent Directory		-	
dg/	2013-05-31 11:01	-	
eta/	2013-05-31 10:52	-	
ga/	2013-05-31 10:42	-	
geoid/	2013-05-31 10:25	-	
xi/	2013-05-31 10:09	-	
dg.zip	2015-03-25 16:35	3.9G	
ga.zip	2015-04-01 12:40	5.5G	

Dibawah ini berupa data yang akan kita download, pilih sesuai wilayah penelitian dan batas penelitian. Pacitan berada pada S10E110 (dimana S adalah lintang min 10, sedangkan E110 adalah longitude 110)



File Name	Date	Time	Size
S10E105.dg.png	2013-05-24	10:40	311K
S10E110.dg	2013-05-24	10:41	12M
S10E110.dg.png	2013-05-24	10:41	294K
S10E115.dg	2013-05-24	10:41	12M
S10E115.dg.png	2013-05-24	10:41	300K
S10E120.dg	2013-05-24	10:41	12M
S10E120.dg.png	2013-05-24	10:41	417K
S10E125.dg	2013-05-24	10:42	12M
S10E125.dg.png	2013-05-24	10:42	250K
S10E130.dg	2013-05-24	10:42	12M
S10E130.dg.png	2013-05-24	10:42	142K
S10E135.dg	2013-05-24	10:42	12M
S10E135.dg.png	2013-05-24	10:42	278K
S10E140.dg	2013-05-24	10:43	12M
S10E140.dg.png	2013-05-24	10:43	764K
S10E145.dg	2013-05-24	10:43	12M
S10E145.dg.png	2013-05-24	10:43	769K
S10E150.dg	2013-05-24	10:43	12M
S10E150.dg.png	2013-05-24	10:43	216K
S10E155.dg	2013-05-24	10:44	12M
S10E155.dg.png	2013-05-24	10:44	290K
S10E160.dg	2013-05-24	10:44	12M
S10E160.dg.png	2013-05-24	10:44	145K
S10E165.dg	2013-05-24	10:44	12M
S10E165.dg.png	2013-05-24	10:44	62K

Mendownload data geoid caranya sama seperti diatas tetapi pilih folder **geoid**. Untuk mengekstrak data dg dan geoid melalui software **Matlab**, dengan memasukkan script yang disediakan oleh GGMplus.

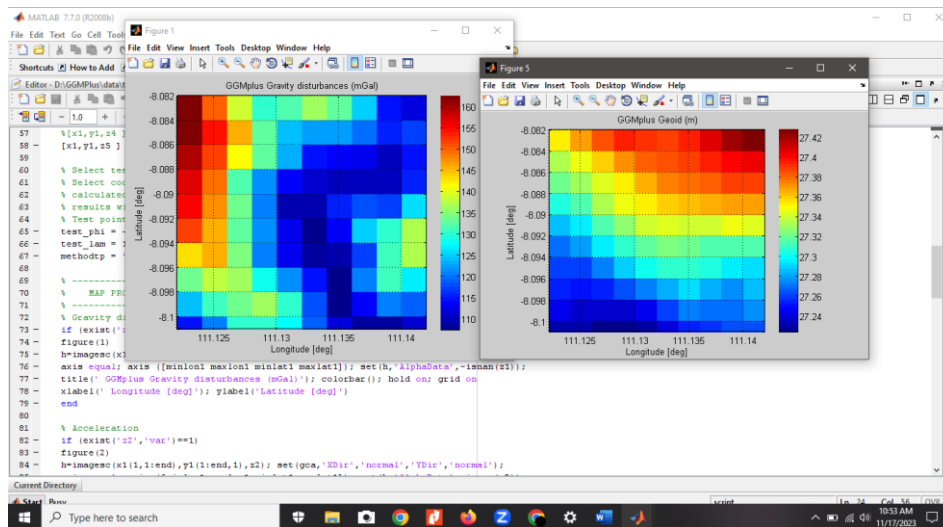


```

1 %-----
2 % Testdriver for GGMplus access and use
3 %
4 % Requires ggmplus2013_v3.m for seamless access of GGMplus binary files
5 %
6 % Christian Hirt and Sten Claessens,
7 % Western Australian Centre for Geodesy,
8 % Curtin University, Perth, Australia
9 % 2013-05-30
10 %-----
11
12
13 clear all
14 close all
15
16 %-----
17 % INPUT SELECTION
18 %-----
19
20 % Insert path where GGMplus files are located -----
21 pathGGMplus = 'D:\GGMplus\data';
22
23 % Choose no-data value for points where GGMplus is unavailable -----
24 ndv = NaN; %NaN produces best results for plotting
25
26 % Define desired target area -----
27 minlon1 =111.122; % longitude of western edge (negative for western hemisphere)
28 maxlon1 =111.142; % longitude of eastern edge (negative for western hemisphere)

```

Berikut ini tampilan setelah di RUN.



