

**IDENTIFIKASI SEBARAN LAPISAN PASIR VULKANIK
MENGUNAKAN METODE GRAVITASI
(Studi Kasus Petungwulung, Singosari,
Malang, Jawa Timur)**

SKRIPSI

Oleh:

MUH.AKBAR MUZAKKI

NIM. 14640038



**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2020**

**IDENTIFIKASI SEBARAN LAPISAN PASIR VULKANIK
MENGUNAKAN METODE GRAVITASI
(Studi Kasus Petungwulung, Singosari,
Malang, Jawa Timur)**

SKRIPSI

Diajukan kepada:

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

Oleh:

**MUH.AKBAR MUZAKKI
NIM. 14640038**

**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2020**

HALAMAN PERSETUJUAN

**IDENTIFIKASI SEBARAN LAPISAN PASIR VULKANIK
MENGUNAKAN METODE GRAVITASI
(Studi Kasus Petungwulung, Singosari,
Malang, Jawa Timur)**

SKRIPSI

Oleh:

Muh.Akbar Muzakki
NIM. 14640038

Telah Diperiksa dan Disetujui
Pada tanggal 10 Desember 2020

Menyetujui,

Dosen Pembimbing I



Irjan, M.Si

NIP. 19691231 200604 1 003

Dosen Pembimbing II



Ahmad Abtokhi, M. Pd

NIP. 1976100 200312 1 004

Mengesahkan,
Ketua Jurusan Fisika



Drs. Abdul Basid, M.Si.

NIP. 19650504 199003 1 003





HALAMAN PENGESAHAN

IDENTIFIKASI SEBARAN LAPISAN PASIR VULKANIK MENGUNAKAN METODE GRAVITASI (Studi Kasus Petungwulung, Singosari, Malang, Jawa Timur)

SKRIPSI

Oleh:
Muh.Akbar Muzakki
NIM. 14640038

Telah diperiksa dan disahkan
Pada tanggal 23 Desember 2020

Penguji Utama	<u>Drs. Abdul Basid, M.Si.</u> NIP. 19650504 199003 1 003	
Ketua Penguji	<u>Rusli, M.Si</u> NIDT. 19880715 20180201 1245	
Sekretaris Penguji	<u>Irjan, M.Si.</u> NIP. 19691231 200604 1 003	
Anggota Penguji	<u>Ahmad Abtokhi, M.Pd</u> NIP. 19761003 200312 1 004	



Mengesahkan,
Ketua Jurusan Fisika

Drs. Abdul Basid, M.Si.
NIP. 19650504 199003 1 003

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muh.Akbar Muzakki
NIM : 14640038
Jurusan : Fisika
Fakultas : Sains dan Teknologi
Judul Penelitian : Identifikasi Sebaran Lapisan Pasir Vulkanik Dengan Metode Gravitasi (Studi Kasus Petungwulung,Singosari, Malang, Jawa Timur).

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa hasil penelitian saya ini tidak terdapat unsur-unsur penjiplakan karya penelitian atau karya ilmiah yang pernah dilakukan atau dibuat oleh 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 mempertanggung jawabkan, serta diproses sesuai peraturan yang berlaku.

Malang, Desember 2020
Yang Membuat Pernyataan,



METERAL TEMPEL
DA841AFF213920514
6000
ENAM RIBURUPIAH

Muh.Akbar Muzakki
NIM. 14640038

MOTTO

لَوْلَا الْعِلْمُ لَكَانَ النَّاسُ كَالْبَهَائِمِ

“Jika Tak Ada Ilmu Maka Manusia Seperti Binatang”



HALAMAN PERSEMBAHAN

Saya Persembahkan Tulisan ini untuk :

- Yang Pertama untuk Kedua Orang Tua, Bapak Abdul Malik dan Ibu Suhartina.
- Kedua untuk Kakak beserta Adikku, Muh. Taufiqul Fajri, Annisa Arifatur Rohmah, Muh. Nizar Fauzan Hanif.
- Ketiga saya persembahkan untuk calon Istri dan Anak saya kelak.
- Keempat untuk Dosen Pembimbing saya, Bapak Irjan M.Si yang saya hormati beserta seluruh Dosen yang telah membimbing dan mendampingi saya dalam menuntut ilmu di UIN Maulana Malik Ibrahim Malang.
- Kelima untuk Sahabat-sahabati PMII “Pencerahan” Galileo Komisariat Sunan Ampel Malang.
- Keenam untuk mahasiswa Fisika UIN Malang umumnya dan mahasiswa bidang minat Geofisika terkhususnya.
- Yang terakhir untuk masyarakat yang memerlukan tulisan ini untuk rujukan agar apa yang saya kerjakan juga lebih luas kebermanfaatannya.

KATA PENGANTAR



Assalamualaikum Wr. Wb

Alhamdulillah puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat, taufiq dan hidayah-Nya. Sholawat dan salam semoga selalu tercurahkan kepada junjungan kita Baginda Rasulallah, Nabi besar Muhammad SAW serta para keluarga, sahabat, dan pengikut-pengikutnya. Atas ridho dan kehendak Allah SWT, Penulis Dapat Menyelesaikan Skripsi Yang Berjudul **Identifikasi Sebaran Lapisan Pasir Vulkanik Menggunakan Metode Gravitasi (Studi Kasus Petungwulung, Singosari, Malang, Jawa Timur)** sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains (S.Si) di jurusan Fisika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

Selanjutnya penulis haturkan ucapan terima kasih seiring do'a dan harapan *jazakumullah ahsanal jaza'* kepada semua pihak yang telah membantu terselesaikannya skripsi ini. Ucapan terima kasih ini penulis sampaikan kepada:

1. Prof. Dr. H. Abdul Haris, M.Ag selaku Rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang yang telah banyak memberikan pengetahuan dan pengalaman yang berharga.
2. Dr. Sri Harini, M.Si selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Drs. Abdul Basid, M.Si selaku Ketua Jurusan yang telah banyak meluangkan waktu, nasehat dan Inspirasinya sehingga dapat melancarkan dalam proses penulisan Skripsi.
4. Irjan, M.Si selaku Dosen Pembimbing I Skripsi yang telah banyak meluangkan waktu dan pikirannya dan memberikan bimbingan, bantuan serta pengarahan kepada penulis sehingga skripsi ini dapat terselesaikan.
5. Segenap Dosen, Laboran dan Admin Jurusan Fisika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang yang telah bersedia mengamalkan ilmunya, membimbing dan memberikan pengarahan serta membantu selama proses perkuliahan.

6. Kedua orang tua Bapak Abdul Malik dan Ibu Suhartina dan semua keluarga yang telah memberikan dukungan, restu, serta selalu mendoakan disetiap langkah penulis.
7. Teman-teman dan para sahabat Fisika 2014, terimakasih atas kebersamaan dan persahabatan serta pengalaman selama ini.
8. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu, yang telah banyak membantu dalam penyelesaian skripsi ini.

Semoga skripsi ini bisa memberikan manfaat, tambahan ilmu dan dapat menjadikan inspirasi kepada para pembaca *Amin Ya Rabbal Alamin*.

Wassalamu'alaikumWr. Wb.

Malang, Desember 2020

Penulis



DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGAJUAN	ii
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
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
ABSTRAK	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Tujuan.....	4
1.4 Manfaat.....	5
1.5 Batasan Masalah	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Pasir Vulkanik	6
2.2 Geologi Daerah Penelitian.....	8
2.3 Konsep Metode Gravitasi	10
2.3.1 Metode Gravitasi.....	10
2.3.2 Gravimeter LaCoste Lomborg	10
2.4 Teori Dasar Gravitasi.....	13
2.4.1 Teori Gravitasi Newton.....	13
2.4.2 Potensial Gravitasi	14
2.4.3 Rapat Massa Batuan.....	15
2.5 Koreksi Awal	16
2.5.1 Koreksi Gravitasi Normal.....	16
2.5.2 Konversi Skala Pembacaan.....	17
2.5.3 Koreksi Apungan (<i>Drift Correction</i>)	17
2.5.4 Koreksi Pasang Surut (<i>Tidal Correction</i>)	18
2.5.5 Koreksi Medan (<i>Terrain Correction</i>)	19
2.5.6 Koreksi Udara Bebas (<i>Free Air Correction</i>)	20
2.5.7 Koreksi Bouguer	22
2.6 Koreksi Lanjutan	23
2.6.1. Reduksi Bidang Datar	23
2.6.2 Kontinuasi ke Atas (<i>Upward Continuation</i>)	24
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	26
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian.....	26
3.2 Data Penelitian.....	26
3.3 Peralatan Penelitian	27
3.4 Akuisisi Data	27

3.5	Koreksi Metode <i>Gravity</i>	28
3.6	Interpretasi	34
3.7	Diagram Alir	35
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		36
4.1	Deskripsi Batuan Daerah Singosari	36
4.2	Akuisisi Data	37
4.3	Pengolahan Data	37
4.4	Anomali Bouguer Lengkap.....	39
4.5	Reduksi Bidang Datar	39
4.6	Interpretasi Kualitatif	41
4.7	Interpretasi Kuantitatif	45
4.7.1	Lintasan Slice AB	46
4.7.2	Lintasan Slice CD	47
4.7.3	Lintasan Slice EF	49
4.7.4	Lintasan Slice GH	50
4.8	Model Penampang 3 Dimensi	51
4.9	Pembahasan	52
4.10	Integrasi dan Hikmah Penelitian Dalam Al-Qur'an	54
BAB V PENUTUP		57
5.1	Kesimpulan	57
5.2	Saran	58
DAFTAR PUSTAKA		
LAMPIRAN		

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Mineral Pasir Vulkanik.....	6
Gambar 2.2	Geologi Lembar Malang.....	9
Gambar 2.3	Desain Gambar Gravimeter LaCoste & Romberg	11
Gambar 2.4	Gerak Zero Length Spring pada Gravimeter	12
Gambar 2.5	a) Gaya Gravitasi Newton, b) Massa Benda m , Percepatan Gravitasi Akibat Massa Bumi M Menentukan Gaya Gravitasi F , c) Percepatan Gravitasi a Hanya Bergantung pada Massa Benda yang Tarik Menarik Pada Jarak r	14
Gambar 2.6	Model Hammer Chart untuk Koreksi Medan.....	19
Gambar 2.7	Massa di Atas Ellipsoid (kiri) dan Massa di Bawah Ellipsoid yang Mengangkat Geoid diatas Ellipsoid, N Adalah Undulasi Geoid (kanan)	21
Gambar 2.8	Pendekatan Bouguer untuk Massa di Atas Permukaan Laut.....	23
Gambar 2.9	Sumber Ekuivalen Titik Massa	24
Gambar 3.1	Desain Akuisisi Data	26
Gambar 3.2	Diagram Alir.....	35
Gambar 4.1	Kontur Topografi dan Titik Pengambilan Data Daerah Penelitian	38
Gambar 4.2	Kontur Anomali Bouguer Lengkap	39
Gambar 4.3	Kontur Anomali Hasil Reduksi Bidang Datar.....	41
Gambar 4.4	Kontur Anomali Regional Hasil Kontinuasi ke Atas	43
Gambar 4.5	Kontur Anomali Lokal Hasil Kontinuasi ke Atas	44
Gambar 4.6	Profil <i>Slice</i> AB,CD,EF Dan GH pada Kontur Anomali Lokal....	45
Gambar 4.7	Model Penampang Anomali Lokal Lintasan AB	46
Gambar 4.8	Model Penampang Anomali Lokal Lintasan CD	48
Gambar 4.9	Model Penampang Anomali Lokal Lintasan EF	49
Gambar 4.10	Model Penampang Anomali Lokal Lintasan GH	50
Gambar 4.11	Model Penampang 3 Dimensi AB, CD, EF, GH.....	51

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Densitas Batuan	16
Tabel 2.2 Koreksi Medan	20
Tabel 3.1 Kutipan Contoh Tabel Konversi <i>Gravimeter</i> Tipe G-1053	29
Tabel 4.1 Hasil Model Lintasan AB	47
Tabel 4.2 Hasil Model Lintasan CD	48
Tabel 4.3 Hasil Model Lintasan EF	49
Tabel 4.4 Hasil Model Lintasan GH	51



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Data Hasil Pengolahan
Lampiran 2 Dokumentasi



ABSTRAK

Muzakki, Muh. Akbar. 2020. Identifikasi Sebaran Lapisan Pasir Vulkanik Menggunakan Metode Gravitasi (Studi kasus Petungwulung, Singosari, Malang, Jawa Timur). Skripsi. Jurusan Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
Pembimbing : (1) Irjan, M.Si (2) Ahmad Abtokhi, M.Pd.

Katakunci : Metode Gravitasi, Pasir Vulkanik, Anomali Lokal, Densitas Batuan.

Penelitian geofisika menggunakan metode Gravitasi telah dilakukan di Petungwulung, Singosari, Malang, Jawa Timur. Lokasi penelitian berada pada area sekitar singkapan tambang pasir vulkanik. Penelitian kali ini bertujuan untuk mengetahui potensi sebaran pasir vulkanik di daerah penelitian dengan memperhatikan informasi geologi daerah penelitian. Akuisisi data dilakukan dengan menggunakan alat Gravimeter La-Coste Romberg tipe G-1053. Pengambilan data dilakukan secara *looping* dan diperoleh 52 titik pengukuran dengan jarak spasi tiap titik pengukuran sebesar 80 meter. Interpretasi kualitatif dilakukan melalui tahapan koreksi standar metode gravitasi serta koreksi lanjutan berupa reduksi bidang datar dan kontinuitas ke Atas untuk pemisahan anomali lokal dan anomali regional. Interpretasi Kuantitatif dilakukan untuk menduga geologi bawah permukaan. Berdasarkan analisis hasil kualitatif pada kontur anomali lokal diperoleh pola anomali rendah (-1,8 mGal sampai -0,6 mGal), sedang (-0,6 mGal sampai 0,6 mGal), tinggi (0,6 mGal sampai 1,8 mGal) . Interpretasi kuantitatif model penampang 2D dengan *software Oasis Montaj* menghasilkan 4 *body* batuan. *Body* pertama dengan densitas $1,8 \text{ gr/cm}^3$ diinterpretasikan sebagai tanah. *Body* kedua dengan densitas 2 gr/cm^3 diinterpretasikan sebagai pasir vulkanik. *Body* ketiga dengan densitas $2,6 \text{ gr/cm}^3$ diinterpretasikan sebagai batuan andesit. *Body* keempat dengan densitas 3 gr/cm^3 diinterpretasikan sebagai batuan basalt

ABSTRACT

Muzakki, Muh. Akbar. 2020. Identification of the Distribution of the Volcanic Sand Layer Using the Gravity Method (Case study of Petungwulung, Singosari, Malang, East Java). Essay. Department of Physics, Faculty of Science and Technology, Maulana Malik Ibrahim State Islamic University of Malang.
Advisors: (1) Irjan, M.Si (2) Ahmad Abtokhi, M.Pd.

Keywords: Gravity Method, Volcanic Sand, Local Anomalies, Rock Density.

Geophysical research using the gravity method has been carried out in Petungwulung, Singosari, Malang, East Java. The research location is in the area around the volcanic sand mining outcrop. This research aims to determine the potential distribution of volcanic sand in the study area by paying attention to the geological information of the research area. Data acquisition was performed using the Gravimeter La-Coste Romberg type G-1053. Data were collected in a loop and obtained 52 measurement points with a spacing of 80 meters for each measurement point. Qualitative interpretation is carried out through the standard correction stage with the gravity method and further corrections in the form of flat plane reduction and upward continuation for the separation of local anomalies and regional anomalies. Quantitative Interpretation is carried out to predict subsurface geology. Based on the qualitative analysis of the local anomaly contours, the anomaly pattern is low (-1.8 mGal to -0.6 mGal), medium (-0.6 mGal to 0.6 mGal), high (0.6 mGal to 1.8 mGal). mGal). The quantitative interpretation of the 2D cross-sectional model using the Oasis Montaj software produces 4 rock bodies. The first body with a density of 1.8 gr / cm^3 is interpreted as soil. The second body with a density of 2 gr / cm^3 is interpreted as volcanic sand. The third body with a density of 2.6 gr / cm^3 is interpreted as andesite rock. The fourth body with a density of 3 gr / cm^3 is interpreted as basalt rock.

نبذة مختصرة

موزكي ، موه. أكبر. ٢٠٢٠. تحديد توزيع طبقة الرمل البركاني باستخدام طريقة الجاذبية (دراسة حالة Petungwulung، Malang، Singosari، جاوة الشرقية). مقال. قسم الفيزياء ، كلية العلوم والتكنولوجيا ، مولانا مالك إبراهيم الدولة الإسلامية جامعة مالانج.
المستشارون: (١) عرجان ، مُجَّد (٢) أحمد أبطوخي ، M.Pd.

الكلمات المفتاحية: الطرق المغناطيسية ، الرمال البركانية ، الشذوذ المحلي ، كثافة الصخور

Malang و Singosari و East Java و Petungwulung تم إجراء البحوث الجيوفيزيائية باستخدام طريقة الجاذبية في يقع موقع البحث في منطقة حول تنوع تعدين الرمال البركانية. يهدف هذا البحث إلى تحديد التوزيع المحتمل للرمل البركاني في منطقة Gravimeter الدراسة من خلال الاهتمام بالمعلومات الجيولوجية لمنطقة البحث. تم إجراء الحصول على البيانات باستخدام تم جمع البيانات بطريقة الحلقات والحصول على ٥٢ نقطة قياس بمسافة ٨٠. La-Coste Romberg type G-1053. مترًا لكل نقطة قياس. يتم تنفيذ التفسير النوعي من خلال مرحلة التصحيح القياسي باستخدام طريقة الجاذبية والمزيد من التصحيحات في شكل تقليل المستوى المسطح والاستمرار في الصعود لفصل الانحرافات المحلية والإقليمية. يتم إجراء التفسير الكمي للنتائج الجيولوجية تحت السطحية. بناءً على التحليل النوعي لخطوط الشذوذ المحلية ، يكون نمط الشذوذ منخفضًا (-١.٨ مللي جال إلى ٠.٦ مللي جالون) ، متوسط (-٠.٦ مللي جالون إلى ٠.٦ مللي جالون) ، مرتفع (٠.٦ مللي جالون إلى ١.٨ مللي جالون) أجماع 4 Oasis Montaj جالون م جال). ينتج عن التفسير الكمي لنموذج المقطع العرضي ثنائي الأبعاد باستخدام برنامج صخرية. يتم تفسير الجسم الأول بكثافة ١.٨ جم / سم³ على أنه تربة. يتم تفسير الجسم الثاني بكثافة ٢ جم / سم³ على أنه رمل بركاني. يتم تفسير الجسم الثالث بكثافة ٢.٦ جم / سم³ على أنه صخور أنديسايت. يتم تفسير الجسم الرابع بكثافة ٣ جم / سم³ على أنه صخور بازلتية

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Indonesia adalah Negara kesatuan yang berbentuk Republik dan merupakan Negara kepulauan yang memiliki wilayah yang sangat luas serta sumber daya alam yang melimpah. Letak Indonesia secara geografis berada di wilayah Asia Tenggara, melintang di garis katulistiwa antara benua Asia dan benua Australia, yang berada diantara samudera Pasifik dan samudera Hindia. Secara geologis kondisi Indonesia berada pada pertemuan tiga lempeng, yaitu lempeng Indo-Eurasia, Indo-Australia, Eurasia dan lempeng Pasifik. Hal tersebut mengakibatkan tatanan tektonik di Indonesia menjadi sangat kompleks dan menjadikan Indonesia suatu Negara dengan potensi sumber daya alam yang kaya akan tambang mineral galian.

Kabupaten Malang merupakan salah satu kota besar yang sedang melakukan proses pembangunan di berbagai sektor seperti pariwisata, industri, dan gedung-gedung bertingkat sebagai sarana pendidikan, pemerintahan maupun pusat perbelanjaan. Disisi lain, Kabupaten Malang juga memiliki sumber daya alam yang melimpah dan potensi tambang yang begitu besar, salah satunya tambang mineral galian berupa pasir (*sand*) yang terletak di Petungwulung, Singosari, Malang, Jawa Timur. Berdasarkan geologi daerah penelitian memiliki formasi Qvaw (*Quarter Volcanics Arjuno-Welirang*) yang terdiri dari breksi gunungapi, lava, breksi tufan dan tuf. Sebagian besar Kecamatan Singosari terbentuk dari batuan vulkanik (lava, andesit, basal, batu apung, obsidian dan tuf), sehingga memungkinkan terdapat banyak potensi bahan mineral galian berupa batu dan

pasir vulkanik hasil erupsi Gunung Arjuno-Welirang yang terendapkan. Hal tersebut diindikasikan dengan keberadaan singkapan pasir vulkanik (tambang pasir) yang terdapat disekitar wilayah penelitian. Kondisi alam di daerah tersebut belum pernah dilakukan penelitian untuk mengidentifikasi sebaran pasir vulkanik. Oleh karena itu, diperlukan penelitian lebih lanjut guna mengetahui sebaran pasir vulkanik di daerah tersebut.

