

**ANALISIS DATA ANOMALI GRAVITASI UNTUK
MEMODELKAN STRUKTUR GEOLOGI BAWAH
PERMUKAAN RANU SEGARAN
(Desa Segaran, Kecamatan Tiris, Kabupaten Probolinggo)**

SKRIPSI

Oleh:

ROFIKATUL ISLAMIYAH

NIM. 11640020



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

2015

**ANALISIS DATA ANOMALI GRAVITASI UNTUK MEMODELKAN
STRUKTUR GEOLOGI BAWAH PERMUKAAN RANU SEGARAN
(Desa Segaran, Kecamatan Tiris, Kabupaten Probolinggo)**

SKRIPSI

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

**Oleh:
ROFIKATUL ISLAMİYAH
NIM. 11640020**

**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2015**

HALAMAN PERSETUJUAN

ANALISIS DATA ANOMALI GRAVITASI UNTUK MEMODELKAN
STRUKTUR GEOLOGI BAWAH PERMUKAAN RANU SEGARAN
(Desa Segaran, Kecamatan Tiris, Kabupaten Probolinggo)

SKRIPSI

Oleh:

ROFIKATUL ISLAMIYAH

NIM. 11640020

Telah Diperiksa dan Disetujui untuk Diuji:
Tanggal: 9 November 2015

Pembimbing I,

Pembimbing II,

Novi Avisena, M.Si

NIP. 19761109 200312 1 001

Umaiatus Syarifah, MA

NIP. 19820925 200901 2 005

Mengetahui,
Ketua Jurusan Fisika

Erna Hastuti, M.Si

NIP. 19811119 200801 2 009

HALAMAN PENGESAHAN

ANALISIS DATA ANOMALI GRAVITASI UNTUK MEMODELKAN
STRUKTUR GEOLOGI BAWAH PERMUKAAN RANU SEGARAN
(Desa Segaran, Kecamatan Tiris, Kabupaten Probolinggo)

SKRIPSI

Oleh:

ROFIKATUL ISLAMIYAH

NIM. 11640020

Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Skripsi dan
Dinyatakan Diterima sebagai Salah Satu Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)
Tanggal : 9 November 2015

Penguji Utama:	<u>Drs. Abdul Basid, M.Si</u> NIP. 19650504 199003 1 003	
Ketua Penguji:	<u>Irjan, M.Si</u> NIP. 19691231 200604 1 003	
Sekretaris Penguji:	<u>Novi Avisena, M.Si</u> NIP. 19761109 200604 1 004	
Anggota Penguji:	<u>Umaiyatus Syarifah, MA</u> NIP. 19820925 200901 2 005	

Mengesahkan,
Ketua Jurusan Fisika

Erna Hastuti, M.Si
NIP. 19811119 200801 2 009

**SURAT PERNYATAAN
KEASLIAN TULISAN**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Rofikatul Islamiyah

NIM : 11640020

Jurusan : Fisika

Fakultas : Sains dan Teknologi

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa skripsi yang saya tulis ini merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambil-alihan data, tulisan atau pikiran orang lain yang saya akui sebagai hasil tulisan atau pikiran saya sendiri, kecuali dengan mencantumkan sumber cuplikan pada daftar pustaka. Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan skripsi ini hasil contekan, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Malang,

Yang membuat pernyataan,

Rofikatul Islamiyah

NIM. 11640020

MOTTO

﴿٧﴾ وَمَنْ يَعْمَلْ مِثْقَالَ ذَرَّةٍ شَرًّا يَرَهُ ﴿٨﴾

Barangsiapa yang mengerjakan kebaikan seberat biji dzarrahpun, niscaya Dia akan melihat (balasan)nya (7). dan Barangsiapa yang mengerjakan kejahatan sebesar biji dzarrahpun, niscaya Dia akan melihat (balasan)nya pula (8).

(QS. Al Zalzalah : 7-8)

“Proses Itu Di Nikmati Maka Dengan Sendirinya Akan Menimbulkan Kebijakan Dan Kesabaran”

HALAMAN PERSEMBAHAN

Yang utama dari segalanya . . .

Sembah sujud serta syukur kepada Allah SWT. Taburan cinta dan kasih sayang Mu telah memberikan kekuatan, membekaliku dengan ilmu serta memperkenalkanku dengan cinta. Atas karunia serta kemudahan yang Engkau berikan akhirnya skripsi yang sederhana ini terselesaikan

*Shalawat dan Salam senantiasa tercurahkan kepada Beliau
Semoga kita semua mendapatkan Syafa'atnya di Hari Akhir nanti..*

Sebagai tanda bakti, hormat dan rasa terima kasih yang tiada terhingga kupersembahkan karya kecil ini kepada Abah dan Umi yang telah member kasih sayang, dukungan dan cinta kasih yang tiada mungkin dapat ku balas hanya dengan selembar kertas yang bertuliskan kata cinta dan persembahan. Semoga ini langkah awal untuk membuat Abah dan Umi bahagia..

Teruntuk adik-adikku, tiada yang paling mengharukan saat kumpul bersama kalian, walaupun sering bertengkar tapi hal itu menjadi warna yang tak bisa tergantikan, trimakasih atas doa dan dukungannya. Maaf belum bisa menjadi panutan yang seutuhnya..

Tak kan terlupa untuk dosen pembimbing tugas akhir Bapak Novi Avisena, M.si dan ibu Umayyatus Syarifah, M.A sudah di bantu, di nasehati dan diajari selama ini..

Trimakasih atas bantuan, doa, nasehat, hiburan, traktiran, narsis dan semangat yang kalian berikan selama kita bersama. Brok, Lely, aminah, mama hanik, iin, papa Khan, yusro, galih, ais, rahmat, ulin, misbah, sifuk, atok, nasir, aji, aziz A-B, bahar, icha, irfan, mida, septian, warda, nita, dan semuanya yang tidak bisa kusebutkan satu persatu. Semoga silaturahmi kita tetap terjalin, dan Allah senantiasa memudahkan urusan kita..

Untuk sahabat-sahabat geo'11: Brok, Nita, Icha, Siti, Syifa', Bahar, Aji, Nasich dan Ato' yang terkenang hingga akhir hayat nanti yang slalu kebersamai baik duka maupun suka terutama saat kuliah di kelas P.Irjan..

Keberhasilan ini tak lepas juga dari orang yang selalu ada dan dekat selama ini yaitu bang Dudin, mas Pendi, mbak Sofi, mas Iqbal dan mas Munir, trimakasih banyak telah kebersamai, mengajari, menasehati dan mengisi hari-hari ku yang membuat semangat dan terus berusaha untuk ini semuanya. Kalian bukan hanya kakak tapi juga sahabat dan panutan.

Trimakasih untuk para bidadari Darun Nun: Risa, Amanah, dek Alvi, Riza, dek Indah, dek Evi, mbak Izza, mbak Nia, mbak Ninis, Nila, dek Farla, dek Fitri dan ustadz-ustadzah atas doa, dukungan morilnya dan curahan hatinya..

KATA PENGANTAR

Puji Syukur kehadiran Allah SWT, yang telah melimpahkan rahmat Sehat wal afiyat sehingga penulis dapat menyumbangkan hasil karya ilmiah dan pemikiran melalui sebuah tulisan kecil yang diajukan untuk memperoleh gelar Sarjana Sains dari Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang dengan judul “ANALISIS DATA ANOMALI GRAVITASI UNTUK MEMODELKAN STRUKTUR GEOLOGI BAWAH PERMUKAAN RANU SEGARAN (Desa Segaran, Kecamatan Tiris, Kabupaten Probolinggo)”.

Tidak lupa penulis mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang telah memberikan motivasi dan inspirasi hingga skripsi ini dapat diselesaikan, semoga Allah SWT membalas dengan segala kebaikan yang telah membantu dengan tulus dan ikhlas kepada:

1. Prof. DR. H. Mudjia Rahardjo, M.Si selaku Rektor Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang.
2. DR. drh. Bayyinatul Muchtaromah, M.Si selaku Dekan Fakultas Sains Dan Teknologi Universitas Islam (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Erna Hastuti, M.Si selaku Ketua Jurusan Fisika Universitas Islam Negeri (UIN)Maulana Malik Ibrahim Malang.
4. Novi Avisena M.Si selaku dosen pembimbing yang telah memberikan petunjuk, pengarahan dengan sabar dan teliti serta waktu yang diluangkan sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
5. Umaiyahtus Syarifah, MA selaku dosen pembimbing Integrasi Sains dan Islam yang telah membantu, memberikan masukan dan arahan terhadap permasalahan integrasi dalam skripsi ini.

6. Drs. Abul Basid, M.Si dan Irjan, M.Si selaku dosen penguji sekaligus dosen geofisika Universitas Islam Negeri Malang yang telah memberikan masukan dalam penulisan skripsi ini.
7. Seluruh Dosen Fisika, Dosen Agama, Ustadz-Ustadzah PKPBA, Ma'had Sunan Ampel al-Aly dan segenap civitas akademika jurusan fisika yang telah berbagi ilmu dan waktu kepada penulis.
8. Kedua Orang tua, Bapak H. Zaini dan Hj. Hanifah serta adik – adikku Nurul Qomariyah dan Ahmad Danial Baihaqi yang tiada lelah memberikan doa, motivasi dan mendukung penulis menyelesaikan skripsi.
9. Sahabat-sahabat tercinta yang membantu dan mengajari serta setia menemani dalam menyelesaikan skripsi ini bang Dudin, mas Fendi, mas Iqbal, mas Munir, mbak Sofi, Nasceh, Brok (Zahro), Nita, Bahar, Syifa', Aji, Icha, Ato'dan Siti terimakasih atas keikhlasannya telah kebersamai.
10. Seluruh teman-teman GEOPHYSICS '10 dan '12, seluruh fisika angkatan 2011. Terimakasih atas semangat dan dukungannya.
11. Temen – teman UNEJ (mas Jun, Umik, Derik, Oby dan mas Dedi) serta teman – teman UGM (mas Cecep, mas Towo, mbak Arum, mbak Galuh dan mbak Ninik), trimakasih telah kebersamai di lokasi penelitian.
12. Untuk mama Hanik, Brok, Leli dan Yusro trimakasih atas kerelaannya untuk membagi tempat tidur selama proses penulisan skripsi ini.
13. Para Bidadari Darun Nun serta Ustadz – ustdazahnya trimakasih atas doa dan memotivasinya dalam penelitian dan proses penulisan skripsi ini.
14. Semua pihak yang tidak dapat saya sebutkan satu-persatu, kami ucapkan terimakasih banyak atas bantuan, dan motifasinya.

Semoga Allah SWT membalas kebaikan dan semua amal ibadah atas bantuan dan bimbingan semua pihak-pihak selama penulisan skripsi ini. Penulis berharap skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca pada umumnya dan bagi penulis pada khususnya.

Penulis menyadari masih banyak kekurangan dan ketidaksempurnaan dalam tulisan-tulisan kecil ini, oleh karena itu, penulis masih membutuhkan kritik dan saran sebagai pengembangan ilmu pengetahuan agar dapat bermanfaat untuk kita semua.

Malang, 9 November 2015

Penulis



DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGAJUAN	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
HALAMAN PERNYATAAN	v
MOTTO	vi
HALAMAN PERSEMBAHAN	vii
KATA PENGANTAR	x
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian	5
1.4 Batasan Masalah	6
1.5 Manfaat Penelitian	6
BAB II KAJIAN PUSTAKA	7
2.1 Struktur Bumi	7
2.1.1 Geologi Struktur	10
2.1.1.1 Lipatan	12
2.1.1.2 Patahan	12
2.1.1.3 Rekahan	15
2.1.2 Gunung	17
2.1.2.1 Gunung Menurut Al-Quran	17
2.1.2.2 Gunung Menurut Geologi	20
2.1.2.3 Tipe Letusan Gunungapi	22
2.1.2.4 Jenis-Jenis Gunungapi Berdasarkan Bentuknya	24
2.1.2.5 Material Yang Dihasilkan Gunungapi	25
2.1.2.6 Dampak Positif Gunungapi	25
2.1.2.7 Dampak Negatif Gunungapi	26
2.2 Prinsip-Prinsip Gravitasi	26
2.2.1 Teori Dasar Gravitasi	26
2.2.2 Teori Gravitasi Newton	28
2.2.3 Percepatan Gravitasi	29
2.2.4 Potensial Gravitasi	29
2.2.5 Rapat Massa	30
2.3 Koreksi Gravitasi	31
2.3.1 Anomali Bouger	31
2.3.2 Anomali Percepatan Gravitasi	31
2.3.3 Reduksi Bidang Datar	32
2.3.4 Polynomial Fitting	34
2.4 Geologi Daerah Penelitian	34
2.4.1 Geografis Wilayah	35
2.4.2 Morfologi	36
2.4.3 Stratigrafi	38

2.4.4 Struktur	39
BAB III METODE PENELITIAN	41
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	41
3.2 Pendekatan Penelitian	41
3.3 Jenis Data	42
3.4 Alat Penelitian	42
3.5 Pengolahan Data	42
3.5.1 Konversi Harga Bacaan Gravimeter	43
3.5.2 Koreksi Pasang Surut (<i>Tide Correction</i>)	43
3.5.3 Koreksi Apungan (<i>Drift Correction</i>)	44
3.5.4 Medan Gravitasi Terkoreksi	44
3.5.5 Different in Reading (Δg)	44
3.5.6 Medan Gravitasi Observasi	44
3.5.7 Medan Gravitasi Teoritis (Gravitasi Normal)	45
3.5.8 Koreksi Udara Bebas (<i>Free Air Correction</i>)	45
3.5.9 Koreksi Bouguer	46
3.5.10 Koreksi Medan (<i>Terrain Correction</i>)	46
3.5.11 Anomali Bouguer Lengkap	46
3.5.12 Reduksi Bidang Datar	47
3.5.13 Polynomial Fitting	47
3.5.14 Pemodelan Geologi	48
3.5.15 Interpretasi Data	49
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	51
4.1 Area Penelitian	51
4.2 Penolahan Data	52
4.3 Interpretasi Kualitatif	53
4.3.1 Anomali Bouguer Lengkap	53
4.3.1.1 Reduksi Bidang Datar	55
4.3.1.2 Polynomial Fitting	57
4.4 Interpretasi Kuantitatif	59
4.4.1 Penampang Melintang Lintasan AB	61
4.4.2 Penampang Melintang Lintasan CD	63
4.4.3 Penampang Melintang Lintasan EF	65
4.4.4 Penampang Melintang Lintasan GH	67
4.5 Pemodelan Struktur Bawah Permukaan Dalam Pandangan Islam	70
BAB V PENUTUP	73
5.1 Kesimpulan	73
5.1 Saran	74
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Tujuh Lapisan Bumi.....	8
Gambar 2.2 Struktur Lipatan	11
Gambar 2.3 Lipatan Antiklin	12
Gambar 2.4 Lipatan Sinklin	13
Gambar 2.5 Sesar Normal.....	14
Gambar 2.6 Sesar Turun	14
Gambar 2.7 Sesar Transform	14
Gambar 2.8 Kekar Kolom.....	16
Gambar 2.9 Kekar Lembar.....	17
Gambar 2.10 Respon anomali Gravitasi dari Benda Sub-surface	27
Gambar 2.11 Gayatarik Menarikantar 2 Buah Benda.....	28
Gambar 2.12 Sumber Ekuivalen Titik Massa	32
Gambar 2.13 Gunung Lamongan.....	35
Gambar 2.14 Geologi Gunung Lamongan	38
Gambar 3.1 Lokasi Daerah Penelitian	41
Gambar 4.1 Kontur Topografi Daerah Penelitian	52
Gambar 4.2 Kontur Anomali Bouger Lengkap.....	54
Gambar 4.3 Kontur Hasil Reduksi Bidang Datar	56
Gambar 4.4 Kontur anomali Bouger Lengkap Regional hasil Polynomial	57
Gambar 4.5 Kontur anomali Bouger Lengkap Regional hasil Polynomia.....	59
Gambar 4.6 Penampang AB, CD, EF dan GH pada Kontur Anomali Lokal.....	60
Gambar 4.7 Lintasan Anomali Lokal AB	61
Gambar 4.8 Model Penampang AB	62
Gambar 4.9 Lintasan Anomali Lokal CD	64
Gambar 4.10 Model Penampang CD	64
Gambar 4.11 Lintasan Anomali Lokal EF	66
Gambar 4.12 Model Penampang EF	67
Gambar 4.13 Lintasan Anomali Lokal GH.....	67
Gambar 4.14 Model Penampang GH.....	68

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1Rapat Massa Batuan.....	30
Table 3.1Kutipancontoh table konversi gravimeter tipe G-1053.....	43



DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 Data Anomali Bouguer Lengkap
- Lampiran 2 Pengolahan Data Menggunakan Surfer 11
- Lampiran 3 Reduksi Bidang Datar menggunakan Matlab 2010
- Lampiran 4 Polynomial Fitting menggunakan surfer 11
- Lampiran 5 Pemodelan Menggunakan Grav2DC For Windows
- Lampiran 6 Data irisan penampang AB, CD, EF dan GH



ABSTRAK

Islamiyah, Rofikatul. 2015. **Analisis Data Anomali Gravitasi Untuk Memodelkan Struktur Geologi Bawah Permukaan Ranu Segaran** (Desa Segaran, Kecamatan Tiris, Kabupaten Probolinggo). Skripsi. Jurusan Fisika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Pembimbing : (I) Novi Avisena, M.Si (II) Umayyatus Syarifah, M.A

Kata Kunci: Anomali Bouguer, Struktur Geologi, Tiris

Telah dilakukan penelitian di Desa Segaran Kecamatan Tiris Kabupaten Probolinggo dengan tujuan untuk mengetahui pola anomali Bouguer dan struktur geologi bawah permukaan di daerah tersebut. Luas daerah penelitian adalah 20 km² dengan 762 titik. Interpretasi kualitatif dilakukan dengan membaca pola kontur anomali Bouguer lengkap, sedangkan interpretasi kuantitatif dilakukan dengan membuat penampang 2D pada lintasan tertentu. Berdasarkan interpretasi kualitatif didapat variasi nilai anomali Bouguer antara -230 sampai dengan 40 mGal dengan nilai anomali tinggi menyebar pada bagian tengah sampai timur daerah penelitian dan anomali rendah yang terdapat pada arah barat dan menyebar ke barat daya daerah penelitian. Hampir seluruh daerah penelitian didominasi oleh nilai anomali Bouguer tinggi. Berdasarkan interpretasi kuantitatif pada model penampang 2D didapatkan empat lapisan batuan dibawah permukaan yaitu tersusun oleh breksi gunungapi dengan densitas 2.3825 gr/cm³, lava dengan densitas 2.6025 gr/cm³, basalt dengan densitas 3.2631 gr/cm³ dan lahar dengan densitas 1.6483 gr/cm³ di permukaan.

ABSTRACT

Islamiyah, Rofikatul. 2015. **Gravity Anomaly Data Analysis For Modeling Subsurface Geological Structure Ranu Segaran** (*Segaran Village, Tiris District, Probolinggo*). Theses. Physics Department, Faculty of Science and Technology, State Islamic University Maulana Malik Ibrahim of Malang. Promotor: (I) Novi Avisena, M.Si (II) Umayyatus Syarifah, M.A

Kata Kunci: Bouguer Anomaly, Structural Geology, Tiris

The research had done in Segaran village, Tiris, Probolinggo east java to determine the pattern of total bouguer anomaly and subsurface geological structure in that area. The area of research is 20 km² with 762 of measurent. Qualitative interpretation is done by reading of bouguer anomaly complete contour patterns, while qualitative interpretation is done by creating a 2D cross-section of specific paths. Based on the qualitative of the complete Bouguer anomaly contours obtained variation values between -230 mGal to 40 mGal with a high anomaly spreads at the center to eastern areas of research and low anomaly located at the center and spread to the east area of research. Base on quantitative interpretation of 2D cross-section model of the path obtained four body: volcanic breccia and density 2.3825 gr/cm³, lava and density 2.6025 gr/cm³, basalt and density 3.2631 gr/cm³ and mud vulcanic and density 1.6483 gr/cm³ on the surface.

مستخلص البحث

رفيقة الإسلامية، تحليل البيانات "شدوذ الجاذبية" لوضع نموذج هيكل جيولوجيا تحت السطح "رانو سكاران" (في ولاية سوكران، منطقة تيريس فروبوليغا)، ٢٠١٥م، البحث الجامعي، قسم فيزياء، كلية العلوم والتكنولوجيا جامعة مولانا مالك إبراهيم الإسلامية الحكومية بمالانج. المشرفة الأولى: نوفي افيسوني الماجستير، والمشرفة الثانية: امية الشريفة الماجستير.

الكلمات الأساسية: شدوذ "Bouguer"، نموذج جيولوجيا، تيريس

قد يتم أجرى البحث في ولاية سوكران، منطقة تيريس فروبوليغا بأهداف هو لمعرفة أنماط من شدوذ "Bouguer" و نموذج هيكل جيولوجيا تحت السطح في تلك المنطقة. وأما مساحة في هذا البحث وهي حوالي ٢٠ مترا مع ٧٦٢ نقطة. وأما يعمل التفسير النوعي باستعمال قطاعيا D^2 على مسار معين. وانطلاقا على التفسير النوعي توجد تغييرات في قيم من " شدوذ "Bouguer" بين ٢٣٠ حتى ٤٠ mGal بقيمة عالية التي تنتشر على جزء واسع حتى في ولاية الشرقية من هذه المنطقة وأما قيمة نم شدوذ منخفض الذي يقع في الغرب و ينتشر إلى الجنوب الغربي من البحوث و تقريبا، كل المنطقة من هذا البحث يهيمن عليه قيمة شدوذ "Bouguer" عالية. وانطلاقا على التفسير النوعي من قطاعيا ٢ توجد اربع طبقات من الصخور تحت السطح وهو يتضمن من الحمم بكثافة حوالي $1,6483 \text{ gr/cm}$ ، بركسي من جبل بركانية بكثافة حوالي $2,3825 \text{ gr/cm}$ ، حمم بكثافة حوالي $2,6025 \text{ gr/cm}$ و بازلت بكثافة حوالي $3,2631 \text{ gr/cm}$ على السطح.

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara yang memiliki aktivitas vulkanik dan tektonik yang tinggi. Aktivitas vulkanik dan tektonik ini disebabkan oleh posisi dari gugusan kepulauan. Tiga lempeng tektonik yang bertemu di bawah wilayah Indonesia yaitu lempeng Indo-Australia, lempeng samudera Pasifik, dan lempeng Eurasia. Lempeng Indo-Australia berinteraksi dengan lempeng Eurasia dan juga dengan lempeng Pasifik dimana ketiga lempeng tektonik tersebut memiliki jenis bidang batas lempeng yang sama yaitu bidang batas konvergen yang membentuk zona-zona subduksi. Subduksi antar lempeng benua dan samudra menghasilkan suatu proses peleburan magma dalam bentuk *partial melting* batuan mantel. Magma mengalami diferensiasi pada saat perjalanan ke permukaan. Proses tersebut membentuk kantong-kantong magma yang berperan dalam pembentukan jalur gunung api yang dikenal sebagai *ring of fire*.

Salah satu gunungapi yang terdapat di Indonesia adalah Gunungapi Lamongan. Gunungapi Lamongan yang berada di Kabupaten Probolinggo merupakan gunungapi muda dari Gunung Tarub yang posisinya berada di bagian timur. Gunung Tarub mengalami pensesaran yang mengakibatkan bagian barat Gunung Tarub runtuh, kemudian pada bagian tersebut tumbuh Gunung Lamongan. Gunung Lamongan memiliki sekitar 64 pusat erupsi parasit yang terdiri dari 37 kerucut vulkanik dan 27 buah “maar” serta zona pusat erupsi yang terdiri dari tiga lubang erupsi termasuk Gunung Lamongan (Matahelumual, 1960).

Jadi Gunung Lamongan merupakan gunungapi tempat berkembangnya gunungapi maar atau gunungapi dengan topografi negatif.

Ahli geofisika memperkirakan bahwa pembentukan gunungapi maar berhubungan dengan keadaan air tanah, litologi batuan dasar dan pengaruh struktur rekahan selain itu gunungapi juga berfungsi sebagai pelindung terhadap guncangan akibat lava dan perubahan-perubahan geologis lainnya baik yang dari bumi itu sendiri ataupun dari badai matahari dan gerhana bulan. Penjelasan tentang gunungapi yang berhubungan dengan keadaan geologi dan keadaan air tanah daerah kompleks gunungapi serta manfaatnya sebagai pelindung dari guncangan juga dipaparkan dalam al-Quran surat Gasyiyah (88):19

وَإِلَى الْجِبَالِ كَيْفَ نُصِبَتْ (١٩)

“Dan gunung – gunung bagaimana ditegakkan?”(QS. Gasyiyah(88):19)

Gunung yang fondasinya sambung-menyambung dan membentuk gundukan keras di permukaan berfungsi sebagai pelindung dari guncangan seperti yang telah di paparkan dalam ayat diatas bahwasanya kata *nushibat* berasal dari kata *nashb* yang berarti meletakkan, menetapkan, mendirikan. (Shihab, 2002). Alloh SWT telah menjadikan gunung-gunung tertancap kuat sehingga benar-benar kokoh dan tangguh agar bumi beserta penghuninya tidak menjadi goyang, serta dalamnya diberikan berbagai manfaat dan barang tambang (Abdulloh, 2004).

Selain itu, ayat diatas juga menerangkan manfaat dari gunung bagi manusia pada umumnya dalam hal persediaan air, dalam mengatur iklim dan dalam keperluan lain (Ali, 1989). Pada kenyataannya sudah sangat jelas bahwasanya dalam daerah yang masih dalam kompleks gunungapi terdapat barang

tambang yang dimaksudkan disini seperti mineral dan juga air sehingga di daerah gunung memiliki persedian air yang lebih dibandingkan daerah lain, juga dalam hal iklim daerah gunungapi biasanya lebih dingin serta lebih subur untuk pertanian dan perhutannya.

Kemungkinan besar Gunung Lamongan ini berhubungan dengan maar yang ada di sekitarnya dalam konteks geologi struktur bawah permukaannya. Sedangkan definisi maar itu sendiri adalah manifestasi letusan freatomagmatik yang memiliki kaitan erat dengan aktivitas hidrovulkanisme (Sheridan dan Wohletz, 1983). Maar memiliki karakteristik bentuk gunung api negatif, yakni membentuk suatu lubang dalam ke bawah permukaan dan dikelilingi oleh endapan hasil letusan berbentuk menyerupai cincin. Struktur bagian dalam maar disebut diatrema, tersusun oleh material hasil letusan dan runturan maar yang terjadi secara episodik (White dan Ross, 2011).

Maar-maar yang berada di sekitar Gunung Lamongan memiliki beberapa kemungkinan yakni, mungkin dulunya suatu gunung besar kemudian meletus sehingga terjadi banyak maar, atau Gunung Lamongan muncul terlebih dahulu kemudian diikuti oleh maar yang mengelilinginya, atau mungkin maar muncul terlebih dahulu sehingga cukup menarik untuk diketahui dan diteliti lebih lanjut.

Ranu (Maar) Segaran merupakan salah satu ranu yang berada di kompleks Gunungapi Lamongan tepatnya bersebelahan dengan Kali Pekalen. Beberapa titik air panas ditemukan di Kali Pekalen tersebut. Mata air panas merupakan suatu manifestasi hidrotermal, yang mengindikasikan adanya kontak magma dengan

air. Sehingga besar kemungkinan terdapat suatu sistem hidrotermal aktif di bawah permukaan Ranu Segaran ini.

Metode gravitasi merupakan usaha dalam menggambarkan bentuk struktur geologi bawah permukaan berdasarkan variasi medan gravitasi yang ditampilkan oleh perbedaan densitas antar batuan. Variasi densitas pada suatu daerah penelitian dapat digunakan untuk interpretasi, dimana interpretasi data anomali gravitasi digunakan untuk memberikan informasi yang berkaitan dengan keadaan dan letak batuan yang tersembunyi di bawah permukaan, sehingga dapat memberi jawaban terhadap masalah seperti identifikasi patahan, melokalisir sumber daya air, energi, dan mineral.

Laelah (2013) telah melaksanakan penelitian tentang pendugaan lapisan bawah permukaan potensi panas bumi di kawasan Tiris, Probolinggo. Penelitian ini bertujuan mengetahui variasi nilai resistivitas batuan dan struktur lapisan batuan bawah permukaan. Pada penelitian tersebut belum bisa mengindikasikan keberadaan batuan sumber (reservoir) dan patahan di sekitar daerah potensi panas bumi. Sehingga perlu dilakukan penelitian lebih lanjut di daerah tersebut.

Berdasarkan hal-hal di atas maka penulis bermaksud untuk melakukan penelitian dengan judul “Analisis Data Gravitasi Untuk Memodelkan Struktur Geologi Bawah Permukaan Ranu Segaran (Desa Segaran, Kecamatan Tiris, Kabupaten Probolinggo)”.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana pola sebaran anomali Bouguer di Ranu Segaran, Kecamatan Tiris, Kabupaten Probolinggo berdasarkan interpretasi data gravitasi?

2. Bagaimana struktur geologi bawah permukaan Ranu Segaran, Kecamatan Tiris, Kabupaten Probolinggo berdasarkan interpretasi data gravitasi?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dilakukan penelitian interpretasi data anomali gravitasi Ranu Segaran, Kecamatan Tiris, Kabupaten Propolinggo adalah untuk memberikan informasi tentang:

1. Pola sebaran dan harga anomali Bouger Ranu Segaran, Kecamatan Tiris, Kabupaten Probolinggo.
2. Struktur geologi bawah permukaan Ranu Segaran, Kecamatan Tiris, Kabupaten Probolinggo berdasarkan interpretasi data gravitasi.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah pengolahan data gravitasi (gravity) tahun 1993 dan 2005 pada daerah Gunung Lamongan dilakukan dengan menganalisis pola anomali Bouguer untuk menginterpretasi pemodelan bawah permukaan. Sedangkan wilayah yang diteliti adalah di Ranu Segaran Kecamatan Tiris Kabupaten Probolinggo dengan area cakupan penelitian terletak pada koordinat $7^{\circ}58'00''$ – $7^{\circ}56'00''$ LS dan $113^{\circ}23'00''$ – $113^{\circ}25'00''$ BT.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi geologi tentang salah satu dari sekian banyak maar yang tersebar di sekitar Gunung Lamongan dan Gunung Argopuro. Selain itu, penelitian ini diharapkan dapat dijadikan salah

satu dasar dalam tinjauan ulang penelitian atau survei lebih lanjut tentang aktivitas vulkanik, tektonik dan eksplorasi mineral pada daerah penelitian



BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Struktur Bumi

2.1.1 Geologi Struktur

Keadaan bumi pada dasarnya tidaklah rata, ada permukaan tanah yang berupa gunung atau gundukan ada pula yang berupa lembah dan ada yang mengalami patahan secara tiba-tiba membentuk jurang dan tampak garis-garis pada dinding patahan (jurang). Dari geologi struktur yang terdapat di permukaan bumi juga tampak garis-garis pada dinding patahan, lipatan ataupun rekahan yang menunjukkan bahwa bumi terdiri dari beberapa lapisan atau hamparan (An-Najjar, 2006:269).

