

**PENDUGAAN JENIS BATUAN
DI DAERAH PANASBUMI TIRIS
KABUPATEN PROBOLINGGO JAWA TIMUR
BERDASARKAN ANOMALI GAYABERAT**

SKRIPSI

HATI-HATI JUDUL

**Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Sains dalam bidang fisika**

oleh :

**TIKA YULIA ASTUTI
0910930066-93**



**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG**

2013

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

**PENDUGAAN JENIS BATUAN
DI DAERAH PANASBUMI TIRIS
KABUPATEN PROBOLINGGO JAWA TIMUR
BERDASARKAN ANOMALI GAYABERAT**

oleh:
TIKA YULIA ASTUTI
0910930066

Setelah dipertahankan di depan Majelis Penguji
pada tanggal.....
dinyatakan memenuhi syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Sains dalam bidang Fisika

Pembimbing I

Pembimbing II

Sukir Maryanto, Ph.D.
NIP. 19710621.199802.1.001

Siswo Purnomo, M.Si.

Mengetahui,
a.n Ketua Jurusan Fisika
Fakultas MIPA Universitas Brawijaya
Sekertaris

Dr. Rer. Nat. Abdurrouf, S.Si., M.Si.
NIP. 19720903.199412.1.001

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



LEMBAR PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Tika Yulia Astuti
NIM : 0910930066
Jurusan : Fisika
Penulis skripsi berjudul :

Pendugaan Jenis Batuan Di Daerah Panasbumi Tiris Kabupaten Probolinggo Jawa Timur Berdasarkan Anomali Gayaberat.

Dengan ini menyatakan bahwa :

1. Skripsi ini adalah benar-benar karya sendiri, dan bukan hasil plagiat dari karya orang lain. Karya-karya yang tercantum dalam daftar pustaka skripsi ini. Semata-mata digunakan sebagai acuan atau referensi.
2. Apabila kemudian hari diketahui bahwa isi skripsi saya merupakan hasil plagiat, maka saya akan bersedia menanggung akibat hukum dari keadaan tersebut.

Demikian pernyataan ini dibuat dengan segala kesadaran.

Malang,
Yang menyatakan,

TIKA YULIA ASTUTI
NIM. 0910930066

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



**PENDUGAAN JENIS BATUAN
DI DAERAH PANASBUMI TIRIS
KABUPATEN PROBOLINGGO JAWA TIMUR
BERDASARKAN ANOMALI GAYABERAT**

ABSTRAK

Penelitian geofisika dengan menggunakan metode gravitasi telah dilakukan di daerah sumber panasbumi Tiris, Kabupaten Probolinggo, Propinsi Jawa Timur. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui jenis batuan di daerah sekitar panasbumi Tiris berdasarkan analisis data gravitasi. Luas daerah penelitian adalah 2 km^2 dengan jumlah titik amat 70 titik. Pengolahan data dilakukan hingga didapatkan anomali *Bouguer* lengkap, dan anomali lokal. Pemisahan anomali lokal dan regional dilakukan dengan metode kontinuitas ke atas. Dari anomali lokal dilakukan pemodelan penampang melintang sebanyak 3 sayatan, yaitu A-A', B-B', dan C-C'.

Dari hasil pemodelan diperoleh pemodelan dengan kedalaman 2000 meter. Hasil dari pemodelan diketahui bahwa sayatan A-A', B-B', dan C-C' diperkirakan ada 4 jenis batuan yaitu shale, breksi gunungapi, lava dan basalt. Dari ketiga hasil tersebut dapat diketahui bahwa pada kedalaman (sekitar 1000–2000 meter) didominasi oleh batuan basalt. Pada daerah penelitian diketahui adanya sesar, dan dapat dipastikan bahwa sumber air panas yang ada dapat keluar ke permukaan melalui zona rekahan pada daerah tersebut.

Kata kunci : Gayaberat, panasbumi, Tiris, Anomali *Bouguer*

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



THE PRESUMTIVE OF ROCK TYPES IN THE AREA OF TIRIS GEOTHERMAL IN PROBOLINGGO, EAST JAVA BASED ON GRAVITY ANOMALY

ABSTRACT

Geophysical studies using the gravity method has been carried out in Tiris geothermal field, Probolinggo, East Java. This study is intended to determine the rock types in the area around the geothermal Tiris based on the gravity data analysis. The area of this research is 2 km^2 and the number of points is 70 points. Data processing was done to obtain a complete *Bouguer* and local anomaly. The separation of local and regional anomalies carried out by upward continuation method. Local anomaly was conducted by cross-sectional modeling as much as 3 slices, that is A-A', B-B', and C-C'.

From the modeling results, obtained a depth of 2000 meters. The result of the modeling showed that A-A, B-B', and C-C' slices has been estimated that there are four kind of rock, which are shale, volcanic breccia, lava, and basalt. The results of these three slices can be seen that at a depth of around 1000-2000 meters is dominated by lava and basaltic rocks. In the discovery area have been found a shear and can be ascertained that the existing hot springs can come out to the surface through a fracture zone in those area.

Keywords: Gravity, geothermal, Tiris, *Bouguer* Anomaly

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



KATA PENGANTAR

Puji syukur atas kehadiran ALLAH SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi yang berjudul “PENDUGAAN JENIS BATUAN DI DAERAH PANASBUMI TIRIS KABUPATEN PROBOLINGGO JAWA TIMUR BERDASARKAN ANOMALI GAYABERAT” dengan lancar dan sebaik-baiknya.

Segala kesulitan dan hambatan yang terjadi di dalam penulisan skripsi ini kiranya dapat teratasi karena adanya bantuan dan dorongan dari berbagai pihak sehingga mendorong penulis untuk menyampaikan rasa terima kasih sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Sukir Maryanto, Ph.D dan Siswo Purnomo M.Si, selaku pembimbing I dan pembimbing II atas bimbingan dan nasehatnya.
2. Seluruh bapak/ibu dosen Jurusan Fisika yang telah memberikan banyak ilmu dan pengalaman kepada penulis.
3. Kedua orang tua, mas Dika, dan Dimas yang senantiasa selalu memberikan semangat dan dukungan.
4. Nella, Ibnu, Tajul, dan Mus yang membantu dalam pengambilan data yang telah meluangkan waktu dan tenaganya.
5. Mas Agus, mas Budi yang telah membagi ilmunya tentang pengolahan data.
6. Teman-teman fisika 2009, yang selalu memberikan semangat dan kebersamaan yang indah.
7. Keluarga besar candi bima 3, supri, siwi, pipit, derisma yang selalu menghibur dan menjadi teman yang baik.
8. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini memiliki banyak kekurangan. Sehingga mengharapkan kritik dan saran untuk perbaikan.

Malang. Oktober 2013
Penulis

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN LEMBAR PENGESAHAN	iii
HALAMAN LEMBAR PERNYATAAN	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vii
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian	2
1.5 Manfaat Penelitian	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1 Daerah Penelitian	3
2.2 Panasbumi	4
2.3 Prinsip-prinsip Gayaberat	5
2.3.1 Teori gayaberat Newton.....	5
2.3.2 Metode gayaberat.....	6
2.3.3 Koreksi gayaberat	7
2.3.3.1 Koreksi pasang surut (tidal correction)	7
2.3.3.2 Koreksi apungan (drift correction)	8
2.3.3.3 Koreksi lintang	9

2.3.3.4 Koreksi udara bebas (<i>free air correction</i>)	9
2.3.3.5 Koreksi medan (<i>terrain correction</i>).....	10
2.3.3.6 Koreksi <i>Bouguer</i> (<i>Bouguer correction</i>).....	11
2.3.4 Anomali <i>Bouguer</i> (<i>Bouguer anomaly</i>).....	12
2.4 Penelitian Terdahulu.....	12
BAB III METODE PENELITIAN.....	15
3.1 Tempat Dan Waktu Penelitian	15
3.2 Data Penelitian	15
3.3 Peralatan Penelitian	15
3.4 Tahapan Penelitian	17
3.5 Metode Pengambilan Data	19
3.6 Pengolahan Data.....	20
3.6.1 Konversi satuan.....	20
3.6.2 Koreksi tidal.....	21
3.6.3 Koreksi apungan (<i>drift correction</i>)s.....	21
3.6.4 Koreksi lintang.....	21
3.6.5 Koreksi udara bebas (<i>free air correction</i>).....	21
3.6.6 Koreksi medan (<i>terrain correction</i>).....	21
3.6.7 Koreksi <i>Bouguer</i> (<i>Bouguer correction</i>)	22
3.6.8 Penggambaran pola anomali <i>Bouguer</i> dan anomali lokal	22
3.6.9 Pemodelan Geologi	22
3.7 Interpretasi.....	22
3.7.1 Interpretasi kualitatif	22
3.7.2 Interpretasi Kuantitatif	23

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	25
4.1 Hasil Pengolahan Data	25
4.1.1 Konversi ke miliGals	25
4.1.2 Gayaberat terkoreksi tidal dan drift	25
4.1.3 Gayaberat observasi.....	26
4.1.4 Gayaberat normal.....	26
4.1.5 Anomali <i>Bouguer</i> lengkap.....	26
4.1.6 Pemisahan anomali regional dan anomali lokal.....	27
4.2 Pembahasan.....	29
4.2.1 Interpretasi Kualitatif.....	29
4.2.2 Interpretasi kuantitatif.....	32
4.3 Perbandingan Hasil Penelitian Dengan Daerah Songgoriti....	38
4.4 Hasil Pemodelan Metode Magnetik.....	39
BAB V PENUTUP	45
5.1 Kesimpulan	45
5.2 Saran	45
DAFTAR PUSTAKA	47
LAMPIRAN.....	49

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Kondisi geologi daerah Tiris.	3
Gambar 2. 2 Model tentatif panasbumi Tiris.	4
Gambar 2. 3 Gaya tarik antara dua benda m_1 dan m_2 pada jarak r	6
Gambar 2. 4 Pengukuran gayaberat dalam satu lintasan pengukuran.	8
Gambar 2. 5 Koreksi udara bebas di atas permukaan datum.....	10
Gambar 2. 6 Koreksi <i>Bouguer</i> di atas permukaan datum.....	11
Gambar 3. 1 <i>Gravimeter LaCoste & Romberg type G-1053</i>	15
Gambar 3. 2 Tahapan penelitian	17
Gambar 3. 3 Tahapan pengolahan data	18
Gambar 3. 4 Lintasan titik pengambilan data.....	19
Gambar 4. 1 Kontur anomali <i>Bouguer</i> lengkap (interval 2 <i>mGal</i>).....	27
Gambar 4. 2 Kontur anomali lokal (interval 2 <i>mGal</i>)	28
Gambar 4. 3 Kontur anomali regional (interval kontur 1 <i>mGal</i>).....	28
Gambar 4. 4 Kontur anomali lokal <i>dioverlaykan</i> dengan peta geologi.	31
Gambar 4. 5 Kontur anomali lokal <i>dioverlaykan</i> dengan kontur topografi.	31
Gambar 4. 6 Sayatan anomali lokal A-A', B-B', dan C-C'.	33
Gambar 4. 7 Pemodelan pada sayatan anomali lokal A-A'	35
Gambar 4. 8 Pemodelan pada sayatan anomali lokal B-B'	36
Gambar 4. 9 Pemodelan pada sayatan anomali lokal C-C'	37
Gambar 4. 10 Sayatan pada metode gayaberat (atas) dan magnetik (bawah) (Fernania, 2013).	40
Gambar 4. 11 Perbandingan sayatan A-A' pada metode Gayaberat (atas) dengan metode Magnetik (bawah).	41
Gambar 4. 12 Perbandingan sayatan B-B' pada metode Gayaberat (atas) dengan metode Magnetik (bawah).	42
Gambar 4. 13 Perbandingan sayatan C-C' pada metode Gayaberat (atas) dengan metode Magnetik (bawah)	43

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Perbandingan daerah panasbumi Tiris dengan daerah lain.....	13
Tabel 3. 1 Contoh konversi pembacaan alat.....	20
Tabel 4. 1 Perbandingan daerah panasbumi Tiris dengan Songgoriti.	38

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Energi listrik merupakan salah satu energi yang sangat dibutuhkan dalam kehidupan sehari-hari. Saat ini energi listrik masih cenderung memanfaatkan energi yang tidak dapat didaur ulang, seperti minyak bumi dan gas alam. Sehingga sangat dibutuhkan energi alternatif pengganti untuk menghasilkan energi listrik. Salah satu energi alternatif yang dapat digunakan adalah energi panasbumi. Energi ini lebih ramah lingkungan dibanding dengan energi lainnya terutama energi yang dihasilkan dari minyak bumi. Sifat lain dari energi panasbumi adalah *renewable* (terbarukan) yang cenderung tidak akan habis karena pembentukannya yang terus menerus selama sistem geologi dan hidrologinya terjadi kesetimbangannya .

Jawa Timur merupakan salah satu provinsi di Indonesia yang memiliki potensi untuk mengembangkan energi panasbumi. Sumber panasbumi di Jawa Timur telah diketahui kurang lebih ada 11 lokasi sumber panasbumi di Jawa Timur. Empat dari 11 lokasi tersebut (Welirang- Arjuno, Wilis-Argopuro, Tiris-lamongan dan Blawan-Ijen) diperkirakan mempunyai cadangan yang mungkin sebesar 479 MWe dan sumber daya sebesar 203 MWe. Jika upaya eksplorasi untuk lokasi-lokasi lain dilakukan, bisa dipastikan jumlah total sumber daya (1084,5 MWe) ini akan semakin bertambah, yang semakin menambah lengkap julukan Jawa Timur sebagai Tanah Energi (land of energy) (Anonymouse,2012).

Salah satu lokasi di Jawa Timur yang berpotensi adalah di Kabupaten Probolinggo. Manifestasi yang tampak berupa sumber air panas di daerah Tiris yang memiliki potensi panasbumi yang berada di antara Gunung Lamongan dan Gunung Argopuro (Nugroho, 2012). Sumber panasbumi Tiris memiliki potensi sebesar 147 Mwe dan memiliki suhu permukaan (40-45)^oC dengan luas area mencapai 10 km² (Utama & Putra, 2012).

Salah satu survei pendahuluan yang dapat digunakan untuk mengetahui potensi panasbumi yaitu dengan melakukan survei geofisika. Survei geofisika digunakan untuk melihat struktur bawah permukaan. Salah satu metode yang dapat digunakan untuk mendeteksi panasbumi yaitu dengan metode gayaberat. Metode ini merupakan metode geofisika yang mengukur variasi gayaberat di permukaan bumi. Nilai variasi ini diakibatkan perbedaan rapat massa

batuan penyusun bawah permukaan bumi. Metode gayaberat memiliki suatu kelebihan yaitu dapat memberikan informasi yang cukup detail tentang struktur geologi dan kontras densitas batuan (Zaman, 2011).

Diketahui bahwa pada daerah panasbumi Tiris sudah pernah dilakukan survei geofisika. Survei geofisika yang pernah dilakukan antara lain adalah metode magnetik, dan metode resistivitas. Sedangkan untuk metode gayaberat dan metode lainnya belum pernah dilakukan pada daerah panasbumi Tiris (Nugroho, 2012).

