

**ANALISIS DEFORMASI GUNUNG MERAPI
MENGUNAKAN DATA GPS TAHUN 2015**

SKRIPSI

Oleh:

NUHA YAHYA MUVID

NIM. 13640040



**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2018**

**ANALISIS DEFORMASI GUNUNG MERAPI
MENGUNAKAN DATA GPS TAHUN 2015**

SKRIPSI

Diajukan kepada:

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

Oleh:

**NUHA YAHYA MUVID
NIM. 13640040**

**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2018**

HALAMAN PERSETUJUAN

**ANALISIS DEFORMASI GUNUNG MERAPI
MENGUNAKAN DATA GPS TAHUN 2015**

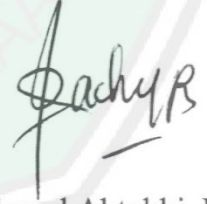
SKRIPSI

Oleh:
Nuha Yahya Muvid
NIM. 13640040

Telah Diperiksa dan Disetujui untuk Diuji
Tanggal ... September 2018

Pembimbing I,

Pembimbing II,



Drs. Abdul Basid, M.Si
NIP. 19650504 199003 1 003

Ahmad Abtokhi, M.Pd
NIP. 19761003 200312 1 004

Mengetahui,
Ketua Jurusan Fisika



Drs. Abdul Basid, M.Si
NIP. 19650504 199003 1 003

HALAMAN PENGESAHAN


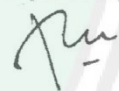
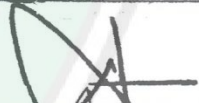
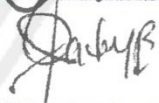
ANALISIS DEFORMASI GUNUNG MERAPI MENGUNAKAN DATA GPS TAHUN 2015

SKRIPSI

Oleh:


Nuha Yahya Muvid
NIM.13640040

Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Skripsi dan
Dinyatakan Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)
Tanggal 17 September 2018

| | | |
|--------------------|---|---|
| Penguji Utama | : <u>Irjan, M.Si</u> NIP. 19691231 200604 1 003 |  |
| Ketua Penguji | : <u>Farid Samsu Hananto, M.T</u> NIP. 19740513 200312 1 001 |  |
| Sekretaris Penguji | : <u>Drs. Abdul Basid, M.Si</u> NIP. 19650504 199003 1 003 |  |
| Anggota Penguji | : <u>Ahmad Abtokhi, M.Pd</u> NIP. 19761003 200312 1 004 |  |

Mengesahkan,
Ketua Jurusan Fisika




Drs. Abdul Basid, M.Si
NIP. 19650504 199003 1 003

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertandatangan di bawah ini:

Nama : Nuha Yahya Muvid
NIM : 13640040
Jurusan : Fisika
Fakultas : Sains dan Teknologi
Judul Penelitian : Analisis Deformasi Gunung Merapi Menggunakan Data GPS Tahun 2015

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar hasil penelitian saya ini tidak terdapat unsur-unsur penjiplakan karya penelitian atau karya ilmiah yang pernah dilakukan atau dibuat oleh orang lain, kecuali yang tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata hasil penelitian ini terbukti terdapat unsur-unsur jiplakan maka saya bersedia untuk mempertanggung jawabkan, serta diproses sesuai peraturan yang berlaku.

Malang, 17 September 2018
Yang Membuat Pernyataan,



Nuha Yahya Muvid
NIM. 13640040

MOTTO

Engkau tak dapat meraih ilmu kecuali dengan enam hal yaitu:

cerdas, selalu ingin tahu, tabah, punya bekal dalam
menuntut ilmu, bimbingan dari guru, dan waktu yang lama

- Ali bin Abi Thalib -



HALAMAN PERSEMBAHAN

Ku persembahkan lembaran ini untuk malaikat tanpa sayap yang telah ditugaskan Allah untuk menjagaku yaitu kedua orangtua dan segenap keluarga atas dukungan serta doa yang telah diberikan.

Para dosen dan pembimbing yang telah mecurahkan segala keluasan ilmunya yang semoga menjadi ilmu yang bermanfaat Dunia dan Akhirat.

Semua teman-teman jurusan Fisika seperjuangan yang setia mendukung dan memberi semangat hingga akhir.



KATA PENGANTAR



AssalamualaikumWr.Wb

Alhamdulillah puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat, taufiq dan hidayah-Nya. Sholawat dan salam semoga selalu tercurahkan kepada junjungan kita Baginda Rasulullah, Nabi besar Muhammad SAW serta para keluarga, sahabat, dan pengikut-pengikutnya. Atas Ridho dan Kehendak Allah SWT, penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **Analisis Deformasi Gunung Merapi Menggunakan Metode GPS Tahun 2015** sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains (S.Si) di jurusan Fisika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

Selanjutnya penulis haturkan ucapan terimakasih seiring do'a dan harapan *jazakumullah ahsanaljaza'* kepada semua pihak yang telah membantu terselesaikannya skripsi ini. Ucapan terimakasih ini penulis sampaikan kepada:

1. Prof. Dr. H. Abdul Haris, M.Ag selaku Rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang yang telah banyak memberikan pengetahuan dan pengalaman yang berharga.
2. Dr. Sri Harini, M.Si selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Drs. Abdul Basid, M.Si selaku Ketua Jurusan Fisika yang telah banyak meluangkan waktu, nasehat dan inspirasinya sehingga dapat melancarkan dalam proses penulisan skripsi.
4. Drs. Abdul Basid, M.Si selaku Dosen Pembimbing Fisika yang telah banyak meluangkan waktu dan pikirannya dan memberikan bimbingan, bantuan serta pengarahan kepada penulis sehingga skripsi ini dapat terselesaikan.
5. Ahmad Abtokhi, M.Pd selaku Dosen Pembimbing Agama, yang bersedia meluangkan waktu untuk memberikan bimbingan dan pengarahan bidang integrasi sains dan al-Qur'an serta hadis.

