

**Pemantauan Aktivitas Gunung Merapi  
Tahun 1997 – 2015 Dengan Menggunakan  
*Time-lapse Gravity***

**SKRIPSI**

Untuk memenuhi sebagian persyaratan mencapai derajat sarjana S1

Program Studi Fisika



Diajukan Oleh  
Yayu Afni Millah  
11620001

**Kepada**

**PROGRAM STUDI FISIKA  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGRI SUNAN KALIJAGA  
YOGYAKARTA  
2016**



Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga

FM-UINSK-BM-05-07/R0

**PENGESAHAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR**

Nomor : UIN.02/D.ST/PP.01.1/2243/2016

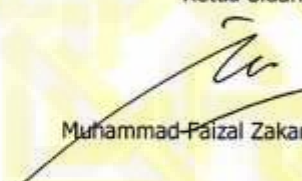
Skripsi/Tugas Akhir dengan judul : Pemantauan Aktivitas Gunung Merapi Tahun 1997 - 2015  
Dengan Menggunakan *Time-Lapse Gravity*

Yang dipersiapkan dan disusun oleh :  
Nama : Yuyu Afni Millah  
NIM : 11620001  
Telah dimunaqasyahkan pada : 3 Mei 2016  
Nilai Munaqasyah : A

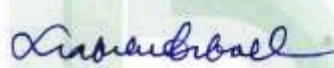
Dan dinyatakan telah diterima oleh Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga

**TIM MUNAQASYAH :**

Ketua Sidang

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

Penguji I



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

Penguji II



Nugroho Budi Wibowo, M.Si.  
NIP.19800223 200801 1 011

Yogyakarta, 24 Juni 2016

UIN Sunan Kalijaga

Fakultas Sains dan Teknologi

Dekan



  
Dr. H. Herzer Said Nahdi, M.Si.  
NIP.19550427 198403 2 001



## **SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR**

Hal : Pengajuan Munaqosyah

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 : Yuyu Afni Millah

NIM : 11620001

Judul Skripsi : Pemantauan Aktivitas Gunung Merapi Tahun 1997 – 2015 Dengan Menggunakan  
*Time-lapse Gravity*

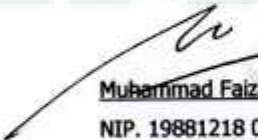
sudah dapat diajukan kembali kepada Program Studi Fisika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata Satu dalam Program Studi Fisika.

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

*Wassalamu'alaikum wr. wb.*

Yogyakarta, 26 April 2016

Pembimbing

  
Muhammad Faizal Zakaria, S.Si, M.T

NIP. 19881218 000000 1 000

### **SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI**

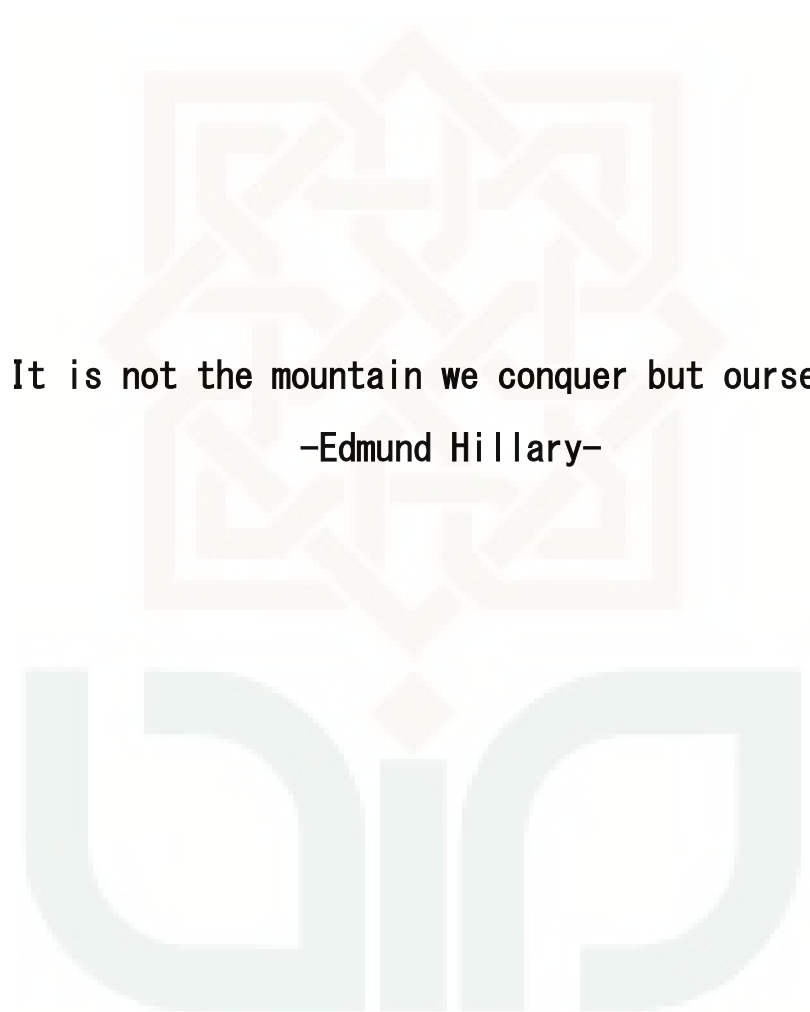
Saya menyatakan bahwa skripsi yang saya susun, sebagai syarat memperoleh gelar sarjana merupakan hasil karya tulis saya sendiri. Adapun bagian – bagian tertentu dalam penulisan skripsi ini yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah dan etika penulisan ilmiah. Saya bersedia menerima sanksi pencabutan gelar akademik yang saya peroleh dan sanksi – sanksi lainnya sesuai dengan peraturan yang berlaku, apabila dikemudian hari ditemukan adanya plagiat dalam skripsi ini.

Yogyakarta, 26 April 2016

Yang menyatakan



Yayu Afni Millah  
NIM.11620001



It is not the mountain we conquer but ourselves  
-Edmund Hillary-

**MOTTO**



Untuk cinta pertamaku, *papa...*

Untuk malaikat tanpa sayap ku, *mama...*

Untuk kesayanganku, *Ndi dan ady1...*

Untuk Teman - Teman Fisika 2011

Untuk Teman - Teman Geofisika

## KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakaatuh

Segala puji bagi Allah SWT yang telah memberikan nikmat dan karunia-Nya sehingga penulis diberi kesempatan untuk hidup dan menyelesaikan tugas akhir ini. Shalawat serta salam penulis panjatkan kepada nabi besar Muhammad SAW. Penulisan tugas akhir ini merupakan rangkaian terakhir dari proses perkuliahan untuk mendapatkan gelar sarjana *sains*.

Dalam penulisan skripsi ini penulis mengucapkan terimakasih kepada pihak-pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan tugas akhir ini, yaitu:

1. Allah SWT yang telah memberikan nikmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
2. Papa (Apar Ishak MH, M.M.Pd), mama (Siti Aisah, S.Pd.I), adik – adikku memberikan dukungan kepada penulis tanpa henti, baik itu doa, nasihat dan penularan semangat.
3. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi, Ibu Dr. Hj. Maizer Said Nahdi, M.Si.
4. Ketua Program Studi Fisika, Bapak Frida Agung Rakhmadi, M.Sc beserta dosen dan staff TU program studi Fisika.
5. Ibu Retno Rahmawati, M.Si dan ibu Asih Melati, M.Sc selaku Dosen Pembimbing Akademik.
6. Bapak Muhammad Faizal Zakaria, S.Si, M.T selaku pembimbing skripsi penulis yang selalu sabar membimbing penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
7. Bapak Ilham Nurdien, S.Si selaku pembimbing dari BPPTKG Yogyakarta yang telah membantu penulis dalam proses pengerjaan tugas akhir ini.
8. M. Dlorifun Naqiyyun sebagai teman belajar, sahabat, dan kakak yang telah meluangkan waktu untuk menemani penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

9. Bonita Tio Vanny, Nindya Ainul Fauzah dan Siti Ruqoyyah, teman seperjuangan yang saling mendukung dan saling memberi semangat satu sama lain. Terimakasih untuk semangat kalian.
10. Arika Purwanti, Sumiati dan Sulaiman, teman-teman yang telah membantu penulis dalam proses penyelesaian tugas akhir ini. Terimakasih untuk waktu kalian.
11. Teman-teman fisika 2011 yang selalu memberikan dukungan dan kepercayaan kalian. Terimakasih untuk kebersamaan dan kekeluargaan kalian.
12. Tim Gravity dan teman – teman Study Club Geofisika UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
13. Muhammad Rofiqul A’la, Nindya Fortuna Rahma, Wulan Listyorini untuk selalu memberi semangat.
14. Sahabat-sahabat terbaikku Nurul Zamilah, Tiya Sholahiyah, Pitri Sulastri, Lia Yuliani, Nadiyah Mulya Fauziah, Ni’mah Nurhasanah, Rizka Angelia Agustina, Anita Sukmayanti, Syifa Rohmati Mashfufah, dan Rifka Nurul islami Diana. Terimakasih untuk semangat yang telah kalian tularkan dan terimakasih untuk persahabatan kita selama kurang lebih 11 tahun.
15. House of Bunena –Desi, Dessaria, Novisca, Mike, Khoirunnisa, Suri, Ravicha, Rani, Ayu, Wama, Tika. Terimakasih untuk kebersamaan dan pengkondisian suasana kost.
16. Serta semua pihak yang telah membantu penulis dalam penyelesaian tugas akhir ini yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu.

Semoga tugas akhir ini dapat memberikan manfaat dan menjadi sumbangan pemikiran untuk pihak yang membutuhkan. Aamiin...

Wassalamu’alaikum Warahmatullahi Wabarakaatuh.

