

**IDENTIFIKASI SESAR MENGGUNAKAN METODE
GRAVITASI DI DESA MARGOYOSO, KECAMATAN
SALAMAN, KABUPATEN MAGELANG**

SKRIPSI

Untuk memenuhi sebagian persyaratan
Mencapai derajat Sarjana S-1

Program Studi Fisika



Diajukan Oleh
Ardian Sargiyanto
12620040

Kepada

**PROGRAM STUDI FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA**

2017



PENGESAHAN TUGAS AKHIR

Nomor : B-1468/Un.02/DST/PP.00.9/08/2017

Tugas Akhir dengan judul : Identifikasi Sesar Menggunakan Metode Gravitasi Di Desa Margoyoso, Kecamatan Salaman, Kabupaten Magelang

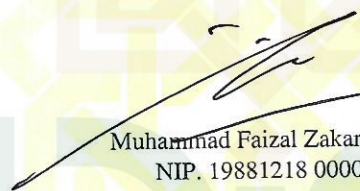
yang dipersiapkan dan disusun oleh:

Nama : ARDIAN SARGIYANTO
Nomor Induk Mahasiswa : 12620040
Telah diujikan pada : Jumat, 11 Agustus 2017
Nilai ujian Tugas Akhir : A

dinyatakan telah diterima oleh Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

TIM UJIAN TUGAS AKHIR

Ketua Sidang



Muhammad Faizal Zakaria, S.Si., M.T
NIP. 19881218 000000 1 000

Penguji I

Penguji II




Dr. Thaqibul Fikri Niyartama, S.Si., M.Si.
NIP. 19771025 200501 1 004



Asih Melati, S.Si., M.Sc
NIP. 19841110 201101 2 017

Yogyakarta, 11 Agustus 2017

UIN Sunan Kalijaga
Fakultas Sains dan Teknologi
S E K A N



M. Nurtono, M.Si
19691212 200003 1 001

SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR

Hal : Surat Persetujuan Skripsi/ Tugas Akhir

Lamp : -

Kepada

Yth. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

di Yogyakarta

Assalamu'alaikum wr. wb.

Setelah membaca, meneliti, memberikan petunjuk dan mengoreksi serta mengadakan perbaikan seperlunya, maka kami selaku pembimbing berpendapat bahwa skripsi Saudara:

Nama : Ardian Sargiyanto

NIM : 12620040

Judul Skripsi : Identifikasi Sesar Menggunakan Metode Gravitasi Di
Desa Margoyoso, Kecamatan Salaman, Kabupaten
Magelang

sudah dapat diajukan kembali kepada Program Studi Fisika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata Satu dalam Program Studi Fisika

Dengan ini kami mengharap agar skripsi/tugas akhir Saudara tersebut di atas dapat segera dimunaqosyahkan. Atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.

Wassalamu'alaikum wr. wb.

Yogyakarta, 2 Agustus 2017

Pembimbing


Muhammad Faizal Zakaria, S.Si., M.T.

NIP.19881218 000000 1 000

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Ardian Sargiyanto

NIM : 12620040

Program Studi : Fisika

Fakultas : Sains dan Teknologi

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi yang berjudul : Identifikasi Sesar Menggunakan Metode Gravitasi Di Desa Margoyoso, Kecamatan Salaman, Kabupaten Magelang adalah benar-benar karya saya sendiri. Sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya atau pendapat yang ditulis atau diterbitkan orang lain kecuali sebagai acuan atau kutipan dengan tata penulisan yang lazim.

Yogyakarta, 2 Agustus 2017

Yang menyatakan



Ardian Sargiyanto
NIM : 12620040



You can if you think you can

~George Reeves~



STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

MOTTO



Karya ini ku persembahkan untuk:

Untuk bapak dan ibuku yang ku cintai

Untuk kakak-kakak ku yang ku sayangi

Untuk sahabat seperjuangan Fisika 2012

Untuk teman-teman Geofisika

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warakhmatullahi Wabarakatuh

Puji syukur penulis haturkan kehadirah Allah SWT, Tuhan pemilik ilmu, alam semesta beserta isinya yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga sampai saat ini penulis masih diberi kesempatan, kesehatan serta iman sehingga dapat menyelesaikan tugas akhir ini. Sholawat serta salam selalu penulis panjatkan kepada junjungan Nabi besar Muhammad SAW yang mana kelak kita nantikan syafa'atnya di hari akhir nanti amiin.

Alhamdulillah tugas akhir ini dapat selesai sebagai hasil akhir dari proses perkuliahan untuk mendapatkan gelar sarjana *sains* dengan judul “ **Identifikasi Sesar Menggunakan Metode Gravitasi Di Desa Margoyoso, Kecamatan Salaman, Kabupaten Magelang**”. Dalam penulisan tugas akhir ini tidak akan terwujud tanpa adanya bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak. Untuk itu penulis mengucapkan terimakasih kepada :

1. Bapak (Sarmidi, S.Pd.), Ibu (Wagiyah), kakak-kakakku yang selalu mendukung, membimbing dan mendoakan.
2. Bapak Dr. Tha'qibul Fikri Niyartama, S.Si., M.Si selaku Kepala Program Studi Fisika.
3. Bapak Frida Agung Rakhmadi, S.Si., M.Sc selaku Dosen Pembimbing Akademik yang selalu memberikan saran dan dukungan.

4. Bapak Muhammad Faizal Zakaria, S.Si., M.T Selaku Dosen Pembimbing yang senantiasa sabar membimbing dan membagi ilmunya.
5. Putri Baity Jannaty yang selalu menemani dan memberi semangat dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
6. Desti, Dewi, A'la, Tira, Jufri yang telah meluangkan waktu dan tenaga untuk membantu dalam proses pengambilan data.
7. Asisten pengambilan data di lapangan Kesawa, Rafli, Umam Geofisika UGM yang menemani selama pengambilan data.
8. Mbak Elok dan mas Bayu yang selalu membantu, teman diskusi dan pemberi nasehat yang baik.
9. Teman-teman Geofisika UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta dan Fisika Angkatan 2012.
10. Semua pihak yang telah membantu hingga tugas akhir ini dapat terselesaikan.

Penulis menyadari penulisan laporan ini masih jauh dari sempurna, untuk itu diharapkan masukan dan kritik dari berbagai pihak agar tugas akhir ini menjadi lebih baik. Semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi yang membacanya.

Wassalamu'alaikum Warakhmatullahi Wabarakatuh

Yogyakarta, Agustus 2017

Penulis

Ardian Sargiyanto

**Identifikasi Sesar Menggunakan Metode Gravitasi Di Desa Margoyoso,
Kecamatan Salaman, Kabupaten Magelang**

**Ardian Sargiyanto
12620040**

INTISARI

Telah dilakukan penelitian mengenai sesar menggunakan metode gravitasi dengan luas daerah penelitian adalah 600m x 2000m. Desa Margoyoso merupakan salah satu daerah yang terindikasi sesar dan termasuk dalam daerah rawan longsor yang dapat berpotensi gempa serta longsor. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui respon anomali gravitasi dan struktur bawah permukaan di daerah penelitian. Data yang didapatkan dari pengukuran diolah sampai mendapatkan nilai anomali bouguer lengkap di topografi dengan melakukan reduksi data gravitasi. Anomali medan gravitasi regional didapatkan dengan melakukan proses reduksi bidang datar dan kontinuasi ke atas terhadap anomali bouguer lengkap. Hasil sesar yang teridentifikasi adalah sesar normal atau sesar turun berarah timur laut-barat daya. Bagian blok batuan yang mengalami penurunan berada di utara daerah penelitian. Untuk melengkapi tujuan penelitian ini dilakukan pemodelan 2.5 dimensi. Pemodelan ini berdasarkan anomali gravitasi regional. Hasil pemodelan yang diperoleh berupa struktur bawah permukaan terdiri dari dua perlapisan yaitu breksi alterasi dengan densitas 1.75 gr/cm^3 dan breksi andesit dengan densitas 2.67 gr/cm^3 . Kesimpulan bahwa sesar merupakan struktur batuan yang mengontrol anomali medan gravitasi di daerah penelitian karena densitas batuan yang cukup rendah adalah bagian sesar yang mengalami penurunan kedudukan.

Kata Kunci : Metode gravitasi, Reduksi data gravitasi, Sesar, Pemodelan.

Fault Identification Using Gravity Method in Margoyoso Village, Salaman Subdistrict, Magelang District

**Ardian Sargiyanto
12620040**

ABSTRACT

Research of fault using gravity method has conducted with the area research was 600m x 2000m. Margoyoso village is one of the area which indicates a fault and it also includes in landslide prone area that can potential of earthquake and landslide. The purpose of this research was to know the gravity anomaly response and subsurface structure in the research area. The data obtained from the measurements were processed to obtain the complete bouguer anomaly value in the topography by reducing the gravity data. Regional gravity field anomaly was obtained by conducting a flat-field reduction process and upward continuation from complete bouguer anomaly. The result of fault was identified as a normal fault or downward trending fault of northeast-southwest direction. The declining block of rocks are in the north of the research area. Modelling 2.5 dimension was needed to complete the purpose of this research. This modeling was based on regional gravity anomaly. The result of modeling obtained in the form of subsurface structure which consist of two layers. They are breccia alteration with density 1.75 gr/cm^3 and Andesite breccia with density 2.67 gr/cm^3 . The conclusion that fault is a rock structure that control gravity field anomaly in research area because of low density of rock is fault section which decrease position.

Keywords: gravity method, gravity data reduction, fault, modeling.

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
HALAMAN PERNYATAAN.....	iv
HALAMAN MOTTO	v
HALAMAN PERSEMBAHAN	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
INTISARI	ix
ABSTRACT	x
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR GAMBAR.....	xvi
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian	5
1.4 Batasan Penelitian	5
1.5 Manfaat Penelitian	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Studi Pustaka.....	6
2.2 Tinjauan Geologi Daerah Margoyoso.....	9

2.2.1	Geomorfologi	9
2.2.2	Stratigrafi.....	10
2.2.3	Struktur Geologi.....	10
2.3	Dasar Teori.....	15
2.3.1	Struktur Geologi.....	15
2.3.1.1	Kekar	15
2.3.1.2	Lipatan.....	16
2.3.1.3	Sesar	17
2.3.2	Prinsip Dasar Teori Gravitasi.....	19
2.3.3	Anomali Gravitasi	23
2.3.4	Reduksi Data Gravitasi	24
2.3.4.1	Medan Gravitasi Observasi.....	25
1.	Konversi Skala Bacaan	26
2.	Koreksi Tinggi Alat.....	26
3.	Koreksi Pasang Surut	26
4.	Koreksi <i>Drift</i>	28
2.3.4.2	Medan Gravitasi Teoritis.....	29
1.	Medan Gravitasi Normal.....	31
2.	Koreksi Udara Bebas (<i>Free Air Correction</i>).....	32
3.	Koreksi Bouguer	33
4.	Koreksi Medan (<i>Terrain Correction</i>).....	34
2.3.5	Reduksi Bidang Datar	35
2.3.6	Kontinuasi ke Atas	37

2.3.7	Pemodelan 2,5D	37
2.4	Konsep Gravitasi dan Sesar Dalam Perspektif Islam.....	38
2.4.1	Gravitasi dalam Perspektif Islam	38
2.4.2	Sesar dalam Perspektif Islam	39
 BAB III METODOLOGI PENELITIAN		
3.1	Waktu dan Tempat Penelitian	41
3.2	Alat dan Bahan	42
3.3	Alat.....	42
3.3.1	Bahan.....	43
3.4	Prosedur Penelitian	44
3.4.1	Studi Awal.....	45
3.4.2	Desain Survei	46
3.4.3	Akuisisi Data.....	48
3.4.4	Pengolahan Data.....	49
3.4.5	Intepretasi Data	54
3.4.6	Pemodelan 2,5D	55
 BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		
4.1.	Realisasi Titik Pengukuran	56
4.2.	Hasil dan Pengolahan.....	58
4.3.	Medan Gravitasi Observasi.....	58
4.3.1.	Medan Gravitasi Teoritis.....	59
4.3.2.	Anomali Bouguer Lengkap.....	67
4.3.3.	Reduksi Bidang Datar	69

4.3.4. Anomali Medan Gravitasi Regional.....	71
4.4. Intepretasi Data	72
4.5. Pemodelan 2,5 Dimensi	75
4.6. Integrasi Interkoneksi.....	77
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1. Kesimpulan	79
5.2. Saran.....	80
DAFTAR PUSTAKA.....	81
LAMPIRAN.....	84