Firman Allah di akhir Surat Ath-Thalaq (65):12



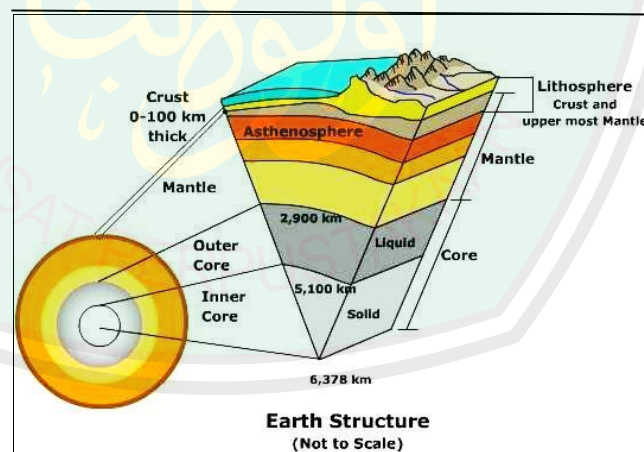
“Allah-lah yang menciptakan tujuh langit dan seperti itu pula bumi. perintah Allah Berlaku padanya, agar kamu mengetahui bahwasanya Allah Maha Kuasa atas segala sesuatu, dan Sesungguhnya Allah ilmu-Nya benar-benar meliputi segala sesuatu.”(QS. Ath-Thalaq (65):12)

Ayat di atas secara harfiah mengacu pada tujuh orbit atau cakrawala. Dimana ketujuhnya itu merupakan tanda yang teratur dan jelas di mata kita. Sebagaimana langit, kerak bumi juga tersusun dari lapisan–lapisan geologis yang satu di atas yang lainnya (Ali. 1989). Fakta sains juga telah menjelaskan bahwa

lapisan dalam planet bumi memang terdiri atas tujuh lapis. Setiap lapisan mempunyai karakteristik dan tugas masing-masing. Demikian pula dengan langit yang memiliki tujuh lapis atmosfer (Sudarmojo, 2008:56).

Ketujuh lapisan tersebut merupakan lapisan tertentu dari dalam ke luar dengan susunan sebagai berikut (An-Najjar, 2006: 269):

1. Centrosphere (Inti Bumi)
2. Lapisan Luar Inti Bumi
3. Lapisan Terbawah Pita Bumi (Pita Bawah)
4. Lapisan Tengah Pita Bumi (Pita Tengah)
5. Lapisan Teratas Pita Bumi (Pita Atas)
6. Lapisan Bawah Kerak Bumi
7. Lapisan Atas Kerak Bumi



Gambar 2.1 Tujuh Lapisan Bumi (Djauhari, 2009)

Penelitian gelombang seismik bumi menyatakan bahwa bagian dalam bumi terdiri dari tiga lapis utama dengan komposisi yang berlainan. Ketiga lapis tersebut adalah ini, selubung, dan kerak. Inti terdiri dari dua bagian, yaitu inti

yang padat dengan kedalaman 5.150-6.370 km dan inti luar yang merupakan fluida panas dengan kedalaman 2.890-5.150 km (Purwanto, 2013).

Di luar inti terdapat selubung atau mantel dengan kedalaman 650-2.890 km dan diperkirakan terdiri dari bahan-bahan silikon, magnesium, dan oksigen, serta sedikit besi, kalsium dan aluminium. Bagian dalam mantel dengan ketebalan antara 200-300 km diperkirakan mempunyai susunan kimiawi yang berbeda dari mantel luarnya (Purwanto, 2013).

Lapisan luar setelah mantel adalah daerah transisi yang disebut mesosfer dengan kedalaman antara 400-650 km diperkirakan mengandung kalsium, aluminium dan granat. Mineral kompleks granat menyebabkan lapisan ini mudah padat jika dingin dan meleleh jika panas. Lelehan dapat naik ke lapisan lebih tinggi sebagai magma (Purwanto, 2013).

Di atas daerah transisi terdapat mantel atas dengan kedalaman 10-40 km, bagian atasnya disebut astenosfer. Selanjutnya adalah kerak bumi yang terdiri dari dua bagian, yaitu kerak samudera dan kerak benua. Kerak samudera mencapai kedalaman 10km. Kerak ini terbentuk dari aktivitas vulkanik. Kerak benua mempunyai kedalaman 0-50km, merupakan bagian terluar bumi dan tersusun dari kristalin. Kerak bumi merupakan bagian bumi paling dingin. Batuan dingin lapisan ini disebut litosfer (lapisan kuat) karena mengalami deformasi secara perlahan (Purwanto, 2013).

Setiap lapisan bumi mempunyai sifat atau kandungan mineral yang berbeda-beda. Keadaan lapisan bumi seringkali tampak dari warnanya, sebagai contoh tanah lempung yang berwarna kemerah-merahan akan lain sifatnya dengan

tanah yang berwarna hitam kecoklat-coklatan. Tanah berbukit yang berwarna putih biasanya banyak mengandung kapur. Adapula lapisan tanah yang berwarna kuning dan ini menunjukkan tanah tersebut banyak mengandung belerang.

Firman Allah tersebut di atas sesuai dengan keadaan geologi lapisan tanah yang senyatanya. Bahkan dengan kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi pada saat ini, manusia telah dapat melakukan observasi keadaan di bumi melalui penginderaan jarak jauh lewat satelit atau pesawat terbang dan hasil pengindraannya dibedakan dari warna hasil pemotretan keadaan di bumi (Wardhana, 2004: 112).

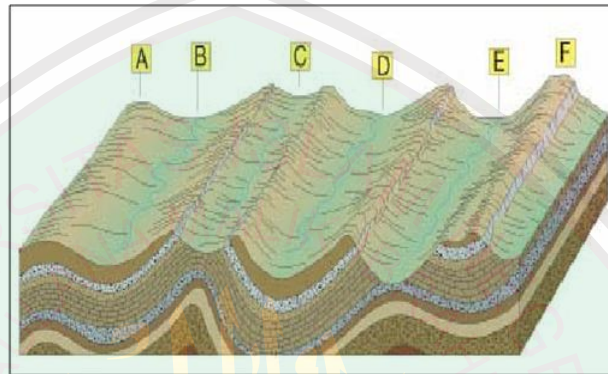
Keadaan tanah dan permukaan bumi dipelajari lebih spesifik pada disiplin ilmu tentang bentuk batuan sebagai hasil dari proses deformasi yakni ilmu geologi struktur. Beberapa kalangan berpendapat bahwa geologi struktur lebih ditekankan pada studi mengenai unsur-unsur struktur geologi, seperti perlipatan (*fold*), rekahan (*fracture*), patahan (*fault*), dan sebagainya yang merupakan bagian dari satuan tektonik (*tectonic unit*) (Plummer.1937:360).

Sebagaimana diketahui bahwa batuan-batuan yang tersingkap dimuka bumi maupun yang terekam melalui hasil pengukuran geofisika memperlihatkan bentuk yang bervariasi dari satu tempat ke tempat lainnya. Bentuk susunan batuan di suatu wilayah pada umumnya merupakan batuan-batuan yang telah mengalami deformasi sebagai akibat gaya yang bekerja pada batuan tersebut.

2.1.1.1 Lipatan

Lipatan (*fold*) adalah deformasi lapisan batuan yang terjadi akibat dari gaya tegasan sehingga batuan pindah dari kedudukannya semula membentuk

lengkungan. Lipatan adalah lapisan kulit bumi yang mendapat tekanan yang arahnya mendatar. Struktur lipatan merupakan salah satu struktur geologi yang paling umum dijumpai pada batuan sedimen klastika, dan sering pula ditemukan pada batuan vulkanik dan metamorf (Djauhari, 2009).



Gambar 2.2 Struktur Lipatan (Djauhari, 2009)

Pada gambar di atas dapat dilihat bahwa lipatan tersebut memiliki beberapa bagian sebagai akibat dari adanya lipatan tersebut, yaitu siklin dan antiklin. Morfologi perbukitan lipatan adalah bentuk bentang alam yang tersusun oleh batuan sedimen yang terlipat membentuk struktur antiklin dan siklin. Morfologi perbukitan lipatan dicirikan oleh susunan perbukitan dan lembah-lembah yang berpola sejajar (Djauhari, 2009).

a. Antiklin

Antiklin punggung lipatan, yaitu unsur struktur lipatan dengan bentuk yang cembung (*convex*) ke atas. Antiklin merupakan punggung lipatan yang kemiringan kedua sayapnya ke arah saling berlawanan dan saling menjauh (bentuk concav dengan cembung ke atas (Djauhari, 2009).



Gambar 2.3 Lipatan Antiklin (Djauhari, 2009)

b. Sinklin

Sinklin atau lembah lipatan, yaitu lipatan yang cekung (concave) ke atas. Sinklin merupakan lembah lipatan yang kemiringan kedua sayapnya menuju ke suatu arah dan saling mendekat (bentuk concave) dengan cekungnya mengarah ke atas (Djauhari, 2009).



Gambar 2.4 Lipatan Sinklin (Djauhari, 2009)

2.1.1.2 Patahan

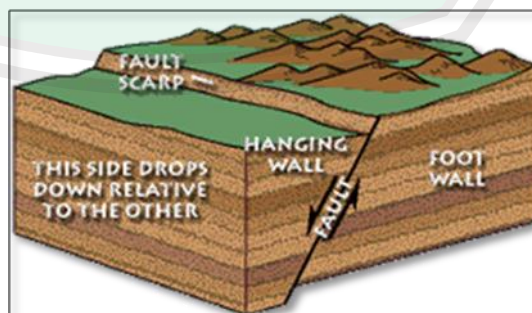
Patahan adalah retakan yang terjadi pada kulit bumi karena adanya pergerakan dua sisi daerah yang berlawanan. Pada patahan, kedua bagian yang mengalami retakan bergerak satu terhadap yang lain. Ukuran patahan bisa hanya beberapa milimeter hingga ribuan kilometer. Penyebab patahan adalah tenaga

endogen yang bekerja lebih cepat, sehingga lapisan kerak bumi yang kaku tidak dapat membentuk lipatan, melainkan terputus-putus membentuk patahan (Erviawan, 2011).

Berdasarkan orientasi pola tegasan yang utama (Anderson, 1951) sesar dapat dibedakan menjadi:

1. Sesar Normal atau Sesar Turun (*Extention Faulth*)

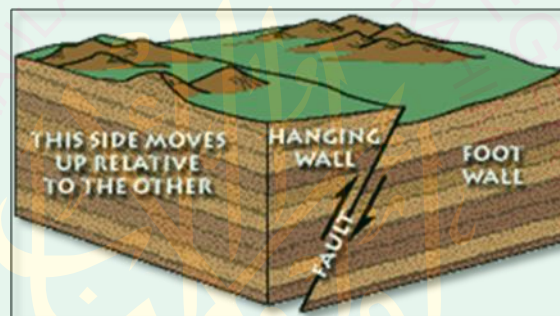
Sesar normal dikenali juga sebagai sesar gravitasi, dengan gaya gravitasi sebagai gaya utama yang menggerakannya. Sesar ini juga dikaitkan dengan sesar tumbuh (*growth fault*), dengan pengendapan dan pergerakan sesar berlaku serentak. Pada permukaan bumi, sesar normal juga jarang sekali berlaku secara bersendirian, tetapi bercabang. Cabang sesar yang turun searah dengan sesar utama dikenali sebagai sesar sintetik, sementara sesar yang berlawanan arah dikenali sebagai sesar antitetik. Kedua cabang sesar ini bertemu dengan sesar utama di bagian dalam bumi. *Hanging wall* relatif turun terhadap *foot wall*, bidang sesarnya mempunyai kemiringan yang besar. Sesar ini biasanya disebut juga sesar turun (Anderson, 1951).



Gambar 2.5 Extention Faulth (Anderson, 1951)

2. Sesar naik (*reverse fault*)

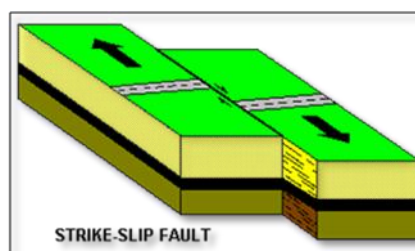
Sesar naik (*reverse fault*) untuk sesar naik ini bagian *hanging wall*nya relatif bergerak naik terhadap bagian *foot wall*. Salah satu ciri sesar naik adalah sudut kemiringan dari sesar itu termasuk kecil, berbeda dengan sesar turun yang punya sudut kemiringan bisa mendekati vertical. Nampak lapisan batuan yang berwarna lebih merah pada *hanging wall* berada pada posisi yang lebih atas dari lapisan batuan yang sama pada *foot wall* (Anderson, 1951).



Gambar 2.6 Reverse fault (Anderson, 1951)

3. Sesar mendatar (*Strike slip fault*)

Sesar mendatar (*Strike slip fault*) adalah sesar yang pembentukannya dipengaruhi oleh tegasan kompresi. Posisi tegasan utama pembentuk sesar ini adalah horizontal, sama dengan posisi tegasan minimumnya, sedangkan posisi tegasan menengah adalah vertical (Anderson, 1951).



Gambar 2.7 Strike Slip Fault (Anderson, 1951)

2.1.1.3 Rekahan

Kekar adalah struktur retakan atau rekahan terbentuk pada batuan akibat suatu gaya yang bekerja pada batuan tersebut dan belum mengalami pergeseran. Secara umum dicirikan oleh (Supriatna, 2012):

- a. Pemotongan bidang perlapisan batuan
- b. Biasanya terisi mineral lain seperti kalsit, kuarsa dan sebagainya
- c. Kenampakan breksiasi (Zona Hancuran).

Kekar merupakan gejala yang umum dan sering dijumpai. Pada umumnya menunjukkan pola sistematis (*preferred orientation*) dan seringkali simetris. Walaupun demikian, kekar adalah unsur struktur yang sulit dipakai di dalam interpretasi kondisi “*strain*” dan “*stress*” dari proses deformasi yang telah lampau. Kekar yang umumnya dijumpai pada batuan adalah sebagai berikut (Supriatna, 2012):

1. *Shear Joint* (Kekar Gerus) adalah retakan atau rekahan yang membentuk pola saling berpotongan membentuk sudut lancip dengan arah gaya utama. Kekar ini terbentuk oleh gaya kompresi dan biasanya berpasangan, pada breksi memotong fragmen, bidang kekar lurus dan rata. Batuan akan menjadi terkoyak atau menjadi rapuh (Supriatna, 2012)
2. *Tension Joint* (Kekar Tarik) adalah retakan atau rekahan yang berpola sejajar dengan arah gaya utama. Kekar ini terbentuk oleh gaya tarik. Biasanya tidak berpasangan, tidak memotong fragmen pada breksi, bidang kekar biasanya tidak lurus dan tidak rata (Supriatna, 2012).

Berdasarkan cara terbentuknya kekar dapat dibagi menjadi tiga (Arlen, 2010):

1. Kekar pengkerutan yaitu disebabkan oleh gaya pengkerutan yang timbul karena pendinginan atau pengeringan. Kekar yang disebabkan karena gaya pengkerutan yang timbul karena pendinginan (pada batuan beku=kekar tiang/kolom) atau pengeringan (pada batuan sedimen) biasanya berbentuk polygonal yang memanjang. Kekar kolom yang terjadi pada batuan beku, pada umumnya terjadi akibat adanya intrusi dangkal (intrusi batuan yang letaknya relatif dekat dengan permukaan bumi) bentuknya adalah seperti pilar-pilar berbentuk segi empat atau segi enam (Arlen, 2010).



Gambar 2.8 Kekar Kolom (Arlen, 2012)

2. Kekar lembar (*sheet joint*) yaitu sekumpulan kekar yang kira-kira sejajar dengan permukaan tanah, terutama pada batuan beku. Terbentuknya kekar ini akibat penghilangan beban batuan yang tererosi. Penghilangan beban pada kekar ini terjadi akibat (Arlen, 2010):
 - a. Batuan beku belum benar-benar membeku secara menyeluruh
 - b. Tiba-tiba di atasnya terjadi erosi yang dipercepat
 - c. Sering terjadi pada sebuah intrusi konkordan (*sill*) dangkal

Firman Allah SWT ini jelas menunjukkan bahawa fungsi gunung-gunung diciptakan sebagai pasak tepatnya pada kata *autaadan* yang merupakan bentuk jamak dari kata *watada* yaitu paku yang besar. Lapisan padat kerak bumi mencapai ketebalai sampai 60km, lapisan ini bisa meninggi ataupun menurun menjadi dasar lautan dan samudra. Keadaan puncak dan lembah ini menjadikan keseimbangan akibat tekanan yang ditimbulkan oleh gunung-gunung tersebut, juga keseimbangan antara lapisan kerak bumi yang basah akan dikuatkan oleh gunung persis seperti pasak yang menguatkan kemah (Faqih, 2006). Gunung menggenggam lapisan kerak bumi dengan satu 'pancang' yang memanjang dari atas ke bawah permukaan bumi yang menghubungkan semua lapisan dalam bumi. Dengan adanya 'pancang' yang menggenggam lapisan bumi ini, kedudukan kerak bumi tetap dan tidak akan terapung di atas batuan magma dan lapisan-lapisan lain (Keary, 2009).

Keadaan gunung sebagai pasak ini juga dikenali sebagai isostasi menurut kajian geologi modern dan kajian gempa bumi. Isostasi merupakan kesetimbangan dalam kerak bumi yang terjaga oleh aliran materi bebatuan di bawah permukaan akibat tekanan gravitasi. Isostasi ini dimaksudkan sebagai teori keseimbangan hidrostatis permukaan bumi yang menegaskan bahwa gunung berada dalam keadaan terapung di atas lava yang lebih tinggi densitasnya, dan bahwa gunung yang lebih tinggi mempunyai massa yang lebih besar dan akar yang lebih dalam (Keary, 2009).

Menurut penemuan ini, gunung-gunung muncul sebagai hasil pergerakan dan tumbukan dari lempengan-lempengan raksasa yang membentuk kerak bumi.

Ketika dua lempengan bertumbukan, lempengan yang lebih kuat menyelip di bawah lempengan yang satunya, sementara yang di atas melipat dan membentuk dataran tinggi dan gunung. Ini berarti gunung mempunyai bagian yang menghujam jauh ke bawah yang tak kalah besarnya dengan yang tampak di permukaan bumi (Jasmi, 2013).

Menurut al-Quran dan ilmu geologi, gunung-gunung memainkan peranan yang penting bagi mengawal kesejahteraan muka bumi (Yahya, 2002). Hal ini dijelaskan dalam firman Allah SWT QS. al-Anbiyaa (21):31

﴿وَجَعَلْنَا فِيهَا جَبَلًا مَّوَدَّعًا ۖ وَقَدَّرْنَا فِيهَا جَمَادًا وَطَرَافَافًا ۚ وَكَرَّمْنَا فِيهَا لُجُجًا وَعُقُبًا ۖ وَزَيَّنَّاهَا لِمَنْ يَرَاهَا ۖ فَاِنْ نَظَرْتُمْ عَنْهَا عَيْنًا فَإِن تَوَلَّوْاْ فَإِنَّمَا أَصْحَابَكُم شُرَكَاءُ فَتَمَتَّعْتُم فِيهَا إِلَىٰ يَوْمِ الثَّوَابِ ۗ وَسَوَاءٌ أُنذِرْتُم بِهِ أَمْ لَا تُذَكَّرُونَ ۗ﴾

“Dan telah Kami jadikan di bumi ini gunung-gunung yang kukuh supaya bumi itu (tidak) bergoncang bersama mereka, dan telah Kami jadikan di bumi itu jalan-jalan yang luas agar mereka mendapat petunjuk”(QS. al-Anbiya (21):31)

Allah SWT menciptakan gunung-gunung untuk menghindari guncangan pada bumi (Yahya, 2002). Tiada seorangpun mengetahui fakta bahwa gunung-gunung ini berfungsi untuk menghindari guncangan di permukaan bumi ketika al-Quran diturunkan. Fakta ini hanya diketahui umum selepas penemuannya melalui bidang geologi dan geofisika yang menyatakan bahwa gunung tercipta akibat dari tumbukan lempeng sehingga rawan gempa namun dengan adanya gunung sebagai pasak, menjadikan lempengan tadi tidak bergerak.

Al-Quran menjelaskan mengenai pergerakan gunung, Allah SWT menyatakan bahawa gunung-gunung ini bergerak seperti awan yang terapung.

Manakala pakar geologi moden pula menamakan fenomena ini sebagai tektonik daratan (*continental drift*) (Scalera, 2003).



“Dan engkau melihat gunung – gunung, engkau menyangkanya tetap membeku, padahal ia bergerak cepat seperti Bergeraknya awan; (demikianlah) perbuatan Allah yang telah membuat tiap-tiap sesuatu dengan serapi-rapi dan sebaik-baiknya; sesungguhnya Dia amat mendalam pengetahuan-Nya akan apa yang kamu lakukan”(QS. An Naml:88).

Ayat di atas menegaskan bahwa daratan yang berpisah antara satu sama lain ini bergerak seperti awan yang terapung (Jasmi, 2013). Pada umumnya manusia menyaksikan gunung-gunung tetap kokoh dan menetap ditempatnya, sedang pada kenyataannya gunung-gunung tersebut berjalan dengan cepat sebagaimana jalannya awan yang di iringi oleh angin. Fenomena ini merupakan salah satu ciptaan Alloh SWT yang telah menciptakan segala makhluk dengan sebaik-baiknya (Qarni, 2007). Hal ini diperkuat dengan tinjauan geologi modern yang menyatakan bahwa daratan ini bergerak karena dibawah kerak bumi terdapat lapisan asthenosphere yang sifatnya lebih lunak dan panas sehingga menggerakkan bagian atasnya yaitu kerak bumi. Begitu indah diksi di dalam al-Quran yang begitu tepatnya dalam memilih perumpamaan lempeng bumi (Sudarnojo, 2008:95).

2.1.2.2 Gunungapi Menurut Geologi

Planet bumi mempunyai struktur tertentu, yaitu menurut pembahasan di atas terdapat tujuh lapis bumi yang memicu terjadinya dinamika bumi, seperti

fenomena tektonik dan vulkanik. Menurut teori ini, kerak bumi adalah suatu lempeng yang kaku dan bergerak satu sama lainnya di atas suatu cairan yaitu astenosfer, dimana lempeng-lempeng tersebut bergerak relatif 5 sampai 10cm per tahun. Pergerakannya ada yang saling menjauh yang disebut dengan divergen, saling mendekat disebut konvergen dan saling berpapasan yaitu transform. Dari pergerakan-pergerakan tersebut terjadilah deret-deret gunungapi yang dikenal dengan *Ring Of Fire* (Nandi, 2006).

Para ahli sampai saat ini belum mendapatkan kata sepakat mengenai batasan istilah baku definisi gunungapi secara jelas. Ilmu yang secara khusus mempelajari gunungapi adalah vulkanologi. Ada beberapa ahli mendefinisikan gunungapi. Koesoemadinata (1977) menyatakan bahwa gunungapi adalah lubang atau saluran menghubungkan suatu wadah yang berisi bahan yang disebut magma. Suatu ketika bahan tersebut ditempatkan melalui saluran bumi dan sering terhimpun disekelilingnya sehingga membangun suatu kerucut yang dinamakan kerucut gunungapi. Matahalemual (1982) menyatakan bahwa gunung api adalah suatu bentuk timbulan di muka bumi, pada umumnya berupa suatu kerucut raksasa, kerucut terapung, kubah atau bukit yang di akibatkan oleh penerobosan magma ke permukaan.

Gunungapi yang aktif mungkin akan berubah menjadi separuh aktif, padam dan akhirnya menjadi tidak aktif atau mati. Gunung berapi akan padam dalam waktu 610 tahun sebelum akhirnya aktif kembali. Oleh karena itu, sukar bagi kita untuk menentukan apakah suatu gunung itu sudah mati atautkah masih aktif. Karena sudah mengalami letusan berulang kali di sepanjang “hidupnya”, gunung

berapi mempunyai beberapa bentuk. Apabila gunungapi meletus, magma yang terdapat di bawah gunungapi akan keluar sebagai lahar atau lava. Lava ini sangat panas dan berbahaya bagi makhluk hidup. Selain aliran lava, material lain yang juga berbahaya dari gunung yang sedang meletus adalah aliran lumpur, abu, dan gas beracun (Nandi, 2006).

2.1.2.3 Tipe Letusan Gunungapi

Letusan gunungapi yang didasarkan pada besarnya tekanan gas, derajat kecairan magma dan kedalaman waduk magma adalah sebagai berikut (Alzwar, 1988):

1. Tipe Hawaii

Tipe gunungapi ini dicirikan dengan lavanya yang cair dan tipis, sehingga membentuk tipe perisai. Sifat magma yang sangat cair memungkinkan terjadinya lava mancur, yang disebabkan oleh arus konveksi pada kawah lava. Dimana lava yang banyak mengandung gas, bersifat ringan aka terlempar keatas sedang yang berat akan tenggelam lagi (Alzwar, 1988).

2. Tipe Stromboli

Tipe ini sangat khas untuk gunung Stromboli dan beberapa gunung lainnya yang sedang meningkat kegiyatannya. Magmanya sangat cair, menuju permukaan yang sering dijumpai letusan pendek yang disertai ledakan. Bahan yang dikeluarkan berupa abu, bom, lapili dan setengah padatan bongkah lava. Dimana tekanan gasnya rendah (Alzwar, 1988).

3. Tipe Vulkano

Tipe ini memiliki ciri khas yakni awan debu membentuk bunga kol, karena gas yang di tembakan ke atas meluas hingga jauh di atas kawah. Tipe ini memiliki tekanan gas sedang dan lava kurang begitu cair. Selain mengeluarkan awan debu tipe ini juga mengeluarkan lava (Alzwar, 1988).

4. Tipe Merapi

Dicirikan dengan lava yang cair-kental, dapur magma yang relatif dangkal dan tekanan gas yang rendah. Karena sifat magma yang cair maka ketika magma keluar melalui pipa kepundan akan mengalami pembekuan sebelum sampai di permukaan sehingga terjadi penyumbatan di bagian atas pipa kepundan. Sedang di bawah masih bersifat cair, sehingga ketika semakin tinggi tekanan gasnya maka akan terjadi letusan besar akibat pecahnya sumbatan tadi (Alzwar, 1988).

5. Tipe Pelee

Memiliki sifat lava yang sama dengan merapi tetapi tekanan gasnya besar. Yang sangat khas dari tipe ini adalah letusan gas dengan cara mendatar. Karena sifatnya yang sama dengan merapi maka tipe ini juga mengalami penyumbatan lava (Alzwar, 1988).

6. Tipe Vincent

Lava agak kental dan tekanan gas menengah. Pada kawah terdapat maar kawah yang sewaktu meletus akan dimuntahkan keluar membentuk lahar letusan. Setelah kawah kosong akan disusul oleh hembusan bahan lepas gunungapi (Alzwar, 1988).

7. Tipe Perret (Plinian)

Memiliki tekanan gas yang sangat kuat, lava yang sangat cair. Sehingga sifatnya sangat merusak jika terjadi letusan (Alzwar, 1988).

2.1.2.4 Jenis-jenis Gunungapi Berdasarkan Bentuknya:

Adapun gunungapi dibedakan menjadi empat menurut bentuknya, yakni (Wisesa, 2010):

1. Stratovolcano, gunungapi ini terbentuk oleh kombinasi aliran lava dan material piroklastik pada letusan eksplosif yang tersusun berlapis-lapis. Jenis gunungapi ini membentuk suatu kerucut besar (raksasa) dan terkadang bentuknya tidak beraturan, dengan sisinya yang tinggi dan curam. Hal ini dikarenakan adanya letusan yang terjadi beberapa ratus kali. Gunung Merapi di Yogyakarta termasuk gunung berapi jenis ini (Wisesa, 2010).
2. Perisai, di Indonesia tidak ada gunung yang berbentuk perisai. Gunungapi perisai contohnya Mauna Loa Hawaii, AS. Gunungapi perisai terjadi karena magma cair keluar dengan tekanan rendah tanpa adanya letusan. Karena lava basal bersifat tipis dan basah sehingga lereng gunung yang terbentuk menjadi sangat landai dengan landasan yang melebar luas (Wisesa, 2010).
3. Cinder Cone, merupakan gunungapi yang abu dan pecahan kecil batuan vulkaniknya menyebar di sekeliling gunung. Sebagian besar gunung jenis ini membentuk mangkuk di puncaknya. Gunung jenis ini jarang yang mempunyai tinggi di atas 500 m dari permukaan tanah sekitarnya (Wisesa, 2010).

4. Kaldera Gunung berapi jenis ini terbentuk dari ledakan yang sangat kuat sehingga melempar ujung atas gunung dan membentuk cekungan. Gunung Bromo termasuk gunung jenis ini (Wisesa, 2010).

2.1.2.5 Material yang Dihasilkan dari Gunungapi

Dari letusan gunungapi maka menghasilkan material yang diakibatkan oleh letusan tersebut, antara lain (Wisesa, 2010):

1. Lava merupakan cairan larutan silica pijar yang mengalir keluar dari dalam bumi melalui kawah gunungapi atau melalui celah patahan yang sumbernya membentuk aliran seperti sungai melalui lembah (Wisesa, 2010).
2. Awan panas, terdiri dari batuan pijar yang bersuhu tinggi lebih dari 600°C (Wisesa, 2010).
3. Aliran piroklastik atau abu vulkanik adalah bahan vulkanik yang disemburkan ke udara saat terjadi letusan sampai radius 5-7 km dari kawah dan yang berukuran halus dapat jatuh sampai ratusan km - ribuan km (Wisesa, 2010).
4. Gas vulkanik adalah gas yang dikeluarkan saat letusan, umumnya terjadi saat letusan freatik seperti SO_2 , N_2 , NO_2 dan lain – lain (Wisesa, 2010).
5. Aliran lahar terjadi pada suhu gunungapi yang baru meletus sehingga banyak material yang terlepas di puncak terhanyut bersamaan batuan lama disekitar lembah yang mengalir dan merusak tempat yang dilewatinya dan kemudian diendapkan (Wisesa, 2010).