6. Segenap Dosen, Laboran dan Admin Jurusan Fisika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang yang telah bersedia mengamalkan ilmunya, membimbing dan memberikan pengarahan serta membantu selama proses perkuliahan.
7. Kedua orang tua dan semua keluarga yang telah memberikan dukungan, restu, serta selalu mendoakan disetiap langkah penulis.
8. Teman-teman Fisika 2013 dan para sahabat terimakasih atas kebersamaan, persahabatan serta pengalaman selama ini.
9. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu, yang telah banyak membantu dalam penyelesaian skripsi ini.

Semoga skripsi ini bisa memberikan manfaat, tambahan ilmu dan dapat menjadikan inspirasi kepada para pembaca *Amin Ya Rabbal Alamin*.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Malang, 17 September 2018

Penulis

DAFTAR ISI

| | |
|---|------|
| HALAMAN JUDUL | i |
| HALAMAN PENGAJUAN | ii |
| HALAMAN PERSETUJUAN | iii |
| HALAMAN PENGESAHAN | iv |
| HALAMAN PERNYATAAN | v |
| MOTTO | vi |
| HALAMAN PERSEMBAHAN | vii |
| KATA PENGANTAR | viii |
| DAFTAR ISI | x |
| DAFTAR TABEL | xi |
| DAFTAR GAMBAR | xii |
| DAFTAR LAMPIRAN | xiii |
| ABSTRAK | xiv |
| BAB I PENDAHULUAN | |
| 1.1 Latar Belakang | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah | 5 |
| 1.3 Tujuan | 5 |
| 1.4 Batasan Masalah | 5 |
| 1.5 Manfaat | 5 |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA | |
| 2.1 Tinjauan Umum Gunung Merapi | 6 |
| 2.2 Geologi Umum Gunung Merapi | 6 |
| 2.3 Deformasi Gunungapi | 11 |
| 2.4 Teori Elastisitas | 14 |
| 2.5 Monitoring Deformasi Gunungapi | 17 |
| 2.6 Prinsip Pemantauan Deformasi Menggunakan GPS | 18 |
| 2.7 Uji Statistik | 22 |
| BAB III METODE PENELITIAN | |
| 3.1 Lokasi Penelitian | 24 |
| 3.2 Data dan Peralatan | 25 |
| 3.2.1 Data | 25 |
| 3.2.2 Peralatan | 25 |
| 3.3 Diagram Pengolahan Data | 27 |
| BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN | |
| 4.1 Hasil Pengolahan Data GPS dengan GAMIT | 35 |
| 4.2 Hasil Pengolahan Data GPS dengan GLOBK | 35 |
| 4.3 Hasil Pengolahan Vektor Pergeseran | 38 |
| 4.4 Analisis Deformasi | 40 |
| 4.5 Gunungapi dalam Prespektif Al-Quran dan Hadis | 42 |
| BAB V PENUTUP | |
| 5.1 Kesimpulan | 46 |
| 5.2 Saran | 46 |
| DAFTAR PUSTAKA | |
| LAMPIRAN | |

DAFTAR TABEL

| | |
|---|----|
| Tabel 3.1 Lokasi stasiun pengamatan GPS | 25 |
| Tabel 4.1 Pergeseran stasiun pengamatan pada titik ikat BPTK | 38 |
| Tabel 4.2 Hasil uji statistik vektor pergeseran horizontal pengolahan titik ikat BPTK..... | 40 |



DAFTAR GAMBAR

| | |
|---|----|
| Gambar 2.1 Peta fisiografi daerah Jawa Tengah dan Jawa Timur | 8 |
| Gambar 2.2 Gejala deformasi pada gunung berapi aktif | 14 |
| Gambar 2.3 Pemantauan deformasi gunungapi secara episodik menggunakan metode survei GPS | 20 |
| Gambar 3.1 Lokasi penelitian | 24 |
| Gambar 3.2 Diagram alir pengolahan data | 27 |
| Gambar 4.1 <i>Plotting time series</i> stasiun BPTK sebelum dihilangkan <i>outliers</i> ... | 37 |
| Gambar 4.2 <i>Plotting time series</i> stasiun BPTK setelah dihilangkan <i>outliers</i> | 37 |
| Gambar 4.3 Arah pergeseran tanah Gunung Merapi Juli-Desember 2015 | 41 |



DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 Langkah Pemrosesan Data Menggunakan GAMIT/GLOBK
Lampiran 2 *Plot Time Series* Stasiun Pengamat Perhari Periode Juli-Desember
2015



ABSTRAK

Muvid, Nuha. 2018. Analisis Deformasi Gunung Merapi Menggunakan Data GPS Tahun 2015. Skripsi. Jurusan Fisika. Fakultas Sains dan Teknologi. Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang. Pembimbing: Drs. Abdul Basid, M. Si dan Ahmad Abtokhi, M.Pd.