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Penelitian sebelumnya yang relevan	8
Tabel 3.1. Perangkat Keras	42
Tabel 3.2. Perangkat Lunak	43
Tabel 3.3. Bahan Penelitian	43
Tabel A.1. konversi skala bacaan gravitometer Lacoste & Romberg G-1118.....	84
Tabel.B.1. Data hasil pengukuran medan gravitasi lintasan 1	85
Tabel.B.2. Data hasil pengukuran medan gravitasi lintasan 1	86
Tabel.B.3. Data hasil pengukuran medan gravitasi lintasan 2	88
Tabel.B.4. Data hasil pengukuran medan gravitasi lintasan 3	90
Tabel.B.5. Data hasil pengukuran medan gravitasi lintasan 3	92
Tabel.C.1. Data perhitungan lintasan 1, 2, 3 dan 4	94
Tabel.D.1. Data pengukuran <i>strike</i> , <i>dip</i> dan <i>trend</i>	96
Tabel.E.1. Densitas batuan.....	97

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Peta Kontur Daerah Terindikasi Sesar Desa Margoyoso (Peta Rupa Bumi Indonesia, 1999).....	2
Gambar 1.2 Longsor di Dusun Kalisari, Desa Margoyoso	4
Gambar 2.1 Peta Geologi Magelang (Peta Geologi Lembar Yogyakarta, 1977)	9
Gambar 2.2 Pembelokan aliran sungai di Desa Margoyoso	11
Gambar 2.3 Singkapan batuan breksi andesit yang ada di daerah penelitian	12
Gambar 2.4 Singkapan lapisan lempung dan lapisan breksi alterasi yang ada di daerah penelitian (Pratiwi, 2016)	13
Gambar 2.5 Data resistivitas 1D hasil pengukuran geolistrik konfigurasi schlumberger diDusun Kalisari (Pratiwi, 2016).....	14
Gambar 2.6 Kekar dan air terjun di Desa Margoyoso	15
Gambar 2.7 (a) <i>Shear Joint</i> (Kekar Gerus) dan (b) <i>Tension Joint</i> (Noor, 2012)	16
Gambar 2.8 Bagian-bagian sesar	18
Gambar 2.9 (a)Sesar normal, (b)Sesar naik dan (c)Sesar geser kiri dan Sesar geser kanan (Noor, 2012)	19
Gambar 2.10 Gaya tarik-menarik antara dua buah partikel (Dermawan, 2010)	20
Gambar 2.11 Potensial Massa 3 Dimensi (Telford, 1990).....	22
Gambar 2.12 Arah percepatan gravitasi (Dermawan, 2010)	23
Gambar 2.13 Pengukuran gravitasi di dua titik amat (Oncel, 2006).....	26
Gambar 2.14 Tinggi alat <i>Gravimeter</i> ketika akuisisi data (Dermawan, 2010)	27
Gambar 2.15 Proses <i>looping</i> saat koreksi <i>drift</i> (Dermawan, 2010)	29
Gambar 2.16 Bentuk bumi sferoida dan topografi (Oncel, 2006).....	31
Gambar 2.17 Koreksi udara bebas (Li dan Gotze, 2001).....	32
Gambar 2.18 Koreksi Bouguer (Zhou, Zhong dan Li, 1990).....	34
Gambar 2.19 Koreksi Terrain (Grant and West, 1965).....	35
Gambar 2.20 Sumber ekivalen titik massa (Setyawan, 2005)	36
Gambar 3.1 Peta Administrasi Magelang (Peta Rupa Bumi Indonesia, 1999)	41
Gambar 3.2 Diagram Alir Prosedur Penelitian	44
Gambar 3.3 Diagram <i>Rose</i> yang menunjukkan arah <i>strike</i> dan <i>trend</i> kekar..	46
Gambar 3.4. Peta desain survei gravitasi di desa margoyoso, kecamatan salaman, kabupaten magelang.....	47
Gambar 3.5. Diagram alir akuisisi data.....	49
Gambar 3.6. Diagram alir pengolahan data	53
Gambar 4.1. Peta realisasi survei gravitasi di desa margoyoso, kecamatan salaman, kabupaten magelang.....	57
Gambar 4.2. Peta topografi hasil pengukuran dan peta persebaran nilai medan gravitasi observasi di daerah penelitian.....	58
Gambar 4.3. Peta persebaran nilai medan gravitasi normal di <i>sferioda referensi</i>	60

Gambar 4.4. Peta persebaran nilai koreksi udara bebas dan Peta persebaran nilai medan gravitasi normal pada permukaan topografi di daerah penelitian	62
Gambar 4.5. Peta persebaran nilai anomali udara bebas.....	63
Gambar 4.6. Grafik anomali udara bebas terhadap ((koreksi bouguer/ ρ) – (koreksi medan/ ρ))	64
Gambar 4.7. Peta persebaran nilai koreksi bouguer dan peta persebaran nilai medan gravitasi normal (x,y,z) terkoreksi bouguer di daerah penelitian	65
Gambar 4.8. Peta persebaran nilai anomali bouguer sederhana.....	66
Gambar 4.9. Peta persebaran nilai koreksi <i>Terrain</i> dan peta persebaran nilai medan gravitasi teoritis (x,y,z) di daerah penelitian	68
Gambar 4.10. Peta persebaran nilai anomali bouguer lengkap di daerah penelitian	69
Gambar 4.11. Peta persebaran nilai anomali bouguer lengkap pada bidang datar di daerah penelitian	70
Gambar 4.12. Peta persebaran nilai anomali regional di daerah penelitian ...	72
Gambar 4.13. Peta persebaran nilai anomali regional di peta geologi Desa Margoyoso, Kabupaten Magelang	74
Gambar 4.14. Sayatan pada peta persebaran nilai anomali regional di daerah penelitian	75
Gambar 4.15. Pemodelan 2,5 dimensi sayatan A-A' dari anomali regional ...	76
Gambar F.1. Bumi dan parameter bentuk bumi.....	100
Gambar H.1. Medan gravitasi yang disebabkan benda silinder.....	106
Gambar H.2. Penentuan densitas bouguer menggunakan metode Nettleton (1942) secara grafis	108
Gambar H.3. Penentuan densitas bouguer menggunakan metode Nettleton (1942) secara analitik	109
Gambar I.1. Sumber ekuivalen titik massa (Setyawan, 2005)	110
Gambar K.1. Kontinuasi ke atas dari suatu bidang horizontal (Telford dkk, 1990)	116
Gambar L.1. Dokumentasi Lapangan	118

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A. Tabel konversi skala bacaan <i>gravimeter Lacoste & Romberg</i> <i>G-1118</i>	84
Lampiran B. Data hasil pengukuran medan gravitasi	85
Lampiran C. Data perhitungan lintasan 1, 2, 3 dan 4	94
Lampiran D. Data pengukuran <i>strike, dip</i> dan <i>trend</i>	96
Lampiran E. Tabel densitas batuan	97
Lampiran F. Gravitasi teoritis	99
Lampiran G. Koreksi udara bebas (<i>free air correction</i>)	104
Lampiran H. Koreksi bouguer	106
Lampiran I. Reduksi bidang datar	110
Lampiran J. Listing program reduksi bidang datar dampney	113
Lampiran K. Kontinasi ke atas	115
Lampiran L. Dokumentasi lapangan	118
Lampiran M. Curriculum vitae	119

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

DAFTAR ISTILAH

Topografi

Merupakan bentuk permukaan bumi

mgal

Merupakan satuan yang digunakan dalam metode gravitasi 1 miligal = $0,01 \text{ cm/s}^2$

Medan Gravitasi Observasi

Merupakan nilai medan gravitasi yang didapatkan dari pengukuran

Medan Gravitasi Teoritis

Merupakan nilai medan gravitasi yang didapatkan dari perhitungan secara teoritis

Gravitasi Relatif

Merupakan perbandingan nilai medan gravitasi dari suatu titik dengan titik yang lain

Gravitasi Mutlak

Merupakan nilai medan gravitasi sebenarnya di titik pengukuran

Anomali Gravitasi

Merupakan nilai selisih antara medan gravitasi observasi (pengukuran) dengan medan gravitasi teoritis (perhitungan)

Anomali *Free Air*

Merupakan nilai selisih antara medan gravitasi observasi (pengukuran) dengan koreksi *free air* (perhitungan)

Anomali Bouguer Sederhana

Merupakan nilai selisih antara medan gravitasi observasi (pengukuran) dengan koreksi bouguer (perhitungan)

Anomali Bouguer Lengkap

Merupakan nilai selisih antara medan gravitasi observasi (pengukuran) dengan koreksi terrain (perhitungan)

Anomali Lokal

Merupakan anomali yang ditimbulkan dari sumber anomali dangkal (dekat dengan permukaan)

Anomali Regional

Merupakan anomali yang ditimbulkan dari sumber anomali dalam

Skala bacaan

Merupakan nilai pembacaan di *gravimeter* atau skala alat yang belum mempunyai satuan

Feedback

Merupakan skala nonius dari skala bacaan yang digunakan untuk mengurangi kesalahan paralaks dalam pembacaan *gravimeter*

Sferoida Referensi

Merupakan bentuk acuan bumi, dalam penelitian ini digunakan bentuk acuan bumi WGS84, dimana bumi dianggap berbentuk *sferis* dengan massa homogen yang diterbitkan oleh NIMA

Geodesi

Merupakan ilmu yang mempelajari tentang pengukuran dan pemetaan permukaan bumi dan benda langit lainnya sekaligus gaya beratnya

Equatorial Bulge

Merupakan pembengkakan di *equator* sehingga jari-jari bumi lebih panjang di *equator* dibandingkan dengan di kutub

Distorsi

Merupakan penyimpangan nilai, dalam penelitian ini penyimpangan yang terjadi pada anomali bouguer lengkap karena sumber anomali yang memiliki ketinggian yang bervariasi

Sumber equivalen titik massa diskrit

Merupakan sumber massa kosong di bawah permukaan dengan kedalaman tertentu yang memiliki nilai diskrit (bernilai sama) yang didapat dari nilai anomali bouguer lengkap di permukaan topografi

Formasi

Merupakan satuan dasar dalam pembagian kumpulan bantuan melalui karakter dan posisi pengendapan batuan

Densitas

Merupakan rapat massa (ρ)

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Allah berfirman dalam QS Ar-Rahmaan (55) ayat 33 yang berbunyi :

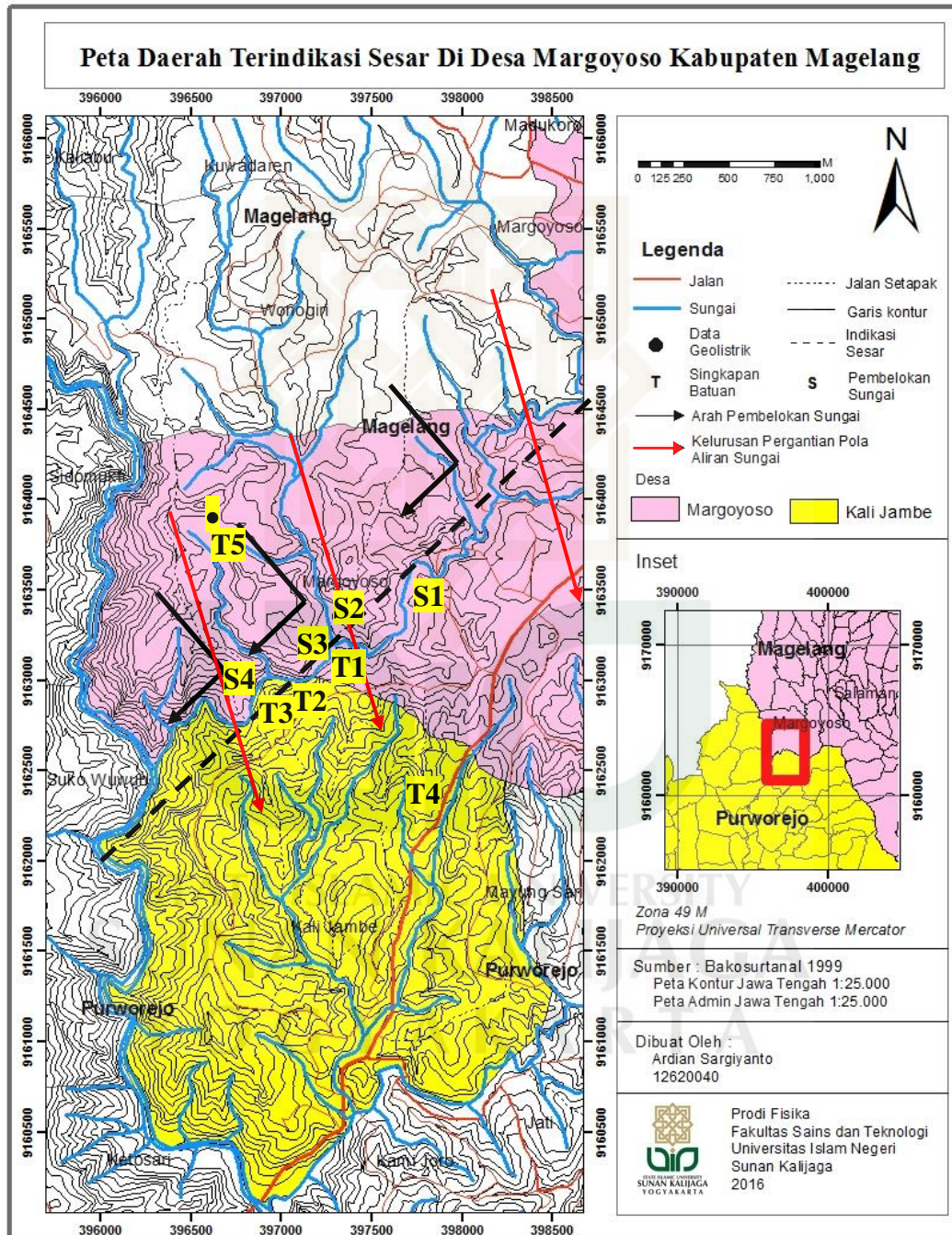
يَمْعَثِرَ الْجِنَّ وَالْإِنْسِ إِنَّ اسْتَطَعْتُمْ أَنْ تَنْفُذُوا مِنْ أَقْطَارِ السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضِ فَانْفُذُوا ۗ لَا تَنْفُذُونَ إِلَّا بِسُلْطَانٍ ﴿٣٣﴾