2.1.2.6 Dampak Positif Gunungapi

Dengan banyak mata air di sekitar gunungapi dan lebatnya hutan akan membentuk suatu lingkungan yang sejuk dan bermanfaat pada lingkungan hidup disekitarnya yakni membentuk perkebunan, persawahan dan pemandangan yang indah. Selain itu, pemanfaatan sumber daya gunungapi secara langsung maupun tidak langsung diantaranya (Nandi, 2006):

- Pemanfaatan sumberdaya hutan industry dan perkebunan
- Pemanfaatan bahan galian hasil material gunung
- Pemanfaatan sumberdaya panas bumi
- Pemanfaatan komoditi gunungapi unuk pariwisata.

2.1.2.7 Dampak Negatif Gunungapi

Selain membawa dampak positif, gunungapi bila sedang meningkat bisa menjadi bencana yang sangat merugikan. Pada saat meletus gunung menyemburkan guguran awan panas yang biasa disebut wedhus gembel. Secara ilmiah wedhus gembel merupakan suspensi gas vulkanik dengan material padat yang terdiri dari abu hingga bongkahan-bongkahan batu besar yang mempunyai temperatur tinggi meluncur menuruni lereng gunung dengan kecepatan lebih dari 100 km/jam yang dapat merusak apa saja yang dilaluinya (Nandi, 2006).

2.2 Prinsip – Prinsip Gravitasi

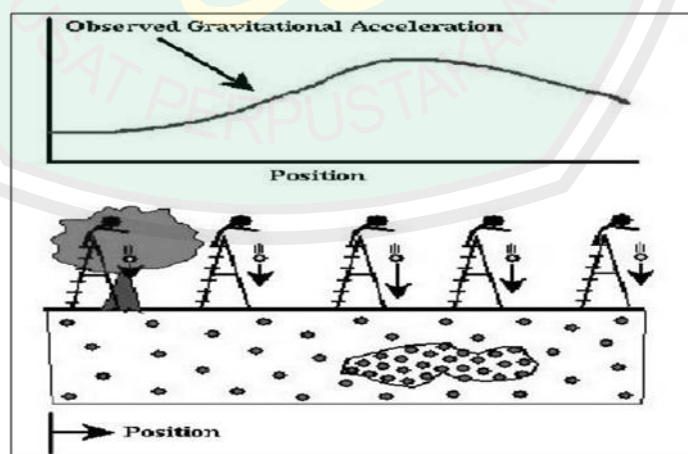
2.2.1 Teori Dasar Gravitasi

Diantara sifat fisis batuan yang mampu membedakan antara satu macam batuan dengan batuan lainnya adalah massa jenis batuan. Distribusi massa jenis yang tidak homogen pada batuan penyusus kulit bumi akan memberikan variasi

harga medan gravitasi di permukaan bumi. Metode medan gravitasi adalah metode penyelidikan dalam geofisika yang didasarkan pada variasi medan gravitasi di permukaan bumi (Jaenudin, 2012).

Disribusi massa jenis yang tidak homogen ini dapat disebabkan oleh struktur geologi yang ada di bawah permukaan bumi. Walaupun kontribusi struktur geologi terhadap variasi harga medan gravitasi di permukaan bumi sangat kecil dibandingkan dengan nilai absolutnya, tetapi dengan peralatan yang baik variasi medan gravitasi di permukaan bumi dapat terukur dari titik ke titik sehingga dapat dipetakan. Selanjutnya dari peta tersebut dapat dilakukan interpretasi bentuk atau struktur bawah permukaan (Jaenudin, 2012).

Dalam Metode gravitasi, jika suatu batuan berbeda tipe dengan batuan lainnya, maka akan berbeda pula densitasnya, dan jika suatu batuan yang mempunyai densitas lebih tinggi akan mempunyai daya gravitasi yang lebih besar (Jaenudin, 2012).



Gambar 2.10 Respons Anomali Gravitasi dari Benda sub-surface (Jaenudin, 2012)

Suatu bentuk formasi yang melengkung, seperti antiklin maka akan mempunyai densitas yang lebih tinggi, dan medan gravitasi bumi akan lebih besar

disumbu, dibandingkan dengan disepanjang sayapnya. Selain antiklin juga terdapat Salt Dome, yang secara keseluruhan densitasnya lebih kecil daripada batuan yang diterobosnya, dapat dideteksi oleh rekaman gravitasi. Untuk mengukur kekuatan gravitasi dari suatu tempat ke tempat yang lain telah diciptakan suatu instrumen gravitasi yang dinamakan Gravitimeter. Gravitimeter modern adalah benda yang sangat sensitif, yang dapat mendeteksi variasi gravitasi (Jaenudin, 2012).

2.2.2 Teori Gravitasi Newton

Prinsip dasar teori gravitasi adalah hukum Newton yang menjelaskan tentang gaya tarik menarik antara dua massa M_1 dan M_2 yang terpisah sejauh r , dapat diformulasikan sebagai berikut (Serway, 2009:591):

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

dengan:

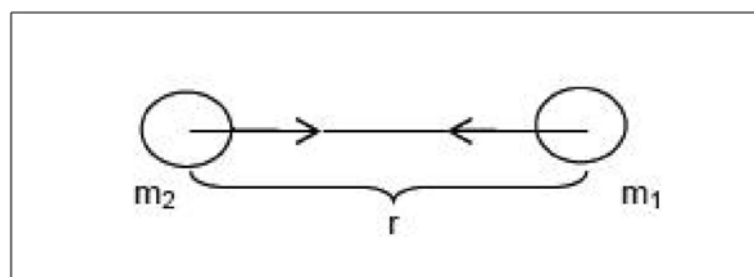
F = Gaya tarik menarik (Newton)

G = Konstanta gravitasi (6.6×10^{-11}) $m^3 kg^{-1} s^{-2}$

m_1 = massa 1 (kg)

m_2 = massa 2 (kg)

r = jarak (m)



Gambar 2.11 Gaya tarik menarik antar 2 buah benda (Serway, 2009)

2.2.3 Percepatan Gravitasi

Percepatan gravitasi sebuah benda bermassa m yang disebabkan oleh tarikan massa bumi M pada jarak r secara sederhana dapat dinyatakan oleh (Serway.2009:595):

$$g = G \frac{M}{r^2} = \frac{F}{m} \quad (2.2)$$

dengan :

g = Percepatan gravitasi bumi (m/s²)

M = Massa bumi (kg)

m = Massa benda (kg)

F = Gaya gravitasi (Newton)

r = Jarak (m)

G = Konstanta universal gravitasi ($6.67 \times 10^{-11} \text{ m}^3\text{kg}^{-1}\text{dt}^{-2}$)

2.2.4 Potensial Gravitasi

Potensial pada suatu titik, pada medan gravitasi dinyatakan sebagai usaha yang diperlukan untuk memindahkan satu satuan massa (m) dari jauh tak berhingga ke titik tertentu dalam medan gravitasi bumi bermassa M adalah (Saputra.2009):

$$V = Gm \int_0^r \frac{dr}{r^2}$$

$$V = G \frac{m}{r^2} r$$

$$V = G \frac{m}{r} \quad (2.3)$$

dengan :

V = Potensial gravitasi

m = Massa benda (kg)

r = Jarak (m)

G = Konstanta universal gravitasi ($6.67 \times 10^{-11} \text{ m}^3\text{kg}^{-1}\text{dt}^{-2}$)

2.2.5 Rapat Massa Batuan

Rapat massa (*density*) batuan merupakan besaran utama dalam menentukan nilai percepatan gravitasi. Variasi rapat massa pada batuan sedimen disebabkan oleh tekanan gaya tektonik (Untung, 2001).

Densitas batuan dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu rapat massa butir pembentuknya, porositas, kandungan fluida yang mengisi pori-porinya, serta pemadatan akibat tekanan dan pelapukan yang dialami batuan tersebut (Kirbani, 2001).

Sejauh ini sepertinya proposisi cukup sederhana untuk memperkirakan variasi dalam kepadatan bumi akibat perubahan lokal dalam geologi. Namun demikian, terdapat beberapa komplikasi yang signifikan. Yang pertama harus dilakukan pengukuran kontras densitas untuk berbagai material bumi (Carigali.2004:9).

Berikut desitas dari beberapa material bumi (Carigali.2004:10):

Tabel 2.1 Rapat Massa Batuan

Batuan / Mineral	Rapat Massa (gr/cm ³)
Air	0
Water	1
Sediments	1.7 – 2.3

Sandstone	2.0 – 2.6
Shale	2.0 – 2.7
Limestone	2.5 – 2.8
Granite	2.5 – 2.8
Basalt	2.7 – 3.1
Metamorphic Rock	2.0 – 3.0

2.3 Koreksi Gravitasi

2.3.1 Anomali Bouguer

Data pengukuran gaya berat yang telah dikoreksi pasang surut, *drift*, dan di ikat terhadap G ikat (977976.38 mGal) menghasilkan G absolut. Pada data G absolute dilakukan koreksi lintang (G_n), koreksi udara bebas (FA_C), koreksi bouguer (B_C), dan koreksi terrain (T_C) sehingga diperoleh anomali Bouguer lengkap (CBA) dalam mGal, sesuai persamaan berikut (Dermawan.2010):

$$CBA = G_{ABS} - G_n + FA_C - B_C + T_C \quad (2.4)$$

dengan:

CBA = Anomali Bouguer

G_{ABS} = nilai gravitasi pengamatan

G_n = nilai gravitasi normal

FA_C = koreksi udara bebas

B_C = koreksi Bouguer

T_C = koreksi terrain

2.3.2 Anomali Percepatan Gravitasi

Setelah dilakukan konversi terhadap data percepatan gravitasi hasil pengukuran, maka akan diperoleh anomali percepatan gravitasi yaitu (Blakely, 1995: 143):

a) Anomali udara bebas (Δg_{fa}).

$$\Delta g_{fa} = g_{obs} - g_n + 0.03086h (+T_{dc}) \quad (2.5)$$

b) Anomali Bouguer (g_{bg})

1. Anomali Bouguer sederhana (Δg_{bgs})

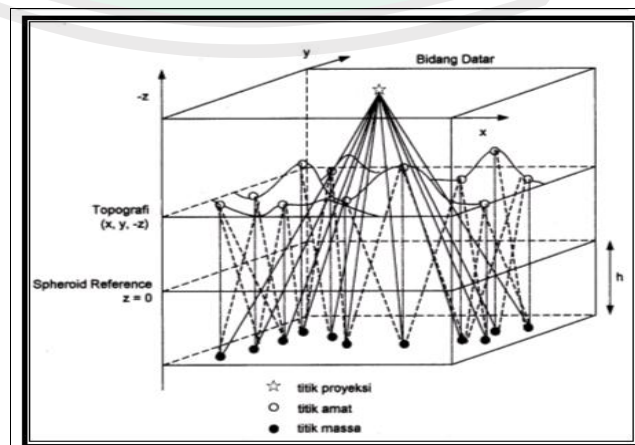
$$\Delta g_{bgs} = g_{ob} - g_n + 0.03086h - 0.04193\rho h (+T_{dc}) \quad (2.6)$$

2. Anomali Bouguer (Δg_{gbg})

$$\Delta g_{gbg} = g_{ob} - g_n + 0.03086h - 0.04193\rho h + T_c (+T_{dc}) \quad (2.7)$$

2.3.3 Reduksi Bidang datar

Reduksi ke bidang datar merupakan sebuah proses untuk membawa data gravitasi di topografi ke suatu bidang datar dengan ketinggian yang sama. Reduksi ke bidang datar bertujuan untuk memudahkan proses interpretasi dan pemodelan. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode titik massa Dampney. Metode Dampney membawa benda anomali gravitasi ke dalam suatu sumber ekuivalen titik massa sehingga dari bidang titik massa tersebut diperoleh data anomali gravitasi disuatu bidang datar dengan ketinggian yang sama (gambar 2.12). Sumber ekuivalen titik massa ini merupakan titik massa yang dipengaruhi oleh semua titik amat di topografi.



Gambar 2.12 Sumber ekuivalen titik massa (Setyawan, 2005)

Untuk mendapatkan nilai kedalaman sumber ekuivalen titik massa yang terbaik, beberapa tes telah dilakukan sehingga diperoleh kesimpulan bahwa selisih jarak antara sumber ekuivalen titik massa dan ketinggian bidang datar dari sferoida referensi minimal 2,5 kali jarak rata-rata antar stasiun pengukuran dan maksimal 6 kali jarak rata-rata antar stasiun pengukuran, atau dapat dituliskan:

$$2.5 \Delta x < (h - Z_i) < 6\Delta x \quad (2.8)$$

dengan Δx adalah jarak rata-rata antar stasiun pengukuran, h adalah bidang kedalaman ekuivalen titik massa, dan z_i adalah ketinggian rata-rata titik pengukuran. Anomali gravitasi di suatu titik yang disebabkan oleh sumber ekuivalen tersebut dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (Dampney, 1969):

$$\Delta g(x, y, z) = G \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{\rho(\alpha, \beta, h)(h-z) d\alpha d\beta}{[(x-\alpha)^2 + (y-\beta)^2 + (z-h)^2]^{3/2}} \quad (2.9)$$

dengan, $\Delta g(x, y, z)$ adalah nilai anomali gravitasi di topografi, $\rho(\alpha, \beta, h)$ adalah distribusi kontras densitas pada bidang titik massa ($z = h$), z adalah sumbu tegak yang menyatakan jarak dari topografi ke sferoida referensi dengan arah positif ke bawah, dan h adalah kedalaman sumber ekuivalen titik-titik massa dari sferoida referensi.

2.3.4 Pemisahan Metode Polinomial

Polinomial fitting atau sering disebut dengan metode kuadrat terkecil yang mengasumsikan bahwa permukaan polinomial dapat menggambarkan model bidang regional yang lebih halus yang ditentukan oleh orde Polinomial. Peta kontur anomali regional yang dihasilkan sudah cenderung

tetap dan tidak mengalami perubahan ketika orde yang diberikan semakin besar. Pada umumnya polinomial fitting mencakup bentuk konstan.

Persamaan polinomial yang digunakan bervariasi diantaranya polinomial ber-orde n , misalnya untuk pendekatan polinomial orde dua atau fungsi kuadrat dan fungsi kubik atau polinomial orde 3. Hubungan data yang dalam hal ini percepatan gravitasi dengan parameter model dapat dinyatakan pada persamaan berikut ini:

$$g_i = C_1 X_i^0 + C_2 X_i^1 + C_3 X_i^2 + \dots + C_n X_i^n \quad (2.10)$$

Dimana $i = 1, 2, 3, \dots$ dan n . karena umumnya data gravitasi diperoleh dalam anomali 2D atau memiliki 2 variabel bebas yakni X dan Y , maka persamaan dapat dimodifikasi menjadi:

$$g_i = C_1 X_i^0 Y_i^0 + C_2 X_i^1 Y_i^1 + C_3 X_i^2 Y_i^2 + \dots + C_n X_i^n Y_i^n \quad (2.11)$$

Pada umumnya persamaan polinomial yang sering digunakan pada polynomial dapat dijabarkan sebagai berikut:

- a. Polinomial orde 1 dalam x dan y

Persamaan polinomial orde 1 dapat dinyatakan dalam bentuk persamaan berikut ini:

$$g_i = c_1 + c_2 x_i + c_3 y_i \quad (2.12)$$

- b. Polinomial orde 2

Persamaan polinomial orde 2 atau fungsi kuadrat, dimana pangkat polinomial tertinggi yakni mempunyai orde dua.

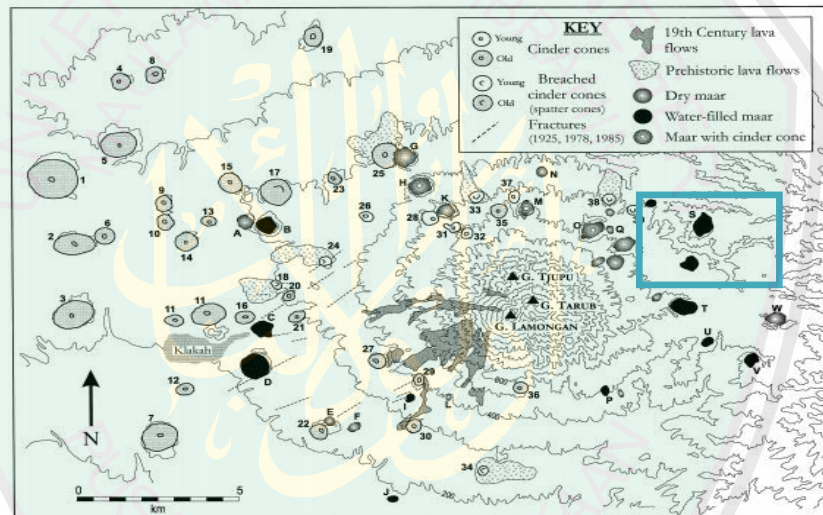
- c. Polinomial orde 3

Pada persamaan orde tiga atau fungsi kubik, jumlah pangkat yakni pangkat 3 dan jumlah konstanta ada 10.

Pada prinsipnya metode polinomial ini adalah mencari konstanta-konstanta $c_1, c_2, c_3, \dots, c_n$, kita dapat menulis persamaan polinomial tersebut dalam bentuk matriks.

2.4 Geologi Daerah Penelitian

2.4.1 Geografis Wilayah



keterangan: : daerah penelitian dengan $P = 5$ km dan $L = 4$ km
Gambar 2.13 Gunung Lamongan (Lembar Probolinggo)

Lokasi penelitian terletak di Desa Segaran, Kecamatan Tiris, Probolinggo, Jawa Timur, tepatnya di sisi lereng timur Gunung Lamongan dengan ketinggian berkisar 1651mdpl. Gunung Lamongan atau sering disebut kompleks Gunungapi Lamongan terletak di *Sunda arc* yang membentang sepanjang 3000km, diantara kompleks Gunungapi Bromo-Semeru dan Iyang-Argapura yang berumur Holosen dan masih aktif hingga saat ini. Secara geografis daerah penelitian terletak pada

koordinat $07^{\circ}58'00''$ – $07^{\circ}56'00''$ LS dan $113^{\circ}22'30''$ – $113^{\circ}25'00''$ BT. Ranu Segaran ini terletak kurang lebih berkisar 7 km dari Kabupaten Probolinggo.

2.4.2 Morfologi

Secara fisiografis Kabupaten Probolinggo pada bagian utara daerah pemetaan termasuk di dalam jalur Antiklinorium Kendeng dan bagian selatannya termasuk di dalam Lajur Rendahan Tengah (Van Bemmelen, 1949).

Sedangkan secara morfologi daerah ini dapat dibagi menjadi empat satuan, yaitu daratan alluvium, perbukitan bergelombang, pegunungan dan kipas gunungapi. Daratan alluvium mempunyai ketinggian kurang 50 m dari permukaan laut, tersebar dibagian utara dan tengah lembar. Pola aliran sungainya adalah sejajar dan meranting.

Perbukitan menggelombang dengan ketinggian antara 50-500m dari permukaan air laut terdapat dibagian utara dan tengah lembar. Daerah ini ditempati oleh batuan sedimen dan batuan gunungapi berumur Pliosen-Plistosen, terdiri dari formasi Leprak, Tuf Rabano, batuan Gunungapi Pandak dan batuan gunungapi Kuarterlainnya. Satuan ini berpola aliran sejajar dan meranting dengan timbulan agak kasar. Di bagian tengah lembar terdapat tonjolan bukit-bukit kecil, antara lain Gunung Kekap, Gunung Garu dan Gunung Duk. Bukit- bukit tersebut disusun oleh retas-retas andesit-basalt.

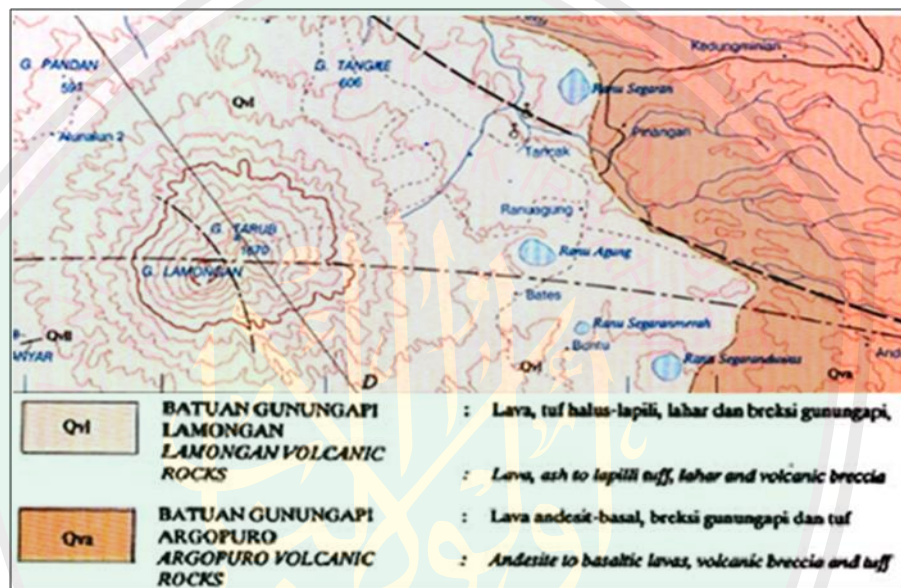
Pegunungan dengan ketinggian antara 300 m dan 2300 m dari permukaan laut, terutama terdapat di bagian selatan. Satuan ini ditempati oleh batuan

gunungapi Kuarter, dicirikan dengan timbunan yang kasar, lembah sungai yang curam dan berbentuk V.

Kipas gunungapi mempunyai ketinggian antara 50-1500 m dari permukaan laut, berbentuk kipas terbuka kearah timur-timurlaut, berpola aliran agak sejajar. Satuan ini disusun oleh batuan Gunungapi Tengger, yang menempati bagian barat lembar.

Gunung Lamongan, seperti dinyatakan oleh Kemmerling (1922) dan Noll (1967) dalam Carn (1999), telah ditetapkan sebagai daerah tempat berkembangnya gunungapi maar atau gunungapi dengan topografi negatif. Gunung Lamongan juga dikenal sebagai sebuah gunungapi yang memiliki karakteristik dikelilingi oleh banyak maar, baik maar kering (*dry maar*) maupun yang telah terisi air dan menjadi danau (*water-filled maar*). Gunung Lamongan, atau biasa disebut *Lamongan Volcanic Field (LVF)* memiliki sekitar 61 kerucut sinder dan 29 maar (Carn, 2000). Salah satu dari maar yang berada pada LVF ini adalah Ranu Segaran. Pembentukan gunungapi maar oleh Lorenz (1973) yang diperkirakan berhubungan dengan keadaan airtanah, litologi batuan dasar, dan pengaruh struktur rekahan. Gunungapi maar-diatreme merupakan tipe gunungapi terbanyak kedua yang muncul di permukaan bumi, umum ditemukan terletak di atas benua maupun kepulauan. Ranu Segaran dan danau kecil lain yang berada di sekitar Gunung Lamongan merupakan bukti adanya perkembangan maar yang mengindikasikan adanya aktivitas magmatik dan kontak magma dengan air.

2.4.3 Stratigrafi



Gambar 2.14 Geologi Gunung Lamongan (Lembar Probolinggo)

Berdasarkan peta geologi Kabupaten Probolinggo terdiri dari batuan sedimen, batuan gunungapi dan batuan trobsan. Pada daerah Ranu Segaran ini memiliki singkapan formasi gunungapi kuartar dari sumber Gunungapi Lamongan (Qv1) dan gunungapi Argopuro (Qva). Keduanya terdiri dari lava andesit – basalt, breksi gunungapi dan tuf pada batuan Gunungapi Argopuro, sedang pada Gunungapi Lamongan terdiri dari tuf, lahar, breksi gunungapi dan lava.

Lava andesit – basalt berwarna kelabu sampai kehitaman, porfiritik dengan fenokris plagioklas dan piroksen. Umumnya terkekarkan, setempat berstruktur melebar.

Breksi gunungapi berwarna kelabu – kuning kecoklatan kompak, berukuran butir 3 sampai 25 cm, membundar tanggung dengan masadasar tuf.

Tuf berwarna kelabu – kuning kecoklatan, agak padu, banyak batu apung, mineral terang dan kaca gunungapi sebagai sisipan dalam breksi. Dimana umumnya diperkirakan Plistosen akhir.

Lava berwarna coklat – kelabu kehitaman, berstruktur alir, porfiritik dengan fenokris plagioklas, piroksen dan mineral mafik yang tertanam dalam masadasar mikolit plagioklas dan kaca gunungapi bersusunan andesit – balastik. Lava ini keluar melalui kerucut – kerucut parasit pada lereng atau kaki Gunung Lamongan, dan membentuk tebing kawah. Di beberapa tempat terbentuk maar, dengan tebing curam hingga landai, dimana maar tersebut ada yang berisi air ada juga yang kering. Maar – maar inilah yang menjadi ciri khusus pada Gunung Lamongan.

Lahar berkomponen andesit, basalt, batu apung dan obsidian. Berstruktur aliran dan membentuk gumuk pada lereng Gunungapi Lamongan.

2.4.4 Struktur

Struktur yang dijumpai di daerah Kabupaten Probolinggo ini adalah sesar normal. Sesar normal tepatnya berada di sebelah barat Danau Segaran dan juga melintang di daerah sungai yang juga tidak jauh dari Danau Segaran. Sesar tersebut terjadi akibat konvergen dari hasil letusan material dari Gunung Lamongan dengan Gunung Argopuro. Sesar tersebut juga memotong batuan berumur Pliosen – Holosen. Juga redapat kekar yang berkembang pada semua batuan dengan arah tidak teratur.

Dari hasil penafsiran potret udara terlihat adanya beberapa kelurusan yang menunjukkan arah barat laut – teggara dan utara – selatan. Dari analisis citra Landsat secara digital, di daerah ini terdapat truktur graben, maar dan kelurusan melingkar.

Sejarah perkembangan dan pengendapan tektonika di daerah ini mulai pada Pliosen,yaitu dengan diendapkannya Formasi Leprak pada lingkungan laut dangkal atau gisik. Kegiatan tektonika meningkat pada Plio – Plistosen, menyebabkan terjadinya pengangkatan dan memicu terjadinya kegiatan gunungapi yang dicirikan oleh terbentuknya batuan gunungapi Pandak dan trobosan mikrograbo dan andesit – basalt.

Menjelang akhir Plistosen kegiatan gunungapi lebih meningkat lagi, ditunjukkan oleh terbentuknya runtunan batuan Tuf Rabano, batuan Gunungapi Tengger, batuan Gunungapi Argopuro dan batuan Gunungapi Lamongan. Pada saat yang sama terbentuk pula batu gamping koral.

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Desember 2014–selesai. Tempat penelitian terletak di Ranu Segaran, Kecamatan Tiris, Kabupaten Probolinggo. Pengolahan data bertempat di Laboratorium Geofisika Jurusan Fisika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang.



Ket: = Ranu Segaran

Gambar 3.1 Lokasi Penelitian

3.2 Pendekatan Penelitian

Dalam penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif, dimana data-data diolah kemudian dijelaskan secara deskriptif.

3.3 Jenis Data

Dalam penelitian ini, penulis menggunakan data yang diperoleh dari ESDM yang diteliti berupa data sekunder, yaitu data yang diperoleh dari pihak lain yang diolah lebih lanjut.

3.4 Alat Penelitian

1. Data Lintang, bujur, anomali Bouguer dan elevasi
2. Komputer dan seperangkat Software (Surfer 11, Matlab 2010, Excel, Grav2DC V 2.1).
3. Peta Geologi
4. Peta Topografi
5. Alat Tulis

3.5 Pengolahan Data

Pada tahap pengolahan data sering disebut dengan reduksi data gravitasi, secara umum pengolahan data gravitasi dapat dibagi menjadi dua tahapan yaitu tahap awal dan tahap lanjutan. Tahap awal meliputi seluruh proses mulai dari pembacaan nilai gravitasi sampai didapatkan nilai anomali Bouguer di setiap titik amat. Proses tersebut meliputi, konversi pembacaan gravitimeter ke milligal, koreksi apungan (*drift correction*), koreksi tidal (*tide correction*), koreksi lintang (*latitude correction*), koreksi udara bebas (*free air Correction*), koreksi Bouguer (*Bouguer correction*) dan koreksi medan (*terrain correction*). Dalam pelaksanaannya mulai dari konversi data sampai semua koreksi dapat dilakukan dengan bantuan perangkat lunak Microsoft office Excel. Sedangkan tahap

selanjutnya adalah reduksi ke bidang datar, dilanjutkan dengan pemisah anomali regional dan lokal dengan metode polinomial fitting selanjutnya pengkonturan dan pemodelan data anomali Bouguer berdasarkan nilai densitas yang sudah diketahui dengan menggunakan tabel 2.1

3.5.1 Konversi Harga Bacaan Gravimeter

Untuk memperoleh nilai anomali Bouguer dari setiap titik amat, maka dilakukan konversi pembacaan gravimeter menjadi nilai gravitasi dalam satuan milligal. Untuk melakukan konversi memerlukan tabel konversi dari gravimeter, pada setiap gravimeter sudah dilengkapi dengan tabel konversi.

Cara melakukan konversi adalah sebagai berikut:

- 1) Misal hasil pembacaan gravimeter G-1053 adalah 1685,66. Nilai ini diambil nilai bulat sampai ratusan yaitu 1600. Dalam tabel konversi (Tabel 3.1) nilai 1600 sama dengan 1622,50 mGal, dengan Faktor interval 1,01409.
- 2) Sisa dari hasil pembacaan yang belum dihitung yaitu 85,66
- 3) Kedua perhitungan di atas dijumlahkan, hasilnya adalah: $1622,50 + (85,66 \times 1,01409) = 1709,36188$ mGal.

Tabel 3.1 Kutipan contoh tabel konversi gravimeter tipe G-1053

COUNTER READING	VALUE IN MILLIGALS	FACTOR FOR INTERVAL
1500	1521,10	1,01404
1600	1622,50	1,01409
1700	1723,91	1,01409

3.5.2 Koreksi Pasang Surut (Tide Correction)

Pada proses akuisisi data, tidak dilakukan pengukuran terhadap variasi harian akibat pasang surut di base, sehingga untuk menghitung besarnya pasang

surut dilakukan menggunakan software Tide. Dalam software tersebut data yang dimasukkan secara berurutan berupa data bujur, lintang, tinggi (h), jam, menit, tanggal, bulan, dan tahun. Hasil dari input tersebut berupa data pasang surut.