Kata Kunci: Deformasi, GPS, Gunung Merapi, GAMIT/GLOBK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui berapa besar pergeseran permukaan Gunung Merapi yang terjadi pada bulan Juli-Desember 2015 yang dihitung berdasarkan analisis pengamatan data GPS yang diolah menggunakan GAMIT/GLOBK. Data pada penelitian ini merupakan salah satu informasi dalam upaya pemantauan Gunung Merapi secara kontinu. Asumsi aktivitas vulkanik dibawah Gunung Merapi ditentukan berdasarkan arah deformasi keempat stasiun GPS, dimana tiga stasiun menjadi stasiun pengamat dan satunya menjadi stasiun ikat. Data GPS tersebut diolah menggunakan GAMIT sehingga didapatkan *loosly constraint solution* berupa parameter-parameter yang digunakan serta matriks varian kovarian pada pengolahan lanjutan dengan GLOBK. Selanjutnya GLOBK akan mengkombinasikan hasil pengolahan individual untuk menghasilkan koordinat stasiun rata-rata dari pengamatan yang dilakukan *multidays*, serta melakukan estimasi koordinat stasiun dari pengamatan individual, yang digunakan untuk menggeneralisasikan data runut waktu (*time series*) dari pengamatan teliti harian atau tahunan. Dari pengolahan menggunakan GAMIT/GLOBK diketahui pergeseran dari setiap stasiun-stasiun pengamat yaitu stasiun DELS mengalami pergeseran sebesar -4,02 mm dan -7,25 mm menuju ke arah barat daya dengan inflasi sebesar 11,77 mm. Stasiun GRWH mengalami pergeseran sebesar -1,61 mm dan 12,81 mm menuju ke arah tenggara dengan inflasi sebesar 12,46 mm. Dan stasiun KLAT mengalami pergeseran sebesar -2,49 mm dan -5,38 mm menuju ke arah barat laut dengan inflasi sebesar 2,35 mm. Sehingga bisa diasumsikan bahwa aktivitas magma pada tubuh Gunung Merapi dominan bergerak menuju ke arah selatan.

ABSTRACT

Muvid, Nuha. 2018. Analysis of Mount Merapi Deformation Using GPS Data in 2015. Thesis. Physics Department. Faculty of Science and Technology. State Islamic University (UIN) of Maulana Malik Ibrahim Malang. Supervisor: Drs. Abdul Basid, M. Si and Ahmad Abtokhi, M.Pd.

Keywords: Deformation, GPS, Merapi Mountain, GAMIT/GLOBK

The purpose of this research is to know how the big friction of Merapi Mountain surface which happen on July-December 2015 it is based on the analysis of GPS data observation which is processed by GAMIT/GLOBK. Data analysis is one of the information that is in an effort of Merapi Mountain observation continuously. The assumption of vulcanic activity is beneath Merapi Mountain is based on the direction of fourth deformation of GPS station, where three stations become observer station and the other become GPS station. GPS data is processed by GAMIT, therefore it is gotten loosly constraint solution which is parameters is used and (variant covariant of matrix) that is on continuing process with GLOBK. Then, GLOBK will combine the result of individual process to product the coordinate of the average station from an observation which is done by multadays, and doing the estimation of station coordinate which is from individual observation that is used to generalize time series from daily or annual observation. Based on GAMIT/GLOBK, it can be known the friction from every observer stations which is DELS station happens the friction as big as -4,02 mm and -7,25 mm to southwest with the inflation 11,77 mm. GRWH station happens the friction as big as -1,61 mm and 12,81 mm to southeast with the inflation 12,46 mm. Then, KLAT station happens the friction as big as -2,49 mm dan -5,38 mm to northwest with the inflation 2,35 mm. Therefore, it can be assumed that the (magma) activity in the body of Merapi Mountain move to south dominantly.

مستخلص

نوهي يحيى مفيد. ٢٠١٨. تحليل تشويه جبل ميرابي (Merapi) باستخدام بيانات تحديد المواقع العالمي (GPS) سنة ٢٠١٥. البحث العلمي، قسم فيزياء كلية العلم والتكنولوجيا جامعة مولانا مالك إبراهيم الإسلامية الحكومية مالانج، المشرف الأول عبد البسيط الماجستير والمشرف الثاني أحمد أبطخي الماجستير.

الكلمات المفتاحية: التشويه، GPS، جبل ميرابي، GAMIT/GLOBK.

وأما هدف هذا البحث فهو لمعرفة كبر انتقال سطح ميرابي الذي وقع في شهر يوليو حتى ديسمبر سنة ٢٠١٥ والذي يحسب على أساس تحليل ملاحظة بيانات تحديد المواقع العالمي (GPS) والذي يعامل باستخدام GAMIT/GLOBK. وأما البيانات في هذا البحث فهي إحدى المعلومات في جهد ملاحظة ميرابي مستمرا. وأما افتراض النشاط البركان فهو معين على أساس اتجاهات التشويه من أربع محطات تحديد المواقع العالمي (GPS). حيث أن ثلاث محطات كمحطة الملاحظة والباقي كمحطة التعادل. وتعامل البيانات باستخدام GAMIT حتى يحصل *Loosly Constraint Solution* هي المعلومات المستخدمة والمصفوفة المختلفة المتغيرة في العملية المستمرة باستخدام GLOBK. وبعد ذلك يجمع GLOBK نتيجة المعاملة الفردية لتحصيل معدل احديايات المحطة من الملاحظة التي يعملها *multidays* وتقدير إحداثيات المحطة من الملاحظات الفردية الذي يستخدم لتعميم البيانات بترتيب الوقت (*time series*) من الملاحظة الدقيقة اليومية والسنوية. وعرف من التعامل باستخدام GAMIT/GLOBK احتكاكا من كل المحطات الملاحظات، في محطة DELS أن الإحتكاك هو -٤،٠٢ ملمتير و-٧،٢٥ ملمتير إلى اتجاه الجنوب الغربي بتضخم ١١،٧٧ ملمتير، وفي محطة GRWH أن الإحتكاك هو -١،٦١ ملمتير و١٢،٨١ ملمتير اتجاه الجنوب الشرقي بتضخم ١٢،٤٦ ملمتير. وفي محطة KLAT أن الإحتكاك هو -٢،٤٩ ملمتير و-٥،٣٨ ملمتير إلى اتجاه الشمال الغربي بتضخم ٣٥،٢ ملمتير وهي أقل التضخم. وأما التلخيص أن نشاط رواسب في جبل ميرابي أكثر الإحتكاك إلى اتجاه الجنوبي.