Artinya : *“Hai jama'ah jin dan manusia, jika kamu sanggup menembus (melintasi) penjuru langit dan bumi, Maka lintasilah, kamu tidak dapat menembusnya kecuali dengan kekuatan.”*

Dalam QS Ar-Rahmaan (55) ayat 33 Allah menerangkan bahwa kekuatan berupa ilmu pengetahuan adalah kuncinya. Mengarungi langit dan bumi sangat mungkin dilakukan asal mempunyai pengetahuan yang memadai. Manusia diberi potensi oleh Allah berupa akal. Akal yang telah dimiliki harus selalu diasah dengan cara belajar untuk meningkatkan pengetahuan. Tanpa pengetahuan manusia akan mudah terperosok dalam tindakan yang dapat merusak kesetimbangan bumi dan alam secara keseluruhan (Purwanto, 2008).

Meningkatkan ilmu pengetahuan tidak hanya dengan cara belajar melainkan dapat juga dengan melakukan penelitian mengenai kekuasaan Allah. Sebagian kecil dari kekuasaan Allah adalah sesar. Sesar merupakan retakan pada tubuh batuan yang mengalami pergeseran sehingga terjadi perpindahan antara

bagian-bagian yang berhadapan dengan arah yang sejajar dengan bidang retakan (Massinai, 2014).



Gambar 1.1 Peta Kontur Daerah Terindikasi Sesar Desa Margoyoso (Bakosurtanal, 1999)

Salah satu daerah yang terindikasi terdapat sesar yaitu di Desa Margoyoso, Kecamatan Salaman, Kabupaten Magelang. Sesar dapat dikenal melalui pola aliran sungai, kelurusan punggung bukit, kelurusan belokan banyak sungai, kelurusan air terjun, kelurusan topografi, kelurusan pergantian pola aliran sungai serta indikasi lain seperti kekar, gores garis, bidang sesar, ketidakselarasan batuan, bentuk kontur ketinggian dsb (Noor, 2012). Beberapa indikasi sesar banyak ditemukan di Desa Margoyoso.

Berdasarkan peta kontur daerah terindikasi sesar Desa Margoyoso ditunjukkan pada gambar 1.1 terdapat beberapa indikasi sesar diantaranya: pembelokan sungai yang ditunjukkan garis anak panah hitam, kelurusan pergantian pola aliran sungai yang ditunjukkan garis anak panah merah, kekar ditunjukkan pada (T2), singkapan breksi andesit banyak ditemukan di permukaan pada bagian selatan daerah penelitian ditunjukkan pada (T1, T2, T3, T4) sedangkan pada bagian utara tidak ditemukan tetapi yang ditemukan lempung dan breksi alterasi ditunjukkan pada (T5) diperkuat dengan penelitian yang dilakukan oleh Pratiwi (2016) dengan metode geolistrik konfigurasi schlumberger sampai di kedalaman 80 m tidak ditemukan breksi andesit ditunjukkan pada (●). Indikasi-indikasi tersebut memenuhi keberadaan sesar di Desa Margoyoso

Keberadaan sesar pada suatu daerah dapat berpotensi menyebabkan gempa seperti sesar opak yang ada di Yogyakarta (Nurwidyanto Dkk, 2011). Penelitian mengenai sesar di daerah terindikasi sesar Desa Margoyoso perlu dilakukan karena dikhawatirkan dapat menyebabkan gempa. Selain terindikasi sesar daerah tersebut termasuk dalam zona rawan longsor (<http://www.vsi.esdm.go.id>). Salah

satu daerah yang terjadi longsor yaitu di Dusun kalisari, Desa Margoyoso seperti terlihat pada gambar 1.2. Identifikasi sesar pada daerah rawan longsor juga penting dilakukan mengingat kejadian gempa dapat memicu terjadinya longsor.



Gambar 1.2 Longsor di Dusun Kalisari, Desa Margoyoso

Sesar dapat dikaji dengan ilmu kebumihan khususnya dengan metode geofisika. Metode geofisika merupakan metode yang digunakan untuk mengetahui struktur bawah permukaan melalui sifat-sifat fisis batuan. Salah satu metode yang dapat mengidentifikasi sesar adalah metode gravitasi (gaya berat). Metode ini didasarkan pada pengukuran variasi medan gravitasi. Hal ini timbul akibat adanya perbedaan rapat massa (densitas) batuan di bawah permukaan. Metode gravitasi tepat untuk mengidentifikasi sesar karena metode ini mampu mengetahui perbedaan kontras densitas batuan.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Bagaimana respon anomali gravitasi di daerah terindikasi sesar?
2. Bagaimana struktur bawah permukaan di daerah terindikasi sesar?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Mengetahui respon anomali gravitasi di daerah terindikasi sesar.
2. Mengetahui struktur bawah permukaan di daerah terindikasi sesar.

1.4 Batasan Penelitian

Adapun batasan penelitian ini adalah :

1. Penelitian dilakukan di Desa Margoyoso, Kecamatan Salaman, Kabupaten Magelang.
2. Pengukuran dilakukan sebanyak 44 titik dengan luas area 1,2 Km².
3. Pengambilan data menggunakan alat *Gravimeter Lacoste & Romberg G-1118*.
4. Pemodelan 2,5 dimensi menggunakan *Geosoft Oasis Montaj* struktur bawah permukaan di daerah terindikasi sesar di Desa Margoyoso, Kecamatan Salaman, Kabupaten Magelang.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penelitian adalah :

1. Hasil dari penelitian ini dapat memberikan informasi mengenai keberadaan sesar kepada masyarakat maupun instansi pemerintah yang didapatkan dari respon anomali gravitasi di Desa Margoyoso.
2. Berdasarkan hasil penelitian ini dapat diketahui kondisi batuan yang ada di bawah permukaan di Desa Margoyoso dari struktur bawah permukaan.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian metode gravitasi di Desa Margoyoso, Kecamatan Salaman, Kabupaten Magelang dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Respon anomali gravitasi di daerah terindikasi sesar terdapat kontras anomali gravitasi. Anomali regional menunjukkan adanya benda anomali di bawah permukaan pada daerah penelitian yaitu struktur sesar.
2. Struktur bawah permukaan di daerah terindikasi sesar dari hasil pemodelan 2.5 dimensi didapatkan struktur bawah permukaan yang tersusun oleh:
 - a. Batuan breksi alterasi dengan densitas 1.75 gr/cm^3
 - b. Breksi andesit 2.67 gr/cm^3

Berdasarkan interpretasi data bahwa sesar merupakan batuan yang mengontrol anomali medan gravitasi di daerah penelitian karena densitas batuan yang cukup rendah adalah bagian sesar yang mengalami penurunan kedudukan.

5.2 Saran

Adapun saran untuk penelitian selanjutnya agar lebih baik, antara lain:

1. Daerah penelitian agar diperluas sehingga dapat terlihat lebih jelas dalam identifikasi struktur sesar.
2. Untuk memperkuat hasil penelitian perlu dilakukan penelitian geologi untuk mendapatkan informasi geologi yang lebih banyak dan pengukuran dengan metode lain sehingga hasilnya dapat dikorelasikan.

DAFTAR PUSTAKA

- A'la. M.R., 2016, *Pemodelan Anomali Gravitasi Daerah Panasbumi Parang Wedang Bantul DIY*, Program Studi Fisika, Fakultas Sain dan Teknologi, UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
- Arafin.S., 2004, *Relative Bouguer Anomaly, The Leading Edge* , Vol 23 (19), P.850-851.
- Bembelen, R.W., 1949, *The Geology of Indonesia the Hague*, Government Printing Office.
- Blakely, R.J., 1995, *Potential Theory in Gravity and Magnetic Applications*, Cambridge University Press, USA.
- Dampney, C.N.G., 1969, *The Equivalent Source Technique*, Geophysics, Vol. 34(1), P. 39-35.
- Dermawan, A., 2010. *Rekonseptualisasi dan Pemrograman Reduksi Data Gravitasi serta Pemetaan Koordinat Teratur (Gridding) Menggunakan Bahasa Pemrograman Visual Basic*, Program Studi Geofisika, Jurusan Fisika, Fakultas MIPA, UGM Yogyakarta.
- Grant, F.S. and West, G.F., 1965, *Intepretation Theory in Applied Geophysics*, New York, McGraw-Hill Inc.
- Hidayat dkk., 2015, *Buku Panduan Praktikum Metode Gravitasi*, Laboratorium Geofisika Eksplorasi, Program Studi Teknik Geofisika, Fakultas Teknologi Mineral, UPN Yogyakarta.
- <http://www.bakosurtanal.go.id/geospatial-e-book/> diakses pada tanggal 15 November 2015 pukul 13.00 WIB.
- <http://www.vsi.esdm.go.id> diakses pada tanggal 11 November 2016 pukul 14.00 WIB.
- Lafehr, T.R., 1991a, *Standardization in Gravity Redution*, Geophysics, Vol. 56 (8), P. 1170-1178.
- Lafehr, T.R., 1998, *Short Note : On Talwani's "Error in the Total Bouguer Reduction"*, Geophysics, Vol. 63 (6), P. 1660-1668.

- Li, X. and Gotze, H., 2001, *Tutorial Ellipsoid, Geoid, Gravity, Geodesy and Geophysics*. GEOPHYSICS, VOL. 66, NO.6; P. 1660-1668.
- Logman, I.M., 1959, *Formulas for Computing the Tidal Accelerations Due to the Moon and the Sun*, Journal of Geophysical Research, Vol. 64 (12), P.2351-2355.
- Massinai, M.A., 2015, *Geomorfologi Tektonik*, Pustaka Ilmu, Yogyakarta.
- Noor, D., 2009, *Pengantar Geologi*, CV. Graha Ilmu, Bogor.
- Noviarto, W.D.T., 2010, *Intepretasi Kondisi Geologi Bawah Permukaan Lapangan "ANCP" Daerah Bayat Menggunakan Metode Gravitasi*, Program Studi Geofisika, Jurusan Fisika, MIPA, UGM Yogyakarta.
- Nurwidyanto dkk., 2011, *Study Pendahuluan Sesar Opak Dengan Metode Gravity (Study Kasus Daerah Sekitar Kecamatan Pleret Bantul)*, Jurnal Berkala Fisika Vol. 14, No. 1, ISSN : 1410 – 9662, Hal 11- 16.
- Oncel, Ali., 2006, *Introduction of Geophysics*, Departement of Earth Science, KFUPM.
- Parera dkk., 2015, *Pemodelan Tiga Dimensi Anomali Gravitasi Dan Identifikasi Sesar Lokal Dalam Pementuan Jenis Sesar Di Daerah Pacitan*, Jurnal Prosiding Seminar Nasional Fisika (E-Journal) SNF2015 VOLUME IV, p- ISSN: 2339-0654, e-ISSN: 2476-9398, Hal.45-48.
- Pratiwi, E.S., 2013, *Kajian Kerawanan Longsor Menggunakan Logistic Regression Model di DAS Kodil Provinsi Jawa Tengah*, Program Studi Geografi Lingkungan, Fakultas Geografi, UGM Yogyakarta.
- Pratiwi, E.S., 2016, *Integrasi Metode Geofisika Dan Geokimia Untuk Investigasi Material Dan Mekanisme Longsor Tipe Rotational Slide Di Das Bompon Kabupaten Magelang Provinsi Jawa Tengah*, Program Studi Fisika, Fakultas MIPA, UGM Yogyakarta.
- Purwanto, Agus., 2008, *Ayat-Ayat Semesta*, Mizan, Bandung.
- Setyawan, A., 2005, *Kajian Metode Sumber Ekuivalen Titik Massa Pada Proses Pengangkatan Data Gravitasi ke Bidang Datar*, Berkala Fisika Vol. 8, No. 1, hal. 7-10.