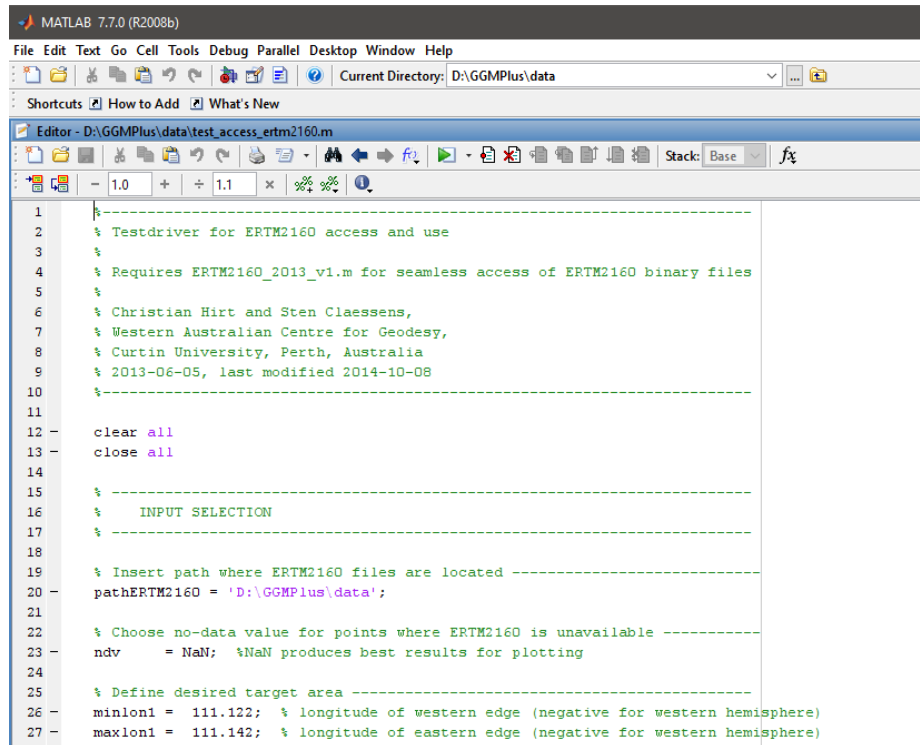
Sementara untuk pengambilan data DEM, melalui *Parent Directory* pilih ERTM2160

← → ↻ 🔍 ddfc.curtin.edu.au/gravitymodels/

Index of /gravitymodels

Name	Last modified	Size	Description
Parent Directory		-	
2017Archive_GFM_Moon/	2017-08-07 14:10	-	
Antarctica/	2015-09-15 12:15	-	
Earth2012/	2015-04-24 17:57	-	
Earth2014/	2018-03-16 15:54	-	
ERTM2160/	2015-03-27 14:04	-	
EurAlpGM2011/	2015-03-26 13:57	-	
GGMplus/	2015-03-26 14:05	-	
LGM2011/	2015-03-26 12:32	-	
MGH2011/	2015-03-27 11:43	-	
SRTM2gravity2018/	2019-04-26 12:03	-	
Alternative_websites.txt	2023-03-28 16:21	187	

Script untuk output data dg dan geoid sama yaitu (test_access_ggmplus), sedangkan untuk output data dem berbeda yaitu (test_access_ertm2160)

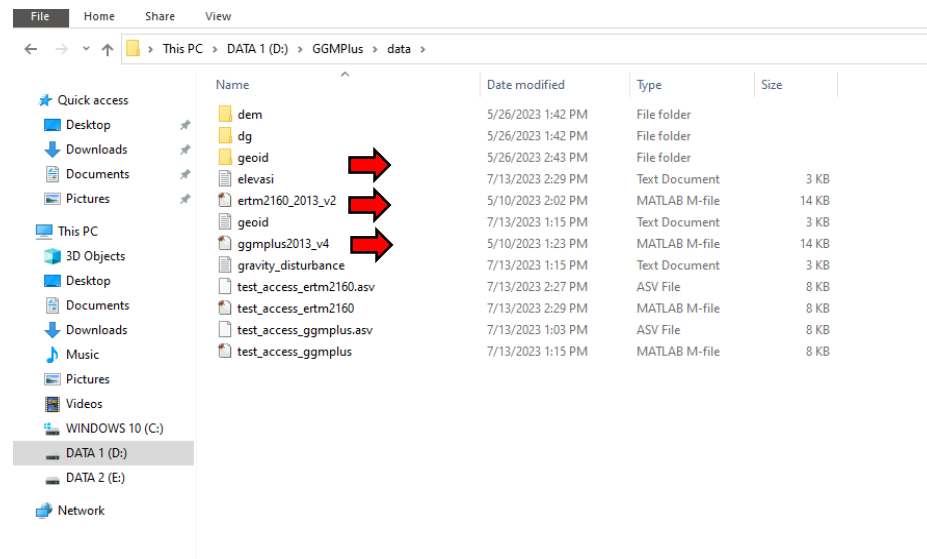


```

1  %-----
2  % Testdriver for ERTM2160 access and use
3  %
4  % Requires ERTM2160_2013_v1.m for seamless access of ERTM2160 binary files
5  %
6  % Christian Hirt and Sten Claessens,
7  % Western Australian Centre for Geodesy,
8  % Curtin University, Perth, Australia
9  % 2013-06-05, last modified 2014-10-08
10 %-----
11
12 clear all
13 close all
14
15 %-----
16 % INPUT SELECTION
17 %-----
18
19 % Insert path where ERTM2160 files are located -----
20 pathERTM2160 = 'D:\GGMPlus\data';
21
22 % Choose no-data value for points where ERTM2160 is unavailable -----
23 ndv = NaN; %NaN produces best results for plotting
24
25 % Define desired target area -----
26 minlon1 = 111.122; % longitude of western edge (negative for western hemisphere)
27 maxlon1 = 111.142; % longitude of eastern edge (negative for western hemisphere)