Yogyakarta, April 2016

Yayu Afni Millah



# **Pemantauan Aktivitas Gunung Merapi Tahun 1997 – 2015 Dengan Menggunakan *Time-lapse Gravity***

**Yayu Afni Millah**  
**11620001**

## **INTISARI**

Gunung Merapi merupakan salah satu gunungapi yang aktif di Indonesia. Pemantauan Gunung Merapi dilakukan setiap periodenya untuk mengantisipasi adanya bencana yang ditimbulkan oleh aktifitas dari Gunung Merapi itu sendiri.

Metode yang digunakan pada pemantauan Gunung Merapi ini adalah *time-lapse gravity*. Metode ini merupakan metode gravity yang pengukurannya dilakukan berulang, baik itu harian, mingguan, bulanan atau tahunan menggunakan gravitometer yang mempunyai tingkat ketelitian hingga orde  $\mu\text{Gal}$ .

Penelitian ini menggunakan data nilai gravitasi dari tahun 1997 sampai 2015. Data yang digunakan sebanyak 11 titik yang tersebar dari kaki Gunung Merapi hingga puncak Gunung Merapi. Data yang didapatkan kemudian diolah sampai mendapatkan nilai gravitasi observasi ( $g_{\text{obs}}$ ), dari data gravitasi observasi tersebut akan dilakukan perhitungan kembali sehingga didapatkan anomali gravitasi antar waktu (*time-lapse gravity*). Kemudian dari anomali gravitasi tersebut dapat dianalisis bagaimana Dari anomali gravitasi tersebut dapat dilihat bagaimana keadaan tubuh Gunung Merapi, apakah mengalami penambahan massa atau mengalami pengurangan massa.

Dari pemetaan yang telah dilakukan, penambahan dan pengurangan massa tidak memiliki pola yang sama, namun di titik sebelah timur laut – timur – selatan sering mengalami pengurangan massa tubuh Gunung Merapi, hal ini menunjukkan bahwa hampir di setiap periodenya mengalami pengosongan rongga – rongga yang berada di dalam tubuh Gunung Merapi. Pengosongan tersebut karena adanya dorongan ke arah puncak sehingga di dekat puncak mengalami penambahan massa.

Kata kunci: Gunung Merapi, gravitasi observasi ( $g_{\text{obs}}$ ), *time-lapse gravity*.

# **The Monitoring of Mount Merapi Activity From 1997 until 2015 By Using Time-lapse Gravity**

**Yayu Afni Millah**  
**11620001**

## **ABSTRACT**

Merapi is one of the active volcanoes in Indonesia. The mount Merapi monitoring is performed each period to anticipate the disasters which caused by the activities of mountain it self. The method which is used in Mount Merapi monitoring called time-lapse gravity.

Time-lapse gravity is a kind of gravity method which the measurement is repeated daily, weekly, monthly or yearly by using gravity meter which has accuration level up to orde  $\mu\text{Gal}$ .

This study used gravity value from 1997 to 2015. The data used is 11 points which are spread from down to the top of Mount Merapi. The data gravity then processed to obtain the value of gravity observation ( $g_{\text{obs}}$ ). The value of gravity observation data will be recalculated to obtain the gravity anomalies over time (time-lapse gravity). From that gravity anomalies, it can be analyzed how the condition of Mount Merapi is, is the mass increased, or having a reduction in mass.

From the mapping which has been done, addition and subtraction of mass did not have the same pattern, however at a northeast - east - south point mount Merapi often had mass reduction, it showed that almost in every period of mount Merapi had experienced a discharge cavity in Mount Merapi. The emptying is purposed to push toward to the top, in order to had a mass increasing at the peak of mountain.

Keywords: Mount Merapi, observation gravity ( $g_{\text{obs}}$ ), time-lapse gravity.

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	ii
<b>HALAMAN PERSETUJUAN</b> .....	iii
<b>HALAMAN PERNYATAAN</b> .....	iv
<b>HALAMAN MOTTO</b> .....	v
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	vi
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	vii
<b>INTISARI</b> .....	ix
<b>ABSTRACT</b> .....	x
<b>DAFTAR ISI</b> .....	xi
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xiii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xiv
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xviii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	5
1.3 Tujuan Penelitian .....	5
1.4 Batasan Penelitian .....	6
1.5 Manfaat Penelitian .....	6
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 Studi Pustaka .....	7
2.2 Geologi Gunung Merapi .....	9
2.3 Vulkanologi Gunung Merapi .....	10
2.4 Dasar Teori .....	13
2.4.1 Hukum Gravitasi Newton .....	13
2.4.2 Percepatan Gravitasi .....	14
2.4.3 Pengukuran Gravitasi .....	15
2.4.4 Gravitymeter .....	19

2.4.5 Gravitasi Observasi ( $G_{obs}$ ) .....	19
2.4.6 Anomali Gayaberat Antar Waktu ( <i>Time-lapse Gravity</i> ) .....	22
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN</b>	
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian .....	24
3.2 Alat dan Bahan .....	24
3.3 Prosedur Kerja .....	26
3.3.1 Persiapan Data.....	27
3.3.2 Pengolahan Data.....	28
3.3.3 Interpretasi .....	29
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	
4.1 Lokasi Titik Pengukuran .....	30
4.2 Persiapan dan Pengolahan Data .....	31
4.3 Gravitasi Observasi ( $G_{obs}$ ) .....	33
4.4 Anomali Gravitasi Antar Waktu ( <i>Time-lapse Gravity</i> ) .....	48
4.4.1 Perhitungan Anomali Gravitasi 1 Periode Pengukuran .....	48
4.4.2 Perhitungan Anomali Gravitasi 2 Tahun Pengukuran .....	66
4.5 Interpretasi .....	73
4.6 Integrasi – Interkoneksi .....	75
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN</b>	
5.1 Kesimpulan .....	77
5.2 Saran.....	79
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	80
<b>LAMPIRAN</b> .....	84

## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1	Titik pengamatan pengukuran gravitasi .....	28
-----------	---	----



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Peta sebaran gunungapi Indonesia .....	2
Gambar 1.2	Peta sebaran awan panas Gunung Merapi 2006 .....	5
Gambar 2.1	Lokasi Gunung Merapi di Indonesia .....	9
Gambar 2.2	Klasifikasi gunungapi menurut Escher 2003 .....	11
Gambar 2.3	Hukum Newton tentang gravitasi .....	14
Gambar 2.4	Skema sebuah gravitimeter absolut .....	16
Gambar 2.5	Ilustrasi benda jatuh bebas .....	17
Gambar 2.6	Ilustrasi gravitimeter sistem pegas .....	18
Gambar 2.7	Gravitimeter Scintrex CG-5 Autograv .....	20
Gambar 3.1	Titik pengukuran gravitasi untuk pemantauan Gunung Merapi dilihat dari sebelah utara .....	25
Gambar 3.2	Titik pengukuran gravitasi untuk pemantauan Gunung Merapi dilihat dari sebelah selatan .....	26
Gambar 3.3	Diagram alir penelitian .....	27
Gambar 4.1	Peta nilai gravitasi observasi ( $g_{obs}$ ) periode Agustus 1997 (menghadap utara).....	34
Gambar 4.2	Peta nilai gravitasi observasi ( $g_{obs}$ ) periode Agustus 1997 (menghadap selatan) .....	35
Gambar 4.3	Peta nilai gravitasi observasi ( $g_{obs}$ ) periode Februari 1998 (menghadap utara) .....	36
Gambar 4.4	Peta nilai gravitasi observasi ( $g_{obs}$ ) periode Februari 1998 (menghadap selatan) .....	36
Gambar 4.5	Peta nilai gravitasi observasi ( $g_{obs}$ ) periode Agustus 1998 (menghadap utara).....	37
Gambar 4.6	Peta nilai gravitasi observasi ( $g_{obs}$ ) periode Agustus 1998 (menghadap selatan) .....	38
Gambar 4.7	Peta nilai gravitasi observasi ( $g_{obs}$ ) periode Agustus 1999 (menghadap utara).....	39

Gambar 4.8	Peta nilai gravitasi observasi ( $g_{obs}$ ) periode Agustus 1999 (menghadap selatan) .....	39
Gambar 4.9	Peta nilai gravitasi observasi ( $g_{obs}$ ) periode Agustus 2000 (menghadap utara).....	40
Gambar 4.10	Peta nilai gravitasi observasi ( $g_{obs}$ ) periode Agustus 2000 (menghadap selatan) .....	41
Gambar 4.11	Peta nilai gravitasi observasi ( $g_{obs}$ ) periode Juli 2012 (menghadap utara).....	42
Gambar 4.12	Peta nilai gravitasi observasi ( $g_{obs}$ ) periode Juli 2012 (menghadap selatan).....	43
Gambar 4.13	Peta nilai gravitasi observasi ( $g_{obs}$ ) periode Desember 2012 (menghadap utara) .....	44
Gambar 4.14	Peta nilai gravitasi observasi ( $g_{obs}$ ) periode Desember 2012 (menghadap selatan) .....	44
Gambar 4.15	Peta nilai gravitasi observasi ( $g_{obs}$ ) periode September 2014 (menghadap utara).....	45
Gambar 4.16	Peta nilai gravitasi observasi ( $g_{obs}$ ) periode September 2014 (menghadap selatan) .....	46
Gambar 4.17	Peta nilai gravitasi observasi ( $g_{obs}$ ) periode Oktober 2015 (menghadap utara).....	47
Gambar 4.18	Peta nilai gravitasi observasi ( $g_{obs}$ ) periode Oktober 2015 (menghadap selatan) .....	47
Gambar 4.19	Peta anomali gravitasi antar waktu periode Agustus 1997 – Februari 1998 (menghadap utara).....	49
Gambar 4.20	Peta anomali gravitasi antar waktu periode Agustus 1997 – Februari 1998 (menghadap selatan).....	49
Gambar 4.21	Peta anomali gravitasi antar waktu periode Februari 1998 – Agustus 1998 (menghadap utara).....	52
Gambar 4.22	Peta anomali gravitasi antar waktu periode Februari 1998 – Agustus 1998 (menghadap selatan).....	52