- Shihab, M. Quraish., 2006, *Tafsir Al-Misbah: Pesan, Kesan dan Keserasian Al-Quran*, Lentera Hati, Jakarta.
- Surin, B., 1991, *Adz-Dzikraa: Terjemah dan Tafsir Al-Quran Dalam Huruf Arab dan Latin*, Angkasa, Bandung.
- Syakir, Syaikh. A., 2014, *Mukhtashar Tafsir Ibnu Katsir*, Darus Sunnah Press, Jakarta.
- Thayyarah, Nadiyah., 2013, *Buku Pintar Sains Dalam Al-Qur'an: Mengerti Mukjizat Ilmiah Firman Allah*, Zaman, Jakarta.
- Telford, M.W., Geldart, L.P., Sherrif, R.E., Keys, D.A., 1990, *Applied Geophysics*, New York: Cambridge University Press.
- Wardhana dkk., 2014, *Struktur Bawah Permukaan Kota Semarang Berdasarkan Data Gayaberat*, Jurnal RISET Geologi dan Pertambangan, Vol.24, No.1, ISSN 0125-9849, e-ISSN 2354-6638, Hal 53-64, Pusat Penelitian Geoteknologi Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia.
- Zhou X, Zhong B & Li X., 1990, *Gravimetric Terrain Corrections by Triangular-Element Method*, Geophysics 55, 232-2.

LAMPIRAN

Lampiran A

Tabel.A1. konversi skala bacaan gravitometer Lacoste & Romberg G-1118

Counter Reading	Value In Miligal	Factor For Interval	Counter Reading	Value In Miligal	Factor For Interval
100	102.12	1.02107	3600	3677.19	1.02283
200	204.22	1.02099	3700	3779.47	1.0229
300	306.32	1.02093	3800	3881.76	1.02297
400	408.42	1.02087	3900	3984.06	1.02304
500	510.5	1.02083	4000	4086.36	1.0231
600	612.59	1.02081	4100	4188.67	1.02315
700	714.67	1.02079	4200	4260.99	1.0232
800	816.75	1.02078	4300	4393.31	1.02324
900	918.82	1.02079	4400	4495.63	1.02327
1000	1020.9	1.0208	4500	4597.96	1.02329
1100	1122.98	1.02082	4600	4700.29	1.02331
1200	1225.07	1.02086	4700	4802.62	1.02331
1300	1327.15	1.0209	4800	4904.95	1.02331
1400	1429.24	1.02094	4900	5007.28	1.02329
1500	1531.34	1.021	5000	5109.61	1.02326
1600	1633.43	1.02106	5100	5211.93	1.02323
1700	1735.54	1.02113	5200	5314.26	1.02318
1800	1837.65	1.0212	5300	5416.57	1.02312
1900	1939.77	1.02127	5400	5518.89	1.0234
2000	2041.9	1.02136	5500	5621.19	1.02295
2100	2144.04	1.02144	5600	5723.49	1.02285
2200	2246.18	1.02153	5700	5825.77	1.02274
2300	2348.33	1.02162	5800	5928.04	1.02261
2400	2450.5	1.02172	5900	6030.31	1.02247
2500	2552.67	1.02181	6000	6132.55	1.02231
2600	2654.85	1.02191	6100	6234.78	1.02213
2700	2757.04	1.02201	6200	6337	1.02194
2800	2859.24	1.0221	6300	6439.19	1.02173
2900	2961.45	1.0222	6400	6541.36	1.0215
3000	3063.67	1.0223	6500	6643.51	1.02126
3100	3165.9	1.02239	6600	6745.64	1.021
3200	3268.14	1.02248	6700	6847.74	1.02072
3300	3370.35	1.02258	6800	6949.81	1.02042
3400	3472.65	1.02266	6900	7051.85	1.0201
3500	3574.91	1.02275	7000	7153.86	

Lampiran B

Tabel.B.1. Data hasil pengukuran medan gravitasi lintasan 1
Tanggal 31 Desember 2016

Nama Titik	Waktu	Skala Bacaan (mV)	Feedback (mV)	Tinggi Alat (m)	X (m)	Y (m)	Ketinggian m
Base	14:09	1712.1	92	0.284	397151.679	9163836.8	441.947
	14:11	1712.2	-9.1	0.284	397151.679	9163836.8	441.947
	14:13	1712.3	-105.5	0.284	397151.679	9163836.8	441.947
G1	15:20	1704.85	101.5	0.264	396886.1477	9164109.836	467.4244
	15:22	1704.95	5.4	0.264	396886.1477	9164109.836	467.4244
	15:24	1705.05	-93.5	0.264	396886.1477	9164109.836	467.4244
G2	15:48	1706.7	70	0.266	396874.0798	9163926.19	461.6413
	15:50	1706.8	-22.8	0.266	396874.0798	9163926.19	461.6413
	15:53	1706.9	-135.5	0.266	396874.0798	9163926.19	461.6413
G3	16:17	1707.5	145	0.261	396877.6726	9163740.482	459.0207
	16:19	1707.6	61	0.261	396877.6726	9163740.482	459.0207
	16:21	1707.7	-30.7	0.261	396877.6726	9163740.482	459.0207
G4	17:29	1698.9	83	0.25	396868.5003	9163522.009	495.0937
	17:34	1699	-25	0.25	396868.5003	9163522.009	495.0937
	17:35	1699.1	-175	0.25	396868.5003	9163522.009	495.0937
Base	18:10	1712.05	111.2	0.27	397151.679	9163836.8	441.947
	18:12	1712.15	6.6	0.27	397151.679	9163836.8	441.947
	18:14	1712.25	-90.5	0.27	397151.679	9163836.8	441.947

Tabel.B.2. Data hasil pengukuran medan gravitasi lintasan 1
Tanggal 1 Januari 2017

Keterangan : G22 Lintasan 2
G33 Lintasan 3

Nama Titik	Waktu	Skala Bacaan (mV)	Feedback (mV)	Tinggi Alat (m)	X (m)	Y (m)	Ketinggian m
Base	6:18	1712.3	131	0.27	397151.679	9163836.8	441.947
	6:21	1712.4	35.1	0.27	397151.679	9163836.8	441.947
	6:22	1712.5	-65.5	0.27	397151.679	9163836.8	441.947
G5	8:52	1702.85	155	0.234	396866.5698	9163314.926	482.8243
	8:54	1702.95	52.1	0.234	396866.5698	9163314.926	482.8243
	8:55	1703.05	-49.3	0.234	396866.5698	9163314.926	482.8243
G6	9:53	1712.8	105.4	0.24	396866.3346	9163125.631	441.3908
	9:55	1712.9	-3.6	0.24	396866.3346	9163125.631	441.3908
	9:52	1713	-108.8	0.24	396866.3346	9163125.631	441.3908
G7	11:07	1716.3	105.8	0.254	396973.8037	9162933.85	426.5058
	11:08	1716.4	2.1	0.254	396973.8037	9162933.85	426.5058
	11:11	1716.5	-103.7	0.254	396973.8037	9162933.85	426.5058
G8	11:43	1717.2	90.1	0.255	396948.0705	9162664.642	425.39
	11:44	1717.3	-14.6	0.255	396948.0705	9162664.642	425.39
	11:46	1717.4	-111.1	0.255	396948.0705	9162664.642	425.39
G9	12:15	1718.55	117.4	0.27	396869.3213	9162517.869	419.0825
	12:17	1718.65	27.7	0.27	396869.3213	9162517.869	419.0825
	12:19	1718.75	-59.9	0.27	396869.3213	9162517.869	419.0825
G10	12:54	1722.5	97.3	0.24	396922.5749	9162322.738	401.6543
	12:56	1722.6	-1.7	0.24	396922.5749	9162322.738	401.6543
	12:57	1722.7	-102.8	0.24	396922.5749	9162322.738	401.6543
G11	13:37	1728.6	98	0.235	396954.0529	9162172.951	376.9959
	13:39	1728.7	-7.8	0.235	396954.0529	9162172.951	376.9959
	13:41	1728.8	-112.2	0.235	396954.0529	9162172.951	376.9959

G22	15:02	1733.5	105.6	0.245	397043.7122	9162125.233	357.6323
	15:04	1733.6	-1.5	0.245	397043.7122	9162125.233	357.6323
	15:06	1733.7	-100.3	0.245	397043.7122	9162125.233	357.6323
G33	16:06	1735.2	118.1	0.263	397155.2666	9162155.642	350.1247
	16:08	1735.3	14.1	0.263	397155.2666	9162155.642	350.1247
	16:10	1735.4	-84.6	0.263	397155.2666	9162155.642	350.1247
Base	18:03	1712.3	92.9	0.27	397151.679	9163836.8	441.947
	18:05	1712.4	23.9	0.27	397151.679	9163836.8	441.947
	18:07	1712.5	-106.4	0.27	397151.679	9163836.8	441.947

Tabel.B.3. Hasil pengukuran medan gravitasi lintasan 2
Tanggal 8 Desember 2015

Nama Titik	Waktu	Skala Bacaan (mV)	Feedback (mV)	Tinggi Alat (m)	X (m)	Y (m)	Ketinggian m
Base	8:38	1709.4	188.1	0.284	397151.043	9163836.408	441.947
	8:39	1709.5	85	0.284	397151.043	9163836.408	441.947
	8:40	1709.6	-20.9	0.284	397151.043	9163836.408	441.947
G12	9:21	1709.25	101	0.246	397059.0772	9164113.208	439.3633
	9:23	1709.35	23.9	0.246	397059.0772	9164113.208	439.3633
	9:26	1709.45	-85.5	0.246	397059.0772	9164113.208	439.3633
G13	9:52	1709.9	167.4	0.23	397054.2642	9163920.22	437.9263
	9:54	1710	76	0.23	397054.2642	9163920.22	437.9263
	9:57	1710.1	-37.3	0.23	397054.2642	9163920.22	437.9263
G14	10:43	1707.1	99.2	0.247	397069.1021	9163732.43	448.9279
	10:45	1707.2	0.6	0.247	397069.1021	9163732.43	448.9279
	10:47	1707.3	-97.1	0.247	397069.1021	9163732.43	448.9279
G15	11:20	1705.96	106	0.24	397068.8648	9163518.897	459.2868
	11:23	1706.06	18.4	0.24	397068.8648	9163518.897	459.2868
	11:25	1706.16	-67.9	0.24	397068.8648	9163518.897	459.2868
G16	12:03	1710.7	69.5	0.245	397064.7391	9163306.657	454.2559
	12:04	1710.8	-30.8	0.245	397064.7391	9163306.657	454.2559
	12:06	1710.9	-132.1	0.245	397064.7391	9163306.657	454.2559
G17	12:31	1712.45	102.6	0.25	397075.7027	9163106.024	446.2659
	12:32	1712.55	15	0.25	397075.7027	9163106.024	446.2659
	12:35	1712.65	-80.2	0.25	397075.7027	9163106.024	446.2659
G18	13:23	1712.7	106.6	0.245	397065.8462	9162893.465	448.3062
	13:25	1712.8	8.6	0.245	397065.8462	9162893.465	448.3062
	13:28	1712.9	-104.3	0.245	397065.8462	9162893.465	448.3062

G19	14:31	1714.35	154.9	0.24	397058.6673	9162651.361	428.1552
	14:32	1714.45	59	0.24	397058.6673	9162651.361	428.1552
	14:34	1714.55	-42.6	0.24	397058.6673	9162651.361	428.1552
G20	15:04	1723.9	40.9	0.264	397121.8628	9162463.032	388.3135
	15:07	1724	-54.8	0.264	397121.8628	9162463.032	388.3135
	15:08	1724.1	-115.2	0.264	397121.8628	9162463.032	388.3135
G21	15:42	1726.05	130.8	0.255	397040.2042	9162296.975	376.8343
	15:45	1726.15	27.1	0.255	397040.2042	9162296.975	376.8343
	15:47	1726.25	-74.8	0.255	397040.2042	9162296.975	376.8343
Base	18:06	1709.6	131.4	0.284	397151.043	9163836.408	441.947
	18:08	1709.7	25.6	0.284	397151.043	9163836.408	441.947
	18:09	1709.8	-70	0.284	397151.043	9163836.408	441.947

Tabel.B.4. Data hasil pengukuran medan gravitasi lintasan 3
Tanggal 9 Januari 2015

