

**STUDI POTENSI PANAS BUMI DI PEMANDIAN AIR PANAS
CANGAR, KOTA BATU, JAWA TIMUR DENGAN
MENGUNAKAN METODE GAYABERAT**

SKRIPSI

oleh:

MUHAMMAD BADARUZ ZAMAN

0710930005-93



**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2011**

**STUDI POTENSI PANAS BUMI DI PEMANDIAN AIR PANAS
CANGAR, KOTA BATU, JAWA TIMUR DENGAN
MENGUNAKAN METODE GAYABERAT**

SKRIPSI

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

oleh:

MUHAMMAD BADARUZ ZAMAN
0710930005-93



JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2011

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

**STUDI POTENSI PANASBUMI DI PEMANDIAN AIR PANAS
CANGAR, KOTA BATU, JAWA TIMUR DENGAN
MENGUNAKAN METODE GAYABERAT**

oleh:
MUHAMMAD BADARUZ ZAMAN
0710930005-93

Setelah dipertahankan di depan Majelis Penguji
Pada tanggal
dan dinyatakan memenuhi syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Sains dalam bidang fisika

Pembimbing I

Pembimbing II

Sukir Maryanto, Ph.D
NIP. 19710621. 199802.1.001

Drs. Arinto Yudi P. W., Ph.D
NIP. 19640702. 198903.1.001

Mengetahui,
Ketua Jurusan Fisika
Fakultas MIPA Universitas Brawijaya

Adi Susilo, Ph.D
NIP. 19631227. 199103.1.002
LEMBAR PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Muhammad Badaruz Zaman
NIM : 0710930005-93
Jurusan : Fisika
Penulis Skripsi berjudul : Studi Potensi Panasbumi Di Pemandian Air Panas Cangar, Kota Batu, Jawa Timur Dengan Menggunakan Metode 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/referensi.**
- 2. Apabila kemudian hari diketahui bahwa isi Skripsi saya merupakan hasil plagiat, maka saya akan bersedia menanggung akibat hukum dari keadan tersebut.**

Demikian pernyataan ini dibuat dengan segala kesadaran.

**Malang,
Yang menyatakan,**

**(Muhammad Badaruz Zaman)
NIM. 0710930005-93**

STUDI POTENSI PANASBUMI DI PEMANDIAN AIR PANAS CANGAR, KOTA BATU, JAWA TIMUR DENGAN MENGUNAKAN METODE GAYABERAT

ABSTRAK

Telah dilakukan studi potensi panasbumi berdasarkan parameter geofisika gayaberat di daerah pemandian air panas Cangar, Kota Batu yang terletak pada S $7,736^{\circ}$ hingga S $7,745^{\circ}$ dan E $112,529^{\circ}$ hingga E $112,537^{\circ}$. Dalam studi ini metode geofisika gayaberat digunakan untuk pengukuran kontras gayaberat di daerah studi dengan harapan ditemukan informasi jenis batuan dibawah permukaan berdasar kontras densitasnya. Dengan diketahui jenis batuan di bawah permukaan tanah, dilakukan pendugaan potensi panasbumi daerah studi.

Berdasarkan hasil pengolahan data, didapatkan struktur bawah permukaan daerah studi pada lapisan atas lapisan atas (kedalaman 0-700 m) merupakan batuan pasir ($1,7-2,3 \text{ g/cm}^3$), basalt ($2,7-3,3 \text{ g/cm}^3$), tanah ($1,2-2,4 \text{ g/cm}^3$) serta dimungkinkan terdapat mineral sulfida ($7,4-7,6 \text{ g/cm}^3$). Lapisan tengah (kedalaman 700-1400 m) didominasi batuan lava ($2,8-3,0 \text{ g/cm}^3$) sedangkan lapisan bawah didominasi batuan basalt ($2,7-3,3 \text{ g/cm}^3$). Ditinjau dari jenis batuan, manifestasi air panas daerah studi merupakan hasil rembesan air tanah yang terpanaskan oleh batuan batuan lava ($2,8-3,0 \text{ g/cm}^3$) dan batuan basalt ($2,7-3,3 \text{ g/cm}^3$) yang berasal dari Gunung Arjuno-Welirang. Diduga terdapat potensi panasbumi lain dengan volume $\pm 2.024.640 \text{ m}^3$ dan memiliki densitas sebesar $7,4-7,6 \text{ g/cm}^3$ yang terletak pada S 7.7406° dan E 112.5339° .

Kata kunci : Gayaberat, Cangar, struktur bawah permukaan, panasbumi

STUDY OF GEOTHERMAL POTENTIAL USING GRAVITY METHOD AT CANGAR, BATU CITY, EAST JAVA

ABSTRACT

A study of geothermal potential at Cangar hot water spring, Batu, East Java (S 7,736° to S 7,745° and E 112,529° to E 112,537°) had been conducted using gravity method. That measure a contrast density to define a type of subsurface structure. The structure used to estimated a geothermal potential.

The study found that the subsurface structure consisted of the variety of density. The top layer (0-700 m) of subsurface-structure contain of sand (1,7 – 2,3 g/cm³), basalt (2,7 – 3,3 g/cm³), soil (1,2 - 2,4 g/cm³) and high possibility of mineral sulfide (7,4 - 7,6 g/cm³). The middle layer (700-1400 m) was dominated by lava rocks (2,8 – 3,0 g/cm³), and the bottom one contained by basalt rocks (2,7 – 3,3 g/cm³). Based on the structure, it can be estimated the hot water spring in the area came from seepage groundwater heated by lava rocks (2,8 – 3,0 g/cm³) and basalt rocks (2,7 - 3,3 g/cm³) from Arjuno-Welirang volcano. And it can be identified a geothermal potential with density 7,4 – 7,6 g/cm³ and volume ±2.024.640 m³ at S 7,7406° and E 112.5339°.

Keyword : Gravity, Cangar, subsurface-structure, geothermal.

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, Puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi dengan lancar dan sebaik-baiknya. Shalawat serta salam selalu tercurahkan kepada junjungan kita Nabi Muhammad SAW yang telah menuntun kita dari zaman kebodohan menuju zaman sekarang yang penuh ilmu teknologi ini.

Dalam proses pengambilan data serta penyelesaian Skripsi ini, penulis banyak mendapatkan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Sukir Maryanto, Ph.D. dan Drs. Arinto Yudi P. W., Ph.D., selaku pembimbing I dan pembimbing II atas waktu, bimbingan serta nasehatnya.
2. Bapak Adi Susilo, Ph.D., Ir. Wiyono, M.Si., dan Dr. Sunaryo, S.Si.,M.Si., yang telah memberikan saran serta memantau perkembangan Skripsi penulis.
3. Dra. S J. Iswarin, Apt.,M.Si., selaku dosen Penasehat Akademik atas nasehat yang telah diberikan selama ini.
4. Seluruh bapak/ibu dosen Jurusan Fisika yang telah memberikan banyak ilmu dan pengalaman kepada penulis.
5. Kedua orang tua tercinta, kakak serta adik-adikku yang telah memberikan dorongan semangat serta inspirasi bagi penulis.
6. Keluarga di Griyashanta yang telah memberikan tempat tinggal yang penuh suka dan duka yang dapat dijadikan sebagai motivasi bagi penulis.
7. Tim pengambilan data, yang telah meluangkan waktu serta tenaganya dalam pengambilan data.
8. Teman-teman Fisika, atas kerjasamanya.
9. Teman-teman Matematika, khususnya Rofila yang telah memberikan semangat, bantuan serta motivasinya selama ini.
10. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa Skripsi ini memiliki banyak kerurangan. Sehingga penulis mengharapkan kritik dan saran untuk perbaikan di masa mendatang.

Malang, Oktober 2011

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	ii
LEMBAR PERNYATAAN	Error! Bookmark not defined.
ABSTRAK	Error! Bookmark not defined.
ABSTRACT	Error! Bookmark not defined.
KATA PENGANTAR	Error! Bookmark not defined.
DAFTAR ISI	Error! Bookmark not defined.
DAFTAR GAMBAR	Error! Bookmark not defined.
DAFTAR TABEL	Error! Bookmark not defined.
DAFTAR LAMPIRAN	Error! Bookmark not defined.
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 Tinjauan Pustaka Daerah Penelitian.....	3
2.2 Panas Bumi.....	3
2.3 Prinsip-prinsip Gayaberat.....	5
2.3.1 Teori Gayaberat Newton	5
2.3.2 Metode Gayaberat	7
2.3.3 Koreksi Gayaberat.....	8
2.4 Hubungan Aliran Panas dengan Gayaberat.....	13
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	15
3.1 Tempat Dan Waktu Penelitian	15
3.2 Rancangan penelitian	15
3.3 Peralatan Penelitian	15
3.4 Tahapan Penelitian	18
3.5 Metode Pengambilan Data	20
3.6 Metode Pengolahan Data.....	21
3.6.1 Konversi dan Koreksi Data	21

3.6.2 Penggambaran Kontur Anomali Gayaberat.....	23
3.6.3 Pemodelan Geologi	24
3.7 Interpretasi.....	24
3.7.1 Interpretasi Kualitatif	24
3.7.1 Interpretasi Kuantitatif	24
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	25
4.1 Hasil Pengolahan Data	25
4.2 Pembahasan.....	26
4.2.1 Interpretasi Kualitatif	26
4.2.2 Interpretasi Kuantitatif.....	30
4.3 Potensi Sumber Daya Panasbumi Cangar	33
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	35
5.1 Kesimpulan.....	35
5.2 Saran.....	35
DAFTAR PUSTAKA	37
LAMPIRAN.....	39



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Daerah penelitian.....	3
Gambar 2.2 <i>Geothermal reservoir</i>	5
Gambar 2.3 Gaya gravitasi antara dua benda bermassa	6
Gambar 2.4 Pengukuran gayaberat dipermukaan bumi	7
Gambar 2.5 Pengukuran gayaberat dalam satu lintasan	9
Gambar 2.6 Permukaan air laut rata-rata.....	11
Gambar 2.7 a) Kontur topografi pada <i>Hammer Chart</i> b) Salah satu bagian kontur topografi pada <i>Hammer Chart</i>	12
Gambar 2.8 Aliran panas benda yang terkubur dalam tanah.....	14
Gambar 3.1 Tahapan penelitian.....	19
Gambar 3.2 Lintasan pengukuran	20
Gambar 3.3 Konversi pembacaan alat	21
Gambar 4.1 Penggambaran kontur anomali Bouguer. Interval kontur 5mGal.	25
Gambar 4.2 Penggambaran kontur anomali sisa. Interval kontur 1mGal.	26
Gambar 4.3 Korelasi anomali Bouguer dengan peta geologi.....	28
Gambar 4.4 Korelasi anomali Bouguer dengan peta topografi	28
Gambar 4.5 Korelasi anomali sisa dengan peta geologi.....	29
Gambar 4.6 Korelasi anomali sisa dengan peta topografi.....	29
Gambar 4.7 Lintasan AA' dan BB' pada anomali sisa. Interval kontur 1mGal.	30
Gambar 4.8 Model penampang melintang AA'	31
Gambar 4.9 Model penampang melintang BB'	32
Gambar 4.10 Hasil pengukuran resistivitas batuan	34
Gambar L1.1 Lokasi BS-FIS.....	40
Gambar L1.2 Lokasi BS-CGR	40

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Temperatur permukaan manifestasi air panas	34
Tabel L1.1 Pengolahan data titik ikat.....	41
Tabel L2.1 Lintasan 1.....	43
Tabel L2.2 Lintasan 2.....	44
Tabel L2.3 Lintasan 3.....	45
Tabel L2.4 Lintasan 4.....	46
Tabel L3.1 Kalibrasi G-1053.....	49
Tabel L4.1 Densitas Batuan	51
Tabel L4.2 Densitas Mineral	53



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	39
Proses pembuatan titik ikat gayaberat di Taman Hutan Raya R. Soeryo, Cangar, Kota Batu.	39
Lampiran 2	43
Contoh pengolahan data gayaberat.....	43
Lampiran 3	49
Tabel Kalibrasi G-1053	49
Lampiran 4	51
Densitas batuan dan mineral.....	51
Lampiran 5	55
Perhitungan analitik pemodelan geologi	55



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam kehidupan sehari-hari manusia tidak dapat lepas dari energi. Salah satu energi yang sering digunakan adalah energi listrik. Saat ini energi listrik dihasilkan dari energi yang dapat didaur ulang ataupun energi yang tidak dapat didaur ulang. Cadangan energi yang tidak dapat didaur ulang, seperti minyak bumi dan gas alam semakin lama akan semakin habis. Sehingga dibutuhkan energi alternatif untuk memperlambat menipisnya cadangan minyak bumi dan gas alam. Panasbumi merupakan salah satu energi yang dapat digunakan sebagai energi alternatif.

Energi panasbumi pada umumnya berasal dari pemanfaatan energi panas magma yang berada dalam bumi. Bumi memiliki temperatur tinggi pada bagian intinya dan memiliki bagian yang lebih dingin di permukaannya. Akibat proses konduksi maupun konveksi, panas dari inti bumi mengalir menuju ke permukaan. Panas dari inti bumi ini akan terkumpul di bawah kerak bumi (Lillie, 1999). Kerak bumi tersusun atas berbagai macam batuan yang titik lebur berbeda-beda. Pada suhu tertentu ada batuan yang tahan terhadapnya, ada pula yang tidak. Batuan yang tidak tahan akan melebur menjadi cairan dengan suhu tinggi yang sering disebut dengan magma. Magma umumnya ditemukan pada ruangan tertentu yang berada pada kerak bumi, ruangan tersebut disebut jebakan magma. Jebakan magma biasa ditemukan di daerah pengunungan.

Gunung Arjuno-Welirang merupakan dua gunung api kembar di Jawa Timur, Indonesia. Diperkirakan terdapat waduk energi Vulkanik-Geothermal dengan volume $\pm 13 \text{ km}^3$ (Lesmana, 2007). Pada lereng gunung tersebut terdapat rembesan air panas di berbagai tempat. Pemandian alam air panas Cangar memanfaatkan rembesan air panas yang berada di Dusun Cangar, Kelurahan Tulungrejo, Kecamatan Bumiaji, Kota Batu. Adanya rembesan air panas alami tersebut dapat diindikasikan terdapat sumber panasbumi di sekitarnya. Namun kajian tentang potensi panasbumi di Cangar belum pernah dilakukan. Untuk mengetahui potensi panasbumi di pemandian air panas Cangar, perlu dilakukan penelitian terhadap daerah itu.

Salah satu cara yang 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 berdasarkan kontras densitas batuan.

Dari uraian diatas, dilakukan penelitian dengan judul “Studi Potensi Panasbumi Di Pemandian Air Panas Cangar, Kota Batu, Jawa Timur Dengan Menggunakan Metode Gayaberat”.

1.2 Rumusan Masalah

Permasalahan yang dapat dirumuskan dalam penelitian ini yaitu:

1. Bagaimana struktur bawah permukaan bumi di pemandian air panas Cangar, Kota Batu?
2. Bagaimana potensi panasbumi di pemandian air panas Cangar, Kota Batu?

1.3 Batasan Masalah

Penelitian ini dilakukan untuk mengkaji potensi panasbumi Cangar, Kota Batu, Jawa Timur berdasar parameter geofisika gayaberat.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini yaitu :

1. Untuk menentukan struktur bawah permukaan Bumi di pemandian air panas Cangar, Kota Batu, Jawa Timur.
2. Untuk menentukan potensi panasbumi di pemandian air panas Cangar, Kota Batu, Jawa Timur.

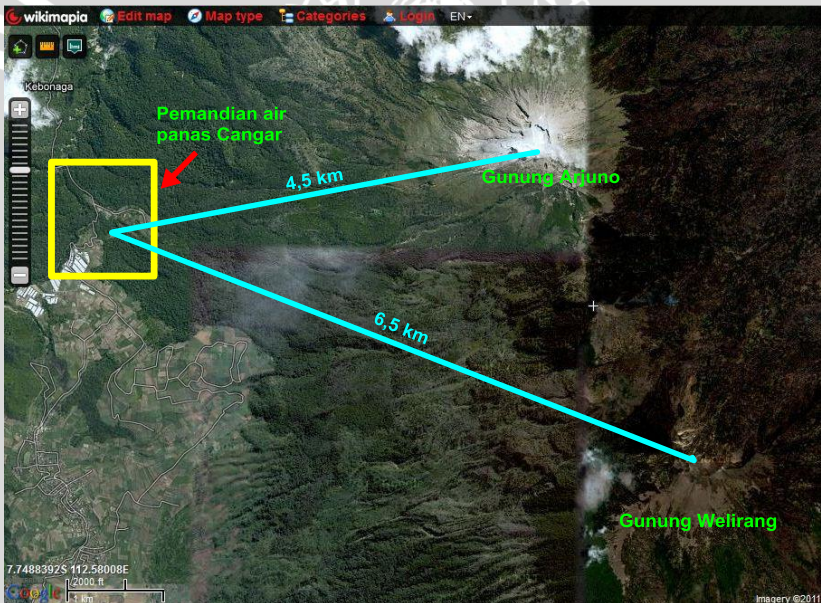
1.5 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat digunakan sebagai tambahan informasi bagi mahasiswa dan pembaca. Serta sebagai pertimbangan bagi instansi terkait dalam pemanfaatan energi panas bumi di sekitar pemandian Cangar nantinya.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Pustaka Daerah Penelitian

Daerah penelitian yang digunakan adalah daerah pemandian air panas alam Cangar. Secara geografis terletak pada $7,44^{\circ}$ lintang selatan dan $112,31^{\circ}$ bujur timur dengan ketinggian sekitar 1500 meter diatas permukaan laut. Daerah ini berada di Dusun Cangar, Kelurahan Tulungrejo, Kecamatan Bumijaji, Kota Batu. Cangar terletak di dalam kawasan Taman Hutan Raya R. Soeryo berada di lereng gunung Arjuno-Welirang. Diindikasikan sumber air panas Cangar berasal dari gunung tersebut. Daerah penelitian ditunjukkan pada Gambar 2.1 berikut.