Gambar 4.23	Peta anomali gravitasi antar waktu periode Agustus 1998 – Agustus 1999 (menghadap utara) .....	54
Gambar 4.24	Peta anomali gravitasi antar waktu periode Agustus 1998 – Agustus 1999 (menghadap selatan) .....	55
Gambar 4.25	Peta anomali gravitasi antar waktu periode Agustus 1999 – Agustus 2000 (menghadap utara) .....	57
Gambar 4.26	Peta anomali gravitasi antar waktu periode Agustus 1999 – Agustus 2000 (menghadap selatan) .....	57
Gambar 4.27	Peta anomali gravitasi antar waktu periode Agustus 2000 – Juli 2012 (menghadap utara).....	59
Gambar 4.28	Peta anomali gravitasi antar waktu periode Agustus 2000 – Juli 2012 (menghadap selatan).....	59
Gambar 4.29	Peta anomali gravitasi antar waktu periode Juli 2012 – Desember 2012 (menghadap utara).....	61
Gambar 4.30	Peta anomali gravitasi antar waktu periode Juli 2012 – Desember 2012 (menghadap selatan).....	62
Gambar 4.31	Peta anomali gravitasi antar waktu periode Desember 2012 – September 2014 (menghadap utara) .	63
Gambar 4.32	Peta anomali gravitasi antar waktu periode Desember 2012 – September 2014 (menghadap selatan)	63
Gambar 4.33	Peta anomali gravitasi antar waktu periode September 2014 – Oktober 2015 (menghadap utara).....	65
Gambar 4.34	Peta anomali gravitasi antar waktu periode September 2014 – Oktober 2015 (menghadap selatan)..	65
Gambar 4.35	Peta anomali gravitasi antar waktu periode Agustus 1997 – Agustus 1999 (menghadap utara).....	67
Gambar 4.36	Peta anomali gravitasi antar waktu periode Agustus 1997 – Agustus 1999 (menghadap selatan).....	67
Gambar 4.37	Peta anomali gravitasi antar waktu periode Februari 1998 – Agustus 2000 (menghadap utara) .....	69



Gambar 4.38	Peta anomali gravitasi antar waktu periode Februari 1998 – Agustus 2000 (menghadap selatan) .....	69
Gambar 4.39	Peta anomali gravitasi antar waktu periode Agustus 1998 – Agustus 2000 (menghadap utara).....	71
Gambar 4.40	Peta anomali gravitasi antar waktu periode Agustus 1998 – Agustus 2000 (menghadap selatan).....	71
Gambar 4.41	Peta anomali gravitasi antar waktu periode Juli 2012 – September 2014 (menghadap utara) .....	72
Gambar 4.42	Peta anomali gravitasi antar waktu periode Juli 2012 – September 2014 (menghadap selatan) .....	73



## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Data nilai gravitasi observasi dari tahun 1997 – 2015 dalam $\mu\text{Gal}$ .....	84
Lampiran 2	Data selisih nilai gravitasi observasi dari tahun 1997 – 2015 dalam $\mu\text{Gal}$ (Perhitungan satu periode pengukuran).....	85
Lampiran 3	Data selisih nilai gravitasi observasi dari tahun 1997 – 2015 dalam $\mu\text{Gal}$ (Perhitungan dua tahun pengukuran) .....	86
Lampiran 4	Langkah Pengolahan Data Gravitasi.....	87
Lampiran 5	Contoh hasil perhitungan pasang surut menggunakan <i>software</i> PASUT .....	90
Lampiran 6	Langkah pengoperasian alat Scintrex Autograv CG-5 .....	94
Lampiran 7	Data sheet gravitimeter scintrex cg-5 autograv.....	95



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Gunung merupakan bagian dari permukaan bumi yang letaknya jauh lebih tinggi daripada daerah di sekitarnya. Gunung juga pada umumnya memiliki lereng yang curam ataupun puncak yang menjulang tinggi. Menurut KBBI, gunung adalah bukit yang sangat besar dan tinggi (biasanya tingginya lebih dari 600 m). Sebuah gunung biasanya terbentuk dari gerakan tektonik lempeng, gerakan orogenik atau gerakan epeirogenik.

Gunung merupakan salah satu tanda kebesaran Allah SWT yang diciptakan untuk menguatkan bumi. Hal ini terdapat dalam Al-Quran Surat An-Nahl ayat 15 yaitu:

وَالْقَىٰ فِي الْأَرْضِ رَوَاسِيَ أَن تَمِيدَ بِكُمْ وَأَنْهَارًا وَسُبُلًا لَّعَلَّكُمْ تَهْتَدُونَ ﴿١٥﴾

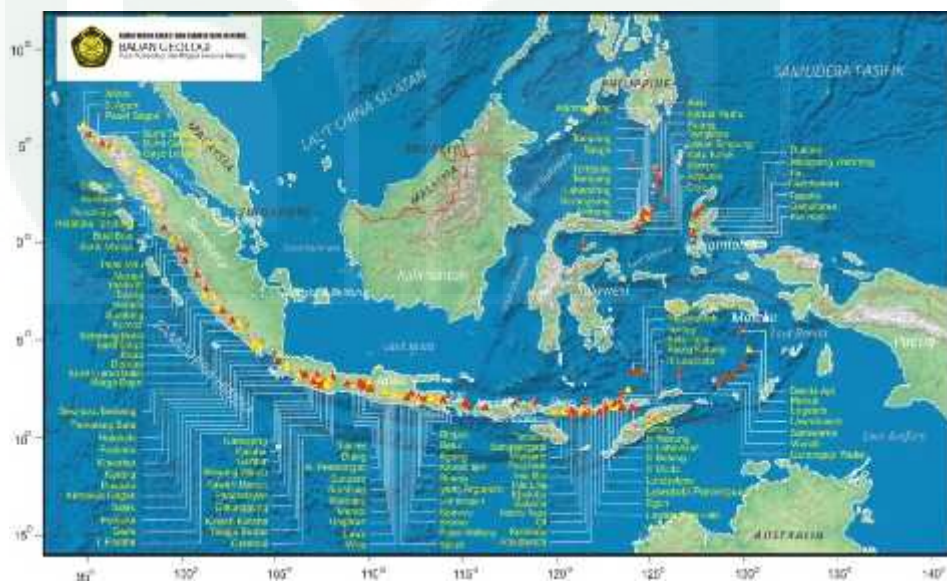
*Artinya: “Dan dia menancapkan gunung-gunung di bumi supaya bumi itu tidak goncang bersama kamu, (dan dia menciptakan) sungai-sungai dan jalan-jalan agar kamu mendapat petunjuk,” (Q.S. An-Nahl:15).*

Dalam ayat Al-Quran lainnya Allah juga menerangkan tentang manfaat gunung yang terdapat pada surat Al-Hijr ayat 19:

وَالْأَرْضَ مَدَدْنَاهَا وَأَلْقَيْنَا فِيهَا رَوَاسِيَ وَأَنْبَتْنَا فِيهَا مِنْ كُلِّ شَيْءٍ مَّوْزُونٍ ﴿١٩﴾

Artinya: “Dan kami Telah menghamparkan bumi dan menjadikan padanya gunung-gunung dan kami tumbuhkan padanya segala sesuatu menurut ukuran.” (Q.S Al-Hijr:19)

Gunung yang terdapat di Indonesia merupakan akibat dari posisi geografis Indonesia itu sendiri yang terletak pada batas tiga lempeng tektonik besar yaitu lempeng Indo-Australia, lempeng Benua Eurasia dan lempeng Pasifik. Hal ini juga mengakibatkan Indonesia memiliki deretan gunungapi yang termasuk dalam daerah sabuk Api Pasifik (*Ring Of Fire*). Indonesia yang berada pada jalur ini memiliki 129 gunungapi dan 76 gunungapi dinyatakan sangat aktif yang ditandai pernah meletus sejak tahun 1600 sampai saat ini (Ariyanto dkk, 2014). Kondisi tersebut menyebabkan Indonesia rawan terjadi bencana geologi diantaranya letusan gunungapi yang menimbulkan banyak kerusakan serta korban dari bencana tersebut.



Gambar 1.1 Peta Sebaran Gunungapi Indonesia  
(<http://www.merapi.bgl.esdm.go.id>, diunduh pada tanggal 12 Oktober 2015)

Gunung Merapi merupakan salah satu gunungapi teraktif di Indonesia (Sarkowi, 2010) dengan mengalami erupsi dua sampai lima tahun sekali dan dikelilingi oleh pemukiman yang sangat padat. Sejarah letusan Gunung Merapi secara tertulis mulai tercatat sejak awal masa kolonial Belanda sekitar abad ke-17 (<http://www.vsi.esdm.go.id> dilihat pada tanggal 22 Mei 2016 pukul 7:50) sedangkan letusan sebelumnya tidak tercatat secara jelas. Secara umum letusan Gunung Merapi dapat dirangkum sebagai berikut:

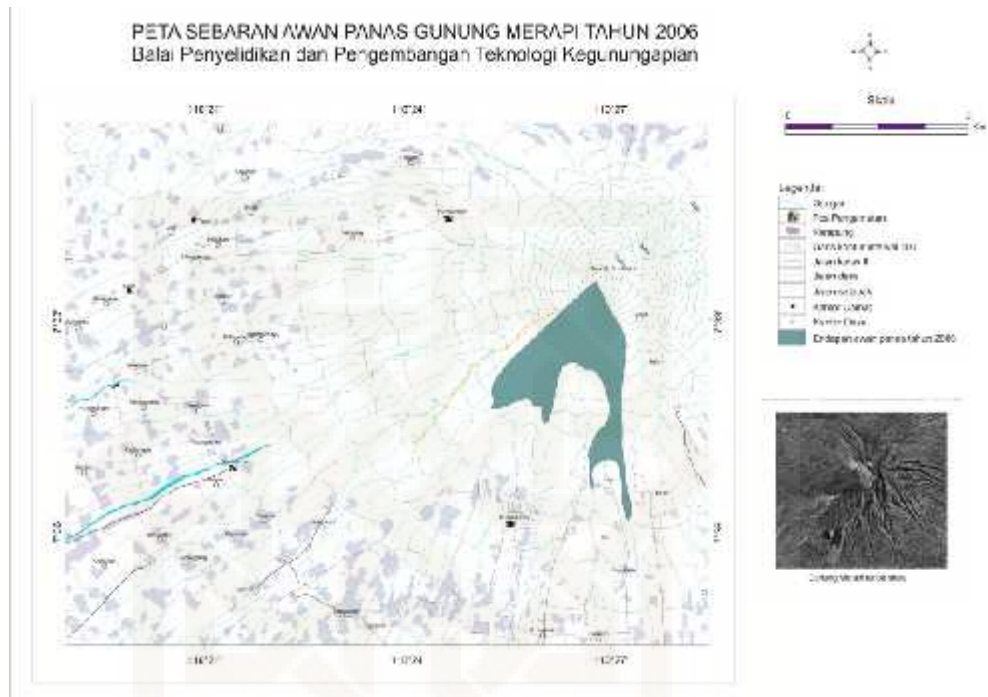
- a. Pada periode 3000 – 250 tahun yang lalu tercatat lebih kurang 33 kali letusan, dimana 7 diantaranya merupakan letusan besar. Dari data tersebut menunjukkan bahwa letusan besar terjadi sekali dalam 150-500 tahun (Andreastuti dkk, 2000 dalam <http://www.vsi.esdm.go.id> dilihat pada tanggal 22 Mei 2016 pukul 7:50).
- b. Pada periode Merapi baru telah terjadi beberapa kali letusan besar yaitu abad ke-19 (tahun 1822, 1849, 1872) dan abad ke 20 yaitu 1930 – 1931. Erupsi abad ke-19 jauh lebih besar dari letusan abad ke-20, dimana awan panas mencapai 20 km dari puncak (Newhal, 2000 dalam <http://www.vsi.esdm.go.id> dilihat pada tanggal 22 Mei 2016 pukul 7:50).
- c. Aktivitas Merapi pada abad ke-20 terjadi minimal 28 kali letusan, dimana letusan terbesar terjadi pada tahun 1931.
- d. Aktivitas Merapi pada abad ke-21 terjadi beberapa letusan yaitu pada tahun 2001, 2006, 2010. Tahun 2010 merupakan letusan terbesar sejak

seratus tahun terakhir dan telah mengubah karakteristik erupsi Gunung Merapi (Nurmawati, 2013). Sedangkan pada tahun 2012 dan 2013 terjadi emisi abu kecil yang diakibatkan oleh runtuhnya kubah lava.

Pada tahun 2006, semburan awan panas sejauh 5 km lebih mengarah ke hulu kali Gendol dan menghanguskan sebagian kawasan hutan di utara Kaliadem. Sedangkan pada tahun 2010, terjadi erupsi eksplosif berupa letusan besar yang menghasilkan kolom awan setinggi 4 km dan semburan awan panas ke berbagai arah di kaki Merapi. Pada tahun 2012 terjadi sebuah emisi abu yang kecil di Gunung Merapi, tepatnya pada tanggal 15 Juli 2012. Letusan ini disebabkan oleh runtuhnya kubah lava kecil yang terbentuk setelah letusan tahun 2010 dan dari letusan ini mengakibatkan hujan abu yang terjadi di Jurang Jero dan Srumbung. Untuk letusan tahun 2013 terjadi pada tanggal 18 November, abu mencapai ketinggian 6500 kaki dan terbang 40 km ke arah timur, kota Solo.

Pada saat Gunung Merapi akan meletus terjadi peningkatan di dapur magma. Perubahan beban massa tanah dan batuan juga bisa mengakibatkan perubahan struktur geologi di sekitar Gunung Merapi yang dapat memengaruhi aktivitas magma (Santosa, 2012). Perubahan dan aktivitas magma dapat menyebabkan perubahan nilai gravitasi di sekitar gunung merapi. Perubahan nilai gravitasi tersebut dapat diketahui dengan

melakukan pengukuran gravitasi secara berkala yang biasa disebut dengan monitoring gravitasi antar waktu (*Time-lapse gravity*).



Gambar 1.2 Peta Sebaran Awan Panas Gunung Merapi Tahun 2006 (<http://www.merapi.bgl.esdm.go.id>, diunduh pada tanggal 12 Oktober 2015)

## 1.2 Rumusan Masalah

- Berapa nilai anomali gravitasi antar waktu (*time-lapse gravity*) pada setiap periode pengukuran gravitasi?
- Bagaimana pergerakan magma pada tubuh Gunung Merapi pada pengukuran gravitasi antar waktu (*Time-lapse gravity*)?

## 1.3 Tujuan Penelitian

- Mengetahui nilai anomali gravitasi antar waktu (*time-lapse gravity*) pada setiap periode pengukuran gravitasi.

- b. Mengetahui pergerakan magma pada tubuh Gunung Merapi pada pengukuran gravitasi antar waktu (*Time-lapse gravity*).

#### **1.4 Batasan Penelitian**

- a. Data yang digunakan adalah data pemantauan gunung Merapi dari milik Balai Penyelidikan dan Pengembangan Teknologi Kebencanaan Geologi (BPPTKG) Yogyakarta periode 1997 - 2015.
- b. Data yang diinterpretasi merupakan data pengukuran gravitasi dari 11 stasiun pemantauan yang berada di dekat puncak Gunung Merapi.
- c. Pengolahan data dilakukan sampai menentukan gravitasi observasi ( $g_{obs}$ ).

#### **1.5 Manfaat Penelitian**

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi kepada instansi pemerintah ataupun masyarakat untuk mitigasi bencana agar kerusakan dan korban dari letusan Gunung Merapi dapat dikurangi. Dari hasil penelitian ini juga dapat dipakai sebagai dasar penelitian lebih lanjut mengenai struktur gunungapi secara geofisika.



## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Berikut ini merupakan kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini:

1. Anomali gravitasi antar waktu yang didapatkan pada setiap periode adalah sebagai berikut:

Perhitungan satu periode pengukuran

- a. Periode Agustus 1997 – Februari 1998 memiliki nilai sekitar  $-36 \mu\text{Gal}$  hingga  $136 \mu\text{Gal}$ .
- b. Periode Februari 1998 – Agustus 1998 memiliki nilai sekitar  $258 \mu\text{Gal}$  hingga  $1205 \mu\text{Gal}$ .
- c. Periode Agustus 1998 – Agustus 1999 memiliki nilai sekitar  $-59 \mu\text{Gal}$  hingga  $369 \mu\text{Gal}$ .
- d. Periode Agustus 1999 – Agustus 2000 memiliki nilai sekitar  $-79 \mu\text{Gal}$  hingga  $803 \mu\text{Gal}$ .
- e. Periode Agustus 2000 – Juli 2012 memiliki nilai sekitar  $-739 \mu\text{Gal}$  hingga  $188619 \mu\text{Gal}$ .
- f. Periode Juli 2012 – Desember 2012 memiliki nilai sekitar  $-5703 \mu\text{Gal}$  hingga  $803 \mu\text{Gal}$ .
- g. Periode Desember 2012 – September 2014 memiliki nilai sekitar  $1663 \mu\text{Gal}$  hingga  $53740 \mu\text{Gal}$ .

- h. Periode September 2014 – Oktober 2015 memiliki nilai sekitar -6720  $\mu\text{Gal}$  hingga 565  $\mu\text{Gal}$ .

Perhitungan dua tahun pengukuran

- a. Periode Agustus 1997 – Agustus 1999 memiliki nilai sekitar 76  $\mu\text{Gal}$  hingga 615  $\mu\text{Gal}$ .
  - b. Periode Februari 1998 – Agustus 2000 memiliki nilai sekitar -51  $\mu\text{Gal}$  hingga 1454  $\mu\text{Gal}$ .
  - c. Periode Agustus 1998 – Agustus 2000 memiliki nilai sekitar -448  $\mu\text{Gal}$  hingga 481  $\mu\text{Gal}$ .
  - d. Periode Juli 2012 – September 2014 memiliki nilai sekitar -3657  $\mu\text{Gal}$  hingga 50811  $\mu\text{Gal}$ .
2. Dari pemetaan yang dilakukan secara perhitungan satu periode pengukuran, penambahan dan pengurangan massa tidak memiliki pola yang sama, namun di titik sebelah timur laut – timur – selatan sering mengalami pengurangan massa tubuh Gunung Merapi sehingga diindikasikan bahwa pada daerah tersebut terletak kantong magma. Sedangkan secara perhitungan dua tahun pengukuran didapatkan pola terjadinya kenaikan di daerah puncak, dan diperkirakan pergerakan magma dari arah timur – timur laut – tenggara. Pengurangan massa tersebut terjadi karena kosongnya reservoir pada tubuh Gunung Merapi dari magma. Pengosongan tersebut karena magma terdorong ke arah puncak sehingga di dekat puncak mengalami penambahan massa.