```

Data yang telah di ekstrak otomatis masuk pada lokasi output (missal Data1 (D:))



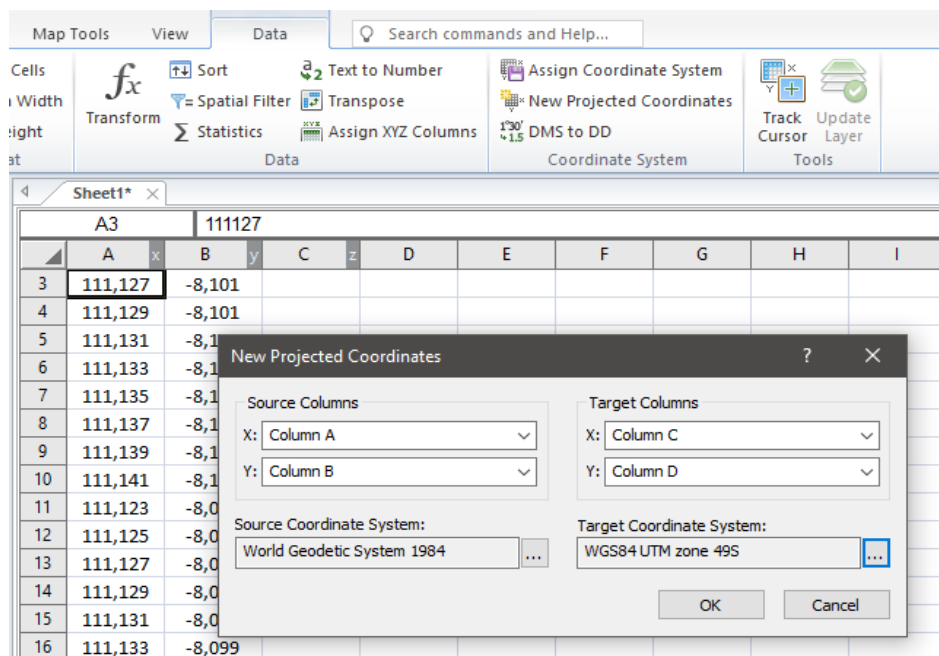
2. Data gravitasi

Data gravitasi yang diperoleh sebanyak 100 titik yang tersebar di wisata sumber air panas Tirta Husada di Desa Karangrejo, Arjosari, Kabupaten Pacitan disajikan pada tabel berikut:

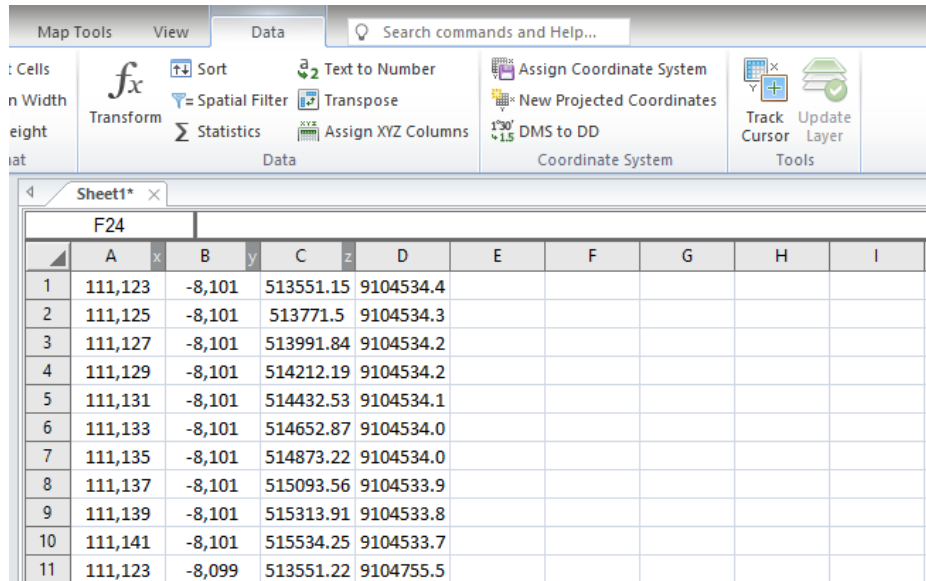
TITIK	LONGITUDE	LATITUDE
1	111.123	-8.101
2	111.125	-8.101
3	111.127	-8.101
4	111.129	-8.101
5	111.131	-8.101
6	111.133	-8.101
7	111.135	-8.101
8	111.137	-8.101
9	111.139	-8.101
10	111.141	-8.101

Tabel Data GGMPlus

Selanjutnya, memanfaatkan Surfer 13 untuk konversi koordinat dari format DD (derajat desimal) ke sistem koordinat UTM. Pengaturan dilakukan dengan menetapkan Sistem Koordinat Sumber (source Coordinate System) menggunakan World Geodetic System 1985, sementara Sistem Koordinat Tujuan (target Coordinate System) diatur sebagai WGS84 UTM Zone 49S.