3.5.3 Koreksi Apungan (Drift Correction)

Pada akuisisi pengukuran dimulai di base dan diakhiri di base, sehingga besarnya koreksi apungan dapat dihitung dengan asumsi bahwa besarnya penyimpangan berbanding lurus terhadap waktu. Koreksi drift disebabkan oleh guncangan alat saat dibawa. Sebelum dilakukan perhitungan, nilai waktu, lintang, dan bujur harus dikonversi terlebih dahulu. Waktu dikonversi dalam bentuk detik, sedangkan bujur dan lintang dikonversi menjadi derajat.

3.5.4 Medan Gravitasi Terkoreksi

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

3.5.5 Different in Reading (Δg)

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

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

3.5.6 Medan Gravitasi Observasi

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

$$g_{obs} = g_{abs\ BS} + g_{drif}$$

g absolute base station pada penelitian ini adalah 978181.0965 mGal.

3.5.7 Medan Gravitasi Teoritis (Koreksi Lintang/ Gravitasi Normal)

Koreksi gravitasi normal digunakan untuk menghilangkan nilai gravitasi Bumi yang dominan. Formula tertutup terbaru WGS adalah *World Geodetic System* 1984 (WGS. 1984), yaitu:

$$g_n(x, y, 0) = 978032,7 \frac{1 + 0.00193185265241 \sin^2 \varnothing}{\sqrt{1 - 0.00669437999014 \sin^2 \varnothing}} \text{ mGal} \quad (3.1)$$

dengan $g_n(x, y, 0)$ adalah nilai medan gravitasi teoritis di referensi sferoida dan \varnothing adalah posisi lintang titik pengukuran.

3.5.8 Koreksi Udara Bebas (Free Air Correction)

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

$$FAC = 0,3086 \times h \quad (3.2)$$

dimana,

FAC = free air correction (mGal/m)

h = ketinggian titik ukur (m)

3.5.9 Koreksi Bouguer

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

$$BC = 2\pi G \rho h$$

Karena , $2\pi G = 0,04191$ maka (Sunaryo, 1997: 12),

$$BC = 0.04191\rho h \quad (3.3)$$

dimana,

BC : Bouguer Correction (mGal/m)

G : Konstanta Gravitasi ($6,67 \times 10^{-11} \text{m}^3 / \text{kg.s}^2$)

ρ : Rapat massa batuan rata-rata ($2,67 \text{ gr/cm}^3$)

h : Ketinggian (m)

3.5.10 Koreksi Medan (Terrain Correction)

Koreksi terrain diakibatkan oleh adanya efek dari massa di sekitar titik pengukuran, seperti gunung, lembah, bukit, dan lain sebagainya.

3.5.11 Anomali Bouguer Lengkap

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

$$ABL = Gobs - Gn + FAC - BC + TC \quad (3.4)$$

dimana,

ABL = Anomali bouguer lengkap

Gobs = Nilai gravitasi obeservasi

Gn = Nilai gravitasi koreksi lintang (gravitasi normal)

FAC = Free air correction (koreksi udara bebas)

BC = Bouguer correction (koreksi Bouguer)

TC = Terrain correction (koreksi topografi)

Kemudian nilai anomali tersebut dikonturkan dengan menggunakan software Surfer 11.

3.5.12 Reduksi Bidang Datar

Proses pengangkatan ke bidang datar perlu dilakukan karena nilai anomali Bouguer yang sudah terkoreksi merupakan nilai yang masih terpapar pada topografi, yaitu terletak pada titik-titik yang tidak teratur dengan ketinggian yang bervariasi. Reduksi bidang datar dilakukan dengan membawa data pada topografi ke tengah-tengah bidang topografi, reduksi ini bisa dilakukan dengan bantuan software Matlab dengan metode Taylor atau metode Dampney. Pada penelitian ini reduksi ke bidang datar dilakukan dengan menggunakan metode Dampney yang telah di tulis dalam bentuk algoritma, kemudian algoritma tersebut di jalankan di Software MatLab 2010.

3.5.13 Polinomial Fitting

Anomali Bouguer merupakan penjumlahan dari anomali regional dan anomali residual. Anomali regional konturnya bersifat lebih smooth dan biasanya disebabkan oleh batuan-batuan yang dalam. Sedangkan anomali lokal konturnya bersifat kasar dan disebabkan oleh batuan-batuan yang dangkal. Kedua anomali tersebut saling berinteraksi dan menimbulkan anomali yang tumpang tindih. Oleh sebab itu, anomali-anomali tersebut harus saling dipisahkan. Sehingga diperlukan suatu metode pemisahan anomali regional

dengan anomali residual yang cukup baik, agar didapatkan anomali residual yang akurat untuk pemodelan geologi bawah permukaan bumi.

Nilai anomali lokal yang telah diolah, kemudian dilakukan penggambaran kontur dengan menggunakan program Surfer 11. Dari kontur anomali lokal, kemudian dilakukan pemodelan yang dibuat sepanjang lintasan tertentu.

Dalam melakukan penarikan garis penampang perlu diperhatikan bentuk dari konturnya atau pola anomalnya. Bentuk yang dipertimbangkan adalah berupa tinggian atau rendahan anomali, kerapatan kontur sehingga dapat diperkirakan pola struktur geologi bawah permukaan yang berupa suatu patahan, suatu intrusi atau berupa lipatan (*antiklin atau sinklin*). Dalam penentuan garis penampang harus berarah tegak lurus terhadap garis kontur, sehingga dapat diperkirakan pola struktur geologi dengan baik.

3.5.14 Pemodelan Geologi

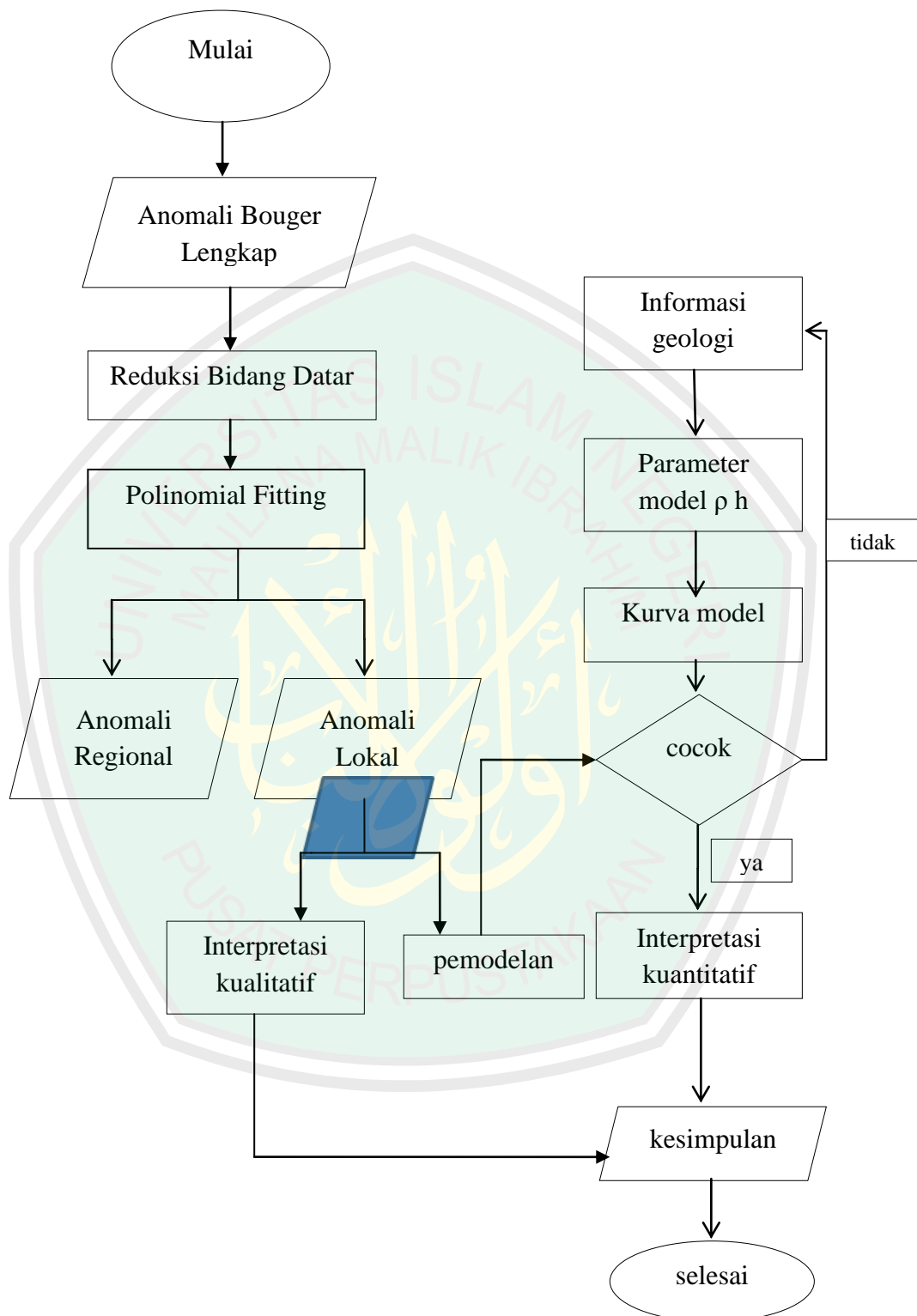
Pada tahap pemodelan, setelah dilakukan penarikan penampang selanjutnya dilakukan proses digitize dan slice menggunakan program surfer 11. Sampai diperoleh data berupa nilai anomali dan jarak lintasan pada penampang yang telah dibuat, yang merupakan data masukan untuk program GRAV2DC sebagai suatu penampang melintang anomali. Setelah model anomali tergambar, maka dapat dilakukan pemodelan struktur bawah permukaan dengan memasukkan nilai kontras densitas batuan, ketebalan lapisan batuan tertentu seperti yang terbaca pada peta geologi.

3.5.15 Interpretasi Data

Pada prinsipnya interpretasi dapat dilakukan secara kualitatif dan kuantitatif. Interpretasi kualitatif dilakukan dengan cara membaca pola anomali gravitasi yang kemudian dihubungkan dengan tatanan geologinya dan data geologi lainnya. Sedangkan interpretasi kuantitatif dapat dilakukan dengan menganalisa penampang pola anomali sepanjang lintasan tertentu yang telah ditentukan.

Pada tahap interpretasi parameter benda yang diestimasi adalah posisi, dimensi, kontras rapat massa dengan sekitar, besar benda, dan lain-lain. Karena sifat ketidakunikan data gravitasi artinya benda dengan bentuk yang berlainan dapat menerangkan data yang sama, maka banyak dikembangkan berbagai metode untuk mendapatkan hasil yang optimum. Disamping itu juga diperlukan kontrol-kontrol lain misalnya data geologi, data metode geofisika yang lain. Interpretasi data dilakukan dengan melihat peta sebaran anomali Bouguer dan anomali lokal. Interpretasi pola anomali Bouguer dan anomali lokal didasarkan data geologi daerah yang bersangkutan sehingga diperoleh gambaran benda bawah permukaan penyebab anomali struktur bawah permukaan di daerah penelitian.

Namun karena penelitian ini menggunakan data sekunder jadi koreksi 3.5.1 sampai dengan koreksi 3.5.11 telah dilakukan oleh pihak instansi, jadi penulis melanjutkan koreksi setelah benbentuk anomali Bouguer. Alur penelitian selengkapny akan disajikan dalam diagram alir berikut ini:



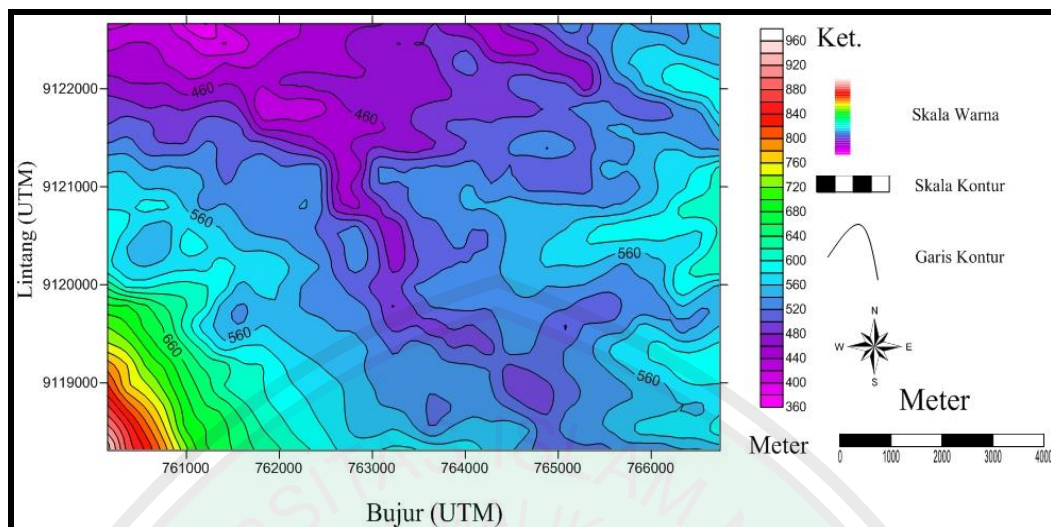
BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Secara teoritis, pengukuran nilai gaya gravitasi dilakukan untuk mengetahui besar gaya gravitasi untuk tiap – tiap titik pengamatan. Metode gravitasi ini merupakan usaha untuk dalam menggambarkan bentuk struktur geologi bawah permukaan berdasarkan variasi medan gravitasi yang ditampilkan oleh perbedaan densitas antar batuan. Variasi densitas ini, dapat digunakan untuk menginterpretasi struktur geologi bawah permukaan suatu lapangan. Sehingga dapat diketahui litologi penyusun lapangan pengamatan. Metode ini sering dan cukup baik digunakan pada tahapan eksplorasi pendahuluan guna menentukan daerah spesifik yang selanjutnya akan disurvei dengan menggunakan metode-metode geofisika yang lebih detail.

4.1 Area Penelitian

Area penelitian berada di Desa Segaran, Kecamatan Tiris, Kabupaten Probolinggo tepatnya di Ranu Segaran. Dalam penelitian ini, data yang digunakan terdiri dari 762 titik pengamatan yang dibatasi oleh koordinat $7^{\circ}58'00''$ – $7^{\circ}56'30''$ LS dan $113^{\circ}23'00''$ – $113^{\circ}24'00''$ BT, yang memiliki ketinggian bervariasi seperti yang dikonturkan pada gambar di bawah ini.



Gambar 4.1 Kontur Topografi

Berdasarkan gambar 4.1 di atas persebaran topografi pada daerah penelitian dengan ketinggian berkisar antara 360m – 960m, dari data ketinggian terlihat bahwa ketinggian maksimal hampir seluruh daerah penelitian yang merupakan daerah lereng Gunung Tarub dan ketinggian minimal ditunjukkan dengan warna biru sampai ungu di interpretasikan sebagai daerah pemukiman yang berada sedikit kearah barat laut dari Ranu Segaran sedangkan ketinggian maksimal berada di interpretasikan sebagai kaki Gunung Tarub yang ditunjukkan warna merah sampai kuning.

4.2 Pengolahan Data

Data penelitian diperoleh dari ESDM, berupa data Anomali Bouguer Lengkap dan topografi yang sebelumnya telah dilakukan beberapa koreksi. Sehingga dalam penelitian ini langsung pada tahap lanjutan yakni reduksi ke bidang datar, kemudian pemisah anomali regional dan lokal dengan polinomial fitting selanjutnya pengkonturan dan pemodelan data anomali Bouguer berdasarkan nilai densitas yang sudah diketahui dengan menggunakan tabel 2.1

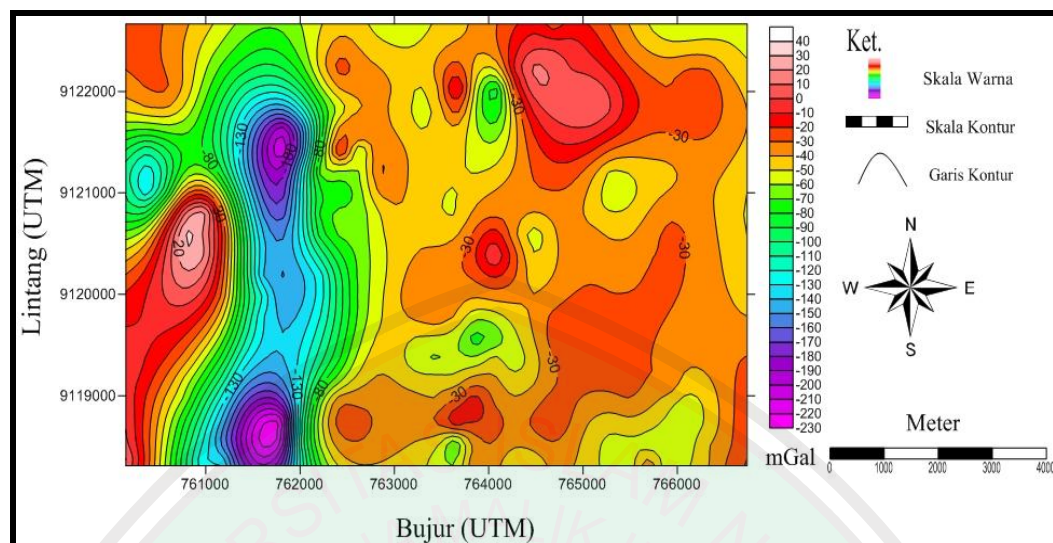
4.3 Interpretasi Kualitatif

Interpretasi kualitatif merupakan suatu bentuk penafsiran terhadap suatu anomali yang dilakukan dengan cara membaca pola anomali gravitasi yang kemudian dihubungkan dengan tatanan geologi daerah setempat dan data-data kebumihan lainnya. Sehingga secara umum dapat memberikan gambaran struktur geologi bawah permukaan daerah penelitian. Gambaran umum yang dihasilkan dari penafsiran ini hanya berupa pola-pola atau bentuk-bentuk struktur geologi tertentu saja, belum menyangkut ukuran/besaran geologi.

4.3.1 Anomali Bouguer Lengkap

Anomali Bouguer lengkap (ABL) merupakan data yang digunakan sebagai acuan dalam interpretasi data gravitasi baik secara kualitatif maupun kuantitatif. Nilai anomali ini merupakan hasil dari reduksi topografi dalam hal ini koreksi medan terhadap gravitasi udara bebas, dalam perhitungannya nilai anomali bouguer dipengaruhi oleh nilai gravitasi observasi, nilai gravitasi normal, koreksi udara bebas, koreksi terrain dan koreksi bouguer. Besar anomali lengkap dapat dihitung secara teoritis.

Anomali Bouguer lengkap yang didapatkan merefleksikan adanya variasi densitas dalam kerak. Nilai anomali bouguer yang didapat berkisar antara -230 mGal sampai 40 mGal dimana tepat pada Ranu Segaran nilai anomalnya lumayan tinggi yang ditunjukkan warna merah tersebut kemudian dikonturkan dengan menggunakan surfer 11 seperti pada gambar 4.2 di bawah ini.



Gambar 4.2 Kontur Anomali Bouguer Lengkap

Secara kualitatif dapat ditafsirkan bahwa pola kontur anomali bouguer dapat dibedakan menjadi tiga pola. Pola pertama adalah pola tinggian dengan rentang nilai anomali 40 mGal sampai dengan -30 mGal. Pola kedua adalah pola sedang dengan rentang nilai anomali -40 mGal sampai dengan -100 mGal. Pola ketiga adalah pola rendah dengan rentang nilai anomali -110 mGal sampai dengan -230 mGal. Nilai anomali tinggian tersebut diperkirakan berasal dari batuan yang memiliki densitas yang tinggi. Karena daerah penelitian merupakan bagian struktur antiklin dan sinklin yang berupa pegunungan, gunung dan maar.

Pada Peta Geologi Lembar Probolinggo daerah penelitian berada pada daerah batuan Gunungapi Lamongan (Qv1) yang didominasi oleh lava, pasir, tuf lahar dan breksi gunungapi. Pola anomali tinggi ini menyebar pada bagian tengah daerah penelitian yaitu Ranu Segaran dan juga kearah timur. Sedangkan nilai anomali rendah atau disebabkan oleh struktur batuan yang lebih turun dibandingkan dengan batuan disekitarnya. Pola anomali rendah ini terdapat dan

menyebar pada daerah sebelah barat dari Ranu Segaran dimana daerah ini merupakan daerah Sungai Plaken .

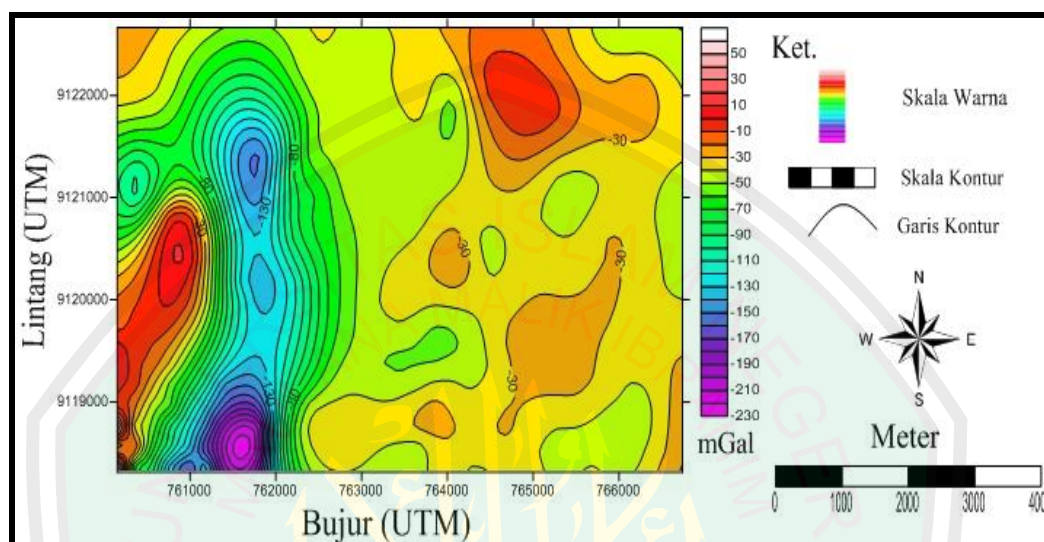
Pada arah timur dan barat penelitian terdapat pola klosur yang cukup tinggi namun daerah timur lebih mendominasi, yaitu pada arah barat berkisar antara 40 mGal sampai dengan -20 mGal. Pada arah timur berkisar antara -30 mGal sampai dengan -40 mGal. Nilai anomali yang tinggi tersebut diduga karena pengaruh batuan yang memiliki kontras densitas yang cukup tinggi. Pola yang tinggi ini diduga kuat sangat berkaitan langsung dengan batuan intrusif magma di bawah permukaan. Pada daerah barat daya penelitian terdapat suatu klosur yang memiliki nilai anomali yang cukup rendah yaitu -140 mGal sampai dengan -230 mGal. Nilai anomali yang rendah tersebut diduga disebabkan oleh adanya batuan yang memiliki densitas lebih kecil dibandingkan batuan sekitarnya.

Untuk mendapatkan informasi geologi dari daerah penelitian perlu dilakukan pengolahan lanjutan dari data anomali bouguer lengkap yang diperoleh, yaitu reduksi bidang datar serta proses pemisahan anomali regional dan lokal dengan melakukan polinomial fitting pada data yang telah direduksi pada bidang datar.

4.3.1.1 Reduksi Bidang Datar

Anomali Bouguer lengkap yang dihasilkan setelah berbagai koreksi masih berupa anomali yang memiliki ketinggian topografi bervariasi, sehingga masih ada distorsi nilai yang diakibatkan oleh efek ketinggian tersebut, untuk itu anomali ini perlu dibawa ke suatu bidang datar dengan ketinggian yang sama. Proses pengangkatan tersebut merupakan proses reduksi ke bidang datar.

Dalam penelitian kali ini menggunakan konsep Dampney. Perhitungan pada proses ini dilakukan dengan menggunakan program matlab 2010. Selanjutnya data dari hasil program tersebut diplot dan dikonturkan dengan menggunakan surfer 11.

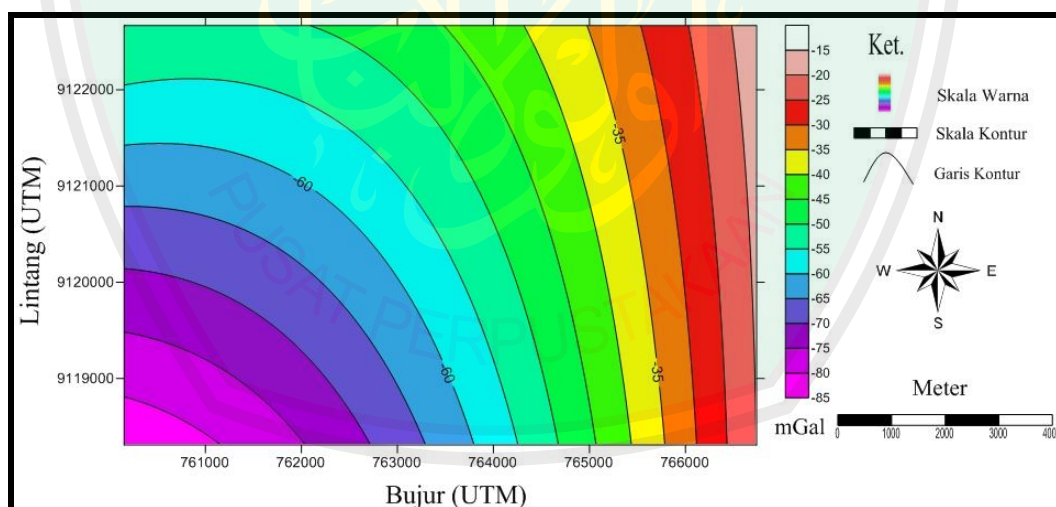


Gambar 4.3 Kontur Anomali Bouguer Lengkap di Bidang Datar.

Gambar di atas merupakan hasil dari reduksi ke bidang datar pada ketinggian rata-rata di topografi yaitu 450 mdpl dan dengan kedalaman sumber ekuivalen 93 mdpl. Hasil perhitungan nilai ABL di bidang datar didapatkan nilai anomali berkisar 50 mGal sampai dengan -230 mGal dengan persebaran anomali tinggi dan rendah yang hampir sama dengan persebaran anomali Bouguer lengkap di topografi, yang ditunjukkan pada gambar (4.2). Dari data ABL di bidang datar sudah merepresentasikan persebaran massa jenis batuan bawah permukaan namun dalam data ini masih terdapat anomali regional. Sehingga masih perlu dipisahkan antara anomali regional dan residualnya untuk dilakukan pemrosesan lebih lanjut.

4.3.1.2 Polinomial Fitting

Proses pemisahan anomali regional dan residual dilakukan untuk memisahkan sumber anomali dangkal dan anomali dalam, dimana dalam proses pemisahan anomali tersebut menggunakan polinomial fitting orde dua dimana polinomial orde dua merupakan polinomial dengan fungsi kuadratik, atau pangkat polinomial tertinggi yakni mempunyai orde dua. Dalam proses polinomial ini, didapatkan anomali regional sehingga dari anomali regional tersebut dapat dicari anomali residualnya dengan cara mengurangkan anomali Bouguer dengan anomali regional. Anomali regional yang didapatkan diidentifikasi sebagai sumber anomali dalam sedangkan sisanya atau anomali residual diidentifikasi sebagai sumber penyebab anomali dangkal.

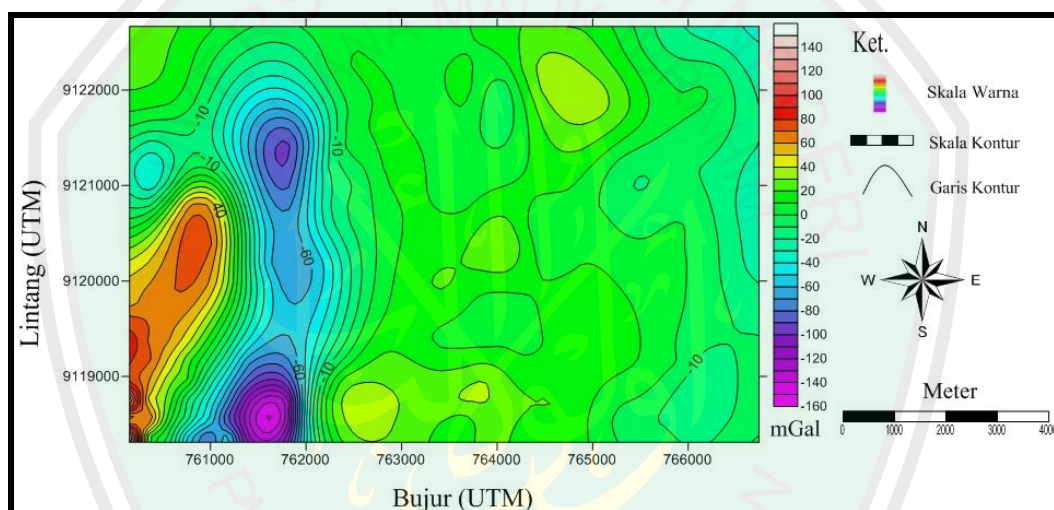


Gambar 4.4 Kontur Anomali Regional Hasil Polinomial Fitting

Pola persebaran dari anomali regional yang didapatkan ditunjukkan pada gambar (4.4). Didapatkan untuk nilai anomali regionalnya -15 mGal sampai dengan -85 mGal.

Peta kontur anomali regional di atas menunjukkan adanya penyebaran nilai anomali rendah, sedang dan tinggi. Nilai anomali rendah terdapat pada

bagian barat daerah penelitian dengan nilai sekitar -65 mGal sampai dengan -85 mGal. Anomali rendah ini mungkin disebabkan oleh karena struktur batuan muda yang relatif turun. Kemudian nilai anomali sedang berada pada bagian tengah daerah penelitian dengan nilai sekitar -35 mGal sampai dengan -60 mGal. Sementara nilai anomali tinggi terdapat pada bagian timur daerah penelitian dengan nilai sekitar -65 mGal sampai dengan -85 mGal. Anomali tinggi ini mungkin disebabkan oleh karena struktur batuan tua yang relatif naik.