Pasir vulkanik merupakan bahan mineral piroklastik berukuran kecil (butiran dan debu) yang berasal dari kerak bumi yang disebarkan oleh gunung berapi saat terjadi letusan. Pasir vulkanik hasil erupsi gunung berapi terbawa oleh hembusan angin dan menyebar mengikuti arah angin, sehingga berjatuh pada wilayah tertentu dengan jarak ratusan kilometer sampai ribuan kilometer dari kawah. Kemudian pasir vulkanik tersebut mengalami proses pengendapan selama kurun waktu geologi, sehingga menjadi lapisan sedimen berupa lapisan pasir (*sand*).

Pada umumnya, pasir merupakan material alam yang banyak dan mudah didapatkan dipermukaan bumi. Namun tidak menutup kemungkinan pasir juga bisa terdapat dibawah permukaan bumi, karena mengalami pengendapan dan tertutup oleh lapisan sedimen yang berada diatasnya. Pasir memiliki beberapa jenis dan warna yang beragam seperti hitam, abu-abu, merah, coklat dan putih tergantung pada asal pembentukannya.

Melihat fenomena tersebut, menjadi salah satu bukti yang bisa diyakini sebagai kebesaran Allah SWT dan perlu diadakan kajian lebih lanjut yang bertujuan untuk mempelajari dan mengeksplorasi kekayaan alam berupa batuan

mineral tersebut. Sebagaimana firman Allah SWT di dalam Al-Qur'an surat Al-A'raaf ayat (7): 10.

وَلَقَدْ مَكَّنَّاكُمْ فِي الْأَرْضِ وَجَعَلْنَا لَكُمْ فِيهَا مَعَايِشَ ۗ قَلِيلًا مَّا تَشْكُرُونَ

Artinya : “Dan sungguh, Kami telah menempatkan kamu di bumi dan di sana Kami sediakan (sumber) penghidupan untukmu. (Tetapi) sedikit sekali kamu bersyukur.(7):(10).

Ayat di atas memberikan penjelasan bahwasannya Allah menciptakan gunung gunung, sungai dan tempat tinggal. Salah satu mineral yang sangat bernilai ekonomis adalah mineral pasir vulkanik yang dikeluarkan selama aktivitas vulkanisme gunung api. Selain itu dijelaskan juga tentang sungai sungai, telah diketahui bahwa mineral terbentuk dari endapan yang terdapat di sungai-sungai atau rawa-rawa. Dari semua sumber daya alam yang diciptakan Allah patutlah kita bersyukur dengan mengolah sumber daya alam tersebut untuk kemaslahatan umat manusia. Oleh karena itu, patutlah manusia bersyukur atas rezeki yang dilimpahkan Tuhan kepadanya.

Metode geofisika yang dapat digunakan untuk eksplorasi mineral pasir vulkanik adalah metode Gravitasi. Metode Gravitasi adalah metode eksplorasi bawah permukaan yang mencari perbedaan kecil atau anomali medan gayaberat yang diakibatkan variasi densitas (rapat masa) lateral. Variasi yang terukur tergantung pada hukum gayaberat Newton, yang memperhitungkan perbedaan massa dan jarak antara sumber dan titik observasi (Aufia, 2017). Teori yang mendukung Ilmu gravitasi terapan adalah hukum Newton (1687) yang menyatakan bahwa gaya tarik menarik antara dua partikel bergantung dari jarak dan massa masing-masing partikel tersebut. Newton juga mendefinisikan

hubungan antara gaya dan percepatan. Hukum II Newton tentang gerak menyatakan gaya sebanding dengan perkalian massa benda dengan percepatan yang dialami benda tersebut (Ariyanto dkk, 2014).

Daerah penelitian terdapat singkapan pasir vulkanik sebagai sumber informasi. Pasir vulkanik memiliki unsur besi, mineral besi tentu memiliki nilai densitas yang berbeda dengan daerah di sekitar maupun lapisan di atasnya. Sehingga dengan menggunakan Metode Gravitasi diharapkan mampu membaca nilai densitas dari pasir vulkanik. Kelebihan dari Metode Gravitasi adalah dapat memberikan informasi yang secara detail tentang struktur geologi dan kontras densitas batuan, serta metode ini juga tidak mencemari lingkungan dikarenakan metode ini memanfaatkan variasi densitas terdistribusi dalam lapisan tanah yang ditangkap oleh gravimeter. Pada tahun 2014 Sari melakukan penelitian dengan menggunakan metode gravitasi di daerah Dlingo, Bantul, Yogyakarta. Dari penelitian tersebut didapatkan hasil berupa pemodelan bawah permukaan yang memperlihatkan terdapatnya dua tubuh batuan yaitu batupasir dan batugamping dengan densitas $1,9\text{g/cm}^3$ dan $2,385\text{ g/cm}^3$. Di daerah tersebut terdapat patahan berupa sesar pada koordinat disekitar $X= 530800$ dan $Y= 9104200$.

1.2. Rumusan Masalah:

1. Bagaimana sebaran lapisan pasir vulkanik di bawah permukaan pada area penelitian.
2. Bagaimana struktur geologi di bawah permukaan pada area penelitian berdasarkan metode Gravitasi.

1.3. Tujuan:

1. Untuk mengetahui sebaran lapisan pasir vulkanik di bawah permukaan pada area penelitian.
2. Untuk mengetahui struktur geologi di bawah permukaan pada area penelitian berdasarkan pengukuran data Gravitasi.

1.4. Manfaat:

1. Bagi Mahasiswa
 - a. Meningkatkan pengetahuan tentang teknik dan aplikasi metode Gravitasi.
 - b. Meningkatkan pengetahuan tentang geologi daerah penelitian dan sebaran pasir vulkanik di lokasi penelitian.
 - c. Sebagai referensi untuk penelitian selanjutnya terkait dengan informasi potensi sebaran pasir vulkanik di wilayah penelitian.
2. Bagi Masyarakat dan Pemerintah
 - a. Hasil penelitian ini dapat memberikan informasi kepada masyarakat setempat atau pemangku kepentingan (*Stakeholder*), mengenai potensi sebaran pasir vulkanik di bawah permukaan pada lokasi penelitian.
 - b. Menjadi masukan untuk mengoptimalkan perolehan sumber daya alam berupa pasir vulkanik yang ada di lokasi penelitian.

1.5. Batasan Masalah:

1. Penelitian ini dilakukan di Dusun Petungwulung, Desa Toyomarto, Kecamatan Singosari, Malang yang terletak disekitar singkapan tambang mineral pasir, yakni pada koordinat $7^{\circ}50.020''$ LS - $112^{\circ}39.064''$ BT dengan luasan wilayah 3 Km^2 .
2. Penelitian ini menggunakan metode Gravitasi dengan alat Gravimeter *LaCoste Romberg*.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pasir Vulkanik

Pasir vulkanik terdiri dari batuan berukuran besar sampai berukuran kecil halus. Saat erupsi gunung berapi umumnya memuntahkan berbagai macam material batuan yang disebarkan dan dijatuhkan dari dalam gunung tersebut, salah satunya adalah pasir atau abu vulkanik. Material besar yang dimuntahkan biasanya hanya berjarak sekitar 4 - 7 kilometer dari kawah gunung, akan tetapi untuk material berukuran kecil halus dapat jatuh hingga jarak puluhan bahkan ratusan kilometer dari kawah gunung dengan bantuan hembusan angin.



Gambar 2.1 Mineral Pasir Vulkanik

Material- material yang dimuntahkan selama aktivitas gunung berapi dapat berupa gas, cairan, ataupun padatan. Gas- gas yang dimuntahkan berupa senyawa O_2 , N_2 , C_2 , CO , SO_2 , H_2S , NH_3 , H_2SO_4 , dan lain-lainnya. Material cair yang dimuntahkan berupa magma panas yang dikeluarkan melalui pipa gunung yang

disebut lava. Material padatan yang dimutahkan berupa batuan besar, kerikil, pasir, lapili, abu serta debu halus hasil aktivitas vulkanisme. Material pasir vulkanik memiliki sifat fisik dan sifat mekanik yang termasuk dalam kelompok *bulk* material dan karakteristik *bulk* seperti ukuran bongkahan, berat spesifik, kelembaban, mobilitas partikel, sudut tumpukan, dan abrasivitas.

Unsur Silika kandungannya sangat banyak terdapat pada muntahan aktivitas vulkanisme gunung berapi. Silika merupakan senyawa kimia (SiO_2) yang diperoleh dari silika mineral, nabati, dan sintesis kristal. Silika dimanfaatkan sebagai bahan penyerap (*absorber*) yang didasarkan dengan adanya pori dan keberadaan situs aktif gugus silanol dan siloksan yang terdapat pada permukaannya.

Pasir vulkanik adalah jenis pasir tambang yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku utama untuk kegiatan pembangunan, proyek, serta campuran material lain. Aktivitas pertambangan biasanya dilakukan di daerah sekitar gunung maupun aliran sungai, hal ini dikarenakan proses pengendapan material pasir vulkanik terbawa selama proses transportasi oleh aliran sungai maupun hembusan angin yang terbawa menyebar di beberapa daerah.

Lapisan didalam bumi memiliki struktur pelapisan yang berbeda-beda serta dengan ketebalan yang berbeda-beda pula. Allah SWT berfirman dalam Al-Qur'an Surat At-Thalaq ayat 12 yang berbunyi :

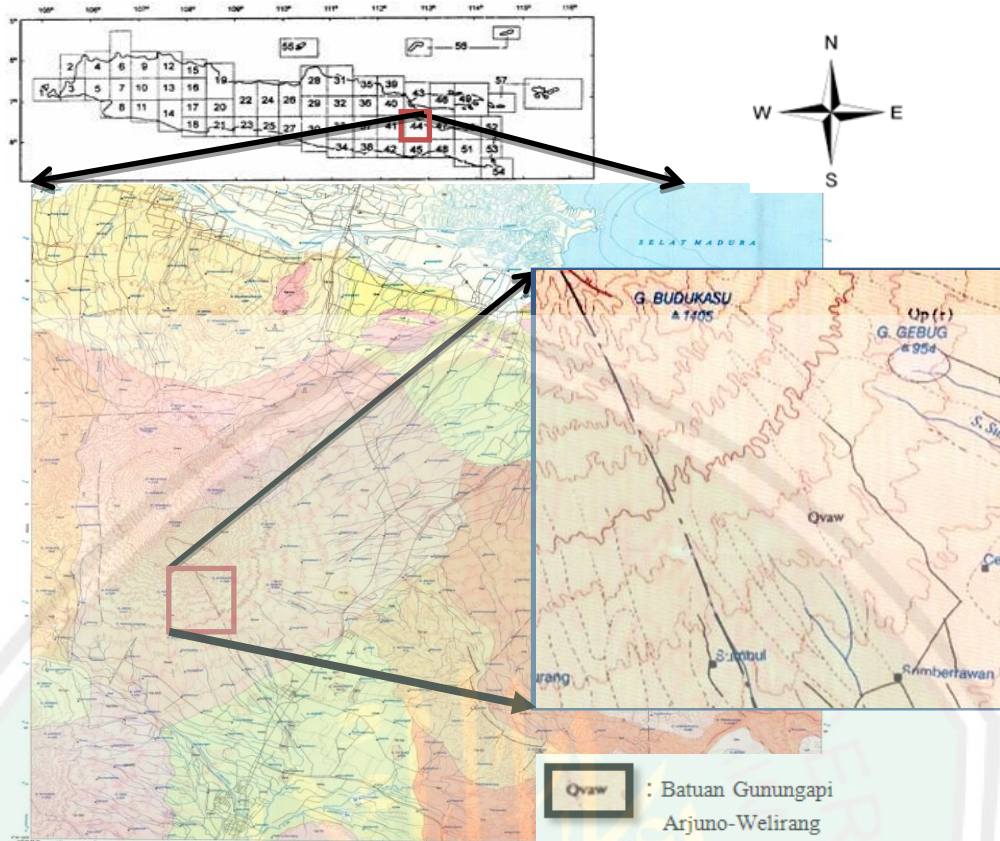
اللَّهُ الَّذِي خَلَقَ سَبْعَ سَمَاوَاتٍ وَمِنَ الْأَرْضِ مِثْلَهُنَّ يَتَنَزَّلُ الْأَمْرُ بَيْنَهُنَّ لِتَعْلَمُوا أَنَّ اللَّهَ عَلَىٰ كُلِّ شَيْءٍ قَدِيرٌ
وَأَنَّ اللَّهَ قَدْ أَحَاطَ بِكُلِّ شَيْءٍ عِلْمًا

Artinya :*“Allah-lah yang menciptakan tujuh langit dan seperti itu pula bumi) tujuh lapis bumi. (Turunlah perintah) wahyu-Nya (di antaranya) di antara langit dan bumi, malaikat Jibril turun dari langit yang ketujuh hingga ke bumi lapis tujuh (agar kalian mengetahui”.*

2.2. Geologi Daerah Penelitian

Secara Geografis kabupaten Malang terletak pada koordinat $7^{\circ}44'55,11''$ sampai $8^{\circ}26'35,45''$ Lintang Selatan dan $112^{\circ}17'10,90''$ sampai $112^{\circ}57'00''$ Bujur Timur, serta memiliki luasan 3.526 km^2 . Secara administrasi daerah penelitian berada di Petungwulung, Singosari, Malang, Jawa Timur. Morfologi daerah lembar Malang dapat dibedakan menjadi 6 satuan, yaitu : kerucut gunungapi, pegunungan, perbukitan, dataran tinggi, dataran pasir dan dataran rendah. Kerucut Gunungapi menempati bagian tenggara dan barat Lembar, dicirikan oleh bentuk strato dan kerucut gunungapi, berketinggi antara 2000 meter dan 3350 meter di atas muka laut (Santosa, 1986).

Secara stratigrafi pada lembar Malang terdapat formasi Kabuh, Jombang, dan lajur Solo-Gunungapi Kuarter. Formasi yang berumur Plistosen Awal sampai Plistosen tengah serta memiliki unsur sedimen epiklastika bersisipan konglomerat dan berfosil foram adalah Formasi Kabuh. Formasi Kabuh terendapkan dalam lingkungan laut hingga darat. Formasi yang berumur Plistosen Tengah serta memiliki unsur sedimen epiklastika bersisipan batugamping adalah Formasi Jombang. Formasi Jombang terendapkan pada lingkungan darat hingga litoral dan menindih takselaras Formasi Kabuh. Formasi Lajur Solo-Gunungapi Kuarter tersingkap bantuan epiklastika dan piroklastikayang terdiri atas Batuan Gunungapi Anjasmara Tua, Batuan Gunungapi Kuarter Bawah, Batuan Gunungapi Kuarter Tengah, Formasi Welang, Tuf Malang, Batuan Gunungapi Arjuna-Welirang dan Batuan Gunungapi Tengger, Batuan Gunungapi Kuarter Atas, Tuf-Rabano, Batuan Gunungapi Bromo, Pasir Gunungapi Tengger dan Endapan Rombakan Cemaratiga, serta Endapan Teras (Santosa, 1986).



Gambar 2.2 Geologi Lembar Malang

Pada daerah penelitian termasuk dalam Formasi Batuan Gunungapi Arjuno-Welirang. Formasi Batuan Gunungapi Arjuno-Welirang memiliki elemen batuan Breksi Gunungapi berkomponen sebagian besar andesit, basal, batuapung, obsidian, mineral terang atau mafik dan kaca gunungapi dengan masadasar tuf pasir, Lava yang berkomposisi felspar, piroksen, mineral terang, sedikit mineral mafik atau bijih dan horeblend, Breksi tufan berkomponen andesit, basal, obsidian, batuapung, porfiri, kaca gunungapi dan mineral hitam, bermasa dasar tuf pasir, Tuf berkomponen banyak mineral terang, sedikit batuapung, dan kaca atau abu gunungapi (Santosa, 1986).

2.3. Konsep Metode Gravitasi

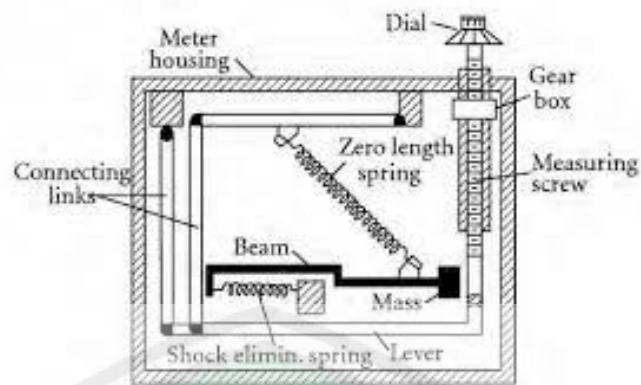
2.3.1. Metode gravitasi

Metode gravitasi merupakan metode geofisika yang digunakan untuk memperkirakan keadaan geologi bawah permukaan berdasarkan distribusi variasi medan gravitasi di permukaan bumi. Variasi medan gravitasi terjadi akibat adanya variasi densitas batuan di bawah permukaan (Telford, 1990 : Yasrifa dkk, 2019).

Dalam metode gravitasi, pengukuran dilakukan terhadap nilai komponen vertikal dari percepatan gravitasi di suatu tempat. Namun pada kenyataannya, bentuk bumi tidak bulat sehingga terdapat variasi nilai percepatan gravitasi untuk masing masing tempat. Faktor yang dapat mempengaruhi nilai medan gravitasi adalah perbedaan posisi lintang, topografi, tidal bumi, variasi rapat massa batuan di bawah permukaan bumi, dan perbedaan titik ukur.

2.3.2. Gravimeter LaCoste Lomborg

Alat ukur gravitasi merupakan alat yang memanfaatkan prinsip gravitasi newton tentang gaya tarik antar dua benda yang terpisahkan oleh suatu jarak. Alat ini terdiri atas rangkaian pegas dan massa yang didesain detail sehingga sangat sensitif terhadap perubahan nilai gravitasi yang sangat kecil (Freie Universitat Berlin, 2003).



Gambar 2.3 Desain Gambar Gravimeter LaCoste & Romberg (Freie Universitat Berlin, 2003)

Keterangan :

Micrometer : Mengatur posisi massa kembali pada posisi awalnya setelah terpengaruh oleh variasi medan gravitasi. Pengaturan micrometer dilakukan melalui *nulling dial* yang terhubung dengan *gearbox*

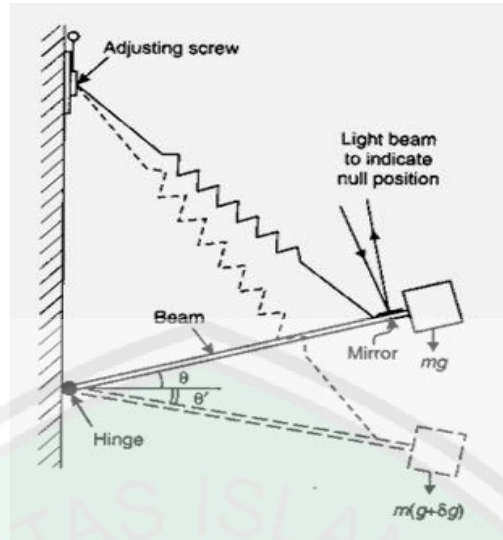
Short dan long level : tuas penghubung *micrometer* dan *zero length spring*

Zero length spring : pegas penahan beban (*mass*). Pegas ini berada pada keadaan gaya pegas berbanding secara langsung dengan jarak antar titik gaya bekerja dengan titik ikat pegas.

Mass dan beam : bertindak sebagai beban yang akan berubah posisinya ketika terpengaruh oleh adanya variasi medan gravitasi.