Tabel Source Coordinate System



	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	111,123	-8,101	513551.15	9104534.4					
2	111,125	-8,101	513771.5	9104534.3					
3	111,127	-8,101	513991.84	9104534.2					
4	111,129	-8,101	514212.19	9104534.2					
5	111,131	-8,101	514432.53	9104534.1					
6	111,133	-8,101	514652.87	9104534.0					
7	111,135	-8,101	514873.22	9104534.0					
8	111,137	-8,101	515093.56	9104533.9					
9	111,139	-8,101	515313.91	9104533.8					
10	111,141	-8,101	515534.25	9104533.7					
11	111,123	-8,099	513551.22	9104755.5					

Tabel Koordinat DD dan Koordinat UTM

2. Proses Koreksi Metode Gravity

1. Koreksi Bouguer

Perhitungan koreksi bouguer dilakukan menggunakan data GGMplus berupa nilai gravity disturbance (free air). Penghitungan Koreksi Bouguer dilakukan dengan menggunakan persamaan di bawah ini:

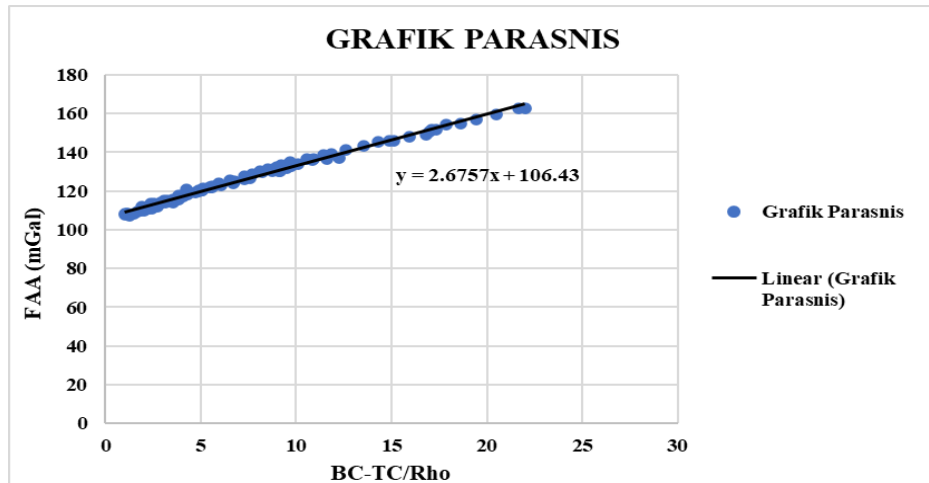
$$BC = 0,04193 \rho h$$

Metode Paranis digunakan untuk menghitung kepadatan rata-rata batuan. Langkah awal yakni dengan membuat tabel yang mencangkup nilai elevasi, nilai FAA (free air anomaly), dan nilai TC sementara. Pada kolom BC-TC/Rho memasukan nilai Rho standar sebesar 2,67 gr/ cm³

Elevasi(m)	TC	0.04193	BC-TC/Rho
98	2.2826	2.67	3.254234
132	1.2679		5.059891
203	1.0354		8.124000
211	1.6110		8.243859
189	1.6764		7.296905
115	1.5030		4.259029
56	1.1763		1.907518

Tabel Parasnis

Cara mengplot kedalam grafik yaitu dengan memasukan variabel X Y, dengan variabel X adalah nilai dari $(BC - TC/Rho)$ dan variabel Y adalah nilai anomali dari udara bebas (free air anomaly). Grafik yang telah muncul menghasilkan nilai $(y = ax + b)$, yang mana a merupakan nilai massa jenis sebesar 2,278.



Grafik Parasnis

UTM X	UTM Y	FAA (mGal)	ELEVASI (m)	$BC=0,04193ph$
513551.15	9104534.37	114.4	98	10.9714
513771.5	9104534.3	120.9	132	14.7778
513991.84	9104534.23	130.1	203	22.7265
514212.19	9104534.16	129.9	211	23.6221
514432.53	9104534.09	127.7	189	21.1591
514652.87	9104534.02	119.1	115	12.8746
514873.22	9104533.95	112.1	56	6.2694
515093.56	9104533.87	108.5	28	3.1347
515313.91	9104533.8	108.4	35	3.9184
515534.25	9104533.72	111.6	61	6.8291

Nilai Koreksi Bouguer

2. Anomali Bouguer Sederhana

Setelah penghitungan nilai koreksi Bouguer, maka nilai ABS (Anomali Bouguer Sederhana) diperoleh dengan persamaan:

$$ABS = FAA - BC$$

FAA (mGal)	ELEVASI (m)	BC=0,04193 ρh	TC	ABS=FAA-BC	ABL=ABS+TC
114.4	98	10.9714	2.2826	103.4286	105.7112
120.9	132	14.7778	1.2679	106.1222	107.3901
130.1	203	22.7265	1.0354	107.3735	108.4089
129.9	211	23.6221	1.6110	106.2779	107.8889
127.7	189	21.1591	1.6764	106.5409	108.2173
119.1	115	12.8746	1.5030	106.2254	107.7284
112.1	56	6.2694	1.1763	105.8306	107.0069
108.5	28	3.1347	0.3185	105.3653	105.6838
108.4	35	3.9184	0.8911	104.4816	105.3727
111.6	61	6.8291	1.2533	104.7709	106.0242
124.2	164	18.3603	2.4173	105.8397	108.2570

Nilai Anomali Bouguer Sederhana

3. Koreksi Terrain

Penggunaan software oasis montaj dan software global mapper dilakukan untuk perhitungan koreksi terrain yakni dengan menginput data koordinat dari titik ukur, nilai elevasi dan peta DEM.