Gambar 2.1 Daerah penelitian (Anonymous, 2011a)

2.2 Panasbumi

Sumber panasbumi diyakini berasal dari dua aktivitas bumi itu sendiri, yaitu panas dari inti bumi serta akibat peluruhan radioaktif. Inti bumi terdiri dari besi nikel beku setebal 1.370 km

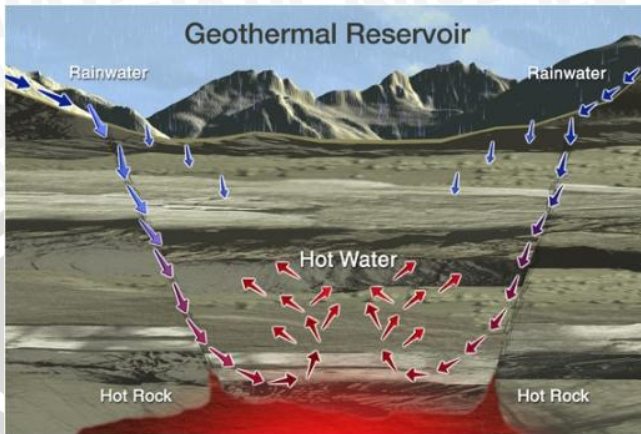
dengan suhu 4.500 °C (Anonymous, 2011b). Secara sederhana melalui peristiwa konduksi, inti bumi akan memancarkan panas ke permukaan bumi. Ketika panas dari inti bumi melewati lapisan kerak bumi, sebagian akan diserap oleh kerak bumi. Seiring bertambahnya waktu, kerak bumi yang tersusun atas berbagai macam batuan akan menjadi panas.

Pada peluruhan radioaktif dari satu unsur radioaktif ke unsur lainnya dapat menumbulkan sumber panas baru. Unsur radioaktif seperti *uranium*, *thorium*, dan *potassium* pada saat meruruh dapat menimbulkan panas. Panas yang dihasilkan adalah panas per satuan volume. Pada kerak bumi banyak terkandung unsur radioaktif tersebut (Lillie, 1999).

Lapisan mantel bumi yang mengandung silika dengan tebal 2.800 kilometer sehingga membentuk 83% isi bumi (Anonymous, 2011b). Sehingga produksi panas akibat peluruhan unsur radioaktif pada mantel bumi lebih besar dari pada kerak Bumi. Panas yang dihasilkan kerak benua $\approx 1,9 \times 10^{12}$ W dan kerak samudera $\approx 0,1 \times 10^{12}$ W sedangkan mantel bumi menghasilkan panas sebesar $\approx 8,9 \times 10^{12}$ W (Philpotts 1990; Lillie, 1999).

Ciri awal yang menunjukkan bahwa di daerah tersebut memiliki potensi panasbumi adalah adanya manifestasi panasbumi di permukaan. Mata air panas merupakan tanda yang paling mudah untuk menentukan sistem panasbumi yang di transfer ke permukaan (White, 1973; Wohletz and Heiken, 1992).

Manifestasi panasbumi berawal dari air hujan yang merembes ke bawah permukaan melalui rongga-rongga batuan. Pada daerah vulkanik, banyak terdapat zona rekahan. Zona rekahan dapat mempermudah air masuk ke dalam tanah, dan akhirnya bertemu dengan batuan panas. Seiring berjalannya waktu air tersebut akan terpanaskan dan akhirnya memiliki tekanan yang tinggi hingga air mampu menerobos naik ke permukaan. Munculnya air dipermukaan ini merupakan manifestasi panasbumi (Supriyanto, 2007). Proses tersebut ditunjukkan pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Geothermal reservoir (Supriyanto, 2007)

2.3 Prinsip-prinsip Gayaberat

2.3.1 Teori Gayaberat Newton

Gayaberat merupakan gaya tarik menarik antara benda satu dengan benda lainnya akibat massa benda keduanya. Hal tersebut didasarkan pada hukum Newton tentang gayaberat. Besarnya nilai gayaberat antara dua benda tersebut sebanding dengan massa kedua benda dan berbanding terbalik dengan kuadrat jaraknya (Lillie, 1999). Ditunjukkan pada Gambar 2.3a.

Hukum gayaberat Newton :

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

dengan:

F = gaya antara dua benda (N)

G = konstanta gayaberat ($6.67 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2/\text{kg}^2$)

m_1, m_2 = massa dua benda berbeda (kg)

r = jarak antara pusat massa (m)

Gaya yang bekerja pada benda dengan massa m_1 terhadap massa m_2 diberikan dengan Hukum Newton II (Lillie, 1999). Ditunjukkan pada persamaan 2.2 berikut, dan digambarkan pada Gambar 2.3b.

$$F = m_1 a \quad (2.2)$$

dengan:

a = percepatan gerak benda bermassa m_1 akibat gaya gravitasi benda bermassa m_2 (m/s^2).

Dari persamaan 2.1 dan 2.2 dikombinasikan didapatkan persamaan (2.3) berikut, ditunjukkan pada Gambar 2.3c.

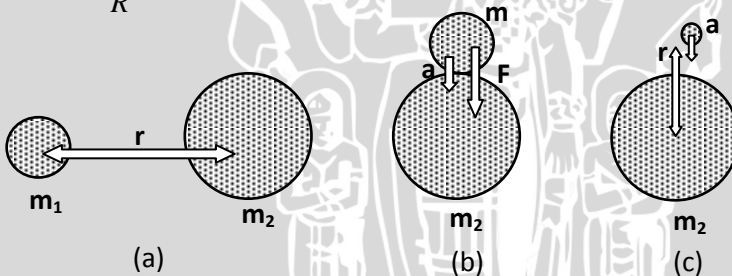
$$a = \frac{Gm_2}{r^2} \quad (2.3)$$

untuk gravitasi bumi diberikan dengan:

$a = g$ = percepatan gravitasi di atas permukaan bumi
 $m_2 = M$ = massa bumi
 $r = R$ = jarak titik pengamatan terhadap pusat massa bumi.

Maka persamaan gravitasi Bumi diberikan pada persamaan 2.4 berikut.

$$g = \frac{GM}{R^2} \quad (2.4)$$



Gambar 2.3 Gaya gravitasi antara dua benda bermassa

Ketika kita melakukan pengukuran gayaberat pada titik pengukuran yang berada di atas benda penyebab anomali yang terkubur dalam tanah (Gambar 2.4), dapat dianalogikan dengan pengukuran gayatarik akibat gayaberat bumi pada benda lain (Gambar 2.3c). Pada Gambar 2.4 menunjukkan bahwa perubahan gayaberat (Δg) dipengaruhi oleh perubahan massa (Δm) dan jaraknya

(r) pada titik pengamatan dipermukaan bumi. Maka persamaan 2.4 dapat dituliskan menjadi:

$$\Delta g = \frac{G(\Delta m)}{r^2} \quad (2.5)$$

Perbedaan rapat massa material ($\Delta\rho$) merupakan massa (Δm) per satuan volume (V), sehingga persamaan 2.5 menjadi:

$$\Delta g = \frac{G(\Delta\rho)(V)}{r^2} \quad (2.6)$$

Pada persamaan 2.6 menunjukkan bahwa perubahan gayaberat berbanding lurus dengan perubahan rapat massanya.



Gambar 2.4 Pengukuran gayaberat dipermukaan bumi

2.3.2 Metode Gayaberat

Metode gayaberat merupakan pengukuran gravitasi suatu tempat di bumi dengan harapan menemukan informasi densitas lokal yang melingkupi pembentukan serta mempelajari sesuatu tentang ketidakteraturan bumi (Telford, dkk, 1990).

Pengukuran gayaberat suatu titik amat dapat dilakukan dengan dua cara, pertama pengukuran secara langsung dengan menggunakan *absolute-gravimetry* yang memakai benda jatuh dan kedua dengan cara relatif, yaitu membandingkan titik amat dengan suatu titik acuan yang telah diketahui nilai gayaberatnya (Yayat, dkk, 2003).

Dalam kenyataannya nilai pengukuran gayaberat di permukaan bumi bervariasi. Selain dikarenakan ketidakteraturan bumi, nilai gayaberat dipengaruhi oleh ketinggian tempat, letak benda-benda langit di sekitar bumi serta kondisi kerapatan batuan

penyusun di bawah permukaan bumi tersebut. Oleh karena itu, hasil pengukuran dengan menggunakan metode gayaberat perlu dilakukan koreksi-koreksi untuk menghilangkan pengaruh terhadapnya.

2.3.3 Koreksi Gayaberat

2.3.3.1 Koreksi Tidal

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. Sehingga bulan dan matahari 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. 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 bumi. Gejala ini menjadi suatu ukuran tentang kekerasan bagian dalam bumi. Sehingga pada pengolahan data gayaberat perlu dilakukan koreksi pasang-surut. Menurut Heiland dalam (Untung, 2001) komponen tegak gaya pasang-surut Δg_{TDL} dirumuskan pada persamaan 2.7 berikut.

$$\Delta g_{TDL} = \frac{3GrM_m}{2D_m^2} \left(\cos 2a_m + \frac{1}{3} \right) - \frac{3GrM_s}{2D_s^3} \left(\cos 2a_s + \frac{1}{3} \right) \quad (2.7)$$

dengan:

- G = konstanta gayaberat Newton
- M_s = massa matahari
- D_s = jarak antara suatu titik di bumi ke matahari
- M_m = massa bulan
- D_m = jarak antara suatu titik di bumi ke bulan
- r = radius bumi apabila bulan dan matahari membuat sudut geosentrik
- a_s = sudut geosentrik matahari di titik pengamatan pada permukaan bumi
- a_m = sudut geosentrik bulan di titik pengamatan pada permukaan bumi

2.3.3.2 Koreksi *Drift*

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

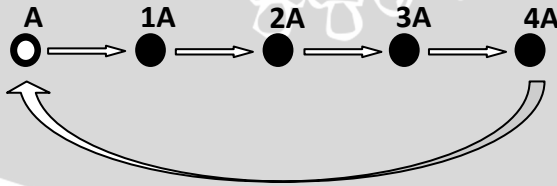
Dalam pengukuran gravitasi pengukuran dimulai dari suatu titik acuan gravitasi (*gravity base station*), kemudian dilakukan pengukuran di titik-titik pengamatan dan kembali ke titik acuan semula (Gambar 2.5). Pada gambar tersebut pengukuran pertama kali di titik acuan A kemudian dilanjutkan pengukuran di titik 1A, 2A, 3A, 4A 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 2.8 sebagai berikut (Hadipandoyo, 2004; Septiyana, 2009).

$$\Delta g_D = \frac{G_{A2} - G_{A1}}{T_{A2} - T_{A1}} \times (T_n - T_{A1}) \quad (2.8)$$

dengan:

- Δg_D = besarnya *drift* di titik pengamatan
- T_n = waktu pembacaan pada titik ke-n
- G_{A1} dan G_{A2} = pembacaan gayaberat diawal dan diakhir pada titik ikat A
- T_{A1} dan T_{A2} = waktu pembacaan diawal dan diakhir pada titik ikat A

Koreksi *drift* dilakukan setelah harga pembacaan alat di titik pengambilan data terkoreksi menggunakan koreksi tidal.



Gambar 2.5 Pengukuran gayaberat dalam satu lintasan

2.3.3.3 Koreksi Lintang

Bumi berotasi pada porosnya, sehingga menyebabkan sebaran massa bumi berbeda. Sebaran massa bumi tidak sempurna, tetapi massa bumi terkumpul pada porosnya. Sehingga nilai perkiraan gayaberat rata-rata diberikan oleh fungsi lintang. Terdapat rumusan untuk mencari koreksi lintang antara lain Potsdam 1930, ISGN 1971 (*International Standardization Geodetic Network 1971*) dan yang terbaru WGS 84 (*World Geodetic System 1984*). WGS 84 dituliskan pada persamaan 2.9 berikut (Untung, 2001).

$$\Delta g_L = 978032.67714 \frac{\left(1 + 0.00193185138639 \sin^2 \phi \right)}{\sqrt{\left(1 - 0.00669437999013 \sin^2 \phi \right)}} \text{mGal} \quad (2.9)$$

dengan:

Δg_L = gayaberat fungsi lintang pada titik pengamatan (mGal)

ϕ = lintang pada titik pengamatan (derajat)

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

2.3.3.4 Koreksi Udara Bebas

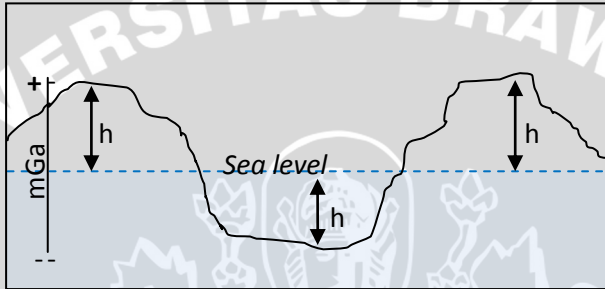
Pengukuran gayaberat di *mean sea level* dan di ketinggian tertentu pasti memiliki hasil yang berbeda. Setiap perubahan ketinggian terhadap *mean sea level* nilai gayaberatnya akan berubah. Rata-rata perubahan gayaberat terhadap ketinggian sebesar 0.3086 mGal/m (Sleep and Fujita, 1997). Titik pengamatan tidak selamanya berada pada *mean sea level* (Gambar 2.6), sehingga perlu dilakukan koreksi. Koreksi ini disebut dengan koreksi udara bebas yang dirumuskan pada persamaan 2.10.

$$\Delta g_{FA} = 0,3086 \times h \quad (2.10)$$

dengan:

Δg_{FA} = free air correction / koreksi udara bebas (mGal/m)

h = ketinggian titik ukur gayaberat di atas muka air laut (dalam meter).

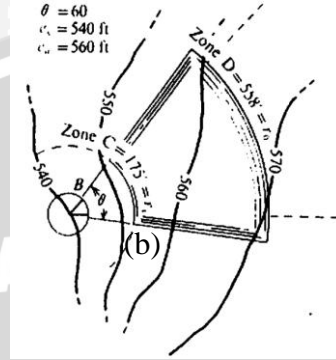
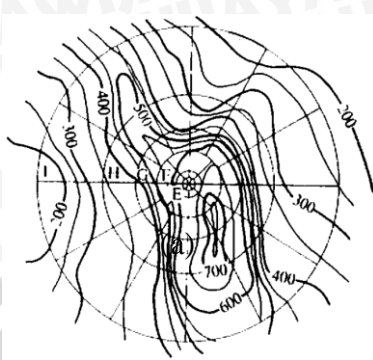


Gambar 2.6 Permukaan air laut rata-rata

2.3.3.5 Koreksi Medan

Kondisi topografi di sekitar titik pengamatan tidak selamanya beraturan, hal ini juga dapat mempengaruhi nilai gayaberat pengamatan. Misalkan terdapat bukit di dekat titik 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 jika kontur topografi daerah penelitian beragam, maka perlu dilakukan koreksi terhadapnya. Koreksi akibat topografi sekitar daerah pengamatan ini sering disebut dengan koreksi medan (*terrain*).

Untuk menghitung koreksi medan digunakan *Hammer Chart*, yaitu sebuah diagram berbentuk lingkaran yang dapat menunjukkan pembagian wilayah. Dalam pengukurannya, peta topografi dicocokkan pada *Hammer Chart* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.7a dan 2.7b.



Gambar 2.7 a) Kontur topografi pada *Hammer Chart* b) Salah satu bagian kontur topografi pada *Hammer Chart*

Rumusan pada tiap bagian dirumuskan pada persamaan 2.11 berikut.

$$\Delta g_T(r, \theta) = G\rho\theta \left\{ (r_o - r_i) + (r_i^2 + \Delta z^2)^{1/2} - (r_o^2 + \Delta z^2)^{1/2} \right\} \quad (2.11)$$

dengan:

- θ = sudut dari pembagian pada *Hammer Chart*
- 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, dkk, 1990).

2.3.3.6 Koreksi Bouguer

Bouguer seorang Perancis pada tahun 1749 melakukan pengamatan di pegunungan Andes, Peru. Dia menyadari adanya ketergantungan ketinggian dan rapat massa. Dia menemukan hubungan analitis rapat massa di pegunungan Andes dan rapat massa rata-rata. Sehingga koreksi Bouguer dapat dirumuskan pada persamaan 2.12 berikut (Untung, 2001).

$$\Delta g_B = 2\pi G\rho h = 0,0419\rho h$$

dengan:

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

h = ketinggian (m)

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

2.3.3.7 Anomali Bouguer

Setelah dilakukan koreksi-koreksi gayaberat, kemudian ditentukan nilai anomali gayaberat secara keseluruhan. Anomali ini sering dikenal dengan anomali Bouguer. Nilai anomali Bouguer dirumuskan pada persamaan 2.13 berikut (Telford, dkk, 1990) .

$$g_B = g_{obs} - g_t + (\Delta g_L + \Delta g_{FA} - \Delta g_B + \Delta g_T) \quad (2.13)$$

dengan:

g_{obs} = nilai pembacaan gayaberat pada titik pengamat

g_t = gayaberat secara teori

Δg_L = koreksi lintang

Δg_{FA} = koreksi udara bebas

Δg_B = koreksi Bouguer

Δg_T = koreksi medan

2.4 Hubungan Aliran Panas dengan Gayaberat

Untuk mengetahui hubungan aliran panas dengan gayaberat digunakan rumusan matematik menggunakan hukum Gauss, persamaan Poisson dan persamaan Laplace. Dalam Sleep and Fujita, 1997 hubungan aliran panas dengan gayaberat didapatkan dalam kondisi *steady-state*. Dalam media tak terbatas, aliran panas dari benda yang terkubur dalam tanah (Gambar 2.8) bergerak menjauhi sumber. Temperatur akan turun seiring pertambahan jarak dengan

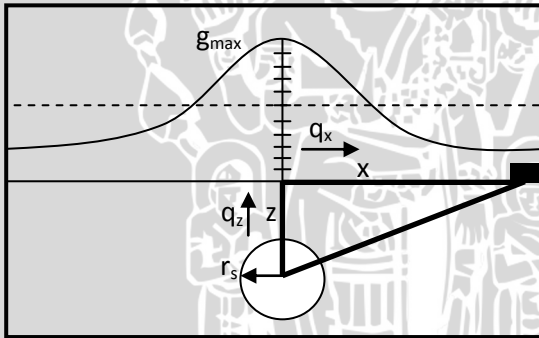
benda. Dalam kondisi *steady-state* aliran panas dari benda yang terkubur dalam tanah diberikan dalam persamaan 2.14 berikut ini (Sleep and Fujita, 1997).

$$q(z = 0) = \frac{2Azr_s^3}{3(x^2 + z^2)^{3/2}} \quad (2.14)$$

dengan:

- A = panas persatuan volume per satuan waktu ($4\pi G\rho$)
- z = kedalaman benda yang terkubur
- x = proyeksi jarak horisontal dari benda
- r_s = jari-jari benda yang terkubur

Dalam persamaan (2.14) dapat terlihat bahwa aliran panas q berbanding lurus dengan rapat massa ρ . Dan jika dianalogikan dengan persamaan (2.6) yang menunjukkan keseluruhan antara rapat massa dengan gayaberat, maka dapat dikatakan bahwa panas sebanding dengan perbedaan rapat massa secara lateral, dan bentuk anomali aliran panas sesuai dengan bentuk anomali gayaberat.