Hinge : pegas peredam guncangan dari *mass* dan *beam*

Tanggapan sistem Gravimeter ini adalah perubahan posisi *mass* dan *beam* ke posisi semula dengan memutar *nulling dial* yang menggerakkan *micrometer*, *short dan long level*, kemudian *zero length spring*. Nilai gaya gravitasi didapat dari besar gaya yang diperlukan untuk menormalkan posisi *mass* dan *beam*. Sedangkan nilai medan gravitasi diperoleh dari kesebandingannya dengan perubahan panjang dari *zero length spring* (LaCoste,dkk , 1967).



Gambar 2.4 Gerak *Zero Length Spring* Pada Gravimeter (Freie Universitat Berlin, 2003)

LaCoste & Romberg merancang susunan pegas dan beban (Gambar 2.4) untuk memperoleh suatu instrumen dengan periode tak berhingga secara teoritis.

Momen beban torka dari M adalah (LaCoste, dkk, 1967) :

$$Tg = Mga \cos \theta = k(s - c)b \sin \alpha$$

$$Mga \cos \theta = \frac{k(s - c)b y \cos \theta}{s}$$

$$g = \left(\frac{k}{M}\right) \left(\frac{b}{a}\right) \left(\frac{1-c}{s}\right) y \quad (2.1)$$

Pada saat g meningkat sebesar δg maka panjang s pegas akan berubah sebesar δs .

$$\delta g = \left(\frac{k}{M}\right) \left(\frac{b}{a}\right) \left(\frac{c}{s}\right) \left(\frac{y}{s}\right) \delta s \quad (2.2)$$

Persamaan (2.1) menunjukkan bahwa instrumen tidak bergantung pada besar penyimpangan sudut θ dan α . Sehingga pada saat terjadi penyimpangan kecil pada sudut θ dan α dari titik setimbangnya maka pada sistem ini gaya tidak kembali dan dapat diatur mempunyai periode tak hingga secara teoritis (LaCoste, dkk, 1967).

2.4. Teori Dasar Gravitasi

2.4.1. Teori Gravitasi Newton

Teori Gravitasi berlandaskan oleh Hukum Newton. Newton menyatakan bahwa gaya tarik menarik disebabkan oleh dua benda yang memiliki massa dan dipisahkan oleh jarak tertentu, ditunjukkan oleh persamaan (Reynold, 1997 : Torkis, 2012) :

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2} \quad (2.3)$$

Dimana :

F = Gaya antara dua partikel m_1 dan m_2

G = Konstanta gravitasi universal ($6,27 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2/\text{kg}^2$)

m_1 = Massa partikel 1

m_2 = Massa partikel 2

r = Jarak antara dua partikel bermassa m_1 dan m_2

bumi kita anggap memiliki bentuk bulat, sehingga gaya tarik menarik di permukaan bumi memiliki persamaan (Burger, 1992) :

$$F = G \frac{mM}{R^2} \quad (2.4)$$

dimana M adalah massa bumi dan R adalah jari-jari bumi. Persamaan gaya juga diperoleh dalam hukum kedua Newton, dimana (Burger, 1992) :

$$F = ma \quad (2.5)$$

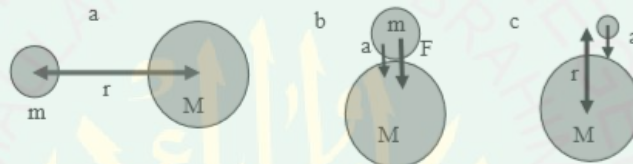
a adalah percepatan suatu benda. Percepatan gravitasi diartikan oleh g , serta jika percepatan diakibatkan gaya tarik gravitasi bumi. Sehingga dapat didefinisikan (Rahman dkk, 2014) :

$$F = mg = G \frac{mM}{R^2} \quad (2.6)$$

dan

$$g = \frac{GM}{R^2} \quad (2.7)$$

dalam persamaan (2.5) dapat diasumsikan bahwa percepatan disebabkan oleh gravitasi bumi (g) berbanding terbalik dengan nilai jari-jari bumi (R) dan berbanding lurus dengan massa bumi (M). Persamaan menunjukkan bahwa nilai gravitasi di semua permukaan bumi sama. Kenyataannya nilai gravitasi di bumi berbeda-beda karena banyak faktor yang mempengaruhi, diantaranya topografi tempat dan rotasi bumi setiap harinya (Jacobs, 1974).



Gambar 2.5 a) Gaya Gravitasi Newton, b) Massa Benda m , Percepatan Gravitasi Akibat Massa Bumi M Menentukan Gaya Gravitasi F , c) Percepatan Gravitasi a Hanya Bergantung Pada Massa Benda Yang Tarik Menarik Pada Jarak r (Jacobs, 1974)

2.4.2. Potensial Gravitasi

Medan Gravitasi adalah medan konservatif, dimana usaha yang dilakukan untuk memindahkan suatu massa pada medan gravitasi bergantung pada posisi awal dan posisi akhir suatu massa akan tetapi tidak bergantung pada lintasannya (Blakely, 1995)

Gravitasi merupakan besaran vektor yang memiliki nilai dan arah, dimana arah lintasannya berada di sepanjang garis yang menghubungkan kedua pusat massa dan gaya yang ditimbulkan merupakan fungsi potensial skalar yang disebut *Newtonian* atau potensial tiga dimensi (Rosid, 2005). Persamaan

potensial skalar oleh massa dm pada titik (x,y,z) sepanjang jarak $P(0,0,0)$ dan r dapat dituliskan dengan : (Blakely,1995 : Torkis,2012)

$$dU(P) = G \frac{dm}{r} = G \frac{P}{r} dx dy dz \quad (2.8)$$

2.4.3. Rapat Massa Batuan

Nilai perbandingan massa terhadap volume suatu benda disebut juga rapat massa (ρ). Rapat massa batuan merupakan besaran fisik yang sangat penting dalam metode gravitasi. Pada perhitungan anomali Bouguer diperlukan harga rapat massa rata-rata daerah survey. Pori-pori dalam batuan yang terisi oleh fluida (air,minyak,gas) dapat disebut sebagai rapat massa dengan n komponen (Kadir,1999). Fraksi disimbolkan dengan V_i dan rapat massa fraksi dengan ρ_i , yang kemudian disederhanakan menjadi fraksi padat, cair dan gas (Telford, 1990 : Kadir,1999) :

$$\rho = \sum_{i=1}^n \frac{V_i}{V} \rho_i \quad (2.9)$$

$$\rho = \sum \frac{V_m}{V} \rho_m + \frac{V_f}{V} \rho_f + \frac{V_g}{V} \rho_g \quad (2.10)$$

Dimana :

ρ_m, ρ_f, ρ_g : Rapat massa material matriks, rapat massa fluida, dan rapat massa gas

V_m, V_f, V_g : Volume material matriks, volume fluida, dan volume gas

V : Volume total

Anomali medan gravitasi berhubungan dengan perubahan rapat massa yang disebabkan oleh material pengisi pori batuan sumber anomali (Telford,1990 : Kadir, 1999)

Tabel 2.1 Densitas Batuan (GPG,2017)

<i>Rock Type</i>	<i>Density Range (g/cm³)</i>
<i>Sedimentary Rocks</i>	
<i>Clay</i>	1,63 - 2,60
<i>Silt</i>	1,80 - 2,20
<i>Soil</i>	1,20 - 2,40
<i>Sand</i>	1,70 - 2,30
<i>Sandstone</i>	1,61 - 2,76
<i>Shale</i>	1,77 - 3,30
<i>Limestone</i>	1,93 - 2,90
<i>Dolomite</i>	2,28 - 2,90
<i>Chalk</i>	1,52 - 2,60
<i>Halite</i>	2,10 - 2,60
<i>Gypsum</i>	2,20 - 2,60
<i>Marl</i>	2,20 - 2,70
<i>Breccia</i>	1,50 - 3,00
<i>Igneous Rocks</i>	
<i>Rhyolite</i>	2,35 - 2,70
<i>Granite</i>	2,50 - 2,81
<i>Andesite</i>	2,40 - 2,80
<i>Basalt</i>	2,70 - 3,30
<i>Gabbro</i>	2,70 - 3,50

2.5. Koreksi Awal

2.5.1. Koreksi Gravitasi Normal

Jari-jari bumi bervariasi pada lintang yang berbeda dan berbentuk elipsoid dikarenakan adanya rotasi. Rotasi bumi maksimum di katukistiwa dan nol di kutub disebabkan oleh percepatan sentrifugal, sedangkan rotasi nol di katulistiwa dan maksimum di kutub disebabkan oleh percepatan gravitasi (Torkis,2012). Gravitasi normal adalah kecepatan gravitasi yang dihasilkan oleh bumi, berbentuk elips

dengan densitas yang homogen dipresentasikan dari gravitasi teoritis fungsi lintang pada permukaan. Nilai gaya berat normal di setiap lintang ditetapkan oleh The International Association of Geodesy yang diberi nama GRS80 dengan rumus (Grant,1954 : Reza,dkk , 2013) :

$$gn = 970831,846 + 0,0000058\sin^2 2\lambda \quad (2.11)$$

2.5.2. Konversi Skala Pembacaan

Alat Gravimeter tidak serta merta mendapatkan nilai bacaan yang langsung dapat diolah. Besaran skalar yang diperoleh pada pembacaan harus di konversi ke nilai percepatan gravitasi (mGal). Perumusan yang digunakan dalam melakukan konversi skala pembacaan dapat ditulis sebagai berikut (Grant, 1954)

:

$$mGal = \{[(\text{Bacaan Counter}) \times \text{Faktor Interval}] + mGal\} \times \text{CCF} \quad (2.12)$$

2.5.3. Koreksi Apungan (*Drift Correction*)

Koreksi apungan dilakukan karena terjadinya perubahan pada pembacaan medan gravitasi pada alat gravimeter, yang disebabkan karena gangguan pada pegas akibat guncangan dan error alat pada saat pengambilan data (Reynold, 1997). Perbedaan nilai pembacaan medan gravitasi di tempat yang sama tetapi pada waktu yang berbeda akan direduksi oleh koreksi apungan. Koreksi ini dilakukan dengan cara membuat lintasan tertutup (loop tertutup), dengan cara melakukan pengukuran pada stasiun awal (titik ikat ke loop). Besarnya koreksi apungan adalah (Grant, 1954) :

$$Dn = \left[\frac{(g_b - g_a)}{(t_b - t_a)} (t_n - t_a) \right] \quad (2.13)$$

Dimana :

D_n = Koreksi *drift* pada waktu pembacaan titik ikat

g_a = Pembacaan *gravimeter* pada titik awal

g_b = Pembacaan *gravimeter* pada titik akhir

t_a = Waktu pembacaan di titik awal

t_b = Waktu pembacaan di titik akhir

t_n = Waktu pembacaan di titik pengamatan

2.5.4. Koreksi Pasang Surut (*Tidal Correction*)

Percepatan gravitasi bumi dipengaruhi oleh penarikan massa bumi, bulan dan matahari pada peredarannya. Nilai maksimum pengaruh pasang surut terjadi saat bumi sejajar dengan bulan dan matahari, sedangkan nilai minimum pengaruh pasang surut terjadi saat bulan sejajar dengan bumi dan matahari (Longman, 1959 : Taufiquddin, 2014).

Pengaruh paling besar terhadap medan gravitasi bumi terletak pada bulan dan matahari daripada benda langit lainnya di sistem tata surya. Matahari sebagai pusat tata surya jelas berpengaruh terhadap rotasi bumi, sedangkan bulan sendiri sebagai satelit bumi (Longman, 1959 : Taufiquddin, 2014). Untuk menghilangkan perubahan nilai gravitasi yang disebabkan oleh pengaruh benda langit khususnya bulan dan matahari, maka nilai pembacaan data dikenakan koreksi pasang surut yang dirumuskan dengan (Grant, 1954):

$$T_{dc} = \frac{3\phi}{2} \left[\frac{2M}{3d^2} (\sin^2 p - 1) + \frac{Mr}{d^4} (5\cos^2 p - 1 \cos p) + \frac{2S}{3D^3} (3\cos^2 q - 1) \right] \quad (2.14)$$

Dimana :

p : Sudut zenit Bulan

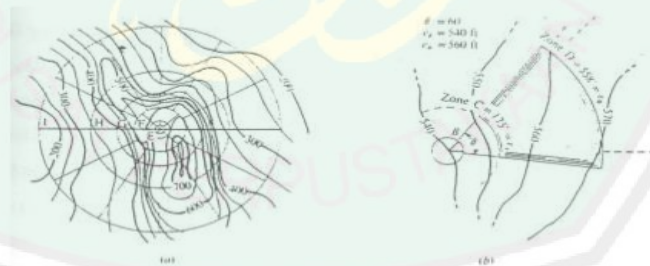
q : Sudut zenit Matahari

M : Massa Bulan

- S : massa Matahari
 d : Jarak antara pusat Bumi dan Bulan
 D : Jarak antara pusat Bumi dan Matahari
 \emptyset : Konstanta gravitasi Newton
 r : Jarak pengukuran dengan pusat Bumi

2.5.5. Koreksi Medan (Terrain Correction)

Setiap titik pengukuran gravitasi memiliki struktur permukaan yang tidak datar atau memiliki undulasi, sehingga memerlukan koreksi medan. Jika titik pengukuran berada di daerah bukit atau gunung, maka ada gaya ke atas yang menarik pegas pada gravimeter, sehingga akan mengurangi nilai pembacaan gravitasi. Sementara jika titik terletak pada daerah lembah, maka akan ada gaya ke bawah yang menghilang sehingga pegas pada gravimeter tertarik ke atas. Dengan kedua kondisi tersebut maka nilai koreksi medan ditambahkan pada nilai gravitasi. Besarnya koreksi medan merupakan total pengaruh topografi pada setiap segmen. (Dobrin, 1960: Sari, 2012).



Gambar 2.6 Model *Hammer Chart* untuk Koreksi Medan (Dobrin, 1960: Sari, 2012)

Besar nilai koreksi medan didapatkan dengan rumusan : (Burger,1992)

$$TC = 2\pi G_p \left[r_2 - r_1 + \sqrt{(r_1^2 + z^2)} - \sqrt{(r_2^2 + z^2)} \right] \quad (2.15)$$

Dimana :

r_1 : Radius bagian dalam suatu zona

r : Radius bagian luar dalam suatu zona

z : Beda ketinggian dari titik pengamatan

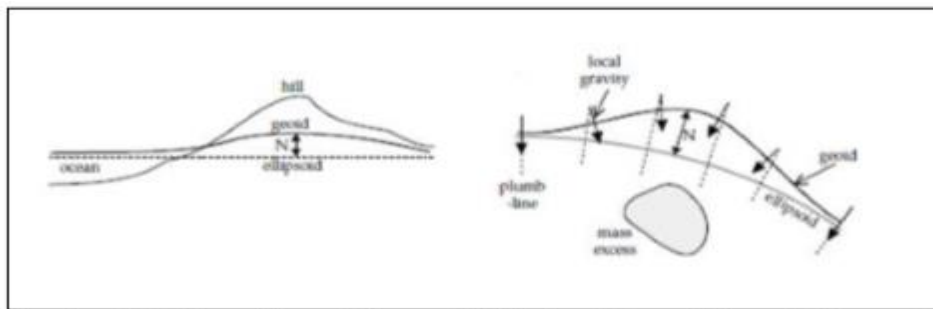
G : Konstanta gravitasi

Tabel 2.2 Koreksi Medan (Kearey, 2002)

Zona	R_1	R_2	N	Zona	R_1	N
B	2	16,6	4	H	1529,4	12
C	16,6	53,3	6	I	2614,4	12
D	53,3	170,1	6	J	4468,8	16
E	170,1	390,1	8	K	6652,2	16
F	390,1	894,8	8	L	9902,2	16
G	894,8	1529,4	12	M	14740,9	16

2.5.6. Koreksi Udara Bebas (*Free Air Correction*)

Koreksi Udara Bebas adalah koreksi pada medan gravitasi bumi yang dipengaruhi oleh pengaruh variasi ketinggian topografi. Nilai gravitasi normal (g_n) dan hasil pengukuran gravitasi di laut dapat langsung dibandingkan karena bidang geoid bersesuaian dengan permukaan laut. Pengukuran gravitasi di daratan harus dikenakan koreksi akibat ketinggian tempat yang berada di bawah atau di atas permukaan laut (Dobrin, 1960). Koreksi udara bebas didasari kenyataan bahwa gravitasi bumi secara keseluruhan dapat dianggap sama jika massa terkonsentrasi di pusatnya. Jika ketinggian *gravimeter* dirubah, maka jarak dari pusat bumi berubah dengan nilai yang sama besar (Dobrin,1960).



Gambar 2.7 Massa di Atas *Ellipsoid* (kiri) dan Massa di Bawah *Ellipsoid* yang Mengangkat *Geoid* di Atas *Ellipsoid*, N Adalah Undulasi *Geoid* (kanan) (Lowrie, 2007).

Menurut Blakely (1995) Jika jarak dari permukaan *sferoid* ke pusat bumi adalah r dan ketinggian pengukuran gravitasi di titik amat dari bidang *sferoid* adalah h (dimana $h \ll r$) jika $g(r)$ mewakili bidang gravitasi pada *geoid* atau gravitasi normal, maka percepatan gravitasi di titik amat mengikuti deret Taylor (Blakely, 1995) :

$$g(r+h) = g(r) + h \frac{\partial}{\partial r} g(r) + \frac{h^2}{2} \frac{\partial^2}{\partial r^2} g(r) + \dots \quad (2.16)$$

Diabaikan faktor berorde tinggi, dan $g(r) = \Phi M / r^2$

$$\begin{aligned} g(r) &= g(r+h) - h \frac{\partial}{\partial r} g(r) \\ g(r+h) - g(r) &= \frac{2g(r)}{r} h \\ g_{fa} &= 0.3086 \times 10^{-5} h \end{aligned} \quad (2.17)$$

Harga koreksi udara bebas ditambahkan jika titik amat berada di atas bidang datum dan dikurangkan jika berada di bawah bidang datum. Anomali udara bebas (*Free air anomaly*) didefinisikan oleh pengamatan setelah dilakukan koreksi gravitasi normal, koreksi *terrain* yang mengacu pada *geoid* atau suatu relatif tertentu yang ditunjukkan oleh (Blakely, 1995) :

$$FA = g_{obs} + g_n + g_h \quad (2.18)$$

Dimana :

FA : anomali udara bebas

g_o : gravitasi terukur ditiap titik

g_n : koreksi gravitasi normal

g_h : koreksi medan (TC)

2.5.7. Koreksi Bouguer

Menurut Burger, 1992 Koreksi Bouguer didasarkan pada ketinggian titik pengukuran dari bidang datum dan rapat massa batuan titik pengukuran dari bidang datum. Koreksi Bouguer dilakukan dengan cara mengurangi bila titik pengukuran berada di atas bidang datum dan ditambahkan bila titik pengukuran di bawah bidang datum. Besarnya koreksi Bouguer dapat dinyatakan dalam persamaan berikut (Siegert, 1942 : Sunaryo, 1997):

$$B_c = 0,04193 \times \rho \times h \text{ mGal/m}$$

atau

$$B_c = 0,01273 \times \rho \times h \text{ mGal/ft} \quad (2.19)$$

Dimana :

ρ : Rapat massa Bouguer

h : Ketinggian titik pengukuran dari bidang sferoid

Persamaan diatas dapat diterapkan apabila bidang Bouguer diasumsikan sebagai pelat datar tak hingga. Pengurangan densitas Bouguer $\rho_B = 2670 \text{ kg/m}^3$ adalah bagian dari asumsi yang menggambarkan referensi bumi. Penyimpangan densitas dari nilai standar dapat diperlakukan sebagai reduksi geologis atau digunakan untuk interpretasi. Perkiraan kesalahan anomali Bouguer dapat dipengaruhi oleh nilai densitas Bouguer yang salah (Siegert,1942 : Sunaryo,

1997). Anomali Bouguer lengkap dapat ditunjukkan oleh persamaan berikut (Siegert, 1942 : Sunaryo, 1997) :

$$\Delta g_{bg} = g_{obs} - g_n + g_{fa} - g_{bc} + TC + T_{dc} \quad (2.20)$$

Dimana :

Δg_{bg} : Anomali Bouguer lengkap

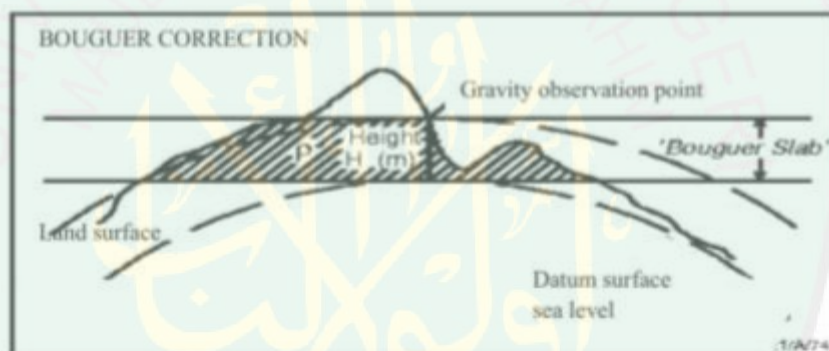
g_{obs} : Gravitasi terukur di tiap titik

g_n : Koreksi gravitasi normal

g_{fa} : Koreksi gravitasi udara bebas

TC : Koreksi medan

T_{dc} : Koreksi tidal (pasang surut)



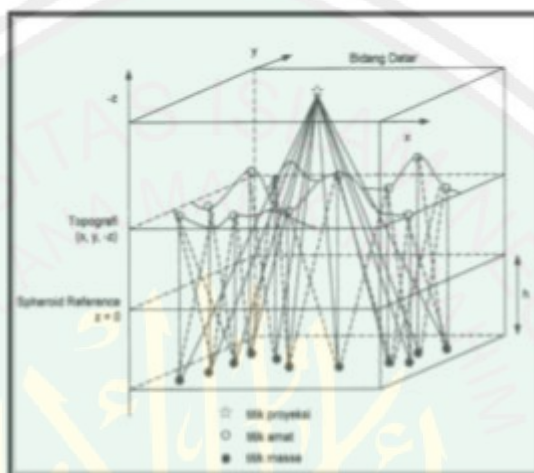
Gambar 2.8 Pendekatan Bouguer Untuk Massa di Atas Permukaan Laut (Telford, 1990)

2.6. Koreksi Lanjutan

2.6.1 Reduksi Bidang Datar

Data anomali Bouguer lengkap masih berada pada topografi dengan ketinggian bervariasi. Variasi ketinggian tersebut dapat mengakibatkan distorsi pada data medan gravitasi. Untuk meminimalisasi distorsi yang terjadi maka anomali Bouguer lengkap dibawa ke sebuah bidang datar pada ketinggian tertentu menggunakan metode sumber ekuivalen titik massa (Dampney, 1969). Proses dengan menggunakan sumber ekuivalen titik massa ini adalah menentukan

sumber ekuivalen titik massa diskrit pada kedalaman tertentu di bawah permukaan dengan memanfaatkan data anomali Bouguer lengkap permukaan. Setelahnya dihitung medan gravitasi teoritis yang diakibatkan oleh sumber ekuivalen tersebut pada suatu bidang datar dengan ketinggian tertentu (Henderson, 1949).