Gambar 4.5 Kontur Anomali Lokal Hasil Polinomial Fitting

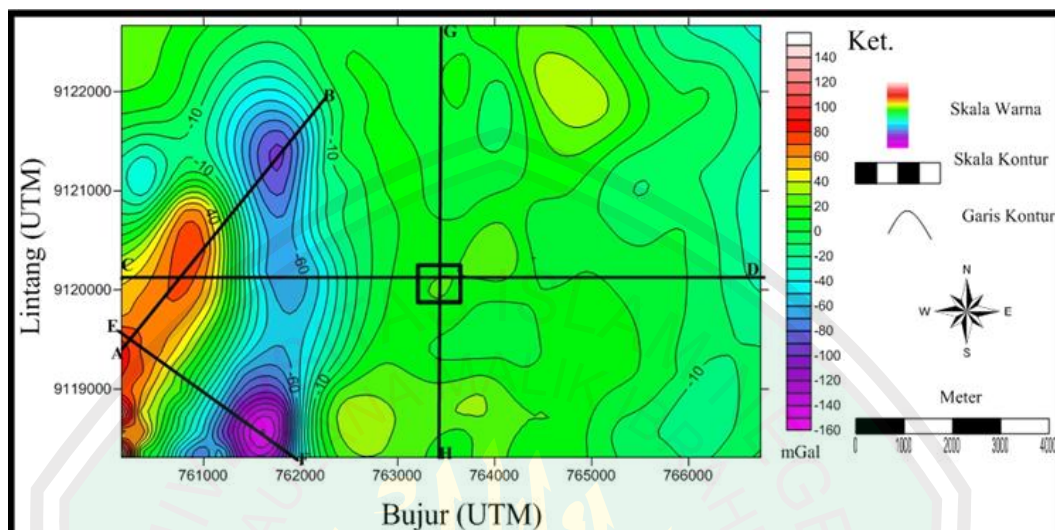
Berdasarkan peta pada Gambar 4.5 di atas nilai anomali bouger lengkap lokal didapat 140 mGal sampai dengan -160 mGal. Dari gambar tersebut terlihat bahwa anomali rendah terdapat pada sebagian daerah barat dan sebagian selatan, untuk anomali sedang mendominasi pada daerah penelitian, yaitu terdapat pada bagian tengah sampai timur daerah penelitian, sedang yang anomali tinggi terdapat pada daerah bagian paling barat. Peta kontur anomali lokal ini terlihat adanya anomali dengan nilai positif dan negatif. Anomali dengan nilai positif dan negatif tersebut disebabkan oleh karena beberapa hal yaitu densitas batuan, posisi dan besar bodi batuan yang menghasilkan anomali.

Anomali rendah pada bagian barat daerah penelitian dengan nilai berkisar antara -160 mGal sampai -60 mGal diduga merupakan suatu struktur batuan yang lebih dalam. Batuan pengisi struktur ini diduga memiliki densitas yang rendah dibandingkan batuan di sekitarnya. Sementara anomali tinggi pada bagian sebelah baratnya daerah yang beranomali rendah tadi memiliki nilai berkisar antara 80 mGal sampai dengan 120 mGal diduga berasal dari struktur batuan yang naik pada daerah penelitian. Batuan pada daerah tersebut diduga memiliki densitas yang tinggi dibandingkan batuan di sekitarnya. Daerah tengah menuju timur memiliki anomali yang sedang yakni berkisar antara -40 mGal samapai dengan 60 mGal. Berdasarkan peta geologi, batuan pada bagian timur daerah penelitian merupakan batuan berumur plastosen. Anomali bouguer lengkap lokal kemudian di iris untuk kemudian diinterpretasi secara kuantitatif mengenai struktur bawah permukaan.

4.4 Interpretasi Kuantitatif

Setelah anomali regional dan lokal dipisahkan, maka kita akan memperoleh anomali Bouguer lengkap lokal yang kemudian diinterpretasi. Interpretasi dilakukan dengan menganalisa dan mengiris anomali lokal tersebut, proses ini dinamakan dengan interpretasi kuantitatif. Interpretasi kuantitatif dilakukan dengan menganalisis penampang pola anomali sepanjang lintasan tertentu yang telah ditentukan. Dalam penelitian ini dibuat tiga penampang atau sayatan anomali yaitu penampang AB, CD, EF dan GH pada kontur anomali lokal. Interpretasi kuantitatif dilakukan berdasarkan hasil penafsiran kualiatatif

sehingga dapat menentukan bagian – bagian penampang anomali yang menarik untuk ditafsirkan struktur geologi bawah permukaannya.



Ket:  = Ranu Segaran

Gambar 4.6 Penampang AB, CD, EF dan GH pada Kontur Anomali Lokal

Dalam interpretasi kuantitatif ini terdapat ambiguitas karena beragam model yang dapat dihasilkan, disebabkan oleh adanya parameter rapat massa, geometri dan kedalaman tidak pasti sehingga menyebabkan tingkat akurasi pemodelan tidak begitu tinggi. Oleh karena itu diperlukan data pendukung berupa data geologi daerah penelitian, data rapat massa batuan, bila perlu sampai data bor serta data geofisika lainnya. Interpretasi geologi secara kuantitatif dilakukan berdasarkan pemodelan sepanjang penampang anomali tertentu, sehingga dapat ditafsirkan geometri dari benda-benda geologi bawah permukaan yang menjadi penyebab timbulnya anomali.

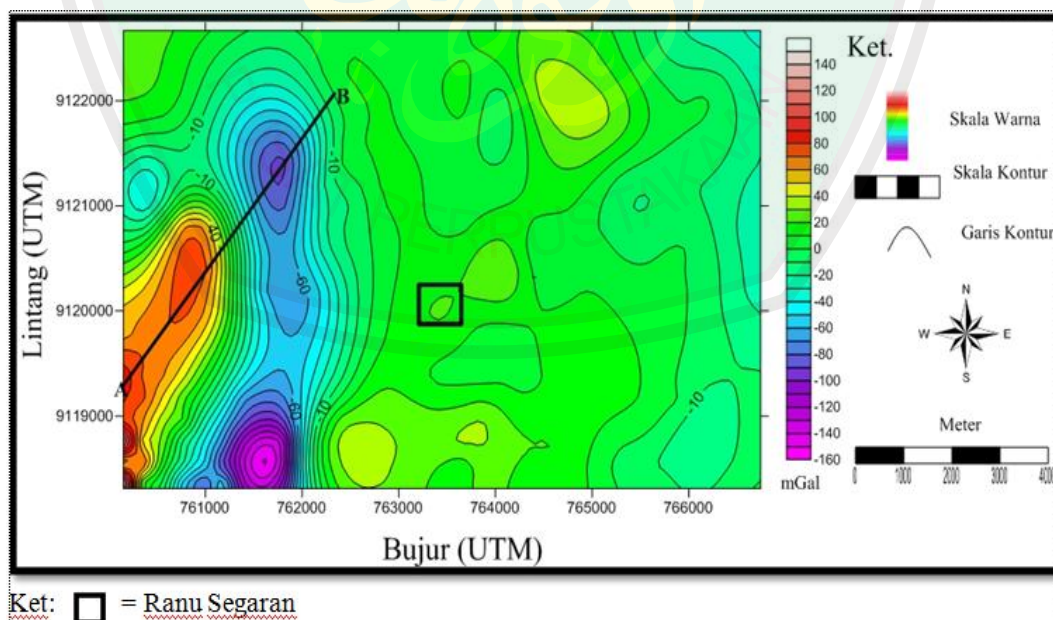
Interpretasi kuantitatif ini dilakukan dengan menafsirkan pola anomali untuk menentukan struktur bawah permukaan dilakukan dengan melalui tahap pemodelan. Pemodelan geologi dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak *Grav2DC for windows* yang dapat dipakai untuk memodelkan data gaya gravitasi.

Data masukan berupa nilai jarak lintasan (dalam meter) dan nilai anomalnya, bentuk model tersebut tergambar sebagai anomali amatan (anomali yang diamati) sedangkan penampang hasil pemodelan geologi digambarkan sebagai anomali hitungan (anomali yang dihitung).

Pada tahap pemodelan ini dilakukan dengan metode *trial* dan *error* yaitu terus mencoba pendekatan geologi yang mungkin untuk struktur bawah permukaan sehingga dalam pengerjaannya harus diiterasi sampai diperoleh nilai ralat (*error*) yang sangat kecil.

4.4.1 Penampang Melintang Lintasan AB

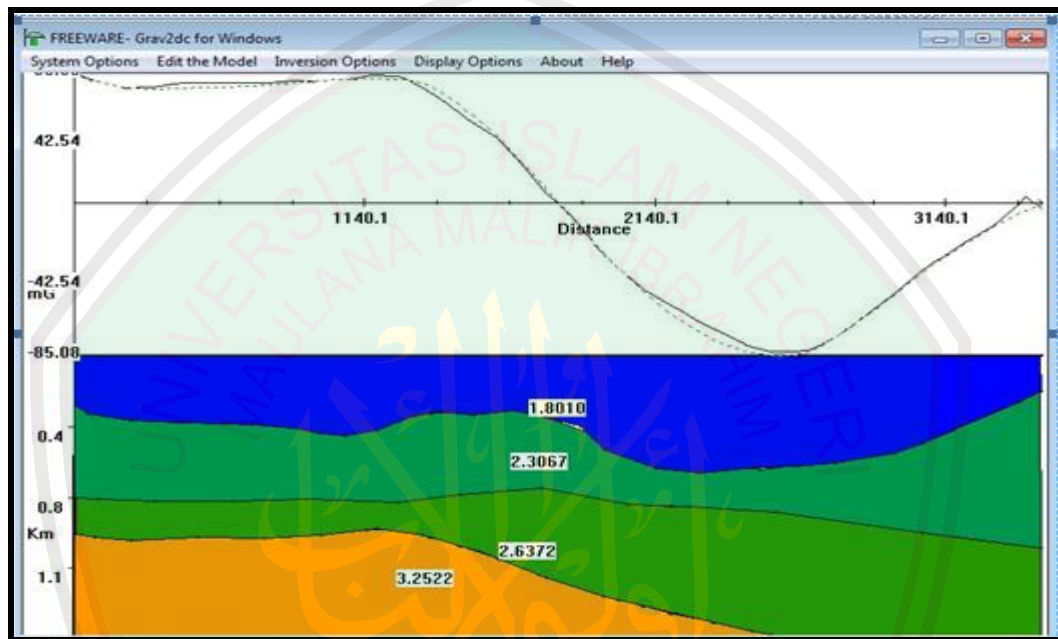
Penampang anomali Bouguer lokal lintasan AB diambil berdasarkan hasil penafsiran kualitatif pola kontur anomali. Lokasi penampang anomali Bouguer AB dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 4.7 Lintasan Anomali Lokal AB

Gambar 4.7 di atas merupakan lintasan penampang AB pada gambar peta kontur anomali lokal. Hasil pemodelan penampang AB ini dapat dilihat pada

gambar 4.8 Kedalaman maksimum model struktur bawah permukaan menggunakan Grav2dc 1500 m dengan panjang lintasan ± 3100 m dari barat daya ke arah timur laut daerah penelitian dengan hasil anomali antara -92 mGal sampai dengan 84 mGal.



Gambar 4.8 Model Sayatan AB

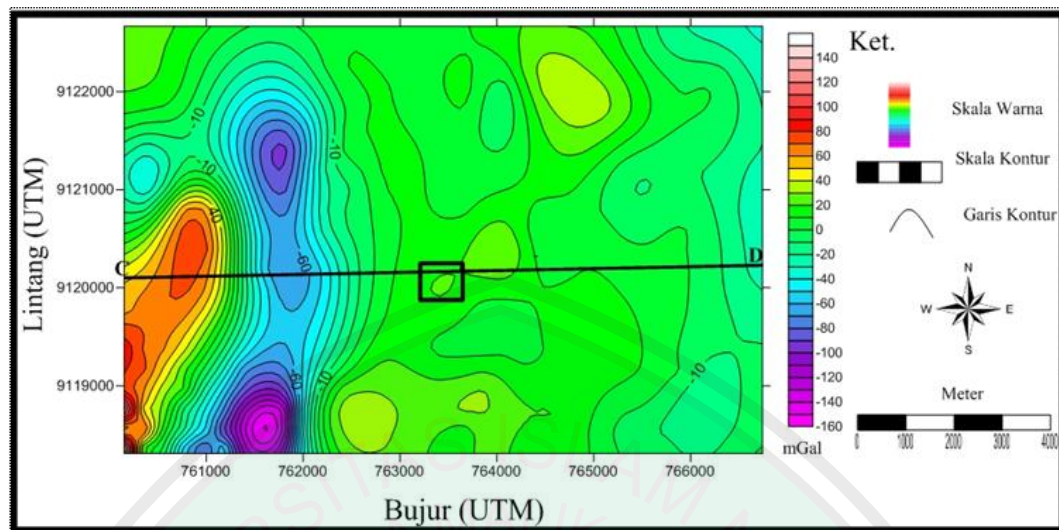
Gambar di atas merupakan model penampang anomali lokal AB. Penampang anomali AB ini memotong pola klosur anomali yang tinggi dan rendah. Garis putus-putus pada kurva pemodelan merupakan nilai anomali yang diamati sedangkan garis kontinu adalah nilai anomali yang dihitung berdasarkan respon dari model lapisan yang telah dibuat.


Penafsiran litologi batuan pada daerah penelitian ini didasari oleh data geologi daerah setempat. Berdasarkan informasi geologi diketahui bahwa daerah penelitian merupakan bagian struktur sesar normal dan kekar, dengan sumbu yang memanjang dari arah barat laut - tenggara. Sesar normal ini memotong batuan berumur Pliosen-Holosen (Suharsono dkk, 1987).

Pada lapisan pertama terdapat yang ditunjukkan warna biru diinterpretasikan sebagai lahar dan memiliki densitas $1.6 - 2.0 \text{ gr/cm}^3$ serta ketebalan kurang lebih 350 m, untuk lapisan kedua yang ditunjukkan dengan warna hijau toska diinterpretasikan sebagai batuan breksi gunungapi dengan densitas $2.30 - 2.55 \text{ gr/cm}^3$ yang merupakan hasil pembekuan dari batuan lava andesit, piroklastik dan tuff, lapisan ini memiliki ketebalan kurang lebih 350 m. Pada lapisan ketiga yang ditunjukkan dengan warna hijau diinterpretasikan sebagai lava dari Gunung Lamongan yang memiliki densitas antara $2.6 - 2.8 \text{ gr/cm}^3$ dan ketebalan pada bagian kiri (dari barat ke utara pada peta dengan panjang lintasan kurang lebih 1800 m) hanya sekitar 150 m dan pada sebelah kanan memiliki ketebalan kurang lebih 700 m. Lapisan terdalam pada penelitian ini diinterpretasikan sebagai batu basalt yang memiliki ketebalan 550 m namun hanya memiliki panjang kurang lebih 2000 m dari lintasan yang panjangnya kurang lebih 3300 m, batu basalt ini memiliki densitas antara $2.7 - 3.3 \text{ gr/cm}^3$.

4.4.2 Penampang Melintang Lintasan CD

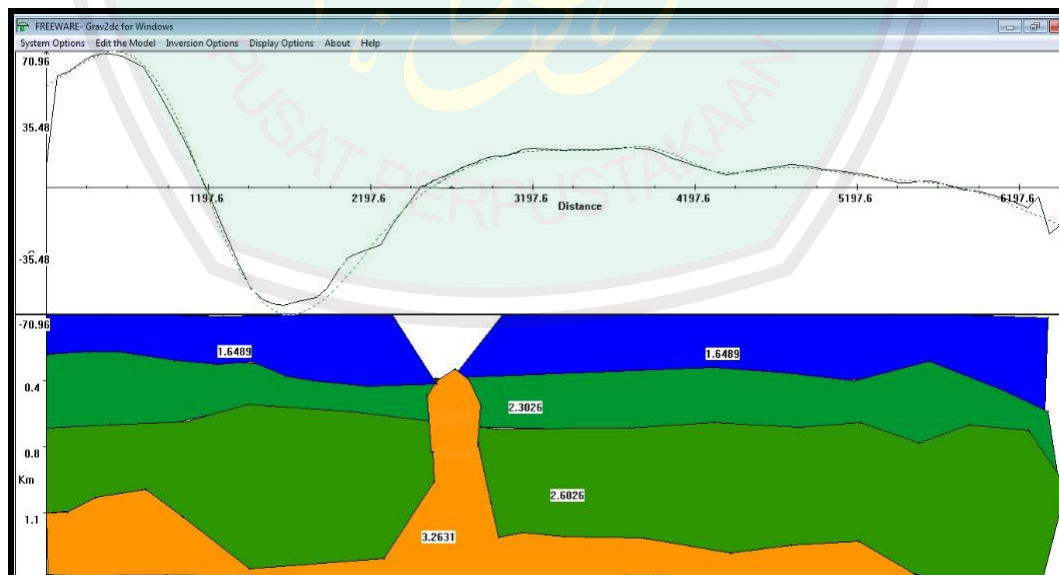
Penampang anomali Bouguer lokal lintasan CD diambil berdasarkan hasil penafsiran secara kualitatif pola kontur anomali, dimana pada penampang CD memotong tiggian dan rendahan anomali dengan nilai tertinggi dan melintang dari barat ke timur melewati Ranu Segaran. Lokasi penampang anomali Bouguer CD dapat dilihat pada gambar berikut:



Ket:  = Ranu Segaran

Gambar 4.9 Lintasan Anomali Lokal CD

Gambar di atas menunjukkan gambar penampang sayatan CD dengan kedalaman maksimum model struktur bawah permukaan 1500 m dan panjang lintasan kurang lebih 6000 m. Hasil pemodelan dari sayatan CD ini dapat di lihat pada gambar berikut:



Gambar 4.10 Model Sayatan CD

Pada sayatan CD dihasilkan anomali antara -69 mGal sampai dengan 69 mGal dan untuk lapisannya terlihat lapisan batuan basalt paling bawah kemudian

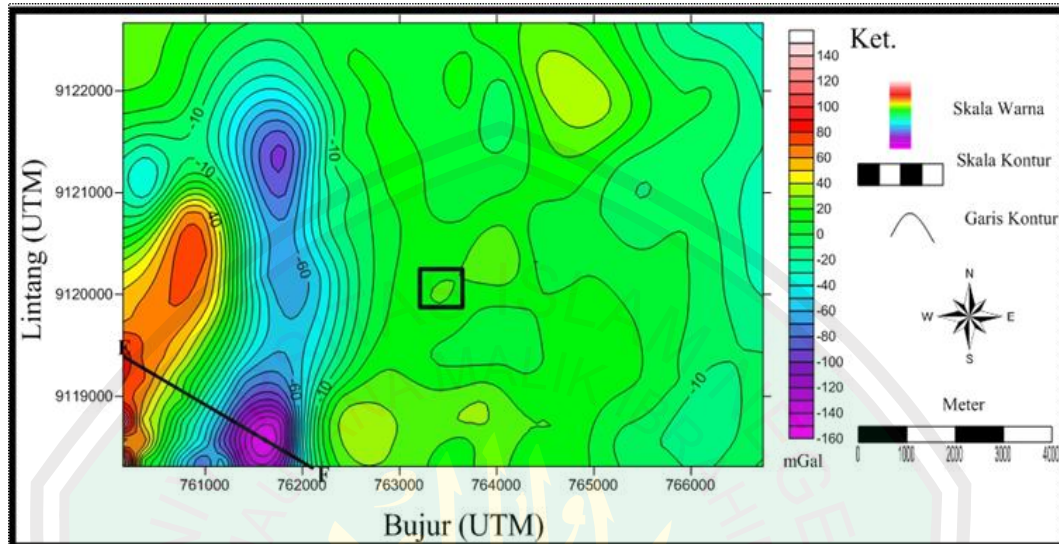
ditindih oleh batuan beku jenis lava baru batuan breksi gunungapi kemudian diatasnya dan ditutup oleh lahar. Batuan – batuan tersebut memiliki densitas dan ketebalan sebagai berikut: basalt densitanya antara $2.7 - 3.3 \text{ gr/cm}^3$ dengan ketebalan rata-rata kurang lebih 300 m, lava yang memiliki komposisi dari batuan porfiritik, mineral mafik dan piroksen memiliki densitas antara $2.6 - 2.8 \text{ gr/cm}^3$ dengan ketebalan kurang lebih 500 m, breksi gunungapi memiliki densitas antara $2.3 - 2.55 \text{ gr/cm}^3$ dengan ketebalan rata – rata 300 m, lahar memiliki densitas $1.6 - 2.0 \text{ gr/cm}^3$ dengan ketebalan rata-rata 200 m.

Pada sayatan CD ini yang melintang dari barat ke timur dan melewati Ranu Segaran terlihat bahwa ranu ini memiliki pipa gunungapi berupa batuan basalt yang terputus di bagian barat lintasan dengan panjang kurang lebih 5000 m, maka sangat jelas bahwa Ranu Segaran ini merupakan salah satu produk dari Gunung Lamongan, dari kurva observasipun dapat dilihat bahwa pada daerah Ranu Segaran memiliki anomali sedang sampai tinggi padahal terdapat air yang hanya memiliki densitas 1 gr/cm^3 , hal itu dikarenakan litologi penyusun ranu adalah batuan basalt yang memiliki densitas sangat tinggi. Air hangat yang terdapat pada Ranu Segaran ini kemungkinan karena adanya rembesan dari Sungai Plaken yang terdapat patahan normal dimana patahan ini berada disebelah barat Ranu Segaran.

4.4.3 Penampang Melintang Lintasan EF

Penampang anomali Bouguer lokal sayatan EF diambil berdasarkan penafsiran kualitatif, dimana sayatan EF melintang dari barat ke selatan melewati sungai Plaken dengan panjang lintasan kurang lebih 1700 m dan kedalaman

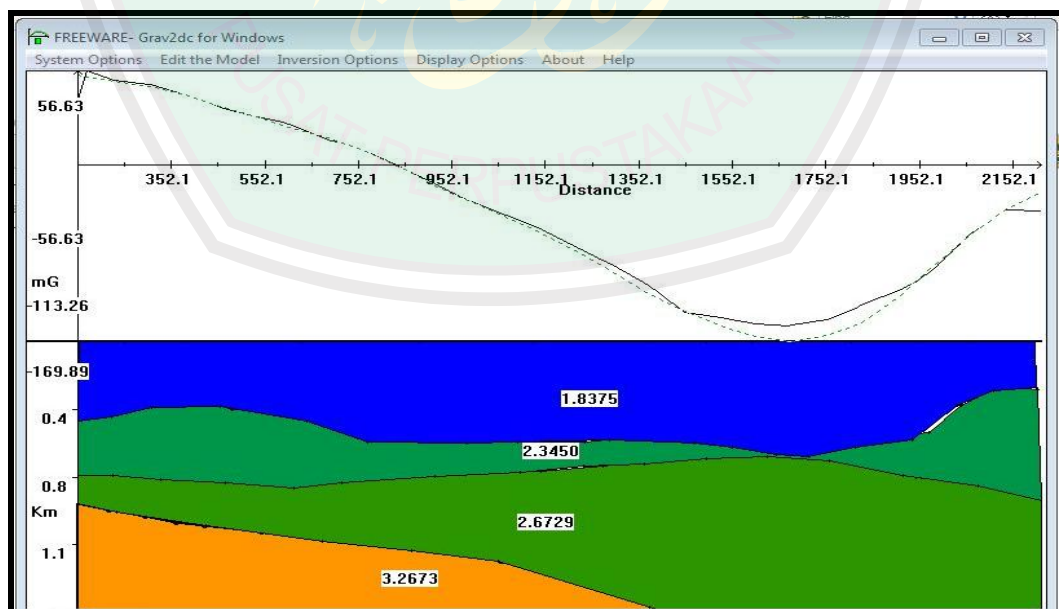
maksimum 1500 m. Lokasi anomali Bouguer sayatan EF dapat dilihat pada gambar berikut:



Ket: = Ranu Segaran

Gambar 4.11 Lintasan Anomali Lokal EF

Gambar 4.11 merupakan lokasi sayatan EF, dari sayatan ini dihasilkan pemodelan EF seperti gambar di bawah ini:

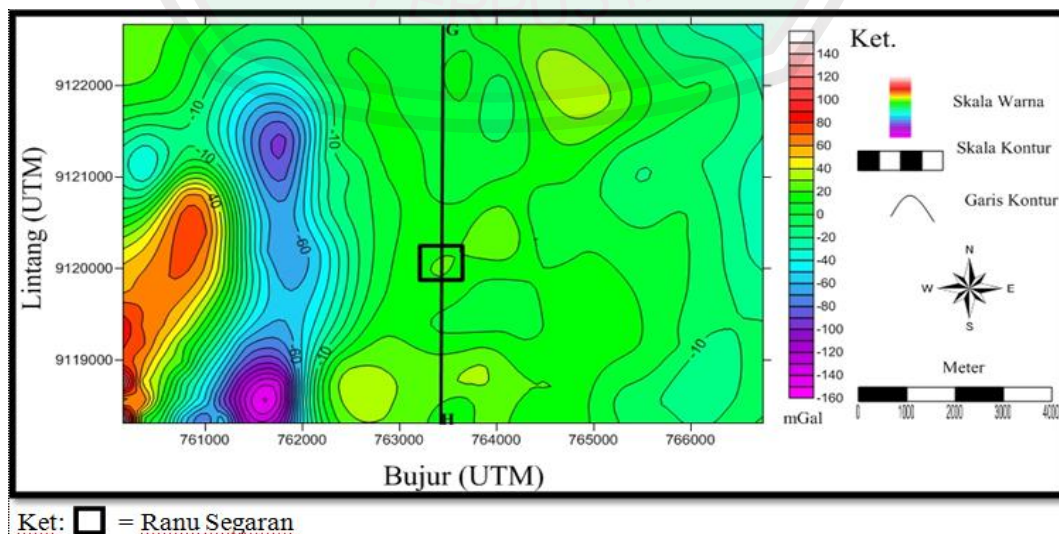


Gambar 4.12 Lintasan Sayatan EF

Pada sayatan EF yang dilakukan pada penampang anomali lokal di hasilkan anomali antara -140 mGal sampai dengan 85 mGal dengan lapisan lahar pada lapisan pertama yang ditunjukkan dengan warna biru memiliki ketebalan kurang lebih 400 m dan densitas antara 1.6 – 2.0 gr/cm³ selanjutnya breksi gunungapi dengan ketebalan rata – rata 200 m dan densitas antara 2.3 – 2.55 gr/cm³, di susul dengan lapisan ketiga adalah lava yang memiliki densitas antara 2.6 – 2.8 gr/cm³ dan ketebalan 100 m pada daerah barat penelitian dan semakin tebal pada daerah selatan yakni 700 m. Pada lapisan terakhir adalah basalt dengan densitas 2.8 – 3.3 gr/cm³ dan ketebalan kurang lebih 600 m namun dengan panjang yang hanya 1300 m dari panjang lintasan 2100 m.

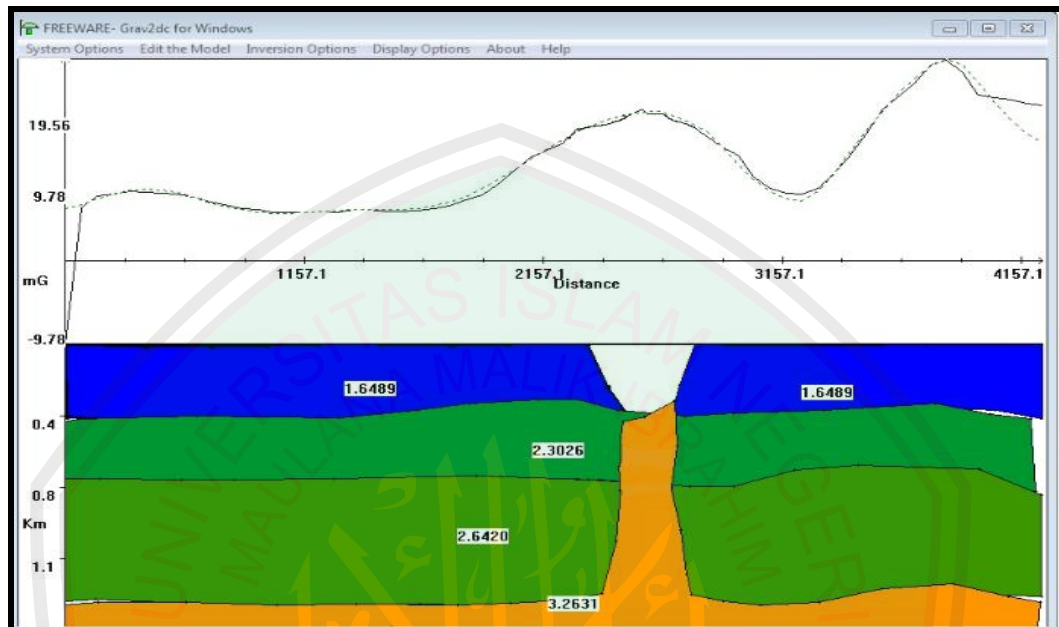
4.4.4 Penampang Melintang Lintasan GH

Penampang anomali Bouguer lokal lintasan GH diambil berdasarkan interpretasi secara kualitatif, dimana lintasan GH melintang mulai dari arah utara sampai arah selatan melewati Ranu Segaran, dengan panjang lintasan 4000 m dan kedalaman 1500 m seperti gambar dibawah ini:



Gambar 4.13 Lintasan Anomali Lokal GH

Hasil pemodelan penampang GH ini dapat dilihat pada gambar 4.14 dibawah ini:



Gambar 4.14 Lintasan Sayatan GH

Pada lapisan pertama yang ditunjukkan dengan warna biru yang diduga sebagai lahar dengan nilai densitas $1.6 - 2.0 \text{ gr/cm}^3$ yang merupakan hasil erupsi gunungapi yang berbentuk padat mulai dari ukuran debu vulkanik sampai ukuran bongkahan dan telah bercampur dengan air. Lahar keluar oleh letusan yang sifatnya eksplosif dan berstruktur aliran, lapisan ini memiliki ketebalan 400 m. Pada lapisan kedua ditunjukkan dengan warna hijau toska dengan densitas antara $2.3 - 2.55 \text{ gr/cm}^3$ diduga sebagai breksi gunungapi dengan ketebalan rata-rata 300 m. Pada lapisan ketiga ditunjukkan dengan warna hijau dengan densitas antara $2.6 - 2.8 \text{ gr/cm}^3$ diduga lava yang mengandap menjadi batuan ekstrusif yang masif atau brecciated, dengan ketebalan 550 m. Sedangkan pada lapisan ke empat ditunjukkan oleh warna kuning dengan nilai densitas antara $2.8 - 3.3 \text{ gr/cm}^3$ dan memiliki ketebalan kurang lebih 100 m. Lapisan ke

empat ini melewati Ranu Segaran, sehingga pada lapisan ini membentuk pipa ke permukaan memotong lapisan-lapisan di atasnya. Sesuai dengan pemodelan pada sayatan CD, bahwa pipa Ranu Segaran dibentuk oleh batuan basalt, dengan hasil pemodelan GH ini, memperkuat interpretasi bahwa Ranu Segaran ini merupakan salah satu produk dari letusan Gunungapi Lamongan.