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Secara geografis kepulauan Indonesia terletak pada pertemuan tiga lempeng tektonik, yaitu lempeng Indo-Australia, Eurasia, dan lempeng Pasifik. Bagian selatan dan timur Indonesia terdapat sabuk vulkanik (*volcanic arc*) yang memanjang dari Pulau Sumatera–Jawa–Nusa Tenggara dan Sulawesi. Kondisi ini menyebabkan Indonesia memiliki potensi yang tinggi terhadap bencana seperti letusan gunungapi, gempa bumi, tsunami, banjir dan tanah longsor.

Indonesia terletak diantara Cincin Api dan Sabuk *Alpide* yang membentang dari Nusa Tenggara, Bali, Jawa, Sumatra, terus ke Himalaya, Mediterania dan berujung di Samudra Atlantik. Itulah sebabnya di Indonesia banyak gunungapi aktif dan banyak terjadi gempa terutama di jalur sabuk vulkanik. Gunungapi di Indonesia termasuk yang paling aktif dalam jajaran gunungapi pada *Ring of Fire*. Gunungapi di Indonesia terbentuk dalam zona subduksi lempeng Eurasia dan lempeng Indo-Australia.

Cincin Api (*Ring of Fire*) adalah zona dimana terdapat banyak aktifitas seismik yang terdiri dari busur vulkanik dan parit-parit (palung) di dasar laut. Cincin Api memiliki panjang lebih dari 40000 km memanjang dari barat daya Amerika Selatan dibagian timur hingga ke sebelah tenggara benua Australia di sebelah barat. Zona yang disebut Cincin Api inilah banyak terjadi gempa dan letusan gunungapi.

Menurut Sambodo (2012) Indonesia memiliki jumlah gunungapi paling banyak di dunia. Indonesia tercatat memiliki 130 gunungapi yang merupakan 10% dari jumlah keseluruhan dunia. Dari 130 gunungapi tersebut, 17 di antaranya masih aktif. Cincin Api Pasifik atau Lingkaran Api Pasifik merupakan daerah yang sering mengalami gempa bumi dan letusan gunungapi yang mengelilingi cekungan Samudra Pasifik. Dengan cakupan wilayah sepanjang 40.000 km daerah ini berbentuk tapal kuda. Lingkaran Api ini terdiri atas 452 gunungapi dimana sekitar 75% menjadi rumah bagi gunungapi dan tidak aktif. Sekitar 90% dari gempa bumi yang terjadi dan 81% dari gempa bumi terbesar terjadi di sepanjang Cincin Api ini. Daerah gempa berikutnya (5–6% dari seluruh gempa dan 17% dari gempa terbesar) adalah sabuk *Alpide* yang membentang dari Jawa ke Sumatra, Himalaya, Mediterania hingga ke Atlantik.

Allah SWT menciptakan gunung bukan tanpa alasan, semua yang diciptakan-Nya tidak ada yang sia-sia. Sesuai dengan firman Allah SWT dalam surah al-Ghasiyah [88]:19;

وَالِىَ الْجِبَالِ كَيْفَ نُصِبَتْ ﴿١٩﴾

“Dan gunung-gunung bagaimana ia ditegakkan?” (al-Ghasiyah [88]:19).

Ayat di atas menjelaskan Allah SWT menyuruh manusia untuk berpikir dan memperhatikan bagaimana gunung-gunung ditegakkan. Peran gunung dalam menjaga keseimbangan bumi sangat jelas sekali, apalagi yang berada pada zona batas aktif lempeng, fungsi gunung sangat penting sekali bagi keseimbangan bumi.

Salah satu jenis gempa yaitu gempa vulkanik. Gempa vulkanik (gunungapi) adalah suatu gempa yang terjadi akibat adanya aktivitas gunungapi, baik itu sebelum, saat, atau setelah gunungapi meletus. Getaran akibat pergerakan tersebut diteruskan ke segala arah melalui materi penyusun kerak bumi. Oleh sebab itu, sebelum gunungapi meletus akan terasa gempa terlebih dahulu.

Indonesia merupakan negara dengan intensitas gempa vulkanik yang cukup besar karena Indonesia merupakan kawasan *Ring of Fire*. Gempa vulkanik terjadi karena aktivitas magma yang menyebabkan erupsi gunungapi. Gempa vulkanik terjadi karena adanya proses dinamik dari magma dan cairan yang bersifat hidrotermal, sehingga dapat dipakai sebagai tanda-tanda awal peningkatan keaktifan gunungapi.

Gunung Merapi merupakan gunungapi yang terletak di bagian tengah Pulau Jawa dan merupakan salah satu gunungapi teraktif di Indonesia. Lereng sisi selatan berada di daerah Kabupaten Sleman, Yogyakarta, dan sisi lainnya berada pada wilayah Provinsi Jawa Tengah, yaitu Kabupaten Magelang di sisi barat, Kabupaten Boyolali di sisi utara dan timur, dan Kabupaten Klaten di sisi tenggara. Kawasan hutan di sekitar puncaknya menjadi kawasan Taman Nasional Gunung Merapi sejak tahun 2004.