Berdasarkan uraian di atas, dilakukan penelitian dengan judul “PENDUGAAN JENIS BATUAN DI DAERAH PANASBUMI TIRIS KABUPATEN PROBOLINGGO JAWA TIMUR BERDASARKAN ANOMALI GAYABERAT”.

1.2 Rumusan Masalah

Permasalahan yang dapat dirumuskan dalam penelitian ini yaitu Bagaimana jenis batuan di daerah panasbumi Tiris, Kabupaten Probolinggo?

1.3 Batasan Masalah

Penelitian ini dibatasi pada beberapa hal berikut :

1. Wilayah yang diteliti adalah daerah sekitar panasbumi Tiris yang terletak pada koordinat $7,57^{\circ}\text{LS}$ dan $113,23^{\circ}\text{BT}$.
2. Penelitian dilakukan hingga mendapatkan anomali *Bouguer* lengkap, anomali lokal, dan pemodelan untuk menentukan jenis batuan.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini yaitu :

1. Menentukan interpretasi anomali *Bouguer* lengkap dan anomali lokal data lapangan untuk mengetahui jenis batuan di daerah panasbumi Tiris.
2. Menentukan pemodelan bawah permukaan untuk mengetahui jenis batuan di daerah panasbumi Tiris.

1.5 Manfaat Penelitian

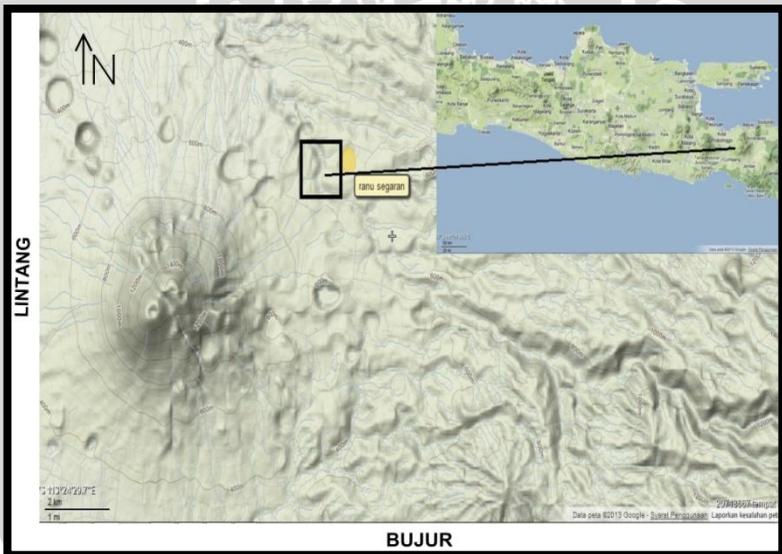
Hasil penelitian ini diharapkan dapat digunakan sebagai informasi mengenai litologi daerah panasbumi Tiris serta menambah khasanah keilmuan tentang metode gayaberat dan panasbumi.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Daerah Penelitian

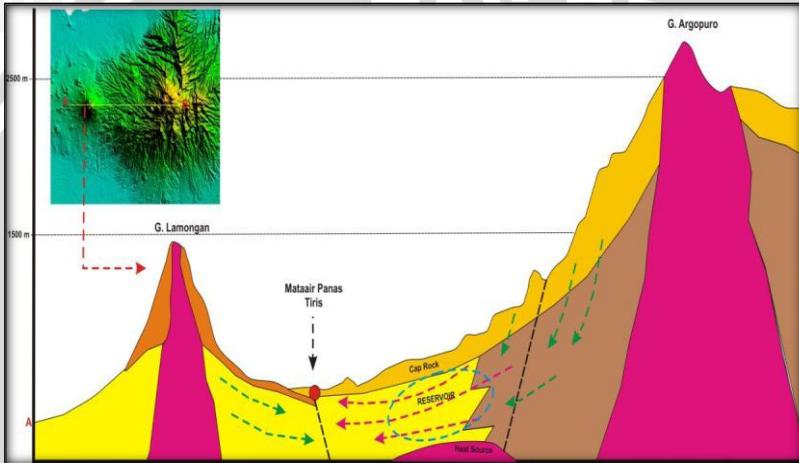
Daerah penelitian ditunjukkan pada Gambar 2.1 yang terletak di Kecamatan Tiris, Kabupaten Probolinggo. Secara geografis terletak pada $7,57^{\circ}$ LS dan $113,23^{\circ}$ BT dengan ketinggian sekitar 498 Mdpl. Tiris terletak di antara lereng Gunung Argopuro dan Gunung Lamongan. Potensi energi panasbumi ditunjukkan oleh kemunculan mataair panas di Kecamatan Tiris. Mata air panas keluar dari rekahan-rekahan pada batuan breksi andesit. Di sekitar mata air panas secara umum ditemukan adanya endapan berwarna kuning kemerahan dan sedikit berbau belerang, endapan ini merupakan unsur besi yang keluar bersama air panas tersebut dan mengalami oksidasi sehingga menunjukkan warna seperti karat (Nugroho, 2012).



Gambar 2. 1 Kondisi geologi daerah Tiris (Sumber: Wikimapia.org).

Gambar 2.2 menunjukkan model tentatif panasbumi Tiris, model tentatif merupakan perkiraan awal dari survei geologi. Secara morfologi, daerah penelitian merupakan lembah antar Argopuro dan Gunung Lamongan. Batuan penyusunnya dapat dikelompokkan

menjadi 5 yaitu : Satuan Batuan Piroklastik Geni, Lava Gunung Lamongan Tua, Satuan Batuan Piroklastik Gunung Lamongan, Satuan Breksi Gunung Lamongan, Satuan Breksi Gunung Argopuro dan Satuan Batu pasir Tarub. Peta geologi di atas belum bisa menunjukkan secara pasti arah patahan dan reservoir panasbumi yang berada diantara Gunung Argopuro dan Gunung Lamongan (Utama & Putra, 2012).



Gambar 2. 2 Model tentatif panasbumi Tiris.

2.2 Panasbumi

Menurut (Hochstein & Browne, 2000) sistem panasbumi merupakan perpindahan panas alami dalam volume tertentu dari kerak bumi yang membawa panas dari sumber panas ke tempat pelepasan panas yang umumnya adalah permukaan tanah. Sistem panasbumi ini dikategorikan menjadi tiga jenis yaitu:

1. Sistem hidrotermal, merupakan proses transfer panas dari sumber panas ke permukaan secara konveksi, yang melibatkan fluida meteorik dengan atau tanpa jejak dari fluida magmatik. Daerah rembesan berfasa cair dilengkapi air meteorik yang berasal dari daerah resapan. Sistem ini terdiri atas sumber panas, reservoir dengan fluida panas, daerah resapan, dan daerah rembesan panas berupa manifestasi.
2. Sistem vulkanik, merupakan proses transfer panas dari dapur magma ke permukaan melibatkan konveksi fluida magma. Pada sistem ini jarang ditemukan adanya fluida meteorik.

3. Sistem vulkanik-Hidrotermal, merupakan kombinasi dua sistem di atas, yang diawali dengan air magmatik yang naik kemudian bercampur dengan air meteorik.

Berdasarkan pada jenis fluida produksi dan jenis kandungan fluida utamanya, sistem hidrotermal dibedakan menjadi dua, yaitu sistem satu fasa dan sistem dua fasa. Sistem dua fasa dapat merupakan sistem dominasi air atau sistem dominasi uap. Sistem dominasi uap merupakan sistem yang sangat jarang dijumpai dimana reservoir panas buminya mempunyai kandungan fasa uap yang lebih dominan dibandingkan dengan fasa airnya. Rekahan umumnya terisi oleh uap dan pori-pori batuan masih menyimpan air. Reservoir air panasnya umumnya terletak jauh di kedalaman di bawah reservoir dominasi uapnya. Sistem dominasi air merupakan sistem panas bumi yang umum terdapat di dunia di mana reservoirnya mempunyai kandungan air yang sangat dominan. Dibandingkan dengan temperatur reservoir minyak, temperatur reservoir panasbumi relatif sangat tinggi, bisa mencapai 350°C (Saptadji, 2002).

2.3 Prinsip-prinsip Gayaberat

2.3.1 Teori gayaberat Newton

Teori gayaberat Newton merupakan hukum untuk gaya antara dua partikel. Dianggap bahwa gaya gravitasi yang dilakukan pada atau oleh suatu bola homogen sama seperti seandainya seluruh massa bola tersebut terkonsentrasi pada satu titik di pusatnya, jadi bumi merupakan bola homogen, gaya yang dilakukan olehnya terhadap suatu benda kecil bermassa m_2 dengan jarak r . Hukum medan gravitasi Newton ini menyatakan bahwa gaya tarik antara dua titik massa m_1 dan m_2 yang berjarak r (Gambar 2.3) adalah

$$\bar{F}_{12} = -G \frac{m_1 m_2}{r^2} \quad (2.1)$$

di mana,

\bar{F}_{12} = gaya tarik-menarik antara kedua benda (N)

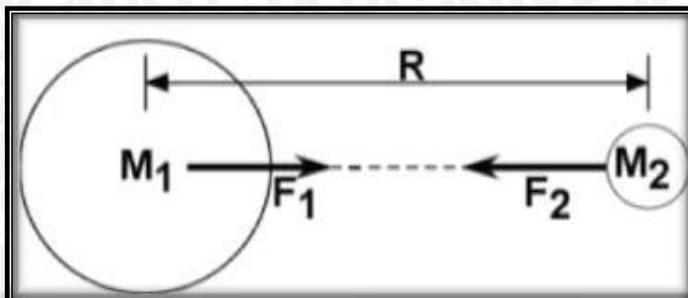
m_1 = massa benda 1 (bumi) (kg)

m_2 = massa benda 2 (kg)

r = jarak antara kedua pusat benda (m)

G = tetapan medan gravitasi ($6,67 \times 10^{-11} N.m^2/Kg^2$)

(Sears & Zemansky, 1999).



Gambar 2. 3 Gaya tarik antara dua benda m_1 dan m_2 pada jarak r

Gaya tarik bumi terhadap suatu massa yang berada di luar bumi menyebabkan massa dipercepat secara vertikal ke bawah. Percepatan yang dialami suatu massa (m_2) akibat tarikan massa lain, dalam hal ini bumi (m_1) dalam jarak r dikenal sebagai percepatan gravitasi yang dinyatakan sebagai :

$$g = \frac{F}{m_2} = -G \frac{m_1}{r^2} \quad (2.2)$$

Dengan g adalah percepatan gravitasi bumi (m/s^2) (Sears & Zemansky, 1999).

2.3.2 Metode gayaberat

Metode gravity atau gayaberat adalah salah satu metode eksplorasi geofisika yang digunakan untuk mengukur variasi medan gravitasi bumi akibat adanya perbedaan densitas antar batuan. Dalam prakteknya, metode ini mempelajari perbedaan medan gravitasi dari satu titik terhadap titik observasi lainnya. Sehingga sumber yang merupakan suatu zona massa di bawah permukaan bumi akan menyebabkan suatu gangguan pada medan gravitasi. Gangguan medan gravitasi inilah yang disebut sebagai anomali gayaberat (Telford, et al., 1990).

Dalam metode gayaberat pengukuran gayaberat dilakukan secara vertikal di permukaan bumi. Dalam kenyataannya nilai pengukuran gayaberat di permukaan bumi bervariasi. Selain dikarenakan ketidakteraturan bumi, nilai gayaberat dipengaruhi oleh ketinggian tempat, letak benda-benda langit disekitar bumi serta kondisi kerapatan batuan penyusun di bawah permukaan bumi tersebut. Oleh karena itu, hasil pengukuran dengan metode gayaberat perlu dilakukan koreksi-koreksi untuk menghilangkan pengaruh terhadapnya. Secara prinsip, metode gayaberat digunakan karena kemampuannya dalam membedakan densitas dari suatu sumber

anomali terhadap densitas lingkungan sekitarnya. Dari variasi densitas tersebut dapat diketahui bentuk struktur bawah permukaan suatu daerah (Kadir, 2000).

2.3.3 Koreksi gayaberat

2.3.3.1 Koreksi pasang surut (*tidal correction*)

Adanya benda-benda langit di sekitar bumi mengakibatkan adanya efek tarikan terhadap bumi. Bulan dan matahari memiliki massa tertentu dan terletak pada jarak yang cukup dekat dengan bumi dapat memberikan efek penarikan pada bumi. Efek penarikan ini disebut efek pasang-surut (*tidal effect*). Efek tersebut menyebabkan penyimpangan gayaberat secara periodik dari nilai normalnya (Untung, 2001).

Gaya pasang-surut akan maksimum bila bulan dan matahari terletak pada satu arah dan berlawanan, dan akan minimum jika keduanya tegak lurus. Selain itu penarikan bulan dan matahari juga memberikan efek pasang-surut terhadap benda padat di bumi. Gejala ini menjadi suatu ukuran tentang kekerasan bagian dalam bumi. Sehingga pada pengolahan data gayaberat perlu dilakukan koreksi pasang-surut. Koreksi nilai pasang surut ini nilainya berubah-ubah karena dipengaruhi oleh lintang dan waktu. Komponen tegak gaya pasang-surut Δg_{TDL} dirumuskan pada persamaan 2.3 berikut (Untung, 2001).

$$\Delta g_{TDL} = \frac{3GrM_m}{2D_m^2} \left(\cos 2a_m + \frac{1}{3} \right) - \frac{3GrM_s}{2D_s^2} \left(\cos 2a_s + \frac{1}{3} \right) \quad (2.3)$$

di mana,

Δg_{TDL} = Koreksi tidal (*mGal*)

G = konstanta gayaberat Newton ($6,67 \times 10^{-11} \text{N.m}^2/\text{Kg}^2$)

M_s = massa matahari (*Kg*)

D_s = jarak antara suatu titik di bumi ke matahari (*m*)

M_m = massa bulan (*Kg*)

D_m = jarak antara suatu titik di bumi ke bulan (*m*)

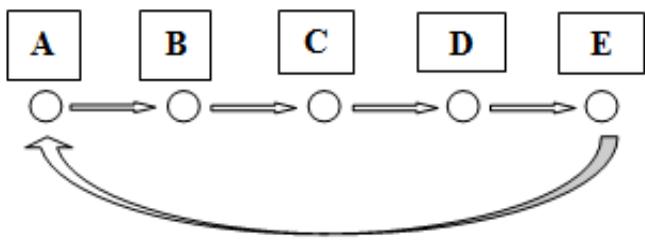
r = radius bumi apabila bulan dan matahari membuat sudut geosentrik (*m*)

a_s = sudut geosentrik matahari di titik pengamatan pada permukaan bumi (*derajat*)

a_m = sudut geosentrik bulan di titik pengamatan pada permukaan bumi (*derajat*)

2.3.3.2 Koreksi apungan (*drift correction*)

Nilai pengukuran gayaberat pada suatu titik dan diulang kembali pengukurannya maka secara teoritis nilainya akan tetap atau konstan. Namun dalam kenyataannya nilainya akan berubah. Selain diakibatkan kondisi pasang-surut, juga dapat dipengaruhi mekanisme alat. Guncangan pada saat transportasi dapat mempengaruhi mekanisme alat, ini disebut dengan apungan (*drift*) (Hadipandoyo, 2004).