Gambar 2.9 Sumber Ekuivalen titik Massa (Dampney, 1969)

2.6.2 Kontinuasi ke Atas (*Upward Continuation*)

Kontinuasi ke atas adalah langkah pengubahan data medan potensial yang diukur pada suatu level permukaan menjadi data yang seolah-olah diukur pada level permukaan yang lebih atas. Kontinuasi ke atas juga merupakan salah satu metode yang digunakan sebagai filter yang berguna untuk menghilangkan bising yang ditimbulkan oleh benda-benda dekat permukaan (Henderson, 1949 : Ariyanto, 2014).

$$U(x, y, z_0 - \Delta z) = \frac{\Delta z}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{U(x', y', z_0)}{((x-x')^2 + (y-y')^2 + \Delta z^2)} dx' dy' \quad (2.21)$$

Dimana: $U(x,y,z_0-\Delta z)$ adalah harga potensial pada bidang hasil kontinuasi, $U(x,y,Z_0)$ adalah harga beda potensial pada bidang observasi sebenarnya, Δz adalah jarak atau ketinggian pengangkatan (Henderson, 1949).



BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian kali ini bertempat di Petungwulung, Singosari, Malang Jawa Timur. Lokasi penelitian berada di kawasan tambang pasir. Pengolahan data dilakukan di Laboratorium Geofisika, Jurusan Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.



Gambar 3.1 Desain Akuisisi Data

3.2. Data Penelitian

Data yang diambil dalam penelitian adalah :

1. Koordinat Lintang dan Bujur
2. Waktu pengambilan data (hari, jam, tanggal)
3. Ketinggian titik ukur
4. Pembacaan *gravimeter*

Data koordinat lintang dan bujur, waktu pengambilan data, dan ketinggian titik ukur dapat diperoleh dari GPS pada saat pengambilan data. Pembacaan

gravitimeter harus dikonversi ke dalam mGal dimana $1 \text{ Gal} = 1 \text{ cm/det}^2 = 10^{-2} \text{ m/det}^2$

3.3. Peralatan Penelitian

Peralatan yang dilakukan dalam penelitian adalah:

- a. Gravimeter La Coste dan Romberg tipe G-1053
- b. Peralatan pendukung : GPS Garmin, peta topografi, peta geologi, alat tulis, perangkat komputer untuk pengolahan data, dan *Software* (Ms Excel, Matlab R2008b, Magpick, Oasis Montaj 8.3)

3.4. Akuisisi Data

Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam penentuan lintasan, titik ikat dan base stasion adalah sebagai berikut :

- a. Letak titik pengukuran harus jelas dan mudah dikenal.
- b. Lokasi letak titik pengukuran harus mudah dibaca dalam peta.
- c. Lokasi titik pengukuran harus mudah dijangkau serta bebas dari gangguan kendaraan bermotor, mesin, dll.
- d. Lokasi titik pengukuran harus terbuka sehingga GPS mampu menerima sinyal dari satelit dengan baik tanpa ada penghalang.

Proses selanjutnya adalah pengambilan data, yaitu dengan melakukan kalibrasi alat dan menentukan titik acuan (base station) sebelum pengambilan data gaya berat di titik-titik ukur lainnya. Lokasi titik acuan harus berupa titik atau tempat yang stabil dan mudah dijangkau. Penentuan titik acuan sangat penting, karena pengambilan data lapangan dilakukan secara looping, yaitu dimulai dari titik acuan yang telah ditentukan, dan berakhir pada titik tersebut. Titik acuan

perlu diikatkan terlebih dahulu pada titik ikat yang sudah diketahui nilai mutlaknya.

Pola looping pada proses pengambilan data, dimana pengukuran dimulai pada titik 1 yang menjadi titik acuan, kemudian dilanjutkan pada titik-titik ukur lapangan dan berakhir kembali di titik 1. Tujuan dari system looping agar dapat diperoleh nilai koreksi apungan alat (drift) yang disebabkan oleh adanya perubahan pembacaan akibat gangguan berupa guncangan alat selama perjalanan. Dalam pengukuran gravitasi terdapat beberapa data yang perlu dicatat meliputi waktu pembacaan, nilai pembacaan gravitometer, posisi koordinat stasiun pengukuran (lintang dan bujur) dan ketinggian titik ukur.

Setelah menentukan lokasi titik pengukuran, selanjutnya dilakukan pengambilan data dengan menggunakan Gravimeter La Coste Romberg G-1053. Data yang terbaca pada gravitometer tidak langsung dalam satuan mGal, tetapi dalam satuan skala pembacaan yang harus dikonversi ke satuan mGal terlebih dahulu dengan menggunakan tabel kalibrasi.

3.5 Koreksi Metode Gravity

1. Konversi Harga Bacaan Gravimeter

Pemrosesan data gravitasi dilakukan terhadap nilai pembacaan gravimeter untuk mendapatkan nilai anomali Bouguer. Untuk memperoleh nilai anomali bouguer dari setiap titik amat, maka dilakukan konversi pembacaan gravimeter menjadi nilai gravitasi dalam satuan milligal berdasarkan persamaan (2.12). Untuk melakukan konversi memerlukan tabel konversi dari gravimeter, pada setiap gravimeter sudah dilengkapi dengan tabel konversi.

Berikut adalah cara dalam melakukan konversi pembacaan alat:

- a) Misal hasil pembacaan pada alat adalah 1838,6 maka diambil nilai bulat yaitu 1800. Dalam tabel konversi (Tabel 3.1) nilai 1800 sama dengan 1825,32 mGal. Dengan faktor interval 1,01419 dan nilai CCF pada alat G-1053 sebesar 1,00043726
- b) Dimasukkan pada persamaan sehingga didapat $(1825,32 + ((1838,6 - 1800) \times 1,01419)) \times 1,00043726 = 1865,282991$

konversi harga pembacaan (Blakely, 1995 : Sunaryo, 1997).

Tabel 3.1 Kutipan contoh tabel konversi gravimeter tipe G-1053

COUNTER READING	VALUE IN MILLIGALS	FACTOR FOR INTERVAL
1600	1622,50	1,01409
1700	1723,91	1,01413
1800	1825,32	1,01419

2. Koreksi Pasang Surut (*Tide Correction*)

Pada proses akuisisi data, tidak dilakukan pengukuran terhadap variasi harian akibat pasang surut di base, sehingga untuk menghitung besarnya pasang surut dilakukan menggunakan *software GRAVTC*. Dalam *software* tersebut data yang dimasukkan secara berurutan berupa data bujur, lintang, tinggi (h), jam, menit, tanggal, bulan, dan tahun. Hasil dari input tersebut berupa data pasang surut.

3. Koreksi Apungan (*Drift Correction*)

Pada akuisisi pengukuran dimulai di base dan diakhiri di base, sehingga besarnya koreksi apungan dapat dihitung dengan asumsi bahwa besarnya

penyimpangan berbanding lurus terhadap waktu. Koreksi *drift* disebabkan oleh guncangan alat saat dibawa. besar koreksi ini sesuai dengan persamaan (2.13).

Sebelum dilakukan perhitungan, nilai waktu, lintang, dan bujur harus dikonversi terlebih dahulu. Waktu dikonversi dalam bentuk detik, sedangkan bujur dan lintang dikonversi menjadi derajat.

4. Medan Gravitasi Terkoreksi

Medan gravitasi terkoreksi yaitu nilai gravitasi hasil pengukuran dilapangan setelah melalui konversi ke miligal dan telah terkoreksi dari pengaruh pasang surut dan apungan, yaitu dengan menambahkan koreksi tidal dan koreksi apungan pada nilai pengukuran yang telah di konversi ke milligal

5. Different in Reading (Δg)

Different in Reading yaitu menghitung perbedaan harga gravitasi di setiap stasiun pengamatan dengan harga gravitasi di *base station*.

$$\Delta g = G \text{ tiap titik} - G \text{ Base Station (BS)} \quad (3.1)$$

6. Medan Gravitasi Observasi

Pengukuran gravitasi menggunakan gravitimeter adalah relatif terhadap *Base Station* (BS), sehingga dalam pengukuran diperoleh beda nilai antara stasiun pengamatan dengan BS.

$$g_{\text{obs}} = g_{\text{abs BS}} + g_{\text{drift}} \quad (3.2)$$

g absolute base station pada penelitian ini adalah 978181.0965 mGal.

7. Medan Gravitasi Teoritis (Koreksi Lintang/ Gravitasi Normal)

Koreksi lintang merupakan koreksi pembacaan gravitasi akibat letak atau perbedaan derajat lintang bumi. Pada penelitian ini untuk koreksi lintang

digunakan persamaan yang dirumuskan *World Geodetic System 1984 (WGS84)* (Blakely, 1995) :

$$g_n = 9.7803267714 \left(\frac{1 + 0.0019385138639 \sin^2 \lambda}{\sqrt{1 - 0.00669437999013 \sin^2 \lambda}} \right) \quad (3.3)$$

Dimana g_n dalam $\text{m}\cdot\text{sec}^{-2}$ dan λ adalah sudut lintang (Blakely, 1995).

8. Koreksi Udara Bebas (*Free Air Correction*)

Koreksi udara bebas merupakan koreksi akibat perbedaan ketinggian pada titik pengukuran dengan mengabaikan adanya massa yang terletak di antara titik ukur dengan bidang referensi ukuran. Menurut Kirbani (2001) koreksi Udara bebas dapat dihitung berdasarkan formula:

$$\text{FAC} = 0,3086 \times h \quad (3.4)$$

Dimana:

FAC : *free air correction* (mGal/m)

h : ketinggian titik ukur (m)

9. Koreksi Bouguer

Koreksi bouguer dilakukan untuk menghilangkan efek massa batuan yang mengisi ruang antara titik pengukuran dan bidang acuan. Besar koreksi ini dapat dihitung berdasarkan persamaan:

$$\text{BC} = 2\pi G \rho h$$

Karena , $2\pi G = 0,04191$ maka (Sunaryo, 1997; Wachidah, 2018),

$$\text{BC} = 0.04191 \rho h \quad (3.5)$$

Dimana:

C	= <i>Bouguer Correction</i> (mGal/m)
G	= Konstanta Gravitasi ($6,67 \times 10^{-11} \text{ m}^3/\text{kg.s}^2$)
ρ	= Rapat massa batuan rata-rata ($2,67 \text{ gr/cm}^3$)
h	= Ketinggian (m)

10. Koreksi Medan (Terrain Correction)

Efek massa di sekitar titik ukur berupa lembah, gunung, jurang, bukit, dan lain-lain secara teoritis akan mengurangi nilai medan gravitasi. Perhitungan koreksi medan dapat dilakukan dengan menggunakan *hammer chart*, dengan menggambar lingkaran yang terbagi dalam beberapa segmen yang diletakkan diatas peta topografi.

Selain menggunakan *hammer chart* perhitungan koreksi medan dapat dilakukan dengan menggunakan metode yang diusulkan oleh Kane. Metode ini didesain untuk menyeleksi data ketinggian disekitar titik pengukuran dimana koreksi medan akan dicari. Pada model ini dibuat grid dengan titik pengukuran sebagai pusatnya dan daerah perhitungan dibagi atas dua zona topografi yaitu zona eksternal dan zona internal.

Pada penelitian ini perhitungan koreksi medan dilakukan dengan bantuan perangkat lunak *geosoft* dengan masukan berupa data koordinat titik ukur, peta DEM, dan ketinggian masing-masing data.

11. Anomali Bouguer Lengkap

Setelah data bacaan gravitasi dikoreksi maka didapat nilai anomali bouguer lengkap:

$$ABL = G_{\text{obs}} - G_n + FAC - BC + TC \quad (3.6)$$

Dimana:

ABL	= Anomali bouguer lengkap
G_{obs}	= Nilai gravitasi obeservasi
G_n	= Nilai gravitasi koreksi lintang(gravitasi normal)
FAC	= <i>Free air correction</i> / koreksi udara bebas
BC	= <i>Bouguer correction</i> /koreksi Bouguer
TC	= <i>Terrain correction</i> / koreksi topografi

Kemudian nilai anomali tersebut dikonturkan dengan menggunakan *software* Surfer 13.

12. Reduksi ke bidang datar

Proses pengangkatan ke bidang datar perlu dilakukan karena nilai anomali bouguer yang sudah terkoreksi merupakan nilai yang masih terpapar pada topografi, yaitu terletak pada titik-titik yang tidak teratur dengan ketinggian yang bervariasi. Reduksi ke bidang datar dilakukan dengan metode Dampney menggunakan *software matlab*.

13. Pemisahan Anomali

Untuk mendapatkan anomali lokal dan regional perlu dilakukan kontinuitas ke atas dilakukan bertujuan untuk memperkecil pengaruh topografi. Kontinuitas ke atas dilakukan dengan menggunakan kontinuitas *surface to surface* dari data yang sudah di reduksi ke bidang datar (Islamiyah, 2015). Kontinuitas ke atas bisa dilakukan dengan bantuan *software magpick*.

14. Pemodelan Struktur Bawah Permukaan

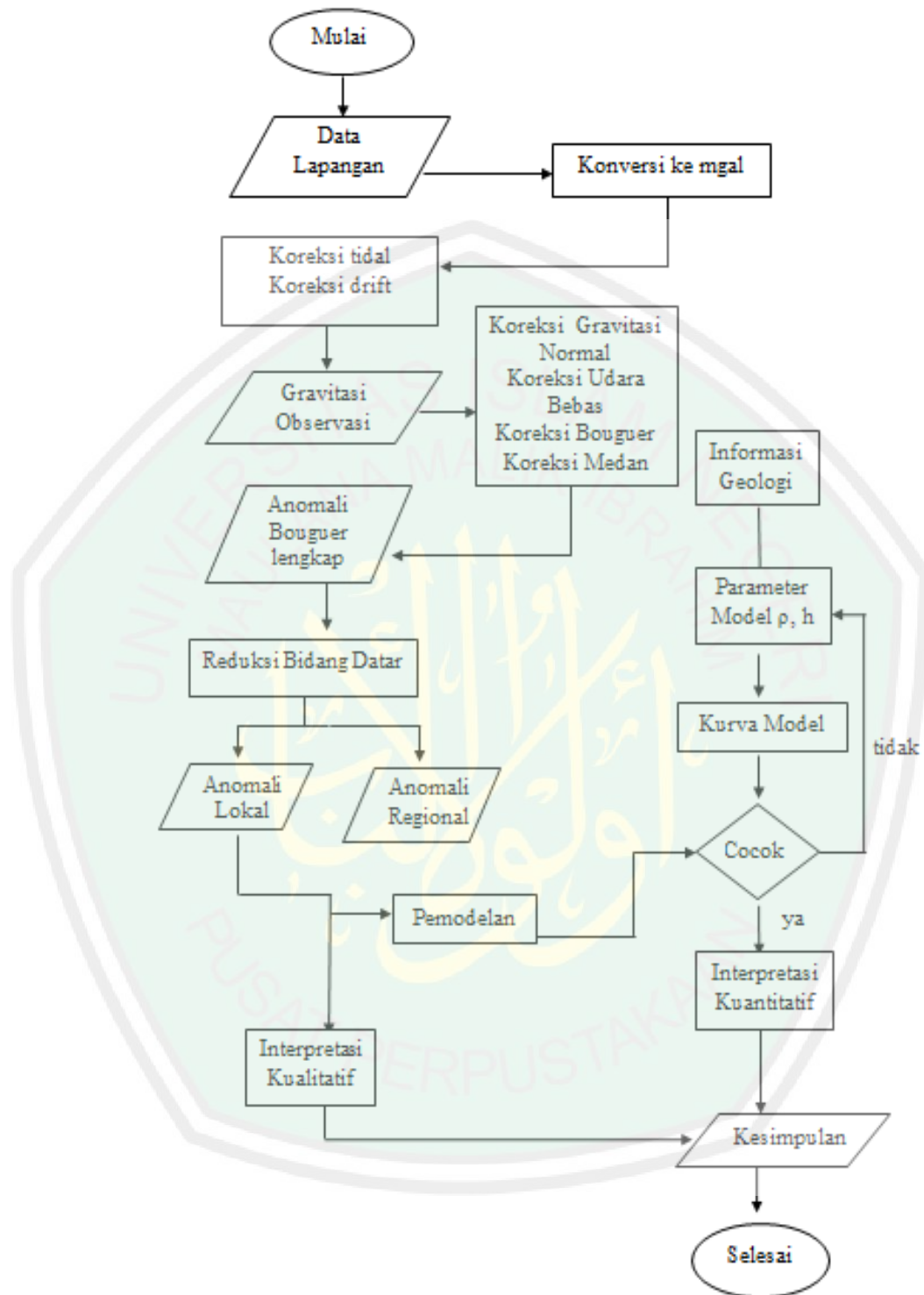
Pemodelan struktur geologi bawah permukaan diproses menggunakan *software oasis montaj* berdasarkan data anomali lokal.

3.6 Interpretasi

Tahap interpretasi dilakukan secara kualitatif dan kuantitatif dengan control informasi geologi. Interpretasi kualitatif dilakukan dengan menganalisis persebaran nilai anomali lokal pada area penelitian yang telah dikonturkan menggunakan *software surfer*. Sedangkan interpretasi kuantitatif dilakukan menganalisis model bawah permukaan dari suatu penampang anomali lokal dengan menggunakan *software oasis montaj*



3.7 Diagram Alir



Gambar 3.2 Diagram Alir

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Metode gravity adalah salah satu metode eksplorasi dalam geofisika yang mencari perbedaan nilai medan gravitasi dari satu titik pengamatan ke titik pengamatan yang lainnya dikarenakan oleh distribusi massa di bawah permukaan daerah penelitian. Metode gravity cukup baik dilakukan untuk eksplorasi pendahuluan guna menjadi acuan eksplorasi menggunakan metode-metode eksplorasi geofisika lainnya.