- a. Langkah awal, menyusun referensi sesuai arah atau batas (barat, utara, selatan, timur) sebagaimana yang ditunjukkan tabel dibawah ini.
- b. Menetapkan batas regional maupun lokal dengan cara menambahkan 170 untuk batas lokal (utara dan timur) dan menguranginya sebesar 170 untuk batas lokal (selatan dan barat). Penambahan 390 untuk arah (utara dan timur), dan mengurangi 390 untuk arah (selatan dan barat) untuk batas regional.

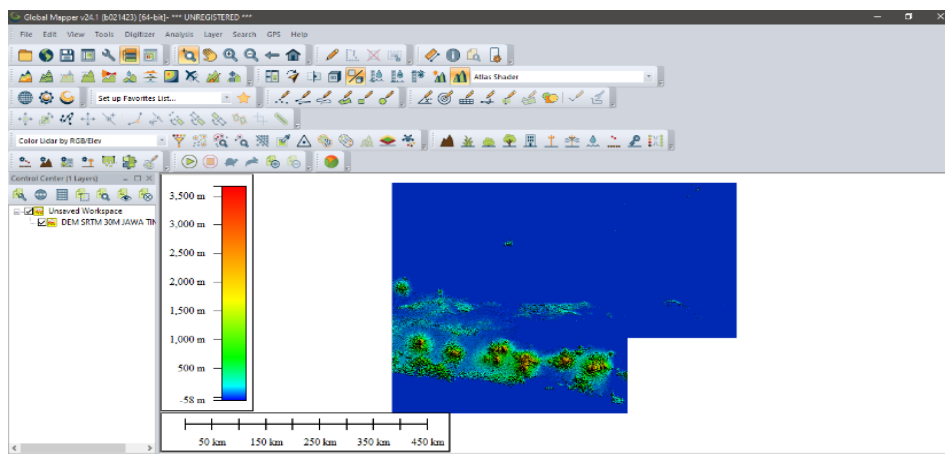
LONGITUDE	LATITUDE	UTM X	UTM Y	ELEVASI (m)
111.123	-8.101	513551.15	9104534.37	98
111.125	-8.101	513771.5	9104534.3	132
111.127	-8.101	513991.84	9104534.23	203
111.129	-8.101	514212.19	9104534.16	211
111.131	-8.101	514432.53	9104534.09	189
111.133	-8.101	514652.87	9104534.02	115
111.135	-8.101	514873.22	9104533.95	56
111.137	-8.101	515093.56	9104533.87	28
111.139	-8.101	515313.91	9104533.8	35
111.141	-8.101	515534.25	9104533.72	61
111.123	-8.099	513551.22	9104755.47	164

Data yang akan di input

	LONGITUDE		LATITUDE	
	X Max (Timur)	X Min (Barat)	Y Max (Utara)	Y Min (Selatan)
	515534.94	513551.15	9106524.31	9104533.72
LOKAL	515704.94	513381.15	9106694.31	9104363.72
REGIONAL	515924.94	513161.15	9106914.31	9104143.72

Referensi Arah Lokal dan Regional

- c. Data sebelumnya dibuat plot dengan software global mapper. Setelah membuka Global Mapper, data Model Elevasi Digital (DEM) diimpor dalam bentuk SRTM yang telah diatur dengan area penelitian.



Peta DEM

Kemudian, data batas regional maupun lokal dimasukkan serta disimpan dalam file grid Geosoft.

- d. Proses selanjutnya ialah menginput data ke dalam perangkat lunak Oasis Montaj menggunakan Microsoft Excel, yang akan dimanfaatkan untuk melakukan proses koreksi medan. Data harus berisi informasi tentang stasiun, timur, utara, lintang, bujur, dan ketinggian.

4. Anomali Bouguer Lengkap

Sesudah melakukan koreksi, maka digunakan persamaan berikut untuk mendapatkan nilai anomali Bouguer lengkap:

$$ABL = ABS + TC$$

BC=0,04193 ph	TC	ABS=FAA-BC	ABL=ABS+TC
10.9714	2.2826	103.4286	105.7112
14.7778	1.2679	106.1222	107.3901
22.7265	1.0354	107.3735	108.4089
23.6221	1.6110	106.2779	107.8889
21.1591	1.6764	106.5409	108.2173
12.8746	1.5030	106.2254	107.7284
6.2694	1.1763	105.8306	107.0069
3.1347	0.3185	105.3653	105.6838
3.9184	0.8911	104.4816	105.3727
6.8291	1.2533	104.7709	106.0242

Anomali Bouguer Lengkap

Selanjutnya menggunakan perangkat lunak *Surfer 13* untuk menghasilkan peta kontur dengan memasukkan data pada koordinat UTM serta nilai anomali bouguer lengkap (ABL). Lalu *plotting* data menggunakan *surfer 13*. Anomali Bouguer Lengkap mencakup total nilai anomali di wilayah penelitian, yang terpengaruh oleh keragaman massa jenis dari batuan di bawah permukaan.