Nama Titik	Waktu	Skala Bacaan (mV)	Feedback (mV)	Tinggi Alat (m)	X (m)	Y (m)	Ketinggian m
Base	6:16	1709.65	17.7	0.284	397151.679	9163836.8	441.947
	6:17	1709.75	-84.6	0.284	397151.679	9163836.8	441.947
	6:19	1709.85	-186.9	0.284	397151.679	9163836.8	441.947
G23	7:51	1702.2	129.6	0.262	397265.8538	9164061.376	472.2986
	7:54	1702.3	38.2	0.262	397265.8538	9164061.376	472.2986
	7:56	1702.4	-66.4	0.262	397265.8538	9164061.376	472.2986
G24	8:29	1707.1	63	0.248	397266.4262	9163872.517	453.19
	8:33	1707.2	-41.5	0.248	397266.4262	9163872.517	453.19
	8:36	1707.3	-143.8	0.248	397266.4262	9163872.517	453.19
G25	9:27	1705.1	108.3	0.243	397276.2361	9163635.553	463.193
	9:30	1705.2	-0.5	0.243	397276.2361	9163635.553	463.193
	9:31	1705.3	-109.6	0.243	397276.2361	9163635.553	463.193
G26	10:12	1709.6	69.2	0.239	397270.7791	9163466.849	446.5591
	10:15	1709.7	-34.1	0.239	397270.7791	9163466.849	446.5591
	10:17	1709.8	-143.6	0.239	397270.7791	9163466.849	446.5591
G27	10:56	1714.8	117.9	0.253	397259.9763	9163258.596	425.3606
	10:58	1714.9	12.9	0.253	397259.9763	9163258.596	425.3606
	11:00	1715	-94.2	0.253	397259.9763	9163258.596	425.3606
G28	11:48	1711.9	103	0.253	397264.8542	9163059.026	439.4676
	11:48	1712	-0.1	0.253	397264.8542	9163059.026	439.4676
	11:50	1712.1	-97.5	0.253	397264.8542	9163059.026	439.4676

G29	13:21	1710.9	177	0.256	397249.2854	9162863.368	452.3473
	13:22	1711	90	0.256	397249.2854	9162863.368	452.3473
	13:25	1711.1	-9	0.256	397249.2854	9162863.368	452.3473
G30	14:14	1721.75	40.7	0.25	397248.8085	9162656.933	398.4976
	14:16	1721.85	-64.8	0.25	397248.8085	9162656.933	398.4976
	14:17	1721.95	-163.7	0.25	397248.8085	9162656.933	398.4976
G31	14:39	1725.3	146	0.245	397258.4156	9162472.64	383.507
	14:41	1725.4	53.5	0.245	397258.4156	9162472.64	383.507
	14:42	1725.5	-55.2	0.245	397258.4156	9162472.64	383.507
G32	15:00	1728.3	65	0.264	397252.7107	9162256.64	369.922
	15:02	1728.4	-32.5	0.264	397252.7107	9162256.64	369.922
	15:03	1728.5	-123.2	0.264	397252.7107	9162256.64	369.922
Base	17:31	1709.6	120.3	0.275	397151.679	9163836.8	441.947
	17:33	1709.7	25.9	0.275	397151.679	9163836.8	441.947
	17:35	1709.8	-79	0.275	397151.679	9163836.8	441.947

Tabel.B.5. Data hasil pengukuran medan gravitasi lintasan 4
Tanggal 2 Januari 2015

Nama Titik	Waktu	Skala Bacaan (mV)	Feedback (mV)	Tinggi Alat (m)	X (m)	Y (m)	Ketinggian m
Base	7:05	1712.2	138.4	0.27	397151.679	9163836.8	441.947
	7:08	1712.3	41.2	0.27	397151.679	9163836.8	441.947
	7:10	1712.4	-54.8	0.27	397151.679	9163836.8	441.947
G34	9:03	1706.3	116.7	0.25	397470.035	9164137.491	468.0343
	9:06	1706.4	12.6	0.25	397470.035	9164137.491	468.0343
	9:08	1706.5	-90.9	0.25	397470.035	9164137.491	468.0343
G35	9:55	1700.7	139	0.265	397475.8536	9163915.899	494.1745
	9:57	1700.8	31.4	0.265	397475.8536	9163915.899	494.1745
	9:59	1700.9	-81.1	0.265	397475.8536	9163915.899	494.1745
G36	10:24	1706.85	131.6	0.274	397467.9937	9163737.12	470.6602
	10:26	1706.95	24.1	0.274	397467.9937	9163737.12	470.6602
	10:28	1707.05	-101.1	0.274	397467.9937	9163737.12	470.6602
G37	11:15	1703.9	111.2	0.27	397429.2903	9163507.74	482.9931
	11:16	1704	-8.3	0.27	397429.2903	9163507.74	482.9931
	11:18	1704.1	-138.5	0.27	397429.2903	9163507.74	482.9931
G38	11:52	1708.7	143.5	0.245	397452.6911	9163338.193	465.2115
	11:54	1708.8	7	0.245	397452.6911	9163338.193	465.2115
	11:55	1708.9	-73.2	0.245	397452.6911	9163338.193	465.2115
G39	13:02	1717.35	122.4	0.243	397448.7891	9163119.404	430.1751
	13:03	1717.45	27.5	0.243	397448.7891	9163119.404	430.1751
	13:05	1717.55	-69.8	0.243	397448.7891	9163119.404	430.1751
G40	13:43	1705.9	106.4	0.24	397459.5701	9162928.24	478.7646
	13:45	1706	-1	0.24	397459.5701	9162928.24	478.7646
	13:46	1706.1	-98	0.24	397459.5701	9162928.24	478.7646

G41	15:37	1714.05	103	0.24	397463.6435	9162745.95	477.1578
	15:39	1714.15	9	0.24	397463.6435	9162745.95	477.1578
	15:40	1714.25	-89.8	0.24	397463.6435	9162745.95	477.1578
G42	16:11	1720.2	128	0.23	397368.3966	9162553.375	418.4704
	16:13	1720.3	37.6	0.23	397368.3966	9162553.375	418.4704
	16:14	1720.4	-55.5	0.23	397368.3966	9162553.375	418.4704
Base	17:33	1712.2	108.1	0.27	397151.679	9163836.8	441.947
	17:34	1712.3	14.1	0.27	397151.679	9163836.8	441.947
	17:37	1712.4	-82.1	0.27	397151.679	9163836.8	441.947

Lampiran C

Tabel.C.1. Data perhitungan lintasan 1, 2, 3 dan 4

	Nama Titik	Gravitasi Observasi	Latitude	Gravitasi Normal	Koreksi Free Air	Anomali Free Air	Koreksi Bouguer	Anomali Bouguer Sederhana	Koreksi Terrain	Anomali Bouguer Lengkap	Bidang Datar
Line 1	G1	978095.797	-7.561	978122.155	-144.247	117.89	30.206	87.683	0.881	88.564	87.511
	G2	978097.664	-7.563	978122.194	-142.463	117.93	29.832	88.100	0.828	88.928	87.178
	G3	978098.571	-7.564	978122.234	-141.654	117.99	29.663	88.328	0.829	89.156	88.360
	G4	978089.703	-7.566	978122.280	-152.786	120.209	31.994	88.215	1.318	89.533	89.678
	G5	978093.530	-7.568	978122.324	-149.000	120.205	31.201	89.004	1.204	90.208	89.244
	G6	978103.601	-7.570	978122.365	-136.213	117.449	28.524	88.926	0.994	89.920	87.733
	G7	978107.126	-7.572	978122.405	-131.620	116.340	27.562	88.778	1.003	89.781	89.080
	G8	978108.011	-7.574	978122.463	-131.275	116.823	27.490	89.333	1.368	90.701	88.261
	G9	978109.416	-7.576	978122.494	-129.329	116.251	27.082	89.169	1.242	90.411	87.031
	G10	978113.402	-7.577	978122.536	-123.951	114.817	25.956	88.861	1.082	89.943	88.512
	G11	978119.626	-7.579	978122.568	-116.341	113.400	24.362	89.037	1.042	90.079	89.739
Line 2	G12	978102.918	-7.561	978122.154	-135.588	116.351	28.393	87.958	0.745	88.703	87.986
	G13	978103.613	-7.563	978122.196	-135.144	116.562	28.300	88.262	0.742	89.004	87.462
	G14	978100.685	-7.565	978122.235	-138.539	116.989	29.011	87.978	0.824	88.802	88.300
	G15	978099.537	-7.566	978122.281	-141.736	118.992	29.680	89.311	0.971	90.283	89.702
	G16	978104.341	-7.568	978122.326	-140.183	122.198	29.355	92.843	0.956	93.798	90.469
	G17	978106.179	-7.570	978122.369	-137.718	121.527	28.839	92.689	0.970	93.659	90.591
	G18	978106.442	-7.572	978122.414	-138.347	122.375	28.971	93.404	1.304	94.708	90.330
	G19	978108.188	-7.574	978122.466	-132.129	117.851	27.668	90.182	1.287	91.469	89.819
	G20	978117.852	-7.576	978122.506	-119.834	115.180	25.094	90.086	0.874	90.960	90.187

Line 3	G21	978120.099	-7.578	978122.541	-116.291	113.849	24.352	89.497	0.922	90.419	89.897
	G22	978124.679	-7.579	978122.578	-110.365	112.466	23.111	89.355	0.954	90.309	91.753
	G23	978095.589	-7.562	978122.166	-145.751	119.174	30.521	88.653	0.974	89.627	88.275
	G24	978100.486	-7.563	978122.206	-139.854	118.134	29.286	88.848	0.773	89.621	88.394
	G25	978098.444	-7.565	978122.256	-142.941	119.129	29.933	89.196	1.044	90.240	89.188
	G26	978102.991	-7.567	978122.292	-137.808	118.507	28.858	89.649	0.884	90.533	89.740
	G27	978108.350	-7.569	978122.336	-131.266	117.280	27.488	89.792	0.723	90.515	90.417
	G28	978105.396	-7.571	978122.379	-135.620	118.637	28.399	90.237	0.725	90.962	91.003
	G29	978104.515	-7.572	978122.421	-139.594	121.689	29.232	92.457	0.936	93.394	91.256
	G30	978115.492	-7.574	978122.465	-122.976	116.004	25.752	90.252	0.912	91.164	91.167
	G31	978119.234	-7.576	978122.504	-118.350	115.080	24.783	90.297	0.842	91.139	91.752
	G32	978122.241	-7.578	978122.550	-114.158	113.849	23.905	89.943	1.010	90.953	94.773
	G33	978126.484	-7.579	978122.571	-108.048	111.961	22.626	89.335	0.932	90.267	94.032
Line 4	G34	978097.135	-7.561	978122.150	-144.435	119.421	30.246	89.176	0.770	89.946	89.140
	G35	978091.416	-7.563	978122.197	-152.502	121.722	31.935	89.787	1.159	90.946	91.034
	G36	978097.672	-7.565	978122.235	-145.246	120.683	30.415	90.268	0.805	91.072	91.617
	G37	978094.599	-7.567	978122.283	-149.052	121.368	31.212	90.155	1.256	91.411	91.015
	G38	978099.506	-7.568	978122.320	-143.564	120.751	30.063	90.688	0.988	91.676	91.253
	G39	978108.312	-7.570	978122.366	-132.752	118.698	27.799	90.899	0.762	91.661	91.366
	G40	978096.593	-7.572	978122.407	-147.747	121.933	30.939	90.994	1.404	92.398	91.899
	G41	978096.593	-7.573	978122.446	-147.251	121.398	30.835	90.563	1.667	92.230	92.739
	G42	978111.290	-7.575	978122.487	-129.140	117.944	27.043	90.901	1.130	92.031	92.844

Lampiran D

Tabel D.1. Data pengukuran *strike*, *dip* dan *trend*

No	Strike (°)	Trend (°)	Dip (°)
1	45	315	78
2	45	315	79
3	35	305	76
4	45	315	67
5	50	320	68
6	50	320	81
7	45	315	72
8	40	310	76
9	40	310	76
10	50	320	75
11	270	0	85
12	80	350	77
13	20	290	80
14	10	280	72
15	20	290	76
16	55	325	75
17	40	310	77
18	45	315	76
19	55	325	77
20	40	310	73
21	45	315	88
22	50	320	81
23	47	317	70
24	40	310	79
25	50	320	74
26	45	315	80
27	20	290	84
28	30	300	55
29	20	290	80
30	60	330	70
31	42	312	80
32	50	320	75
33	45	315	80