4.1 Deskripsi Batuan Daerah Singosari

Lembar geologi Malang terletak pada lajur formasi Solo-Gunungapi kuartar yang diapit oleh lajur formasi Kendeng di bagian utara dan lajur formasi pegunungan Selatan di bagian selatan. Lajur formasi Solo-Gunungapi kuartar menindih formasi Jombang yang ada di bawahnya dan menindih Formasi Kabuh yang berada di bawah formasi Jombang.

Struktur geologi yang terdapat di lembar Malang dipengaruhi oleh tektonika yang berlangsung sekitar akhir Pleistosen awal hingga Holosen. Hal ini mengakibatkan terjadinya sesar, lipatan lemah, kelurusan, kawah, gawir, dan barangko. Susunan batuan (Stratigrafi) yang tersingkap di lembar Malang yaitu batuan klastik, eplikastik, piroklastik dan aluvium, yang berumur dari Plistosen Awal hingga Resen. Terdapat dua lajur formasi di lembar stratigrafi Malang, Lajur Kabuh dan Lajur Solo-Gunungapi Kuartar.

Pada Lajur Formasi Solo-Gunungapi kuartar diperkirakan berumur Plistosen Akhir hingga Holosen yang terendapkan pada lingkungan darat, dimana sebagian besar tersingkap batuan epiklastik dan piroklastik yang terbagi atas batuan

gunungapi anjasmara tua (Qpat), batuan gunungapi kuarter bawah, batuan gunung kuarter tengah, formasi welang (Qpw), tuf-malang (Qvtm), batuan gunungapi arjuno-welirang (Qvaw), batuan gunungapi tengger (Qvt), batuan gunungapi kuarter atas, tuf-rubano (Qvtr), batuan gunungapi bromo, pasir gunungapi tengger, dan endapan rombakan cemaratinga, serta endapan teras.

4.2. Akuisisi Data

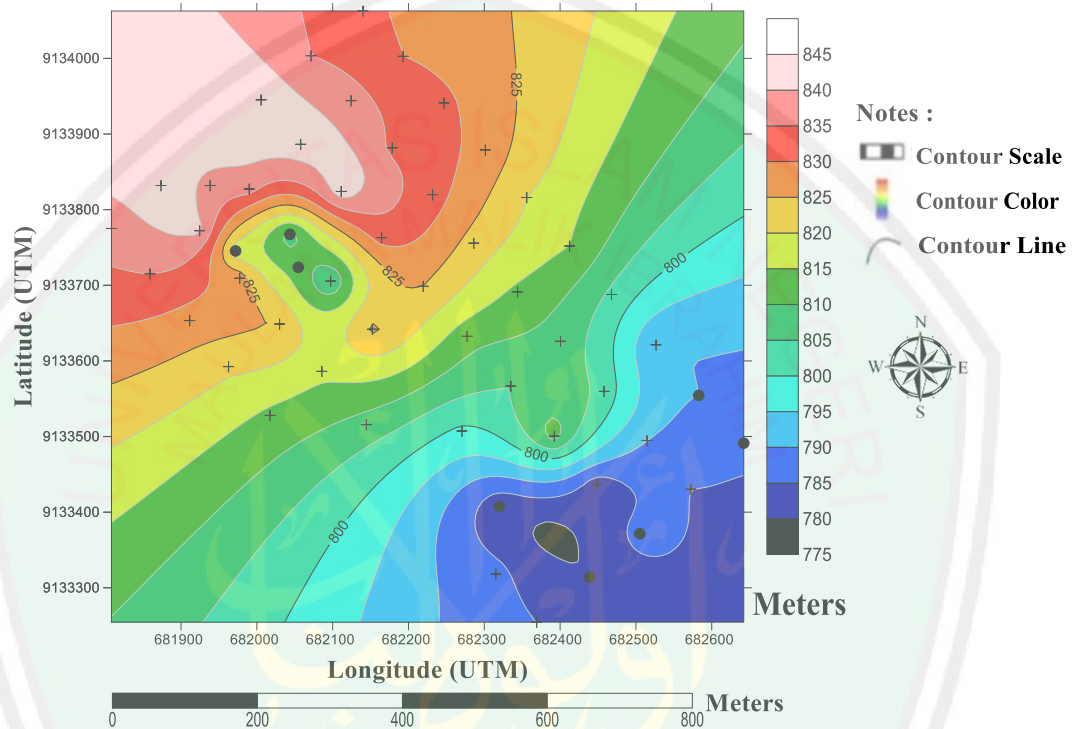
Data yang diambil saat di lapangan menggunakan alat Gravimeter La-Coste Romberg tipe G-1053. Area penelitian berada di Petungwulung, Singosari, Malang dengan luasan area sekitar 600 meter x 480 meter. Jarak pengambilan data pada setiap titik adalah sejauh 80 meter, pengambilan data dilakukan sebanyak 3 kali kemudian diambil nilai rata-rata dari ketiga data tersebut yang bertujuan untuk mengurangi error dan *noise* pada saat pengambilan data. Selain data anomali Gravitasi yang diambil kita juga harus mengambil data ketinggian tempat pengukuran, koordinat bujur dan lintang tempat, serta waktu pengambilan data yang meliputi hari, jam, menit, dan detik.

4.3. Pengolahan Data

Data yang diperoleh saat pengamatan tidak serta menjadi data olahan terakhir untuk melakukan Interpretasi Kualitatif dan Interpretasi Kuantitatif. Data tersebut masih terdapat kontribusi banyak hal, dimana *noise* pada saat pengambilan sangat mungkin terjadi sehingga harus dilakukan beberapa koreksi pada data tersebut.

Proses koreksi tersebut diawali dengan mengkonversi nilai pembacaan alat ke satuan milligal yang bertujuan untuk memperoleh nilai Anomali Bouger.

Kemudian dilakukan koreksi pasang surut (*tide correction*) untuk mengurangi pengaruh gaya gravitasi bumi, bulan, dan matahari terhadap data yang didapatkan, serta dilakukan koreksi apungan (*drift correction*) yang bertujuan untuk menghilangkan *noise* yang disebabkan guncangan alat pada saat pengambilan data.

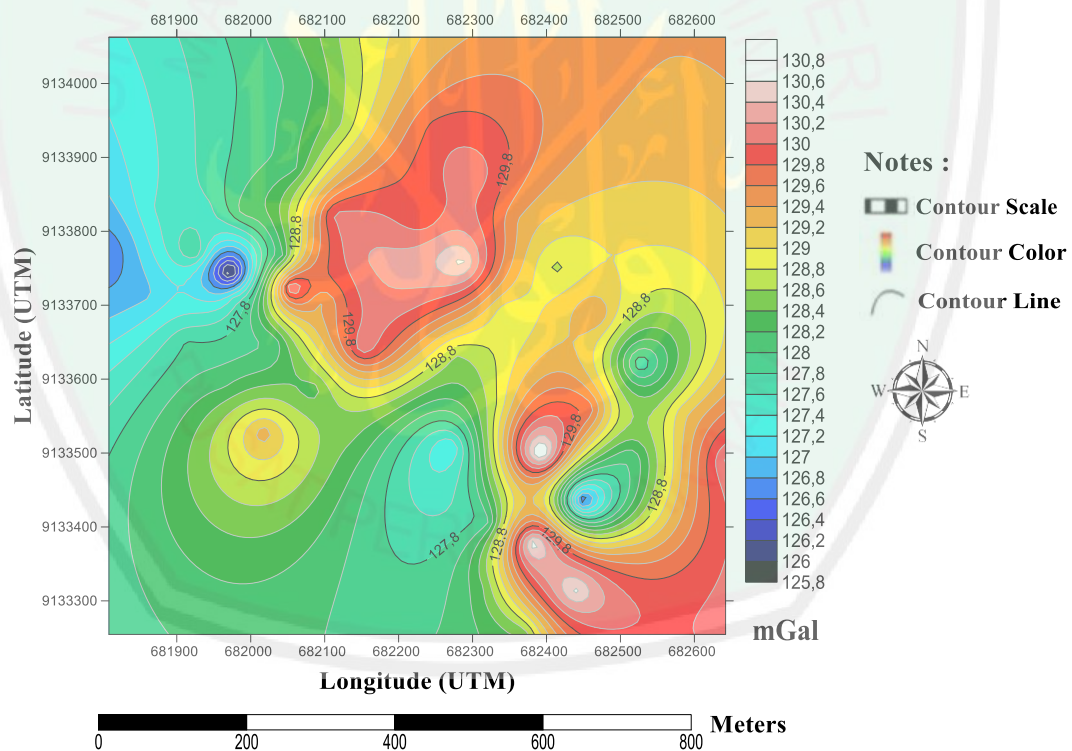


Gambar 4.1 Kontur Topografi dan Titik Pengambilan Data Daerah Penelitian

Dari gambar kontur topografi daerah penelitian di atas dapat dilihat bahwa daerah penelitian memiliki kontur yang tidak datar, yang ditandai dengan nilai skala ketinggian yang berbeda-beda warna, ada yang rendah ditunjukkan warna biru kehitaman, sedang ditunjukkan warna hijau, dan tinggi ditunjukkan warna pink keputih-putihan.

4.4. Anomali Bouguer Lengkap

Anomali Bouguer Lengkap akan didapatkan setelah melakukan proses koreksi-koreksi standar dalam metode gravitasi. Setelah melalui proses koreksi didapatkan nilai anomali lengkap yang dapat dihitung secara teoritis. Sebaran anomali bouguer di daerah penelitian berkisar antara 125,8 – 130,8 mGal. Nilai-nilai yang didapat dari perhitungan teoritis kemudian dikonturkan dengan *software* surfer13 yang dimana nilai inputannya adalah bujur (UTM), lintang (UTM), dan nilai anomali bouguer lengkap yang dapat dilihat pada gambar 4.2 dibawah ini.



Gambar 4.2 Kontur Anomali Bouguer Lengkap

4.5. Reduksi Bidang Datar

Data Anomali Bouguer Lengkap sendiri masih berada pada ketinggian yang bervariasi yang dapat menyebabkan distorsi pada data tersebut. Untuk meminimalisir distorsi tersebut maka dilakukan dengan membawa Anomali Bouguer Lengkap tersebut ke suatu ketinggian tertentu, dan metodenya dengan menggunakan sumber ekuivalen titik massa.

Pada metode ekuivalen sumber titik massa akan dilakukan penentuan kedalaman titik massa diskrit pada suatu kedalaman tertentu di bawah permukaan dengan memanfaatkan anomali bouguer lengkap pada topografi. Selanjutnya dihitung medan gravitasi teoritis yang disebabkan oleh sumber ekuivalen pada *regular surface* sembarang yang dikehendaki. Penentuan kedalaman bidang ekuivalen dilakukan dengan cara menginput nilai diantara syarat batas yang ditentukan dengan hasil pola kontur dan nilai anomali yang mendekati pola kontur nilai Anomali Bouguer Lengkap, yang dapat ditulis dengan :

$$2,5 \Delta x < h-z < 6 \Delta x \quad (4.1)$$

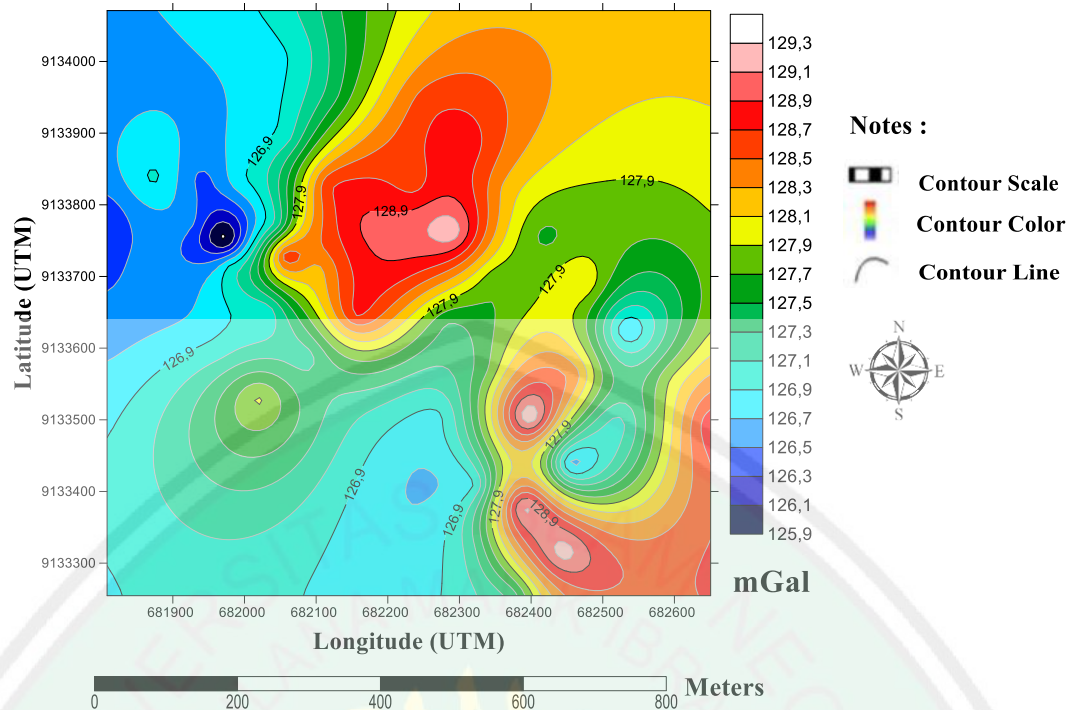
Dimana :

Δx = jarak antar titik pengamatan

h = kedalaman penarikan sumber ekuivalen titik massa

z = ketinggian titik pengamatan

Adapun kontur hasil Reduksi Bidang Datar dapat dilihat pada gambar 4.3 sebagai berikut :



Gambar 4.3 Kontur Anomali Hasil Reduksi Bidang Datar

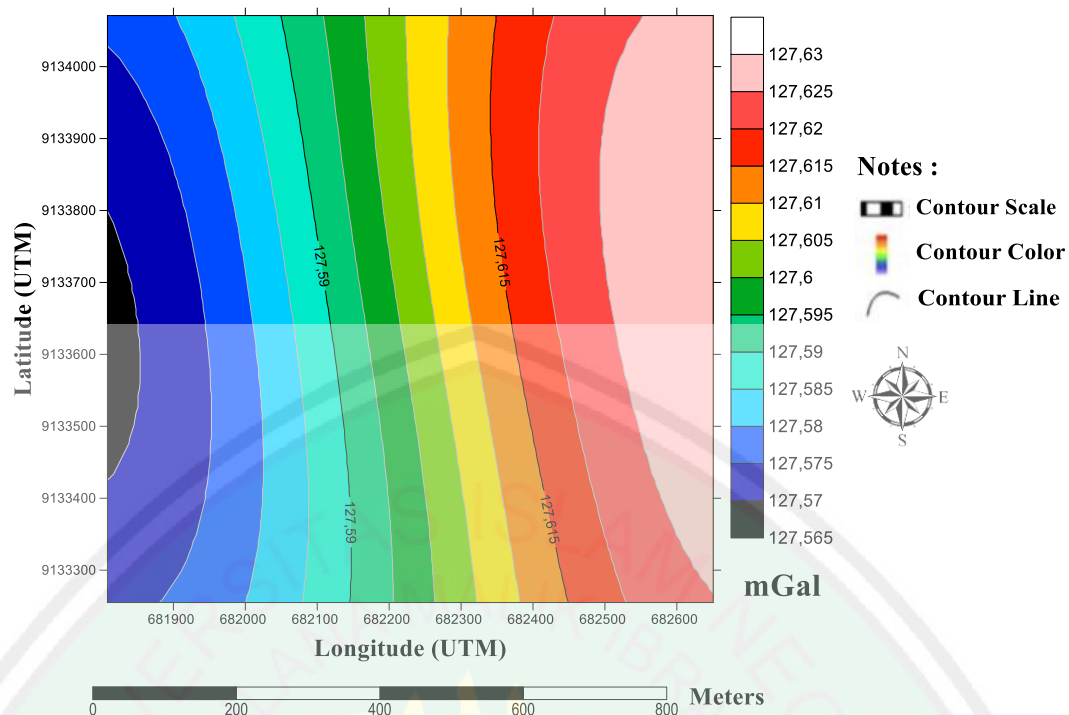
4.6. Interpretasi Kualitatif

Data anomali hasil Reduksi Bidang Datar sendiri masih merupakan campuran antara anomali regional dan anomali lokal. Interpretasi kualitatif adalah bentuk penafsiran suatu bentuk penafsiran suatu anomali dengan membaca pola anomali gravitasi serta dihubungkan dengan struktur geologi daerah penelitian dan data-data kebumihan lainnya. Interpretasi ini secara umum akan memberikan gambaran geologi bawah permukaan daerah penelitian. Gambaran umum yang dihasilkan dari penafsiran ini hanya berupa pola-pola struktur geologi tertentu saja, belum menyangkut akan ukuran besaran geologi daerah penelitian.

Interpretasi kualitatif dilakukan untuk menganalisis anomali yang diduga terdapat benda atau batuan mineral target dari penelitian. Pemisahan anomali lokal dan anomali regional dari kontur anomali Reduksi Bidang Datar dilakukan dengan cara Kontinuasi ke atas. Kontinuasi ke atas merupakan suatu proses perubahan

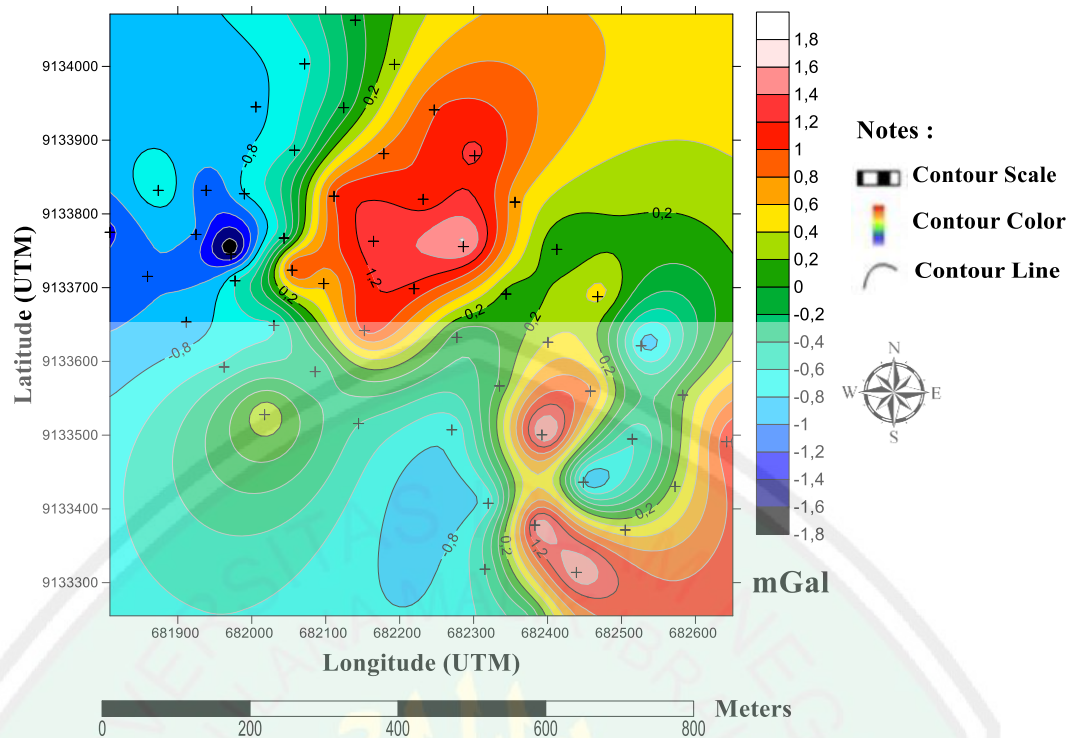
data yang diukur pada suatu level permukaan menjadi data yang seolah-olah terukur berada pada level permukaan yang lebih tinggi. Dalam penelitian kali ini proses Kontinuasi ke atas pada data menggunakan *software magpick*. Metode Kontinuasi ke atas pada dasarnya digunakan untuk menghilangkan efek lokal sehingga akan didapatkan kecenderungan pada regionalnya saja. Hasil yang diperoleh kemudian dikurangkan terhadap anomali medan gravitasi bouguer lengkap hasil Reduksi Bidang Datar, sehingga didapatkan anomali medan gravitasi lokal yang siap diinterpretasi.