DATA SKRIPSI

TITIK	LONGITUDE	LATITUDE	UTM X	UTM Y	FAA (mGal)	ELEVASI (m)	BC=0,04193 ph	TC	ABS=FAA-BC	ABL=ABS+TC
1	111.123	-8.101	513551.15	9104534.37	114.4	98	10.9714	2.2826	103.4286	105.7112
2	111.125	-8.101	513771.5	9104534.3	120.9	132	14.7778	1.2679	106.1222	107.3901
3	111.127	-8.101	513991.84	9104534.23	130.1	203	22.7265	1.0354	107.3735	108.4089
4	111.129	-8.101	514212.19	9104534.16	129.9	211	23.6221	1.6110	106.2779	107.8889
5	111.131	-8.101	514432.53	9104534.09	127.7	189	21.1591	1.6764	106.5409	108.2173
6	111.133	-8.101	514652.87	9104534.02	119.1	115	12.8746	1.5030	106.2254	107.7284
7	111.135	-8.101	514873.22	9104533.95	112.1	56	6.2694	1.1763	105.8306	107.0069
8	111.137	-8.101	515093.56	9104533.87	108.5	28	3.1347	0.3185	105.3653	105.6838
9	111.139	-8.101	515313.91	9104533.8	108.4	35	3.9184	0.8911	104.4816	105.3727
10	111.141	-8.101	515534.25	9104533.72	111.6	61	6.8291	1.2533	104.7709	106.0242
11	111.123	-8.099	513551.22	9104755.47	124.2	164	18.3603	2.4173	105.8397	108.2570
12	111.125	-8.099	513771.57	9104755.4	131.3	217	24.2938	1.5942	107.0062	108.6004
13	111.127	-8.099	513991.91	9104755.33	134	247	27.6524	0.7487	106.3476	107.0963
14	111.129	-8.099	514212.26	9104755.27	136	272	30.4512	1.4396	105.5488	106.9884
15	111.131	-8.099	514432.6	9104755.19	130.5	226	25.3014	1.9716	105.1986	107.1702
16	111.133	-8.099	514652.95	9104755.12	117.8	114	12.7627	1.8678	105.0373	106.9051
17	111.135	-8.099	514873.29	9104755.05	107.8	33	3.6945	0.9161	104.1055	105.0216
18	111.137	-8.099	515093.64	9104754.98	113.8	76	8.5084	2.1141	105.2916	107.4057
19	111.139	-8.099	515313.98	9104754.9	120.5	141	15.7854	2.2448	104.7146	106.9594
20	111.141	-8.099	515534.33	9104754.83	119.1	126	14.1061	1.5194	104.9939	106.5133
21	111.123	-8.097	513551.29	9104976.57	133.5	245	27.4285	2.0706	106.0715	108.1421
22	111.125	-8.097	513771.63	9104976.51	138.5	290	32.4664	1.9579	106.0336	107.9915

23	111.127	-8.097	513991.98	9104976.44	136.7	271	30.3393	1.2378	106.3607	107.5985
24	111.129	-8.097	514212.33	9104976.37	128.7	207	23.1743	2.5592	105.5257	108.0849
25	111.131	-8.097	514432.67	9104976.3	121.5	139	15.5615	1.7960	105.9385	107.7345
26	111.133	-8.097	514653.02	9104976.23	115.1	88	9.8519	1.5880	105.2481	106.8361
27	111.135	-8.097	514873.37	9104976.16	107.4	39	4.3662	0.9198	103.0338	103.9536
28	111.137	-8.097	515093.71	9104976.08	120.8	141	15.7854	4.3603	105.0146	109.3749
29	111.139	-8.097	515314.06	9104976.01	131	240	26.8687	2.8693	104.1313	107.0006
30	111.141	-8.097	515534.41	9104975.93	126.9	196	21.9428	1.6348	104.9572	106.5920
31	111.123	-8.095	513551.35	9105197.68	143.4	344	38.5119	2.3128	104.8881	107.2009
32	111.125	-8.095	513771.7	9105197.61	146.2	378	42.3183	2.6180	103.8817	106.4997
33	111.127	-8.095	513992.05	9105197.54	134.9	271	30.3393	4.4069	104.5607	108.9676
34	111.129	-8.095	514212.4	9105197.47	120.4	142	15.8973	2.2811	104.5027	106.7838
35	111.131	-8.095	514432.74	9105197.4	113.4	77	8.6204	1.8340	104.7796	106.6136
36	111.133	-8.095	514653.09	9105197.33	108.5	39	4.3662	1.2549	104.1338	105.3887
37	111.135	-8.095	514873.44	9105197.26	109.3	48	5.3737	0.9033	103.9263	104.8296
38	111.137	-8.095	515093.79	9105197.19	117.2	118	13.2105	2.2703	103.9895	106.2598
39	111.139	-8.095	515314.13	9105197.11	131.3	237	26.5329	2.9521	104.7671	107.7192
40	111.141	-8.095	515534.48	9105197.04	137.3	302	33.8098	1.0447	103.4902	104.5349
41	111.123	-8.093	513551.42	9105418.78	152	426	47.6920	2.0435	104.3080	106.3515
42	111.125	-8.093	513771.77	9105418.72	145.9	376	42.0944	1.6602	103.8056	105.4658
43	111.127	-8.093	513992.12	9105418.65	132.9	254	28.4361	3.6336	104.4639	108.0975
44	111.129	-8.093	514212.47	9105418.58	121.9	151	16.9049	2.0042	104.9951	106.9993
45	111.131	-8.093	514432.82	9105418.51	113.1	75	8.3965	1.0248	104.7035	105.7283
46	111.133	-8.093	514653.16	9105418.44	108.2	39	4.3662	0.3617	103.8338	104.1955
47	111.135	-8.093	514873.51	9105418.36	114.3	84	9.4041	1.6246	104.8959	106.5205