Gambar 2.8 Aliran panas benda yang terkubur dalam tanah

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tempat Dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan sekitar pemandian air panas Cangar, Kota Batu yang berada pada S 7,736° hingga S 7,745° dan E 112,529° hingga E 112,537°. Pengambilan data dilakukan pada tanggal 21 Februari 2011 hingga 1 Maret 2011. Pengolahan data gayaberat dilakukan pada 21 Februari 2011 hingga 21 Juni 2011 di Laboratorium Geofisika Universitas Brawijaya Malang.

3.2 Rancangan penelitian

Penelitian dilakukan dengan mengambil data primer, yaitu data gayaberat menggunakan *Gravimeter LaCoste & Romberg type G-1053*. Dilakukan pengolahan data menggunakan MS excel untuk didapatkan nilai anomali Bouguer. Data anomali Bouguer kemudian diolah dalam Surfer 9 untuk didapatkan kontur anomali Bouguer dan anomali sisa. Interpretasi data dilakukan secara kualitatif untuk mengetahui pola sebaran anomali dihubungkan dengan struktur geologinya. Selain itu dilakukan interpretasi kuantitatif untuk mengetahui nilai rapat massa batuan dibawah permukaan bumi.

3.3 Peralatan Penelitian

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini diantaranya :

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

Gravimeter LaCoste & Romberg type G-1053 terbuat dari bahan logam yang tahan pada tekanan panas dan penyusutan. *Gravimeter* ini bekerja berdasarkan prinsip *spring balance*, sehingga sedikit getaran saja dapat mempengaruhi pengukuran. Alat ini bekerja optimal saat suhu tetap 56,7 °C (*thermostate*). *Gravimeter* yang menggunakan sumber daya DC 12 volt ini memiliki batas ketelitian sebesar 0,01 mGal. Display yang digunakan adalah 5 digit angka untuk tampilan nilai gayaberat lapangan, dengan batas nilai tertinggi yaitu 7000,0 (Austin, 1992).

❖ Cara penggunaan *gravimeter*

- *Aluminium base plate* diletakkan di titik pengambilan data.
- *Gravimeter* diletakkan pada *Aluminium base plate*.
- Kemiringan *Gravimeter* diatur dengan memutar *long level adjustment* dan *cross level adjustment* (*Gravimeter* harus tidak dalam kondisi miring, yaitu dengan diposisikan water level berada di tengah-tengah).
- *Gravimeter* disambungkan dengan sumber daya DC.
- *Gravimeter* dinyalakan, *switch power* berada di dekat *thermometer*.
- *Reading line* dilihat pada microscope, pada type G-1053 *reading line* sebesar 2,8.
- Nulling Dial diputar-putar hingga didapatkan hingga didapatkan nilai gayaberat daerah penelitian.
- *Gravimeter* dimatikan, dengan diputar *switch power*.

2. *Global Positioning System* (GPS)

Dalam penelitian ini digunakan dua buah GPS, yaitu GPS Garmin eTrex H dan Garmin GP S60. Digunakan dua buah GPS untuk meminalisir kesalahan dalam menentukan ketinggian daerah pengamatan. Karena metode gayaberat ini sangat sensitif terhadap perubahan ketinggian.

GPS Garmin eTrex H memiliki ukuran 11,2 cm × 5,1 cm × 3,0 cm. *Case* luar berbahan *high-impact plastic alloy* yang tahan air hingga kedalaman 1 meter selama 30 menit. GPS yang menggunakan dua buah *battery* AA ini memiliki berat total (dengan *battery*) 150 g. Alat dengan akurasi <10m ini dapat bekerja pada temperatur -15° hingga 70°C (Garmin, 2007).

GPS Garmin GPS 60 berukuran 6,1”H × 2,4”W × 1,3”D. *Case* luar tertutup penuh, tahan air hingga 1 meter selama 30 menit. Alai yang bekerja pada temperatur antara -15° hingga 70°C ini memiliki akurasi posisi <10m. Antena GPS ini adalah built-in quad helix. Berat total dari GPS yang menggunakan power dua buah *battery* AA ini sebesar 198 g (Garmin, 2006).

❖ Cara penggunaan GPS

Secara umum penggunaan GPS Garmin eTrex H dan Garmin GPS 60 ini memiliki kesamaan. Berikut ini cara penggunaan kedua GPS tersebut.

- GPS dinyalakan dengan ditekan tombol *power*. GPS otomatis akan masuk ke dalam menu *satellite page* untuk melakukan pencarian sinyal satelit. (diusahakan pada keadaan ini GPS berada pada posisi lapang, tidak terhalang benda apapun agar proses pencarian sinyal berjalan dengan baik). Untuk Garmin eTrex H pada menu *satellite page* tercantumkan posisi lintang-bujur serta ketinggian daerah penelitian, sedangkan untuk Garmin GPS 60 pada menu *satellite page* hanya posisi lintang-bujur saja.
- Pada Garmin GPS 60 untuk diketahui ketinggian daerah penelitian dipilih *trip computer page*, dengan ditekan tombol *page*.
- Setelah data posisi dan ketinggian dicatat, GPS dimatikan dengan ditekan tombol *power*.

3. Penunjuk waktu

Penunjuk waktu atau jam digunakan sebagai alat untuk menunjukkan waktu pada setiap titik pengambilan data. Penunjuk waktu yang digunakan adalah jam tangan digital dengan format HH.MM.SS.

4. Alat tulis

Dalam proses pengambilan data, perlu dilakukan pencatatan hasil pembacaan gayaberat, waktu serta posisi titik pengambilan data. Dalam proses ini dibutuhkan alat tulis seperti buku tulis, bolpoint serta pensil.

5. Peta geologi

Daerah penelitian berada sekitar Gunung Arjuno-Welirang. Kawasan tersebut termasuk dalam Peta geologi lembar Malang, Jawa. Peta yang digunakan memiliki skala peta 1:100.000.

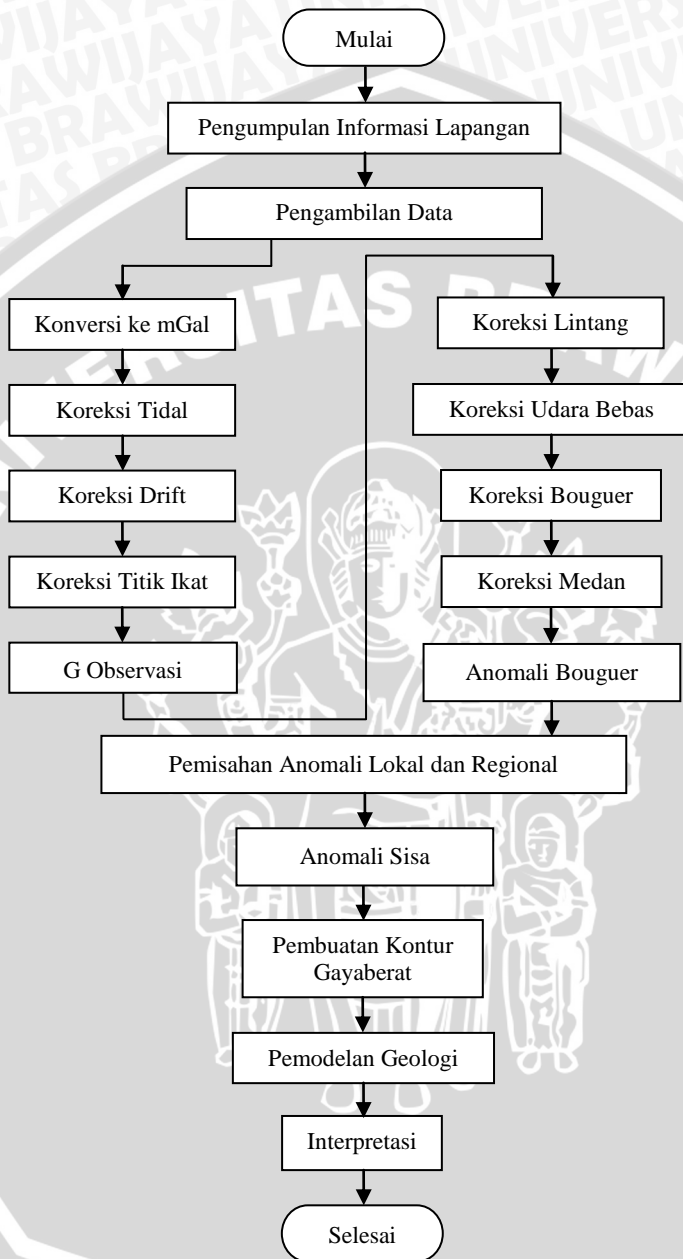
6. Perangkat komputer

Perangkat komputer dibutuhkan dalam proses pengolahan data. Perangkat komputer yang digunakan dalam penelitian ini dilengkapi dengan instalasi software MS. Office, AutoCAD 2009, Surfer 9, Tide.exe dan Grav2DC.

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 serta waktu pengambilan data. Data hasil pengukuran belum dalam satuan gayaberas (mGal) dan dipengaruhi oleh efek luar, sehingga dilakukan beberapa koreksi terhadapnya. Setelah itu dibuat kontur anomali dari data gayaberas yang telah terkoreksi serta dibuat penampang melintang untuk mengetahui sebaran rapat massa secara vertikal. Kemudian dilakukan interpretasi, baik secara kualitatif maupun kuantitatif. Secara umum tahapan penelitian ditunjukkan pada Gambar 3.1.





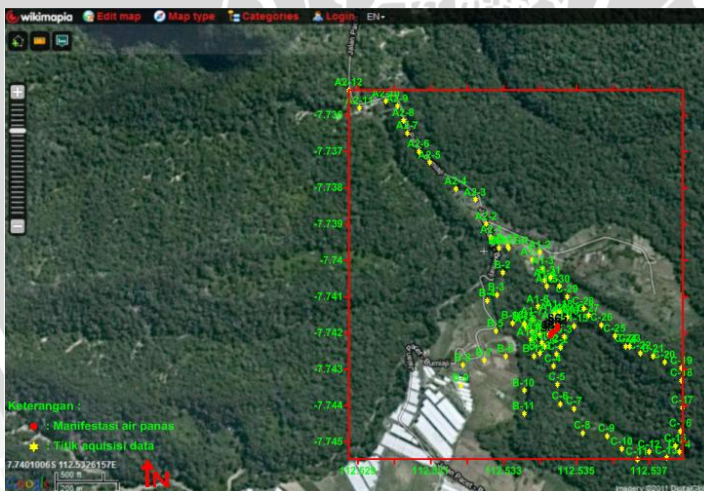
Gambar 3.1 Tahapan Penelitian

3.5 Metode Pengambilan Data

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

Pengambilan data menggunakan sistem *looping* dimulai dengan pengukuran di titik acuan (*base station*). Titik acuan yang digunakan yaitu di depan dinding nama Taman Hutan Raya R. Soeryo (*base station* Cangar/BS-CGR) yang sebelumnya dilakukan pengukuran relatif terhadap titik acuan di pojok gedung Fisika Universitas Brawijaya Malang (*base station* Fisika/BS-FIS).

Pengukuran gravitasi diawali dengan pengukuran di titik acuan, kemudian dilakukan pengukuran di titik lainnya sesuai dengan lintasan pengukuran pada Gambar 3.2. Setelah itu dilakukan pengukuran di tiap titik yang telah dilakukan, dilakukan pengukuran di titik *base station* kembali. Jumlah titik amat sekitar 80 titik dengan jarak antar titik amat $\pm 50\text{m}$. Pada tiap titik dilakukan pengukuran gravitasi sebanyak 3 kali. Data yang dicatat diantaranya nama titik, pembacaan alat, posisi titik (digunakan GPS), waktu pengambilan data (digunakan jam digital) serta ketinggian titik amat.



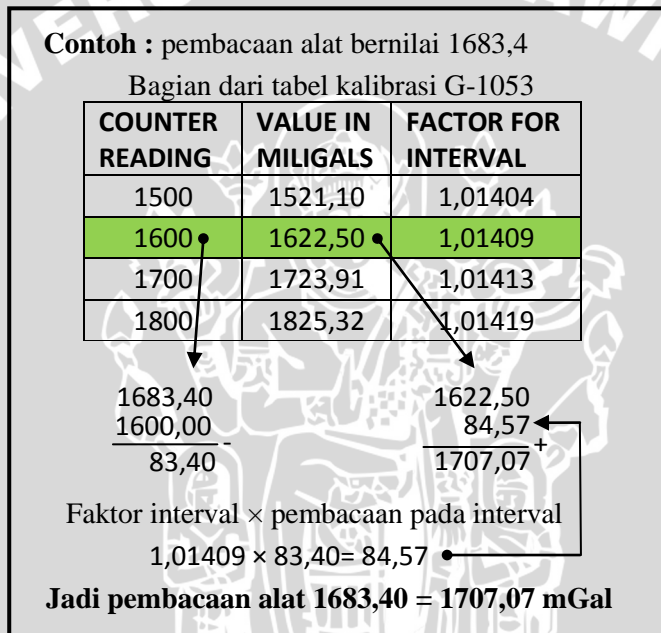
Gambar 3.2 Lintasan pengukuran (Anonymous, 2011a)

3.6 Metode Pengolahan Data

3.6.1 Konversi dan Koreksi Data

3.6.1.1 Konversi Satuan

Tahapan awal dalam pengolahan data gayaberat yaitu konversi data kedalam satuan gayaberat yaitu mGal. Data gayaberat yang telah terkonversi kedalam satuan mGal masih terpengaruh efek luar, sehingga dilakukan koreksi terhadapnya. Langkah dalam koreksi ini ditunjukkan pada Gambar 3.3 berikut.



Gambar 3.3 Konversi pembacaan alat

3.6.1.2 Koreksi Tidal

Koreksi tidal dilakukan untuk menghilangkan efek pengaruh pasang surut air laut akibat benda-benda langit di sekitar bumi. Dalam koreksi ini digunakan bantuan *software* tide.exe. *Input* dari *Software* tersebut berupa data koordinat, tanggal, dan waktu

pengambilan data. Setelah diberi *input* tersebut, software otomatis akan menunjukkan nilai koreksi tidal dari titik pengambilan data.

3.6.1.3 Koreksi *Drift*

Koreksi *drift* untuk menghilangkan efek kelelahan pegas pada alat akibat adanya guncangan pada proses transportasi. Untuk koreksi *drift* digunakan rumusan yang ditunjukkan pada persamaan 2.8. Proses pengolahan data dilakukan dengan bantuan software MS. Excel.

3.6.1.4 Gayaberat Observasi

Gayaberat observasi (g_{obs}) adalah nilai gayaberat hasil pengamatan. Gayaberat observasi merupakan hasil penjumlahan antara nilai gayaberat *Base Station* (g_{bn}) dengan selisih gayaberat tiap titik pengamatan dengan *Base Station* (Δg) yang telah terkoreksi tidal dan koreksi *drift*. Nilai BS-Cangar sebagai acuan pengukuran gayaberat dalam penelitian ini sebesar 977844,35 mGal. Nilai tersebut didapatkan dari pengukuran relatif terhadap Nilai BS-Fisika yang telah diketahui nilai gayaberat sebelumnya, yaitu sebesar 978079,44 mGal (Lampiran 1).

3.6.1.5 Koreksi Lintang

Diperlukan koreksi lintang karena adanya rotasi bumi pada porosnya yang mengakibatkan massa bumi mengumpul pada porosnya. Dengan terkumpulnya massa bumi tersebut, dapat diartikan bahwa gayaberat bumi juga terkumpul pada porosnya. Dalam koreksi lintang digunakan rumusan terbaru yaitu Word Geodetic System 1984. Rumusan tersebut terdapat pada persamaan 2.9. *Software* MS. Excel digunakan dalam pengolahan ini untuk mempermudah proses pengolahan.

3.6.1.6 Koreksi Udara Bebas

Koreksi udara bebas digunakan karena titik pengukuran berada pada ketinggian tertentu diatas *mean sea level*, dan pada setiap penambahan ketinggian terhadap *mean sea level* mengakibatkan perubahan nilai gayaberat. Untuk mendapatkan nilai

koreksi udara bebas digunakan rumusan dalam persamaan 2.10. Dalam proses pengolahan digunakan bantuan software MS. Excel.

3.6.1.7 Koreksi Medan

Adanya efek medan akibat terdapat bukit ataupun lembah di sekitar titik pengukuran yang dapat menyebabkan efek penambahan ataupun pengurangan nilai gayaberat pengukuran. Oleh karena itu dilakukan koreksi medan. Koreksi medan didapatkan dengan *Hammer Chart*.

3.6.1.8 Koreksi Bouguer

Berbeda dengan koreksi udara bebas yang tidak menyertakan massanya, dalam koreksi Bouguer ini hubungan antara ketinggian suatu tempat dengan rapat massanya diperhitungkan. Hubungan tersebut dirumuskan dalam persamaan 2.12. Persamaan tersebut digunakan untuk mengetahui nilai koreksi Bouguer. Dalam proses perhitungan digunakan software MS. Excel agar mempermudah pengolahan.

3.6.1.9 Anomali Bouguer

Setelah dilakukan konversi dan koreksi data, dilakukan pengolahan untuk mendapatkan anomali Bouguer. Anomali Bouguer merupakan anomali gayaberat daerah penelitian. Untuk mengetahui nilai anomali Bouguer digunakan rumusan pada persamaan 2.13. Pada rumusan tersebut, harga gayaberat di reduksi dengan koreksi-koreksi gayaberat. Sehingga dapat dikatakan bahwa dalam anomali Bouguer, anomali gayaberat tidak terpengaruh efek lain, seperti efek pasang surut, kelelahan pegas pada alat, posisi lintang, serta topografi daerah penelitian. Dalam proses perhitungan nilai anomali Bouguer digunakan *software* MS. Excel.

3.6.2 Penggambaran Kontur Anomali Gayaberat

Nilai anomali Bouguer hasil pengolahan data kemudian digambarkan agar diketahui pola sebaran kontur anomali daerah penelitian. Karena anomali Bouguer masih merupakan gabungan antara anomali regional dan sisa daerah penelitian, maka dilakukan pemisahan kontur anomali Bouguer serta anomali sisa terlebih

dahulu. Setelah itu, dilakukan penggambaran kontur anomali sisa dan anomali Bouguer. Pada tahapan ini digunakan *software* Surfer 9 agar didapatkan hasil tampilan yang baik dan jelas.