## 5.2 Saran

Ada beberapa saran yang dapat dilakukan untuk melakukan penelitian selanjutnya, antara lain:

1. Perlu dilakukan penambahan data, yaitu data ketinggian. Sehingga ke depannya analisis tidak hanya dilihat dari perubahan massanya saja namun dapat dilihat dari perubahan ketinggiannya yang hasilnya pun akan lebih akurat.
2. Perlu dilakukan pengukuran gravitasi secara rutin dalam selang waktu satu tahun, sehingga data yang didapatkan lebih akurat dan dari data tersebut dapat dihitung potensi volume magma yang ada di Gunung Merapi.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ariyanto, Sandy Vikky, Sunaryo dan Adi Susilo. 2014. Pendugaan Struktur Kantong Magma Gunungapi Kelud Berdasarkan Data Gravity Menggunakan Metode Ekuivalen Titik Massa. *Natural B*, Vol. 2 No. 3 April 2014, hal 1-6.
- Depdikbud. 2005. Kamus Besar Bahasa Indonesia. Jakarta: Balai Pustaka.
- Direktorat Vulkanologi BPPTKG. 2000. Evolusi 100 Tahun Morfologi Gunung Merapi (Abad XX). Yogyakarta: Balai Penyelidikan dan Pengembangan Teknologi Kebencanaan Geologi.
- Hidayat, Fathoni Sukma. 2011. *Penyelidikan Gayaberat Untuk Pemetaan Struktur Bawah Permukaan Di Daerah Karanganyar Bagian Barat*. (Skripsi), Jurusan Fisika, FMIPA, Universitas Sebelas Maret Surakarta.
- Hidayat, Nurul dan Abdul Basid. 2011. Analisis Anomali Gravitasi Sebagai Acuan Dalam Penentuan Struktur Geologi Bawah Permukaan Dan Potensi Geothermal (Studi Kasus di Daerah Songgoriti Kota Batu). *Jurnal Neutrino*, Vol. 14 No. 1 Oktober 2011, hal 35-47.
- Ilhami, Ahmad. 2009. *Pemodelan Penurunan Gerakan Tanah (Land Subsidence) Area Lumpur Lapindo, Sidoarjo Menggunakan Data Mikrogravity*. (Skripsi), Departemen Fisika, FMIPA, Universitas Indonesia.
- Jumransyah, Sunaryo dan Wasis. 2010. Pendugaan Struktur Bawah Permukaan Gunungapi Kelud Berdasarkan survei Gayaberat. Laporan penelitian Mahasiswa dan Dosen Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Brawijaya, Malang.
- Karmelia, Maria Prina Kencana. 2011. *Monitoring Perubahan Massa Reservoir Hidrokarbon Akibat Produksi dan Injeksi di Lapangan "JC" dengan Metode Gravitasi Mikro 4D*. (Skripsi), Program Studi Geofisika, Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Gadjah Mada.

Liner, Christoper L. 2000. *Environmental Geophysics Reader*.

Malanda, Yoshi Meida, Supriyadi dan Suharto Linuwih. 2013. Analisis Anomali Gayabarat Antar Waktu Untuk Pemantauan Amblesan Tanah Di Kota Semarang. *Unnes Physics Journal ISSN 2252-6978*, **UPJ 2 (1) (2013)**, hal 13-17

Meilisa dan Muh. Sarkowi. 2013. *Analisis Data Gravity Untuk Menentukan Struktur Bawah Permukaan Daerah Manifestai Panasbumi di Lereng Selatan Gunung Ungaran*. Seminar Nasional Sains & teknologi V Lembaga Penelitian Universitas Lampung 19-20 November 2013, hal 181-193.

Nurmawati, Aprilia. 2013. *Analisis Pergerakan Magma Gunung Merapi Dengan Menggunakan Diagram  $\Delta g/\Delta h$  Serta Estimasi Potensi Volume Magma Dengan Menggunakan Gravitasi*. (Skripsi), Program Studi Geofisika, Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

Reza, Mukhammad Khaeru, Sutomo Kahar dan L.M Sabri. 2013. Pembuatan Peta Model Undulasi Lokal (Study Kasus: Kecamatan Rao, Kabupaten Pasaman-Sumatera Barat). *Jurnal Geodesi Undip ISSN 2337-845X*, **Vol. 2 No. 3 Agustus 2013**, hal 53-68.

Romsiyatin dan Abdul Basid. 2012. Penentuan Sebaran Hiposenter Gunungapi Merapi Berdasarkan Data Gempa Vulkanik Tahun 2006. *Jurnal Neutrino*, **Vol. 4 No. 2 April 2012**, hal 188-200.

Santosa, Bagus Jaya, Mashuri, Wahyu Tri Sutrisno, Abdurrahman Wafi, Riski Salim, Radhiyullah Armi. 2012. Interpretasi Metode Magnetik Untuk Penentuan Struktur Bawah Permukaan di Sekitar Gunung Kelud Kabupaten Kediri. *Jurnal Penelitian Fisika dan Aplikasinya (JPFA) ISSN: 2087-9946*, **Vol. 2 No. 1 Juni 2012**, hal 7-14.

Sarkowi, Muh. 2010. *Interpretasi Struktur Bawah Permukaan Daerah Gunung Merbabu – Merapi Berdasarkan Pemodelan 3D Anomali Bouger*. Berkala Fisika **Vol 13, No.2, Edisi Khusus April 2010**, hal D11-D18.

- Scintrex A Division Of LRS. 2009. *CG-5 Scintrex Autograv System Operation Manual* (Revision 5). Canada: SCINTREX Limited.
- Scintrex A Division Of LRS. 2009. *CG-5 Autograv Data Sheet*. Canada: SCINTREX Limited.
- Sofyan, Yayan, Jun Nishijima, Yasuhiro Fujimitsu, Shin Yoshikawa, Tsuneomi Kagiya dan Takahiro Ohkura. 2014. Monitoring Geothermal Activity at Aso Volcano, Japan, After Small Eruption in May 2011. *Proceedings, Thirthy-Eighth Workshop On Geothermal Engineering Stanford University, Stanford, California, February 24-26, 2014, SGP-TR-202*, hal 1-9.
- Supriyadi. 2009. Studi Gayaberat relatif Di Semarang. *Jurnal Pendidikan Fisika Indonesia ISSN: 1693-1246, Vol. 5*, hal 54-61.
- Supriyadi, WGA Kadir, Sarkowi dan R Herbet. 2013. Identifikasi Zona Pengurangan Air Tanah Berdasarkan Model 3D Gayaberat Mikro Antar Waktu. *Jurnal MIPA ISSN 0215-9945, Jurnal MIPA 36 (1)*, hal 34-43 (2013).
- Suyanto, Imam. 2012. Pemodelan Bawah Permukaan Gunung Merapi Dari Analisis Data Magnetik Dengan Menggunakan Software Geosoft. Laporan Penelitian Program Studi Geofisika, Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Gadjah Mada Yogyakarta.
- Syakir, Syaikh Ahmad. 2012. Mukhtasar Tafsir Ibnu Katsir: Jilid 4. Jakarta: Darus Sunnah.
- Williams-Jones, Glyn, Hazel Rymer, Guillaume Mauri, Joachim Gottsmann, Michael Polland dan Daniele Carbone. 2008. Toward Continuous 4D Microgravity Monitoring Of Volcanoes. *Geophysics 10.1190/1.2981185, Vol. 73 No. 6 (November-December 2008)*: P. Wa19-Wa28, 4FIGS.
- Yusuf, Mahmud. 2015. Analisis Data Gayaberat Kombinasi Dengan Menggunakan Gravimeter Absolut (A10) Dan Gravimeter Relatif

(Lacoste Romberg). Geophysical Instrumentation Subdivision,  
Meteorological Climatological and Geophysical Agency.

Zaenudin, Ahmad. 2010. *Time-lapse Microgravity Untuk Monitoring Defisit Massa Reservoir Panasbumi Kamojang*. *J. Sains MIPA ISSN 1978 - 1873*, **Vol. 16 No. 1 April 2010**: 47-56.

<http://www.merapi.bgl.esdm.go.id> . Diakses pada tanggal 12 Oktober 2015 pada pukul 13:42.

<http://www.volcanolive.com/merapi.html>. Diakses pada tanggal 3 Maret 2016 pada pukul 13:48

<http://www.vsi.esdm.go.id/index.php/gunungapi/tentang-gunungapi>. Diakses pada tanggal 17 Maret 2016 Pukul 10:22 WIB.

## LAMPIRAN 1

Data nilai gravitasi observasi dari tahun 1997 – 2015 dalam  $\mu\text{Gal}$

STA	X	Y	Agust-97	Feb-98	Agust-98	Agust-99	Agust-00	Jul-12	Des-12	14-Sep	15-Okt
BABA	434984,14	9168032,679	9778768308	9778768105	9778768444	9778768385	9778768399	9778763760	9778763470	9778765133	9778764837
CEPO	445514,52	9170137,657	9779354147	9779354283	9779354541	9779354473	9779354232	9779353493	9779351270	9779355181	9779354955
DELE	441576,64	9161775,655	9779386101	9779385734	9779386223	9779386417	9779386147	9779396516	9779380720	9779388311	9779388876
GEME	434827,55	9166099,193			9778872752	9778872963	9778873150	9778870010	9778870270	9778875686	9778874009
JRA0	436176,41	9171231,322	9778746623	9778746224	9778746607	9778746699	9778746721	9778733887	9778734690	9778741149	9778738934
JRA1	439616,72	9169189,239	9777714700	9777714405	9777714924	9777715157	9777715225	9777715323	9777712080	9777718062	9777715536
JRA4	439438,73	9168035,331	9776407214	9776407178	9776408151	9776407829	9776408632	9776408911	9776407420	9776414438	9776409860
JRA6	439539,85	9167523,987	9775791541	9775790901	9775792106	9775791680	9775792310	9775790293	9775784590	9775798112	9775791392
KLAK	437372,06	9167353,057			9777167969	9777168268	9777167850	9777356469	9777353540	9777407280	
MRIY	444167,51	9165927,241	9779053986	9779053661	9779054546	9779054177	9779054098	9779056928	9779054190	9779059401	9779058682
SELO	439486,55	9168550,12			9777122881	9777123009	9777123271	9777161630	9777159530	9777125073	9777118931



## LAMPIRAN 2

Data selisih nilai gravitasi observasi dari tahun 1997 – 2015 dalam  $\mu\text{Gal}$  (Perhitungan satu periode pengukuran)