48	111.137	-8.093	515093.86	9105418.29	125	177	19.8157	1.8241	105.1843	107.0084
49	111.139	-8.093	515314.21	9105418.22	130.2	229	25.6373	1.2939	104.5627	105.8566
50	111.141	-8.093	515534.56	9105418.14	136.8	291	32.5784	1.5622	104.2216	105.7838
51	111.123	-8.091	513551.49	9105639.89	155.1	453	50.7148	0.9127	104.3852	105.2979
52	111.125	-8.091	513771.84	9105639.82	147.9	406	45.4530	2.9705	102.4470	105.4175
53	111.127	-8.091	513992.19	9105639.75	133.4	261	29.2198	4.6239	104.1802	108.8041
54	111.129	-8.091	514212.54	9105639.68	120.6	143	16.0093	2.9184	104.5907	107.5091
55	111.131	-8.091	514432.89	9105639.61	109.9	59	6.6052	1.1116	103.2948	104.4064
56	111.133	-8.091	514653.24	9105639.54	109.9	48	5.3737	0.4104	104.5263	104.9367
57	111.135	-8.091	514873.59	9105639.47	115.4	86	9.6280	0.9943	105.7720	106.7663
58	111.137	-8.091	515093.94	9105639.4	118.3	116	12.9866	1.5308	105.3134	106.8442
59	111.139	-8.091	515314.29	9105639.32	117.6	123	13.7702	2.6609	103.8298	106.4907
60	111.141	-8.091	515534.64	9105639.25	125.9	192	21.4950	2.0627	104.4050	106.4677
61	111.123	-8.089	513551.55	9105860.99	156.9	469	52.5060	0.6139	104.3940	105.0079
62	111.125	-8.089	513771.91	9105860.93	149.2	418	46.7964	1.8347	102.4036	104.2383
63	111.127	-8.089	513992.26	9105860.86	131.7	256	28.6600	4.1240	103.0400	107.1640
64	111.129	-8.089	514212.61	9105860.79	121.7	158	17.6886	3.0724	104.0114	107.0838
65	111.131	-8.089	514432.96	9105860.72	114.2	94	10.5236	1.0769	103.6764	104.7533
66	111.133	-8.089	514653.31	9105860.65	111	59	6.6052	0.5598	104.3948	104.9546
67	111.135	-8.089	514873.66	9105860.57	110.8	53	5.9335	0.3991	104.8665	105.2656
68	111.137	-8.089	515094.01	9105860.5	110.4	56	6.2694	0.6676	104.1306	104.7982
69	111.139	-8.089	515314.36	9105860.43	110.8	64	7.1650	1.3291	103.6350	104.9641
70	111.141	-8.089	515534.71	9105860.35	115.8	110	12.3148	1.9958	103.4852	105.4810
71	111.123	-8.087	513551.62	9106082.1	159.7	495	55.4168	0.7025	104.2832	104.9857
72	111.125	-8.087	513771.97	9106082.03	151.8	432	48.3637	2.0849	103.4363	105.5212