Gambar 2. 4 Pengukuran gayaberat dalam satu lintasan pengukuran.

Dalam pengukuran gayaberat pengukuran dimulai dari suatu titik acuan gravity (*gravity base station*), kemudian melakukan pengukuran di titik-titik pengamatan dan kembali ke titik acuan semula. Ditunjukkan pada Gambar 2.4, bahwa pengukuran dilakukan pertama kali di titik acuan A kemudian dilakukan pengukuran di titik B, C, D, E dan kemudian kembali ke titik acuan A. Pembacaan di titik A pertama dan yang kedua di titik A, akan terdapat perbedaan. Perbedaan ini dihilangkan dengan koreksi yang dinamakan koreksi apungan (*drift*). Koreksi *drift* dirumuskan pada Persamaan 2.4 sebagai berikut (Hadipandoyo, 2004).

$$\Delta g_D = \frac{G_{A2} - G_{A1}}{T_{A2} - T_{A1}} \times (T_n - T_{A1}) \quad (2.4)$$

di mana,

Δg_D = besarnya *drift* di titik pengamatan (*mGal*)

T_n = waktu pembacaan pada titik ke-n (*menit*)

G_{A1} = pembacaan gayaberat diawal pada titik ikat A (*mGal*)

G_{A2} = pembacaan gayaberat diakhir pada titik ikat A (*mGal*)

T_{A1} = waktu pembacaan di awal pada titik ikat A (*menit*)

T_{A2} = waktu pembacaan di akhir pada titik ikat A (*menit*)

2.3.3.3 Koreksi lintang

Bentuk bumi berdasarkan hasil pengukuran geodetik mendekati bentuk *spheroidal* yang menggelembung di ekuator dan memipih di kutub, sehingga pendekatan bentuk bumi disebut *spheroid* referensi. *Spheroid* referensi adalah suatu *elipsoid* yang digunakan sebagai pendekatan untuk muka laut rata-rata (*geoid*) dengan mengabaikan efek benda di atasnya. Secara teoritis referensi *spheroid* ditunjukkan pada persamaan 2.5 yang biasa disebut dengan persamaan *Geodetic Reference System 1967 (GRS67)*(Blakely, 1996).

$$\Delta g_L = g_e(1 + 0,0052884\sin^2\phi - 0,0000059\sin^2(2\phi)) \quad (2.5)$$

di mana,

$$\begin{aligned} \Delta g_L &= \text{gayaberat pada lintang titik pengamatan (mGal)} \\ g_e &= \text{gayaberat di equator (978031,85 mGal)} \\ \phi &= \text{lintang pada titik pengamatan (radian)} \end{aligned}$$

Nilai gradien pada koreksi lintang ini berkisar 1mGal/km , sehingga lokasi yang benar-benar horizontal pada survei gayaberat secara umum tidak membutuhkan koreksi lintang (Sleep & Fujita, 1997).

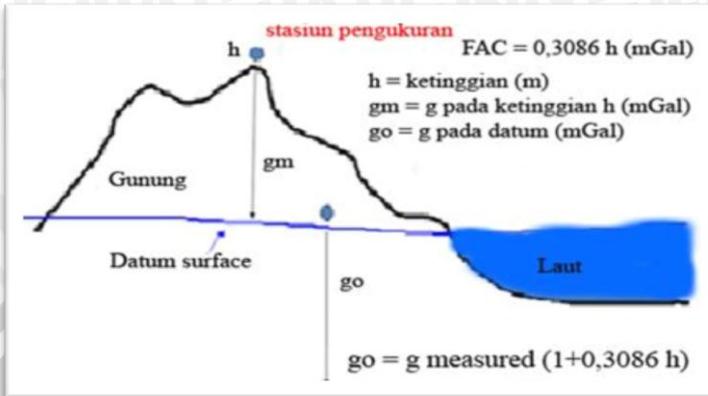
2.3.3.4 Koreksi udara bebas (*free air correction*)

Pengukuran gayaberat di *mean sea level* dan di ketinggian tertentu pasti memiliki hasil yang berbeda. Setiap perubahan ketinggian terhadap *mean sea level* nilai gayaberat juga berubah. Rata-rata perubahan gaya berat terhadap ketinggian sebesar $0,3086\text{mGal/m}$. Titik pengamatan tidak selamanya berada pada *mean sea level* (Gambar 2.5), sehingga perlu dilakukan koreksi. Koreksi ini disebut dengan koreksi udara bebas yang dirumuskan pada persamaan 2.6 berikut(Sleep & Fujita, 1997).

$$\Delta g_{FA} = 0,3086 \times h \quad (2.6)$$

di mana,

$$\begin{aligned} \Delta g_{FA} &= \text{free air correction / koreksi udara bebas (mGal)} \\ h &= \text{ketinggian titik ukur gayaberat di atas muka air laut (m)}. \end{aligned}$$



Gambar 2. 5 Koreksi udara bebas di atas permukaan datum.

2.3.3.5 Koreksi medan (*terrain correction*)

Menurut (Telford, et al., 1990) kondisi topografi di sekitar titik pengamatan tidak selamanya beraturan, hal ini juga dapat mempengaruhi nilai gayaberat pengamatan. Misalkan terdapat bukit di sekitar pengukuran, maka bukit ini memiliki medan yang dapat menekan gravitometer untuk menaikkan percepatan gayaberat. Dan sebaliknya, adanya lembah di sekitar titik pengamatan akan memberikan efek penurunan hasil pengukuran gayaberat di titik tersebut. Oleh karena itu perlu dilakukan koreksi yang dinamakan dengan koreksi medan (*terrain*).

Untuk menghitung koreksi medan digunakan *Hammer Chart*, yaitu sebuah digram berbentuk lingkaran yang dapat menunjukkan pembagian wilayah. Dalam pengukurannya, peta topografi dicocokkan pada *Hammer Chart*. Rumusan pada tiap bagian dirumuskan pada persamaan 2.7 berikut.

$$\Delta g_T(r, \theta) = G\rho\theta\{(r_o - r_i) + (r_i^2 + \Delta z^2)^{1/2} - (r_o^2 + \Delta z^2)^{1/2}\} \quad (2.7)$$

di mana,

Δg_T = koreksi medan (mGal)

θ = sudut dari pembagian pada *Hammer Chart*

ρ = rapat massa rata-rata kerak bumi ($2,67 \text{ g/cm}^3$)

G = konstanta medan gravitasi ($6,67 \times 10^{-11} \text{ N.m}^2/\text{Kg}^2$)

r_o = radius bagian luar suatu zona

r_i = radius bagian dalam suatu zona

Δz = beda ketinggian di titik pengamatan z_s dengan rata-rata di pembagian zona tersebut z_a ($\Delta z = |z_s - z_a|$).

Koreksi medan merupakan penjumlahan dari semua bagian *Hammer chart* (Telford, et al., 1990).

2.3.3.6 Koreksi *Bouguer* (*Bouguer correction*)

Koreksi *Bouguer* digunakan untuk menghilangkan efek tarikan suatu massa yang berada di antara titik pengamatan dan titik acuan dengan asumsi bahwa lapisan batuan tersebut berupa slab tak terhingga. Pada koreksi udara bebas sendiri belum diperhitungkan adanya efek tarikan dari massa yang berada di antara bidang datum dan stasiun pengukuran, di mana untuk pengukuran di darat efek tarikan dari massa tersebut menyebabkan peningkatan nilai Δg (Gambar 2.7). Koreksi *Bouguer* berfungsi untuk mereduksi pengaruh efek tarikan dari suatu massa yang diberikan oleh persamaan 2.8

$$BC = 2\pi G\rho h = 0,04193\rho h \quad (2.8)$$

di mana,

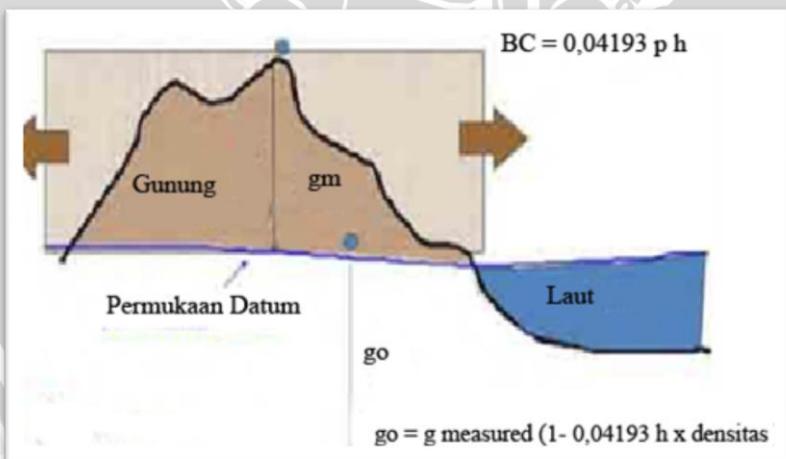
TC = Koreksi medan (*mGal*)

BC = *Bouguer Correction* (*mGal*)

ρ = rapat massa rata-rata kerak bumi ($2,67 \text{ g/cm}^3$)

h = ketinggian (*m*)

G = konstanta medan gravitasi ($6,67 \times 10^{-11} \text{ N.m}^2/\text{Kg}^2$)



Gambar 2. 6 Koreksi *Bouguer* di atas permukaan datum

Nilai dari koreksi *Bouguer* akan dikurangkan (-), jika titik pengamatan berada di atas *mean sea level*, dan akan ditambahkan (+) jika titik pengamatan berada di bawah *mean sea level* (Telford, et al., 1990).

2.3.4 Anomali *Bouguer* (*Bouguer anomaly*)

Setelah dilakukan koreksi-koreksi, kemudian ditentukan nilai anomali gayaberat secara keseluruhan. Anomali ini sering dikenal dengan anomali *Bouguer*. Nilai anomali *Bouguer* dirumuskan pada Persamaan 2.9 berikut (Telford, et al., 1990).

$$AB = g_{obs} - g_L + g_{FA} - BC + TC \quad (2.10)$$

di mana,

- AB = *Bouguer Anomaly* ($mGal$)
- g_{obs} = gayaberat pada titik pengamatan ($mGal$)
- g_L = koreksi lintang ($mGal$)
- g_{FA} = koreksi udara bebas ($mGal$)

Nilai anomali yang diperoleh adalah nilai anomali pada ketinggian suatu titik amat. Pentingnya *mean sea level* sebagai bidang datum hanyalah sebagai batas bahwa semua massa di bawah *mean sea level* mempengaruhi nilai anomali *Bouguer*, sedangkan untuk massa di atas *mean sea level* hanya terdeviasi dari keadaan ideal (Untung, 2001).

3.5 Penelitian Terdahulu

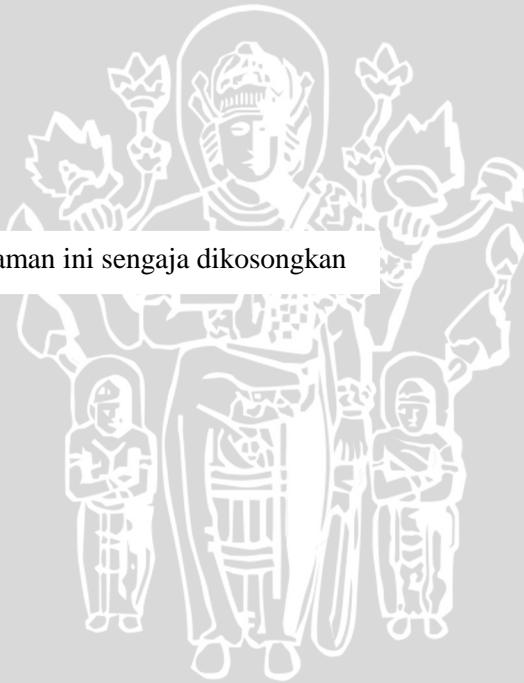
Sebelumnya ada banyak penelitian yang telah dilakukan di beberapa lokasi yang berpotensi panasbumi dengan menggunakan metode gayaberat untuk mengetahui struktur bawah permukaan. Sehingga perlu dicantumkan hasil dari beberapa penelitian yang dilakukan pada lokasi berpotensi panasbumi yang menggunakan metode gayaberat sebagai bahan perbandingan untuk mengetahui daerah panasbumi Tiris memiliki persamaan dengan daerah panasbumi di lainnya.

Tabel 2. 1 Perbandingan daerah panasbumi Tiris dengan daerah lain.

Nama Daerah Panasbumi	Anomali <i>Bouguer (mGal)</i>	Anomali lokal (<i>mGal</i>)	Jenis Batuan
Tiris, Kab. Probolinggo	63-59	5,5-(-8,5)	-Breksi gunungapi -Lava -Tufa -Basalt
Cangar, Kota Batu (Zaman, 2011)	120-15	14-(-8)	-Tanah -Pasir -Lava -Mineral Sulfida -Basalt
Songgoriti, Kota Batu (Hidayat & Basid, 2011)	67-47	4,5-(-2,5)	-Tufa -Lava -Breksi Vulkanik -Batuan Lapuk -Lanau Pasiran -Tufa Lempung
Sampuraga, Mandailing Natal (Septiyana, 2009)	(-36)-(-17)	(-35)-(-7,5)	-Dasit -Lava -Andesit -Metamorf -Basalt
Jaboi, Kota Sabang (Akbar, 2009)	86-66	7,1-(-7,4)	-Lava -Batuaan pasir tufaan -Piroklastik
Bonjol, Pasaman (Hutapea, 2010)	(-26)-(-58)	14-(-20)	-Lava -Andesit -Sedimen

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Halaman ini sengaja dikosongkan



BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Tempat Dan Waktu Penelitian

Pengambilan data gayaberat sekitar sumber panasbumi Tiris dilakukan pada 12 Maret 2013 hingga 15 Maret 2013. Pengolahan data gayaberat dilakukan pada 21 Maret 2013 hingga 20 Mei 2013 di Laboratorium Geofisika Universitas Brawijaya Malang.