3.6.3 Pemodelan Geologi

Setelah kontur anomali gayaberat tergambar, dilakukan pemodelan geologi. Pada proses ini diawali dengan pembuatan penampang melintang yang melewati anomali pada kontur gayaberat hasil tampilan *software* surfer 9. Kemudian dilakukan *digitize* pada penampang melintang tersebut. Hasil *digitize* kemudian diolah dengan bantuan *software* Grav2DC. Setelah model anomali tergambar, dilakukan pemodelan struktur bawah permukaan daerah penelitian.

3.7 Interpretasi

3.7.1 Interpretasi Kualitatif

Interpretasi kualitatif dilakukan dengan menilai seberapa banyak informasi dibawah permukaan berdasarkan gambaran peta kontur anomali gayaberat (Untung, 2001). Peta kontur anomali gayaberat dihubungkan dengan peta geologi daerah penelitian, kemudian dilakukan analisis terhadapnya guna mendapatkan gambaran secara kasar tentang kondisi bawah permukaan.

3.7.1 Interpretasi Kuantitatif

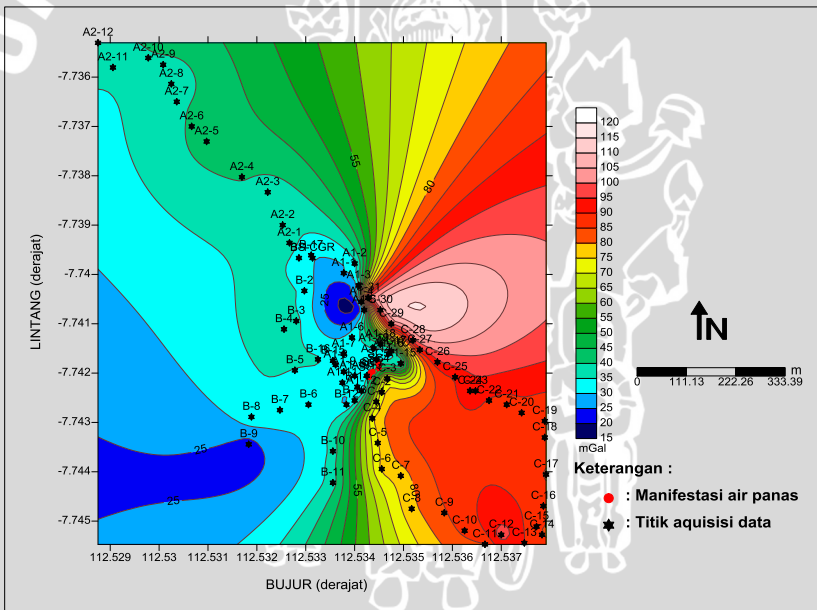
Menurut Nettleton dalam (Untung, 2001), Anomali gayaberat berasal dari variasi rapat massa kearah lateral. Lapisan batuan dengan rapat massa sama tidak akan menimbulkan anomali, namun beberapa lapisan dengan berbagai rapat massa berbeda dapat menimbulkan anomali. Oleh karena itu perlu dilakukan analisis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

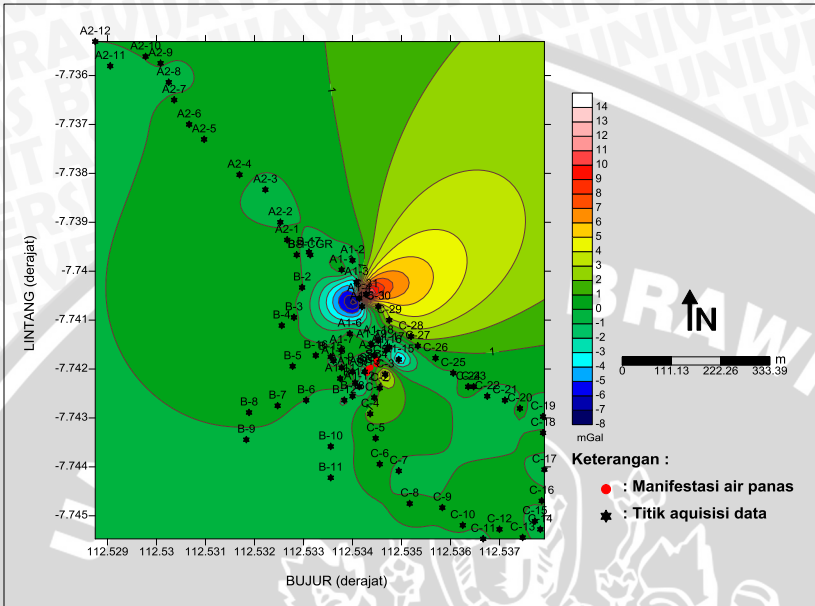
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pengolahan Data

Anomali Bouguer merupakan anomali gayaberat yang pada umumnya digunakan untuk pendugaan struktur bawah permukaan. Anomali Bouguer masih merupakan gabungan antara efek regional dan lokal. Anomali lokal atau disebut juga dengan anomali sisa merupakan anomali akibat efek geologi permukaan. Oleh karena itu, perlu dilakukan pemisahan antara anomali lokal dan regional untuk mendapatkan nilai anomali lokal daerah penelitian. Hasil penggambaran pola anomali Bouguer dan anomali sisa ditunjukkan pada Gambar 4.1 dan Gambar 4.2 berikut.



Gambar 4.1 Penggambaran kontur anomali Bouguer. Interval kontur 5mGal.



Gambar 4.2 Penggambaran kontur anomali sisa. Interval kontur 1mGal.

4.2 Pembahasan

4.2.1 Interpretasi Kualitatif

Interpretasi kualitatif merupakan penafsiran bawah permukaan berdasarkan sebaran anomali pada kontur anomali gayaberat. Pada interpretasi ini, kontur anomali Bouguer dan anomali sisa dikorelasikan dengan peta geologi serta peta topografi. Hasil korelasi anomali Bouguer dengan peta geologi terlihat dalam Gambar 4.3 sedangkan korelasi anomali Bouguer dengan peta topografi ditunjukkan pada Gambar 4.4.

Anomali Bouguer daerah penelitian (Gambar 4.1) bernilai antara 15 hingga 120 mGal. Nilai anomali rendah berada di sebelah barat laut dan barat daya dari manifestasi air panas. Anomali tinggi berada di sebelah timur manifestasi air panas. Diantara anomali rendah dan anomali tinggi terdapat garis kontur dengan kerapatan tinggi. Hal ini mengartikan pada daerah tersebut memiliki kontras densitas tinggi pula. Kontras densitas tinggi dapat diartikan pada

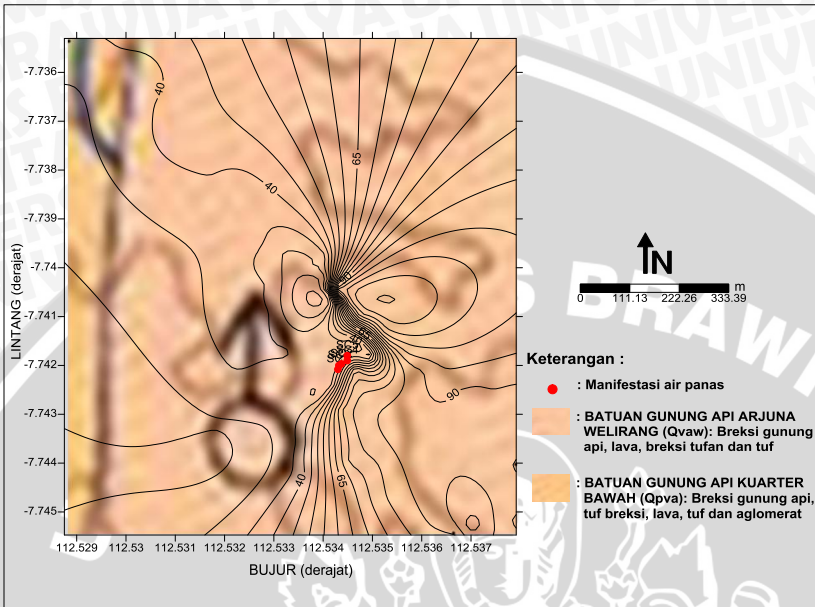
daerah tersebut terdapat rekahan. Pola anomali Bouguer menunjukkan rekahan membujur pada arah utara-selatan. Sejalan dengan rekahan, terdapat deretan manifestasi air panas. Hal ini dapat terjadi karena pada daerah rekahan, air tanah yang telah terpanaskan dapat naik kepermukaan tanah melalui celah-celah batuan.

Dalam gambar anomali Bouguer yang dikorelasikan dengan peta geologi (Gambar 4.3) terlihat bahwa geologi daerah penelitian merupakan pertemuan antara batuan Gunung api kuartar bawah (Qpva) dan batuan Gunung api Arjuna-Welirang (Qvaw). Pada daerah tersebut banyak ditemukan batuan andesit-basal. Ditemukan kesejajaran antara anomali Bouguer dengan arah pertemuan batuan Gunung api Arjuna-Welirang dan batuan Gunung api karter bawah pada peta geologi.

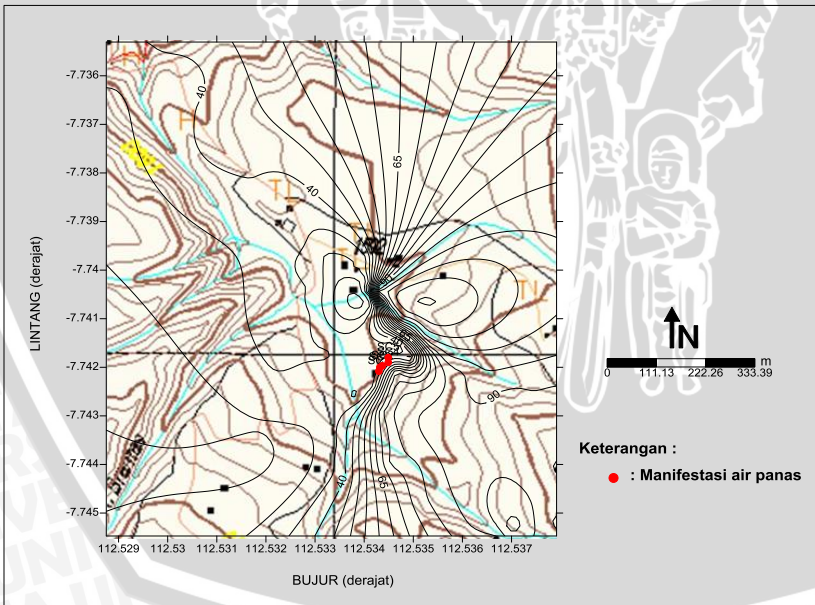
Pada gambar anomali Bouguer yang dikorelasikan dengan peta topografi (Gambar 4.4) dapat dijelaskan bahwa rekahan berada pada daerah yang tidak terlalu terjal. Namun, secara umum arah rekahan searah dengan kontur topografi.

Analisis berikutnya mengacu pada anomali sisa (*residual*). Pada anomali sisa (Gambar 4.2) menunjukkan nilai anomali antara -8 hingga 14 mGal. Nilai ini jauh lebih kecil dibandingkan dengan nilai anomali Bouguer. Hal ini dikarenakan anomali sisa hanya anomali akibat efek geologi permukaan saja. Pada anomali sisa, anomali rendah dan anomali tinggi terletak berdekatan serta berada dalam daerah yang sama pada anomali Bouguer. Rekahan pada anomali sisa lebih pendek jika dibandingkan rekahan pada anomali Bouguer.

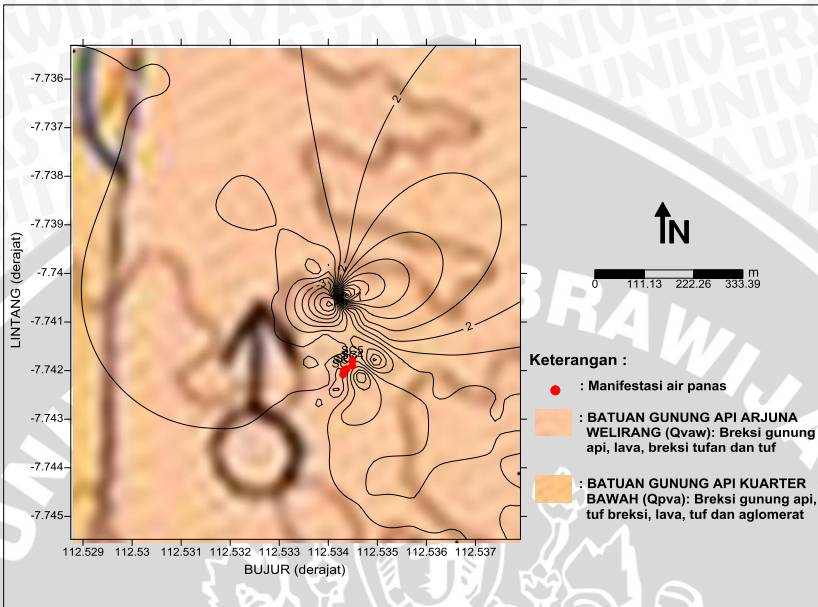
Anomali sisa juga dikorelasikan dengan peta geologi dan peta topografi. Pada korelasi anomali sisa dengan peta geologi (Gambar 4.5) menunjukkan bahwa secara umum anomali sisa memiliki kontur yang seragam, dimungkinkan batuan permukaan pada daerah penelitian tidak terlalu bervariasi. Sedangkan pada korelasi anomali sisa dengan peta topografi (Gambar 4.6) dapat diketahui garis kontur dengan kerapatan tinggi terletak diantara anomali rendah dan anomali tinggi. Daerah tersebut diindikasikan terdapat rekahan yang digunakan air tanah untuk menerobos keluar. Air yang keluar permukaan ada yang terpanaskan oleh batuan panas maupun tidak terpanaskan, sehingga sekitar rembesan ditemukan rembesan air panas dan air dingin.



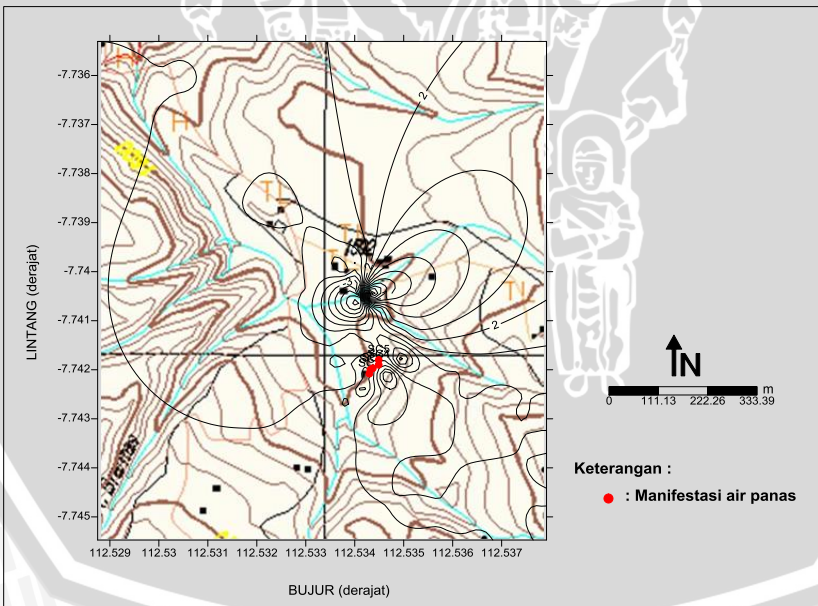
Gambar 4.3 Korelasi anomali Bouguer dengan peta geologi



Gambar 4.4 Korelasi anomali Bouguer dengan peta topografi



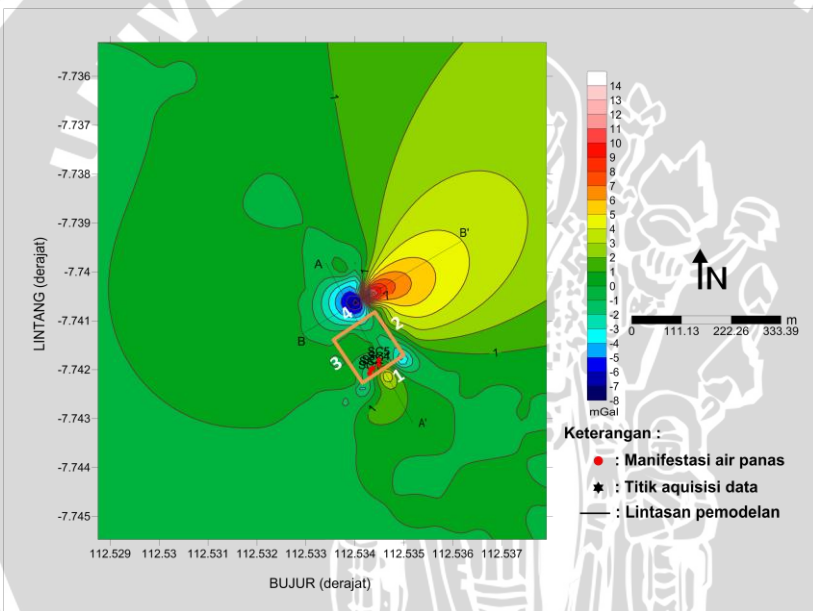
Gambar 4.5 Korelasi anomali sisa dengan peta geologi



Gambar 4.6 Korelasi anomali sisa dengan peta topografi

4.2.2 Interpretasi Kuantitatif

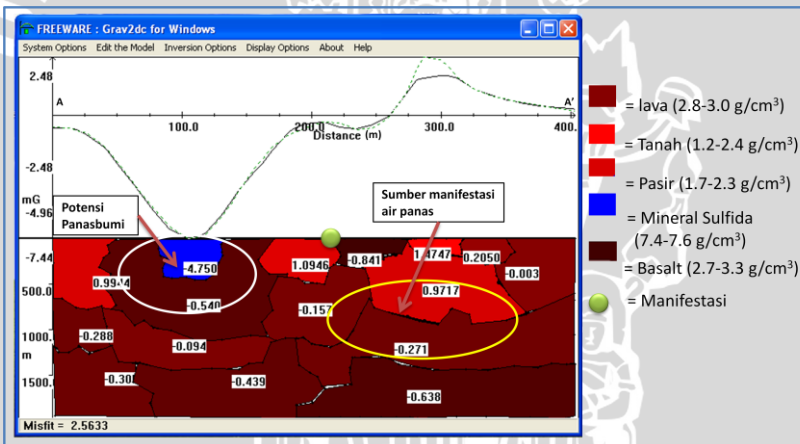
Interpretasi kuantitatif merupakan penafsiran bawah permukaan dalam arah vertikal berdasarkan nilai rapat massa hasil pemodelan geologi. Pada pemodelan geologi digunakan bantuan *software* Grav2DC. Pemodelan geologi dilakukan pada daerah yang ditandai oleh penampang malintang pada kontur anomali sisa (Gambar 4.7). Pada gambar tersebut, digambarkan lintasan pemodelan AA' dan BB'. Lintasan AA' memotong rekahan pada anomali sisa dari arah barat ke timur, sedangkan lintasan BB' memotong daerah manifestasi air panas dari arah utara ke selatan.