Proses Kontinuasi ke atas adalah proses perubahan data medan potensial yang diukur pada suatu level permukaan menjadi data yang seolah-olah diukur pada level permukaan yang lebih atas, kontinuasi ke atas juga merupakan salah satu cara yang digunakan untuk menjadi filter yang berguna untuk menghilangkan *noise/bising* yang ditimbulkan pada saat pengambilan data oleh benda-benda dekat permukaan. Percobaan Kontinuasi ke atas pada data penelitian dilakukan pada rentang pengangkatan 300-1000 meter dengan renteng percobaan pada setiap pengangkatan yaitu 100 meter. Kontinuasi ke atas dianggap paling bagus terletak pada pengangkatan 800 meter, selanjutnya kontur hasil pemisahan oleh *software magpick* dikonturkan lagi dengan *surfer13*.



Gambar 4.4 Kontur Anomali Regional Hasil Kontinuasi ke Atas

Pada gambar 4.4 dapat dilihat nilai anomali gravitasi regional terlihat stabil, terletak pada 127,565 - 127,63 mGal. Asumsi ini juga dapat dilihat bahwa pada konturnya tidak terdapat closur-closur garis kontur yang menutup pada setiap warna garis kontur telah terbuka. Hal tersebut menunjukkan bahwa telah tidak adanya pengaruh anomali lokal pada pengangkatan 800 meter. Nilai anomali lokal sendiri dapat dihitung dengan mencari selisih antara anomali bouguer lengkap hasil Reduksi Bidang Datar dengan anomali regional hasil pengangkatan 800 meter dengan *software magpick*.



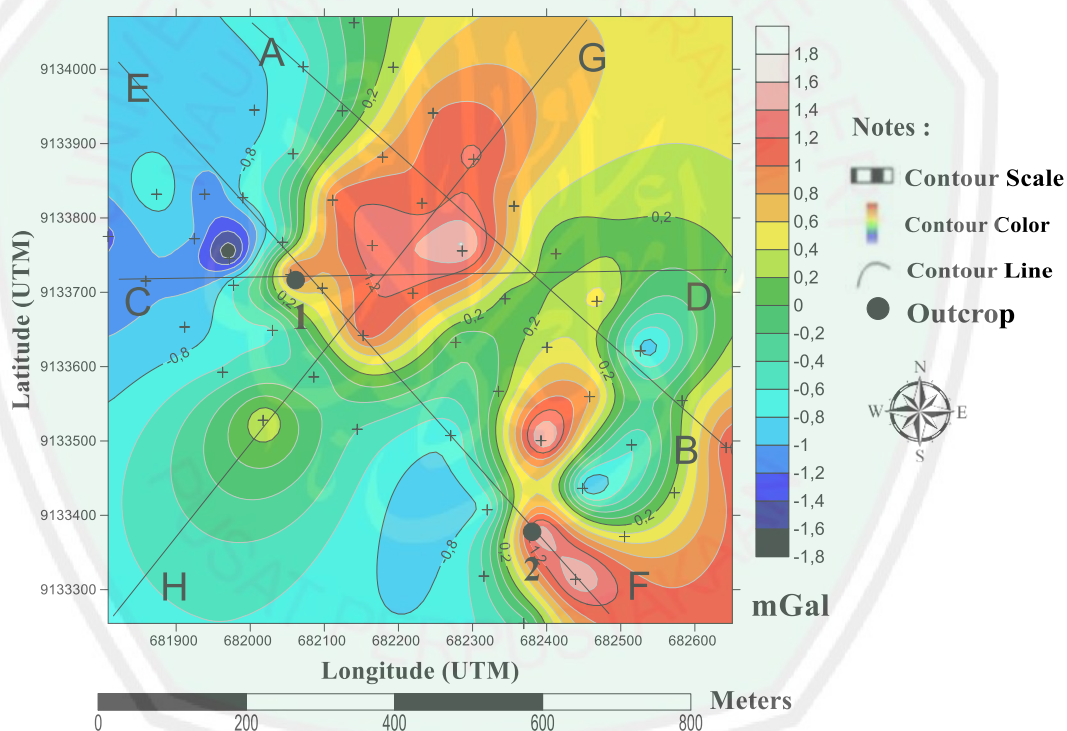
Gambar 4.5 Kontur Anomali Lokal Hasil Kontinuasi ke Atas

Berdasarkan peta anomali lokal yang ditunjukkan pada gambar 4.5 nilai anomali berada pada rentang -1,8 mGal sampai 1,8 mGal. Secara kualitatif pola kontur anomali lokal area penelitian menunjukkan pola anomali rendah (-1,8 mGal sampai -0,6 mGal), sedang (-0,6 mGal sampai 0,6 mGal), tinggi (0,6 mGal sampai 1,8 mGal). Dimana besar kecilnya nilai anomali pada daerah penelitian dipengaruhi oleh beberapa hal yakni densitas batuan, posisi batuan dan besar badan batuan.

Pada daerah penelitian dibutuhkan target anomali tinggi yang merupakan pendugaan posisi target yaitu pasir Vulkanik. Secara kualitatif pola anomali tinggi ditunjukkan dari skala 0,6 mGal sampai 1,8 mGal.

4.7. Interpretasi Kuantitatif

Setelah anomali regional dan lokal dipisahkan kemudian akan dilakukan interpretasi pada anomali lokal. Interpretasi dilakukan dengan menganalisa dan mengiris pada kontur anomali lokal, proses ini dinamakan dengan interpretasi kuantitatif. Interpretasi Kuantitatif dilakukan dengan menganalisis penampang pola anomali sepanjang lintasan tertentu yang telah ditentukan. Dalam penelitian ini dibuat empat lintasan *slice* pada kontur anomali lokal untuk mendapatkan kontur penampang bawah permukaannya yaitu penampang AB, CD, EF, dan GH.



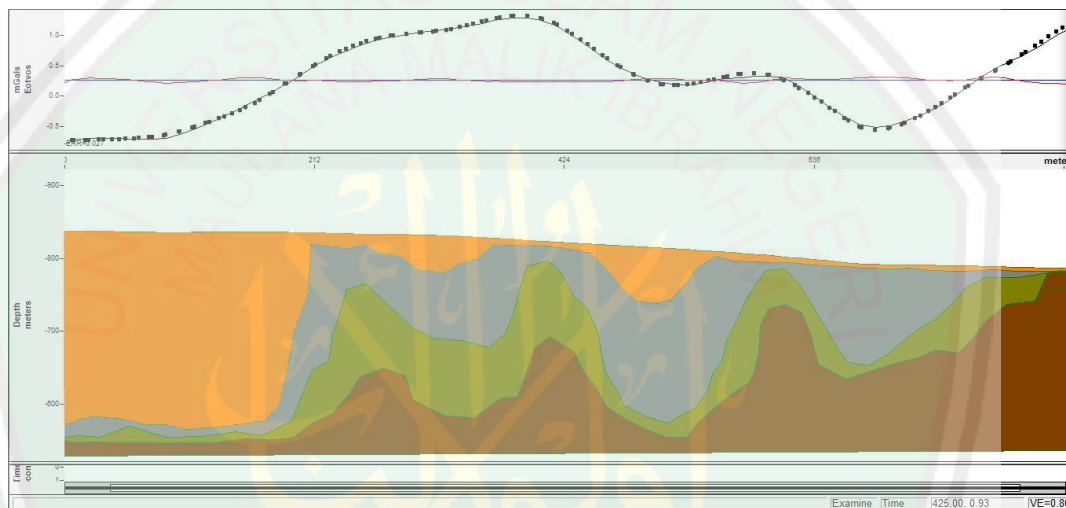
Gambar 4.6 Profil *Slice* AB, CD, EF dan GH Pada Kontur Anomali Lokal

Dalam interpretasi kuantitatif ini terdapat ambiguitas karena beragam model penampang yabf dapat dihasilkan, karena terdapatnya parameter rapat massa, geometri dan titik kedalaman tidak pasti. Oleh sebab itu diperlukan data pendukung berupa data geologi daerah penelitian, dan rapat massa batuan. Dalam

penelitian kali ini digunakan *software Oasis Montaj* untuk membuat model penampang bawah permukaan dari kontur anomali lokal.

4.7.1. Lintasan *Slice AB*

Lintasan *slice AB* pada peta kontur anomali lokal adalah sebagai berikut merupakan profil lintasan *slice AB* yang memotong pola kontur anomali lokal dari sedang ke tinggi, yang memperoleh model penampang bawah permukaan seperti pada gambar 4.7.



Gambar 4.7 Model Penampang Anomali Lokal Lintasan AB

Penafsiran litologi batuan pada daerah penelitian didasari oleh data geologi daerah penelitian. Berdasarkan informasi geologi daerah penelitian diketahui bahwa daerah penelitian berada pada formasi batuan Gunung api Arjuno-Welirang *Qvaw* yaitu batuan batuan pasir, batuan andesit, batuan basalt, tanah (lempung, dan gambut), serta di daerah penelitian juga terdapat mineral piroklastik dimana terdapat kandungan bijih besi dan magnesium yang terreminalisasi dengan nimeral-mineral vulkanik lainnya selama kurun waktu geologi.

Model penampang AB pada gambar 4.8 dimodelkan hingga kedalaman 400 meter dan mempunyai 4 *error body* warna, serta dengan *error* pemodelan penampang sebesar 0,027%.

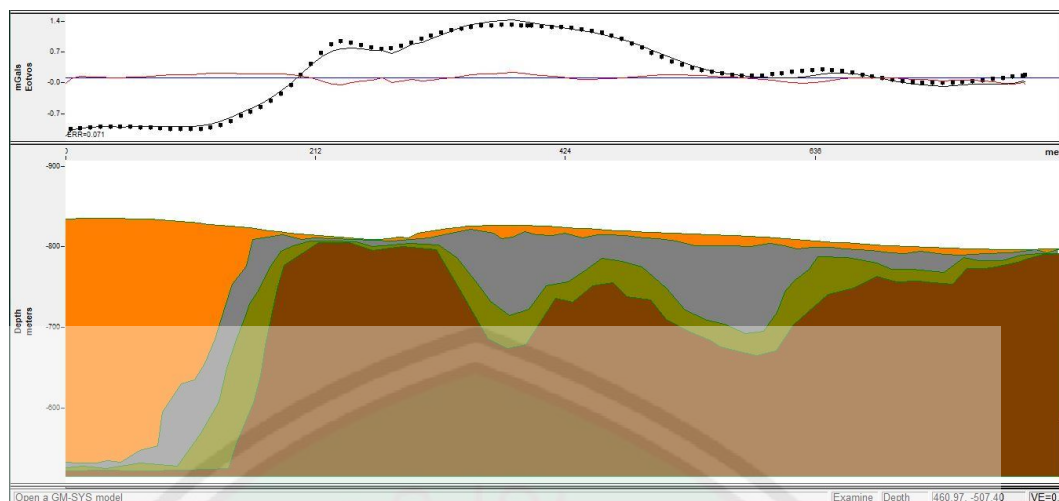
Tabel 4.1 Hasil Model Lintasan AB

No.	Skala Warna	Densitas	Jenis Batuan
1		1,8 gr/cm ³	Tanah
2		2 gr/cm ³	Pasir
3		2,6 gr/cm ³	Batuan Andesit
4		3 gr/cm ³	Batuan Basalt

Berdasarkan tabel 4.1 dapat dilihat bahwa terdapat 4 *body* warna lapisan penampang. Jenis pertama ditunjukkan dengan densitas 1,8 gr/cm³ dan diinterpretasikan sebagai lapisan tanah. Jenis kedua ditunjukkan dengan densitas 2 gr/cm³ dan diinterpretasikan sebagai lapisan pasir. Jenis ketiga ditunjukkan dengan densitas 2,6 gr/cm³ dan diinterpretasikan sebagai lapisan batuan Andesit. Jenis keempat ditunjukkan dengan densitas 3 gr/cm³ dan diinterpretasikan sebagai lapisan batuan basalt.

4.7.2. Lintasan *Slice* CD

Lintasan *slice* CD pada peta kontur anomali lokal adalah sebagai berikut merupakan profil lintasan *slice* CD yang memotong pola kontur anomali lokal dari sedang ke tinggi, yang memperoleh model penampang bawah permukaan seperti pada gambar 4.8.



Gambar 4.8 Model Penampang Anomali Lokal Lintasan CD

Model penampang CD pada gambar 4.8 dimodelkan hingga kedalaman 400 meter dan mempunyai 4 *error body* warna, serta dengan *error* pemodelan penampang sebesar 0,071%.

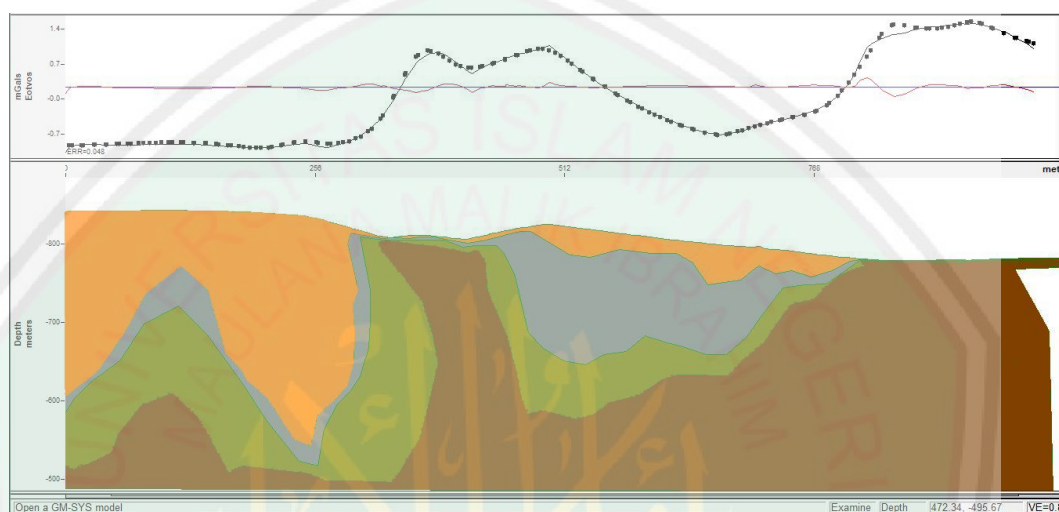
Tabel 4.2 Hasil Model Lintasan CD

No.	Skala Warna	Densitas	Jenis Batuan
1		1,8 gr/cm ³	Tanah
2		2 gr/cm ³	Pasir
3		2,6 gr/cm ³	Batuan Andesit
4		3 gr/cm ³	Batuan Basalt

Berdasarkan tabel 4.2 dapat dilihat bahwa terdapat 4 *body* warna lapisan penampang. Jenis pertama ditunjukkan dengan densitas 1,8 gr/cm³ dan diinterpretasikan sebagai lapisan tanah. Jenis kedua ditunjukkan dengan densitas 2 gr/cm³ dan diinterpretasikan sebagai lapisan pasir. Jenis ketiga ditunjukkan dengan densitas 2,6 gr/cm³ dan diinterpretasikan sebagai lapisan batuan Andesit. Jenis keempat ditunjukkan dengan densitas 3 gr/cm³ dan diinterpretasikan sebagai lapisan batuan basalt.

4.7.3. Lintasan *Slice* EF





Lintasan *slice* EF pada peta kontur anomali lokal adalah sebagai berikut merupakan profil lintasan *slice* EF yang memotong pola kontur anomali lokal dari sedang ke tinggi, yang memperoleh model penampang bawah permukaan seperti pada gambar 4.9.



Gambar 4.9 Model Penampang Anomali Lokal Lintasan EF

Model penampang EF pada gambar 4.9 dimodelkan hingga kedalaman 400 meter dan mempunyai 4 *error body* warna, serta dengan *error* pemodelan penampang sebesar 0,051%.

Tabel 4.3 Hasil Model Lintasan EF

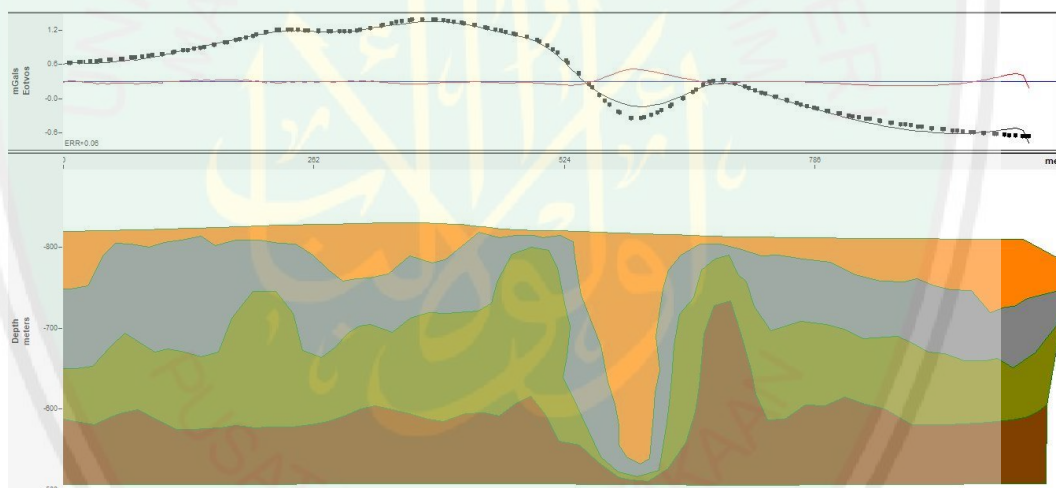
No.	Skala Warna	Densitas	Jenis Batuan
1		1,8 gr/cm ³	Tanah
2		2 gr/cm ³	Pasir
3		2,6 gr/cm ³	Batuan Andesit
4		3 gr/cm ³	Batuan Basalt

Berdasarkan tabel 4.3 dapat dilihat bahwa terdapat 4 *body* warna lapisan penampang. Jenis pertama ditunjukkan dengan densitas 1,8 gr/cm³ dan

diinterpretasikan sebagai lapisan tanah. Jenis kedua ditunjukkan dengan densitas 2 gr/cm^3 dan diinterpretasikan sebagai lapisan pasir. Jenis ketiga ditunjukkan dengan densitas $2,6 \text{ gr/cm}^3$ dan diinterpretasikan sebagai lapisan batuan Andesit. Jenis keempat ditunjukkan dengan densitas 3 gr/cm^3 dan diinterpretasikan sebagai lapisan batuan basalt.

4.7.4. Lintasan *Slice GH*





Lintasan *slice* EF pada peta kontur anomali lokal adalah sebagai berikut merupakan profil lintasan *slice* GH yang memotong pola kontur anomali lokal dari sedang ke tinggi, yang memperoleh model penampang bawah permukaan seperti pada gambar 4.10.



Gambar 4.10 Model Penampang Anomali Lokal Lintasan GH

Model penampang GH pada gambar 4.10 dimodelkan hingga kedalaman 400 meter dan mempunyai 4 *error body* warna, serta dengan *error* pemodelan penampang sebesar 0,06%.

Tabel 4.4 Hasil Model Lintasan GH

No.	Skala Warna	Densitas	Jenis Batuan
1		1,8 gr/cm ³	Tanah
2		2 gr/cm ³	Pasir
3		2,6 gr/cm ³	Batuan Andesit
4		3 gr/cm ³	Batuan Basalt

Berdasarkan tabel 4.4 dapat dilihat bahwa terdapat 4 *body* warna lapisan penampang. Jenis pertama ditunjukkan dengan densitas 1,8 gr/cm³ dan diinterpretasikan sebagai lapisan tanah. Jenis kedua ditunjukkan dengan densitas 2 gr/cm³ dan diinterpretasikan sebagai lapisan pasir. Jenis ketiga ditunjukkan dengan densitas 2,6 gr/cm³ dan diinterpretasikan sebagai lapisan batuan Andesit. Jenis keempat ditunjukkan dengan densitas 3 gr/cm³ dan diinterpretasikan sebagai lapisan batuan basalt.

4.8. Model Penampang 3 Dimensi



Gambar 4.11 Model Penampang 3 Dimensi AB, CD, EF, GH.

4.9 Pembahasan

Pengolahan data gravitasi pada umumnya dilakukan sampai pada tahap interpretasi kuantitatif dan interpretasi kualitatif dan peneliti dapat membuat pendugaan tentang geologi bawah permukaan daerah penelitian. Namun hasil 2 dimensi yang didapat dari pemodelan penampang *slice* AB, CD, EF, dan GH diperlukan adanya pemodelan 3 dimensi. Pemodelan struktur secara 3 dimensi dilakukan agar dapat melihat keselarasan dan kesinambungan antara tiap hasil model 2 dimensi pola tiap lintasan pada daerah penelitian.