3.2 Data Penelitian

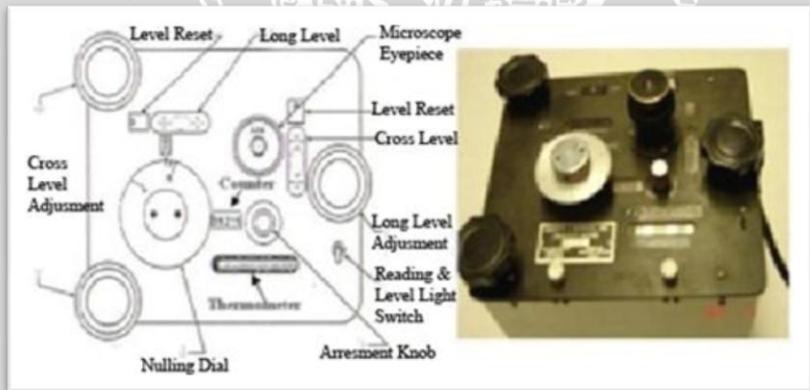
Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data primer. Adapun data primer tersebut antara lain terdiri dari :

1. Nilai gravitasi pembacaan alat tiap titik amat
2. Koordinat titik amat
3. Ketinggian titik amat
4. Waktu pengambilan data pada titik amat

3.3 Peralatan Penelitian

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu

1. *Gravimeter LaCoste & Romberg type G-1053*



Gambar 3. 1 *Gravimeter LaCoste & Romberg type G-1053*

Gravimeter LaCoste & Romberg type G-1053 bekerja berdasarkan prinsip spring balance, yang artinya apabila alat tersebut terkena sedikit getaran saja maka getaran tersebut dapat mempengaruhi proses pengukuran. Alat ini bekerja optimal saat suhu mencapai maksimal yaitu $56,7^{\circ}$ (thermostate). Gravimeter ini memiliki ketelitian sebesar $0,01 \text{ mGal}$ dan menggunakan daya DC 12

Volt dengan tampilan pembacaan yang digunakan 5 digit angka, dengan batas nilai tertinggi 7000 (Garmin, 2007).

Cara penggunaan Gravimeter LaCoste & Romberg type G-1053 :

- Piringan (aluminium *base plate*) diletakkan di titik pengambilan data.
- Gravimeter diletakkan di atas piringan (aluminium *base plate*).
- Gravimeter diatur kemiringannya dengan memutar long level adjustment hingga *waterpass* berada persis di tengah-tengah skala.
- Level light swich dinyalakan dengan tujuan untuk membantu pembacaan reading line karena jika tidak dinyalakan tidak akan terlihat.
- Pengunci pegas dibuka kemudian dilakukan pembacaan *Reading line* dilihat melalui *microscope eyepiece*.
- Nulling dial diputar hingga di dapatkan nilai reading line sebesar 2,8. Setelah tepat pada nilai 2,8 pengunci pegas dikunci kembali.
- Nilai pembacaan gayaberas dilihat pada *counter*

Faktor yang harus dihindari saat menggunakan *Gravimeter LaCoste & Romberg type G-1053* :

- Setelah dilakukannya pengukuran pastikan kunci pegas harus terkunci dengan baik, karena pegas pada alat tersebut sangat sensitif terhadap guncangan.
- Suhu alat harus tetap dijaga pada suhu maksimalnya 56,7°C (*thermostate*),
- Saat meletakkan piringan apabila lokasi dalam keadaan kurang baik (tanah gembur, miring)
- Sebaiknya dicari lokasi yang lebih stabil.

2. Global Positioning System (GPS)

Dalam pengambilan data di lapangan untuk penelitian ini digunakan satu buah GPS Garmin eTrex. GPS tersebut digunakan untuk mengetahui titik koordinat, dan ketinggian lokasi pengambilan data.

3. Penunjuk waktu

Penunjuk waktu yang digunakan berupa jam tangan dengan format HH.MM.SS, penunjuk waktu digunakan untuk

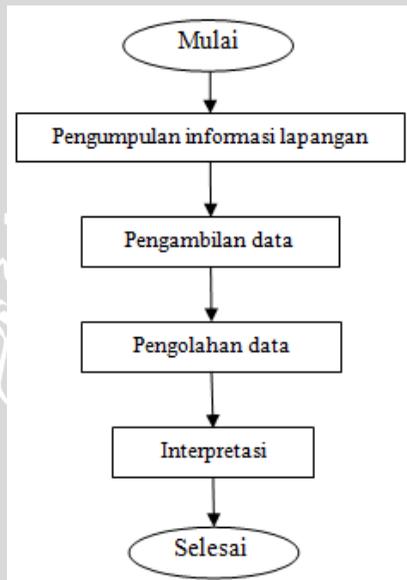
menunjukkan waktu saat pembacaan pada alat setiap pada titik pengambilan data.

4. Alat Tulis

Dalam proses pengambilan data dilakukan pencatatan data hasil pembacaan nilai gayaberat, waktu, posisi, serta ketinggian, sehingga dibutuhkan alat tulis seperti buku dan bolpoint.

5. Perangkat Komputer

Dalam proses pengolahan data sangat dibutuhkan perangkat komputer. Perangkat komputer yang digunakan dalam penelitian ini berupa software.

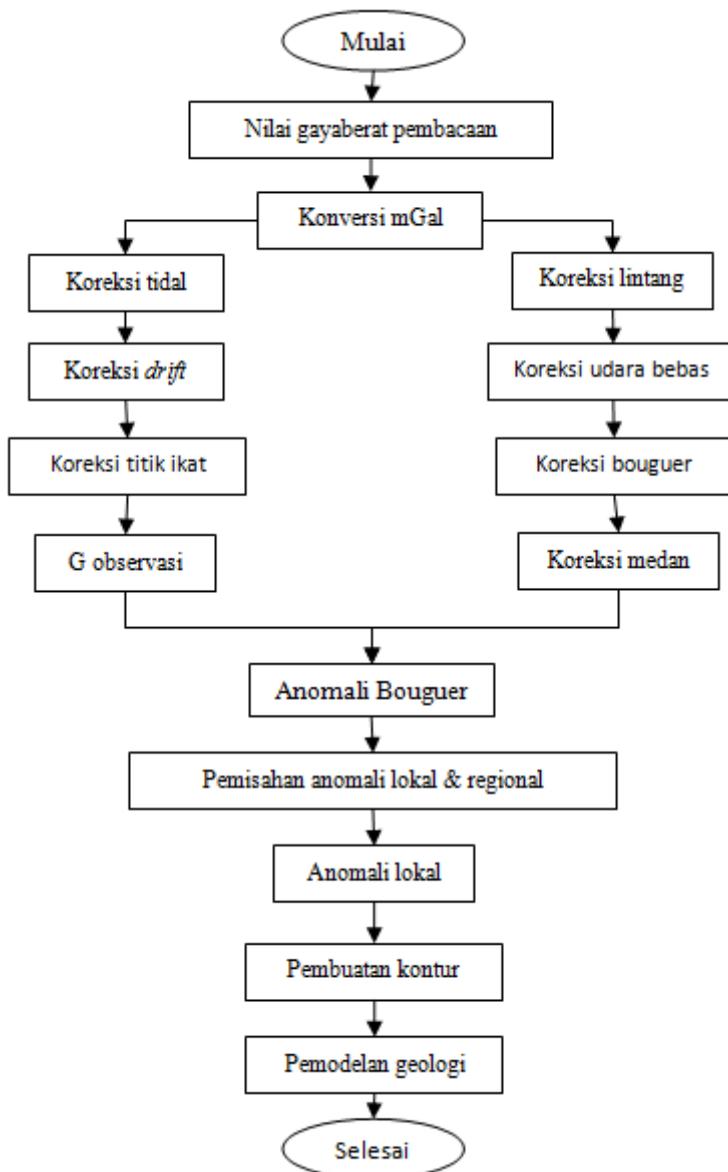


Gambar 3. 2 Tahapan penelitian

3.4 Tahapan Penelitian

Pada tahap penelitian ini langkah awal yang dilakukan yaitu pengumpulan informasi lapangan, kemudian dilakukan pengambilan data berupa letak lintang dan bujur, ketinggian, pembacaan alat dan waktu pengambilan data. Data hasil pengukuran belum dalam satuan gayaberat ($mGal$) dan dipengaruhi oleh efek luar, sehingga dilakukan beberapa koreksi terhadapnya. Kemudian dibuat kontur anomali dari data gayaberat yang telah terkoreksi serta dibuat penampang menintang untuk mengetahui sebaran rapat massa secara vertikal. Kemudian dilakukan interpretasi, baik secara kualitatif maupun

kuantitatif. Secara umum tahapan penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.2.



Gambar 3. 3 Tahapan pengolahan data

3.5 Metode Pengambilan Data

Pengambilan data dilakukan pertama kali dengan menentukan lintasan pengukuran. Lintasan pengukuran haruslah berbentuk *loop*, hal ini dilakukan agar didapatkan nilai koreksi apungan sebagai koreksi dimana terdapat guncangan saat alat berpindah tempat yang menyebabkan perubahan pembacaan alat.

Pengambilan data dengan sistem looping dimulai dengan pengukuran di titik acuan (*base station*). Pada penelitian ini base station yang digunakan adalah di depan KORAMIL Tiris (BS-TRS) yang sebelumnya telah dilakukan pengukuran relatif terhadap titik *base station* di gedung Fisika Universitas Brawijaya Malang.

Pengambilan data gravitasi diawali dengan pengukuran di titik *base station* (BS-TRS). Kemudian dilanjutkan dengan pengukuran di titik lainnya sesuai dengan lintasan pengukuran pada Gambar 3.4 Jarak antar titik pengamatan pada penelitian ini digunakan jarak 100 meter. Pada tiap titik dilakukan pengukuran gravitasi sebanyak 3 kali. Data yang dicatat diantaranya nama titik, pembacaan alat, posisi titik (digunakan GPS), ketinggian lokasi, waktu pengambilan data.



Gambar 3. 4 Lintasan titik pengambilan data

Dalam tahap pengolahan data gravitasi langkah awal yang dilakukan adalah dengan melakukan konversi hasil pembacaan data

ke satuan *mGal* dan kemudian dilakukan koreksi data. Setelah dilakukan koreksi data, maka akan didapatkan hasil berupa anomali *Bouguer* dan anomali lokal, kemudian dilakukan penggambaran pola untuk kedua anomali tersebut. Selanjutnya dilakukan pemodelan geologi untuk daerah penelitian dan dilakukan interpretasi dari keseluruhan hasil yang didapatkan dari pengolahan data

3.6 Pengolahan Data

3.6.1 Konversi satuan

Pengolahan data yang telah didapat saat pengukuran data dimulai dengan melakukan konversi data pembacaan gayaberat kedalam satuan *mGal*. Langkah untuk melakukan konversi ditunjukkan pada Tabel 3.1 berikut

Tabel 3. 1 Contoh konversi pembacaan alat

Contoh : Hasil pembacaan alat 1654,2
Tabel Kalibrasi Gravitymeter G-1053

Counter Reading	Value in mGals	Factor for Interval
1500	1521,10	1,01404
1600	1622,50	1,01409
1700	1723,32	1,01413

- $1654,2 - 1600 = 54,2$ dikalikan factor interval
- $54,2 \times 1,01409 = 54,96$ ditambah value in mGals
- $1622,5 + 54,96 = 1677,46$ dikalikan CCF
- (CCF = 1,000437261)
- $1677,46 \times 1,000437261 = 1678,18$
- Jadi pembacaan alat 1654,2 = 1678,18 mGals

Di mana nilai CCF (*Calibration Correction Factor*) merupakan faktor kalibrasi alat gravitymeter. Konversi pembacaan ini dilakukan untuk seluruh pembacaan yang diperoleh dalam setiap titik pengukuran (Hadipandoyo, 2004).

3.6.2 Koreksi tidal

Koreksi tidal dilakukan untuk menghilangkan efek dari pasang surut air laut akibat benda-benda langit di sekitar bumi. Pada penelitian ini untuk melakukan koreksi tidal diperlukan data masukan berupa koordinat dalam derajat, tanggal, serta waktu. Hasil keluaran pengolahan data ini berupa nilai koreksi tidal pada jam-jam tertentu sesuai dengan waktu yang telah dimasukkan.

3.6.3 Koreksi apungan (*drift correction*)

Koreksi drift dilakukan karena adanya perbedaan nilai pembacaan alat pada suatu titik saat dilakukan pembacaan ulang. Secara teoritis Nilai pengukuran gayaberas pada suatu titik dan diulang kembali pengukurannya maka secara teoritis nilainya akan tetap atau konstan. Namun dalam kenyataannya nilainya akan berubah. Selain diakibatkan kondisi pasang-surut, juga dapat dipengaruhi mekanisme alat. Guncangan pada saat transportasi dapat mempengaruhi mekanisme alat. Untuk koreksi drift digunakan rumusan yang telah ditunjukkan pada persamaan 2.5.

3.6.4 Koreksi lintang

Koreksi lintang diperlukan karena adanya efek yang diberikan pada saat bumi berotasi pada porosnya yang mengakibatkan massa bumi mengumpul pada porosnya. Untuk mendapatkan nilai koreksi lintang digunakan rumusan yang telah ditunjukkan di persamaan 2.6.

3.6.5 Koreksi udara bebas (*free air correction*)

Koreksi udara bebas digunakan karena titik pengukuran berada pada ketinggian tertentu di atas mean sea level, dan pada setiap pertambahan ketinggian terhadap *mean sea level* akan mengakibatkan adanya perubahan nilai gayaberas, Nilai koreksi udara bebas didapatkan dengan menggunakan rumusan dalam persamaan 2.7.

3.6.6 Koreksi medan (*terrain correction*)

Koreksi medan dilakukan karena adanya efek medan akibat kondisi topografi di sekitar titik pengamatan yang tidak selalu beraturan. Misalkan terdapat bukit di sekitar pengukuran, maka bukit ini memiliki medan yang dapat menekan *gravimeter* untuk menaikkan percepatan gayaberas. Dan sebaliknya, adanya lembah di

sekitar titik pengamatan akan memberikan efek penurunan hasil pengukuran gayaberat di titik tersebut. Koreksi ini didapatkan dengan menggunakan suatu *software* yang hasil keluarannya gabungan antara koreksi *Bouguer* dengan koreksi medan yang dapat disebut dengan koreksi topografi.

3.6.7 Koreksi *Bouguer* (*Bouguer correction*)

Koreksi *Bouguer* memiliki hubungan antara ketinggian suatu tempat dengan rapat massanya diperhitungkan. Hubungan tersebut dirumuskan pada persamaan 2.9. Dari persamaan tersebut akan dapat diketahui nilai koreksi *Bouguernya*.

3.6.8 Penggambaran pola anomali *Bouguer* dan anomali lokal

Anomali *Bouguer* masih merupakan gabungan antara anomali regional dan anomali lokal, maka terlebih dahulu dilakukan pemisahan kontur anomali tersebut. Setelah nilai anomali *Bouguer* dan anomali lokal didapatkan selanjutnya akan dipetakan agar diketahui pola sebaran kontur anomali daerah penelitian. Pada tahapan ini pengolahan data dilakukan dengan data masukan berupa letak lintang, letak bujur, dan nilai anomali pada tiap titiknya.

3.6.9 Pemodelan Geologi

Pada tahapan pemodelan, data yang diolah berupa nilai anomali dan jarak lintasan pada penampang melintang yang telah dibuat. Data keluaran yang didapatkan berupa jarak dan nilai anomali yang juga merupakan data yang akan diolah untuk mendapatkan model penampang melintang untuk struktur bawah permukaan pada setiap lintasan.