Gambar 4.7 Lintasan AA' dan BB' pada anomali sisa. Interval kontur 1mGal.

Gambar 4.8 menunjukkan hasil pemodelan geologi lintasan AA'. Pada sumbu Y positif terdapat pola rendahan dan tinggian, yang mengartikan bahwa lintasan AA' melewati anomali rendah dan anomali tinggi. Anomali terendah yang dilewati bernilai -6,72 mGal sedangkan anomali tertinggi yang dilewati bernilai 3,19 mGal.

Pada sumbu Y negatif dapat terlihat bahwa kedalaman lapisan tanah hasil pemodelan hingga 2000 meter. Jenis batuan pada pemodelan lintasan AA' bervariasi. Pada lapisan atas (kedalaman 0-700 m) sepanjang lintasan AA' terdapat batuan pasir ($1,7-2,3 \text{ g/cm}^3$), batuan basalt ($2,7-3,3 \text{ g/cm}^3$), tanah ($1,2-2,4 \text{ g/cm}^3$) serta dimungkinkan terdapat mineral sulfida ($2,8-3,0 \text{ g/cm}^3$). Lapisan tengah (kedalaman 700-1400 m) ditemukan dominasi batuan lava ($2,8-3,0 \text{ g/cm}^3$), selain itu pada lapisan ini terdapat batuan basalt ($2,7-3,3 \text{ g/cm}^3$). Sedangkan pada lapisan bawah (kedalaman 1400-2000 m) didominasi batuan basalt ($2,7-3,3 \text{ g/cm}^3$), selain itu dijumpai batuan lava ($2,8-3,0 \text{ g/cm}^3$). Sedangkan dalam sumbu X dapat diketahui panjang lintasan pemodelan geologi, pada penampang AA' sepanjang ± 400 meter. Manifestasi air panas berada pada jarak ± 225 meter dari titik A.

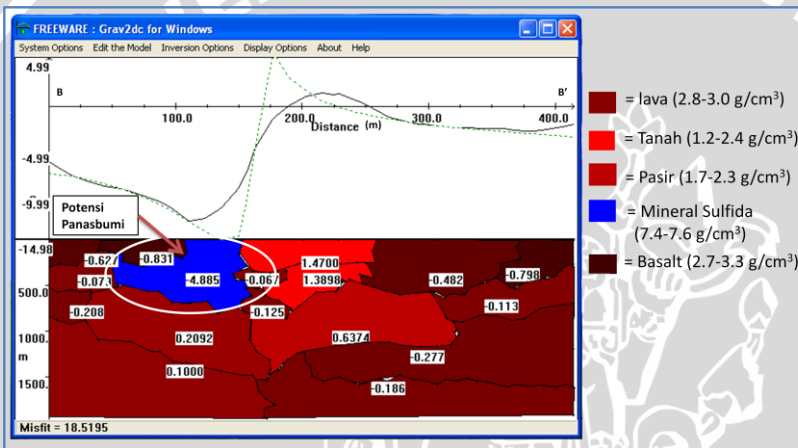


Gambar 4.8 Model penampang melintang AA'

Analisis berikutnya mengacu pada pemodelan penampang BB' (Gambar 4.9). Pada sumbu Y positif terdapat pola rendahan dan tinggian seperti pada lintasan AA', namun pada lintasan BB' nilai rendahan dan tinggian terletak berdekatan. Anomali terendah yang dilewati bernilai $-14,21 \text{ mGal}$ sedangkan anomali tertinggi yang dilewati bernilai $5,4 \text{ mGal}$.

Seperti pada pemodelan lintasan AA', sumbu Y negatif mengartikan bahwa kedalaman pemodelan bawah permukaan hingga

2000 meter. Batuan penyusun bawah permukaan lintasan BB' secara umum berjenis sama dengan lintasan AA' yaitu pada lapisan atas (kedalaman 0-700 m) dijumpai batuan basalt ($2,7-3,3 \text{ g/cm}^3$), tanah ($1,2-2,4 \text{ g/cm}^3$), pasir ($1,7-2,3 \text{ g/cm}^3$) serta dimungkinkan terdapat mineral sulfida ($2,8-3,0 \text{ g/cm}^3$). Dimungkinkan mineral sulfida ini menerobos batuan basalt melalui rekahan-rekahan akibat aktifitas Gunung Arjuno-Welirang. Pada lapisan tengah (kedalaman 700-1400 m) masih ditemukan pasir ($1,7-2,3 \text{ g/cm}^3$), namun batuan lava ($2,8-3,0 \text{ g/cm}^3$) mendominasi lapisan ini. Lapisan bawah (kedalaman 700-1400 m) sebagian besar diduduki oleh batuan basalt ($2,7-3,3 \text{ g/cm}^3$).



Gambar 4.9 Model penampang melintang BB'

Dalam pemodelan geologi yang ditunjukkan pada Gambar 4.8 dan 4.9, dapat terlihat bahwa perbedaan antara data lapangan (terukur) dan data model (terhitung). Untuk menghitung perbedaan ini digunakan rumusan sebagai berikut (Sunaryo, 2001; Qomariyah, 2011).

$$R_M = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{XL_i - XM_i}{XL_i} \times 100\% \quad (4.1)$$

dengan:

- R_M = ralat rata-rata model terhadap data lapangan
- XL = data lapangan (terukur)
- XM = data model (terhitung)
- n = jumlah titik observasi

Berdasarkan rumusan diatas untuk lintasan AA' didapatkan nilai ralat sebesar 3,42% dan untuk lintasan BB' sebesar 9,06%.

4.3 Potensi Sumber Daya Panasbumi Cangar

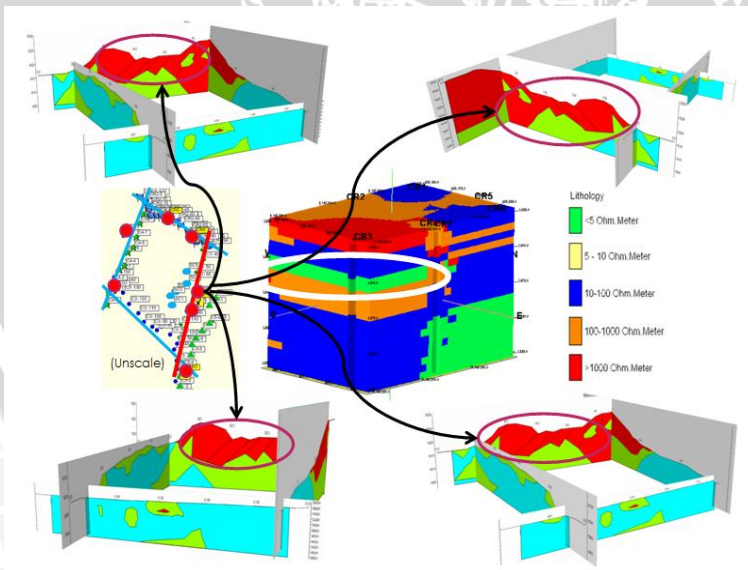
Berdasarkan hasil penggambaran kontur anomali serta pemodelan geologi didapatkan bahwa pada daerah penelitian terdapat batuan-batuan pembawa panas. Selain itu, dapat diketahui juga bahwa daerah penelitian terdapat dalam zona rekahan. Rekahan dapat digunakan sebagai jalur rembesan air, baik air panas maupun air dingin. Manifestasi air panas Cangar merupakan hasil rembesan air tanah yang terpanaskan oleh batuan batuan lava ($2,8-3,0 \text{ g/cm}^3$) dan batuan basalt ($2,7-3,3 \text{ g/cm}^3$), yang berasal dari Gunung Arjuno-Welirang (Gambar 4.8). Diduga pada daerah penelitian terdapat potensi panasbumi lain, yaitu pada daerah dengan densitas tinggi ($7,4-7,6 \text{ g/cm}^3$). Daerah tersebut ditandai dengan tanda putih pada Gambar 4.8 dan 4.9.

Sebagai tambahan informasi tentang potensi panasbumi daerah penelitian, dilakukan pengukuran temperatur air permukaan. Temperatur air permukaan yang diukur merupakan manifestasi air panas yang ditunjukkan pada Gambar 4.7, serta pada air permukaan yang belum terpanaskan (air dingin). Dari hasil pengukuran didapatkan bahwa pada air permukaan yang belum terpanaskan memiliki temperatur sebesar 25°C . Hasil pengukuran temperatur permukaan pada manifestasi air panas ditunjukkan pada Tabel 4.1.

Selain dilakukan pengukuran gayaberat, di daerah penelitian dilakukan pengukuran resistivitas batuan. Dari hasil pengukuran resistivitas batuan (Gambar 4.10) diduga bahwa sumber panasbumi berasal dari batuan lava pembawa panas dengan resistivitas > 1000 Ohm meter pada kedalaman 24 meter dari permukaan tanah VES 3. Penyebaran panasbumi berada disebelah selatan dari manifestasi air panas SC1 kearah punggung Gunung Welirang (Rakhmanto, 2011). Posisi pengukuran resistivitas batuan terlihat pada Gambar 4.7. Dalam gambar tersebut dapat diketahui bahwa Titik VES 3 berada pada lintasan 1.

Tabel 4.1 Temperatur permukaan manifestasi air panas

Manifestasi	Posisi	Temperatur (°C)	Keterangan
SC1	S7.74208° E112.5343 °	43	Berada pada kolam berendam 1 paling selatan
SC2	S7.74197° E112.53437°	40	Berada pada kolam berendam 1 bagian tengah
SC3	S7.74200° E112.53432°	41	Berada pada kolam berendam 1, air keluar melalui retakan batuan/tembuk kolam berendam
SC4	S7.74190° E112.53449°	37	Berada pada kolam berendam 1 paling utara
SC5	S7.74180° E112.53449°	36	Berada pada kolam berendam 2, terletak paling utara dari kelima sumber



Gambar 4.10 Hasil pengukuran resistivitas batuan

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengolahan data dengan menggunakan metode gayaberat di daerah Cangar, Kota Batu, Jawa Timur dapat disimpulkan:

1. Secara umum struktur bawah permukaan daerah penelitian pada lapisan atas (kedalaman 0-700 m) merupakan batuan pasir ($1,7-2,3 \text{ g/cm}^3$), basalt ($2,7-3,3 \text{ g/cm}^3$), tanah ($1,2-2,4 \text{ g/cm}^3$) serta dimungkinkan terdapat mineral sulfida ($7,4-7,6 \text{ g/cm}^3$). Lapisan tengah (kedalaman 700-1400 m) didominasi batuan lava ($2,8-3,0 \text{ g/cm}^3$) sedangkan lapisan bawah didominasi batuan basalt ($2,7-3,3 \text{ g/cm}^3$). Manifestasi air panas Cangar dimungkinkan berasal dari pemanasan air tanah oleh batuan lava dan batuan basalt yang merupakan batuan vulkanik Arjuno-Welirang.
2. Pada daerah penelitian diduga terdapat potensi panasbumi lain dengan volume $\pm 2.024.640 \text{ m}^3$ dan memiliki densitas sebesar $7,4-7,6 \text{ g/cm}^3$ yang berada disebelah utara dari manifestasi air panas, yaitu pada posisi S 7.7406° E 112.5339° .

5.2 Saran

Untuk mendapatkan hasil yang lebih baik, disarankan untuk menambah sebaran titik pengambilan data serta dilakukan pengukuran gayaberat pada sungai bagian atas ke arah Gunung Arjuna-Welirang. Selain itu, perlu dilakukan uji parameter sifat batuan lainnya, seperti uji permeabilitas, porositas serta konduktivitas panas. Sehingga dapat diketahui lebih detail tentang struktur bawah permukaan pada daerah penelitian.

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

(Halaman ini sengaja dikosongkan)



DAFTAR PUSTAKA

- Anonymous. 2011a. *Arjuno-Welirang*. www.wikimapia.org., Diakses tanggal: 1 April 2011.
- Anonymous. 2011b. *Bumi*. www.wikipedia.org., Diakses tanggal: 1 April 2011.
- Austin. 1992. *LaCoste and Romberg, Intruction Manual Model G & D Gravity Meters*. Texas. USA.
- Garmin. 2006. *GPS 60 Navigator Owener's Manual*. Garmin International, Inc. USA.
- Garmin. 2007. *eTrex H Personal Navigator Owener's Manual*. Garmin International, Inc. USA.
- Hadipandoyo, S., 2004. *In – House Training Gravity*. Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral Pusdiklat Migas Cepu. Blora.
- Lillie, R. J., 1999. *Whole Earth Geophysics*. Prentice-hall, Inc. USA.
- Lesmana, O. I., 2007. *Pendugaan Struktur 3D Waduk Energi Vulkanik-Geothermal Kompleks Arjuno-Welirang Berdasarkan Anomali Magnetik Pseudogravitasi*. Skripsi S1. Universitas Brawijaya Malang.
- Philpotts, A. R., 1990. *Principles of Igneous and Metamorphic Petrology*. Prentice Hall, Inc. New Jersey.
- Qomariyah, N. 2011. *Analisis Zona Potensi Panasbumi Di Daerah Bittuang, Kabupaten Tana Toraja, Sulawesi Selatan Berdasarkan Anomali Magnetik-Pseudogravitasi*. Skripsi S1. Universitas Brawijaya Malang.
- Rakhmanto, F., 2011. *Tomografi Geolistrik Daerah Panasbumi Welirang-Arjuno (Studi Sumber Air Panas Cangar Batu)*. Tesis S2. Universitas Brawijaya Malang.
- Septiyana, A. M.I., 2009. *Studi Struktur Geologi Volcanic-Geothermal Daerah Sampuraga, Kabupaten Mandailing Natal, Sumatera Utara Berdasarkan Survei Gayaberat*. Skripsi S1. Universitas Brawijaya Malang.
- Sleep, N.H. and Fujita, K., 1997. *Principles of Geophysics*. Blackwell Science, Inc. USA.
- Sunaryo. 2001. *Pendugaan Struktur Kantong Magma Gunung Api Kelut Berdasarkan Survei Magnetik*. Tesis S2. UGM. Yogyakarta.

- Supriyanto. 2007. *Reservoir*. www.taman.blogsome.com., Diakses tanggal: 5 Juli 2011
- Telford, W. M., Geldart, L.P., Sheriff, R.E., 1990. *Applied Geophysics Second Edition*. Cambridge University Press. USA.
- Untung, M., 2001. *Dasar – Dasar Magnet dan Gayaberat Serta Beberapa Penerapannya (Seri Geofisika)*. Himpunan Ahli Geofisika Indonesia.
- White, D. E., 1973. *Characteristics of Geothermal Resources and Problems of Utilization*. Stanford Univ. Press. California.
- Wohletz, K. And Heiken, G., 1992. *Volcanology and Geothermal Energy*. University of California Press. USA.
- Yayat, S., Gaol, K. L., Utari, S. dan Ramalis, T. R., 2003. *Pembuatan Titik Ikat Gayaberat Pada Jalur Kalibrasi Bandung-Gunung Tangkubanparahu*. Jurnal Geofisika No. 2. Himpunan Ahli Geofisika Indonesia.



LAMPIRAN

Lampiran 1

Proses pembuatan titik ikat gayaberat di Taman Hutan Raya R. Soeryo, Cangar, Kota Batu.

Pengukuran gayaberat yang dilakukan merupakan pengukuran relatif terhadap titik acuan yang telah diketahui nilai gayaberatnya. Dalam penelitian ini dibuat titik acuan gayaberat di lokasi penelitian (BS-CGR) terlebih dahulu untuk memudahkan proses *looping*. Titik BS-CGR merupakan hasil pengukuran relatif terhadap titik acuan BS-FIS yang telah diketahui nilai gayaberatnya sebesar 978079,44 mGal. Rumusan titik ikat diadopsi dari Yayat, dkk, 2003 yang ditunjukkan pada persamaan L1.1, dengan Δg dirumuskan pada persamaan L1.2.

$$g_{obs} = g_{bn} + \Delta g \quad (L1.1)$$

$$\Delta g = ((R_t - R_{ac}) + tide + drift) \quad (L1.2)$$

dimana :

g_{obs} = nilai gayaberat hasil pengamatan

g_{bn} = nilai gayaberat titik acuan

Δg = selisih gayaberat titik pengamatan dengan titik acuan

R_t = harga pembacaan dititik amat

R_{ac} = harga pembacaan dititik acuan

Tide = koreksi pasang surut

Drift = koreksi apungan/kelelahan pegas

Proses pengukuran ditunjukkan ada tabel L1.1. Berikut ini hasil pengukuran relatif gayaberat titik BS-CGR terhadap BS-FIS. Lokasi BS-FIS dan BS-CGR ditunjukkan pada Gambar L1.1 dan Gambar L1.2.