Model penampang 3 dimensi adalah hasil pengolahan data gravitasi 2 dimensi pola tiap lintasan yang digabungkan atau direkonstruksi menjadi bentuk 3 dimensi (3D Vertikal) yang dimana memperhatikan letak titik perpotongan tiap lintasan serta target lapisan pada penelitian. Pemodelan ini diharapkan memberikan kondisi lapisan bawah permukaan serta gambaran kondisi geologi bawah permukaan dengan memperhatikan korelasi antar setiap model penampang pada daerah penelitian.

Dari gambar penampang 3D menunjukkan struktur bawah permukaan yang kompleks, antara lain lipatan siklin dan antiklin, dimana lipatan siklin adalah bentuk lipatan yang cekung ke arah atas, sedangkan lipatan antiklin adalah lipatan yang cembung ke arah atas. Lipatan dapat dilihat secara lebih jelas pada pemodelan 2 dimensi lintasan A-B dan lintasan C-D, sedangkan pada pemodelan 2 dimensi lintasan E-F dan lintasan G-H tidak terdapat lipatan dikarenakan basic batuan lapisan paling bawah diduga terkena erosi yang diakibatkan oleh perubahan alam dan terisi oleh lapisan batuan di atasnya.

Susunan batuan-batuan pada daerah penelitian terdapat pada formasi batuan Gunungapi Arjuno-Welirang (Qvaw) yang memiliki ketebalan puluhan meter hingga ratusan meter. Dimana informasi tersebut sesuai dengan lembar geologi daerah Malang.

Berdasarkan hasil interpretasi kualitatif dan kuantitatif, potensi pasir vulkanik tersebar merata di bawah permukaan daerah penelitian dari arah barat hingga timur. Dugaan ini diperkuat dengan hasil model 2 dimensi serta keadaan geologi yang dapat dilihat secara langsung yang terletak di area singkapan 1 dan singkapan 2.

Pasir Vulkanik di daerah penelitian sendiri mempunyai kandungan Besi (*Fe*) dan Magnesium (*Mg*) yang teremineralisasi bersama mineral-mineral lainnya dalam kurun waktu yang lama (*geologic time*). Dari proses remineralisasi tersebut, menyebabkan mineral besi (unsur besi) yang terdapat pada pasir vulkanik terkumpul secara alami berdasarkan densitas yang terkandung didalamnya, sehingga menjadi mineral pasir besi dan bijih besi. Hal tersebut didukung oleh Kementerian ESDM (2014), dimana pada pasir vulkanik memiliki kandungan besi (*Fe*) dan Magnesium (*Mg*) sehingga memiliki nilai densitas dan kemagnetan tertentu.

Diduga pasir vulkanik pada daerah penelitian berasal dari Gunungapi Arjuno-Welirang sendiri mengalami aktivitas letusan vulkanik pertama kali terjadi sekitar 5 juta tahun yang lalu. Gunungapi Arjuno-Welirang merupakan jenis gunungapi *Stratovolcano* (gunungapi tipe A) yang antara lain disebut juga gunungapi kuarter muda yang memiliki ketinggian sekitar 3339 mdpl yang masih

aktif sampai saat ini, dimana letusan terakhir terjadi pada tahun 1952 (Kementrian ESDM, 2011).

Aktivitas Vulkanik sendiri memuntahkan material pasir vulkanik, material tersebut berukuran butiran halus, kasar, hingga kerikil-kerikil yang terlontarkan dari jarak beberapa kilometer, puluhan, ratusan, hingga ribuan kilometer dari pusat semburan atau kawah. Material pasir vulkanik tersebut tertransportasi oleh aliran air dan angin menuju ke berbagai arah dari pusat letusan dan terendapkan ke wilayah tertentu, sehingga daerah tersebut akan terbentuk endapan sedimen pasir di bawah permukaan tanah.

Berdasarkan geologi daerah penelitian yang dapat dilihat, dibawah endapan sedimen pasir vulkanik terdapat endapan batuan beku berupa batuan Andesit dan Batuan Basalt. Batuan Andesit dan Basalt menempati dalam formasi Gunungapi Arjuno-Welirang (*Qvaw*), dimana pada formasi Arjuno-Welirang ini tersusun atas batuan gunungapi berupa breksi gunungapi, lava, breksi tufan, tuf, aglomerat, serta lahar yang membentuk aliran lava (*lava flow*). Formasi tersebut memiliki ketebalan sekitar puluhan sampai ratusan meter, dan diperkirakan berumur Plistosen Akhir.

4.10 Integrasi dan Hikmah Penelitian Dalam Al-Qur'an

Mineral-mineral yang terdapat dibawah permukaan tanah sendiri terutama pasir vulkanik yang menjadi target penelitian ini terjadi akibat aktivitas vulkanik ataupun aktivitas tektonik dari bumi. Dimana Mineral hasil aktivitas Vulkanik dan tektonik tersebut tertransportasi ke berbagai penjuru melalui angin maupun aliran, yang kemudian termineralisasi. Remineralisasi tersebut terjadi dalam kurun waktu geologi (*geological time*) dan menjadi endapan-endapan di bawah

permukaan tanah. Aktivitas Vulkanik dan Tektonik tersebut dijelaskan Allah SWT dalam Qs Al-Muzammil ayat 14:

يَوْمَ تَرْجُفُ الْأَرْضُ وَالْجِبَالُ وَكَانَتِ الْجِبَالُ كَثِيبًا مَّهِيلًا

Artinya : *“Pada hari bumi dan gunung-gunung bergoncangan, dan menjadilah gunung-gunung itu tumpukan-tumpukan pasir yang berterbangan.”*

Pasir dan batuan Gunungapi merupakan padatan hasil erupsi. Material hasil aktivitas vulkanik tersebar kurang lebih 80% di seluruh bumi. Pasir Vulkanik di dalamnya memiliki kandungan Silika (Si), Aluminium (Al), Besi (Fe), dan Magnesium (Mg). Keterangan tersebut diperkuat dan terintegrasi dalam Al-Qur'an Surah An-Nahl ayat 8, yang berbunyi :

وَاللَّهُ جَعَلَ لَكُمْ مِمَّا خَلَقَ ظِلَالًا وَجَعَلَ لَكُمْ مِنَ الْجِبَالِ أَكْنَانًا وَجَعَلَ لَكُمْ سُرُرًا وَجَعَلَ لَكُمْ مِنَ الْحَرِّ وَسُرُورًا وَسُرُرًا بِأَسْفَلِكُمْ ۚ
كَذَلِكَ يُبَيِّنُ نِعْمَتَهُ عَلَيْكُمْ لَعَلَّكُمْ تُسْلِمُونَ

Artinya : *“Dan Allah menjadikan bagimu tempat bernaung dari apa yang telah Dia ciptakan, dan Dia jadikan bagimu tempat-tempat tinggal di gunung-gunung, dan Dia jadikan bagimu pakaian yang memeliharaku dari panas dan pakaian (baju besi) yang memelihara kamu dalam peperangan. Demikianlah Allah menyempurnakan nikmat-Nya atasmu agar kamu berserah diri (kepada-Nya)”*

Besi sendiri sangat bermanfaat bagi kehidupan manusia. Besi dapat diolah sebagai alat-alat dalam bidang pembangunan maupun industri. Dalam bidang pembangunan sendiri besi dapat digunakan untuk dasar pondasi dari semua konstruksi, pembangunan infrastruktur jalan, dan sebagai campuran bahan mineral lainnya. Dalam industri sendiri besi dapat digunakan untuk membuat alat-alat pendukung pabrik maupun kehidupan sehari-hari, contohnya untuk bahan dasar pembuatan alat dapur, dan pesawat sederhana (cangkul, pisau, sabit, dll). Adapun

ayat yang menjelaskan terdapat dalam Al-Qur'an Surah Al-Kahfi ayat 96, yang berbunyi :

ءَاثُونِي رُبْرَ الْحَدِيدِ حَتَّىٰ إِذَا سَاوَىٰ بَيْنَ الصَّدَفَيْنِ قَالَ أَنفُحُوا حَتَّىٰ إِذَا جَعَلَهُ نَارًا قَالَ ءَاثُونِي أفرغ عَلَيْهِ قَطْرًا

Artinya : *“Berilah aku potongan-potongan besi”. Hingga apabila besi itu telah sama rata dengan kedua (puncak) gunung itu, berkatalah Dzulkarnain: "Tiuplah (api itu)". Hingga apabila besi itu sudah menjadi (merah seperti) api, diapun berkata: "Berilah aku tembaga (yang mendidih) agar aku kutuangkan ke atas besi panas itu”*”

Besi merupakan Sumber Daya Alam yang tidak dapat diperbaharui. Seyogyanya diperlukan ilmu untuk tetap menjaga ketersediannya di bumi. Eksploitasi yang berlebih akan membuat ketersediannya semakin menipis, dan Allah SWT sendiri juga berfirman agar menjaga alam serta Sumber Daya yang ada didalamnya.

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil interpretasi pengolahan data dan pembahasan, sehingga dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Berdasarkan interpretasi hasil peta anomali lokal, peta anomali reduksi bidang datar, dan pencocokan dengan informasi geologi daerah penelitian, dapat dilihat dan disimpulkan bahwa potensi sebaran lapisan pasir vulkanik terdapat pada 2 wilayah yang terbentang antara utara sampai selatan daerah penelitian. Wilayah pertama berada pada arah timur daerah penelitian di sekitar singkapan 1, dan wilayah kedua berada pada arah barat daerah penelitian di sekitar singkapan 2 yang kedua-duanya ditunjukkan oleh nilai penyimpangan anomali yang tinggi. Pendugaan tersebut didukung oleh model sayatan hasil pemodelan 2 dimensi, dimana potensi sebaran pasir vulkanik terdapat pada lapisan 2 model sayatan, yang berkesinambungan antara lapisan batuan dan penampang sayatan. Potensi sebaran pasir vulkanik sendiri terletak pada kedalaman sekitar 30 – 125 meter dibawah permukaan, dengan nilai densitas sebesar 2 gr/cm^3 .
2. Berdasarkan hasil sayatan pemodelan 2 dimensi, informasi geologi daerah penelitian, dan informasi singkapan, terdapat empat lapisan pada penelitian kali ini. Lapisan pertama tersusun atas tanah dengan densitas $1,7 \text{ gr/cm}^3$, lapisan kedua tersusun atas pasir, batuan pasir, pasir vulkanik, dan material hasil proses vulkanisme dengan densitas 2 gr/cm^3 yang merupakan target penelitian, lapisan ketiga tersusun atas batuan andesit

dengan densitas $2,6 \text{ gr/cm}^3$, lapisan keempat tersusun atas batuan basalt dengan densitas 3 gr/cm^3 .

5.2 Saran

Diharapkan dalam proses analisis data didukung dengan lebih memahami litologi dan geofomologi daerah penelitian agar potensi pasir vulkanik terinterpretasikan secara lebih detail serta dengan mempertimbangkan lembar geologi daerah penelitian.



DAFTAR PUSTAKA

- Ariyanto, Sandy Viki. Sunaryo. Adi Susilo. 2014. *Pendugaan Kantong Magma Gunungapi Kelud Berdasarkan Data Gravity Menggunakan Metode Ekvivalen Titik Massa*. Magister Thesis. Malang : Universitas Brawijaya
- Aufia, Yusrifa F. Karyanto. Rustadi. 2017. *Penduggan Patahan Daerah "Y" Berdasarkan Anomali Gayaberat Dengan Analisis Derivative*. Lampung : Jurusan Teknik Geofisika, Universitas Lampung.
- Bahri, Radinal J. Dkk. 2015. *Aplikasi Metode Gayaberat Untuk Memprediksi Potensi Panasbumi Di Daerah Kuningan, Jawa Barat*. Fisbusi (JoF) Vol.3 No.3
- Blakely, Richard J. 1995. *Potential Theory in Gravity and Magnetic Application*. New York : Cambridge University Press.
- Burger, Robert H. 1992. *Exploration Geophysics of the Shallow Subsrface*. New Jersey : Prentice Hall.
- Dampney, CGN. 1969. *The Equivalent Source Technique*, Geophysics Vol.34, No.1
- Dewi, Anis Kurnia. 2015. *Identifikasi Struktur Dan Sistem Panas Bumi Daerah Lilli-Sepporaki Berdasarkan Analisis Data Anomali Bouguer*. Skripsi. Lampung : Universitas Lampung
- Departemen Agama RI. 2010. *Al-Qur'an dan Tafsirnya : Edisi yang Disempurnakan*. Jakarta : Penerbit Lentera Abadi.
- Dobrin, Milton B. 1960. *Introduction to Geophysical Prospecting*. New York : McGraw-Hill Book Company Inc.
- Freie Universitat Berlin. 2003. *Instruction Manual Model G & D Gravity Meters* [PDF]. userpage.fu-berlin.de/geodyn/instrument/Manual_Lacoste_GDI (diakses pada 30 Oktober 2019)
- GPG. 2017. *Densities of Sedimentary Rocks*. [https://gpg.geosci.xyz /content/physical_properties/tables/density_sedimentary_rocks.html](https://gpg.geosci.xyz/content/physical_properties/tables/density_sedimentary_rocks.html) (diakses pada 30 Oktober 2019)
- Grantr, F. S. 1954. *A Theory For The Regional Correction Of Potential Field Data*. Geophysics, 19, 23-45
- Griffin, W.R. 1949. *Residual Gravity in Theory and Practice*. Geophysics, 14, 39-56

- Henderson, R. G, and Zietz, I. 1949. *The Upward Continuation Of Anomalies in Total Magnetic Intensity Fields*. Geophysics, 14, 517- 34
- Islamiyah, Rofikatul. 2015. *Analisa Data Gravitasi Untuk Memodelkan Struktur Bawah Permukaan Geologi Bawah Permukaan Ranu Segaran*. Skripsi. Malang : Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang
- Jacobs,J.A, Russel,R.D, Wilson,J.Tuzo. 1974. *Physical and Geology*. New York: McGraw-Hill Book Company Inc.
- Kadir WGA. 1999. *Survey gaya berat 4 dimensi dan dinamika sumber bawah permukaan*. Surabaya: Prosiding HAGI XXIV.
- Kementrian Energi dan Sumber Daya Mineral. 2011. *Data Dasar Gunungapi Indonesia*. Bandung: Badan Geologi, Pusat Sumber Daya Geologi. ESDM.
- Kementrian Energi dan Sumber Daya Mineral. 2014. *Pasir Besi Di Indonesia. Geologi, Eksplorasi dan Pemanfaatannya*. Bandung : Badan Geologi, Pusat Sumber Daya Geologi. ESDM.
- Kirbani, S.B. 2001. *Panduan Workshop Eksplorasi Geofisika: Metode Gravitasi*. Yogyakarta: Laboratorium Geofisika Universitas Gadjah Mada.
- LaCoste, Lucien, Clarkson, N and Hamilton, G. 1967. *LaCoste and Rombergstabilized Platform Shipboard Gravimeter*. Geophysics, 32, 99-109
- Longman, I.M. *Formula for Computing the Tidal Acceleration Due to the Moon and Sun*. Journal Geophysics Research. Vol.64 2351-2355.
- Lowrie, William. 2007. *Fundamental of Geophysics : Second Edition*. New York : Cambridge University.
- Rahman, M, Dkk. 2014. *Pendugaan Struktur Bawah Permukaan 2^{1/2} Dimensi di Kawasan Gunungapi Kelud Berdasarkan Survei Gravitasi*. NATURAL B, Vol.2, No.3
- Reynold, J.M. 1997. *An Introduction to Applied and Enviromental Geophysics*. England: Jhn Wiley and Sons Inc.
- Sari, Indah Permata. 2012. *Studi Komparasi Metode Filtering Untuk Pemisahan Anomali Regional dan Residual Dari Data Anomali Bouguer*. Skripsi. Depok: Universitas Indonesia.
- Siebert, A. J. F. 1942. *Determination Of The Bouguer Correction Constant*. Geophysics, 7, 29-34
- Sunaryo. 1997. *Panduan Praktikum Geofisika*. Malang: Universitas Brawijaya

Taufiquddin. 2014. *Identifikasi Struktur Bawah Permukaan Potensi Panas Bumi Dengan Metode Gravity (Studi Kasus di Daerah Sumber Air Panas Desa Lombang Kecamatan Batang-Batang Kabupaten Sumenep)*. Skripsi. Malang: Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

Telford, W.M, Gerald, L.P. dan Syeriff, R.E. 1990. *Applied Geophysics Second Edition*. New York: Cambridge Univeesity Press.

Torkis, Rahman. 2012. *Analisa dan Pemodelan Struktur Bawah Permukaan Berdasarkan Metode Gaya Berat di Daerah Prospek Panas Bumi Gunung Lawu*. Skripsi. Depok: Universitas Indonesia.

Wachidah, Nurin. 2018. *Identifikasi Struktur Lapisan Bawah Permukaan Daerah Potensial Mineral Dengan Menggunakan Metode Gravitasi di Lapangan A, Pongkor, Jawa Barat*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.



The logo is a shield-shaped emblem with a light green background and a white border. It features the text "UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM" in a light green font along the top edge and "PUSAT PERPUSTAKAAN" along the bottom edge. In the center, there is a yellow calligraphic emblem. Overlaid on the logo is the word "LAMPIRAN" in a large, bold, black serif font.