STA	X	Y	SelisihAgu97- Feb98	SelisihFeb98- Agu98	SelisihAgu98- Agu99	SelisihAgu99- Agu00	SelisihAgu00- Jul12	SelisihJul12- des12	SelisihDes12- Spt14	SelisihSep14- Okt15
BABA	434984,14	9168032,7	-203	339	-59	14	-4639	-290	1663	-296
CEPO	445514,52	9170137,7	136	258	-68	-241	-739	-2223	3911	-226
DELE	441576,64	9161775,7	-367	489	194	-270	10369	-15796	7591	565
GEME	434827,55	9166099,2			211	187	-3140	260	5416	-1677
JRA0	436176,41	9171231,3	-399	383	92	22	-12834	803	6459	-2215
JRA1	439616,72	9169189,2	-295	519	233	68	98	-3243	5982	-2526
JRA4	439438,73	9168035,3	-36	973	-322	803	279	-1491	7018	-4578
JRA6	439539,85	9167524	-640	1205	-426	630	-2017	-5703	13522	-6720
KLAK	437372,06	9167353,1			299	-418	188619	-2929	53740	
MRIY	444167,51	9165927,2	-325	885	-369	-79	2830	-2738	5211	-719
SELO	439486,55	9168550,1			128	262	38359	-2100	-34457	-6142

### LAMPIRAN 3

Data selisih nilai gravitasi observasi dari tahun 1997 – 2015 dalam  $\mu\text{Gal}$  (Perhitungan dua tahun pengukuran)

STA	X	Y	Selisih97-Feb98	SelisihFeb98-Agu98	SelisihAgu98-99	Selisih99-2000	Selisih2000-Jul12	SelisihJul12-des12	SelisihDes12-14	Selisih14-15
BABA	434984,14	9168032,7	-203	339	-59	14	-4639	-290	1663	-296
CEPO	445514,52	9170137,7	136	258	-68	-241	-739	-2223	3911	-226
DELE	441576,64	9161775,7	-367	489	194	-270	10369	100	7591	565
GEME	434827,55	9166099,2			211	187	-3140	260	5416	-1677
JRA0	436176,41	9171231,3	-399	383	92	22	-12834	803	6459	-2215
JRA1	439616,72	9169189,2	-295	519	233	68	98	-3243	5982	-2526
JRA4	439438,73	9168035,3	-36	973	-322	803	279	-1491	7018	-4578
JRA6	439539,85	9167524	-640	1205	-426	630	-2017	-5703	13522	-6720
KLAK	437372,06	9167353,1			299		188619	-2929	53740	
MRIY	444167,51	9165927,2	-325	300	369	-79	2830	-2738	5211	-719
SELO	439486,55	9168550,1				262	38359	-2100		-6142

## LAMPIRAN 4

### Langkah Pengolahan Data Gravitasi

Contoh titik DELE pada tanggal 22 Oktober 2015

#### 1. Data awal

Data yang didapatkan dari alat gravitimeter Scintrex Autograv CG-5 tidak perlu dikonversi lagi, karena sudah dalam skala pembacaan mGal.

#### 2. Koreksi Tinggi Alat

Koreksi tinggi alat dilakukan karena nilai pembacaan gravitasi dipengaruhi oleh tinggi dari alat gravitimeter yang digunakan. Nilai -0,3086 merupakan perubahan nilai pada setiap kenaikan satu meter, dan tanda minus tersebut menunjukkan bahwa setiap kenaikan satu meter mengalami penurunan nilai gravitasi (Liner, 2000).

$$G_{SH} = G_s + (-0,3086h)$$

$$G_{SH} = 1890,388 + (-0,3086 \times 0,460)$$

$$G_{SH} = 1890,388 + (-0,14196)$$

$$G_{SH} = 1890,246 \text{ mGal}$$

#### 3. Koreksi Pasang Surut

Data hasil pengukuran gravitasi dipengaruhi oleh gaya tarik menarik Bumi dengan benda langit khususnya Matahari dan Bulan. Perhitungan pasang surut pada penelitian ini menggunakan *software* PASUT, namun perhitungan pasang surut ini juga dapat dihitung dengan perhitungan analitik dengan metode pendekatan dan tidak lebih rinci dari menggunakan *software*. Di bawah ini merupakan cara menghitung pasang surut secara manual.

$$g_{ps} = \frac{3GrM_b}{2D_b^3} \left( \cos 2\alpha_b + \frac{1}{3} \right) + \frac{3GrM_m}{2D_m^3} \left( \cos 2\alpha_m + \frac{1}{3} \right)$$

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

r = jari – jari bumi ( $6,371 \times 10^6 \text{ m}$ )

M<sub>b</sub> = massa bulan ( $7,35 \times 10^{22} \text{ Kg}$ )

M<sub>m</sub> = massa matahari ( $1,99 \times 10^{30} \text{ Kg}$ )

$D_b$  = jarak dari bumi ke bulan ( $3,844 \times 10^8$  m)

$D_m$  = jarak dari bumi ke matahari ( $1,496 \times 10^{11}$  m)

$\cos 2 \alpha_b$  = sudut geosentris terhadap bulan ( $\approx 2/3$ )

$\cos 2 \alpha_m$  = sudut geosentris terhadap matahari ( $\approx 1/3$ )

$$\begin{aligned}g_{ps} &= \frac{3 (6,67 \times 10^{-11}) (6,371 \times 10^6) (7,35 \times 10^{22})}{2 (3,844 \times 10^8)^3} \left( \frac{2}{3} + \frac{1}{3} \right) \\ &+ \frac{3 (6,67 \times 10^{-11}) (6,371 \times 10^6) (1,99 \times 10^{30})}{2 (1,496 \times 10^{11})^3} \left( \frac{1}{3} + \frac{1}{3} \right) \\g_{ps} &= \frac{9,37 \times 10^{19}}{1,14 \times 10^{26}} \times 1 + \frac{2,54 \times 10^{27}}{6,7 \times 10^{33}} \times \frac{2}{3} \\g_{ps} &= (8,22 \times 10^{-7}) \times 1 + (3,79 \times 10^{-7}) \times \frac{2}{3} \\g_{ps} &= 8,22 \times 10^{-7} + 2,53 \times 10^{-7} \\g_{ps} &= 1,075 \times 10^{-6} \text{ m/s}^2\end{aligned}$$

$$1 \text{ gal} = 1 \text{ cm/s}^2$$

$$1,075 \times 10^{-6} \text{ m/s}^2 = 1,075 \times 10^{-4} \text{ cm/s}^2 = 1,075 \times 10^{-4} \text{ gal} = 1,075 \times 10^{-1} \text{ mGal} = 0,1075 \text{ mGal}$$

Kemudian perhitungan koreksi pasang surut menurut persamaan 2.12 adalah:

$$G_{SHT} = G_{SH} - T$$

$$G_{SHT} = 1890,246 - 0,1075$$

$$G_{SHT} = 1890,1385 \text{ mGal}$$

4. Perhitungan  $g$  rata – rata

$$g \text{ rata – rata} = \frac{\text{jumlah data dalam satu titik}}{\text{jumlah pengukuran dalam satu titik}}$$

$$g \text{ rata – rata} = \frac{7561,042}{4}$$

$$g \text{ rata – rata} = 1890,261$$

## 5. Koreksi *Drift*

Koreksi *Drift* merupakan koreksi yang dilakukan karena terjadi kelelahan alat yang diakibatkan oleh struktur dalam gravitimeter. Koreksi *drift* ini dilakukan secara *looping* yaitu dilakukannya pembacaan ulang pada *base*. Besarnya koreksi *drift* pada tiap-tiap titik amat dirumuskan sebagai berikut:

$$D_{ta} = \frac{t_{ta} - t_b}{t_b'' - t_b} \times (P_b'' - P_b)$$

$$D_{ta} = \frac{12:33 - 9:53}{21:24 - 9:53} \times (2154,618 - 2154,273)$$

$$D_{ta} = \frac{0,111}{0,480} \times 0,345$$

$$D_{ta} = 0,23125 \times 0,345$$

$$D_{ta} = 0,079878077 \text{ mGal}$$

$$G \text{ terkoreksi } drift = G_{SHT} - D_{ta}$$

$$G \text{ terkoreksi } drift = 1890,261 - 0,079878077$$

$$G \text{ terkoreksi } drift = 1890,181 \text{ mGal}$$

## 6. $\Delta g$ relatif

$\Delta g$  relatif = pembacaan pada titik amat - pembacaan pada *base*

$$\Delta g \text{ relatif} = 1890,181 - 2154,273$$

$$\Delta g \text{ relatif} = -264,092 \text{ mGal}$$

## 7. $G$ observasi

$$g_{obs} = \Delta g + g_{mutlak}$$

$$g_{obs} = -264,092 + 978202,98$$

$$g_{obs} = 977938,9 \text{ mGal}$$

## LAMPIRAN 5

Contoh hasil perhitungan pasang surut menggunakan *software* PASUT

### COMPUTATION OF VERTICAL TIDAL ACCELERATION

STATION LONGITUDE -110.DEG -26.'

STATION LATITUDE -7.DEG -32.'