3.7 Interpretasi

3.7.1 Interpretasi kualitatif

Interpretasi kualitatif dilakukan dengan mengamati data gravitasi berupa anomali *Bouguer*. Anomali tersebut akan memberikan hasil secara global yang masih terdiri dari anomali regional dan anomali residual. Hasil interpretasi dapat menafsirkan informasi di bawah permukaan berdasarkan gambaran peta kontur anomali gayaberatnya. Peta kontur anomali gayaberat dihubungkan dengan peta geologi daerah penelitian, kemudian dilakukan analisis terhadapnya guna

mendapatkan gambaran secara kasar tentang kondisi bawah permukaan (Untung, 2001).

3.7.2 Interpretasi Kuantitatif

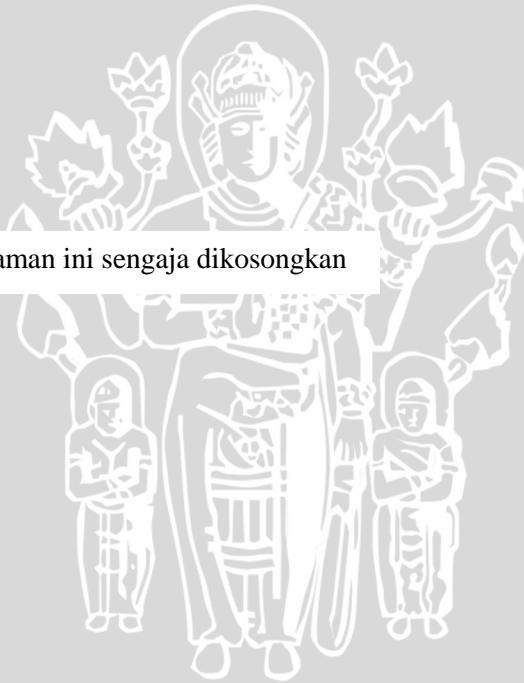
Menurut Nettleton dalam (Untung, 2001), anomali gayaberat berasal dari variasi rapat massa kearah lateral. Lapisan batuan dengan rapat massa sama, tidak akan menimbulkan anomali, namun beberapa lapisan dengan berbagai rapat massa berbeda dapat menimbulkan anomali. Oleh karena itu perlu dilakukan analisis secara vertikal terhadap kontur anomali gayaberat.

Untuk analisis secara vertikal biasanya dibuat penampang pengukuran yang tegak lurus kepada arah struktur geologinya. Dengan dilakukan analisis secara vertikal ini akan diketahui nilai rapat massa batuan bawah permukaan. Interpretasi nilai rapat massa ini merupakan interpretasi secara kuantitatif.



UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Halaman ini sengaja dikosongkan



BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pengolahan Data

Dari hasil pengolahan data lapangan diperoleh nilai konversi pembacaan alat, nilai gayaberat terkoreksi tidal dan drift, nilai gayaberat observasi, nilai gayaberat normal, nilai anomali *Bouguer* lengkap, dan juga hasil pemisahan anomali regional dan anomali lokal pada anomali *Bouguer* lengkap.

4.1.1 Konversi ke mGal

Pengolahan data pembacaan alat pertama yang dilakukan adalah dengan melakukan konversi data pembacaan ke dalam miligals. Konversi satuan ke miligals dilakukan sesuai dengan yang telah ditunjukkan dalam contoh di Tabel 3.1. Hasil yang didapatkan dari konversi yaitu berupa nilai gayaberat pembacaan, yang nilainya berkisar antara 1649 *mGal* hingga 1669 *mGal*. (Lampiran 1).

4.1.2 Gayaberat terkoreksi tidal dan drift

Untuk mendapatkan nilai pasang surut ini, maka dilihatlah perbedaan nilai gayaberat stasiun dari waktu ke waktu terhadap *base station* (*tidal*). Dari nilai tidal yang telah didapatkan akan digunakan untuk mendapatkan nilai gayaberat yang terkoreksi tidal (g_{st}), yang menggunakan persamaan berikut :

$$g_{st} = g_s + t \tag{4.1}$$

di mana,

g_{st} = gayaberat terkoreksi tidal (*mGal*)

g_s = gayaberat pembacaan alat (*mGal*)

t = koreksi tidal (*mGal*)

Nilai koreksi tidal yang diperoleh berkisar antara -0,075 *mGal* hingga 0,184 *mGal*. Setelah itu dilakukan koreksi gayaberat terhadap efek apungan (*drift*) yang nilai koreksinya didapatkan dengan menggunakan persamaan 2.5. Nilai gayaberat terkoreksi *drift* diperoleh dengan persamaan 4.2,

$$g_{std} = g_{st} + d \quad (4.2)$$

di mana,

g_{std} = gayaberat terkoreksi drift ($mGal$)

g_{st} = gayaberat terkoreksi tidal ($mGal$)

d = koreksi drift ($mGal$)

Dari persamaan 4.2 tersebut diperoleh nilai gayaberat terkoreksi drift berkisar antara 1626 $mGal$ hingga 1648 $mGal$ (Lampiran 2).

4.1.3 Gayaberat observasi

Gayaberat observasi (g_{obs}) adalah nilai gayaberat hasil penjumlahan antara nilai gayaberat base station ($g_b = 97802,31$ $mGal$) dengan selisih gayaberat tiap titik pengamatan (Δg) yang telah terkoreksi tidal dan drift (Lampiran 3).

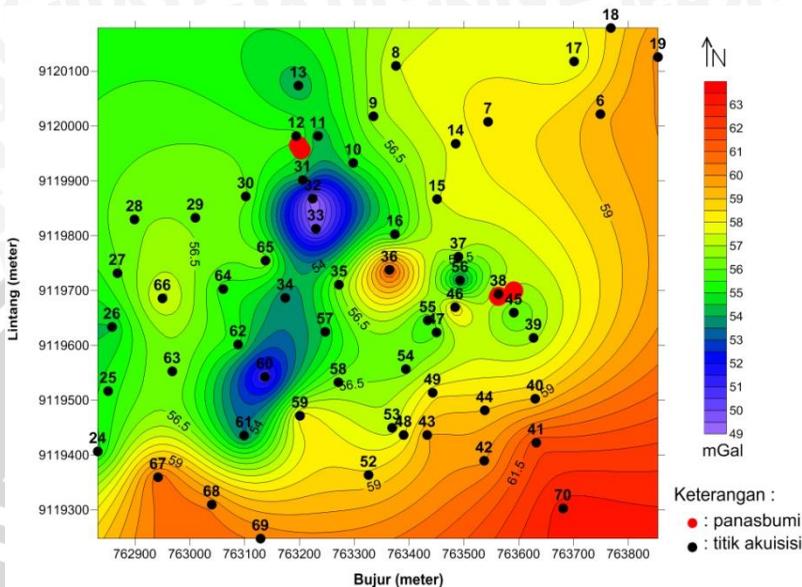
4.1.4 Gayaberat normal

Gayaberat normal (g_n) adalah gayaberat yang telah terkoreksi lintang dengan menggunakan persamaan 2.6. Nilai gayaberat normal akan terukur lebih besar pada daerah kutub. Pada pengolahan data gayaberat normal diperoleh nilai berkisar antara 978020 $mGal$ hingga 978042 $mGal$ (Lampiran 4).

4.1.5 Anomali Bouguer lengkap

Nilai anomali *Bouguer* lengkap dipengaruhi oleh nilai gayaberat observasi, nilai gayaberat normal, nilai koreksi udara bebas, nilai koreksi *Bouguer*, dan nilai koreksi medan. Setelah dilakukan koreksi-koreksi tersebut, kemudian ditentukan nilai anomali gayaberat secara keseluruhan. Anomali ini sering dikenal dengan *Complete Bouguer Anomaly* (CBA) yang merupakan anomali gayaberat yang pada umumnya digunakan untuk pendugaan struktur bawah permukaan. Nilai CBA didapatkan dengan menggunakan persamaan 2.10.

Tujuan utama dari pengolahan data gayaberat adalah mendapatkan nilai *Complete Bouguer Anomaly* (CBA). Data yang didapatkan sudah berupa nilai CBA yang artinya faktor-faktor yang mempengaruhi pembacaan nilai gayaberat pada alat telah terkoreksi. Hasil tampilan dari kontur anomali *Bouguer* lengkap ditunjukkan pada Gambar 4.1

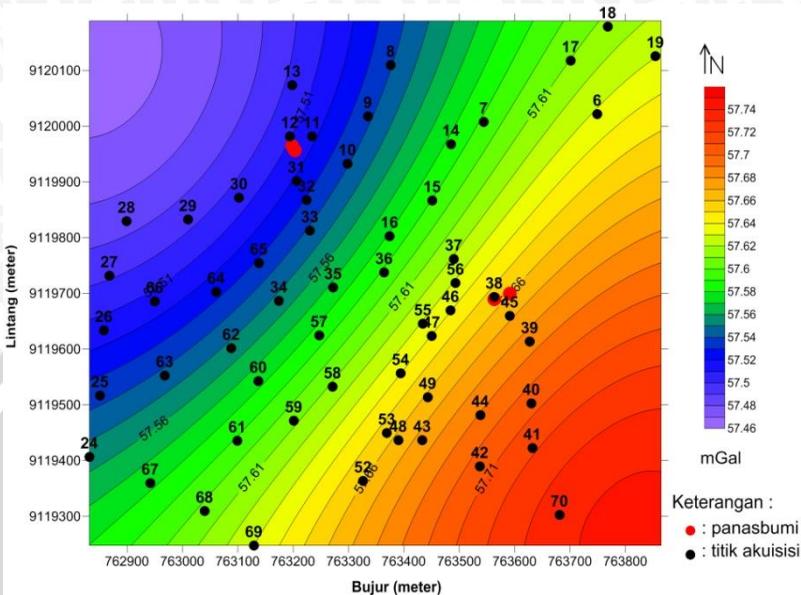


Gambar 4. 1 Kontur anomali *Bouguer* lengkap (interval 2 mGal)

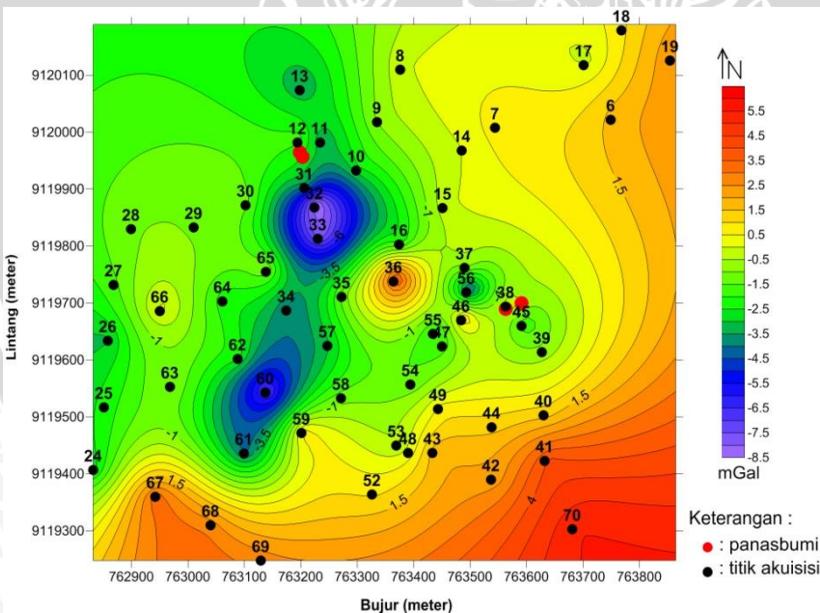
4.1.6 Pemisahan anomali regional dan anomali lokal

Anomali *Bouguer* lengkap merupakan gabungan antara anomali regional dan anomali lokal atau dapat juga disebut anomali lokal. Interpretasi yang dilakukan secara kuantitatif dilakukan terhadap anomali lokal sehingga diperlukan pemisahan antara anomali lokal dan anomali regional. Anomali regional biasanya disebabkan oleh batuan-batuan yang dalam, sedangkan anomali lokal disebabkan oleh batuan-batuan yang dangkal.

Pemisahan anomali regional dan anomali lokal dapat dilakukan dengan melakukan kontinuasi ke bawah (*downward continuation*) ataupun kontinuasi ke atas (*upward continuation*). Namun pada penelitian ini digunakan kontinuasi ke atas (*upward continuation*) dengan menggunakan *software* MagPick. Hasil tampilan dari kontur anomali regional ditunjukkan pada Gambar 4.2 dan kontur anomali lokal ditunjukkan pada Gambar 4.3.



Gambar 4. 2 Kontur anomali lokal (interval 2 mGal)



Gambar 4. 3 Kontur anomali regional (interval kontur 1 mGal)

4.2 Pembahasan

Pembahasan pada hasil pengolahan data dilakukan dengan interpretasi kualitatif dan kuantitatif. Di mana interpretasi kualitatif dilakukan dengan melakukan analisa dari kontur anomali dan hasil *overlay* dengan peta geologi dan kontur topografi. Sedangkan interpretasi kuantitatif dilakukan dengan membuat pemodelan penampang melintang pada kontur anomali lokal.

4.2.1 Interpretasi Kualitatif

Interpretasi kualitatif merupakan interpretasi yang didasarkan pada penafsiran bawah permukaan berdasarkan pada sebaran anomali pada kontur anomali gayaberat. Interpretasi kualitatif juga dilakukan dengan cara pola anomali gayaberat dihubungkan dengan peta geologi daerah setempat sehingga dapat memberikan gambaran struktur geologi bawah permukaan pada daerah penelitian. Gambaran umum yang dihasilkan hanya sebatas berupa bentuk struktur geologi daerah penelitian dan belum menyangkut ukuran atau besaran geologinya. Selain itu pola kontur anomali juga akan dihubungkan dengan peta topografi daerah penelitian.

Secara kualitatif dapat ditafsirkan bahwa pola anomali *Bouguer* lengkap dapat dibedakan menjadi 3 pola. Pola pertama pola tinggian dengan kisaran nilai anomali antara 63-59 *mGal*. Pola kedua adalah pola sedang dengan kisaran nilai anomali antara 58-53 *mGal*. Sedangkan pola ketiga adalah pola rendahan dengan kisaran nilai anomali antara 52-49 *mGal*.