Lampiran E

Tabel E.1 Densitas batuan

Rock Type	Range (g/cm ³)	Average (g/cm ³)	Rock Type	Range (g/cm ³)	Average (g/cm ³)
Sediments (wet)			Metallic minerals		
Overburden		1,92	Oxides, carbonates		
Soil	1,2 - 2,4	1,92	Bauxite	2,3 - 2,55	2,45
Clay	1,63 - 2,60	2,21	Limonite	3,5 - 4,0	3,78
Gravel	1,70 - 2,40	2,00	Siderite	3,7 - 3,9	3,83
Sand	1,70 - 2,30	2,00	Rutile	4,18 - 4,3	4,25
Sandstone	1,61 - 2,76	2,35	Manganite	4,2 - 4,4	4,32
Shale	1,77 - 3,20	2,40	Chromite	4,3 - 4,6	4,36
Limestone	1,93 - 2,90	2,55	Ilmenite	4,3 - 5,0	4,67
Dolomite	2,28 - 2,90	2,70	Pyrolusite	4,7 - 5,0	4,82
Sedimentary rock (av.)		2,50	Magnetite	4,9 - 5,2	5,12
			Franklinite	5,0 - 5,22	5,12
			Hematite	4,9 - 5,3	5,18
Igneous rocks			Cuprite	5,7 - 6,15	5,92
Rhyolite	2,35 - 2,70	2,52	Cassiterite	6,8 - 7,1	6,92
Andesite	2,40 - 2,80	2,61	Wolframite	7,1 - 7,5	7,32
Granite	2,50 - 2,81	2,64	Sulfides, arsenides		
Granodiorite	2,67 - 2,79	2,73	Sphalerite	3,5 - 4,0	3,75
Porphyry	2,60 - 2,89	2,74	malachite	3,9 - 4,03	4,00
Quartzdiorite	2,62 - 2,96	2,79	Chalcopyrite	4,1 - 4,3	4,20
Diorite	2,72 - 2,99	2,85	Stannite	4,3 - 4,52	4,40
Lavas	2,80 - 3,00	2,90	Stibnite	4,5 - 4,6	4,60
Diabase	2,50 - 3,20	2,91	Pyrrhotite	4,5 - 4,8	4,65
Basalt	2,70 - 3,30	2,99	Molybdenite	4,4 - 4,8	4,70
Cabbro	2,70 - 3,50	3,03	Marcasite	4,9 - 5,2	4,85
Peridotite	2,78 - 3,37	3,15	Pyrite	4,9 - 5,4	5,00
Acid	2,30 - 3,11	2,61	Bernite	5,5 - 5,8	5,10
Basic	2,09 - 3,17	2,79	Chalcocite	5,5 - 5,8	5,65
			Cobaltite	5,8 - 6,3	6,10
Metamorphic rocks			Arsenopyrite	5,9 - 6,2	6,10
Quartzite	2,50-2,70	2,60	Bismuththinite	6,5 - 6,7	6,57
Schists	2,39-2,90	2,64	Galena	7,4 - 7,6	7,50
Graywacke	2,60 - 2,70	2,65	Cinnabar	8,0 - 8,10	8,10
Marble	2,60 - 2,90	2,75			
Serpentine	2,40 - 3,10	2,78			
Slate	2,70 - 2,90	2,79	Non metallic minerals		
Gneiss	2,59 - 3,00	2,80	Petroleum	0,60 - 0,90	-
Amphibolite	2,90 - 3,04	2,96	Ice	0,88 - 0,92	-
Eclogite	3,20 - 3,54	3,37	Sea Water	1,01 - 1,05	-

Metamorphic	2,40 - 3,10	2,74	Lignite	1,1 - 1,25	1,19
			Softcoal	1,2 - 1,5	1,32
			Anthracite	1,34 - 1,8	1,50
			Chalck	1,53 - 2,6	2,01
			Graphite	1,9 - 2,3	2,15
			Rocksalt	2,1 - 2,6	2,22
			Gypsum	2,2 - 2,6	2,35
			Kaolinite	2,2 - 2,63	2,53
			Orthoclase	2,5 - 2,6	-
			Quartz	2,5 - 2,7	2,65
			Calcite	2,6 - 2,7	-
			Anhydrite	2,29 - 3,0	2,93
			Biotite	2,7 - 3,2	2,92
			Magnesite	2,9 - 3,12	3,03
			Fluorite	3,01 - 3,25	3,14
			Barite	4,3 - 4,7	4,47

Lampiran F

Gravitasi Teoritis

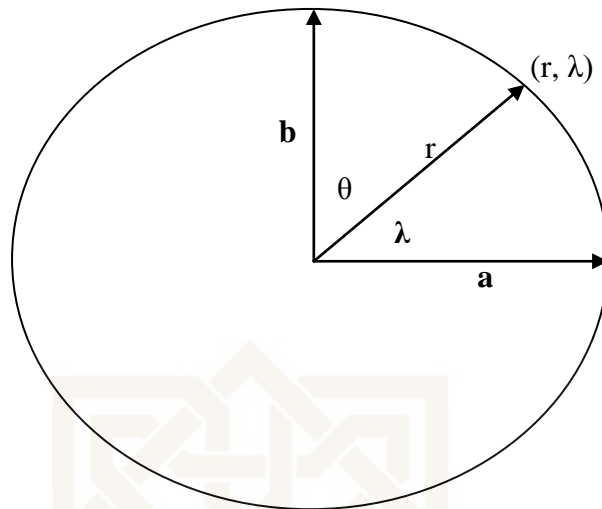
Bumi memiliki bidang ekuipotensial gravitasi yang disebut dengan geoid. Bumi memiliki distribusi massa yang kompleks, maka muka bidang potensial menjadi tidak rata. Untuk memudahkan dibuatlah suatu bentuk bumi *sferis* dengan densitas seragam yang dinamakan *sferoida referensi*.

Bentuk dari *sferoida referensi* ditentukan oleh dua buah parameter yaitu radius di ekuator a dan radius di kutub b , pengaruh kedua parameter tersebut kemudian dijabarkan sebagai parameter *flattening*. Parameter *flattering* dirumuskan sebagai berikut :

$$f = \frac{a-b}{a} \quad (\text{F.1})$$

Parameter *flattering* yang dimiliki bumi adalah $1/298,257$ yang berarti bahwa bentuk bumi menyerupai *sferoida*, oleh karena itu persamaan gravitasi dapat diturunkan melalui persamaan yang lebih sederhana.

Gaya gravitasi bumi dipengaruhi oleh bumi itu sendiri yaitu massa, bentuk bumi, dan gaya sentripugal yang disebabkan oleh rotasi bumi. Potensial total *sferoida* adalah jumlahan potensial gravitasi U_g dengan potensial rotasi U_r .



Gambar F.1 Bumi dan parameter bentuk bumi

$$U = U_g + U_r \quad (\text{F.2})$$

dengan

$$U_r = \frac{1}{2} \omega^2 r^2 \cos^2 \lambda \quad (\text{F.3})$$

ω adalah kecepatan sudut rotasi bumi dan λ adalah posisi lintang.

Potensial gravitasi U_g harmonik di luar *sferoida* dan dapat ditentukan melalui nilai potensial di permukaan *sferoida*. U_g *sferoida* dapat dinyatakan dalam

fungsi harmonik bola berikut:

$$U_g = \sum_0^{\infty} \frac{1}{r^{r+n}} S_n(\theta, \varphi) \quad (\text{F.4a})$$

atau

$$U_g = G \frac{M}{r} \sum_{n=0}^{\infty} \left(\frac{a}{r} \right)^n \sum_{m=0}^n (\alpha_n^m \cos m\varphi + \beta_n^m \sin m\varphi) P_n^m(\theta) \quad (\text{F.4b})$$

Dengan M merupakan total massa bumi, a adalah radius ekuator bumi, φ adalah *longitude* dan θ adalah *latitude*. Peramaan (F.4b) dapat diperoleh dengan persamaan laplace ($\nabla^2 U_g = 0$) dalam koordinat bola α_n^m dan β_n^m merupakan

koefisien harmonik bola. Apabila U_g tidak bergantung dari φ sehingga semua suku dengan $m \neq 0$ adalah 0. Oleh karena itu potensial gravitasi menjadi:

$$U_g = G \frac{M}{r} \left[\alpha_0^0 P_0^0(\theta) + \alpha_1^0 \frac{a}{r} P_1^0(\theta) + \alpha_2^0 \left(\frac{a}{r} \right)^2 P_2^0(\theta) + \dots \right] \quad (\text{F.5a})$$

$$U_g = G \frac{M}{r} \left[\alpha_0^0 P_0^0(\theta) + \alpha_1^0 \frac{a}{r} \cos(\theta) + \alpha_2^0 \left(\frac{a}{r} \right)^2 \frac{1}{4} (3 \cos 2\theta + 1) + \dots \right] \quad (\text{F.5b})$$

Suku pertama persamaan (F.5b) merupakan suku monopol yang mana harus sama dengan $G \frac{M}{r}$, sebab $\alpha_0^0 = 1$. Suku kedua merupakan suku dipol yang harus sama dengan nol karena bersumber dari pusat massa. Oleh karena itu $\alpha_1^0 = 0$ dan koefisien yang lain berderajat ganjil harus sama dengan nol untuk alasan yang sama. Pada deret yang dimaksud suku ketiga merupakan suku terendah yang menggambarkan berangkat dari *sferoida* yang berbentuk bola. Koefisien α_2^0 secara umum diekspresikan oleh koefisien elipsitas J_2 , dimana $\alpha_2^0 = -J_2$ yang dapat dinyatakan senagai berikut:

$$J = \frac{2f - m}{3} = 1.082626 \times 10^{-3}$$

dengan m adalah rasio gaya sentripugal dengan gaya gravitasi di equator.

$$m = \frac{\omega^2 a}{GM / a^2} = \frac{\omega^2 a^3}{GM} = 3.46775 \times 10^{-3} \quad (\text{F.6})$$

Dengan mensubstitusikan persamaan (F.6) kedalam persamaan (F.5b), maka akan diperoleh:

$$U = \frac{GM}{r} - \frac{GMa^2}{2r^3} (3 \sin^2 \lambda - 1) + \frac{1}{2} \omega^2 a \cos^2 \lambda \quad (\text{F.7})$$

Sehingga gravitasi total yang berarah normal terhadap bidang *sferoida* dan luar *sferoida* adalah:

$$g_0 = -\frac{\partial U}{\partial r} \quad (\text{F.8a})$$

$$g_0 = \frac{GM}{r^2} - \frac{3}{2} \frac{GMa^2 J}{r^4} (3 \sin^2 \lambda - 1) - \omega^2 r \cos^2 \lambda \quad (\text{F.8b})$$

Untuk menyederhanakan persamaan (F.8b), maka r dirubah kedalam parameter a dan λ dengan bentuk $r = a(1 - f \sin^2 \lambda)$, karena f bernilai kecil dapat diekspansi dalam bentuk deret binomial untuk $\frac{1}{r^2}$

$$\frac{1}{r^2} = \frac{1}{a^2} (1 - 2f \sin^2 \lambda)$$

$\frac{1}{r^2}$ disubstitusi ke persamaan (F.8b) dan dengan mengandaikan $r = a$ pada suku ketiga karena memiliki nilai yang jauh dari kecil daripada suku pertama maka akan menjadi:

$$g_0 = \frac{GM}{a^2} (1 + 2f \sin^2 \lambda) - \frac{3}{2} \frac{GM}{a^2} J (3 \sin^2 \lambda - 1) - \omega^2 a (1 - \sin^2 \lambda)$$

$$g_0 = \frac{GM}{a^2} \left[\left(1 + \frac{3}{2} J - m \right) + \left(2f - \frac{9}{2} J + m \right) \sin^2 \lambda \right] \quad (\text{F.9})$$

Untuk di equator persamaan (F.9) menjadi

$$g_0 = \frac{GM}{a^2} \left(1 + \frac{3}{2} J - m \right) \quad (\text{F.10})$$

Apabila persamaan (F.10) disubstitusikan kembali ke persamaan (F.9) maka akan diperoleh:

$$g_0 = g_e (1 + f' \sin^2 \lambda) \quad (\text{F.11})$$

dengan

$$f' = \frac{2f - \frac{9}{2}J + m}{1 + \frac{3}{2}J - m} \quad (\text{F.12})$$

dari penyelesaian nilai gravitasi di atas pada orde deret binomial yang lebih tinggi dapat diperoleh persamaan yang lebih akurat kemudian dapat digunakan untuk menghitung nilai medan gravitasi teoritis atau normal di tiap posisi lintang yaitu:

$$g_0 = g_e (1 + a \sin^2 \lambda + \beta \sin^2 2\lambda) \quad (\text{F.13})$$

atau dapat diturunkan dalam bentuk persamaan yang lain yaitu:

$$g_0 = g_e \left(\frac{1 + k \sin^2 \lambda}{\sqrt{1 - e^2 \sin^2 \lambda}} \right) \quad (\text{F.14})$$

a, β, k dan e adalah nilai yang diperoleh dari parameter M, f, ω dan a karena berkembangnya pengetahuan mengenai parameter-parameter tersebut maka begitu pula dengan *sferioda referensi*. Beberapa formula gravitasi teoritis internasional yang dimunculkan oleh *International Association of Geodesy (IAG)* dan *National Imagery and Mapping Agency (NIMA)* yaitu:

1. International Gravity Formula 1980

$$g_0 = 978032.7 (1 + 0.005302 \sin^2 \lambda - 0.0000058 \sin^2 2\lambda)$$

2. Word Geodetic System 1984

$$g_0 = 978032.53359 \left(\frac{1 + 0.00193185265265241 \sin^2 \lambda}{\sqrt{1 - 0.006694379990 \sin^2 \lambda}} \right)$$

Lampiran G

Koreksi Udara Bebas (*Free Air Correction*)

Koreksi udara bebas adalah koreksi yang dilakukan untuk mengkorelasikan perubahan nilai medan gravitasi karena efek ketinggian titik pengukuran terhadap *sferoida referensi*. Nilai gravitasi di suatu titik dipermukaan bumi dapat dijabarkan dalam deret Taylor sebagai fungsi ketinggian *orthometric* h .

$$g(\varphi, h) = g_{\varphi} + \left(\frac{\partial g_{\varphi}}{\partial h} \right) h + \frac{1}{2} \left(\frac{\partial^2 g_{\varphi}}{\partial h^2} \right) h^2 + \dots \quad (\text{G.1})$$

dengan

$$\left(\frac{\partial g_{\varphi}}{\partial h} \right) = -\frac{\partial g_{\varphi}}{a} \left(1 + f - 2 \sin^2 \varphi + \frac{3}{2} f^2 - 2 f^2 \sin^2 \varphi + \frac{1}{2} f^2 \sin^4 \varphi \right) - 2\omega^2 \quad (\text{G.2})$$

dan

$$\left(\frac{\partial g_{\varphi}}{\partial h} \right) = \frac{6g_{\varphi}}{a^2 (1 - f \sin^2 \varphi)} \quad (\text{G.3})$$

Dimana $g(\varphi, h)$ adalah nilai medan gravitasi di suatu titik di permukaan pada ketinggian *orthometric* h , φ adalah posisi lintang di titik pengukuran, a adalah jari-jari bumi di equator (sumbu panjang mayor bumi), ω adalah kecepatan sudut dan f adalah parameter *flattening*.