Hasil dari keempat sayatan yang dilakukan pada penampang anomali lokal tersebut terlihat bahwa litologi daerah penelitian didominasi oleh produk-produk hasil aktivitas gunungapi batuan yakni meliputi lahar, breksi gunungapi, lava dan basalt. Breksi gunungapi berwarna kelabu – kuning kecoklatan kompak berukuran butir 3 sampai 25 cm yang terdiri dari campuran batuan andesit dan mineral mafik. Lava terdiri dari campuran lava andesit, tuff dan porfiritik. Lahar berkomponen andesit, obsidian dan batu apung (Bemmelen, 1937). Jenis batuan hasil produk gunungapi ini mempunyai densitas lebih tinggi dibandingkan dengan jenis batuan lainnya. Nilai densitas ini dipengaruhi oleh beberapa hal antara lain komposisi batuan dan pembentukannya (Teflord, 1978).

Hasil pemodelannya pada kedalaman 1000 – 1500 m didominasi oleh batuan basalt. Sehingga dapat diperkirakan bahwa air yang telah terpanaskan oleh batuan pamanas merembes naik melalui zona hasil intrusiv gunungapi yang membentuk pipa dari batuan basalt. Hal tersebut dikarenakan batuan basalt merupakan jenis batuan yang memiliki pori – pori cukup besar sehingga memungkinkan untuk menjadi batuan reservoir. Sedangkan untuk batuan penutupnya diduga breksi gunungapi karena memiliki porositas kecil dan halus serta memiliki

permeabilitas yang rendah, sehingga tidak mampu untuk menyimpan dan mengalirkan fluida.

4.5 Pemodelan Struktur Bawah Permukaan dalam Pandangan Islam

Berbagai kajian dan penelitian dalam bidang Geofisika telah membuktikan bahwa bumi terbentuk dari tujuh lapis tertentu. Tujuh lapisan tersebut memiliki massa jenis (densitas) yang beragam nilainya dan warna dari batuan penyusun struktur lapisan bawah permukaan tersebut memiliki beragam warna. Warna tersebut salah satunya terdapat dalam Firman Allah SWT dalam QS. Faathir (35): 27 berikut:

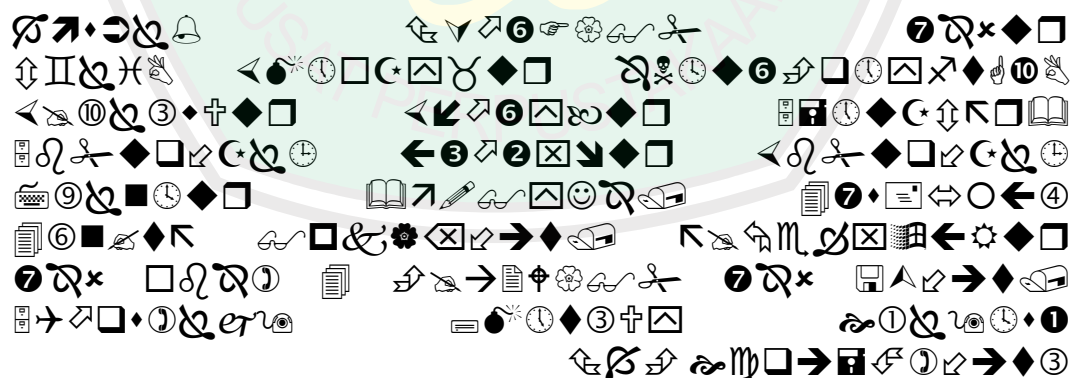


“Tidakkah kamu melihat bahwasanya Allah menurunkan hujan dari langit lalu Kami hasilkan dengan hujan itu buah-buahan yang beraneka macam jenisnya. dan di antara gunung-gunung itu ada garis-garis putih dan merah yang beraneka macam warnanya dan ada (pula) yang hitam pekat.”
(QS.Faathir[35]:27)

Al-Qur’an telah menjelaskan bahwa “*dan di antara gunung-gunung itu ada garis-garis putih dan merah yang beraneka macam warnanya*”. Ayat tersebut menjelaskan mengenai struktur lapisan yang telah dipaparkan bentuk dan batuan pembentuk struktur pada pembahasan di atas. Lapisan dan struktur batuan tersebut memisah dan membentuk seperti garis-garis. Lapisan ini dapat terbentuk akibat batuan yang dikeluarkan dari letusan gunungapi.

Di dalam ayat tersebut juga terdapat kalimat “*beraneka macam warnanya dan ada (pula) yang hitam pekat*”. Berdasarkan penelitian ini dapat membuktikan bahwa terdapat batuan lava vulkanik dengan nilai densitas $2,8 \text{ gr/cm}^3$ dan batuan tersebut memiliki warna kelabu-hitam yang pekat. Kalimat dalam ayat tersebut juga dikuatkan dengan paparan teori tentang batuan, yaitu lava berwarna kelabuhitam, coklat, dan hijau; bersifat menengah-basa, bervesikuler, setempat permukaan seperti kerak roti, terkekarkan; berstruktur aliran, dan sebagai sisipan melidah dalam breksi; tebalnya antara beberapa puluh centimeter dan beberapa puluh meter. Lava ini bersusun andesit, basalt, andesit piroksen, basalt olivin, andesit hipersten-augit dan basalt piroksen. Sesungguhnya sangat beruntung manusia yang mau mempelajari ilmu dan merugilah bagi mereka yang mengabaikan ilmu tersebut.

Untuk petunjuk ilmiah tentang bumi dan strukturnya juga dijelaskan dalam surat ar-Ra’du (13): 4 sebagai berikut:



“Dan di bumi ini terdapat bagian-bagian yang berdampingan, dan kebun-kebun anggur, tanaman-tanaman dan pohon korma yang bercabang dan yang tidak bercabang, disirami dengan air yang sama. Kami melebihkan sebahagian tanaman-tanaman itu atas sebahagian yang lain tentang rasanya. Sesungguhnya pada yang demikian itu terdapat tanda-tanda (kebesaran Allah) bagi kaum yang berfikir.” (Q.S. ar-Ra’du [13]: 4).

El Naggar (2010, 94) menjelaskan ayat al-Quran mengindikasikan fakta-fakta ilmiah luar biasa khususnya pada penggalan ayat “dan di bumi terdapat bagian-bagian yang berdampingan”, yaitu sebagai berikut :

1. Lapisan batu karang bumi terbentuk dari sejumlah lempengan-lempengan berdampingan yang diperkirakan berjumlah 12 lempengan besar, disamping lempengan kecil. Setiap lempengan lapisan batu karang bumi memiliki asal-usul tersendiri serta memiliki perbedaan dalam komposisi kimia dan mineral dalam kepadatan dan ketebalan materinya.
2. Setiap lempengan lapisan batu karang bumi terbentuk dari 3 jenis terpenting batu karang, yaitu batu karang api, endapan batu karang dan batu karang berubah dengan berbagai pecahannya.
3. Perbedaan konkret jenis tanah yang dihasilkan oleh peleburan setiap jenis batu karang ini (akibat berbagai proses erosi, faktor cuaca dan abrasi) secara signifikan sejalan dengan perbedaan sumber batu karang, komposisi kimia dan mineralnya dan juga perbedaan kondisi lingkungan.

Beberapa hal tersebut memberikan sejumlah besar keragaman bagi bumi dalam karakter alami, kimianya dan dalam kemampuan untuk menumbuhkan segala macam tanaman serta untuk kehidupan makhluk-Nya.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Setelah dilakukan penelitian dengan metode gravitasi di sekitar sumber air panas di Desa Segaran Kecamatan Tiris Kabupaten Probolinggo ini dapat disimpulkan bahwa:

1. Berdasarkan interpretasi kualitatif dapat diketahui bahwa pola kontur anomali bouguer dapat dibedakan menjadi 3 pola. Pola pertama adalah pola tinggian dengan rentang nilai anomali 40 mGal sampai dengan -30 mGal. Pola kedua adalah pola sedang dengan rentang nilai anomali -40 mGal sampai dengan -130 mGal. Pola terakhir adalah pola rendahan dengan rentang nilai anomali -130 mGal sampai dengan -230 mGal. Nilai anomali tinggian tersebut diperkirakan berasal dari batuan yang memiliki densitas yang tinggi atau batuan dasar yang naik dangkal. Pola tinggian menyebar pada bagian tengah daerah penelitian dan sedikit pada bagian barat penelitian yang diinterpretasikan daerah lereng Gunung Tarub. Pola sedang dan rendah berada di bagian barat daerah penelitian yang diinterpretasikan daerah Sungai Plaken.
2. Hasil pemodelan menunjukkan bahwa pada setiap sayatan tersusun atas empat lapisan yaitu batuan lahar dengan densitas 1.6489 gr/cm^3 , breksi gunungapi dengan densitas 2.3826 gr/cm^3 , lava dengan densitas gr/cm^3 dan basalt dengan densitas 3.2631 gr/cm^3 serta untuk Ranu Segarannya diinterpretasikan sebagai produk letusan dari Gunung Lamongan karena pipa penyusunnya berupa batuan basalt yang tampak mengitrusi batuan sedimen di atasnya.

5.2 Saran

Saran untuk penelitian berikutnya adalah :

1. Bagi peneliti yang ingin melanjutkan penelitian ini disarankan untuk memfokuskan penelitian pada daerah patahan yaitu di sebelah barat daya Ranu Segaran.
2. Sebagai perbandingan hasil pemisahan anomali regional-residual dapat dilakukan menggunakan metode lain seperti kontinuitas keatas, moving average atau yang lainnya.
3. Sebagai pembandingan hasil pemodelan dapat menggunakan metode inversi 3D untuk mendapatkan model 3D-nya

DAFTAR PUSTAKA

- Abdulloh bin Muhammad. 2004. *Tafsir Ibnu Katsir, Jilid 8*. Bogor: Pustaka Imam Asy-Syafi'I
- Agus, Purwanto. 2013. *Nalar Ayat-ayat Semesta (Menjadikan Al-Quran sebagai Basis Konstruksi Ilmu Pengetahuan*. Bandung: Penerbit Mizan
- Alzwar, M. 1988. *Pengantar Dasar Ilmu Gunungapi*. Bandung: NOVA Bandung
- Arlen, Altius. 2011. *Kekar (Joint)*. Diakses tanggal 12 Oktober 2013
- A, Setyawan, 2005, *Kajian Metode Sumber Ekuivalen Titik Massa pada Proses Pengangkatan Data Gravitasi ke Bidang Datar*, Berkala Fisika,8,1,7-10.
- Blakely, Richard J. 1995. *Potential Theory in Gravity and Magnetic Application*. New York: Cambridge University Press
- Carolyn, Sheet,dkk. 1985. *General Science*: Allyn and Bacon Inc. Newton, Massachusetts
- Dampney, CGN.1969. *The Equivalent Source Technique*, Geophysics vol.34, no.1
- Dermawan, A. 2010, *Rekonseptualisasi dan Pemrograman Reduksi Data Gravitasi serta Pemetaan ke Koordinat Teratur Menggunakan Bahasa Pemrograman Visual Basic*, Skripsi, Program Studi Geofisika, Jurusan Fisika, Fakultas MIPA, UGM: Yogyakarta
- Erviawan, Ical. 2011. *Lipatan*. Makasar: UIN Makassar
- Jaenudin. 2012. *Mengidentifikasi Keaktifan Gunung Berapi Berdasarkan Pergerakan Magma dengan Menggunakan Metode Gravitasi*. Skripsi. Jatinangor: Universitas Padjadjaran
- Jasmi, K. A. & Hassan, N. (2013). *Al-Quran dan Geologi in Geologi, hidrologi, Oceanografi dan Astronomi dari Perspektif al-Quran*. Skudai, Johor Bahru: Universiti Teknologi Malaysia Press, pp. 1-19. ISBN: 978-983-52-0914-7
- Kearey, P., Keith, A. K., Vine, F. J. 2009. *Global Tectonics*. New Jersey: Wiley-Blackwell
- Kirbani, SB. DR. 2001. *Teori dan Aplikasi Metode Gravitasi*. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada

- Muhammad, Daudah. 2009. TujuhLapisanBumi, <http://www.eramuslim.com/syari/quran-sunnah/tujuh-lapisan-bumi.html>. Diakses tanggal 05 April 2014
- M, Untung. 2001. *Dasar–Dasar Magnet dan Gayaberat Serta Beberapa Penerapannya (Seri Geofisika)*. Himpunan Ahli Geofisika Indonesia
- M. Quraish, Shihab. 2002. *Tafsir Al Misbah: pesan, kesan dan keserasian Al-Qur'an*. Jakarta: Lentera Hati
- M. Yusuf Ali. 1989. *The Holy Qur'an, Text, Translation and Commentary*. Maryland USA: Amana Corp. Brentwood
- Najjar, Zaghul. 2006. *Pembuktian Sains dalam Sunah*. Jakarta: Amzah
- Nandi. 2006. *Vulkanisme*. Bandung: UPI Perss
- Noor, Djauhari. 2009. *Pengantar Geologi*. Edisi Pertama, Jakarta: Erlangga
- Plummer, dkk. 1937. *physical geology, tenth edition*. New York: McGraw-Hill
- Qarni, Aidh. 2007. *Tafsir Muyassar* Jakarta: Qisthi Perss
- Scalera, G. 2003. *Roberto Mantovani an Italian Defender of the Continental Drift and Planetary Expansion*. Hilgenberg, Rome: Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia
- Serway, Raimond A. dan Jhon W.Jewett, Jr. 2009. *Fisikka untuk Sains dan Teknik*. Jakarta: Salemba Teknika
- Situmorang, R.L, Bronto, S. 1980. *Geologi Lembar Probolinggo, Jawa*. Bandung. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi
- Sudarmojo, Agus Haryo. 2008. *Menyibak Rahasia Sains Bumi dalam Al-Qur'an*. Bandung: Mizania
- Supriatna, Up. *Morfologi Struktur Patahan*. Diakses tanggal 11 Oktober 2012
- Van Bemmelen, R.W. 1937. *The Vulcano-Tectonic Structure of the Residency of Malang, East Java*. De Ingeuneur in Ned. Indie Vol.4 No.9. PP.159-192
- Wardhana, Wisnu Arya. 2004. *Al Qur'an dan Energi Nuklir*. Yogyakarta: Pustaka Pelajar
- Wegener, Alfred. 1912. *The Formation of the Major Forms of the Earth's Crust (Continents and Oceans), Based on Geophysical*. Petermanns Geographische Mitteilungen

Wisesa, Hendra. 2010. *Serba-Serbi Bumi*. Yogyakarta: Garailmu

Telford, M.W., Geldart, L.P., Sherrif, R.E., Keys, D.A. 1990, *Applied Geophysics*. Cambridge University Press

Yahya, Harun. 2002. *Al-Quran dan Sains*. Indonesia: Penerbit bukubuku sains Islam.

Zakir Abdul Karim. 2004. *Quran and Modern Science: Compatible or Incompatible*. Kuala Lumpur: Saba Islamic Media

<http://bumi-myearth.blogspot.com/struktur-geologi-sesar.html>. Diakses tanggal 11 Oktober 2012

<http://koboijonggol.blogspot.com/lipatan-tektonik-folding.html>. Diakses tanggal 11 Oktober 2012



LAMPIRAN



Lampiran1 : Data Anomali Bouger Lengkap daeran Penelitian

Data Anomali Gravity Ranu Segaran Probolinggo

No.	Lintang (UTM)	Bujur (UTM)	Anomali Bouger	Elevasi
1	760153.0887	9118347.413	11.9340569	952
2	760358.1592	9118346.24	-21.72048578	872
3	760563.23	9118345.067	-58.94398478	835
4	760768.301	9118343.893	-96.10030673	786
5	760973.3723	9118342.718	-129.3844446	728
6	761178.4439	9118341.542	-129.7988016	683
7	761383.5158	9118340.365	-178.0220859	668
8	761588.5879	9118339.187	-204.3349487	650
9	761793.6603	9118338.008	-184.8314254	634
10	761998.7329	9118336.828	-119.0316812	621
11	762203.8059	9118335.648	-71.39195172	606
12	762408.8791	9118334.466	-47.2523053	596
13	762613.9525	9118333.284	-39.29047353	579
14	762819.0262	9118332.1	-40.00086181	570
15	763024.1002	9118330.916	-42.98698612	577
16	763229.1745	9118329.731	-46.55544898	584
17	763434.249	9118328.544	-53.24669388	583
18	763639.3238	9118327.357	-61.13716654	572
19	763844.3989	9118326.169	-30.51699956	568
20	764049.4742	9118324.98	-34.61892259	567
21	764254.5498	9118323.79	-49.78891399	556
22	764459.6257	9118322.6	-49.63325396	543
23	764664.7019	9118321.408	-37.34942189	527
24	764869.7783	9118320.215	-38.58904433	499
25	765074.855	9118319.022	-46.17407886	506
26	765279.9319	9118317.827	-53.50443424	516
27	765485.0091	9118316.632	-57.41477323	510
28	765690.0866	9118315.435	-30.55612292	531
29	765895.1644	9118314.238	-57.50853499	522
30	766100.2425	9118313.04	-51.63792967	519
31	766305.3208	9118311.84	-41.73921543	537
32	766510.3993	9118310.64	-29.83372703	536
33	766715.4782	9118309.439	-19.23260589	545
34	760154.2634	9118553.015	1.247130866	904
35	760359.3349	9118551.843	-23.7556217	856
36	760564.4066	9118550.67	-54.84525473	807
37	760769.4786	9118549.496	-87.98600492	759
38	760974.5508	9118548.322	-120.5705187	697
39	761179.6233	9118547.146	-154.3048384	683
40	761384.6961	9118545.969	-192.9220202	666

41	761589.7692	9118544.792	-222.8896814	647
42	761794.8425	9118543.613	-213.1155333	621
43	761999.9161	9118542.434	-110.8409471	607
44	762204.9899	9118541.253	-59.35564913	592
45	762410.064	9118540.072	-34.76373862	583
46	762615.1384	9118538.89	-30.43774852	572
47	762820.2131	9118537.706	-34.48079147	552
48	763025.288	9118536.522	-37.52871585	548
49	763230.3632	9118535.337	-40.56056078	560
50	763435.4386	9118534.151	-45.42773754	543
51	763640.5144	9118532.965	-71.35156227	517
52	763845.5904	9118531.777	-36.33801451	544
53	764050.6666	9118530.588	-30.16130563	551
54	764255.7432	9118529.398	-37.54560593	543
55	764460.82	9118528.208	-35.76499226	553
56	764665.897	9118527.016	-30.63788029	546
57	764870.9744	9118525.824	-35.39914219	503
58	765076.052	9118524.631	-45.74741406	532
59	765281.1299	9118523.436	-52.64687423	534
60	765486.208	9118522.241	-52.45703984	540
61	765691.2865	9118521.045	-54.76283339	549
62	765896.3652	9118519.848	-55.9809423	572
63	766101.4441	9118518.65	-54.41918829	575
64	766306.5234	9118517.451	-41.48830025	574
65	766511.6029	9118516.251	-33.72598921	573
66	766716.6827	9118515.051	-22.81593152	593
67	760155.4379	9118758.618	-0.438937563	863
68	760360.5103	9118757.446	-23.21796745	813
69	760565.5829	9118756.273	-49.60818192	777
70	760770.6558	9118755.1	-78.71960701	739
71	760975.729	9118753.925	-109.9318407	693
72	761180.8025	9118752.75	-143.5817031	663
73	761385.8762	9118751.573	-183.1738959	656
74	761590.9501	9118750.396	-215.7660593	629
75	761796.0244	9118749.218	-220.376799	608
76	762001.0989	9118748.039	-114.7198599	597
77	762206.1737	9118746.858	-55.3375104	589
78	762411.2487	9118745.677	-25.73967398	576
79	762616.324	9118744.495	-26.44583585	567
80	762821.3996	9118743.313	-31.50379734	550
81	763026.4755	9118742.129	-34.49501497	542
82	763231.5516	9118740.944	-35.94264172	540
83	763436.628	9118739.758	-28.57120936	535
84	763641.7046	9118738.572	-11.52436399	515

85	763846.7815	9118737.384	-19.62764064	517
86	764051.8587	9118736.196	-24.93338517	535
87	764256.9362	9118735.006	-33.05345263	532
88	764462.0139	9118733.816	-28.85397047	521
89	764667.0919	9118732.625	-22.37372538	501
90	764872.1702	9118731.433	-30.54911978	494
91	765077.2487	9118730.24	-40.92974868	519
92	765282.3276	9118729.046	-47.17974205	522
93	765487.4066	9118727.851	-43.10491002	538
94	765692.486	9118726.655	-46.16645217	545
95	765897.5656	9118725.458	-52.24586975	544
96	766102.6455	9118724.261	-56.23264	552
97	766307.7257	9118723.062	-48.51451447	559
98	766512.8061	9118721.862	-35.34157469	551
99	766717.8868	9118720.662	-23.04370783	576
100	760156.6121	9118964.221	-3.653871412	824
101	760361.6854	9118963.049	-20.46078497	763
102	760566.759	9118961.877	-41.469299	745
103	760771.8328	9118960.703	-62.29203392	712
104	760976.9069	9118959.529	-94.51583429	677
105	761181.9813	9118958.354	-125.8303249	652
106	761387.0559	9118957.178	-162.6021967	619
107	761592.1308	9118956.001	-182.6838366	604
108	761797.206	9118954.823	-174.50751	603
109	762002.2815	9118953.644	-123.1456074	585
110	762207.3572	9118952.464	-65.720142	579
111	762412.4331	9118951.283	-33.23049994	569
112	762617.5094	9118950.101	-33.15844827	564
113	762822.5859	9118948.919	-33.64128289	552
114	763027.6627	9118947.735	-36.2017304	540
115	763232.7397	9118946.551	-37.70015427	526
116	763437.817	9118945.365	-39.25079808	523
117	763642.8946	9118944.179	-27.35370907	521
118	763847.9724	9118942.992	-13.03749428	532
119	764053.0506	9118941.804	-31.21818803	530
120	764258.129	9118940.614	-38.2942203	524
121	764463.2076	9118939.424	-33.82335836	493
123	764668.2865	9118938.234	-26.54528919	486
124	764873.3657	9118937.042	-28.55782948	491
125	765078.4452	9118935.849	-33.00666803	515
126	765283.525	9118934.655	-34.19631539	521
127	765488.605	9118933.461	-31.24550959	527
128	765693.6853	9118932.265	-37.12065602	534
129	765898.7658	9118931.068	-46.57377842	544

130	766103.8466	9118929.871	-54.84615899	548
131	766308.9277	9118928.673	-47.73528176	571
132	766514.0091	9118927.473	-35.16556292	575
133	766719.0907	9118926.273	-24.21614674	569
134	760157.7861	9119169.823	-4.685409399	793
135	760362.8603	9119168.652	-14.28526011	762
136	760567.9348	9119167.48	-30.60132874	718
137	760773.0096	9119166.307	-51.91471724	698
134	760978.0846	9119165.133	-76.1299558	663
135	761183.1599	9119163.958	-105.1509218	637
136	761388.2355	9119162.782	-139.1220139	639
137	761593.3113	9119161.605	-155.2468936	603
138	761798.3874	9119160.427	-150.9730052	603
139	762003.4637	9119159.249	-124.4708795	585
140	762208.5404	9119158.069	-89.42149943	570
141	762413.6173	9119156.889	-64.17208574	562
142	762618.6944	9119155.707	-45.87566149	554
143	762823.7719	9119154.525	-38.46734326	547
144	763028.8496	9119153.342	-40.76171009	528
145	763233.9276	9119152.157	-44.06988454	522
146	763439.0058	9119150.972	-44.69168041	522
147	763644.0843	9119149.786	-46.20943448	526
148	763849.1631	9119148.599	-34.47960032	528
149	764054.2421	9119147.411	-36.82449386	525
150	764259.3214	9119146.222	-46.60223162	522
151	764464.401	9119145.033	-41.99964085	491
152	764669.4809	9119143.842	-31.7368951	501
153	764874.561	9119142.65	-27.54830532	514
154	765079.6414	9119141.458	-27.64813364	521
156	765284.7221	9119140.265	-27.3298007	525
157	765489.803	9119139.07	-25.09019695	537
158	765694.8842	9119137.875	-31.31878466	554
159	765899.9657	9119136.679	-29.21616847	574
160	766105.0475	9119135.481	-45.22889933	573
161	766310.1295	9119134.283	-42.04356824	589
162	766515.2118	9119133.084	-34.13870289	594
163	766720.2944	9119131.884	-25.97410229	602
164	760158.9597	9119375.426	-0.181092862	744
165	760364.0349	9119374.255	-10.43581596	729
166	760569.1103	9119373.083	-19.39805418	696
167	760774.186	9119371.91	-34.57052141	667
168	760979.262	9119370.736	-57.88595384	642
169	761184.3382	9119369.562	-85.53381493	613
170	761389.4147	9119368.386	-119.7360354	565

171	761594.4914	9119367.21	-138.3905724	583
172	761799.5685	9119366.032	-140.9658386	583
173	762004.6458	9119364.854	-127.580994	567
174	762209.7233	9119363.674	-104.6373955	557
145	762414.8011	9119362.494	-80.96271175	552
176	762619.8792	9119361.313	-56.16921181	546
177	762824.9576	9119360.131	-43.12308939	545
178	763030.0362	9119358.948	-45.61023127	538
179	763235.1151	9119357.764	-58.29269684	515
180	763440.1943	9119356.579	-61.62694334	535
181	763645.2737	9119355.393	-56.19782734	525
182	763850.3534	9119354.207	-57.3412628	497
183	764055.4334	9119353.019	-44.66713718	503
184	764260.5137	9119351.83	-56.49352317	487
185	764465.5942	9119350.641	-45.54655778	533
186	764670.675	9119349.451	-30.83620511	526
187	764875.756	9119348.259	-25.11797095	505
188	765080.8373	9119347.067	-24.66458417	522
189	765285.9189	9119345.874	-25.26431375	531
190	765491.0008	9119344.68	-25.84587196	557
191	765696.0829	9119343.485	-29.63214846	581
191	765901.1653	9119342.289	-34.77585609	574
193	766106.248	9119341.092	-38.21789461	592
194	766311.331	9119339.894	-37.41910758	578
195	766516.4142	9119338.695	-33.72686339	579
196	766721.4977	9119337.496	-28.46422847	590
197	760160.1331	9119581.028	-4.784135466	718
198	760365.2092	9119579.858	-8.258320533	701
199	760570.2856	9119578.686	-11.98135359	672
200	760775.3622	9119577.514	-20.8406504	657
201	760980.4391	9119576.34	-39.01660981	611
202	761185.5162	9119575.166	-66.87110046	567
203	761390.5936	9119573.99	-104.1664715	550
204	761595.6713	9119572.814	-129.8856891	540
205	761800.7493	9119571.637	-139.8508194	562
206	762005.8275	9119570.459	-132.0306604	552
207	762210.906	9119569.28	-112.8782617	549
208	762415.9847	9119568.1	-88.23059535	546
209	762621.0638	9119566.919	-63.06302386	538
210	762826.143	9119565.737	-48.1949898	538
211	763031.2226	9119564.554	-45.92264225	517
212	763236.3024	9119563.371	-51.36885404	493
213	763441.3825	9119562.186	-52.75667217	502
214	763646.4629	9119561.001	-56.33615381	484

215	763851.5435	9119559.814	-75.253954	501
216	764056.6244	9119558.627	-67.27382166	495
217	764261.7056	9119557.438	-52.99744993	509
218	764466.787	9119556.249	-41.06336193	530
219	764671.8688	9119555.059	-26.47463941	530
220	764876.9507	9119553.868	-22.37458046	515
221	765082.033	9119552.676	-23.74690851	495
222	765287.1155	9119551.483	-25.22664139	527
223	765492.1983	9119550.289	-26.46456985	530
224	765697.2814	9119549.095	-29.09129854	530
225	765902.3647	9119547.899	-31.95429538	576
226	766107.4483	9119546.702	-34.57291086	560
227	766312.5322	9119545.505	-35.23991571	530
228	766517.6163	9119544.306	-35.11510717	543
229	766722.7008	9119543.107	-34.5568174	565
230	760161.3063	9119786.631	-15.91387505	683
231	760366.3833	9119785.461	-8.421598962	684
232	760571.4605	9119784.289	-4.935213519	664
233	760776.5381	9119783.117	-7.244881961	639
234	760981.6159	9119781.944	-21.51915852	623
235	761186.694	9119780.77	-49.65874662	607
236	761391.7723	9119779.594	-93.06742	549
237	761596.8509	9119778.418	-127.787555	537
238	761801.9298	9119777.242	-141.8571051	547
239	762007.009	9119776.064	-137.6673481	561
240	762212.0884	9119774.885	-120.0609846	540
241	762417.1681	9119773.705	-93.30905864	535
242	762622.248	9119772.525	-67.71111536	533
243	762827.3282	9119771.343	-52.18364494	529
244	763032.4087	9119770.161	-43.30055003	513
245	763237.4895	9119768.977	-38.12142714	475
246	763442.5705	9119767.793	-33.89226981	499
247	763647.6518	9119766.608	-41.01848347	522
248	763852.7333	9119765.421	-58.52343181	523
259	764057.8152	9119764.234	-55.9668351	525
260	764262.8973	9119763.046	-46.43833662	520
261	764467.9796	9119761.857	-38.66772197	533
262	764673.0623	9119760.668	-27.40937484	528
263	764878.1452	9119759.477	-24.24283472	526
264	765083.2284	9119758.285	-25.17187203	522
265	765288.3118	9119757.092	-26.71955579	505
267	765493.3955	9119755.899	-27.69536862	503
268	765698.4795	9119754.704	-28.76969472	522
269	765903.5638	9119753.509	-30.29551088	531