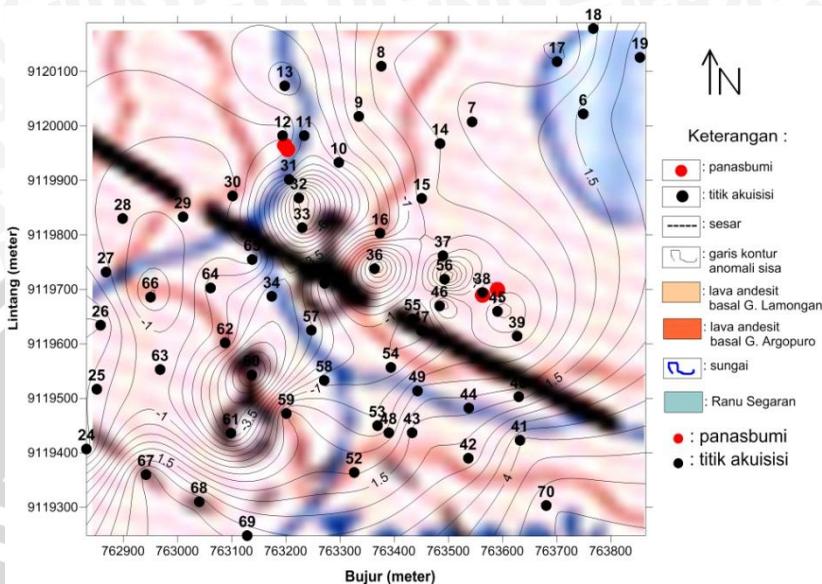
Pada Gambar 4.1 menunjukkan anomali tinggi terletak di bagian tenggara dan baratdaya, sedangkan anomali sedang terletak di bagian baratlaut dan timurlaut. Serta untuk anomali rendah terletak di antara anomali tinggi dan anomali sedang, anomali rendah menyebar ke arah baratdaya dan tenggara. Nilai anomali rendah berasosiasi dengan nilai kontras rapat massa batuan rendah, sedangkan nilai anomali tinggi berasosiasi dengan nilai rapat massa batuan tinggi. Perubahan nilai anomali rendah ke tinggi yang signifikan terlihat di bagian baratdaya. Perubahan ini dapat disebabkan oleh perubahan nilai kontras rapat massa batuan yang terjadi akibat adanya sesar. Di bagian baratlaut perubahan nilai anomali dari tinggi ke rendah relatif kecil yang ditandai oleh garis kontur yang renggang.

Analisis berikut mengacu pada anomali lokal. Pada anomali lokal (Gambar 4.2) menunjukkan nilai anomali antara 5,5 *mGal* hingga - 8,5 *mGal*. Arah penyebaran pola anomali lokal sama dengan

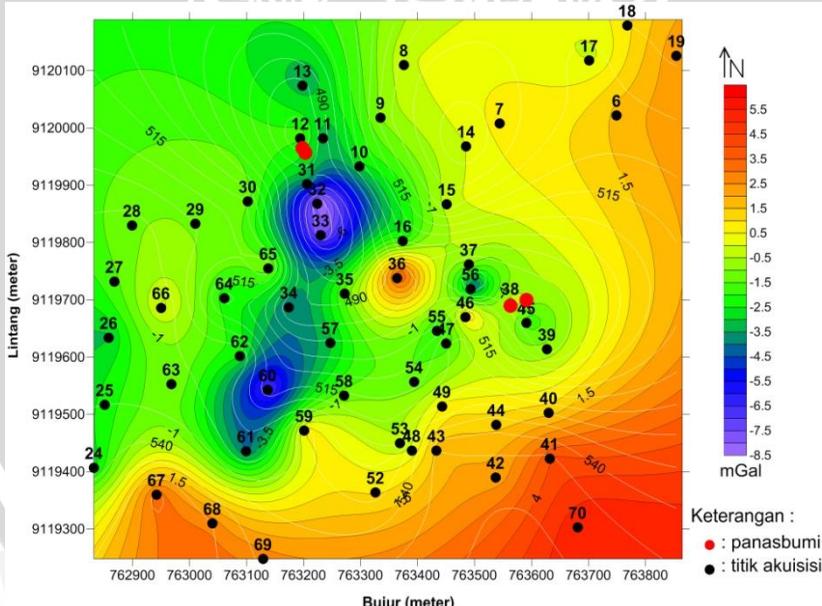
penyebaran pada anomali *Bouguer*. Nilai anomali lokal bernilai kecil karena nilai dari anomali lokal hanya merupakan anomali akibat efek geologi permukaan saja. Penyebaran nilai anomali positif ke negatif terjadi di bagian tengah ke arah barat dan hanya di beberapa tempat yang perubahannya terlihat signifikan. Secara umum nilai anomali dikontrol oleh struktur sesar yang ada pada daerah tersebut, dan nilai pola negatif dapat diindikasikan sebagai daerah yang telah teralterasi akibat adanya sistem panasbumi di daerah penelitian.

Interpretasi kualitatif yang diperoleh dari melakukan *overlay* antara kontur anomali lokal dengan peta geologi dan kontur topografi dapat dilihat pada Gambar 4.4 dan Gambar 4.5. Untuk hasil *overlay* kontur anomali gayaberat dengan peta geologi daerah penelitian terlihat bahwa kelurusan pola kontur anomali *Bouguer* searah dengan struktur sesar yang melintasi daerah tersebut. Pola anomali *Bouguer* rendah dapat diindikasikan bahwa batuan yang mengisi daerah tersebut merupakan batuan dengan nilai kontras densitas yang lebih rendah dibandingkan dengan nilai densitas batuan di sekitarnya. Sehingga dapat ditafsirkan bahwa pada pola anomali rendah tersusun atas batuan yang telah mengalami alterasi akibat hidrotermal, dan dapat dijadikan sebagai jalan keluar bagi fluida panasbumi untuk keluar ke permukaan.

Sedangkan untuk hasil *overlay* kontur anomali lokal dengan kontur topografi daerah penelitian (Gambar 4.5). Dari hasil *overlay* tersebut dapat diketahui bahwa daerah penelitian memiliki ketinggian bervariasi 489 meter hingga 543 meter.



Gambar 4. 4 Kontur anomali lokal dioverlaykan dengan peta geologi.



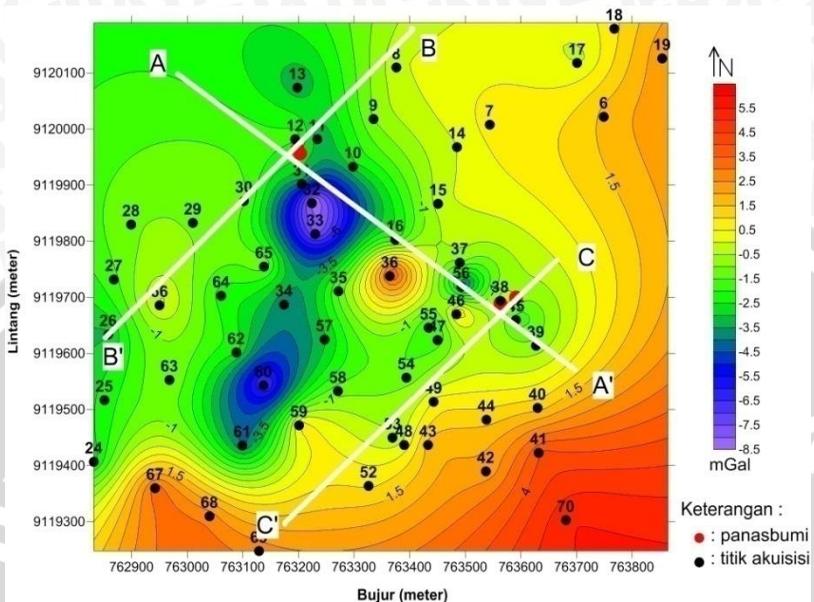
Gambar 4. 5 Kontur anomali lokal dioverlaykan dengan kontur topografi.

4.2.2 Interpretasi kuantitatif

Interpretasi kuantitatif dilakukan dengan melakukan pemodelan bawah permukaan daerah penelitian. Interpretasi ini dilakukan dengan menganalisa penampang pola anomali lokal sepanjang lintasan tertentu. Dalam penelitian ini dibuat tiga penampang melintang A-A', B-B' dan C-C' seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.6. Interpretasi ini dilakukan berdasarkan hasil penafsiran kualitatif sehingga dapat diperkirakan jenis batuan bawah permukaannya yang juga diperkirakan dengan struktur geologi daerah penelitian pada peta geologi.

Penampang melintang untuk sayatan A-A', B-B', dan C-C' (Gambar 4.6) diambil berdasar hasil penafsiran kualitatif pola kontur anomali lokal dimana sayatan A-A' memotong beberapa tinggian dan rendahan anomali dengan kisaran anomali terendah $-4,02 \text{ mGal}$ dan anomali tertinggi sebesar $-1,1 \text{ mGal}$ dengan jarak lintasan sepanjang 866 meter. Sedangkan untuk sayatan B-B' memotong anomali tinggian dan rendahan dengan anomali terendah $-5,07 \text{ mGal}$ dan anomali tertinggi $-0,3 \text{ mGal}$ dengan jarak lintasan sepanjang 878 meter. Dan untuk sayatan C-C' memotong anomali tinggian dan rendahan dengan nilai anomali terendah sebesar $-2,04 \text{ mGal}$ dan anomali tertinggi $-0,03 \text{ mGal}$ dengan jarak lintasan sepanjang 665 meter.

Penampang melintang atau sayatan anomali lokal lintasan A-A', B-B', dan C-C' menunjukkan pada sumbu Y positif merupakan nilai anomali pengamatan (dalam mGal), sumbu Y negatif merupakan kedalaman (2000 meter) sedangkan untuk sumbu X merupakan nilai jarak lintasan (dalam meter). Hasil pemodelan dari sayatan dapat dilihat di Gambar 4.7, 4.8, dan 4.9.



Gambar 4. 6 Sayatan anomali lokal A-A', B-B', dan C-C'.

Pada sayatan A–A' berarah baratlaut–tenggara dengan panjang lintasan sayatan 866 meter. Berdasarkan pemodelan pada sayatan A–A' (Gambar 4.7) diperoleh 4 jenis batuan (Gambar 4.7). Pada lapisan pertama diketahui jenis batuan yang memiliki nilai kontras densitas $-0,036 \text{ g/cm}^3$, dan diperkirakan merupakan batuan shale. Lapisan kedua diketahui jenis batuan dengan nilai kontras densitas $0,000 \text{ g/cm}^3$ yang diperkirakan berupa batuan breksi gunungapi. Kemudian untuk lapisan ketiga, jenis batuanya memiliki kontras densitas $0,0599 \text{ g/cm}^3$ yang diperkirakan berupa batuan lava. Sedangkan untuk lapisan keempat memiliki kontras densitas sebesar $0,2187 \text{ g/cm}^3$ yang merupakan batuan basalt.

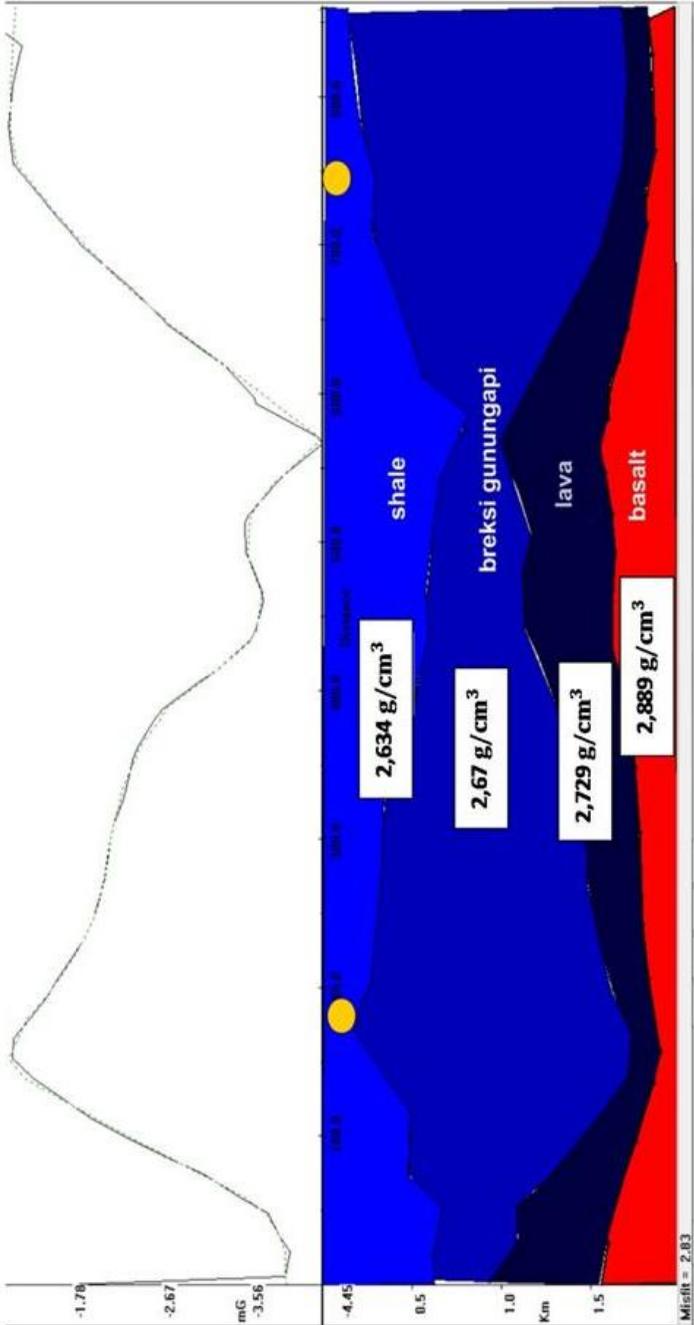
Sayatan B–B' berarah timurlaut–baratdaya dengan panjang lintasan sayatan sebesar 878 meter. Sayatan B–B' memotong tegak lurus sayatan A–A' pada jarak lintasan ± 300 meter. Berdasarkan pemodelan sayatan (Gambar 4.8) diperoleh 4 jenis batuan. Pada lapisan pertama jenis batuan dengan kontras densitasnya sebesar $-0,0050 \text{ g/cm}^3$ yang diperkirakan sebagai batuan shale. Untuk lapisan kedua dengan kontras densitas sebesar $0,0024 \text{ g/cm}^3$ yang diperkirakan berupa batuan berksi gunungapi. Kemudian pada lapisan ketiga dengan kontras densitasnya sebesar $0,0427 \text{ g/cm}^3$ yang

diperkirakan sebagai batuan lava. Sedangkan pada lapisan keempat diperoleh jenis batuan dengan dengan kontras densitas $0,1790 \text{ g/cm}^3$ diperkirakan batuan basalt.