LAMPIRAN

Lampiran 1 Data Hasil Pengolahan

Point	Coordinat			Reading		
	Latitude	Longitude	Elevation	1,00	2	3
Fisika UB	-7,952897	112,611842	500	1691,20	1691,2	1691,2
Base A	-7,829091	112,646464	889	1590,95	1591,03	1591,03
1	-7,833294	112,648931	837	1600,84	1600,84	
12	-7,833833	112,649394	835	1601,49	1601,58	1601,55
2	-7,832777	112,649521	843	1600,47	1600,44	1600,43
3	-7,832270	112,650107	838	1601,53	1601,47	1601,45
4	-7,831748	112,650714	843	1600,92	1600,92	
5	-7,831219	112,651310	835	1602,66	1602,66	
6	-7,830682	112,651930	831	1604,10	1604,1	
7	-7,831222	112,652411	830	1604,69	1604,69	
8	-7,831754	112,651791	837	1602,83	1602,83	
9	-7,832278	112,651190	842	1601,35	1601,35	
10	-7,832815	112,650577	837	1602,24	1602,24	
11	-7,833316	112,649986	841	1601,03	1601,27	1601,27
13	-7,834391	112,649871	828	1603,72	1603,72	
24	-7,834939	112,650338	821	1605,45	1605,45	
23	-7,834428	112,650946	825	1604,54	1604,55	1604,55
26	-7,834992	112,651454	816	1606,59	1606,59	
25	-7,835521	112,650836	814	1607,97	1607,98	1607,97
35	-7,835627	112,651988	808	1608,19	1608,19	
50	-7,837406	112,653545	787	1611,65	1613,09	1613,09
59	-7,837980	112,654035	785	1613,04	1612,87	1612,89
Tambang 2	-7,836599	112,653583	781	1613,11	1613,11	
45	-7,835756	112,654237	812	1609,97	1610,06	1610,06
44	-7,835218	112,654830	803	1610,60	1610,58	1610,6
43	-7,834659	112,655449	790	1610,94	1611	1611
54 (Tambang 2)	-7,835262	112,655962	790	1612,50	1612,5	1612,5
55 (Tambang 2)	-7,835831	112,656503	786	1614,40	1614,4	
56	-7,836383	112,655872	785	1613,61	1613,61	
53	-7,835803	112,655346	790	1611,44	1611,43	1611,56
52	-7,836335	112,654748	782	1611,60	1611,6	
57 (Tambang 2)	-7,836918	112,655264	787	1613,32	1613,32	
58	-7,837441	112,654667	780	1616,20	1616,1	1615,98
51	-7,836863	112,654156	779	1616,37	1616,33	1616,33
Base A	-7,829091	112,646464	889	1591,03	1591,02	1591,03

Base B	-7,829091	112,646464	889	1591,03	1591,03	
14	-7,833882	112,650467	828	1603,47	1603,47	
Tambang 1	-7,833556	112,650417	817	1603,90	1603,9	
15 (Tambang 1)	-7,833356	112,651066	808	1608,05	1608,05	
Tambang 1	-7,833750	112,651167	813	1609,13	1609,13	
22	-7,833912	112,651555	805	1609,83	1609,83	
27	-7,834486	112,652056	826	1606,60	1606,6	
28	-7,833970	112,652662	825	1606,60	1606,73	1606,66
21	-7,833391	112,652163	832	1605,48	1605,48	
16	-7,832840	112,651677	843	1603,13	1603,14	1603,14
17	-7,832316	112,652285	834	1604,51	1604,51	
18	-7,831777	112,652901	831	1605,26	1605,26	
19	-7,832337	112,653399	828	1606,14	1606,14	
20	-7,832874	112,652770	832	1605,12	1605,12	
29	-7,833452	112,653265	823	1607,21	1607,98	1607,96
30	-7,832904	112,653896	820	1607,02	1607,02	
31	-7,833482	112,654411	815	1606,81	1607,58	1607,58
42	-7,834059	112,654914	804	1610,19	1610,19	
41	-7,834621	112,654307	808	1609,23	1609,23	
32	-7,834032	112,653791	814	1607,63	1607,63	
33	-7,834566	112,653190	812	1607,74	1607,74	
40	-7,835159	112,653715	805	1609,37	1609,37	
39	-7,835698	112,653132	799	1608,90	1608,9	
Base B	-7,829091	112,646464	889	1591,14	1591,09	1591,02

Average	UTM		Reading Correction			
	Latitude	Longitude	Counter Reading	Value	Interval	Sisa
1691,2000	677639,3985	9120556,221	1600	1622,5	1,01409	91,2000
1591,0033	681538,89	9134241,79	1600	1622,5	1,01409	-8,9967
1600,8400	681808,28	9133775,09	1600	1622,5	1,01409	0,8400
1601,5400	681859,06	9133715,24	1600	1622,5	1,01409	1,5400
1600,4467	681873,59	9133831,92	1600	1622,5	1,01409	0,4467
1601,4833	681938,39	9133831,92	1600	1622,5	1,01409	1,4833
1600,9200	682005,59	9133945,22	1600	1622,5	1,01409	0,9200
1602,6600	682071,48	9134003,51	1600	1622,5	1,01409	2,6600
1604,1000	682140,1	9134062,64	1600	1622,5	1,01409	4,1000
1604,6900	682192,98	9134002,7	1600	1622,5	1,01409	4,6900
1602,8300	682124,35	9133944,13	1600	1622,5	1,01409	2,8300
1601,3500	682057,82	9133886,41	1600	1622,5	1,01409	1,3500
1602,2400	681989,97	9133827,35	1600	1622,5	1,01409	2,2400
1601,1900	681924,63	9133772,14	1600	1622,5	1,01409	1,1900

1603,7200	681911,46	9133653,33	1600	1622,5	1,01409	3,7200
1605,4500	681962,7	9133592,46	1600	1622,5	1,01409	5,4500
1604,5467	682030	9133648,76	1600	1622,5	1,01409	4,5467
1606,5900	682085,75	9133586,18	1600	1622,5	1,01409	6,5900
1607,9733	682017,35	9133527,89	1600	1622,5	1,01409	7,9733
1608,1900	682144,41	9133515,75	1600	1622,5	1,01409	8,1900
1612,6100	682315,31	9133318,24	1600	1622,5	1,01409	12,6100
1612,9333	682369,12	9133254,59	1600	1622,5	1,01409	12,9333
1613,1100	682319,81	9133407,57	1600	1622,5	1,01409	13,1100
1610,0300	682392,38	9133500,52	1600	1622,5	1,01409	10,0300
1610,5933	682458,02	9133559,71	1600	1622,5	1,01409	10,5933
1610,9800	682526,52	9133621,23	1600	1622,5	1,01409	10,9800
1612,5000	682582,84	9133554,37	1600	1622,5	1,01409	12,5000
1614,4000	682642,2	9133491,22	1600	1622,5	1,01409	14,4000
1613,6100	682572,39	9133430,41	1600	1622,5	1,01409	13,6100
1611,4767	682514,59	9133494,78	1600	1622,5	1,01409	11,4767
1611,6000	682448,45	9133436,2	1600	1622,5	1,01409	11,6000
1613,3200	682505,1	9133371,45	1600	1622,5	1,01409	13,3200
1616,0933	682439,02	9133313,89	1600	1622,5	1,01409	16,0933
1616,3433	682382,92	9133378,02	1600	1622,5	1,01409	16,3433
1591,0267	681538,89	9134241,79	1600	1622,5	1,01409	-8,9733
1591,0300	681538,89	9134241,79	1600	1622,5	1,01409	-8,9700
1603,4700	681977,42	9133709,37	1600	1622,5	1,01409	3,4700
1603,9000	681972,01	9133745,43	1600	1622,5	1,01409	3,9000
1608,0500	682043,63	9133767,28	1600	1622,5	1,01409	8,0500
1609,1300	682054,64	9133723,65	1600	1622,5	1,01409	9,1300
1609,8300	682097,35	9133705,56	1600	1622,5	1,01409	9,8300
1606,6000	682152,33	9133641,9	1600	1622,5	1,01409	6,6000
1606,6633	682219,47	9133698,65	1600	1622,5	1,01409	6,6633
1605,4800	682164,67	9133762,91	1600	1622,5	1,01409	5,4800
1603,1367	682111,28	9133824,03	1600	1622,5	1,01409	3,1367
1604,5100	682178,6	9133881,77	1600	1622,5	1,01409	4,5100
1605,2600	682246,76	9133941,15	1600	1622,5	1,01409	5,2600
1606,1400	682301,41	9133878,96	1600	1622,5	1,01409	6,1400
1605,1200	682231,79	9133819,86	1600	1622,5	1,01409	5,1200
1607,7167	682286,12	9133755,7	1600	1622,5	1,01409	7,7167
1607,0200	682356	9133816,02	1600	1622,5	1,01409	7,0200
1607,3233	682412,57	9133751,88	1600	1622,5	1,01409	7,3233
1610,1900	682467,77	9133687,81	1600	1622,5	1,01409	10,1900
1609,2300	682400,56	9133625,99	1600	1622,5	1,01409	9,2300
1607,6300	682343,93	9133691,31	1600	1622,5	1,01409	7,6300
1607,7400	682277,38	9133632,53	1600	1622,5	1,01409	7,7400
1609,3700	682335,04	9133566,77	1600	1622,5	1,01409	9,3700
1608,9000	682270,51	9133507,3	1600	1622,5	1,01409	8,9000

1591,0833	681538,89	9134241,79	1600	1622,5	1,01409	-8,9167
-----------	-----------	------------	------	--------	---------	---------

Reading Correctio n	Tide Correcti on	g_tdc	Drift Correction	Reading Corrected	Δg	g_Obs
mGal						978087,32 56
1714,985 01	0,0187	1715,0037 08				978079,44
1613,376 57	-0,0121	1613,3644 7	0	1613,3644 7	0	978087,32 56
1623,351 84	-0,0308	1623,3210 36	0,0755926 51	1623,2454 43	9,8809726 49	978097,20 66
1624,061 7	-0,0365	1624,0251 99	0,0302370 6	1623,9949 62	10,630491 24	978097,95 61
1622,952 96	-0,0411	1622,9118 6	0,0434657 74	1622,8683 94	9,5039241 26	978096,82 96
1624,004 23	-0,0423	1623,9619 34	0,0245676 12	1623,9373 66	10,572895 59	978097,89 85
1623,432 96	-0,0425	1623,3904 63	0,0226777 95	1623,3677 85	10,003314 7	978097,32 89
1625,197 48	-0,0415	1625,1559 79	0,0302370 6	1625,1257 42	11,761272 04	978099,08 69
1626,657 77	-0,0394	1626,6183 69	0,0264574 28	1626,5919 12	13,227441 27	978100,55 31
1627,256 08	-0,0361	1627,2199 82	0,0264574 28	1627,1935 25	13,829054 37	978101,15 47
1625,369 87	-0,027	1625,3428 75	0,0510250 4	1625,2918 5	11,927379 36	978099,25 3
1623,869 02	-0,0191	1623,8499 22	0,0340166 93	1623,8159 05	10,451434 51	978097,77 71
1624,771 56	-0,0136	1624,7579 62	0,0207879 79	1624,7371 74	11,372703 32	978098,69 83
1623,706 77	-0,0082	1623,6985 67	0,0188981 63	1623,6796 69	10,315198 64	978097,64 08
1626,272 41	-0,0002	1626,2722 15	0,0264574 28	1626,2457 57	12,881287 07	978100,20 69
1628,026 79	0,0084	1628,0351 91	0,0264574 28	1628,0087 33	14,644262 77	978101,96 99
1627,110 73	0,0172	1627,1279 29	0,0264574 28	1627,1014 72	13,737001 47	978101,06 26
1629,182 85	0,0237	1629,2065 53	0,0188981 63	1629,1876 55	15,823184 64	978103,14 88
1630,585 68	0,0322	1630,6178 78	0,0245676 12	1630,5933 1	17,228839 69	978104,55 45
1630,805 4	0,0388	1630,8441 97	0,0188981 63	1630,8252 99	17,460828 64	978104,78 65
1635,287 67	0,094	1635,3816 75	0,1889816 28	1635,1926 93	21,828222 97	978109,15 38
1635,615 56	0,1008	1635,7163 64	0,0396861 42	1635,6766 78	22,312207 56	978109,63 78

1635,794 72	0,1061	1635,9008 2	0,0491352 23	1635,8516 85	22,487214 38	978109,81 28
1632,671 32	0,1071	1632,7784 23	0,0188981 63	1632,7595 25	19,395054 24	978106,72 07
1633,242 59	0,1075	1633,3500 93	0,0377963 26	1633,3122 97	19,947826 77	978107,27 35
1633,634 71	0,1068	1633,7415 08	0,0188981 63	1633,7226 1	20,358139 74	978107,68 38
1635,176 13	0,1052	1635,2813 25	0,0226777 95	1635,2586 47	21,894176 9	978109,21 98
1637,102 9	0,1041	1637,2069 96	0,0113388 98	1637,1956 57	23,831186 8	978111,15 68
1636,301 76	0,1011	1636,4028 65	0,0245676 12	1636,3782 97	23,013826 99	978110,33 95
1634,138 37	0,0962	1634,2345 73	0,0302370 6	1634,2043 36	20,839865 54	978108,16 55
1634,263 44	0,0891	1634,3525 44	0,0340166 93	1634,3185 27	20,954057 01	978108,27 97
1636,007 68	0,0846	1636,0922 79	0,0188981 63	1636,0733 81	22,708910 34	978110,03 45
1638,820 09	0,0766	1638,8966 88	0,0302370 6	1638,8664 51	25,501981 04	978112,82 76
1639,073 61	0,0717	1639,1453 11	0,0170083 47	1639,1283 03	25,763832 25	978113,08 95
1613,400 23	0,0455	1613,4457 32	0,0812621	1613,3644 7	0	978087,32 56
1613,403 61	0,0176	1613,4212 13	0	1613,4212 13	0	978087,32 56
1626,018 89	0,0039	1626,0227 92	0,0892281 45	1625,9335 64	12,512351 45	978099,83 8
1626,454 95	-0,0008	1626,4541 51	0,0345399 27	1626,4196 11	12,998398 37	978100,32 4
1630,663 42	-0,0053	1630,6581 25	0,0374182 55	1630,6207 06	17,199493 55	978104,52 51
1631,758 64	-0,0081	1631,7505 42	0,0259049 45	1631,7246 37	18,303424 05	978105,62 91
1632,468 5	-0,0116	1632,4569 05	0,0374182 55	1632,4194 86	18,998273 75	978106,32 39
1629,192 99	-0,0157	1629,1772 94	0,0546882 18	1629,1226 06	15,701393 08	978103,02 7
1629,257 22	-0,0175	1629,2397 2	0,0316616	1629,2080 58	15,786845 4	978103,11 25
1628,057 21	-0,0192	1628,0380 13	0,0489315 64	1627,9890 82	14,567868 94	978101,89 35
1625,680 86	-0,0197	1625,6611 62	0,0777148 36	1625,5834 47	12,162234 76	978099,48 79
1627,073 55	-0,0185	1627,0550 46	0,0518098 91	1627,0032 36	13,582023 31	978100,90 77
1627,834 11	-0,0172	1627,8169 13	0,0316616	1627,7852 52	14,364039 1	978101,68 97
1628,726 51	-0,0159	1628,7106 13	0,0230266 18	1628,6875 86	15,266373 28	978102,59 2

1627,692 14	-0,0036	1627,6885 41	0,1439163 64	1627,5446 24	14,123411 74	978101,44 9
1630,325 39	0,0065	1630,3318 95	0,0834714 91	1630,2484 23	16,827210 31	978104,15 28
1629,618 91	0,0118	1629,6307 12	0,0402965 82	1629,5904 15	16,169202 52	978103,49 48
1629,926 52	0,015	1629,9415 19	0,0230266 18	1629,9184 92	16,497279 78	978103,82 29
1632,833 58	0,0243	1632,8578 77	0,0662015 27	1632,7916 76	19,370462 87	978106,69 61
1631,860 05	0,0297	1631,8897 51	0,0374182 55	1631,8523 32	18,431119 75	978105,75 67
1630,237 51	0,0362	1630,2737 07	0,0460532 36	1630,2276 53	16,806440 76	978104,13 21
1630,349 06	0,0398	1630,3888 57	0,0259049 45	1630,3629 52	16,941738 95	978104,26 74
1632,002 02	0,0429	1632,0449 23	0,0230266 18	1632,0218 97	18,600683 98	978105,92 63
1631,525 4	0,0474	1631,5728 01	0,0345399 27	1631,5382 61	18,117048 37	978105,44 27
1613,457 7	0,0585	1613,5161 98	0,0949848	1613,4212 13	0	978087,32 56

Normal Gravitation	FAC	BC	FAA	SBA	Terrain	CBA
978131,523 3	154,3	55,97655	102,21674 3	46,2401931 3		
978128,488 4	274,345 4	99,526305 9	233,18258 8	133,656282 3	-0,01	133,646282 3
978128,590 7	258,298 2	93,704744 7	226,91409 5	133,209350 7	1,304 6	134,5140
978128,603 8	257,681	93,480838 5	227,03329 5	133,552456 9	1,286 1	134,838576 9
978128,578 1	260,149 8	94,376463 3	228,40122 9	134,024765 9	1,295 5	135,320308 5
978128,565 8	258,606 8	93,816697 8	227,93953 9	134,122841	1,286 5	135,409390 4
978128,553 1	260,149 8	94,376463 3	228,92566	134,549196 9	1,252 2	135,801368 6
978128,540 2	257,681	93,480838 5	228,22768 9	134,746850 9	1,236 0	135,982821 8
978128,527 1	256,446 6	93,033026 1	228,47252 4	135,439498 2	1,214 5	136,654041 5
978128,540 3	256,138	92,921073	228,75239 9	135,831325 8	1,185 0	137,016319 8
978128,553 2	258,298 2	93,704744 7	228,99797 9	135,293234 2	1,210 5	136,503760 8
978128,566	259,841 2	94,264510 2	229,05228 3	134,787772 8	1,228 7	136,016487 6
978128,579	258,298	93,704744	228,41748	134,712738	1,259	135,972455

	2	7	4	9	7	1
978128,591 2	259,532 6	94,152557 1	228,58218 6	134,429628 8	1,274 2	135,703792
978128,617 4	255,520 8	92,697166 8	227,11030 9	134,413142 5	1,266 8	135,679901 7
978128,630 7	253,360 6	91,913495 1	226,69974 6	134,786250 4	1,256 9	136,043136 7
978128,618 3	254,595	92,361307 5	227,03932 3	134,678015 6	1,230 4	135,908426 8
978128,632	251,817 6	91,353729 6	226,33437 7	134,980647 6	1,209 3	136,189943 4
978128,644 9	251,200 4	91,129823 4	227,10995 4	135,980131	1,223 5	137,203677 1
978128,647 5	249,348 8	90,458104 8	225,48776 3	135,029658	1,223 5	136,253204 1
978128,690 8	242,868 2	88,107089 7	223,33124 3	135,224152 9	1,069 8	136,293904 6
978128,704 8	242,251	87,883183 5	223,18405	135,300866	1,034 8	136,335674 4
978128,671 2	241,016 6	87,435371 1	222,15828 4	134,722912 6	1,077 4	135,800266 5
978128,650 6	250,583 2	90,905917 2	228,65324 8	137,747330 6	1,075 9	138,823247 8
978128,637 5	247,805 8	89,898339 3	226,44171 8	136,543378 4	1,079 9	137,623241 4
978128,623 9	243,794	88,442949	222,85383 8	134,410889 4	1,079 5	135,490403 7
978128,638 6	243,794	88,442949	224,37519 7	135,932247 7	1,065 3	136,997523 4
978128,652 5	242,559 6	87,995136 6	225,06395 4	137,068817 9	1,043 4	138,112168 6
978128,665 9	242,251	87,883183 5	223,92455 5	136,041371 9	1,036 2	137,077546 6
978128,651 8	243,794	88,442949	223,30771 5	134,864765 9	1,062 8	135,927576 7
978128,664 7	241,325 2	87,547324 2	220,94015 4	133,392829 9	1,056 5	134,449297 2
978128,678 9	242,868 2	88,107089 7	224,22381 3	136,116722 9	1,029 0	137,145681 6
978128,691 7	240,708	87,323418	224,84394 8	137,520530 4	1,024 6	138,545151 6
978128,677 6	240,399 4	87,211464 9	224,81127 4	137,599808 8	1,054 9	138,654755 1
978128,488 4	274,345 4	99,526305 9	233,18258 8	133,656282 3	0,076 0	133,732282 3
978128,488 4	274,345 4	99,526305 9	233,18258 8	133,656282 3	0,047 5	133,703782 3
978128,605	255,520 8	92,697166 8	226,75376 3	134,056596 2	1,252	135,308269 4
978128,597 1	252,126 2	91,465682 7	223,85314 4	132,387461 8	1,257	133,644073 1

978128,592 2	249,348 8	90,458104 8	225,28170 7	134,823602 5	1,231	136,054965
978128,601 8	250,891 8	91,017870 3	227,91904 8	136,901178 1	1,224	138,125331 9
978128,605 7	248,423	90,122245 5	226,14115 5	136,018909 6	1,202	137,221191 6
978128,619 7	254,903 6	92,473260 6	229,31090 3	136,837642 3	1,181	138,018313 5
978128,607 2	254,595	92,361307 5	229,10031 5	136,739007 5	1,154	137,892603
978128,593 1	256,755 2	93,144979 2	230,05563 1	136,910651 7	1,175	138,085486
978128,579 7	260,149 8	94,376463 3	231,05800 7	136,681543 3	1,198	137,879569 3
978128,566 9	257,372 4	93,368885 4	229,71314 7	136,344261 7	1,182	137,526749 7
978128,553 8	256,446 6	93,033026 1	229,58247 9	136,549452 9	1,168	137,717043 6
978128,567 4	255,520 8	92,697166 8	229,54538 6	136,848219 2	1,150	137,997785 5
978128,580 5	256,755 2	93,144979 2	229,62375 6	136,478776 9	1,162	137,640536 9
978128,594 5	253,977 8	92,137401 3	229,53608 8	137,398686 3	1,144	138,542587 5
978128,581 2	253,052	91,801542	227,96561 7	136,164074 8	1,128	137,292320 9
978128,595 3	251,509	91,241776 5	226,73662 7	135,494850 4	1,111	136,606006 5
978128,609 3	248,114 4	90,010292 4	226,20116 6	136,190873 8	1,093	137,283977
978128,623	249,348 8	90,458104 8	226,48254 3	136,024438 6	1,097	137,121488
978128,608 7	251,200 4	91,129823 4	226,72380 1	135,593977 9	1,119	136,713396 2
978128,621 7	250,583 2	90,905917 2	226,22890 1	135,322984 2	1,129	136,452234 4
978128,636 1	248,423	90,122245 5	225,71321 1	135,590965 7	1,103	136,694196
978128,649 2	246,571 4	89,450526 9	223,36485 4	133,914327 1	1,119	135,033186 8
978128,488 4	274,345 4	99,526305 9	233,18258 8	133,656282 3	0,081	133,736782 3

Lampiran 2 Dokumentasi

1. Akuisisi Data Lapangan



2. Singkapan
a. Singkapan 1



b. Singkapan 2