Gunung Merapi sampai saat ini sangat berbahaya karena menurut catatan modern, gunung tersebut mengalami erupsi setiap dua sampai lima tahun sekali dan sudah banyak mengalami letusan baik kecil ataupun besar. Oleh karena itu banyak peneliti yang menjadikan Gunung Merapi sebagai objek penelitian kegunungapian.

Ada beberapa metode pemantauan aktivitas gunungapi yang telah digunakan saat ini, yaitu antara lain metode seismik, metode visual, metode deformasi, metode termal, metode gaya berat, metode geomagnet, metode penginderaan jauh. Metode deformasi banyak digunakan dalam pemantauan gunungapi dengan berbagai macam sensor dan sistem. Metode pemantauan deformasi umumnya menggunakan data terestris, salah satunya menggunakan GPS (*Global Positioning System*).

Pengamatan deformasi menggunakan GPS merupakan salah satu metode yang sangat efektif karena dapat mengamati perubahan bentuk permukaan gunung secara kontinu, GPS juga tidak memerlukan keterlihatan antar titik pengamatan sehingga posisi titik GPS dapat tersebar dan menggambarkan bentuk gunungapi secara keseluruhan, dan yang terakhir GPS dapat menghasilkan data dengan ketelitian hingga orde mm (millimeter) dengan menggunakan metode *Differential Positioning*.

Penelitian sebelumnya dilakukan oleh Purnomo (2015) yang berjudul *Analisa Regangan Gunung Merapi Tahun 2015 Menggunakan Data GPS*. Penelitian ini mendapatkan perubahan arah dan pergeseran dari titik pengamatan GPS Gunung Merapi pada bulan Februari hingga Juli 2015 yaitu sebesar 0,030508 meter menuju barat daya dan vertikal sebesar 0,00875 meter dengan sifat deflasi untuk stasiun GRWH, horisontal sebesar 0,025822 meter menuju tenggara dan vertikal sebesar 0,07725 meter dengan sifat inflasi untuk stasiun KLAT.

Penelitian kali ini metode yang digunakan untuk mengamati besarnya deformasi Gunung Merapi menggunakan metode GPS. Didapatkan data GPS dan

dilakukan pengolahan data menggunakan *software* GAMIT/GLOBK untuk mengetahui posisi, arah, dan besar pergeseran suatu titik pengamatan secara kontinu.

1.2 Rumusan Masalah

1. Berapa besar pergeseran permukaan Gunung Merapi yang terjadi pada bulan Juli-Desember 2015 yang terekam oleh GPS?

1.3 Tujuan Masalah

1. Mengetahui berapa besar pergeseran yang terjadi di Gunung Merapi menggunakan data yang diperoleh dari rekaman GPS.

1.4 Batasan Masalah

1. Data yang digunakan diperoleh dari 4 titik stasiun pengamatan yaitu Kantor Pusat BPPTKG, Deles, Grawah dan Klatakan pada bulan Juli-Desember 2015.
2. Pengolahan data GPS dilakukan dengan menggunakan beberapa *software* yaitu TEQC, GAMIT/GLOBK dan Surfer.

1.5 Manfaat

Manfaat dari penelitian ini adalah memberikan informasi mengenai aktivitas pergerakan tanah yang terjadi pada Gunung Merapi menggunakan rekaman data GPS.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Umum Gunung Merapi

Gunung Merapi merupakan salah satu gunungapi yang paling aktif di Indonesia atau bisa dikatakan tidak pernah tidur atau beristirahat. Aktifitas Gunung Merapi sering membahayakan lingkungan sekitar termasuk makhluk hidup disekitar Gunung Merapi (Berthommier, 1990).

Sejarah Gunung Merapi dapat dibagi menjadi 4 tahap pembentukan menurut (Berthommier, 1990).

1. Tahap Pra Merapi (lebih dari 400.000 tahun yang lalu)
2. Tahap Merapi Tua (60.000-8000 tahun yang lalu)
3. Tahap Merapi Pertengahan (8000-2000 tahun yang lalu)
4. Tahap Merapi Baru (2000 sampai sekarang)

2.2 Geologi Umum Gunung Merapi

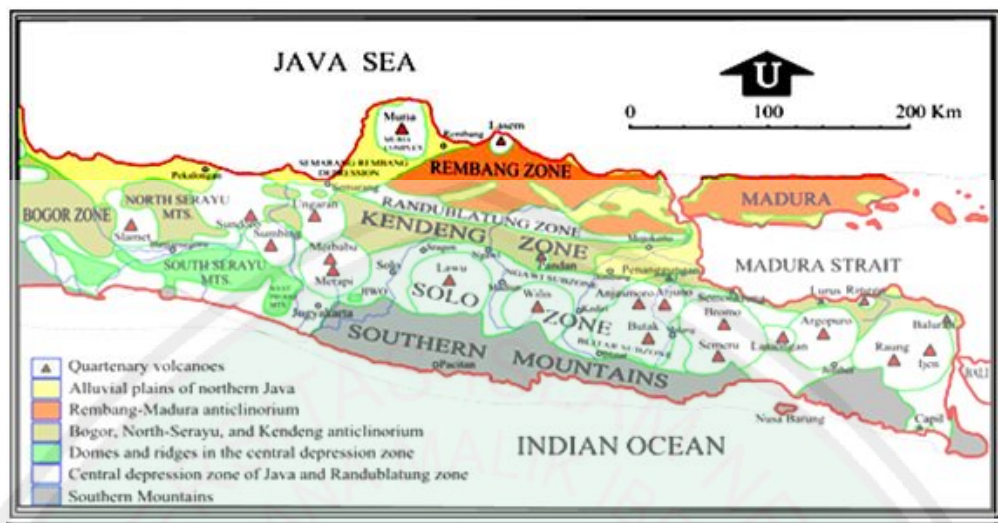
Gunung Merapi mempunyai ketinggian 2.930 mdpl (meter di bawah permukaan laut) pada tahun 2010, merupakan gunung teraktif di Indonesia. Sisi selatan berada di daerah Kabupaten Sleman, Yogyakarta, di sisi barat berada di daerah Kabupaten Magelang, di sisi timur berada di Kabupaten Boyolali dan di sisi tenggara berada di Kabupaten Klaten (Bahlefi, 2013).