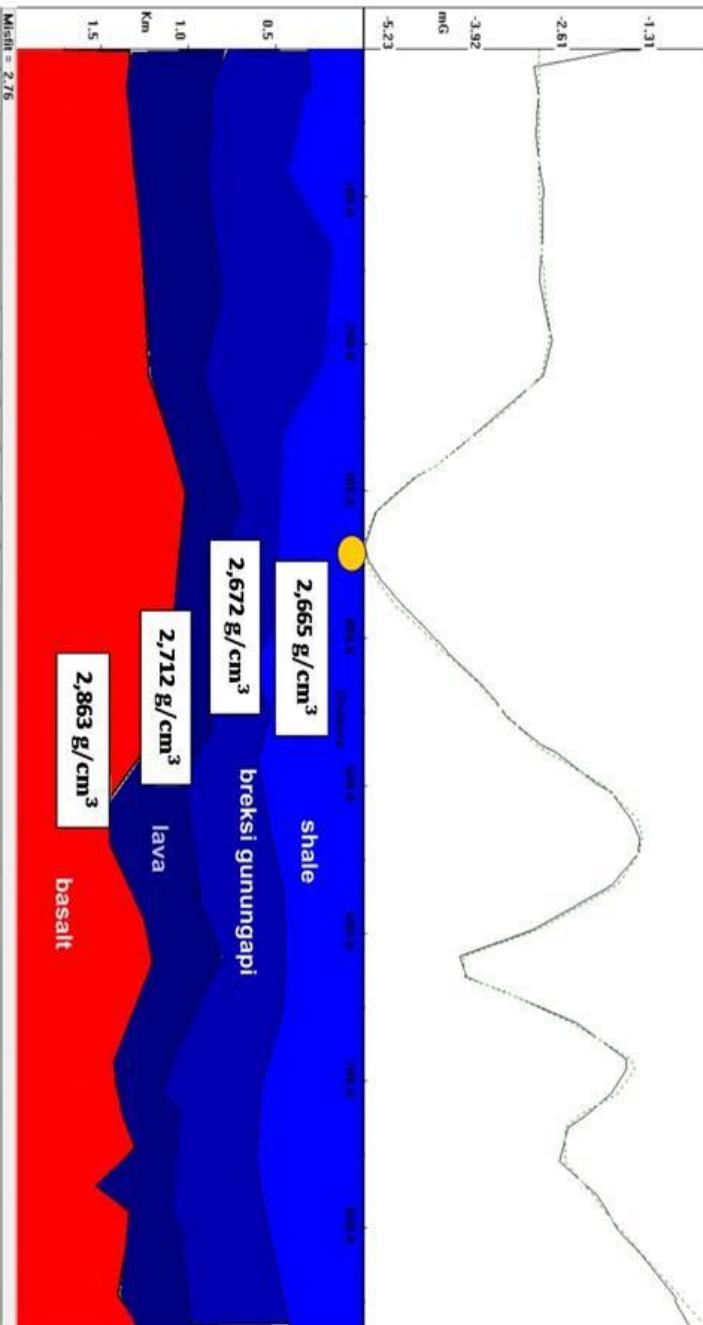
Sedangkan sayatan C-C' berarah timurlaut-baratdaya dengan panjang lintasan sayatan sebesar 665 meter. Sayatan C-C' memotong tegak lurus sayatan A-A' (Gambar 4.9) pada jarak lintasan ± 100 meter. Dari hasil pemodelan diperoleh 4 jenis batuan yang samadengan sayatan A-A' maupun B-B'. Lapisan pertama diperoleh jenis batuan yang diperkirakan sebagai batuan shale dengan kontras densitas sebesar $-0,00470 \text{ g/cm}^3$. Kemudian pada lapisan kedua diperoleh jenis batuan dengan kontras densitas $0,000 \text{ g/cm}^3$ yang diperkirakan sebagai batuan breksi gunungapi. Pada lapisan ketiga terdapat jenis batuan yang diperkirakan sebagai batuan lava dengan kontras densitasnya sebesar $0,0046 \text{ g/cm}^3$ Dan yang terakhir merupakan jenis batuan basalt dengan kontras densitas sebesar $0,0621 \text{ g/cm}^3$.

Hasil pemodelan sayatan A-A', B-B', dan C-C' menunjukkan bahwa pada setiap sayatan memiliki atau tersusun dengan 4 jenis yaitu batuan shale, breksi gunungapi, lava, dan basalt. Dari hasil pemodelan sayatan pada kedalaman 1000-2000 meter didominasi oleh batuan basalt. Sehingga dapat diperkirakan bahwa air yang telah terpanaskan oleh batuan pemanas merembes naik melalui zona rekahan dan melewati batuan basalt di mana batuan basalt merupakan jenis batuan yang memiliki pori-pori cukup besar sehingga memungkinkan untuk menjadi batuan reservoir.

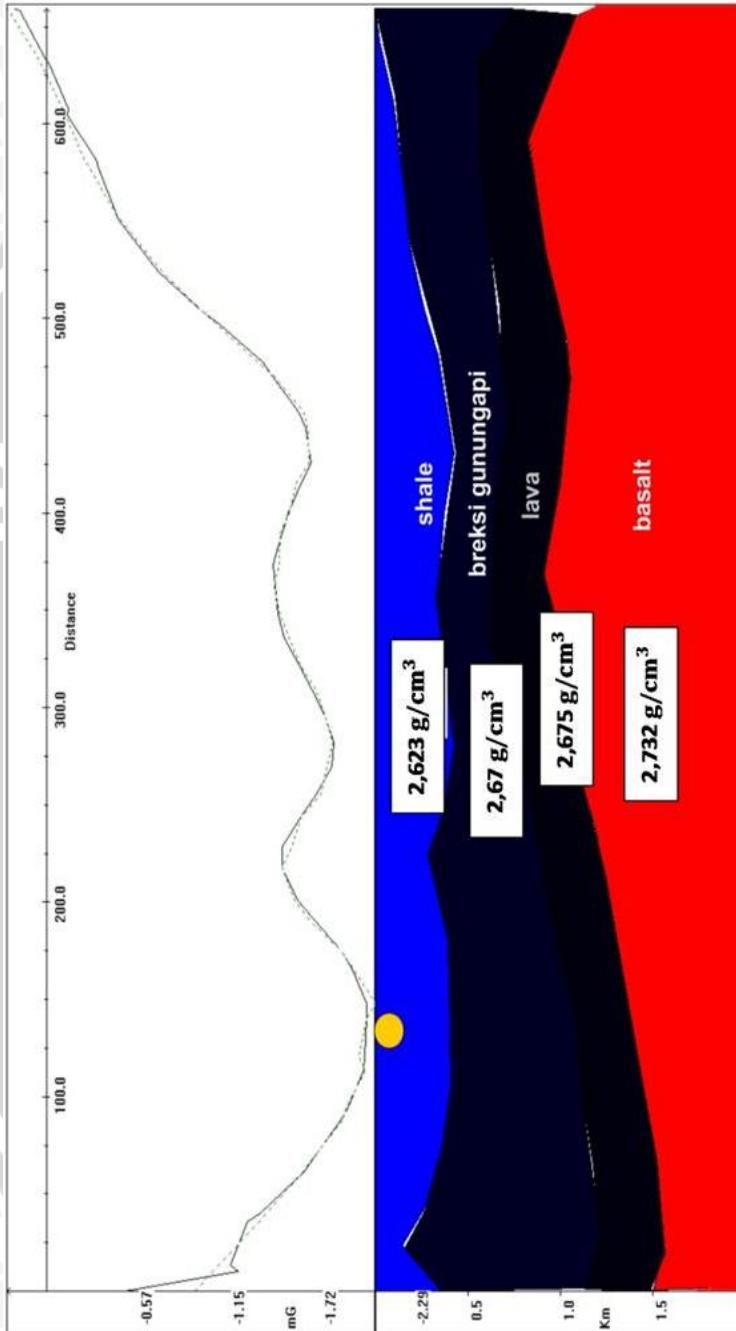
Dari pendugaan jenis batuan yang diperoleh dengan pemodelan diketahui bahwa daerah penelitian tersusun atas batuan shale, breksi gunungapi, lava, dan basalt. Batuan shale merupakan batuan sedimen dengan nilai densitas berkisar antara $(1,77-3,2) \text{ g/cm}^3$. Batuan shale merupakan batuan yang memiliki ukuran halus, shale dibedakan menjadi dua tipe batuan, yaitu batu lanau dan batu lempung atau serpih. Batu lanau memiliki butiran yang berukuran antara batu pasir dan batu serpih. Kemudian untuk batuan breksi gunung api termasuk dalam jenis batuan beku yang memiliki densitas $(2,4-3,8) \text{ g/cm}^3$, komponen breksi umumnya dapat berupa andesit, dasit, dan tuff dengan ukuran hingga 100 cm. Sedangkan untuk batuan lava, dan basalt termasuk jenis batuan beku. Batuan lava memiliki densitas berkisar antara $(2,8-3,0) \text{ g/cm}^3$ dan batuan basalt $(2,7-3,2) \text{ g/cm}^3$.



Gambar 4. 7 Pemodelan pada sayatan anomali lokal A-A'



Gambar 4. 8 Pemodelan pada sayatan anomali lokal B-B'



Gambar 4. 9 Pemodelan pada sayatan anomali lokal C-C'

4.3 Perbandingan Hasil Daerah Tiris dan Songgoriti

Hasil dari penelitian di daerah panasbumi Tiris perlu dibandingkan dengan hasil dari penelitian di daerah panasbumi lainnya. Hal tersebut dilakukan untuk mengetahui daerah panasbumi mana yang memiliki nilai anomali *Bouguer* dan anomali lokal yang mendekati nilai anomali dengan anomali daerah Tiris. Berikut ini Tabel 4.1 merupakan perbandingan nilai anomali *Bouguer* dan anomali lokal serta struktur batuan pada daerah Tiris dengan daerah lain.

Tabel 4. 1 Perbandingan daerah panasbumi Tiris dengan Songgoriti

Nama Daerah Panasbumi	Anomali <i>Bouguer</i> (mGal)	Anomali lokal (mGal)	Jenis Batuan
Tiris, Kab. Probolinggo	63– 59	5,5 (-8,5)	- Breksi gunungapi - Lava - Tufa - Basalt
Songgoriti, Kota Batu (Hidayat & Basid, 2011)	67 – 47	4,5– (-2,5)	- Tufa - Lava - Breksi Vulkanik - Batuan Lapuk - Lanau Pasiran - Tufa - Lempung

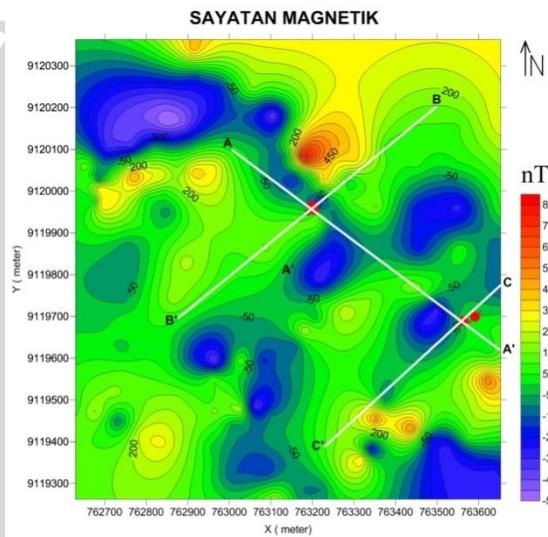
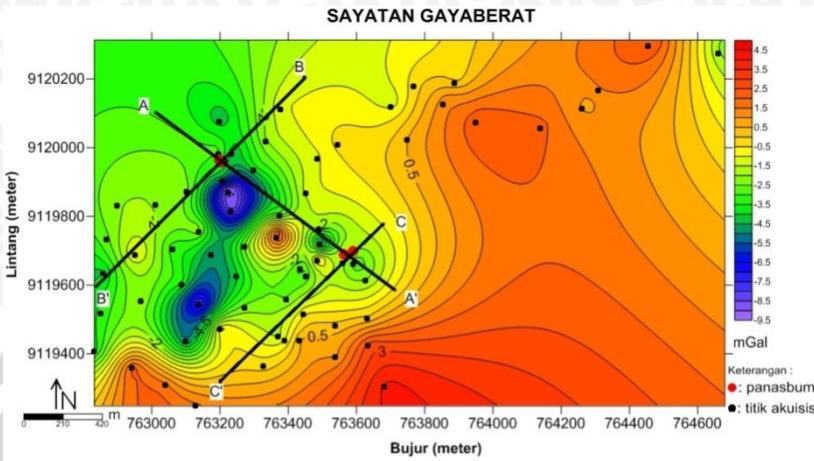
Berdasarkan uraian Tabel 4.1 di atas menunjukkan bahwa daerah panasbumi Tiris mempunyai nilai anomali *Bouguer*, nilai anomali lokal, serta jenis batuan yang hampir sama dengan daerah Songgoriti, Kota Batu.

Hasil penduggan batuan pada daerah songgoriti didasarkan pada data geologi. Berdasarkan data informasi di daerah tersebut didominasi oleh batuan hasil erupsi gunungapi kuartar atas yaitu batuan yang dihasilkan oleh erupsi gunung Panderman dan Penanggungan yang terdiri atas batuan breksi gunungapi, lava, tuf breksi tufaan, anglomerat. Sedangkan untuk hasil pemodelan didapatkan tujuh lapisan batuan yaitu batuan lapuk, tufa pasiran, lanau pasiran, lempung pasiran, breksi tufaan, lava vulkanik, dan breksi vulkanik.

4.4 Hasil Pemodelan Metode Magnetik

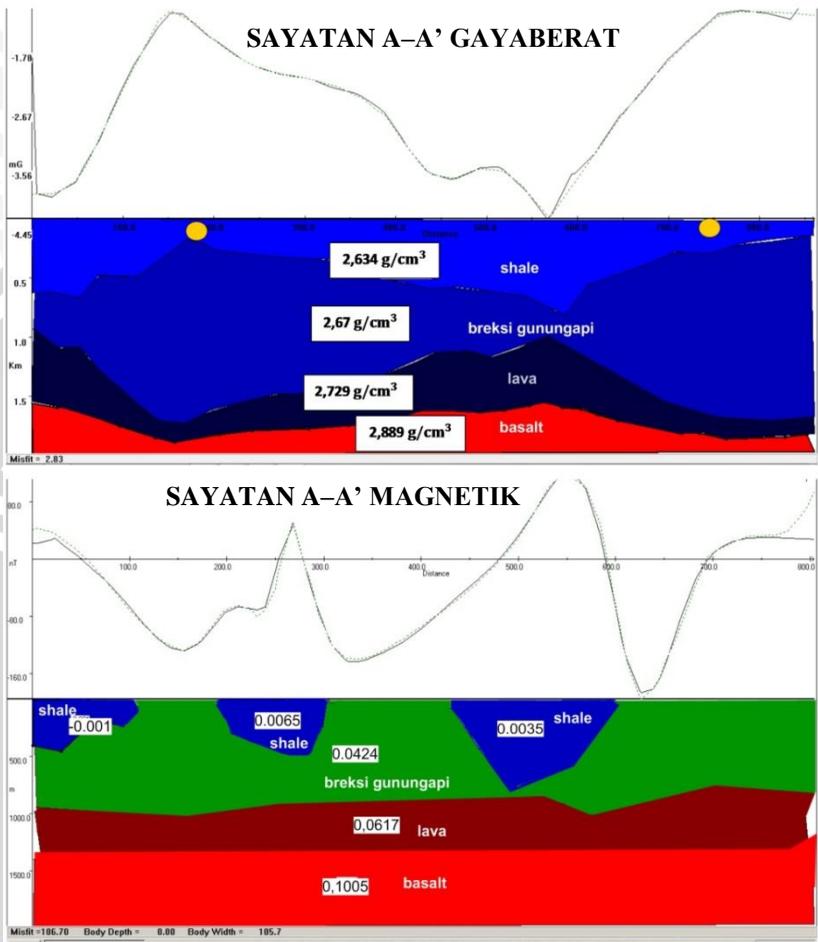
Di daerah panasbumi Tiris juga telah dilakukan penelitian dengan metode magnetik. Metode magnetik pada daerah ini dilakukan dengan tujuan yang sama yaitu untuk menentukan jenis batuan penyusun di daerah panasbumi Tiris. Untuk mengetahui kecocokan antara hasil pemodelan metode gayaberat dengan metode magnetik dilakukan perbandingan dari hasil pemodelan dengan sayatan yang sama.