270	766108.6483	9119752.313	-32.44654433	520
271	766313.7331	9119751.115	-34.9355658	558
272	766518.8182	9119749.917	-36.84570821	537
273	766723.9035	9119748.718	-39.36215724	542
274	760162.4791	9119992.234	-17.85232239	632
275	760367.557	9119991.063	-10.15739896	591
276	760572.6352	9119989.892	0.801556669	592
278	760777.7137	9119988.72	6.208003702	605
279	760982.7925	9119987.547	-5.328088151	610
280	761187.8715	9119986.373	-34.90033654	603
281	761392.9507	9119985.199	-86.79636031	592
282	761598.0303	9119984.023	-119.2286551	548
283	761803.1101	9119982.846	-147.2015119	578
284	762008.1902	9119981.669	-142.3581409	558
285	762213.2705	9119980.49	-125.0963089	541
286	762418.3511	9119979.311	-94.2405835	527
287	762623.432	9119978.13	-68.2418072	523
289	762828.5131	9119976.949	-53.3230451	509
290	763033.5945	9119975.767	-41.64416998	490
291	763238.6762	9119974.584	-32.46778717	494
292	763443.7582	9119973.4	-31.27604108	524
293	763648.8404	9119972.215	-35.20436384	526
294	763853.9229	9119971.029	-39.69078385	534
295	764059.0056	9119969.842	-36.8189596	537
296	764264.0886	9119968.654	-37.26867731	529
297	764469.1719	9119967.466	-39.68904384	538
298	764674.2555	9119966.276	-34.64749942	552
299	764879.3393	9119965.086	-29.40298285	537
300	765084.4234	9119963.894	-28.05062384	539
301	765289.5078	9119962.702	-29.45511239	536
302	765494.5925	9119961.508	-29.42283018	524
303	765699.6774	9119960.314	-28.89466321	527
304	765904.7626	9119959.119	-29.26280603	523
305	766109.848	9119957.923	-31.49214697	552
306	766314.9338	9119956.726	-35.1951827	596
307	766520.0198	9119955.528	-38.88481294	573
308	766725.106	9119954.329	-43.05741073	543
309	760163.6517	9120197.836	-29.48816766	582
310	760368.7306	9120196.666	-16.69086146	565
311	760573.8097	9120195.495	3.492014444	559
312	760778.8891	9120194.324	18.00950125	568
313	760983.9687	9120193.151	8.081125802	572
314	761189.0487	9120191.977	-29.27268161	569
315	761394.1289	9120190.803	-87.87520973	590

316	761599.2093	9120189.627	-139.1760674	578
317	761804.2901	9120188.451	-150.4571012	576
318	762009.3711	9120187.274	-141.7769463	570
319	762214.4523	9120186.095	-124.2387422	553
320	762419.5339	9120184.916	-92.24611372	542
321	762624.6157	9120183.736	-67.62598819	512
322	762829.6977	9120182.555	-54.90968333	527
323	763034.7801	9120181.373	-43.47474278	511
324	763239.8627	9120180.19	-35.49749077	470
325	763444.9456	9120179.007	-32.761851	495
326	763650.0287	9120177.822	-32.57887978	514
327	763855.1121	9120176.636	-28.17225287	520
328	764060.1958	9120175.45	-18.83452217	520
329	764265.2797	9120174.262	-28.69507795	534
330	764470.364	9120173.074	-44.22665542	548
331	764675.4485	9120171.885	-39.8703766	557
332	764880.5332	9120170.694	-32.83101999	560
333	765085.6183	9120169.503	-30.81758254	557
334	765290.7036	9120168.311	-31.77981774	557
335	765495.7891	9120167.118	-31.68846688	547
336	765700.875	9120165.924	-29.26112082	529
337	765905.9611	9120164.729	-28.31050157	558
338	766111.0475	9120163.533	-30.64439593	553
339	766316.1341	9120162.337	-35.52701181	592
340	766521.2211	9120161.139	-40.61632726	614
341	766726.3083	9120159.941	-45.74708781	616
342	760164.824	9120403.439	-45.82319488	595
343	760369.9038	9120402.269	-30.35804952	558
344	760574.9838	9120401.098	0.36441263	547
345	760780.0642	9120399.927	27.84976596	549
346	760985.1448	9120398.755	20.91537407	593
347	761190.2256	9120397.581	-25.39107554	583
348	761395.3067	9120396.407	-87.61321303	568
349	761600.3881	9120395.232	-136.1289873	552
350	761805.4698	9120394.056	-149.1137782	555
351	762010.5517	9120392.879	-132.1105026	549
352	762215.6339	9120391.701	-105.8598243	532
353	762420.7164	9120390.522	-81.35976098	525
354	762625.7991	9120389.342	-67.13682788	512
355	762830.8821	9120388.161	-54.9029019	532
356	763035.9653	9120386.98	-44.82191286	507
357	763241.0489	9120385.797	-39.70136377	460
358	763446.1327	9120384.613	-37.52481338	503
359	763651.2168	9120383.429	-34.27266989	511

360	763856.3011	9120382.244	-20.58150892	520
361	764061.3857	9120381.057	-0.044498843	520
362	764266.4706	9120379.87	-24.97861249	520
363	764471.5557	9120378.682	-49.49931404	547
364	764676.6411	9120377.493	-42.87173975	551
365	764881.7268	9120376.303	-33.45027707	563
367	765086.8128	9120375.112	-32.72805729	571
368	765291.899	9120373.92	-35.58975224	580
369	765496.9855	9120372.728	-35.06569858	573
370	765702.0723	9120371.534	-30.4508184	565
371	765907.1593	9120370.339	-29.73519475	560
372	766112.2466	9120369.144	-29.97070035	569
373	766317.3342	9120367.947	-35.68407269	557
374	766522.4221	9120366.75	-41.93216002	580
375	766727.5102	9120365.552	-48.03559824	613
376	760165.996	9120609.041	-67.6044222	600
377	760371.0767	9120607.872	-53.63048411	581
378	760576.1577	9120606.702	-11.63530617	557
379	760781.239	9120605.53	31.57526828	550
380	760986.3205	9120604.358	16.10720017	580
381	761191.4023	9120603.185	-24.44047076	565
382	761396.4843	9120602.011	-90.84429079	558
383	761601.5666	9120600.836	-139.0374239	541
384	761806.6492	9120599.66	-152.7753672	529
385	762011.7321	9120598.484	-124.7493785	525
386	762216.8152	9120597.306	-84.68409033	540
387	762421.8986	9120596.127	-67.96089239	514
388	762626.9822	9120594.948	-65.99313937	520
389	762832.0662	9120593.767	-52.85163452	526
390	763037.1503	9120592.586	-44.58359264	485
391	763242.2348	9120591.403	-41.28638058	462
392	763447.3195	9120590.22	-43.74558227	515
393	763652.4045	9120589.036	-41.3709538	513
394	763857.4898	9120587.851	-26.82949912	528
395	764062.5753	9120586.665	-13.46052107	520
396	764267.6611	9120585.478	-36.87746172	520
397	764472.7472	9120584.29	-56.06051844	546
398	764677.8335	9120583.101	-42.5377293	552
399	764882.9202	9120581.912	-32.03507906	552
400	765088.007	9120580.721	-34.79887802	559
401	765293.0942	9120579.53	-41.19180835	575
402	765498.1816	9120578.337	-40.35667088	589
403	765703.2693	9120577.144	-33.01422635	597
404	765908.3573	9120575.949	-28.1123765	597

405	766113.4455	9120574.754	-30.33064602	599
406	766318.534	9120573.558	-36.62364682	592
407	766523.6228	9120572.361	-43.23675587	577
408	766728.7119	9120571.163	-49.86245786	602
409	760167.1678	9120814.644	-91.02954322	574
410	760372.2494	9120813.475	-91.41226764	577
411	760577.3313	9120812.305	-45.98187038	590
412	760782.4135	9120811.134	10.13790132	587
413	760987.496	9120809.962	23.85325656	557
414	761192.5787	9120808.789	-38.63221274	530
415	761397.6616	9120807.615	-102.2556149	544
416	761602.7449	9120806.441	-151.5401646	532
417	761807.8284	9120805.265	-166.6270582	527
418	762012.9122	9120804.088	-123.8711036	519
419	762217.9962	9120802.911	-77.49087416	541
420	762423.0805	9120801.733	-66.99134918	534
421	762628.1651	9120800.553	-66.40836692	462
422	762833.25	9120799.373	-50.87652466	452
423	763038.3351	9120798.192	-40.70234429	471
424	763243.4205	9120797.01	-43.87789295	512
425	763448.5061	9120795.827	-48.86150258	522
426	763653.592	9120794.643	-50.65059135	527
427	763858.6782	9120793.458	-36.90218283	535
428	764063.7647	9120792.273	-32.03999253	544
429	764268.8514	9120791.086	-34.88176688	544
430	764473.9384	9120789.898	-41.24495193	549
431	764679.0257	9120788.71	-37.24035176	553
432	764884.1132	9120787.52	-33.67173324	547
433	765089.201	9120786.33	-45.69479774	547
435	765294.2891	9120785.139	-48.79511789	544
436	765499.3775	9120783.947	-47.16667745	538
437	765704.4661	9120782.753	-38.52965782	544
438	765909.555	9120781.559	-30.90791699	563
439	766114.6441	9120780.364	-33.17797137	572
450	766319.7336	9120779.169	-37.93131136	606
451	766524.8233	9120777.972	-43.89107871	614
452	766729.9133	9120776.774	-50.89329293	611
453	760168.3393	9121020.246	-101.9057288	564
454	760373.4218	9121019.077	-128.1435221	567
456	760578.5047	9121017.908	-91.92114023	550
457	760783.5878	9121016.737	-37.7543138	553
458	760988.6712	9121015.565	-28.98353585	544
459	761193.7548	9121014.393	-67.10217818	542
460	761398.8387	9121013.219	-119.8050533	519

461	761603.9229	9121012.045	-164.4968976	527
462	761809.0073	9121010.87	-176.6321386	538
463	762014.092	9121009.693	-124.2492183	524
464	762219.177	9121008.516	-80.2267413	533
465	762424.2622	9121007.338	-80.31735884	534
466	762629.3477	9121006.159	-64.17427869	454
467	762834.4335	9121004.979	-38.61158047	473
468	763039.5195	9121003.798	-37.82908302	519
469	763244.6058	9121002.617	-44.33725497	516
470	763449.6924	9121001.434	-48.59231664	520
471	763654.7792	9121000.25	-50.49266132	526
472	763859.8664	9120999.066	-43.63394336	535
473	764064.9538	9120997.88	-38.95633754	542
474	764270.0414	9120996.694	-33.98027751	520
475	764475.1293	9120995.506	-31.59219316	534
476	764680.2175	9120994.318	-30.89471955	512
477	764885.306	9120993.129	-32.75493433	514
478	765090.3947	9120991.939	-43.07527985	513
479	765295.4837	9120990.748	-55.40762279	511
480	765500.573	9120989.556	-52.5231831	534
481	765705.6626	9120988.363	-44.25426237	531
482	765910.7524	9120987.169	-39.07670263	541
483	766115.8425	9120985.975	-37.11108757	564
484	766320.9328	9120984.779	-38.71106128	575
485	766526.0235	9120983.583	-43.28611464	590
486	766731.1144	9120982.385	-50.11808224	605
487	760169.5105	9121225.849	-105.4273845	556
488	760374.594	9121224.68	-124.745956	556
489	760579.6778	9121223.511	-102.6531218	535
490	760784.7618	9121222.34	-69.98790245	542
491	760989.8461	9121221.169	-66.9946571	539
492	761194.9306	9121219.997	-93.82563401	537
493	761400.0155	9121218.823	-136.9642019	509
494	761605.1005	9121217.649	-176.4418028	524
495	761810.1859	9121216.474	-187.4264452	534
496	762015.2715	9121215.298	-129.7728211	520
497	762220.3574	9121214.121	-64.15788367	524
498	762425.4436	9121212.943	-62.45477825	528
499	762630.53	9121211.765	-60.78289837	455
500	762835.6167	9121210.585	-29.02359427	441
501	763040.7037	9121209.405	-35.65847533	522
502	763245.7909	9121208.223	-44.1816063	519
503	763450.8784	9121207.041	-46.59215034	521
504	763655.9662	9121205.857	-48.97763299	526

505	763861.0542	9121204.673	-50.44575774	522
506	764066.1425	9121203.488	-47.45095943	532
507	764271.2311	9121202.302	-38.59773181	508
508	764476.32	9121201.115	-29.06863889	521
509	764681.4091	9121199.927	-24.27244543	502
510	764886.4985	9121198.738	-25.8365287	502
511	765091.5882	9121197.548	-36.53293384	504
512	765296.6781	9121196.357	-52.78503917	510
513	765501.7683	9121195.166	-49.56493911	553
514	765706.8588	9121193.973	-44.23743394	541
516	765911.9495	9121192.779	-42.06519713	549
517	766117.0405	9121191.585	-38.02329559	569
518	766322.1318	9121190.39	-37.49318485	574
519	766527.2234	9121189.193	-40.9839376	584
520	766732.3152	9121187.996	-46.60822233	609
521	760170.6814	9121431.451	-90.22939594	521
522	760375.7659	9121430.283	-105.9523949	529
523	760580.8505	9121429.114	-90.95866335	501
524	760785.9355	9121427.943	-76.48200567	500
525	760991.0207	9121426.772	-81.22488567	499
526	761196.1062	9121425.6	-104.0283282	523
527	761401.192	9121424.427	-141.3109352	517
528	761606.278	9121423.254	-181.9260688	503
529	761811.3643	9121422.079	-209.3090333	511
530	762016.4508	9121420.903	-154.726703	493
531	762221.5376	9121419.726	-75.97883312	479
532	762426.6247	9121418.549	-14.916993	461
533	762631.7121	9121417.37	-62.27534166	446
534	762836.7997	9121416.191	-29.55018657	475
535	763041.8876	9121415.011	-36.45164128	479
536	763246.9757	9121413.829	-45.07887734	467
537	763452.0642	9121412.647	-46.43280181	461
538	763657.1529	9121411.464	-46.19237195	475
539	763862.2418	9121410.28	-54.29543993	488
540	764067.3311	9121409.095	-55.92394042	500
541	764272.4206	9121407.909	-41.90328948	513
542	764477.5104	9121406.723	-25.25151008	521
543	764682.6004	9121405.535	-15.82872859	530
544	764887.6907	9121404.346	-14.51943021	544
546	765092.7813	9121403.157	-20.73319871	530
547	765297.8722	9121401.966	-32.56478374	516
548	765502.9633	9121400.775	-36.5820122	520
549	765708.0547	9121399.583	-37.41041356	530
560	765913.1464	9121398.389	-37.42153471	546

561	766118.2383	9121397.195	-34.0599218	559
562	766323.3305	9121396	-33.90537726	559
563	766528.423	9121394.804	-37.50862525	538
564	766733.5157	9121393.607	-42.85232557	533
565	760171.8521	9121637.054	-66.87972492	499
567	760376.9375	9121635.886	-68.38067481	512
568	760582.0231	9121634.717	-64.52394794	505
569	760787.1089	9121633.547	-66.60197597	492
570	760992.1951	9121632.376	-80.39293687	490
571	761197.2815	9121631.204	-104.443509	512
572	761402.3682	9121630.031	-135.1551327	506
573	761607.4551	9121628.858	-169.5624896	500
574	761812.5423	9121627.683	-197.3655388	447
575	762017.6298	9121626.508	-154.6646627	451
576	762222.7175	9121625.332	-86.25104528	445
577	762427.8056	9121624.154	-34.41210569	456
578	762632.8938	9121622.976	-28.06817604	444
579	762837.9824	9121621.797	-36.75114159	445
580	763043.0712	9121620.617	-41.84644803	453
581	763248.1603	9121619.436	-49.86311037	464
582	763453.2496	9121618.254	-47.51774296	484
583	763658.3393	9121617.071	-41.40819252	496
584	763863.4292	9121615.888	-58.39292261	508
585	764068.5193	9121614.703	-66.63243105	508
586	764273.6097	9121613.517	-43.15111869	501
587	764478.7004	9121612.331	-18.28790366	513
588	764683.7914	9121611.143	-5.860966023	513
589	764888.8827	9121609.955	-2.037899403	514
590	765093.9742	9121608.766	-3.710502728	504
591	765299.066	9121607.576	-13.61243705	513
592	765504.158	9121606.384	-23.47173344	542
593	765709.2503	9121605.192	-28.89088889	550
594	765914.3429	9121603.999	-29.60913977	535
595	766119.4358	9121602.806	-27.58055032	536
596	766324.5289	9121601.611	-28.80317612	522
597	766529.6223	9121600.415	-34.14455816	522
598	766734.716	9121599.218	-40.25092509	559
599	760173.0225	9121842.656	-45.85065929	490
600	760378.1088	9121841.488	-39.99608284	485
601	760583.1953	9121840.32	-39.31842423	473
602	760788.2821	9121839.15	-52.46478747	481
603	760993.3692	9121837.979	-73.52934543	474
604	761198.4565	9121836.808	-97.08511763	482
605	761403.5441	9121835.635	-121.0595004	486

606	761608.632	9121834.462	-140.7220561	472
607	761813.7201	9121833.288	-147.2519447	417
608	762018.8085	9121832.113	-120.0109772	431
609	762223.8972	9121830.937	-80.94715782	426
610	762428.9861	9121829.76	-56.55456469	428
611	762634.0753	9121828.582	-40.99502129	455
612	762839.1648	9121827.403	-38.10949317	474
613	763044.2545	9121826.223	-43.6003105	478
614	763249.3446	9121825.042	-52.90660248	474
615	763454.4348	9121823.861	-47.58546258	479
616	763659.5254	9121822.678	-24.52364382	484
617	763864.6162	9121821.495	-60.46570881	482
618	764069.7073	9121820.31	-81.11552881	487
619	764274.7986	9121819.125	-39.65926132	495
620	764479.8903	9121817.939	-7.281423454	489
621	764684.9822	9121816.752	3.729725087	490
622	764890.0743	9121815.564	6.568002859	500
623	765095.1668	9121814.375	8.317297853	522
624	765300.2595	9121813.185	-0.451203017	532
625	765505.3524	9121811.994	-16.35945803	530
626	765710.4457	9121810.802	-24.22601668	500
627	765915.5392	9121809.609	-25.29828925	498
628	766120.633	9121808.416	-22.38294137	503
629	766325.7271	9121807.221	-24.37184237	534
630	766530.8214	9121806.026	-32.41967526	544
631	766735.916	9121804.829	-39.8571093	594
632	760174.1926	9122048.258	-34.41491822	468
633	760379.2798	9122047.091	-29.34465556	460
634	760584.3673	9122045.923	-28.43500555	460
635	760789.455	9122044.753	-43.55522568	462
636	760994.543	9122043.583	-64.9920506	443
637	761199.6313	9122042.412	-85.07969665	448
638	761404.7198	9122041.24	-103.5678611	461
639	761609.8086	9122040.066	-112.0051652	456
640	761814.8976	9122038.892	-110.72559	440
641	762019.987	9122037.718	-92.16353488	464
642	762225.0766	9122036.542	-60.12028465	464
643	762430.1664	9122035.365	-38.03038281	471
644	762635.2566	9122034.187	-36.88164902	468
645	762840.347	9122033.009	-37.08000092	462
646	763045.4376	9122031.829	-41.89631866	463
647	763250.5286	9122030.649	-51.07547533	463
648	763455.6198	9122029.467	-42.89041109	465
649	763660.7112	9122028.285	-3.41104291	469

650	763865.803	9122027.102	-55.28956986	481
651	764070.895	9122025.918	-87.374447	493
652	764275.9873	9122024.733	-24.43194552	489
653	764481.0798	9122023.547	6.806044389	502
654	764686.1726	9122022.36	8.714396731	522
655	764891.2657	9122021.172	7.505213721	517
656	765096.3591	9122019.983	6.478105392	510
657	765301.4527	9122018.794	-2.863972603	465
658	765506.5466	9122017.603	-17.75367431	512
658	765711.6408	9122016.412	-25.71674118	514
659	765916.7352	9122015.219	-30.19314069	559
660	766121.8299	9122014.026	-21.37070101	575
661	766326.9249	9122012.832	-22.80711841	592
662	766532.0202	9122011.637	-34.22058448	595
663	766737.1157	9122010.44	-42.52343303	589
664	760175.3625	9122253.861	-28.83182221	450
665	760380.4506	9122252.694	-27.48054442	454
666	760585.539	9122251.525	-31.2897783	453
667	760790.6277	9122250.356	-42.59239455	438
668	760995.7166	9122249.186	-58.28116956	434
669	761200.8057	9122248.015	-73.55581601	428
670	761405.8952	9122246.844	-85.045579	445
671	761610.9849	9122245.671	-91.90508202	437
672	761816.0749	9122244.497	-88.41669244	444
673	762021.1651	9122243.322	-72.45599775	451
674	762226.2557	9122242.147	-44.9821527	455
675	762431.3464	9122240.97	-24.73317417	452
676	762636.4375	9122239.793	-36.23160141	450
677	762841.5288	9122238.615	-39.90182041	458
678	763046.6204	9122237.435	-44.16259164	461
679	763251.7123	9122236.255	-46.93837893	465
680	763456.8044	9122235.074	-37.51101182	469
681	763661.8968	9122233.892	-24.59031794	475
682	763866.9895	9122232.709	-45.11589864	502
683	764072.0824	9122231.525	-48.81223099	507
684	764277.1756	9122230.341	-6.962723413	489
685	764482.2691	9122229.155	12.27978477	493
686	764687.3628	9122227.968	6.96076808	484
687	764892.4568	9122226.781	-1.421113083	462
688	765097.5511	9122225.592	-4.385990655	463
689	765302.6457	9122224.403	-13.8595373	466
690	765507.7405	9122223.213	-25.36148289	521
691	765712.8356	9122222.021	-32.4584831	559
692	765917.931	9122220.829	-34.1901248	563

693	766123.0266	9122219.636	-29.39841358	578
694	766328.1225	9122218.442	-29.8014291	589
695	766533.2187	9122217.247	-40.66932143	575
696	766738.3152	9122216.052	-47.98591538	562
697	760176.5321	9122459.463	-25.8468748	434
698	760381.6211	9122458.296	-26.61022731	442
699	760586.7104	9122457.128	-32.30886109	441
700	760791.8	9122455.96	-41.58944952	434
701	760996.8898	9122454.79	-52.55917051	426
702	761201.98	9122453.619	-62.93088671	409
703	761407.0703	9122452.448	-73.30774049	397
704	761612.161	9122451.275	-78.39393724	411
705	761817.2519	9122450.102	-75.40121231	433
706	762022.343	9122448.927	-63.07237347	440
707	762227.4345	9122447.752	-46.38632792	441
708	762432.5262	9122446.576	-34.96445049	446
709	762637.6182	9122445.399	-41.44956582	455
710	762842.7104	9122444.221	-47.17240707	474
711	763047.8029	9122443.042	-50.15697405	476
712	763252.8957	9122441.862	-49.0377989	482
713	763457.9888	9122440.681	-43.14547684	481
714	763663.0821	9122439.499	-37.87944173	481
715	763868.1757	9122438.316	-38.23227555	495
716	764073.2695	9122437.133	-32.47508024	496
717	764278.3637	9122435.948	-13.73374972	452
718	764483.4581	9122434.763	-1.558539978	436
719	764688.5527	9122433.577	-1.649668891	448
720	764893.6477	9122432.389	-5.893877675	471
721	765098.7429	9122431.201	-13.12262303	499
722	765303.8384	9122430.012	-23.76273426	519
723	765508.9341	9122428.822	-34.85736084	534
724	765714.0301	9122427.631	-41.94638046	552
725	765919.1264	9122426.439	-45.76874668	561
726	766124.223	9122425.246	-44.92703483	567
727	766329.3198	9122424.053	-44.97553078	541
728	766534.4169	9122422.858	-47.0824047	540
729	766739.5143	9122421.663	-52.28389284	542
730	760177.7014	9122665.066	-23.88994319	414
731	760382.7914	9122663.899	-25.35440152	419
732	760587.8816	9122662.731	-31.50571676	428
733	760792.9721	9122661.563	-39.03415108	423
734	760998.0629	9122660.393	-46.76914295	394
735	761203.1539	9122659.223	-55.27108299	376
736	761408.2452	9122658.051	-64.16562387	422

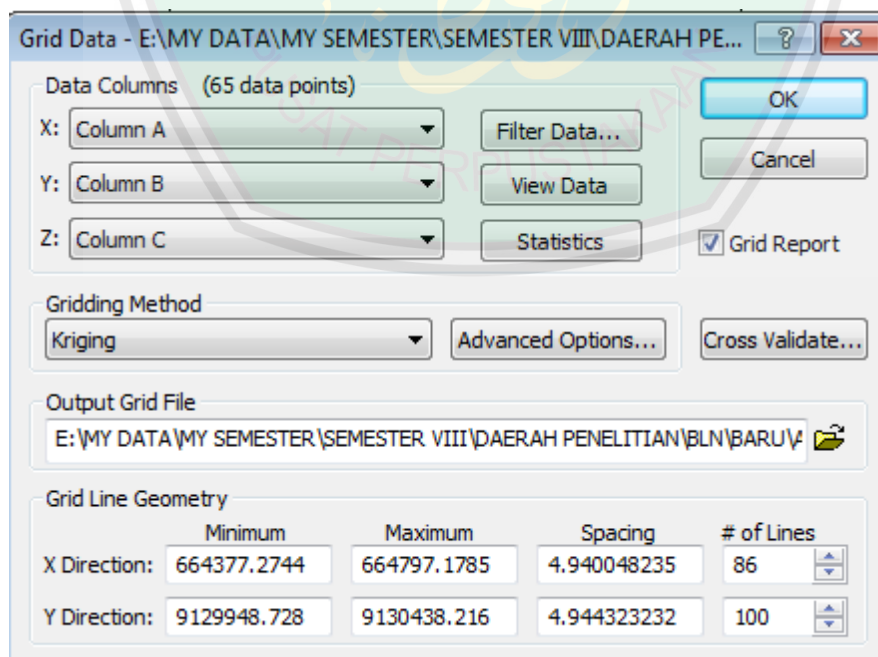
737	761613.3367	9122656.879	-68.68038735	433
738	761818.4286	9122655.706	-67.65893816	437
739	762023.5207	9122654.532	-59.54540311	437
740	762228.613	9122653.357	-50.07107447	440
741	762433.7057	9122652.181	-43.51164257	444
742	762638.7986	9122651.004	-46.93614274	451
743	762843.8917	9122649.826	-53.94001777	457
744	763048.9852	9122648.648	-56.51387785	458
745	763254.0789	9122647.468	-53.49608619	466
746	763459.1729	9122646.288	-48.22141121	470
747	763664.2671	9122645.106	-43.07204262	483
748	763869.3616	9122643.924	-37.68294683	466
749	764074.4564	9122642.74	-30.47771414	457
750	764279.5514	9122641.556	-20.3804137	444
751	764484.6468	9122640.371	-12.81211947	486
752	764689.7424	9122639.185	-24.38590929	498
753	764894.8382	9122637.998	-14.07202632	504
754	765099.9344	9122636.81	-20.6354387	530
755	765305.0308	9122635.621	-30.36366687	515
756	765510.1274	9122634.431	-40.36208612	528
757	765715.2244	9122633.241	-50.35526561	544
758	765920.3216	9122632.049	-57.30720794	534
759	766125.4191	9122630.857	-57.39699871	529
760	766330.5168	9122629.663	-54.94377007	532
761	766535.6149	9122628.469	-55.53344094	563
762	766740.7132	9122627.274	-57.81178057	583



Lampiran 2: Data Menggunakan Surfer 11

Pada penelitian ini, Surfer 11 digunakan untuk mengkonturkan nilai data. Data masukan pada Surfer 11 adalah bujur, lintang, dan data (data apapun yang ingin dibuat kontur), misal pengkonturan anomali Bouguer, maka Langkah – langkah pengkonturannya sebagai berikut:

1. Buka Surfer 11, kemudian pilih New Worksheet. Pada kolom pertama masukkan data bujur, kolom kedua masukkan data lintang dan kolom ketiga masukkan data anomali Bouguer.
2. Kemudian, Save dalam extension (file type) “ BLN Golden Software Blanking”.
3. Selanjutnya, pilih menu New Plot. Pilih menu “Grid” → “Data” selanjutnya akan tampil kotak dialog yang meminta file “bln” yang tadi sudah disimpan. Klik “Open” maka akan tampil kotak dialog seperti di bawah ini.

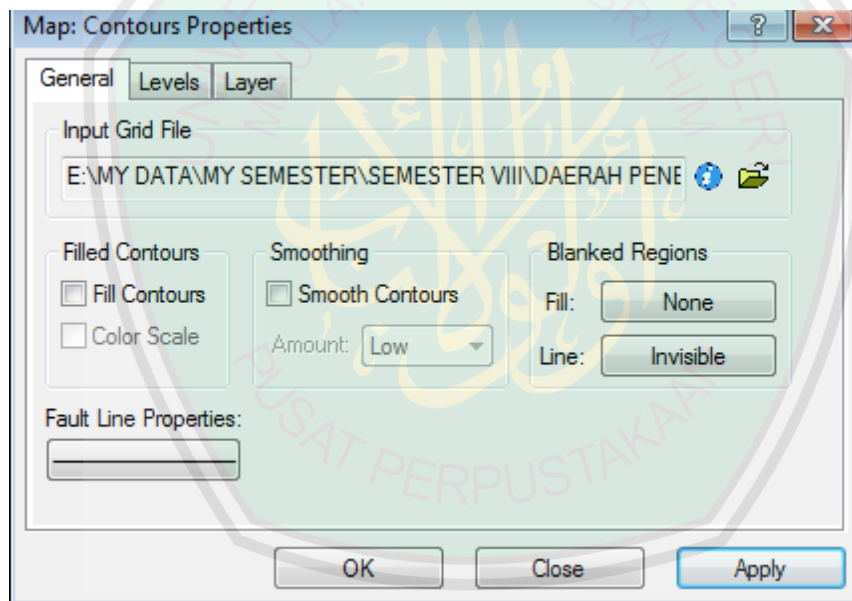


Pilih "Gridding Method" yang diinginkan kemudian tekan "OK" maka data akan langsung diproses dan akan tersimpan dengan file nama yang sama dengan nama yang tersimpan dengan type file "GRD file"..

4. Selanjutnya pilih menu "Map" → "New" → "Contour Map" maka akan tampil kotak dialog yang meminta untuk memasukkan file "GRD File" file ini merupakan hasil dari tahap 3. Selanjutnya klik "Open".