Nama Titik : BS-FIS (titik acuan fisika)

G. OBS : 978079,44 mGal

Lokasi : Pojok kanan Gedung Fisika UB Malang

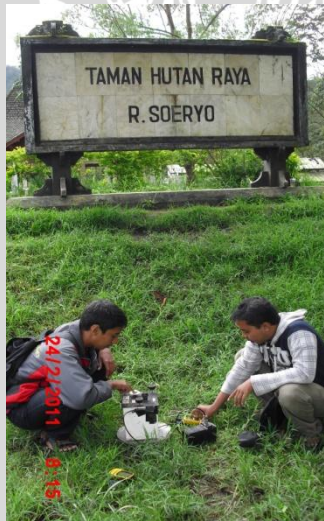
Lintang : 07.57'09,7"

Bujur : 112.36'42,8"

Ketinggian : 519,5 mdpl
Nama Titik : BS-CGR
G. OBS : 977844,35 mGal
Lokasi : Depan dinding nama Taman Hutan Raya
R. Soeryo, Cangar, Kota Batu
Lintang : 07. 44'22,8"
Bujur : 112. 31'59,3"
Ketinggian : 1607,5 mdpl



Gambar L1.1 Lokasi BS-FIS



Gambar L1.2 Lokasi BS-CGR

Tabel L1.1 Pengolahan data titik ikat

Station	Posisi			Reading	Kalibrasi ke mgal	waktu	koreksi tidal	koreksi drift	Δg (mGal)	Nilai Titik Ikat BS-CGR (mGal)
	x	y	z (m)							
BS-FIS	07.57'09,7"	112.36'42,8"	519	1683,400	1707,075	6.13	0,064			
			520	1682,000	1705,655					
				1682,000	1705,655					
			rata-rata	519,500	1682,467					
BS-CGR	07.44'22,8"	112.31'59,3"	1607	1450,300	1470,705	8.29	-0,001	0,336	-235,089	977844,351
			1608	1450,300	1470,705					
				1450,300	1470,705					
			rata-rata	1607,500	1450,300					
BS-FIS	07.57'09,5"	112.36'42,3"	509	1683,100	1706,771	10.33	-0,014			
			506	1683,100	1706,771					
				1683,100	1706,771					
			rata-rata	507,500	1683,100					

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

(Halaman ini sengaja dikosongkan)



Lampiran 2
Contoh pengolahan data gayaberat

Tabel L2.1 Pengolahan lintasan 1
Hari Sabtu, 26 Februari 2011

Nama Titik	Posisi			Pembacaan rata-rata	Waktu	Konversi ke mGal	Koreksi Tidal	Koreksi Drift	Δg	G.Obs	Koreksi Lintang	FAC	BC	AUB	Terrain	AB (mGal)
	Lintang	Bujur	Alt													
BS-CGR	7 44 22,8	112 31 59,3	1607,500	1450,500	09.30.00	1470,908	0,061				978126,325	496,075	179,836			
A1-1	7 44 23,9	112 32 01,6	1593,000	1449,100	09.40.15	1469,488	0,057	-0,022	-1,385	977842,966	978126,333	491,600	178,214	208,234	0,053	30,073
A1-2	7 44 23,2	112 32 02,4	1606,000	1448,633	09.45.10	1469,015	0,055	-0,033	-1,870	977842,481	978126,328	495,612	179,668	211,764	0,039	32,135
A1-3	7 44 24,8	112 32 02,7	1603,000	1448,967	09.52.00	1469,353	0,052	-0,047	-1,550	977842,801	978126,339	494,686	179,332	211,148	0,049	31,865
A1-4	7 44 26,0	112 32 02,9	1604,000	1448,183	09.56.00	1468,558	0,051	-0,056	-2,354	977841,997	978126,347	494,994	179,444	210,645	0,051	31,252
A1-5	7 44 26,6	112 32 03,1	1605,000	1448,283	10.01.30	1468,660	0,048	-0,068	-2,267	977842,084	978126,351	495,303	179,556	211,036	0,051	31,531
A1-6	7 44 28,6	112 32 02,2	1611,000	1448,383	10.05.35	1468,761	0,046	-0,076	-2,177	977842,174	978126,364	497,155	180,227	212,965	0,080	32,818
A1-7	7 44 29,8	112 32 01,6	1615,000	1448,167	10.14.50	1468,541	0,043	-0,096	-2,419	977841,932	978126,372	498,389	180,675	213,949	0,056	33,330
A1-8	7 44 30,6	112 32 01,0	1610,000	1447,867	10.19.10	1468,237	0,041	-0,105	-2,735	977841,616	978126,377	496,846	180,116	212,085	0,089	32,058
A1-9	7 44 31,1	112 32 01,6	1613,000	1447,967	10.25.00	1468,339	0,038	-0,118	-2,649	977841,702	978126,381	497,772	180,451	213,093	0,111	32,753
A1-10	7 44 31,4	112 32 02,4	1609,000	1447,843	11.05.10	1468,214	0,022	-0,204	-2,876	977841,475	978126,383	496,537	180,004	211,630	0,076	31,702
A1-11	7 44 31,9	112 32 01,5	1630,000	1446,900	11.14.15	1467,257	0,019	-0,223	-3,855	977840,496	978126,386	503,018	182,353	217,128	0,111	34,886
A1-12	7 44 32,5	112 32 02,9	1619,000	1444,417	11.16.45	1464,739	0,018	-0,229	-6,379	977837,972	978126,390	499,623	181,122	211,205	0,093	30,176
A1-13	7 44 31,4	112 32 03,3	1623,000	1445,933	11.24.00	1466,277	0,015	-0,244	-4,860	977839,491	978126,383	500,858	181,570	213,966	0,087	32,483
A1-14	7 44 30,2	112 32 04,0	1625,000	1446,767	11.27.00	1467,122	0,014	-0,251	-4,022	977840,329	978126,375	501,475	181,794	215,429	0,052	33,687
A1-15	7 44 30,5	112 32 05,8	1625,000	1445,900	11.32.45	1466,243	0,012	-0,263	-4,916	977839,436	978126,377	501,475	181,794	214,534	0,055	32,795
A1-16	7 44 29,8	112 32 04,9	1626,000	1445,943	11.40.00	1466,287	0,009	-0,279	-4,890	977839,461	978126,372	501,784	181,905	214,872	0,054	33,021
A1-17	7 44 29,6	112 32 05,1	1631,000	1446,883	11.45.40	1467,240	0,007	-0,291	-3,951	977840,400	978126,371	503,327	182,465	217,356	0,054	34,945
A1-18	7 44 29,1	112 32 04,3	1638,000	1447,600	11.55.00	1467,967	0,004	-0,311	-3,247	977841,104	978126,367	505,487	183,248	220,223	0,048	37,023
A1-19	7 44 29,4	112 32 03,8	1626,000	1448,267	12.05.30	1468,643	0	-0,333	-2,598	977841,753	978126,369	501,784	181,905	217,167	0,048	35,310
BS-CGR	7 44 22,8	112 31 59,3	1607,500	1450,160	12.44.00	1470,563	-0,01				978126,325	496,075	179,836			

Tabel L2.2 Pengolahan lintasan 2
Hari Sabtu, 26 Februari 2011

Nama Titik	Posisi			Pembacaan rata-rata	Waktu	Konversi ke mGal	Koreksi Tidal	Koreksi Drift	Ag	G.Obs	Koreksi Lintang	FAC	BC	AUB	Terrain	AB (mGal)
	Lintang	Bujur	Alt													
BS-CGR	7 44 22,8	112 31 59,3	1607,500	1450,100	12.48.30	1470,502	-0,011				978126,325	496,075	179,836			
A2-1	7 44 21,7	112 31 57,6	1615,000	1450,717	13.21.30	1471,127	-0,016	0,102	0,711	977845,062	978126,318	498,389	180,675	217,133	0,028	36,486
A2-2	7 44 20,4	112 31 57,1	1608,000	1450,933	13.30.15	1471,347	-0,017	0,129	0,957	977845,308	978126,309	496,229	179,892	215,227	0,028	35,364
A2-3	7 44 18,0	112 31 56	1604,000	1453,333	13.36.10	1473,781	-0,017	0,147	3,409	977847,760	978126,293	494,994	179,444	216,461	0,039	37,056
A2-4	7 44 16,9	112 31 54,1	1612,000	1455,200	13.41.20	1475,673	-0,018	0,163	5,316	977849,667	978126,286	497,463	180,339	220,845	0,059	40,564
A2-5	7 44 14,3	112 31 51,5	1610,000	1457,300	13.49.30	1477,803	-0,018	0,188	7,471	977851,822	978126,269	496,846	180,116	222,400	0,111	42,395
A2-6	7 44 13,2	112 31 50,4	1592,000	1459,000	13.56.15	1479,527	-0,018	0,209	9,216	977853,567	978126,261	491,291	178,102	218,597	0,140	40,635
A2-7	7 44 11,4	112 31 49,3	1573,000	1461,000	14.02.25	1481,555	-0,017	0,228	11,264	977855,615	978126,249	485,428	175,976	214,793	0,158	38,975
A2-8	7 44 10,1	112 31 48,9	1550,000	1461,733	14.10.10	1482,298	-0,017	0,252	12,031	977856,382	978126,240	478,330	173,403	208,472	0,180	35,249
A2-9	7 44 08,7	112 31 48,3	1556,000	1464,180	14.19.30	1484,779	-0,016	0,281	14,542	977858,893	978126,231	480,182	174,074	212,843	0,238	39,007
A2-10	7 44 08,2	112 31 47,2	1551,000	1465,600	14.26.30	1486,219	-0,016	0,302	16,003	977860,354	978126,228	478,639	173,515	212,765	0,229	39,479
A2-11	7 44 08,9	112 31 44,6	1533,000	1465,300	14.31.45	1485,915	-0,015	0,318	15,716	977860,067	978126,232	473,084	171,501	206,919	0,258	35,676
A2-12	7 44 07,1	112 31 43,5	1550,000	1465,800	14.38.40	1486,422	-0,015	0,340	16,245	977860,596	978126,220	478,330	173,403	212,705	0,297	39,599
BS-CGR	7 44 22,8	112 31 59,3	1607,500	1450,500	15.00.00	1470,908	-0,012				978126,325	496,075	179,836			

Tabel L2.3 Pengolahan lintasan 3
 Hari Senin, 28 Februari 2011

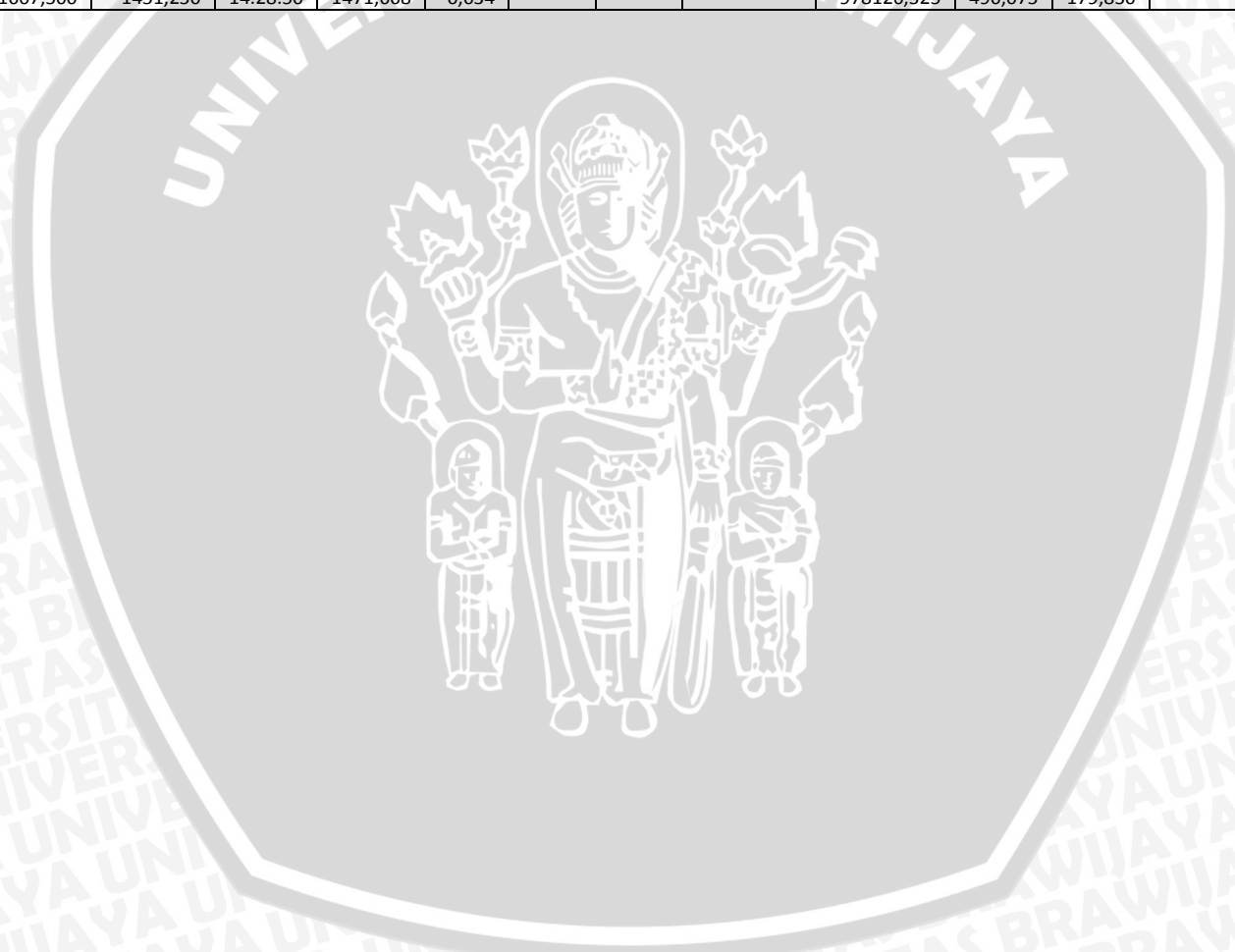
Nama Titik	Posisi			Pembacaan rata-rata	Waktu	Konversi ke mGal	Koreksi Tidal	Koreksi Drift	Δg	G.Obs	Koreksi Lintang	FAC	BC	AUB	Terrain	AB (mGal)
	Lintang	Bujur	Alt													
BS-CGR	7 44 22,8	112 31 59,3	1607,500	1451,000	9.23.26	1471,415	0,127				978126,325	496,075	179,836			
B-1	7 44 22,8	112 31 58,3	1606,000	1450,700	9.30.16	1471,110	0,127	-0,004	-0,181	977844,170	978126,325	495,612	179,668	213,457	0,029	33,817
B-2	7 44 25,2	112 31 58,7	1605,000	1451,367	9.36.16	1471,786	0,126	-0,007	0,491	977844,842	978126,341	495,303	179,556	213,804	0,038	34,286
B-3	7 44 27,4	112 31 58,1	1615,000	1451,400	9.40.22	1471,820	0,126	-0,009	0,523	977844,874	978126,356	498,389	180,675	216,907	0,066	36,298
B-4	7 44 28,0	112 31 57,2	1623,000	1450,900	9.46.19	1471,313	0,125	-0,012	0,012	977844,363	978126,360	500,858	181,570	218,860	0,066	37,356
B-5	7 44 31,0	112 31 58,0	1635,000	1446,167	9.52.17	1466,513	0,123	-0,015	-4,793	977839,558	978126,380	504,561	182,912	217,739	0,054	34,880
B-6	7 44 33,5	112 31 59,0	1635,000	1443,300	9.58.42	1463,607	0,122	-0,019	-7,704	977836,647	978126,397	504,561	182,912	214,811	0,064	31,962
B-7	7 44 33,9	112 31 56,9	1646,000	1442,800	10.03.42	1463,100	0,120	-0,021	-8,216	977836,135	978126,399	507,956	184,143	217,691	0,065	33,613
B-8	7 44 34,4	112 31 54,8	1658,000	1440,700	10.09.00	1460,970	0,118	-0,024	-10,350	977834,001	978126,403	511,659	185,485	219,257	0,061	33,832
B-9	7 44 36,4	112 31 54,6	1627,000	1435,833	10.18.01	1456,035	0,115	-0,029	-15,293	977829,058	978126,416	502,092	182,017	204,734	0,054	22,771
B-10	7 44 36,9	112 32 00,8	1656,000	1444,200	10.36.43	1464,519	0,107	-0,039	-6,827	977837,524	978126,420	511,042	185,262	222,146	0,111	36,996
B-11	7 44 39,2	112 32 00,8	1672,000	1441,800	10.45.20	1462,086	0,103	-0,043	-9,269	977835,082	978126,435	515,979	187,052	224,626	0,137	37,712
B-12	7 44 33,5	112 32 01,8	1653,000	1438,000	10.53.00	1458,232	0,099	-0,047	-13,130	977831,221	978126,397	510,116	184,926	214,940	0,078	30,092
B-13	7 44 33,2	112 32 02,4	1630,000	1445,500	11.28.22	1465,837	0,078	-0,066	-5,565	977838,786	978126,395	503,018	182,353	215,409	0,078	33,134
B-14	7 44 32,2	112 32 02,6	1616,000	1445,900	11.34.51	1466,243	0,074	-0,069	-5,167	977839,184	978126,388	498,698	180,787	211,494	0,102	30,809
B-15	7 44 30,3	112 32 00,8	1618,000	1447,300	11.41.20	1467,663	0,070	-0,073	-3,755	977840,596	978126,375	499,315	181,011	213,536	0,093	32,618
B-16	7 44 30,2	112 31 59,7	1624,000	1449,100	11.54.49	1469,488	0,060	-0,080	-1,946	977842,405	978126,375	501,166	181,682	217,196	0,070	35,584
B-17	7 44 22,6	112 31 59,2	1602,000	1448,250	12.07.30	1468,626	0,050	-0,087	-2,825	977841,526	978126,324	494,377	179,221	209,579	0,028	30,387
BS-CGR	7 44 22,8	112 31 59,3	1607,500	1450,700	12.52.03	1471,110	0,017				978126,325	496,075	179,836			