STATION HIGHT 2860.000M TIMESTEP 0.000H 1.000MIN

START : 5. 6. 2016

END : 5. 6. 2016

START : 157.0 END : 158.0

NUMBER OF VALUES : 1441

ALL VALUES IN (MYCGAL) \* 1.00000

	0:00	0:01	0:02	0:03	0:04	0:05	0:06	0:07	0:08	0:09
0:00	-65.9	-65.3	-64.7	-64.1	-63.5	-62.8	-62.2	-61.6	-60.9	-60.3
0:10	-59.6	-59.0	-58.3	-57.6	-57.0	-56.3	-55.6	-54.9	-54.2	-53.5
0:20	-52.8	-52.1	-51.3	-50.6	-49.9	-49.1	-48.4	-47.6	-46.9	-46.1
0:30	-45.4	-44.6	-43.8	-43.0	-42.3	-41.5	-40.7	-39.9	-39.1	-38.3
0:40	-37.5	-36.7	-35.8	-35.0	-34.2	-33.4	-32.5	-31.7	-30.8	-30.0
0:50	-29.1	-28.3	-27.4	-26.6	-25.7	-24.8	-24.0	-23.1	-22.2	-21.3
1:00	-20.5	-19.6	-18.7	-17.8	-16.9	-16.0	-15.1	-14.2	-13.3	-12.4
1:10	-11.5	-10.6	-9.6	-8.7	-7.8	-6.9	-6.0	-5.0	-4.1	-3.2
1:20	-2.2	-1.3	-0.4	0.6	1.5	2.4	3.4	4.3	5.2	6.2
1:30	7.1	8.1	9.0	10.0	10.9	11.9	12.8	13.7	14.7	15.6
1:40	16.6	17.5	18.5	19.4	20.4	21.3	22.3	23.2	24.2	25.1
1:50	26.1	27.0	28.0	28.9	29.8	30.8	31.7	32.7	33.6	34.6
2:00	35.5	36.4	37.4	38.3	39.2	40.2	41.1	42.0	42.9	43.9
2:10	44.8	45.7	46.6	47.5	48.4	49.3	50.3	51.2	52.1	53.0
2:20	53.9	54.8	55.6	56.5	57.4	58.3	59.2	60.1	60.9	61.8
2:30	62.7	63.5	64.4	65.3	66.1	67.0	67.8	68.6	69.5	70.3
2:40	71.1	72.0	72.8	73.6	74.4	75.2	76.0	76.8	77.6	78.4
2:50	79.2	80.0	80.8	81.5	82.3	83.1	83.8	84.6	85.3	86.1
3:00	86.8	87.5	88.3	89.0	89.7	90.4	91.1	91.8	92.5	93.2
3:10	93.9	94.6	95.2	95.9	96.6	97.2	97.9	98.5	99.1	99.8
3:20	100.4	101.0	101.6	102.2	102.8	103.4	104.0	104.6	105.1	105.7
3:30	106.2	106.8	107.3	107.9	108.4	108.9	109.4	109.9	110.4	110.9
3:40	111.4	111.9	112.4	112.8	113.3	113.8	114.2	114.6	115.1	115.5
3:50	115.9	116.3	116.7	117.1	117.5	117.9	118.2	118.6	118.9	119.3
4:00	119.6	120.0	120.3	120.6	120.9	121.2	121.5	121.8	122.0	122.3
4:10	122.6	122.8	123.1	123.3	123.5	123.7	124.0	124.2	124.3	124.5
4:20	124.7	124.9	125.0	125.2	125.3	125.5	125.6	125.7	125.8	125.9
4:30	126.0	126.1	126.2	126.3	126.3	126.4	126.4	126.5	126.5	126.5

4:40	126.5	126.5	126.5	126.5	126.5	126.5	126.4	126.4	126.3	126.3
4:50	126.2	126.1	126.0	125.9	125.8	125.7	125.6	125.5	125.3	125.2
5:00	125.0	124.9	124.7	124.5	124.4	124.2	124.0	123.8	123.5	123.3
5:10	123.1	122.8	122.6	122.3	122.1	121.8	121.5	121.2	120.9	120.6
5:20	120.3	120.0	119.6	119.3	119.0	118.6	118.2	117.9	117.5	117.1
5:30	116.7	116.3	115.9	115.5	115.1	114.7	114.2	113.8	113.3	112.9
5:40	112.4	111.9	111.5	111.0	110.5	110.0	109.5	109.0	108.4	107.9
5:50	107.4	106.8	106.3	105.7	105.2	104.6	104.0	103.5	102.9	102.3
6:00	101.7	101.1	100.4	99.8	99.2	98.6	97.9	97.3	96.6	96.0
6:10	95.3	94.6	94.0	93.3	92.6	91.9	91.2	90.5	89.8	89.1
6:20	88.4	87.7	86.9	86.2	85.5	84.7	84.0	83.2	82.4	81.7
6:30	80.9	80.1	79.4	78.6	77.8	77.0	76.2	75.4	74.6	73.8
6:40	73.0	72.1	71.3	70.5	69.7	68.8	68.0	67.1	66.3	65.4
6:50	64.6	63.7	62.9	62.0	61.1	60.3	59.4	58.5	57.7	56.8
7:00	55.9	55.0	54.1	53.2	52.3	51.4	50.5	49.6	48.7	47.8
7:10	46.9	46.0	45.1	44.1	43.2	42.3	41.4	40.5	39.5	38.6
7:20	37.7	36.8	35.8	34.9	34.0	33.0	32.1	31.1	30.2	29.3
7:30	28.3	27.4	26.5	25.5	24.6	23.6	22.7	21.7	20.8	19.9
7:40	18.9	18.0	17.0	16.1	15.1	14.2	13.3	12.3	11.4	10.4
7:50	9.5	8.6	7.6	6.7	5.7	4.8	3.9	2.9	2.0	1.1
8:00	0.1	-0.8	-1.7	-2.6	-3.6	-4.5	-5.4	-6.3	-7.2	-8.1
8:10	-9.1	-10.0	-10.9	-11.8	-12.7	-13.6	-14.5	-15.4	-16.3	-17.2
8:20	-18.0	-18.9	-19.8	-20.7	-21.6	-22.4	-23.3	-24.2	-25.0	-25.9
8:30	-26.7	-27.6	-28.4	-29.3	-30.1	-31.0	-31.8	-32.6	-33.4	-34.3
8:40	-35.1	-35.9	-36.7	-37.5	-38.3	-39.1	-39.9	-40.7	-41.5	-42.2
8:50	-43.0	-43.8	-44.5	-45.3	-46.1	-46.8	-47.5	-48.3	-49.0	-49.7
9:00	-50.5	-51.2	-51.9	-52.6	-53.3	-54.0	-54.7	-55.4	-56.1	-56.7
9:10	-57.4	-58.1	-58.7	-59.4	-60.0	-60.6	-61.3	-61.9	-62.5	-63.1
9:20	-63.7	-64.3	-64.9	-65.5	-66.1	-66.7	-67.2	-67.8	-68.3	-68.9
9:30	-69.4	-70.0	-70.5	-71.0	-71.5	-72.0	-72.5	-73.0	-73.5	-74.0
9:40	-74.5	-74.9	-75.4	-75.8	-76.3	-76.7	-77.1	-77.5	-78.0	-78.4
9:50	-78.8	-79.1	-79.5	-79.9	-80.3	-80.6	-81.0	-81.3	-81.7	-82.0
10:00	-82.3	-82.6	-82.9	-83.2	-83.5	-83.8	-84.1	-84.3	-84.6	-84.8
10:10	-85.1	-85.3	-85.5	-85.8	-86.0	-86.2	-86.4	-86.5	-86.7	-86.9
10:20	-87.1	-87.2	-87.4	-87.5	-87.6	-87.7	-87.8	-87.9	-88.0	-88.1
10:30	-88.2	-88.3	-88.3	-88.4	-88.4	-88.5	-88.5	-88.5	-88.5	-88.5
10:40	-88.5	-88.5	-88.5	-88.5	-88.4	-88.4	-88.3	-88.3	-88.2	-88.1
10:50	-88.0	-87.9	-87.8	-87.7	-87.6	-87.5	-87.3	-87.2	-87.0	-86.9
11:00	-86.7	-86.5	-86.3	-86.1	-85.9	-85.7	-85.5	-85.2	-85.0	-84.8
11:10	-84.5	-84.2	-84.0	-83.7	-83.4	-83.1	-82.8	-82.5	-82.2	-81.9
11:20	-81.5	-81.2	-80.8	-80.5	-80.1	-79.7	-79.4	-79.0	-78.6	-78.2