Gunung Merapi dibagi menjadi dua, yaitu Merapi Tua dan Merapi Muda. Kedua Gunung Merapi tersebut dapat dibedakan morfologi dan litologinya, karena masa pembentukannya berbeda. Gunung Merapi Tua telah aktif sejak akhir dari Pleistosen akhir, sedangkan Merapi Muda aktif sejak tahun 1006. Litologi

Merapi Muda cenderung bersifat intermediet, sedangkan litologi Merapi Tua lebih cenderung bersifat basa. Morfologi Merapi Muda yang terletak di sebelah barat memiliki pola kontur radial yang menunjukkan gunungapi stadium muda, belum menunjukkan erosi lanjut, sedangkan untuk Merapi Tua tampak memiliki pola kontur yang menunjukkan stadium dewasa, terlihat dari banyaknya proses erosi yang terjadi dan terpotong oleh sesar. Sehingga dapat disimpulkan bahwa tubuh Merapi Tua terpotong-potong oleh sesar-sesar turun yang mengarah ke barat, yang kemudian tertutup oleh Merapi Muda pada *hanging wall*-nya. Hal ini terkait dengan pembentukan Perbukitan Gendol. Karena puncak Gunung Merapi pada bagian utara dan timur dikelilingi oleh formasi Merapi Tua maka mulut kubah terbuka ke arah barat daya, hal ini menyebabkan kegiatan erupsi Gunung Merapi menuju ke arah barat daya (Bemmelen, 1949).

Erupsi Gunung Merapi biasanya terjadi 4-6 tahun sekali tetapi PVMBG (Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi) menegaskan setelah erupsi tahun 2010 Gunung Merapi sudah berbeda karakter karena ada kubangan besar di puncak sehingga setiap saat bisa meletus. Erupsi tahun 2010 diperkirakan sebagai erupsi terbesar Gunung Merapi dengan nilai *Volcanic Explosivity Index* (VEI) 4. Sejak erupsi 26 Oktober 2010 sampai 9 November 2010 material yang dikeluarkan mencapai 140 juta m³ bahkan masih menyisakan material vulkanik hingga tahun 2011 (PVMBG, 2013).

Bemmelen (1949) dalam bukunya "*The Geology of Indonesia*" fisiografi Jawa menjadi 7 zona. Seperti pada gambar 2.1.



Gambar 2.1 Peta fisiografi daerah Tawa Tengah dan Jawa Timur (Bemmelen, 1949)

Daerah Istimewa Yogyakarta terletak pada 250 km dari pertemuan lempeng di selatan Jawa yang mengalami efek adanya gempa yang diakibatkan dari pergeseran lempeng-lempeng Eurasia dan India-Australia. Pergeseran kedua lempeng tersebut berpengaruh pada daerah Jawa bagian selatan termasuk adanya fenomena timbulnya Gunung Merapi (BPPTKG, 2013).

Gunung Merapi secara tektonik merupakan bagian dari sistem subduksi Sumatera, Jawa, Bali, dan Lombok. Sistem subduksi tersebut merupakan batas aktif lempeng yang menghasilkan magma basalt andesit dan gempa yang relatif intensif. Magma andesit yang didapatkan akan menghasilkan gas yang besar, sehingga letusan eksplosif dapat terjadi (Hamilton, 1979).

Gunung Merapi termasuk dalam gunung api tipe strato yang mempunyai kekentalan magma yang tinggi (Reksowirogo, 1974). Kekentalan magma yang tinggi ini berpengaruh terhadap bentukan suatu gunungapi. Bentuk Gunung

Merapi dapat dibedakan menjadi 2 bagian, yaitu bagian Gunung Merapi yang lebih tua dan kerucut Gunung Merapi aktif (Bemmelan, 1949).

Secara fisiografi Gunung Merapi berada di zona Depresi Tengah (Van Bammelan, 1949). Menurut para ahli gunung ini muncul pada titik pertemuan antara dua deret gunungapi yaitu Ungaran-Telemoyo-Merbabu-Merapi dan Lawu-Merapi-Sumbing-Sundoro-Slamet. Merapi juga terletak pada pertemuan antara Sesar Semarang (membujur utara-selatan) dan Sesar Solo (membujur Barat-Timur) (Kusumayudha, 1988).

Secara tektonik Gunung Merapi terbentuk karena leburnya sebagian kerak Samudera Hindia akibat terjadinya tumbukan antara lempeng Eurasia-Asia dan lempeng Hindia-Australia di selatan Pulau Jawa. Kerak Hindia-Australia yang lebur itu selanjutnya terdorong ke atas dan dirupsikan antara lain melalui gunung ini (Hamilton, 1979). Magma yang memasok kegiatan Gunung Merapi merupakan hasil proses peleburan yang berlangsung sejak Plio-Pleistosen sekitar dua juta tahun yang lalu.