Tabel L2.4 Pengolahan Lintasan 4
 Hari Selasa, 1 Maret 2011

Nama Titik	Posisi			Pembacaan rata-rata	Waktu	Konversi ke mGal	Koreksi Tidal	Koreksi Drift	Ag	G.Obs	Koreksi Lintang	FAC	BC	AUB	Terrain	AB (mGal)
	Lintang	Bujur	Alt													
BS-CGR	7 44 22,8	112 31 59,3	1607,500	1415,200	9. 45.09	1435,113	0,147				978126,325	496,075	179,836			
C-1	7 44 33,3	112 32 04,0	1620,000	1444,000	10.08.48	1464,316	0,145	3,032	32,381	977876,732	978126,395	499,932	181,234	250,268	0,078	69,112
C-2	7 44 32,6	112 32 04,4	1629,000	1444,800	10.12.30	1465,128	0,144	3,507	33,666	977878,017	978126,391	502,709	182,241	254,335	0,078	72,172
C-3	7 44 31,6	112 32 04,8	1626,000	1445,000	10.20.00	1465,330	0,143	4,468	34,829	977879,180	978126,384	501,784	181,905	254,580	0,061	72,735
C-4	7 44 34,5	112 32 03,7	1636,000	1442,200	10.37.59	1462,491	0,138	6,774	34,291	977878,642	978126,403	504,870	183,024	257,108	0,076	74,160
C-5	7 44 36,3	112 32 04,1	1639,000	1440,800	10.48.03	1461,072	0,134	8,065	34,158	977878,509	978126,416	505,795	183,360	257,889	0,079	74,608
C-6	7 44 38,2	112 32 04,4	1659,000	1437,800	10.55.04	1458,030	0,131	8,965	32,012	977876,363	978126,428	511,967	185,597	261,903	0,091	76,396
C-7	7 44 38,7	112 32 05,8	1660,000	1435,900	11.13.30	1456,103	0,122	11,328	32,440	977876,791	978126,432	512,276	185,709	262,636	0,089	77,016
C-8	7 44 41,1	112 32 06,6	1691,000	1429,900	11.24.54	1450,019	0,116	12,790	27,812	977872,163	978126,448	521,843	189,177	267,558	0,119	78,500
C-9	7 44 41,4	112 32 09,0	1713,000	1429,900	11.37.31	1450,019	0,107	14,408	29,421	977873,772	978126,450	528,632	191,638	275,954	0,126	84,441
C-10	7 44 42,7	112 32 10,5	1710,000	1431,100	11.48.00	1451,236	0,099	15,752	31,974	977876,325	978126,458	527,706	191,303	277,572	0,097	86,367
C-11	7 44 43,7	112 32 12,0	1700,000	1430,500	11.54.00	1450,627	0,095	16,521	32,131	977876,482	978126,465	524,620	190,184	274,637	0,139	84,592
C-12	7 44 43,0	112 32 13,2	1773,000	1428,050	12.05.00	1448,143	0,085	17,932	31,047	977875,398	978126,460	547,148	198,351	296,085	0,105	97,839
C-13	7 44 43,6	112 32 14,9	1734,000	1426,967	12.11.39	1447,044	0,080	18,784	30,796	977875,147	978126,464	535,112	193,988	283,795	0,170	89,977
C-14	7 44 43,0	112 32 16,2	1722,000	1423,400	12.20.20	1443,428	0,072	19,898	28,285	977872,636	978126,460	531,409	192,645	277,585	0,112	85,051
C-15	7 44 42,4	112 32 15,8	1728,000	1421,900	12.25.50	1441,907	0,068	20,603	27,465	977871,816	978126,456	533,261	193,317	278,620	0,112	85,416
C-16	7 44 40,9	112 32 16,3	1730,000	1421,900	12.30.46	1441,907	0,064	21,235	28,093	977872,444	978126,446	533,878	193,540	279,876	0,083	86,419
C-17	7 44 38,6	112 32 16,5	1729,000	1419,357	12.37.40	1439,328	0,058	22,120	26,393	977870,744	978126,431	533,569	193,428	277,883	0,085	84,539
C-18	7 44 35,9	112 32 16,4	1734,000	1419,583	12.45.00	1439,558	0,051	23,060	27,556	977871,907	978126,413	535,112	193,988	280,607	0,090	86,709
C-19	7 44 34,7	112 32 16,4	1717,000	1420,300	12.50.55	1440,284	0,047	23,819	29,038	977873,389	978126,405	529,866	192,086	276,850	0,103	84,867
C-20	7 44 34,1	112 32 14,7	1718,000	1423,900	12.57.30	1443,935	0,041	24,663	33,526	977877,877	978126,401	530,175	192,198	281,651	0,094	89,547
C-21	7 44 33,5	112 32 13,6	1706,000	1423,700	13.04.14	1443,732	0,035	25,527	34,181	977878,532	978126,397	526,472	190,855	278,607	0,088	87,839
C-22	7 44 33,2	112 32 12,3	1709,000	1423,900	13.10.56	1443,935	0,030	26,386	35,238	977879,589	978126,395	527,397	191,191	280,591	0,071	89,471
C-23	7 44 32,5	112 32 11,3	1704,000	1427,900	13.16.45	1447,991	0,025	27,131	40,034	977884,385	978126,390	525,854	190,632	283,850	0,069	93,287
C-24	7 44 32,5	112 32 10,9	1685,000	1430,500	13.23.16	1450,627	0,019	27,967	43,500	977887,851	978126,390	519,991	188,506	281,452	0,069	93,015
C-25	7 44 31,5	112 32 09,8	1668,000	1430,600	13.27.01	1450,729	0,015	28,448	44,079	977888,430	978126,383	514,745	186,604	276,791	0,091	90,278

Lanjutan Tabel 2.4

C-26	7 44 30,4	112 32 08,5	1653,000	1435,000	13.43.29	1455,190	0,002	30,559	50,639	977894,990	978126,376	510,116	184,926	278,729	0,069	93,872
C-27	7 44 29,5	112 32 07,2	1646,000	1435,000	13.49.01	1455,190	-0,004	31,269	51,342	977895,693	978126,370	507,956	184,143	277,279	0,083	93,219
C-28	7 44 28,8	112 32 06,7	1641,000	1440,700	13.52.50	1460,970	-0,006	31,758	57,609	977901,960	978126,365	506,413	183,584	282,008	0,083	98,507
C-29	7 44 27,6	112 32 05,1	1627,000	1443,500	14.08.59	1463,809	-0,019	33,829	62,506	977906,857	978126,357	502,092	182,017	282,592	0,061	100,636
C-30	7 44 26,6	112 32 04,3	1612,000	1445,600	14.14.50	1465,939	-0,024	34,579	65,381	977909,732	978126,351	497,463	180,339	280,844	0,048	100,553
C-31	7 44 25,7	112 32 03,4	1602,000	1449,000	14.21.39	1469,386	-0,029	35,453	69,698	977914,049	978126,345	494,377	179,221	282,081	0,052	102,913
BS-CGR	7 44 22,8	112 31 59,3	1607,500	1451,250	14.28.50	1471,668	-0,034				978126,325	496,075	179,836			





(Halaman ini sengaja dikosongkan)

Lampiran 3 Tabel Kalibrasi G-1053

Tabel L3.1 Kalibrasi G-1053 (Austin, 1992).

COUNTER READING	VALUE IN MILIGALS	FACTOR FOR INTERVAL	COUNTER READING	VALUE IN MILIGALS	FACTOR FOR INTERVAL
0	0	1,01437			
100	101,44	1,01430	3600	3651,97	1,01554
200	202,87	1,01423	3700	3753,53	1,01561
300	304,29	1,01417	3800	3855,09	1,01568
400	405,71	1,01411	3900	3956,66	1,01574
500	507,12	1,01406	4000	4058,23	1,01580
600	608,52	1,01402	4100	4159,81	1,01586
700	709,93	1,01398	4200	4261,40	1,01591
800	811,32	1,01396	4300	4362,99	1,01596
900	912,72	1,01394	4400	4464,58	1,01600
1000	1013,11	1,01394	4500	4566,18	1,01604
1100	1115,51	1,01394	4600	4667,79	1,01606
1200	1216,90	1,01396	4700	4769,39	1,01608
1300	1318,30	1,01398	4800	4871,00	1,01610
1400	1419,70	1,01401	4900	4972,61	1,01610
1500	1521,10	1,01404	5000	5074,22	1,01609
1600	1622,50	1,01409	5100	5175,83	1,01607
1700	1723,91	1,01413	5200	5277,44	1,01604
1800	1825,32	1,01419	5300	5379,04	1,01599
1900	1929,74	1,01425	5400	5480,64	1,01594
2000	2028,17	1,01431	5500	5582,23	1,01587
2100	2129,60	1,01438	5600	5683,82	1,01578
2200	2231,04	1,01445	5700	5785,40	1,01569
2300	2332,48	1,01452	5800	5886,97	1,01558
2400	2433,93	1,01460	5900	5988,52	1,01546
2500	2535,39	1,01468	6000	6090,07	1,01533
2600	2636,86	1,01476	6100	6191,60	1,01519
2700	2738,34	1,01483	6200	6293,12	1,01505
2800	2839,82	1,01491	6300	6394,63	1,01489
2900	2941,31	1,01499	6400	6496,12	1,01474
3000	3042,81	1,01507	6500	6597,59	1,01459
3100	3144,32	1,01515	6600	6699,05	1,01445

Lanjutan Tabel L3.1

3200	3245,83	1,01523	6700	6800,50	1,01431
3300	3347,36	1,01531	6800	6901,93	1,01420
3400	3448,89	1,01539	6900	7003,35	1,01411
3500	3550,43	1,01546	7000	7104,76	-

Reading Line : 2.80

Temperature : 56.7 C

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



Lampiran 4

Densitas batuan dan mineral

Tabel L4.1 Densitas Batuan (Telford, dkk, 1990).

Rock type	Range (g/cm ³)	Average (g/cm ³)
Sediments (wet)		
Overburden		1.92
Soil	1.2-2.4	1.92
Clay	1.63-2.6	2.21
Gravel	1.7-2.4	2.0
Sand	1.7-2.3	2.0
Sandstone	1.61-2.76	2.35
Shale	1.77-3.2	2.40
Limestone	1.93-2.90	2.55
Dolomite	2.28-2.90	2.70
Sedimentary rocks (av.)		2.50
Igneous rocks		
Rhyolite	2.35-2.70	2.52
Andesite	2.4-2.8	2.61
Granite	2.50-2.81	2.64
Granodiorite	2.67-2.79	2.73
Porphyry	2.60-2.89	2.74
Quartz diorite	2.62-2.96	2.79
Diorite	2.72-2.99	2.85
Lavas	2.80-3.00	2.90
Diabase	2.50-3.20	2.91
Basalt	2.70-3.30	2.99
Gabbro	2.70-3.50	3.03
Peridotite	2.78-3.37	3.15
Acid igneous	2.30-3.11	2.61
Basic igneous	2.09-3.17	2.79

Lanjutan Tabel L4.1

Metamorphic rocks		
Quartzite	2.5-2.70	2.60
Schists	2.39-2.9	2.64
Graywacke	2.6-2.7	2.65
Marble	2.6-2.9	2.75
Serpentine	2.4-3.10	2.78
Slate	2.7-2.9	2.79
Gneiss	2.59-3.0	2.80
Amphibolite	2.90-3.04	2.96
Eclogite	3.2-3.54	3.37
Metamorphic	2.4-3.1	2.74



Tabel L4.2 Densitas Mineral (Telford, dkk, 1990).

Mineral type	Range (g/cm ³)	Average (g/cm ³)
Metallic minerals		
Oxides, carbonates		
Bauxite	2.3-2.55	2.45
Limonite	3.5-4.0	3.78
Siderite	3.7-3.9	3.83
Rutile	4.18-4.3	4.25
Manganite	4.2-4.44	4.32
Chromite	4.3-4.6	4.36
Ilmenite	4.3-5.0	4.67
Pyrolusite	4.7-5.0	4.82
Magnetite	4.9-5.2	5.12
Franklinite	5.0-5.22	5.12
Hematite	4.9-5.3	5.18
Cuprite	5.7-6.15	5.92
Cassiterite	6.8-7.1	6.92
Wolframite	7.1-7.5	7.32
Sulfides, arsenides		
Sphalerite	3.5-4.0	3.75
Malachite	3.9-4.03	4.0
Chalpyrite	4.1-4.3	4.2
Stannite	4.3-4.52	4.4
Stibnite	4.5-4.6	4.6
Pyhotite	4.5-4.8	4.65
Molybdenite	4.4-4.8	4.7
Marcasite	4.7-4.9	4.85
Pyrite	4.9-5.2	5.0

Lanjutan Tabel L4.2

Bornite	4.9-5.4	5.1
Chalcocite	5.5-5.8	6.65
Cobaltite	5.8-6.3	6.1
Arsenopyrite	5.9-6.2	6.1
Bismuththinite	6.5-6.7	6.57
Galena	7.4-7.6	7.5
Cinnabar	8.0-8.2	8.1
Non-metallic minerals		
Petroleum	0.6-0.9	
Ice	0.88-0.92	
Sea Water	1.01-1.05	
Lignite	1.1-1.25	1.19
Soft Coal	1.2-1.5	1.32
Anthracite	1.34-1.8	1.50
Chalk	1.53-2.6	2.01
Graphite	1.9-2.3	2.15
Rock salt	2.1-2.6	2.22
Gypsum	2.2-2.6	2.35
Kaolinite	2.2-2.63	2.53
Orthoclase	2.5-2.6	
Quartz	2.5-2.7	2.65
Calcite	2.6-2.7	
Anhydrite	2.29-3.0	2.93
Biotite	2.7-3.2	2.92
Magnesite	2.9-3.12	3.03
Fluorite	3.01-3.25	3.14
Barite	4.3-4.7	4.47

Lampiran 5
Perhitungan analitik pemodelan geologi
Lintasan AA'

GRAV2DC FOR WINDOWS

There are 17 Bodies

There are 50 Observation points.

The units used were m.

Body 1

No. of corners is 20 Density contrast :
0.97170570

Strike lengths : 100.00 100.00

X and Y positions of the bodys corners:-

255.350	201.923
264.595	173.077
269.941	0.000
281.968	0.000
283.972	0.000
305.933	183.552
321.389	201.923
340.098	250.000
344.775	336.538
344.775	480.769
367.204	817.308
347.439	923.077
320.598	970.485
319.459	855.101
308.323	787.793
300.418	941.639
286.867	912.793
273.881	864.716
243.214	759.615
239.205	298.077

Body 2

No. of corners is 11 Density contrast : -
0.00328200

Strike lengths : 100.00 100.00

X and Y positions of the bodys corners:-

340.766	0.000
403.654	0.000
404.098	134.615

404.352	307.692
402.906	682.692
365.489	807.692
352.793	625.000
342.771	413.462
341.434	288.462
347.448	192.308
345.443	57.692

Body 3

No. of corners is 4 Density contrast :

0.10000000

Strike lengths : 100.00 100.00

X and Y positions of the bodys corners:-

0.000	0.000
0.000	0.000
0.000	0.000
0.000	0.000

Body 4

No. of corners is 11 Density contrast :

1.09460560

Strike lengths : 100.00 100.00

X and Y positions of the bodys corners:-

170.359	0.000
219.157	9.615
217.153	86.538
224.502	144.231
223.166	240.385
211.845	343.754
214.823	517.310
174.672	421.156
166.416	394.231
158.356	230.769
163.033	86.538

Body 5

No. of corners is 37 Density contrast : -

0.54085500

Strike lengths : 100.00 100.00

X and Y positions of the bodys corners:-

82.185	0.000
83.521	192.308
126.952	326.923

126.952	19.231
171.051	0.000
159.024	230.769
161.697	307.692
167.710	394.231
181.074	393.011
179.715	537.242
174.254	719.934
175.638	864.165
170.201	941.088
172.455	1027.626
166.941	1046.857
160.775	1114.165
153.980	1162.242
144.096	1104.549
134.829	1181.473
129.269	1123.780
119.666	1181.472
107.535	1123.780
94.730	1143.011
86.677	1018.011
76.423	969.934
70.158	961.538
63.624	960.319
59.080	1027.626
52.589	873.780
43.501	825.703
42.203	614.165
37.418	538.442
33.764	498.780
35.413	326.903
31.404	163.442
42.095	0.000
41.427	19.211

Body 6

No. of corners is 15 Density contrast :
0.99445220

Strike lengths : 100.00 100.00

X and Y positions of the bodys corners:-

-0.219	0.000
49.445	0.000

42.763	76.923
44.099	153.846
39.013	211.538
36.268	317.307
44.993	394.231
39.013	538.461
44.864	625.000
48.764	730.769
43.563	788.461
35.112	759.615
25.360	798.077
0.656	682.692
0.656	269.231

Body 7

No. of corners is 17 Density contrast : -
0.84192220

Strike lengths : 100.00 100.00

X and Y positions of the bodys corners:-

225.657	0.000
263.415	0.000
274.618	9.615
269.272	163.462
263.415	171.656
255.864	181.271
255.864	229.348
246.554	240.385
240.760	267.810
235.864	298.077
231.855	307.692
227.283	307.692
219.199	269.231
222.140	192.308
221.422	144.246
218.106	85.118
219.330	0.000

Body 8

No. of corners is 21 Density contrast : -
0.15710420

Strike lengths : 100.00 100.00

X and Y positions of the bodys corners:-

212.228	419.495
---------	---------

213.812	326.923
217.155	288.462
241.209	336.538
243.882	432.692
246.554	682.692
227.050	1111.803
215.597	1188.726
200.774	1159.880
193.363	1092.572
184.605	1111.803
170.456	1150.264
165.066	1034.880
161.695	923.076
169.782	794.495
167.041	634.615
173.722	423.076
189.758	432.692
195.103	490.384
203.789	490.384
209.803	500.000

Body 9

No. of corners is 18 Density contrast : -
0.09423890

Strike lengths : 100.00 100.00

X and Y positions of the bodys corners:-

38.085	759.615
53.899	798.077
63.475	961.538
70.825	903.846
78.154	990.384
91.538	1009.615
91.629	1009.615
112.919	1134.615
130.960	1115.384
153.009	1067.307
165.740	1076.923
172.386	1125.000
161.698	1375.000
128.955	1451.923
91.538	1461.538
67.484	1365.384

50.112 1365.384
40.758 1086.538

Body 10

No. of corners is 15 Density contrast : -
0.28875000

Strike lengths : 100.00 100.00

X and Y positions of the bodys corners:-

-0.000 663.462
7.411 663.462
18.191 759.616
27.623 778.847
37.730 740.385
39.751 884.616
41.772 971.154
41.098 1076.924
45.141 1192.308
28.971 1259.616
20.212 1182.693
14.148 1259.616
6.063 1269.231
3.369 1211.539
1.347 1192.308

Body 11

No. of corners is 14 Density contrast : -
0.30500000

Strike lengths : 100.00 100.00

X and Y positions of the bodys corners:-

0.674 1192.307
4.716 1259.615
12.127 1259.615
20.212 1192.307
28.297 1278.846
45.815 1182.692
51.205 1355.769
64.006 1375.000
63.332 1576.923
67.375 1615.384
78.828 1711.538
75.460 1817.307
80.176 1961.538
2.021 1951.923

Body 12

No. of corners is 22 Density contrast : -
0.43987500

Strike lengths : 100.00 100.00

X and Y positions of the bodys corners:-

64.006	1365.385
91.630	1451.923
123.296	1432.692
144.182	1442.308
151.593	1375.000
162.373	1365.385
169.047	1144.231
179.737	1096.154
188.424	1096.154
191.096	1250.000
193.769	1394.231
201.119	1490.385
208.469	1471.154
209.805	1644.231
200.451	1798.077
188.424	1836.539
188.649	1980.769
78.829	1961.539
76.134	1817.308
78.155	1711.539
62.140	1576.923
65.354	1384.616