Seiring dengan berkembangnya teknologi dalam perhitungan nilai konstanta-konstanta a, ω, f yang digunakan dalam persamaan (G.2) dan (G.3) maka persamaan (G.1) menjadi

$$g(\varphi, h) = g_{\varphi} - 3.0877 \times 10^{-6} (1 - 0.0014 \sin^2 \varphi) h + 0.75 \times 10^{-12} h^2 (ms^{-2}) \quad (\text{G.4})$$

Secara umum koreksi udara bebas hanya menggunakan bagian yang linier dari persamaan (G.4) yaitu:

$$g_{fa} = -3.0877 \times 10^{-6} (1 - 0.0014 \sin^2 \varphi) h \text{ (ms}^{-1}\text{)} \quad (\text{G.5})$$

Jika $\varphi = 45^\circ$ maka persamaan (G.5) menjadi

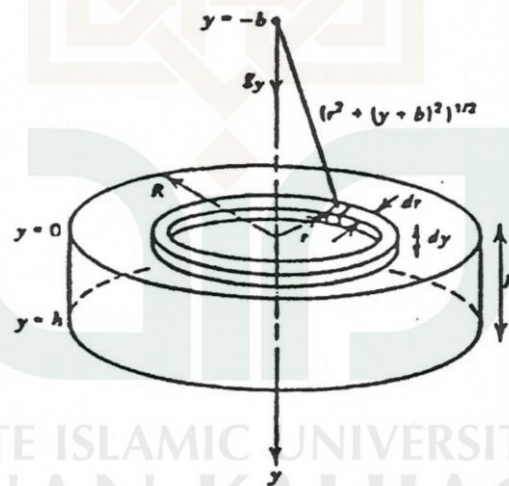
$$g_{fa} = -0.03086 \times h \text{ (mgal.m}^{-1}\text{)} \quad (\text{G.6})$$

Dimana g_{fa} adalah koreksi udara bebas (*free air*) dan h adalah ketinggian *orthometric* titik pengukuran.

Lampiran H

Koreksi Bouguer

Koreksi bouguer adalah koreksi yang digunakan untuk mengurangi efek massa yang terletak diantara bidang *sferoida referensi* dengan bidang topografi yang melalui titik amat. Efek massa tersebut dianggap berbentuk lempeng (*slab*) dengan panjang tak berhingga maka dibuat model berbentuk silinder (gambar H.1) yang mewakili *slab* tak berhingga tersebut. Model tersebut menjelaskan bahwa titik amat dianggap terletak sejauh b di atas slab berbentuk silinder dengan jari-jari R , tinggi h dan densitas ρ .



Gambar H.1 Medan gravitasi yang disebabkan benda silinder

Medan gravitasi di titik amat yang melalui pusat silinder akibat bagian cincin dengan ketebalan *vertikal* dy dan ketebalan jari-jari dr yang mempunyai arah *vertikal* ke bawah dapat dinyatakan oleh:

$$dg_y = \frac{G\rho 2\pi r dr dy}{\left[r^2 + (y+b)^2\right]} \left\{ \frac{y+b}{\left[r^2 + (y+b)^2\right]^{\frac{1}{2}}} \right\} \quad (\text{H.1})$$

dimana $2\pi r dr dy$ merupakan volume cincin, $\left[r^2 + (y+b)^2\right]$ merupakan kuadrat

jarak antara titik amat dengan suatu elemen cincin dan

$\cos \theta = \frac{y+b}{\left[r^2 + (y+b)^2\right]^{\frac{1}{2}}}$ merupakan komponen tarik *vertikal* dari elemen cincin.

Jadi besar komponen gravitasi *vertikal* pada sumbu cincin dari cincin yang terletak sejauh b dari cincin adalah

$$g_y = G2\pi \int_0^R \int_0^h \frac{(y+b)r\rho(y) dr dy}{\left[r^2 + (y+b)^2\right]^{\frac{3}{2}}} \quad (\text{H.2})$$

Jika persamaan (L6.2) diintegrasikan terhadap dr , maka diperoleh:

$$g_y = G2\pi \int_0^h \rho(y) \left\{ 1 - \frac{y+b}{\left[r^2 + (y+b)^2\right]^{\frac{1}{2}}} \right\} dy \quad (\text{H.3})$$

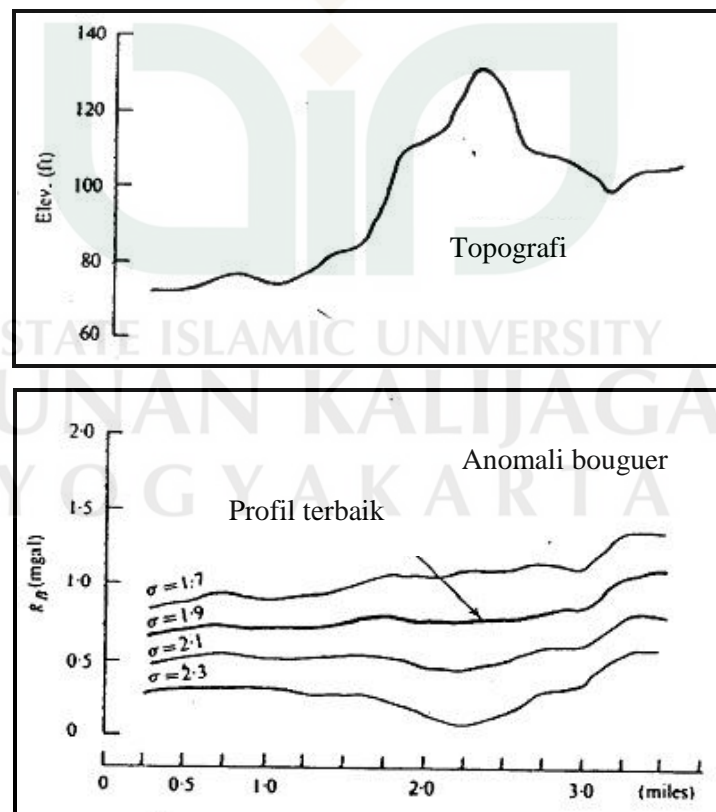
Secara fisis lempeng dianggap mempunyai panjang tak berhingga, maka secara matematis diasumsikan $R \rightarrow \infty$. Asumsi ini dikenakan pada persamaan (H.3) maka diperoleh:

$$g_y = G2\pi \int_0^h \rho(y) dy \quad (\text{H.4})$$

Jika tinggi topografi dari *sferoida referensi* adalah h dan densitas ρ konstan, maka rumus anomali gravitasi bouguer sederhana g_b yaitu:

$$g_b = 2\pi\rho Gh \quad (\text{H.5})$$

Untuk mendapatkan densitas bouguer atau densitas rata-rata ρ dapat dilakukan menggunakan beberapa metode salah satunya yaitu metode nettleton. Penentuan menggunakan metode nettleton dibagi dua yaitu secara grafis dan analitik. Pada metode nettleton secara grafis yaitu membuat profil topografi dan anomali bouguer secara bersamaan dengan nilai densitas yang bervariasi dari setiap lintasan yang dipilih (gambar H.2). Densitas rata-rata adalah nilai densitas yang tidak berkorelasi dengan profil topografi.

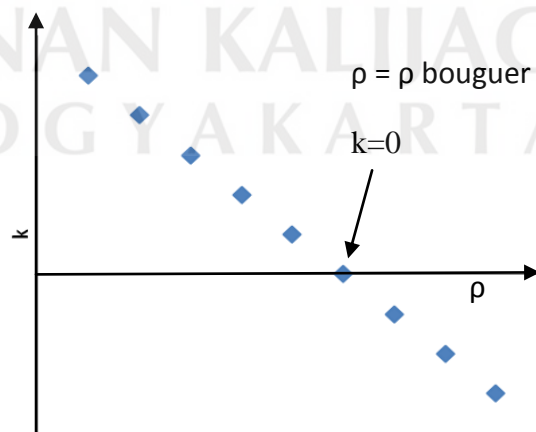


Gambar H.2 Penentuan densitas bouguer menggunakan metode nettleton (1942) secara grafis

Metode nettleton analitik dilakukan dengan memasukkan nilai densitas sembarang untuk mendapatkan nilai anomali bouguer. Nilai anomali bouguer yang didapatkan kemudian dimasukkan dalam persamaan (H.6) untuk mendapatkan nilai koefisien korelasi berikut:

$$k(\rho) = \frac{\sum_{i=1}^n \left((\Delta g(\rho)_i - \Delta \bar{g}(\rho))(h_i - \bar{h}) \right)}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (\Delta g(\rho)_i - \Delta \bar{g}(\rho))^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n (h_i - \bar{h})^2}} \quad (\text{H.6})$$

Dimana $k(\rho)$ adalah koefisien korelasi anomali gravitasi terhadap topografi, $\Delta g(\rho)_i$ adalah anomali bouguer sederhana, $\Delta \bar{g}(\rho)$ adalah rata-rata anomali bouguer sederhana, h_i adalah elevasi titik pengukuran dan \bar{h} adalah rata-rata elevasi titik pengukuran. Nilai koefisien korelasi menunjukkan nilai korelasi antara anomali bouguer dengan topografi. Densitas yang dipilih adalah densitas dengan nilai koefisien korelasi nol (gambar H.3). Nilai korelasi bernilai nol menunjukkan anomali bouguer dengan densitas yang dipilih tidak dipengaruhi oleh topografi.

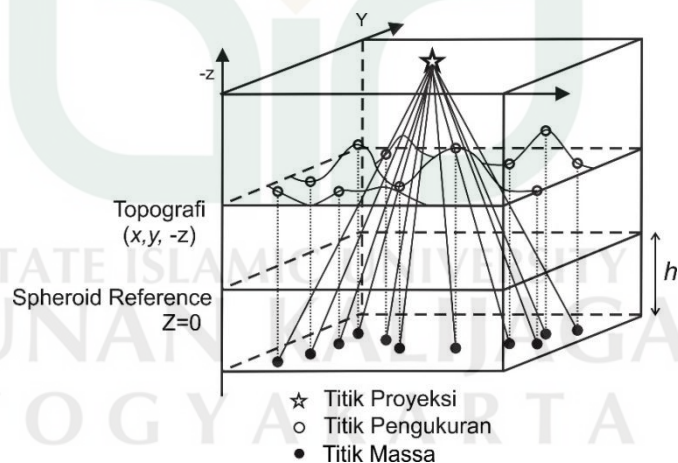


Gambar H.3 Penentuan densitas bouguer menggunakan metode nettleton (1942) secara analitik

Lampiran I

Reduksi Bidang Datar

Anomali medan gravitasi bouguer lengkap di topografi perlu perlu diangkat ke bidang datar. Hal ini dilakukan untuk meminimalkan *distorsi* pada data gravitasi akibat variasi ketinggian. Proses reduksi bidang datar pada penelitian ini menggunakan metode Dampney. Proses yang ditempuh dalam metode Dampney adalah menentukan sumber ekivalen titik massa diskrit pada kedalaman tertentu di bawah permukaan dengan memanfaatkan data anomali medan gravitasi bouguer lengkap di topografi. Selanjutnya dapat dihitung medan gravitasi teoritis yang diakibatkan oleh sumber ekivalen tersebut dengan ketinggian tertentu (Gambar I.1). kedalaman bidang sumber ekivalen titik-titik massa harus tetap dijaga dengan batas tertentubergantung jarak titik amat.