Sudah sering dijabarkan, bahwa Gunung Merapi mempunyai dapur magma yang sangat dangkal, magmanya sangat kental dan tekanan gasnya sangat lemah. Hal ini menyebabkan kegiatannya hanya menghasilkan letusan-letusan kecil dan timbunan lava membentuk kubah pada lubang kepundannya (Koesoemadinata, 1979).

Gunung Merapi mengalami evolusi vulkanik yang semula magmanya bersifat encer (basa) dengan tipe erupsi efusif. Sifat magma berkembang menjadi lebih kental (asam) dengan tipe erupsi campuran efusif dan eksplosif.

Perkembangan terakhir Gunung Merapi menghasilkan magma yang sangat kental sehingga fase efusif kegiatan gunung ini hanya menghasilkan kubah dan sumbat lava (Suyanto, 2012).

Salah satu fungsi gunung yaitu sebagai pasak agar bumi tidak terguncang akibat tekanan gas-gas yang terbentuk di dalamnya semakin bertambah. Hal ini telah dijelaskan oleh Allah SWT dalam surah Luqman [31]:10;

خَلَقَ السَّمَوَاتِ بِغَيْرِ عَمَدٍ تَرَوْنَهَا وَالْأَرْضِ رَواسِيَ أَنْ تَمِيدَ بِكُمْ وَبَثَّ فِيهَا
 مِنْ كُلِّ دَابَّةٍ وَأَنْزَلْنَا مِنَ السَّمَاءِ مَاءً فَأَنْبَتْنَا فِيهَا مِنْ كُلِّ زَوْجٍ كَرِيمٍ ﴿١٠﴾

“Dia menciptakan langit tanpa tiang yang kamu melihatnya dan Dia meletakkan gunung-gunung (di permukaan) bumi supaya bumi itu tidak menggoyangkan kamu; dan memperkembang biakkan padanya segala macam jenis binatang. Dan kami turunkan air hujan dari langit, lalu kami tumbuhkan padanya segala macam tumbuh-tumbuhan yang baik.”(Q.S Luqman [31]:10).

Gunung bertindak sebagai pasak raksasa yang akarnya dalam menghujam. Artinya, kepala pasak yang tampak di permukaan jauh lebih pendek daripada panjang batangnya yang menghujam perut bumi. Selama ribuan tahun, agama-agama terdahulu hanya takjub kepada ketinggian gunung. Namun, al-Quran mementahkan kekaguman sesaat mereka. Ternyata kedalaman akar gunung yang mencapai 10-15 kali lipat dari ketinggiannya itulah yang lebih dahsyat (Safi'i, 2014).

Secara morfologi tubuh Gunung Merapi dapat dibagi menjadi empat bagian yaitu kerucut puncak, lereng tengah, lereng kaki dan dataran kaki kerucut puncak dibangun oleh endapan yang lebih muda berupa lava dan piroklastik. Satuan lereng tengah dibangun oleh endapan lava piroklastik dan lahar. Lereng

kaki dan dataran kaki tersusun oleh endapan piroklastik, lahar dan aluvial (Sari, 2007).

Bagian lereng barat Gunung Merapi merupakan daerah aliran guguran dan piroklastik. Daerah ini merupakan daerah terbuka karena sering tertanda awan panas. Lereng Kaki Merapi tersusun dari pegunungan-pegunungan radial yang diselingi dengan hulu-hulu sungai. Beberapa sungai penting yang ada di lereng barat dari selatan ke utara yaitu K. Krasak, K. Brebeg, K. Putih, K. Lamat dan K. Senowo. Alur-alur pada sungai tersebut yang sering mendapat tambahan material produk letusan (Aisyah, 2013).

2.3 Deformasi Gunungapi

Deformasi adalah perubahan kedudukan, pergerakan secara absolut atau relatif dari posisi suatu materi atau perubahan kedudukan dalam dimensi yang linear. Perubahan yang terjadi secara umum disebabkan oleh gaya berat atau beban yang terjadi pada objek tersebut. Sumber beban atau gaya yang bekerja ini dapat berasal dari luar objek maupun dari dalam objek. Pergerakan atau perubahan posisi yang terjadi dapat ditinjau dari dua sisi yaitu absolut (titik pada objek itu sendiri) dan relatif (ditinjau dari titik yang lain) (Sudjana, 2002).

Pemantauan deformasi gunungapi pada dasarnya adalah pemantauan perubahan bentuk permukaan gunungapi berupa pengembangan atau pengerutan yang diakibatkan oleh aktivitas gunungapi. Pemantauan deformasi gunungapi biasanya digunakan untuk menentukan pola dan kecepatan dari deformasi tubuh gunungapi pada arah horisontal dan vertikal. Data tersebut kemudian digabungkan dengan data dan informasi dari pemantauan menggunakan metode lain, sehingga

dapat digunakan untuk memperkirakan dan mengungkapkan karakteristik dari aktifitas magma (lokasi pusat tekanan) dalam tubuh gunungapi dan juga volume magma (Abidin, 2002).

Berdasarkan sifat hubungan antara tekanan (*stress*) dan regangan (*strain*) diatas maka deformasi dibedakan menjadi 3 macam (Sari, 2007):

1. Deformasi Elastis

Ini terjadi jika *strain* yang dihasilkan berbanding lurus dengan *stress* yang bekerja. Apabila *stress* dihilangkan maka benda dapat kembali ke bentuk semula *origin shape*.