73	111.127	-8.087	513992.32	9106081.96	141.2	334	37.3923	3.7200	103.8077	107.5277
74	111.129	-8.087	514212.68	9106081.89	132.6	245	27.4285	3.3906	105.1715	108.5621
75	111.131	-8.087	514433.03	9106081.82	123.1	158	17.6886	1.5115	105.4114	106.9229
76	111.133	-8.087	514653.38	9106081.75	114.8	90	10.0758	0.9285	104.7242	105.6527
77	111.135	-8.087	514873.73	9106081.68	113.9	79	8.8443	0.5110	105.0557	105.5667
78	111.137	-8.087	515094.08	9106081.61	113	71	7.9487	0.5302	105.0513	105.5815
79	111.139	-8.087	515314.44	9106081.53	110.8	61	6.8291	0.3446	103.9709	104.3155
80	111.141	-8.087	515534.79	9106081.45	114.4	94	10.5236	1.0490	103.8764	104.9254
81	111.123	-8.085	513551.69	9106303.2	162.7	537	60.1188	2.3150	102.5812	104.8962
82	111.125	-8.085	513772.04	9106303.14	154.2	450	50.3789	2.7154	103.8211	106.5365
83	111.127	-8.085	513992.39	9106303.07	145.5	359	40.1912	1.9338	105.3088	107.2426
84	111.129	-8.085	514212.75	9106303	133	246	27.5405	1.5754	105.4595	107.0349
85	111.131	-8.085	514433.1	9106302.93	124.1	170	19.0320	1.1830	105.0680	106.2510
86	111.133	-8.085	514653.45	9106302.86	122.5	156	17.4647	2.4563	105.0353	107.4916
87	111.135	-8.085	514873.81	9106302.78	122.1	148	16.5691	1.9555	105.5309	107.4864
88	111.137	-8.085	515094.16	9106302.71	119.7	124	13.8822	0.7588	105.8178	106.5766
89	111.139	-8.085	515314.51	9106302.64	115.5	92	10.2997	0.8189	105.2003	106.0192
90	111.141	-8.085	515534.87	9106302.56	117.6	106	11.8670	1.5506	105.7330	107.2836
91	111.123	-8.083	513551.75	9106524.31	162.7	541	60.5666	1.8603	102.1334	103.9937
92	111.125	-8.083	513772.11	9106524.24	150.5	423	47.3562	2.0619	103.1438	105.2057
93	111.127	-8.083	513992.46	9106524.17	139.1	308	34.4816	2.8115	104.6184	107.4299
94	111.129	-8.083	514212.82	9106524.1	130.2	235	26.3090	1.8721	103.8910	105.7631
95	111.131	-8.083	514433.17	9106524.03	132.1	240	26.8687	1.4889	105.2313	106.7202
96	111.133	-8.083	514653.53	9106523.96	136.7	277	31.0110	2.8800	105.6890	108.5690
97	111.135	-8.083	514873.88	9106523.89	133.1	245	27.4285	1.6161	105.6715	107.2876

98	111.137	-8.083	515094.23	9106523.81	125.4	172	19.2559	1.8719	106.1441	108.0160
99	111.139	-8.083	515314.59	9106523.74	114.8	89	9.9638	1.1421	104.8362	105.9783
100	111.141	-8.083	515534.94	9106523.66	112.1	74	8.2845	1.0215	103.8155	104.8370



KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG
Jalan Gajayana Nomor 50, Telepon (0341)551354, Fax. (0341) 572533
Website: <http://www.uin-malang.ac.id> Email: info@uin-malang.ac.id

JURNAL BIMBINGAN SKRIPSI/TESIS/DISERTASI

IDENTITAS MAHASISWA

NIM : 19640008
Nama : LAILATUL FATIMAH
Fakultas : SAINS DAN TEKNOLOGI
Jurusan : FISIKA
Dosen Pembimbing 1 : AHMAD LUTHFIN, M.Si
Dosen Pembimbing 2 : Dr. UMAIYATUS SYARIFAH, MA
Judul Skripsi/Tesis/Disertasi : Identifikasi Sebaran Panas Bumi Menggunakan Metode Gravity (Studi Kasus: Sumber Air Panas Ds. Karangrejo Kec. Arjosari Kab. Pacitan)

IDENTITAS BIMBINGAN

No	Tanggal Bimbingan	Nama Pembimbing	Deskripsi Proses Bimbingan	Tahun Akademik	Status
1	03 November 2022	AHMAD LUTHFIN, M.Si	Konsultasi Pengajuan Judul	Ganjil 2022/2023	Sudah Dikoreksi
2	06 Februari 2023	AHMAD LUTHFIN, M.Si	Konsultasi Bab I, II, dan III	Genap 2022/2023	Sudah Dikoreksi
3	20 Februari 2023	AHMAD LUTHFIN, M.Si	Konsultasi Bab I, II, dan III ACC	Genap 2022/2023	Sudah Dikoreksi
4	12 Agustus 2023	AHMAD LUTHFIN, M.Si	Konsultasi Data Skripsi	Ganjil 2023/2024	Sudah Dikoreksi
5	29 September 2023	AHMAD LUTHFIN, M.Si	Konsultasi Bab IV	Ganjil 2023/2024	Sudah Dikoreksi
6	02 Oktober 2023	Dr. UMAIYATUS SYARIFAH, MA	Konsultasi Integrasi Bab I, II, dan IV	Ganjil 2023/2024	Sudah Dikoreksi
7	07 November 2023	AHMAD LUTHFIN, M.Si	Konsultasi Bab IV dan ACC	Ganjil 2023/2024	Sudah Dikoreksi
8	09 November 2023	Dr. UMAIYATUS SYARIFAH, MA	Konsultasi Integrasi Bab I, II, IV, dan ACC	Ganjil 2023/2024	Sudah Dikoreksi
9	21 Desember 2023	AHMAD LUTHFIN, M.Si	Revisi Sidang Skripsi	Ganjil 2023/2024	Sudah Dikoreksi
10	21 Desember 2023	Dr. UMAIYATUS SYARIFAH, MA	Revisi Sidang Skripsi	Ganjil 2023/2024	Sudah Dikoreksi

Telah disetujui
Untuk mengajukan ujian Skripsi/Tesis/Desertasi

Dosen Pembimbing 2

Dr. UMAIYATUS SYARIFAH, MA

Malang, _____

Dosen Pembimbing 1

AHMAD LUTHFIN, M.Si



Kajur / Kaprodi,

DESYAM TAZI, M.Si