Body 13

No. of corners is 34 Density contrast : -
0.27179880

Strike lengths : 100.00 100.00

X and Y positions of the bodys corners:-

187.975	1105.769
194.039	1096.154
200.103	1163.461
214.251	1201.923
227.053	1125.000
232.442	1009.615
237.868	826.923
244.550	663.461
248.559	759.615

262.591	826.923
282.974	913.461
297.796	951.923
308.576	769.231
322.051	836.538
324.072	942.307
350.348	903.846
365.489	836.538
402.906	605.769
402.906	1057.692
402.906	1375.000
380.667	1403.846
361.128	1423.077
344.285	1432.692
319.356	1461.538
305.881	1461.538
280.952	1413.461
251.981	1288.461
233.790	1307.692
229.747	1423.077
231.769	1596.154
207.801	1625.000
204.460	1528.846
199.114	1480.769
190.428	1394.231

Body 14

No. of corners is 31 Density contrast : -
0.63840000

Strike lengths : 100.00 100.00

X and Y positions of the bodys corners:-

294.427	1451.923
319.356	1442.307
336.200	1451.923
356.412	1403.846
374.603	1423.077
385.383	1375.000
396.837	1384.615
403.574	1384.615
404.922	1951.923
396.163	1980.769
369.213	1971.154

334.852	1961.538
311.945	1961.538
281.626	1980.769
276.236	1971.154
265.456	1971.154
254.002	1971.154
237.159	1971.154
222.336	1971.154
206.166	1971.154
188.649	1971.154
188.649	1846.154
200.776	1817.307
210.883	1653.846
231.095	1605.769
229.748	1480.769
231.769	1307.692
244.570	1307.692
253.329	1307.692
259.392	1317.307
267.477	1384.615

Body 15

No. of corners is 16 Density contrast : -
4.75000000

Strike lengths : 100.00 100.00

X and Y positions of the bodys corners:-

82.185	10.000
132.965	10.000
129.958	68.077
130.493	149.322
131.361	183.462
128.455	274.322
124.380	399.322
118.675	457.015
109.711	457.015
103.191	428.169
92.189	437.784
85.669	418.553
84.854	322.399
88.332	221.923
83.188	183.462
81.784	116.154

Body 16

No. of corners is 13 Density contrast :
1.47475000

Strike lengths : 100.00 100.00

X and Y positions of the bodys corners:-

280.642	0.000
304.017	0.000
319.385	0.000
316.044	76.923
324.062	211.538
304.952	163.461
293.093	211.538
288.350	221.154
284.793	182.692
280.642	144.231
275.899	86.538
274.120	19.231
279.456	0.000

Body 17

No. of corners is 14 Density contrast :
0.20500000

Strike lengths : 100.00 100.00

X and Y positions of the bodys corners:-

318.008	0.000
350.348	0.000
352.370	57.692
357.086	144.231
353.717	173.077
349.001	259.615
346.306	269.231
334.178	288.462
329.462	250.000
323.398	192.308
315.987	163.462
315.987	125.000
314.640	67.308
316.661	19.231

Position	Observed Field	Calculated Field
0.000	-0.624868900	-0.6924640
0.423	-0.623499900	-0.6758929
13.428	-0.686864500	-0.6838231
18.619	-0.802431800	-0.7952180
26.432	-0.967210500	-1.0491295
39.437	-1.665230400	-1.7173822
42.498	-1.891015000	-1.9284806
52.442	-2.754549100	-2.8622601
65.447	-3.978476700	-3.9910330
66.376	-4.056937800	-4.0738503
78.452	-5.134053800	-5.2320850
90.255	-6.038824800	-6.1977659
91.457	-6.133207200	-6.2744495
104.462	-6.726723800	-6.7174814
114.134	-6.647314500	-6.5938026
117.467	-6.551021000	-6.4610969
130.472	-5.571247600	-5.4847761
138.013	-4.842849300	-4.6966595
143.476	-4.209570900	-4.1540201
156.481	-2.846771400	-3.0365029
161.891	-2.375975000	-2.5991377
169.486	-1.746510300	-1.9052026
182.491	-1.072576200	-0.8924874
185.770	-0.978744700	-0.7500570
195.496	-0.697018000	-0.4625914
208.501	-0.343431300	-0.3532679
209.649	-0.340693760	-0.3591143
221.506	-0.421495180	-0.6454964
233.528	-0.737216600	-0.7423906
234.511	-0.760445500	-0.7365749
247.516	-0.700141500	-0.5118516
257.407	-0.205933620	-0.1481159
260.520	-0.049252730	0.0133188
273.525	1.270481360	1.2139800
281.285	2.548458150	1.9290328
286.530	3.194716570	2.0434262
299.535	3.063510890	2.1827006
305.164	2.706388840	2.1630787
312.540	2.076605360	2.0442768
325.545	1.456992590	1.4438631

329.043	1.368589550	1.3402497
338.550	1.091841480	1.1241361
351.555	0.871935430	0.8580685
352.922	0.854367310	0.8307118
364.560	0.691142230	0.6595121
376.800	0.546132760	0.5345794
377.565	0.537431220	0.5279546
390.569	0.386696390	0.4306679
400.679	0.273400150	0.3711647
403.574	0.243413010	0.3563313



Lintasan BB'

GRAV2DC FOR WINDOWS

There are 17 Bodies

There are 50 Observation points.

The units used were m.

Body 1

No. of corners is 21 Density contrast :
1.38982400

Strike lengths : 100.00 100.00

X and Y positions of the bodys corners:-

221.216	76.923
226.026	0.000
234.957	0.000
239.079	125.000
256.254	248.804
259.689	421.053
252.132	507.177
231.522	451.923
229.197	538.462
225.803	653.846
215.803	663.462
202.048	865.385
180.683	682.692
172.439	644.231
169.521	576.923
168.789	480.769
184.891	384.615
177.169	240.385
162.821	0.000
221.216	0.000
210.224	163.462

Body 2

No. of corners is 24 Density contrast : -
0.48244660

Strike lengths : 100.00 100.00

X and Y positions of the bodys corners:-

303.282	0.000
375.144	9.615
375.144	240.384
373.277	230.769

366.744	240.384
359.745	278.846
357.878	326.923
357.878	394.231
353.679	432.692
346.212	442.307
340.146	480.769
333.147	557.692
324.281	615.384
322.881	615.384
313.815	644.231
304.674	567.308
300.103	634.615
282.146	615.384
248.364	519.231
245.262	384.615
256.693	423.077
250.861	259.615
246.417	115.385
250.861	0.000

Body 3

No. of corners is 15 Density contrast : -
0.07961770

Strike lengths : 100.00 100.00

X and Y positions of the bodys corners:-

-3.440	326.180
7.809	172.334
24.045	163.090
30.640	145.923
40.533	85.837
52.213	137.339
57.709	326.180
56.335	437.768
54.961	515.022
25.144	618.026
11.953	609.442
9.618	583.691
0.834	537.719
-1.382	585.796
-3.440	547.334

Body 4

No. of corners is 18 Density contrast : -
0.06783000

Strike lengths : 100.00 100.00

X and Y positions of the bodys corners:-

162.102	250.000
168.336	250.000
171.800	250.000
177.342	250.000
182.884	269.231
187.733	346.154
187.733	432.692
182.191	471.154
175.187	423.077
166.308	528.846
156.126	528.846
155.867	451.923
147.020	423.077
145.476	403.846
143.398	403.846
139.934	403.846
139.934	365.385
155.867	326.923

Body 5

No. of corners is 23 Density contrast : -
4.88550000

Strike lengths : 100.00 100.00

X and Y positions of the bodys corners:-

96.181	48.077
101.677	0.000
127.783	0.000
161.446	0.000
149.768	153.846
156.637	287.081
144.958	382.775
147.706	449.761
154.273	442.308
157.324	528.846
160.072	625.000
152.515	663.462
149.080	750.000

134.653	798.077
123.661	692.308
99.616	701.923
79.693	644.231
61.144	509.615
52.213	480.769
49.465	258.373
17.862	0.000
65.266	133.971
70.762	48.077

Body 6

No. of corners is 36 Density contrast :
0.63745920

Strike lengths : 100.00 100.00

X and Y positions of the bodys corners:-

185.655	855.769
196.954	730.769
211.381	576.923
226.495	567.307
228.087	549.356
237.705	432.692
247.792	480.769
266.013	567.307
277.097	605.769
288.543	586.538
301.596	576.923
315.198	750.000
313.120	846.154
326.282	903.846
320.740	1009.615
322.126	1105.769
320.740	1278.846
304.807	1298.077
278.483	1278.846
265.321	1240.384
252.851	1240.384
241.074	1240.384
232.069	1269.231
220.292	1298.077
212.672	1317.307
198.545	1250.000

189.811	1326.923
184.962	1355.769
180.806	1423.077
173.186	1480.769
167.644	1471.154
158.638	1403.846
155.867	1230.769
159.331	1057.692
159.855	846.154
167.412	865.384

Body 7

No. of corners is 26 Density contrast :
0.20928520

Strike lengths : 100.00 100.00

X and Y positions of the bodys corners:-

32.977	644.231
33.664	583.691
59.083	500.000
78.280	567.308
86.593	567.308
97.676	692.308
109.453	701.923
125.035	678.112
133.279	807.692
147.020	740.385
159.386	826.923
158.699	1096.154
164.179	1230.769
173.878	1317.308
174.570	1423.077
172.492	1538.462
162.794	1538.462
142.012	1509.615
110.838	1442.308
102.526	1365.385
94.213	1298.077
80.358	1240.385
51.263	1153.846
41.565	1153.846
30.915	961.538
24.732	807.692

Body 8

No. of corners is 20 Density contrast : -
0.79852920

Strike lengths : 100.00 100.00

X and Y positions of the bodys corners:-

382.394	0.000
414.260	9.615
414.266	269.231
413.579	288.462
408.770	346.154
400.526	432.692
392.969	403.846
391.594	500.000
381.976	490.385
373.732	471.154
364.801	557.692
360.679	488.038
355.870	535.885
350.374	440.191
355.870	373.206
357.244	258.373
371.671	210.526
372.358	191.388
368.923	86.124
372.358	0.000

Body 9

No. of corners is 31 Density contrast : -
0.11343000

Strike lengths : 100.00 100.00

X and Y positions of the bodys corners:-

312.589	644.231
316.711	596.154
328.360	607.455
333.886	519.231
345.565	461.538
353.809	423.077
364.382	530.532
368.539	540.148
373.732	482.456
377.854	463.225

390.706	424.763
394.863	424.763
400.405	395.917
403.868	338.225
410.103	270.917
416.338	299.763
417.030	847.840
414.259	867.071
405.947	876.686
394.170	895.917
385.165	943.994
372.003	915.148
368.539	895.917
343.600	876.686
335.288	943.994
331.131	953.609
325.589	953.609
320.047	915.148
314.505	876.686
313.120	838.225
301.596	564.593

Body 10

No. of corners is 31 Density contrast : -
0.27720000

Strike lengths : 100.00 100.00

X and Y positions of the bodys corners:-

226.527	1165.866
249.387	1127.404
268.091	1127.404
279.175	1165.866
293.723	1175.481
306.885	1175.481
317.276	1156.250
318.772	1127.404
323.581	1040.866
319.459	892.704
327.016	901.288
340.069	824.034
353.809	841.202
364.801	884.120
374.419	875.536

388.160	752.404
414.266	694.712
414.266	1204.327
414.266	1615.385
358.148	1605.769
331.131	1528.846
301.343	1586.538
276.177	1500.000
261.750	1528.846
245.262	1576.923
228.773	1519.231
218.468	1557.692
208.850	1528.846
206.789	1413.462
201.980	1346.154
200.606	1230.769

Body 11

No. of corners is 11 Density contrast : -
0.20880000

Strike lengths : 100.00 100.00

X and Y positions of the bodys corners:-

-0.000	528.846
6.927	576.923
18.011	548.077
24.246	576.923
33.252	557.692
33.252	653.846
24.939	778.846
30.481	913.461
19.397	971.154
6.927	951.923
-0.000	913.461

Body 12

No. of corners is 20 Density contrast :
0.10000000

Strike lengths : 100.00 100.00

X and Y positions of the bodys corners:-

0.000	836.058
6.235	884.135
17.319	932.212
28.402	884.135

38.794	1095.673
63.732	1114.904
81.051	1230.289
87.286	1230.289
98.369	1336.058
108.068	1345.673
120.537	1393.750
135.777	1441.827
152.403	1489.904
160.716	1489.904
165.565	1576.443
166.951	1672.596
177.342	1807.212
174.571	1845.673
172.439	1961.538
0.000	1942.308

Body 13

No. of corners is 39 Density contrast : -
0.18690000

Strike lengths : 100.00 100.00

X and Y positions of the bodys corners:-

163.487	1538.462
172.493	1548.077
174.571	1480.770
181.499	1432.693
186.348	1346.154
188.426	1317.308
196.046	1250.000
201.588	1240.385
202.281	1326.923
206.437	1384.616
207.823	1500.000
216.829	1557.693
229.298	1509.616
244.538	1586.539
261.164	1528.847
267.399	1557.693
277.097	1490.385
285.410	1528.847
299.265	1557.693
306.885	1586.539

313.120	1538.462
322.818	1557.693
329.745	1528.847
338.058	1557.693
346.371	1567.308
351.913	1576.923
362.304	1615.385
369.232	1586.539
378.237	1605.770
390.707	1596.154
401.098	1615.385
408.718	1586.539
414.952	1625.000
414.260	1923.077
170.378	1951.923
170.378	1855.770
178.728	1817.308
171.800	1750.000
165.569	1653.847

Body 14

No. of corners is 15 Density contrast : -
0.12500000

Strike lengths : 100.00 100.00

X and Y positions of the bodys corners:-

149.632	730.770
152.403	673.077
160.023	615.385
155.264	528.846
169.029	538.462
171.107	605.770
173.878	644.231
181.499	673.077
191.197	750.000
187.733	875.000
179.420	846.154
170.415	855.770
162.794	855.770
160.023	836.539
154.481	788.462

Body 15

No. of corners is 10 Density contrast : -
0.62713110

Strike lengths : 100.00 100.00

X and Y positions of the bodys corners:-

-0.000	0.000
51.263	0.000
54.034	76.923
49.877	115.385
46.414	163.462
38.101	211.538
30.481	192.308
21.475	288.462
8.931	269.231
-0.000	298.077

Body 16

No. of corners is 15 Density contrast : -
0.83133020

Strike lengths : 100.00 100.00

X and Y positions of the bodys corners:-

40.872	9.569
90.128	0.000
90.684	0.000
107.236	0.000
108.885	144.185
105.587	201.877
97.343	173.723
91.572	259.569
82.916	249.954
74.672	298.031
57.709	239.234
58.396	162.679
52.213	162.679
43.281	114.833
38.399	124.954

Body 17

No. of corners is 15 Density contrast :
1.47000000

Strike lengths : 100.00 100.00

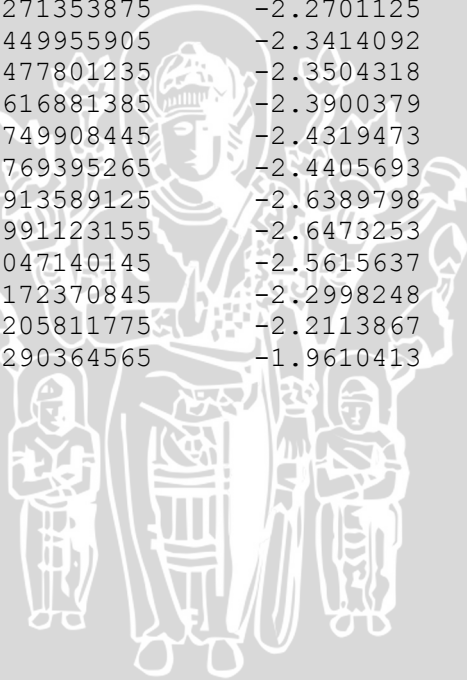
X and Y positions of the bodys corners:-

200.895	0.000
---------	-------

228.763	0.000
259.130	0.000
255.420	125.000
257.275	250.000
243.672	250.000
230.437	267.943
224.254	229.665
216.009	287.081
206.391	220.096
196.086	267.943
174.789	363.636
161.736	344.498
150.744	153.110
153.203	0.000

Position	Observed Field	Calculated Field
0.000	-7.326787785	-6.0608234
3.891	-7.369851985	-6.4010435
17.151	-7.601878385	-7.4882789
20.994	-7.691336685	-7.7237460
30.411	-7.941320985	-8.1260908
43.605	-8.388061685	-8.6675695
43.671	-8.390506185	-8.6700988
56.931	-8.948821385	-9.0307330
66.217	-9.424223885	-9.3675955
70.191	-9.639041885	-9.5297479
83.451	-10.474134585	-10.1630729
88.828	-10.870788085	-10.4923822
96.711	-11.449607785	-11.1197463
109.972	-12.580790885	-12.5530135
111.439	-12.711260285	-12.5623771
123.232	-13.644236085	-12.2218041
134.051	-14.478932885	-11.3305039
136.492	-14.562956185	-11.0517421
149.752	-14.211690685	-8.8798277
156.662	-9.878945885	-6.9954135
163.012	-4.504419845	-4.5645145
176.272	5.324988216	-1.4905958
179.273	5.409466116	-1.0392168
189.532	3.210903215	0.1569950
201.885	1.871809705	1.0590607

202.792	1.774133695	1.1056165
216.052	0.624737775	1.4813175
224.496	0.185428565	1.3378969
242.572	-0.600783875	0.6946455
247.107	-0.738160625	0.4449618
255.832	-1.008309975	-0.1876401
269.092	-1.329989415	-1.1901367
269.719	-1.343485195	-1.2190719
282.352	-1.616434405	-1.6679329
292.330	-1.798742525	-1.9068167
295.612	-1.856651695	-1.9707731
308.872	-2.075255905	-2.1599833
314.941	-2.166560605	-2.2162854
322.132	-2.271353875	-2.2701125
335.392	-2.449955905	-2.3414092
337.553	-2.477801235	-2.3504318
348.652	-2.616881385	-2.3900379
360.164	-2.749908445	-2.4319473
361.912	-2.769395265	-2.4405693
375.173	-2.913589125	-2.6389798
382.775	-2.991123155	-2.6473253
388.433	-3.047140145	-2.5615637
401.693	-3.172370845	-2.2998248
405.387	-3.205811775	-2.2113867
414.953	-3.290364565	-1.9610413



UNIVERSITAS BRAWIJAYA