Gambar I.1 Sumber ekivalen titik massa (Setyawan, 2005)

Persamaan sumber ekivalen titik massa gambar I.1 adalah

$$g_z(x, y, z) = G \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{\rho(\alpha, \beta, h)(h-z)d\alpha d\beta}{\left\{ (x-\alpha)^2 + (y-\beta)^2 + (z-h)^2 \right\}^{\frac{3}{2}}} \quad (\text{I.1})$$

Dengan $\rho(\alpha, \beta, h)$ adalah distribusi kontras densitas yang meliputi bidang $z = h$, G adalah konstanta gravitasi umum, z adalah sumbu tegak dengan arah positif ke bawah, dan h adalah kedalaman ekuivalen titik-titik massa dari permukaan.

Untuk mendapatkan distribusi kontras densitas pada suatu bidang datar di bawah permukaan digunakan proses inversi. Proses ini membutuhkan variabel-variabel yang lengkap dari g_z . Teknik sumber ekuivalen ini didasarkan pada pendekatan distribusi yang kontinyu oleh suatu jajaran massa diskrit. Apabila kita mempunyai N buah titik massa pada suatu kedalaman menggunakan prinsip superposisi.

$$g_N = a_{N1}m_1 + a_{N2}m_2 + \dots + a_{Nk}m_k + \dots + a_{NN}m_N \quad (\text{I.2})$$

Dengan

$$a_{ik} = \frac{G(h - z_i)}{\left\{ (x_i - \alpha_k)^2 + (y_i - \beta_k)^2 + (z_i - h)^2 \right\}^{\frac{3}{2}}} \quad (\text{I.3})$$

Dimana $z = h$ adalah bidang datar yang berisi titik-titik massa m_k pada (α_k, β_k, h) dan posisi dari g_i adalah (x_i, y_i, z_i) . Dalam bentuk matriks maka persamaan (I.2) dapat ditulis $g = Am$

Untuk suatu survei lokal luas ini dapat membatasi kedalaman titik massa. jika $(h - z_i)$ cukup besar relatif terhadap dimensi survei, koefisien a_{ik} cenderung mendekati harga a yaitu.

$$a = \lim_{h \rightarrow \infty} \frac{(h - z_1)}{\left\{ (x_i - \alpha_k)^2 + (y_i - \beta_k)^2 + (z_i - h)^2 \right\}^{\frac{3}{2}}} \quad (\text{I.4})$$

$$a = \lim_{h \rightarrow \infty} \frac{1}{(z - h)^2}$$

Sehingga matriks A dalam penyelesaiannya menjadi tidak realistis jika sumber ekuivalen terlalu jauh di bawah permukaan. 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. Dalam menentukan kedalaman sumber ekuivalen titik massa dari hasil test yang dilakukan dalam (Setyawan, 2005), kedalaman sumber ekuivalen titik massa harus memenuhi syarat dituliskan dalam persamaan (I.5) berikut:

$$2,5\Delta x < (h - z) < 6\Delta x \quad (\text{I.5})$$

dengan Δx adalah jarak rata-rata antar stasiun pengamatan, h adalah kedalaman bidang ekuivalen titik massa dan z adalah ketinggian titik amat.

Lampiran J

Listing Program Reduksi Bidang Datar Dampney

```

clear all;
close all;
[filename, pathname] = uigetfile('*.txt', 'Mengambil file data');
if isequal(filename,0)
disp('User selected Cancel')
else
disp(['User selected ', fullfile(pathname, filename)])
end
%input data lalu membuat grid
tic
inp=load(fullfile(pathname, filename));
x=inp(:,1);
y=inp(:,2);
za=inp(:,3);
g=inp(:,4);
z=-za;
G=6.673e-11;
spasi=input('spasi grid :');
hminz1=2.5*spasi;
hmaxz=5*spasi;
hek2=min(za)+hminz1;
hek3=max(za)+hmaxz;
disp('-----')
disp('-----')
batas=['{ ' num2str(hek2) '< kedalaman bidang ekuivalen yang
disarankan < ' num2str(hek3) ' }'];
disp(batas);disp('-----')
disp('-----')
h=input('kedalaman bidang ekuivalen :');
up=input('ketinggian bidang datar :');
upw=-up;
% gridding data
min_x=min(x);
max_x=max(x);
min_y=min(y);
max_y=max(y);
ti = min_x:spasi:max_x;
ta= min_y:spasi:max_y;
[XI,YI] = meshgrid(ti,ta);
ZI = griddata(x,y,za,XI,YI);
% proses perhitungan distribusi massa di bidang ekuivalen
104
a=0;
for k=1:length(ti);
for l=1:length(ta);
a=a+1;
dem(a,1)=XI(l,k);
dem(a,2)=YI(l,k);
end
end
alfa=dem(:,1);
beta=dem(:,2);

```

```

N=length(x);
q=waitbar(0,'Please wait..');
for i=1:N;
for j=1:length(alfa);
a(i,j)=G*(h-z(i))/((x(i)-alfa(j))^2+(y(i)-beta(j))^2+(z(i)-
h)^2)^1.5;
end
waitbar(i/N)
end
meq=lsqr(a,g,[],10000);
% proses perhitungan anomali di bidang datar
for i=1:N;
for j=1:length(alfa);
a1(i,j)=G*(h-upw)/((x(i)-alfa(j))^2+(y(i)-beta(j))^2+(upwh)^
2)^1.5;
end
waitbar(i/N)
end
gupw=a1*meq;
grid_gupw= griddata(x,y,gupw,XI,YI,'linear');
toc
close(q)
% Plotting
surf(ti,ta,grid_gupw,'EdgeColor','none')
title('topografi');
colormap(jet);
%Saving
gbidangdatar=[gupw];
save gbidangdatar_dampney.txt gbidangdatar -ascii;

```


Lampiran K

Kontinuasi ke Atas

Kontinuasi ke atas merupakan transformasi suatu medan potensial terukur pada suatu permukaan ke suatu bidang permukaan yang lain jauh dari sumber. Tujuannya untuk menampakkan anomali yang disebabkan oleh sumber yang lebih dalam atau menghilangkan anomali yang disebabkan oleh sumber dangkal. Identitas teorema Green menyatakan jika fungsi H adalah harmonik, kontinyu dan mempunyai turunan kontinyu di dalam ruang R , maka harga U pada sembarang titik P di dalam R dinyatakan dalam fungsi.

$$H(P) = \frac{1}{4\pi} \int_S \left(\frac{1}{r} \frac{\partial H}{\partial n} - H \frac{\partial}{\partial n} \frac{1}{r} \right) dS \quad (\text{K.1})$$

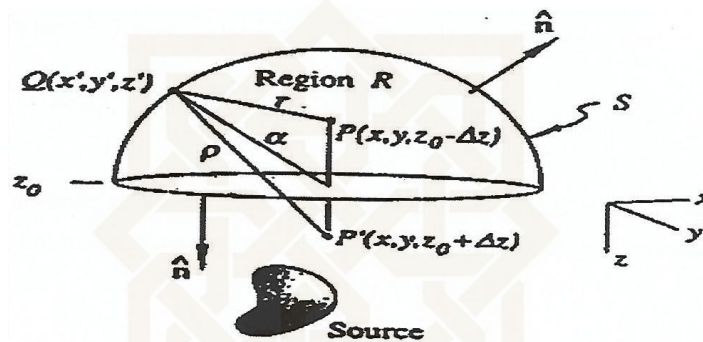
S menyatakan batas dari R , n arah normal keluar dan r jarak dari titik P ke titik integrasi dari S . Persamaan ini menggambarkan prinsip dasar kontinuasi ke atas yaitu suatu potensial dapat dihitung pada sembarang titik di dalam sebuah ruang dari sifat medan pada permukaan yang dilingkupi ruang tersebut.

Kontinuasi paling sederhana adalah untuk medan potensial terukur pada bidang datar., kemudian diturunkan menggunakan sistem koordinat kartesian dimana sumbu z ke bawah. Jika diasumsikan suatu medan potensial terukur pada suatu bidang datar $z = z_0$ dan diinginkan suatu medan di titik tunggal $P(x, y, z_0 - \Delta z)$ di atas bidang datar ($\Delta z > 0$). Permukaan S yang terdiri dari bidang datar dan setengah bola (*hemisphere*) dengan radius α , seperti ditunjukkan pada gambar K.1. sumber berada pada $z > z_0$. Jika $\alpha \rightarrow \infty$ maka.

$$H(x, y, z_0 - \Delta z) = \frac{1}{4\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} \left(\frac{1}{r} \frac{\partial H(x', y', z_0)}{\partial z'} - H(x', y', z_0) \frac{\partial}{\partial z'} \right) dx' dy' \quad (\text{K.2})$$

Dengan

$$r = \sqrt{(x-x')^2 + (y-y')^2 + (z-z_0-z')^2} \quad \text{dan} \quad \Delta z > 0 \quad (\text{K.3})$$



Gambar K.1 Kontinuitas ke atas dari suatu bidang horizontal (Telford dkk, 1990).

Dimana titik P' proyeksi dari P . Titik Q integrasi pada permukaan S , serta r dan ρ merupakan jarak dari Q ke P dan dari Q ke P' .

Dalam aplikasi persamaan (K.2) memerlukan gradien vertikal H . Oleh karena itu diperlukan identitas kedua Green mengeliminasi suku derivatif dalam persamaan tersebut. Jika V adalah suatu fungsi harmonik yang lain dalam R , maka identitas kedua Green menghasilkan.

$$\frac{1}{4\pi} \int_S \left(V \frac{\partial H}{\partial n} - H \frac{\partial V}{\partial n} \right) ds = 0 \quad (\text{K.2})$$

Persamaan tersebut ditambahkan ke persamaan (K.1) menghasilkan.

$$H(P) = \frac{1}{4\pi} \int_S \left[\left(V + \frac{1}{r} \right) \frac{\partial H}{\partial n} - H \frac{\partial}{\partial n} \left(V + \frac{1}{r} \right) \right] ds \quad (\text{K.3})$$

Untuk mengeliminasi suku pertama dari intergral diperlukan fungsi harmonik V

sedemikian hingga dari P , pada $(x, y, z_0 + \Delta z)$ dan diberikan $V = \frac{1}{\rho}$ dengan.

$$\rho = \sqrt{(x-x')^2 + (y-y')^2 + (z_0 - \Delta z - z')^2}$$

Yang terdefinisi di sini memenuhi syarat yang diperlukan yaitu $V + \frac{1}{r} = 0$ pada

bidang horizontal, $V + \frac{1}{r}$ akan hilang pada hemisfer jika α membesar dan V elalu

harmonik karena ρ tidak pernah hilang sehingga persamaan (K.3) menjadi.

$$H(P) = \frac{1}{4\pi} \int_S \left[\left(\frac{1}{r} - \frac{1}{\rho} \right) \frac{\partial H}{\partial n} - H \frac{\partial}{\partial n} \left(\frac{1}{r} - \frac{1}{\rho} \right) \right] ds \quad (\text{K.4})$$

Jika hemisfer membesar, suku pertamahilang pada setiap titik pada S dan suku kedua akan hilang kecuali pada permukaan horizontal, sehingga persamaan (K.4) menjadi.

$$H(x, y, z_0 - \Delta z) = -\frac{1}{4\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} H(x', y', z_0) \frac{\partial}{\partial z'} \left[\frac{1}{r} - \frac{1}{\rho} \right] dx' dy' \quad (\text{K.5})$$

Dengan melakukan derivatif dan membawa z' ke bidang horizontal akan diperoleh persamaan.

$$H(x, y, z_0 - \Delta z) = -\frac{\Delta z}{4\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{H(x', y', z_0)}{\left[(x-x')^2 + (y-y')^2 + \Delta z^2 \right]^{\frac{3}{2}}} dx' dy', \Delta z > 0 \quad (\text{K.6})$$

Persamaan (K10.6) disebut integral kontinuasi ke atas, yang menunjukkan cara bagaimana menghitung nilai dari sebuah medan potensial pada sembarang titik di atas bidang horizontal dari suatu medan di permukaan.

Lampiran L**Dokumentasi Lapangan****Gambar L.1 Dokumentasi Lapangan**

Lampiran M

Cucriculum Vitae

A. Biodata Pribadi

Nama : Ardian Sargiyanto

Jenis kelamin : Laki-laki

Tempat, tanggal lahir : Sleman, 19 Mei 1992

Alamat Tinggal : Randugunting RT6 RW3,
Tamanmartani, Kalasan, Sleman
Yogyakarta 55571

E-mail : Ardiansargiyanto@gmail.com

No. HP : 089688076086



B. Latar Belakang Pendidikan Formal

- 1997– 1999 : TK Bhakti V Randugunting
- 1999 – 2005 : SD N Bogem I
- 2005 – 2008 : SMP N 4 Kalasan
- 2008 – 2011 : SMK N 2 Yogyakarta
- 2012 - Sekarang : Program Sarjana (S-1) Fisika UIN Sunan Kalijaga
Yogyakarta