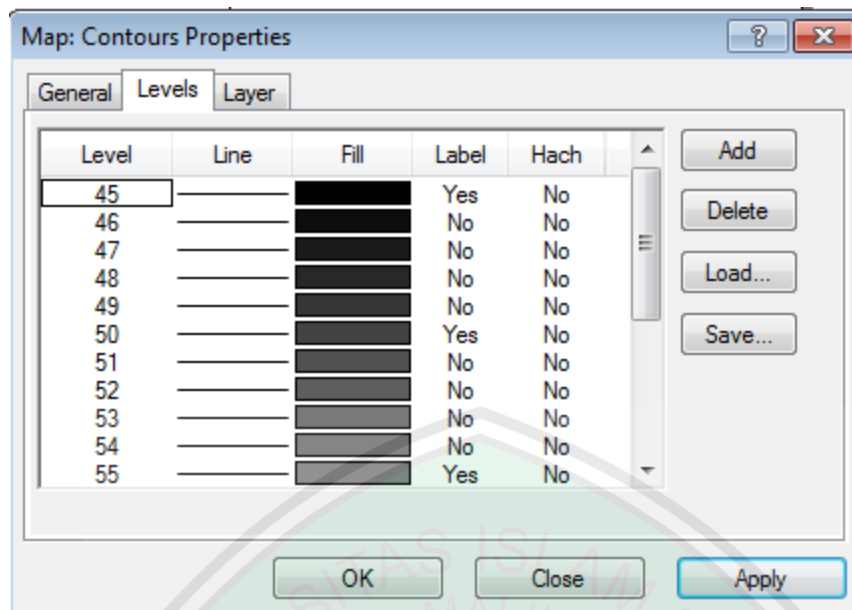
Maka akan tampil sebuah kontur dari data tersebut.

5. Selanjutnya untuk mewarnai kontur, klik kanan pada kontur pilih "Properties" maka akan tampil kotak dialog seperti di bawah ini:

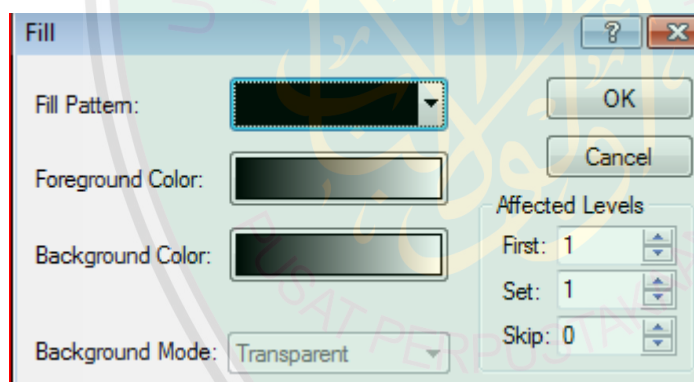


Pada menu General centang menu "Fill Contours" dan "Color Scale".

Kemudian pilih menu "Levels". Maka akan tampil kotak dialog seperti di bawah ini.



6. Selanjutnya klik menu "Fill" maka akan tampil kotak dialog seperti dibawah ini.



7. Selanjutnya klik pada kotak warna pada "Foreground Color" kemudian pilih warna yang diinginkan klik "OK" dan "Apply". Maka kontur sudah berwarna sesuai dengan yang kita inginkan.

Proses pengkonturan ini, berlaku untuk semua data yang ingin dikonturkan tinggal mengganti Kolom C pada langkah 1 dengan data yang ingin dikonturkan.. Kemudian tahap selanjutnya akan sama.

Lampiran 3. Reduksi Bidang Datar menggunakan Matlab 2010

A. Langkah-langkah Reduksi ke Bidang Datar

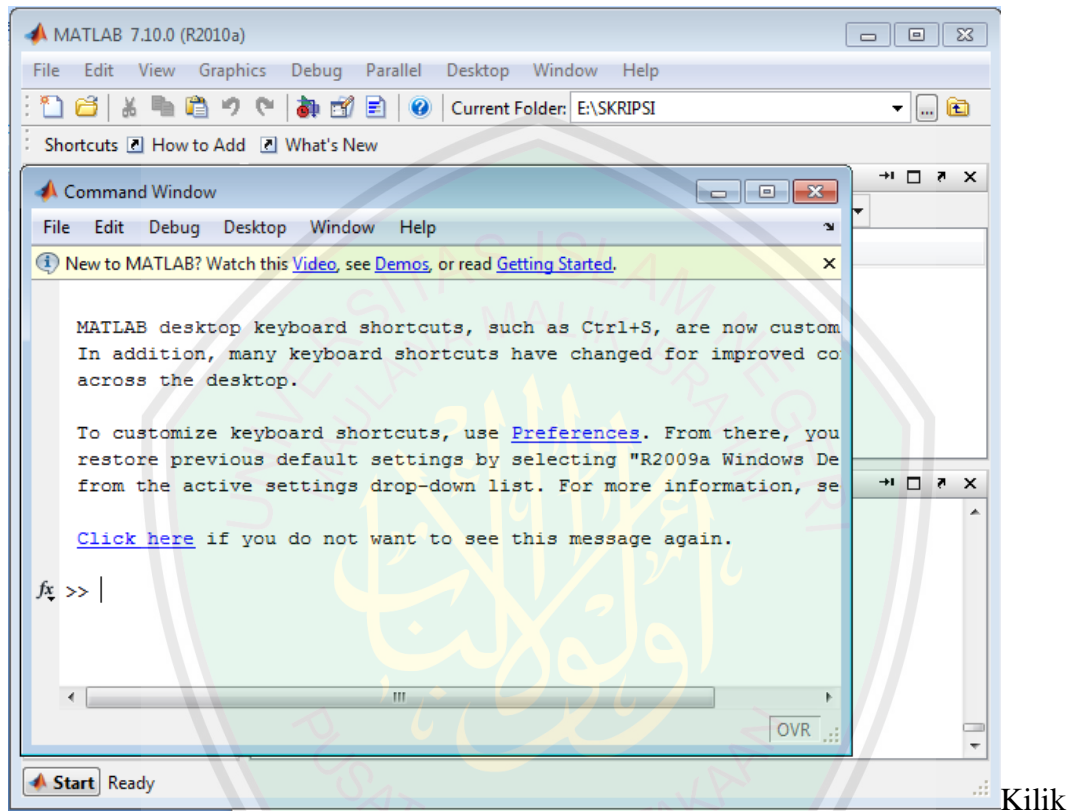
Pada penelitian ini proses membawa anomali gravitasi kebidang datar dilakukan dengan menggunakan metode pendekatan Dampney. Metode ini membawabendaanomali gravitasikedalamsumberekivalentitikmassasehinggadaribidangti tikmassatersebutdiperoleh data anomali gravitasidisuatubidangdatardenganketinggian tertentu. Adapun proses perhitungan tersebut dilakukan dengan menggunakan Matlab 10 sebagaiberikut :

1. Dibuka software *Surfer11* kemudian *file* → *New* → *worksheet*
2. Kolom A di isi dengan Bujur (UTM), kolom B di isi dengan Lintang (UTM) dan kolom C di isi dengan nilai anomaly bouger lengkap, dengan gambar sebagai berikut :

	A	B	C
1	760153.09	9118347.4	11.934057
2	760358.16	9118346.2	-21.720486
3	760563.23	9118345.1	-58.943985
4	760768.30	9118343.9	-96.100307
5	760973.37	9118342.7	-129.38444
6	761178.44	9118341.5	-129.79880
7	761383.52	9118340.4	-178.02209
8	761588.59	9118339.2	-204.33495
9	761793.66	9118338.0	-184.83143
10	761998.73	9118336.8	-119.03168
11	762203.81	9118335.6	-71.391952
12	762408.88	9118334.5	-47.252305
13	762613.95	9118333.3	-39.290474
14	762819.03	9118332.1	-40.000862
15	763024.10	9118330.9	-42.986986

3. File disimpan dalam format *.txt*

4. Gabungkan file yang disimpan dalam format *.txt* tersebut dengan *script* matlab yang sudah dibuat dalam satu *folder*.
5. Setelah itu buka *Software Matlab 7.6.0*, kemudian *open filefolder* yang dalam satu folder tersebut dan akan muncul seperti gambar dibawah:



Run, tunggu sampai proses selesai.

B. Script reduksi ke bidang datar

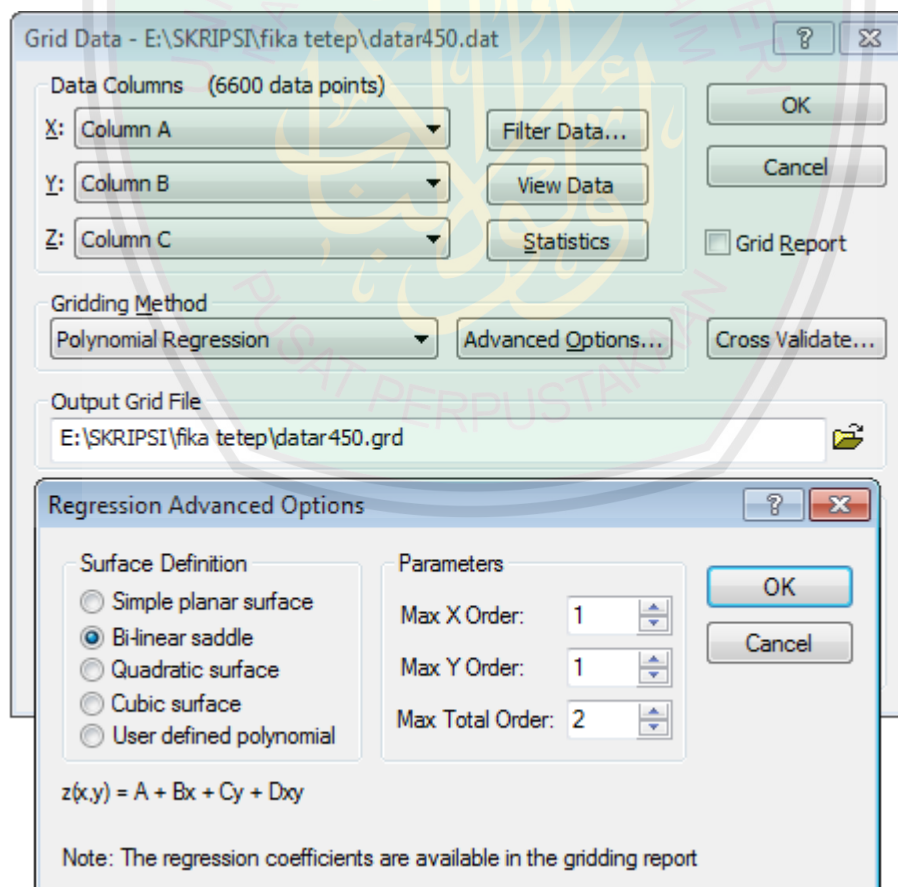
```
%ProyeksikeBidangDatar
%Asumsi: Medan gravitasipadabidangdatarmerupakanrepresentasidari
%distribusimassadiskritpada subsurface horizontal padakedalaman
%tertentu
clearall
clc
load('fika.txt');
x=fika(:,1);
y=fika(:,2);
z=fika(:,3);
g=fika(:,4);
g1=g/10^5;
dx=input('interval grid:');
G=6.6732e-11;
hminz1=2.5*dx;
hmaxz=6*dx;
h=input('kedalamanbidangekivalen:');
up=input('ketinggianupw:');
upw=-up;
xa=fika(:,1);
ya=fika(:,2);
alfa=xa;
beta=ya;
N=length(x);
Y=length(xa);
for i=1:N;
for j=1:N;
    Ma1=i;
    a(i,j)=G*(h-z(i))/((x(i)-alfa(j))^2+(y(i)-
beta(j))^2+(z(i)-h)^2)^1.5;
end;

end;
meq=inv(a)*g1;
gp=a*meq;
error=sum(abs(gp-g1))/N;
for i=1:Y;
for j=1:N;
    Ma2=i;
    b(i,j)=G*(h-upw)/((xa(i)-x(j))^2+(ya(i)-y(j))^2+(upw-
h)^2)^1.5;
end;
end;
gupw=b*meq*10^5;
gbidtar=[x y gupw];
savefika30-2.txtgbidtar-ascii
```

Lampiran 4. Polinomial Fitting menggunakan Surfer 11

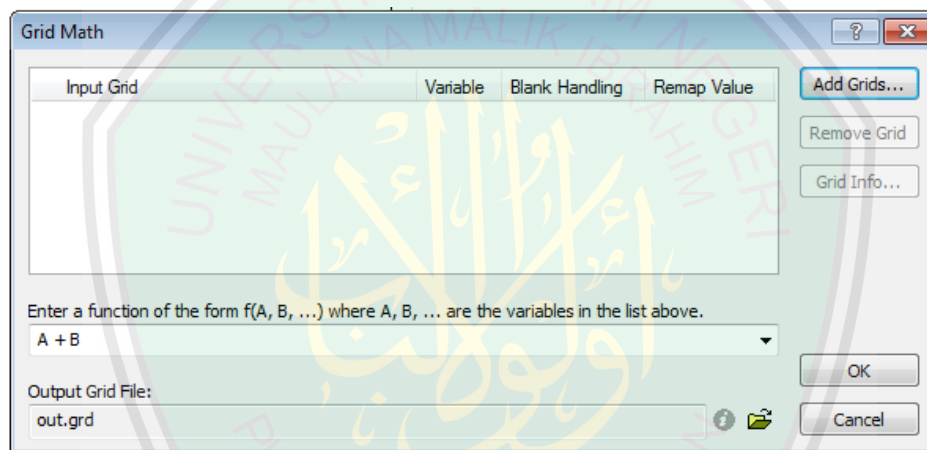
Proses pemisahan anomali regional dan anomaly local dalam penelitian ini dilakukan dengan pendekatan persamaan polynomial fitting orde 2 terhadap anomaly bouguer lengkap yang akan diproses. Langkah – langkah menggunakan software ini sebagai berikut:

1. Buka program Surfer 11 pilih menu “Grid” maka akan keluar kotak dialog yang meminta file dengan extension “Bln atau DAT File”. Dalam hal ini “Blnatau DAT File” yang dimaksud adalah file untuk anomali Bouguer lengkap yang sudah dibawa ke bidang datar. Maka akan tampil kotak dialog seperti di bawahini.



Dimana kolom “Gridding Method” yang awalnya “Kringin” diganti menjadi “Polinomial Regression” dan kolom “Advance Options” di isidengan “Bi-linier Saddle”. Kemudian OK, maka akan tersimpan file baru dalam bentuk grid. File yang tersimpan ini merupakana nomali regionalnya, sehingga untuk mendapatkan anomalil lokalnya maka dilanjutkan dengan proses berikutnya yaitu:

2. Pilih menu “Grid” selanjutnya “Math” maka muncul kolom dialog seperti di bawah ini.



3. Kemudian, input data anomaly bouguer lengkap pada bidang datar dan anomali regional dari hasil polynomial tadi. Pada kolom “Enter a Function...” yang awalnya A+B digantimenjadi A-B. selanjutnya di OK maka dengan otomatis tersimpan anomali lokalnya.
4. Untuk melihat hasilnya dibuka di Surfer 11 seperti pada lampiran 2.

Lampiran 5. Pemodelan Menggunakan Grav2DC For Windows.

Pemodelan dilakukan dengan metode trial dan eror sehingga dalam pengerjaanya harus diiterasi sampai didapatkan ralat (error) terkecil. Perhitungan ralat model ini menurut (Sunaryo,2001) menggunakan rumus:

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

dimana,

R_M = Ralatrata-rata model terhadap data lapangan

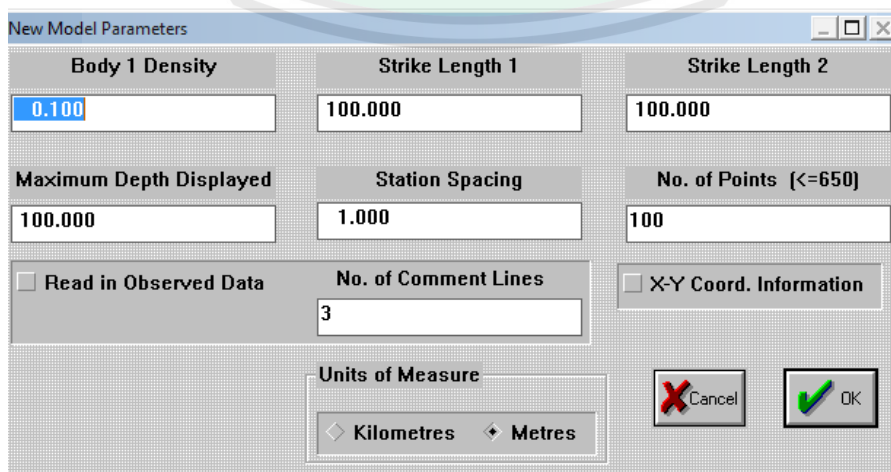
XL_i = Data lapangan (terukur)

XM_i = Data lapangan(terhitung)

N = Jumlah data.

Masukan untuk program Grav2DC adalah nilai panjang lintasan dan nilai anomali Bouguer pada lintasan dengan file extension “dta”. Langkah - langkah menggunakan Grav2DC for windows sebagai berikut:

1. Buka program Grav2DC for windows kemudian pilih menu “System Option” kemudian pilih “Begin a new model” maka akan tampil kotak dialog seperti dibawah ini.



Body 1 Density	Strike Length 1	Strike Length 2
0.100	100.000	100.000
Maximum Depth Displayed	Station Spacing	No. of Points (<=650)
100.000	1.000	100
<input type="checkbox"/> Read in Observed Data	No. of Comment Lines	<input type="checkbox"/> X-Y Coord. Information
	3	
Units of Measure		
◁ Kilometres ▷ Metres		
		<input type="button" value="Cancel"/> <input type="button" value="OK"/>

- Pada kotak "Body 1 Density" masukkan nilai densitas yang diketahui melalui tabel massa batuan, ini akan menjadi lapisan pertama dalam pemodelan.
2. Selanjutnya pada kotak "maximum depth displayed" masukkan nilai kedalaman pemodelan yang diinginkan. Pada kotak "station spacing" masukkan data spasi pengukuran. Pada kotak "Strike length 1 dan Strike length 2" masukkan nilai panjang pemodelan ke arah lateral (ke arah kanan dan kiri model penampang) yang diinginkan. Pada penelitian ini digunakan 100 m.
 3. Selanjutnya pada kotak "no. of points" masukkan nilai sejumlah data yang akan dibaca oleh software. Kemudian, centang menu "Read in Observed data" untuk dapat memasukkan nilai data amatan. Pada kotak "Unit of measure" pilih satuan yang diinginkan "meter" atau "kilometer". Terakhir klik "OK" kemudian buatlah pola lapisan dengan menggunakan tombol kiri Mouse kalau sudah terbentuk pola lapisan yang diinginkan "klik kanan" pada Mouse.
 4. Selanjutnya, untuk menambahkan Body atau lapisan pilih menu "Edit Model" kemudian "add a Body". Maka akan tampil kotak dialog seperti di bawah ini.

Density	Body 2
0.100	
Strike length 1	Name
100.000	
Strike length 2	
100.000	
	Cancel
	OK

Pada kotak "Density" masukkan nilai densitas yang diinginkan. Kemudian klik "OK". Selanjutnya buat pola lapisan seperti yang diinginkan dengan cara yang

sama pada langkah3.Buatlah lapisan sesuai dengan kontrol data yang diketahui, misal penelitian sebelumnya, informasi geologi, dll.

5. Apabila sudah mendapatkan jumlah lapisan yang diinginkan maka langkah terakhir, rubahlah bentuk dan densitas pada setiap Body/lapisan (dengan catatan harus berdasarkan informasi geologi dan teori yang ada) sampai didapatkan nilai error terkecil atau sampai kurva amatan dan hitungan Match.



Lampiran 9 :Data irisan penampang AB, CD, EF dan GH pada anomali lokal

1. Data hasil slice AB

No.	X	Y
1	0	84.8607343644
2	54.6250481084	82.891344046
3	92.9377741094	80.116331024
4	140.100815022	76.9620868442
5	200.125725981	73.4424109405
6	225.576581932	72.3311386191
7	307.313677851	69.2838401378
8	311.052348845	69.2044619633
9	396.528115759	68.2442083775
10	414.501629722	68.2477221808
11	482.003882672	68.5276803634
12	521.689581592	68.7780037126
13	567.479649582	69.3211378657
14	628.877533462	69.5738420073
15	652.955416495	69.585679368
16	736.065485334	69.945468668
17	738.431183409	69.9589097867
18	823.906950319	70.9613082619
19	843.253437204	71.3331126771
20	909.382717232	72.2757530466
21	950.441389074	73.0401260958
22	994.858484146	73.358646508
23	1057.62934094	74.2675768935
24	1080.33425106	74.239146228
25	1164.81729282	74.6375624773
26	1165.81001797	74.6241223799
27	1251.28578488	74.102776487
28	1272.00524469	74.1414821138
29	1336.7615518	71.9008275029
30	1379.19319656	68.7746047676
31	1422.23731871	63.8060144137
32	1486.38114843	55.9005573764
33	1507.71308562	52.8635896674
34	1593.18885253	40.2634507296
35	1593.5691003	40.202397826
36	1678.66461945	24.957525549
37	1700.75705217	20.7266587159
38	1764.14038636	8.17928828686
39	1807.94500404	-0.701678660149
40	1849.61615327	-8.92185590322

41	1915.13295591	-21.8263469068
42	1935.09192018	-25.4620454794
43	2020.5676871	-40.6683653637
44	2022.32090778	-40.9738065346
45	2106.04345401	-54.3085785302
46	2129.50885965	-57.8932784831
47	2191.51922092	-66.3423324005
48	2236.69681152	-72.1109506912
49	2276.99498783	-76.3404627242
50	2343.88476339	-83.123849265
51	2362.47075475	-84.4882451355
52	2447.94652166	-89.6090239281
53	2451.07271526	-89.7608775777
54	2533.42228857	-91.7669746564
55	2558.26066713	-92.2400380327
56	2618.89805548	-91.7821104087
57	2665.448619	-90.1911630387
58	2704.3738224	-86.7650738441
59	2772.63657087	-79.5132368694
60	2789.84958931	-77.4568003345
61	2875.32535622	-67.1857093406
62	2879.82452274	-66.61794538
63	2960.80112313	-55.9958196472
64	2987.01247461	-52.4559051837
65	3046.27689005	-44.2028194725
66	3094.20042648	-38.0293658108
67	3131.75265696	-33.3945734276
68	3201.38837836	-25.3369799569
69	3217.22842387	-23.6411834439
70	3302.70419078	-14.8588103611
71	3308.57633023	-14.2778201095
72	3388.1799577	-7.14424968716
73	3415.7642821	-4.89123563668
74	3473.65572461	-0.722435636396
75	3481.28515778	-0.220477725797

2. Data hasil slice CD

No	X	Y
1	0	47.19080012
2	64.4793801443	49.4262207409
3	131.022600782	51.8657376117
4	197.565821419	54.7991588671
5	264.109042056	58.2849152487
6	330.652262693	62.0337928945

7	397.195483331	65.6923541651
8	463.738703968	69.0753108177
9	530.281924605	71.7789533262
10	596.825145242	73.2841681485
11	663.36836588	73.0025682376
12	729.911586517	70.6764380584
13	796.454807154	66.2203885188
14	862.998027791	59.3070096291
15	929.541248429	49.9816596362
16	996.084469066	38.5830396895
17	1062.6276897	25.1024423247
18	1129.17091034	10.0272953908
19	1195.71413098	-5.42412128926
20	1262.25735162	-20.0205751909
21	1328.80057225	-33.12465842
22	1395.34379289	-44.812311956
23	1461.88701353	-54.3816341391
24	1528.43023416	-61.2540665113
25	1594.9734548	-66.0974999978
26	1661.51667544	-68.6330283577
27	1728.05989608	-68.5264659947
28	1794.60311671	-66.6197775478
29	1861.14633735	-63.3297845801
30	1927.68955799	-58.7137448438
31	1994.23277862	-53.2863905581
32	2060.77599926	-47.1432299205
33	2127.3192199	-40.0605341564
34	2193.86244054	-32.7081675873
35	2260.40566117	-25.5970835173
36	2326.94888181	-18.9364200723
37	2393.49210245	-12.815984385
38	2460.03532309	-7.35701881934
39	2501.28776879	-4.49836598886
40	2526.57854372	-2.74562715888
41	2593.12176436	1.18892616757
42	2659.664985	4.64079605174
43	2726.20820563	7.71141135121
44	2792.75142627	10.4330870962
45	2859.29464691	12.8047854371
46	2925.83786755	14.8179650565
47	2992.38108818	16.4964649719
48	3058.92430882	17.8592080769
49	3125.46752946	18.8681596531
50	3192.0107501	19.5546706079

51	3258.55397073	19.9763708893
52	3325.09719137	20.1125875812
53	3391.64041201	20.0282490544
54	3458.18363264	19.8874549311
55	3524.72685328	19.8590222329
56	3591.27007392	20.0130398093
57	3657.81329456	20.3149654168
58	3724.35651519	20.8065050688
59	3790.89973583	21.4126212665
60	3857.44295647	21.8212314793
61	3923.98617711	21.4869579959
62	3990.52939774	20.0627165071
63	4057.07261838	18.1347819285
64	4123.61583902	15.7934973055
65	4190.15905965	13.0352229315
66	4256.70228029	10.4367052193
67	4323.24550093	8.54647155003
68	4389.78872157	7.92812957126
69	4456.3319422	7.94094475433
70	4522.87516284	8.33834134298
71	4589.41838348	9.09709229262
72	4655.96160412	9.87509145928
73	4722.50482475	10.4444807863
74	4789.04804539	10.6103120847
75	4855.59126603	10.4411255661
76	4922.13448666	9.99106698417
77	4988.6777073	9.2714700314
78	5055.22092794	8.39853369687
79	5121.76414858	7.49132976217
80	5188.30736921	6.64959856054
81	5254.85058985	5.90485038224
82	5321.39381049	5.26618278946
83	5387.93703113	4.76133962988
84	5454.48025176	4.33672810115
85	5521.0234724	3.91039402912
86	5587.56669304	3.37717219323
87	5654.10991367	2.70917950013
88	5720.65313431	1.90336920158
89	5787.19635495	0.825424815814
90	5853.73957559	-0.528749293474
91	5920.28279622	-2.07670658175
92	5986.82601686	-3.88275552488
93	6053.3692375	-5.94358357174
94	6119.91245814	-8.16172707427

95	6186.45567877	-10.5062835352
96	6252.99889941	-12.9494668801
97	6319.54212005	-15.4585830049
98	6386.08534068	-17.9320650232
99	6452.62856132	-20.2816509456
100	6519.17178196	-22.5828277758
101	6538.24667133	-23.1408801344

3. Data hasil slice EF

No.	X	Y
1	0	85.2251488779
2	33.5593588303	83.9037615215
3	75.7833069331	81.0487463439
4	152.116340224	75.7314668207
5	170.318624017	74.5566276897
6	228.449373516	71.0265452679
7	304.782406807	66.3126874155
8	307.077889203	66.1333680628
9	381.115440099	58.8784509162
10	443.837154386	51.4163961111
11	457.44847339	49.6793817749
12	533.781506682	40.2301469613
13	580.596419572	34.3398876852
14	610.114539973	30.9160565822
15	686.447573264	22.3579617164
16	717.355684759	18.4081431354
17	762.780606556	12.1612404593
18	839.113639848	-2.13101042722
19	854.114949945	-5.10924219155
20	915.446673139	-17.8489047056
21	990.874215128	-31.820811995
22	991.77970643	-31.986401874
23	1068.11273972	-45.2090501539
24	1127.63348031	-55.9444013957
25	1144.44577301	-58.8998970999
26	1220.77880631	-74.1404990629
27	1264.3927455	-84.1933343789
28	1297.1118396	-92.0082408137
29	1373.44487289	-109.690740086
30	1401.15201069	-115.454203113
31	1449.77790618	-124.884885159
32	1526.11093947	-137.488162745
33	1537.91127587	-139.0597677
34	1602.44397276	-146.604844819
35	1674.67054106	-150.708314131

36	1678.77700605	-150.782142501
37	1755.11003935	-145.158681318
38	1811.42980624	-137.375871593
39	1831.44307264	-133.878731867
40	1907.77610593	-112.653216591
41	1948.18907143	-98.0550221974
42	1984.10913922	-85.9038607426
43	2060.44217251	-59.966519782
44	2084.94833661	-52.8431508639
45	2136.7752058	-38.4314290379
46	2213.10823909	-23.1744247625
47	2249.12108754	-268.2668456

4. Data hasil slice GH

No.	X	Y
1	0	7.02913863047
2	23.1206976116	6.9925989226
3	90.1323852685	7.02191406529
4	157.144072927	7.21267489096
5	224.155760586	7.74942927174
6	291.167448245	8.50273566035
7	358.179135902	9.23697699646
8	425.190823561	9.7152212793
9	492.202511219	9.87788130274
10	559.214198878	9.75147239966
11	626.225886535	9.39374767093
12	693.237574194	8.81836131288
13	760.249261853	8.03752938575
14	827.260949511	7.40084562637
15	894.272637168	7.02609617098
16	961.284324827	6.68811035829
17	1028.29601249	6.52361459792
18	1095.30770014	6.59434486323
19	1162.3193878	6.72424314059
20	1229.33107546	6.84934224042
21	1296.34276312	6.92741577208
22	1363.35445078	6.99221143305
23	1430.36613843	7.04294665
24	1497.37782609	7.07246302131
25	1564.38951375	7.11477593268
26	1631.40120141	7.25532533571
27	1698.41288907	7.61213212002
28	1765.42457673	8.0725915937
29	1832.43626439	8.75295645312
30	1899.44795204	9.90705574468

31	1966.4596397	11.1827838248
32	2033.47132736	12.502432691
33	2100.48301502	13.9362337274
34	2167.49470268	15.3129520919
35	2234.50639033	16.571772826
36	2301.51807799	17.7034403539
37	2368.52976565	18.691119745
38	2435.54145331	19.5090321353
39	2502.55314097	20.0621184193
40	2569.56482863	20.4219642227
41	2636.57651629	20.5299866775
42	2703.58820394	19.9229975149
43	2770.5998916	18.9633323321
44	2837.61157926	17.7877459076
45	2904.62326692	15.692417118
46	2971.63495458	13.2844802024
47	3038.64664223	11.1325219238
48	3105.65832989	9.54579044088
49	3172.67001755	8.54968081014
50	3239.68170521	8.20325982111
51	3306.69339287	9.55539369451
52	3373.70508053	12.137785205
53	3440.71676818	15.0060782248
54	3507.72845584	17.8860292284
55	3574.7401435	20.5737869397
56	3641.75183116	22.8982291129
57	3708.76351882	25.0159480426
58	3775.77520648	26.7787168301
59	3842.78689413	27.6787274967
60	3909.79858179	26.9359236044
61	3976.81026945	24.5082495741
62	4043.82195711	21.7492405391
63	4110.83364477	19.2897704674
64	4177.84533243	17.4759600939
65	4244.85702008	16.1467224351
66	4336.08374512	-268.2668456