Sayatan pada metode gayaberat dan magnetik dilakukan pada daerah yang sama dan ditunjukkan pada Gambar 4.10. Pendugaan jenis batuan pada metode magnetik didasarkan pada nilai suseptibilitas batuan dari hasil pemodelan. Dari hasil pendugaan terhadap nilai suseptibilitas batuan hasil pemodelan, diperoleh empat jenis batuan yang sama dengan metode gayaberat yaitu shale, breksi gunungapi, lava, dan basalt. Hasil pemodelan metode magnetik untuk sayatan A-A' ditunjukkan pada Gambar 4.11, Gambar 4.12 menunjukkan hasil pemodelan sayatan B-B', sedangkan untuk pemodelan sayatan C-C' ditunjukkan pada Gambar 4.13. Berdasarkan hasil perbandingan model gayaberat dengan magnetik sayatan AA', BB' dan CC' menunjukkan litologi yang sama. Sehingga, dari hasil perbandingan tersebut diperoleh informasi yang saling mendukung.



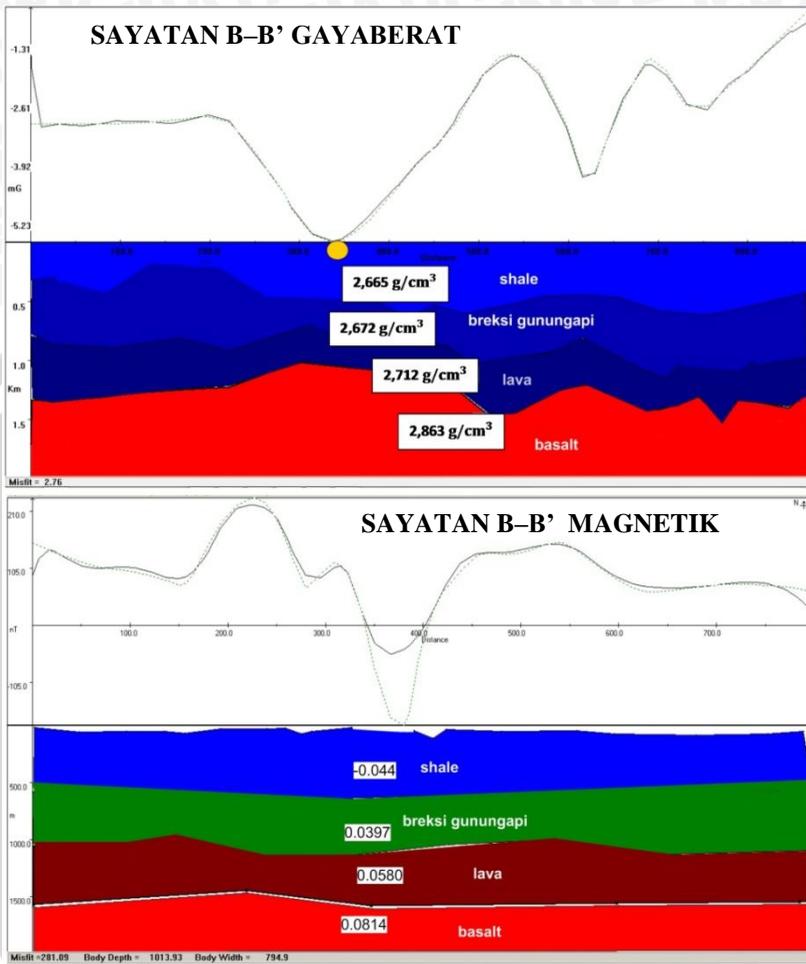
Sumber: (Fernania, 2013)

Gambar 4. 10 Sayatan pada metode gayaberat (atas) dan magnetik (bawah) (Fernania, 2013).



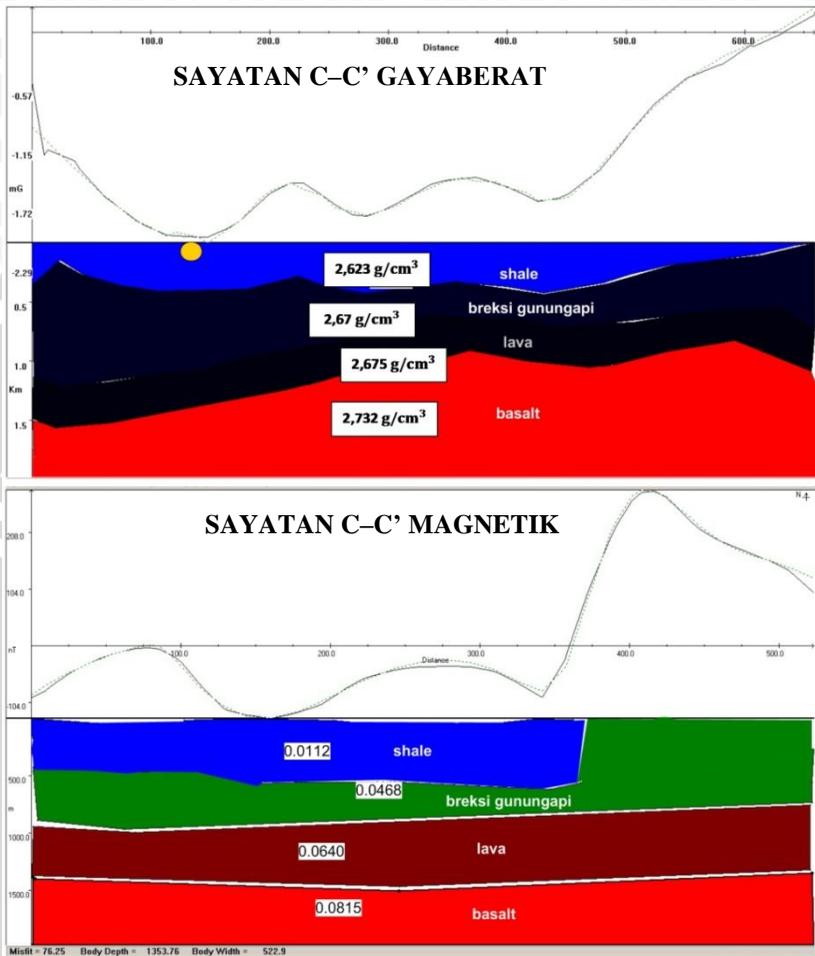
Sumber: (Fernania, 2013)

Gambar 4. 11 Perbandingan sayatan A-A' pada metode Gayaberat (atas) dengan metode Magnetik (bawah).



Sumber: (Fernania, 2013)

Gambar 4. 12 Perbandingan sayatan B-B' pada metode Gayaberat (atas) dengan metode Magnetik (bawah).

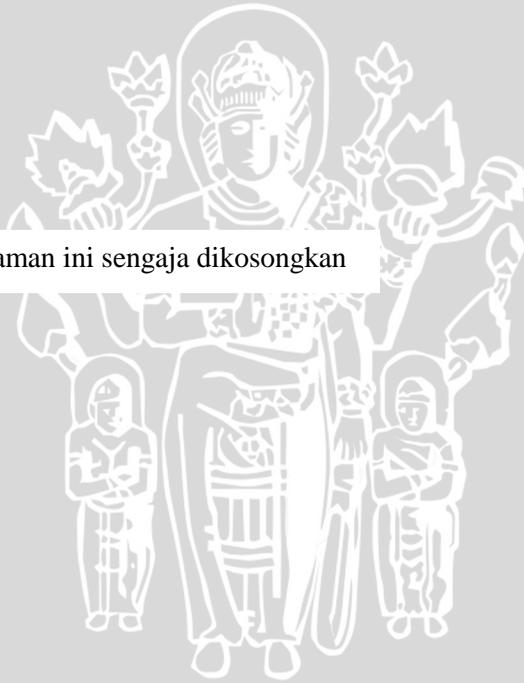


Sumber: (Fernania, 2013)

Gambar 4. 13 Perbandingan sayatan C-C' pada metode Gayaberat (atas) dengan metode Magnetik (bawah)

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Halaman ini sengaja dikosongkan



BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan pengolahan data dengan menggunakan metode gayaberat di daerah panasbumi Tiris, Kabupaten Probolinggo, Jawa Timur dapat disimpulkan bahwa :

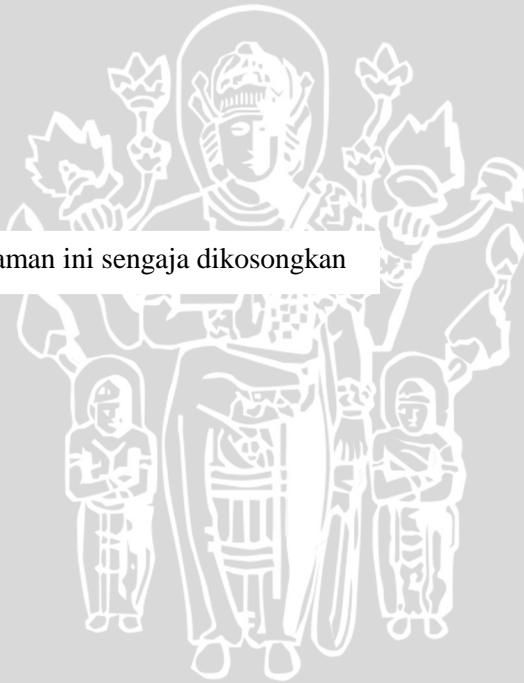
1. Nilai anomali *Bouguer* pada daerah penelitian berkisar antara 49–63 *mGal*. Pemisahan anomali regional dan lokal dilakukan dengan menggunakan kontinuitas ke atas (*upward continuation*), dari hasil kontinuitas ke atas dihasilkan nilai anomali lokal yang berkisar antara -8,5–5,5 *mGal*. Dari hasil *overlay* kontur anomali dengan peta geologi diketahui bahwa pada daerah penelitian terdapat sesar yang mengarah dari barat laut ke tenggara.
2. Hasil dari *overlay* kontur anomali dan peta geologi digunakan sebagai pendugaan sementara jenis batuan pada daerah penelitian. Di mana pada peta geologi diketahui bahwa batuan pada daerah penelitian berupa batuan breksi gunung api, batuan lava, batuan basalt, tufa dan lahar. Dari hasil pemodelan sayatan A-A', B-B', dan C-C' diperoleh jenis batuan antara lain batuan shale, breksi gunungapi, lava, dan basalt.

5.2 Saran

1. Perlu dilakukan penelitian dengan luas area penelitian lebih luas dan sebaran titik pengambilan data yang juga lebih merata agar hasil dari pengolahan data lebih maksimal sehingga anomali yang didapatkan dapat menggambarkan kondisi daerah dengan lebih lengkap.
2. Perlu dilakukan penentuan reservoir dan volume reservoir untuk mengetahui potensi panasbumi di daerah Tiris.

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Halaman ini sengaja dikosongkan



DAFTAR PUSTAKA

- Akbar, M. F., 2009. *Eksplorasi Energi Panasbumi dengan Metode Geofisika dan Geokimia Pada Daerah Jaboi, Kota Sabang, Propinsi Nangroe Aceh Darussalam*. Skripsi Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- Anonymous. (2012). *Potensi Panasbumi di Jawa Timur Januari 2012*. <http://esdm.jatimprov.go.id/esdm/attachments/article/122/Data%20Eka-potensi%20panasbumi%20jatim%202012.pdf>. Diakses tanggal 30 Januari 2013.
- Blakely, R. J., 1996. *Potential Theory in Gravity and Magnetic Application*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Fernania, N., 2013. *Identifikasi Litologi Daerah Panasbumi Tiris, Kabupaten Probolinggo Berdasarkan Metode Magnetik*, Skripsi Universitas Brawijaya, Malang.
- Garmin, 2007. *eTrex H Personal Owener's Manual*. USA: Garmin International, Inc..
- Hadipandoyo, S., 2004. *In House Training Gravity*. Blera: Pusdiklat Migas Cepu, Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral.
- Hidayat, N. & Basid, A., 2011. Analisis Anomali Gravitasi Sebagai Acuan Dalam Penentuan Struktur Geologi Bawah Permukaan dan Potensi Geothermal (Studi Kasus di Daerah Songgoriti, Kota Batu). *Neutrino*, 4(No. 1).
- Hochstein, M. P. & Browne, P. R., 2000. *Surface Manifestations of Geothermal System With Volcanic Heat Source*. San Diego: Academic Press.
- Hutapea, F., 2010. *Eksplorasi Panasbumi dengan Metode Geofisika dan Metode Geokimia Pada Daerah Bonjol, Kabupaten Pasaman, Sumatera Barat*. Skripsi Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- Kadir, W. G., 2000. *Eksplorasi Gayaberat dan Magnetik*. Bandung: Jurusan Teknik Geofisika, Fakultas Ilmu Kebumihan dan Teknologi Mineral, Institut Teknologi Bandung, Bandung.

- Nugroho, Y. P., 2012. Interpretasi Bawah Permukaan Daerah Sekitar Manifestasi Air Panas Desa Segaran, Kec. Tiris, Kab. Probolinggo dengan Menggunakan Metode Magnetik. Skripsi Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Saptadji, N. M., 2002. *Energi Panasbumi (Geothermal)*. [Online] Available at: http://geothermal.itb.ac.id/sites/default/files/public/Sekilas_tentang_Panas_Bumi.pdf. [Diakses 20 Februari 2013].
- Sears, F. W. & Zemanek, M. W., 1999. *Fisika Untuk Universitas 1*. Jakarta: Trimitra Mandiri.
- Septiyana, A. M., 2009. *Studi Struktur Geologi Volcanic-Geothermal Daerah Sampuraga, Kabupaten Mandailing Natal, Sumatera Utara Berdasarkan Survey Gayaberat*, Skripsi Universitas Brawijaya, Malang.
- Sleep, N. & Fujita, K., 1997. *Principles of Geophysics*. USA: Blackwell Science, Inc.
- Telford, W. M., Geldart, L. P. & Sheriff, R. E., 1990. *Applied Geophysics Second Edition*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Untung, M., 2001. *Dasar-dasar Magnet dan Gayaberat serta Beberapa Penerapannya*. Jakarta: Himpunan Ahli Geofisika Indonesia.
- Utama, W. & Putra, K. T. M., 2012. *Fracture Modeling Using Azimuthal Resistivity Sounding Method in Geothermal Manifestations of Gunung Lamongan, East Java*. Skripsi Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- Zaman, M. B., 2011. *Studi Potensi Panasbumi di Pemandian Air Panas Cangar, Kota Batu, Jawa Timur dengan Menggunakan Metode Gayaberat*, Skripsi Universitas Brawijaya, Malang.

LAMPIRAN 1

Foto kegiatan akuisisi data gravity dan geokimia



Gambar L1.1 Tim akuisisi data



Gambar L1.2 Pengambilan sampel air



Gambar L1.3 Mencatat nilai pembacaan gravitometer



Gambar L1.4 Pengambilan data gravity



Gambar L1.5 Manifestasi air panas di sekitar sungai Pekalen