11:30	-77.8	-77.3	-76.9	-76.5	-76.0	-75.6	-75.1	-74.7	-74.2	-73.7
11:40	-73.2	-72.7	-72.2	-71.7	-71.2	-70.7	-70.1	-69.6	-69.1	-68.5
11:50	-67.9	-67.4	-66.8	-66.2	-65.6	-65.0	-64.4	-63.8	-63.2	-62.6
12:00	-62.0	-61.3	-60.7	-60.0	-59.4	-58.7	-58.1	-57.4	-56.7	-56.0
12:10	-55.3	-54.6	-53.9	-53.2	-52.5	-51.8	-51.0	-50.3	-49.6	-48.8
12:20	-48.1	-47.3	-46.5	-45.8	-45.0	-44.2	-43.4	-42.6	-41.8	-41.0
12:30	-40.2	-39.4	-38.6	-37.8	-37.0	-36.1	-35.3	-34.4	-33.6	-32.8
12:40	-31.9	-31.0	-30.2	-29.3	-28.4	-27.5	-26.7	-25.8	-24.9	-24.0
12:50	-23.1	-22.2	-21.3	-20.4	-19.5	-18.5	-17.6	-16.7	-15.8	-14.8
13:00	-13.9	-13.0	-12.0	-11.1	-10.1	-9.2	-8.2	-7.2	-6.3	-5.3
13:10	-4.4	-3.4	-2.4	-1.4	-0.5	0.5	1.5	2.5	3.5	4.5
13:20	5.5	6.4	7.4	8.4	9.4	10.4	11.4	12.4	13.5	14.5
13:30	15.5	16.5	17.5	18.5	19.5	20.5	21.5	22.6	23.6	24.6
13:40	25.6	26.6	27.7	28.7	29.7	30.7	31.8	32.8	33.8	34.8
13:50	35.8	36.9	37.9	38.9	39.9	41.0	42.0	43.0	44.0	45.0
14:00	46.1	47.1	48.1	49.1	50.1	51.2	52.2	53.2	54.2	55.2
14:10	56.2	57.2	58.2	59.2	60.3	61.3	62.3	63.3	64.3	65.2
14:20	66.2	67.2	68.2	69.2	70.2	71.2	72.2	73.1	74.1	75.1
14:30	76.1	77.0	78.0	79.0	79.9	80.9	81.8	82.8	83.7	84.7
14:40	85.6	86.5	87.5	88.4	89.3	90.3	91.2	92.1	93.0	93.9
14:50	94.8	95.7	96.6	97.5	98.4	99.3	100.2	101.0	101.9	102.8
15:00	103.6	104.5	105.3	106.2	107.0	107.9	108.7	109.5	110.4	111.2
15:10	112.0	112.8	113.6	114.4	115.2	116.0	116.8	117.6	118.3	119.1
15:20	119.8	120.6	121.4	122.1	122.8	123.6	124.3	125.0	125.7	126.4
15:30	127.1	127.8	128.5	129.2	129.9	130.6	131.2	131.9	132.5	133.2
15:40	133.8	134.5	135.1	135.7	136.3	136.9	137.5	138.1	138.7	139.3
15:50	139.8	140.4	141.0	141.5	142.1	142.6	143.1	143.7	144.2	144.7
16:00	145.2	145.7	146.2	146.6	147.1	147.6	148.0	148.5	148.9	149.4
16:10	149.8	150.2	150.6	151.0	151.4	151.8	152.2	152.6	152.9	153.3
16:20	153.6	154.0	154.3	154.6	155.0	155.3	155.6	155.9	156.1	156.4
16:30	156.7	157.0	157.2	157.5	157.7	157.9	158.1	158.4	158.6	158.8
16:40	158.9	159.1	159.3	159.5	159.6	159.8	159.9	160.0	160.2	160.3
16:50	160.4	160.5	160.6	160.7	160.7	160.8	160.9	160.9	160.9	161.0
17:00	161.0	161.0	161.0	161.0	161.0	161.0	161.0	160.9	160.9	160.8
17:10	160.8	160.7	160.6	160.6	160.5	160.4	160.2	160.1	160.0	159.9
17:20	159.7	159.6	159.4	159.3	159.1	158.9	158.7	158.5	158.3	158.1
17:30	157.9	157.6	157.4	157.1	156.9	156.6	156.4	156.1	155.8	155.5
17:40	155.2	154.9	154.6	154.2	153.9	153.6	153.2	152.8	152.5	152.1
17:50	151.7	151.3	150.9	150.5	150.1	149.7	149.3	148.8	148.4	148.0
18:00	147.5	147.0	146.6	146.1	145.6	145.1	144.6	144.1	143.6	143.1
18:10	142.5	142.0	141.5	140.9	140.4	139.8	139.2	138.6	138.1	137.5



18:20	136.9	136.3	135.7	135.0	134.4	133.8	133.2	132.5	131.9	131.2
18:30	130.5	129.9	129.2	128.5	127.8	127.1	126.4	125.7	125.0	124.3
18:40	123.6	122.9	122.1	121.4	120.7	119.9	119.2	118.4	117.6	116.9
18:50	116.1	115.3	114.5	113.7	112.9	112.1	111.3	110.5	109.7	108.9
19:00	108.0	107.2	106.4	105.5	104.7	103.8	103.0	102.1	101.3	100.4
19:10	99.5	98.6	97.8	96.9	96.0	95.1	94.2	93.3	92.4	91.5
19:20	90.6	89.7	88.8	87.8	86.9	86.0	85.1	84.1	83.2	82.3
19:30	81.3	80.4	79.4	78.5	77.5	76.6	75.6	74.6	73.7	72.7
19:40	71.8	70.8	69.8	68.8	67.9	66.9	65.9	64.9	63.9	62.9
19:50	62.0	61.0	60.0	59.0	58.0	57.0	56.0	55.0	54.0	53.0
20:00	52.0	51.0	50.0	49.0	48.0	47.0	46.0	45.0	44.0	43.0
20:10	42.0	41.0	40.0	38.9	37.9	36.9	35.9	34.9	33.9	32.9
20:20	31.9	30.9	29.9	28.9	27.9	26.9	25.9	24.9	23.9	22.9
20:30	21.9	20.9	19.9	18.9	17.9	16.9	15.9	14.9	13.9	12.9
20:40	12.0	11.0	10.0	9.0	8.0	7.1	6.1	5.1	4.1	3.2
20:50	2.2	1.2	0.3	-0.7	-1.6	-2.6	-3.5	-4.5	-5.4	-6.4
21:00	-7.3	-8.2	-9.2	-10.1	-11.0	-11.9	-12.9	-13.8	-14.7	-15.6
21:10	-16.5	-17.4	-18.3	-19.2	-20.1	-21.0	-21.8	-22.7	-23.6	-24.5
21:20	-25.3	-26.2	-27.1	-27.9	-28.8	-29.6	-30.4	-31.3	-32.1	-32.9
21:30	-33.8	-34.6	-35.4	-36.2	-37.0	-37.8	-38.6	-39.4	-40.1	-40.9
21:40	-41.7	-42.5	-43.2	-44.0	-44.7	-45.5	-46.2	-46.9	-47.7	-48.4
21:50	-49.1	-49.8	-50.5	-51.2	-51.9	-52.6	-53.3	-53.9	-54.6	-55.3
22:00	-55.9	-56.6	-57.2	-57.9	-58.5	-59.1	-59.7	-60.3	-61.0	-61.5
22:10	-62.1	-62.7	-63.3	-63.9	-64.4	-65.0	-65.5	-66.1	-66.6	-67.2
22:20	-67.7	-68.2	-68.7	-69.2	-69.7	-70.2	-70.7	-71.2	-71.6	-72.1
22:30	-72.5	-73.0	-73.4	-73.8	-74.3	-74.7	-75.1	-75.5	-75.9	-76.3
22:40	-76.6	-77.0	-77.4	-77.7	-78.1	-78.4	-78.8	-79.1	-79.4	-79.7
22:50	-80.0	-80.3	-80.6	-80.9	-81.1	-81.4	-81.7	-81.9	-82.1	-82.4
23:00	-82.6	-82.8	-83.0	-83.2	-83.4	-83.6	-83.8	-83.9	-84.1	-84.3
23:10	-84.4	-84.5	-84.7	-84.8	-84.9	-85.0	-85.1	-85.2	-85.3	-85.3
23:20	-85.4	-85.5	-85.5	-85.5	-85.6	-85.6	-85.6	-85.6	-85.6	-85.6
23:30	-85.6	-85.6	-85.5	-85.5	-85.5	-85.4	-85.3	-85.3	-85.2	-85.1
23:40	-85.0	-84.9	-84.8	-84.7	-84.5	-84.4	-84.3	-84.1	-84.0	-83.8
23:50	-83.6	-83.4	-83.2	-83.0	-82.8	-82.6	-82.4	-82.2	-81.9	-81.7
0:00	-81.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

## LAMPIRAN 6

Langkah pengoperasian alat Scintrex Autograv CG-5

1. Tripod gravitimeter diletakan di atas *banchmark*, bagian sebelah kiri diletakan terlebih dahulu kemudian bagian sebelah kanan.
2. Alat gravitimeter dihidupkan (tombol *On/Off* dinyalakan).
3. Pengukuran dilakukan dengan memilih menu *survey* pada layar.
4. Nama dan *line* diinput.
5. *Latitude* dan *longitude* didapatkan dari GPS yang diletakan di dekat alat gravitimeter.
6. Klik menu *option* untuk mengatur pengukuran dan waktu yang diinginkan.
7. *Leveling* dilakukan sampai garis berada di tengah dan layar menunjukkan tanda *smile*.
8. Kemudian pengukuran dilakukan sesuai dengan waktu yang sudah ditentukan.
9. Hasil pengukuran ditulis di *worksheet*, ralat yang digunakan maksimal 10%, namun lebih baik di bawah 10%.

**LAMPIRAN 7**  
**DATA SHEET GRAVITIMETER SCINTREX CG-5 AUTOGRAV**



## CG5 AutoGrav Data Sheet

The CG-5 is the latest, gravity meter from Scintrex Ltd. The CG-5 can be operated with minimal operator training, and automated features significantly reduce the possibility of reading errors.



Data download bottlenecks have been eased with the provision of a fast USB interface and flexible data formats.

Noise rejection has been improved through a series of automated correction functions which are easy to maintain.

By constantly monitoring electronic tilt sensors, the CG-5 can automatically compensate for errors in gravity meter tilt. Due to low mass and excellent elastic properties of fused quartz, tares are virtually eliminated. The CG-5 can be transported over very rough roads and the residual drift remains low. The CG-5 can withstand a shock of more than 20G and the tare will be no more than 5 micro Gal.

The CG-5 offers the best possible repeatability. Over many 10's of field readings the CG-5 will repeat to within a standard deviation of 0.005mGal. An inbuilt radio frequency remote aid maintains instrument stability after levelling.

Supplied with an integrated Garmin 12 channel smart GPS antenna the CG5 locates itself to within <15m with Standard GPS, and <3m if SBAS corrections are received.

Easily transportable, the CG-5's ability to hot swap batteries permits extended battery life ensuring the sensor temperature can be maintained.

### Product Dimensions

Physical	Dimensions (L x W x H)	Weight
(instrument only)	31cm x 22cm x 21mm	8kg

### Technical Specifications

<b>Resolution:</b>	1 micro Gal
<b>Standard Deviation:</b>	< 5 Micro Gal
<b>Residual drift:</b>	0.02 milliGal/day
<b>Ambient Temperature Coefficient:</b>	0.2 microGal/?C
<b>Pressure Coefficient:</b>	0.15 microGal/ kPa
<b>Magnetic Field Coefficient:</b>	1 microGal/Gauss
<b>Sensor Type:</b>	Fused quartz using electrostatic nulling
<b>Range of automatic tilt compensation:</b>	+/- 200 arc.sec
<b>GPS Accuracy:</b>	

## Gallery



*CG5 on station.*



*Levelling a CG5.*



*CG5 in its soft carry case, used to carry the instrument from station to station. For large distance transportation the instrument needs to be placed in its hard transit case.*