2. Deformasi *Viscous*

Merupakan *strain* yang bertambah kontinu terhadap *stress* yang bekerja pada suatu laju perbandingan, dan terbalik terhadap viskositasnya. Material *liquid* tidak mempunyai kekuatan dasar untuk menimbulkan *strain* ini.

3. Deformasi Plastis

Deformasi ini hampir sama dengan deformasi *viscous*, hanya saja deformasi plastis ini mempunyai kekuatan dasar sebelum deformasi *viscous* dimulai. Jadi saat *strain* sama dengan nol, besarnya *stress* tergantung dengan mediumnya.

Pemantauan aktivitas gunungapi dengan metode deformasi dapat diklasifikasikan atas dua tipe, yaitu (Abidin, 2007):

- a. Metode episodik, pemantauan dilakukan secara berkala dalam selang waktu tertentu seperti jarak (dari EDM), arah (dari theodolit), beda tinggi

(dari sipat datar), perubahan gaya berat (dari pengukuran mikrogravitas), GPS dan InSAR (*Interferometric Synthetic Aperture Radar*).

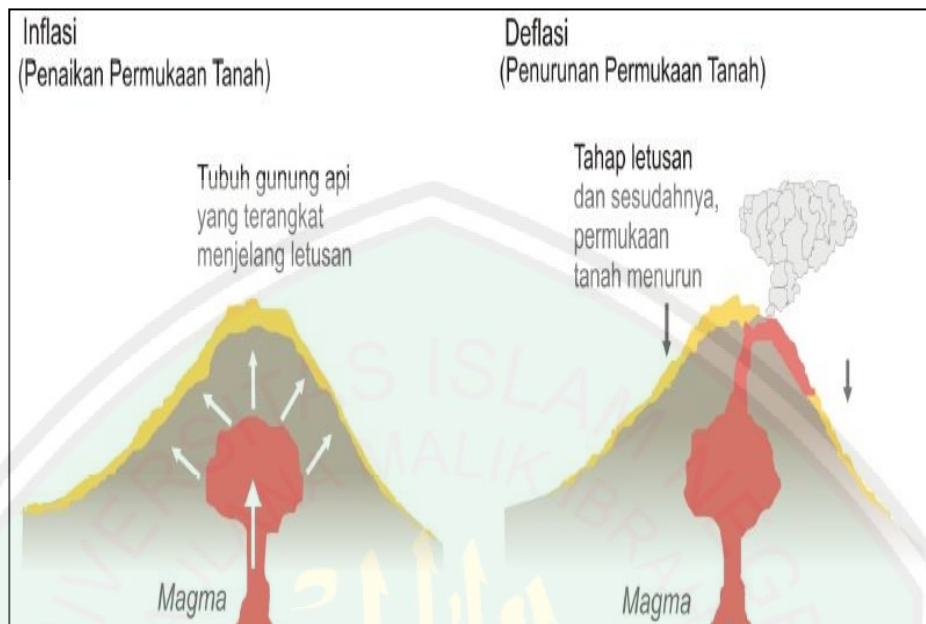
- b. Metode kontinu, pemantauan dilakukan secara terus menerus. Umumnya menggunakan sensor-sensor Tiltmeter, Extensiometer dan Dilatometer.

Parameter-parameter deformasi dapat diperoleh dari besaran-besaran pergeseran hasil pemantauan deformasi gunungapi pada kala tertentu menggunakan alat-alat yang telah disebutkan tadi melalui analisis deformasi. Pemantauan aktivitas Gunung Merapi berdasarkan metode deformasi telah berkembang sejak tahun 1980an yang diawali dari penggunaan EDM. Saat ini telah dikembangkan dengan menggunakan tiltmeter dan GPS. Metode ini terbukti signifikan memberikan indikasi peningkatan yang mengawali erupsi Gunung Merapi tahun 1988, 1992, 2006 dan 2010 (Nandi, 2006).

Secara garis besar gejala deformasi dapat berupa inflasi dan deflasi, yaitu (Singh, 1991):

1. Inflasi

Pengangkatan permukaan tanah, umumnya terjadi karena proses pergerakan magma ke permukaan yang menekan permukaan tanah di atasnya. Inflasi disebabkan oleh adanya magma yang bergerak naik ke permukaan gunung berapi. Inflasi sering dijadikan sebagai tanda-tanda akan terjadinya erupsi pada gunung berapi.



Gambar 2.2 Gejala deformasi pada gunung berapi aktif (Abidin, 2002)

2. Deflasi

Penurunan permukaan tanah, umumnya terjadi sesudah masa letusan, saat tekanan magma di dalam tubuh gunung berapi telah melemah tapi pada beberapa kasus deflasi juga terjadi selama letusan.

2.4 Teori Elastisitas

Mekanika deformasi suatu medium dapat didekati melalui teori elastisitas. Medium terdiri atas partikel-partikel dengan distribusi partikelnya menerus atau kontinu sehingga pergeserannya dapat dilacak sebagai fungsi koordinat. Elemen medium tersebut mengalami tegangan dan regangan akibat bekerjanya suatu gaya. Tegangan atau *stress* didefinisikan sebagai gaya persatuan luas. Tegangan ini timbul akibat adanya usikan mekanis atau terganggunya sistem keseimbangan

gaya pada suatu batuan. Tegangan merupakan perbandingan gaya terhadap luasan, yang dinotasikan sebagai (Young, 2011):

$$\sigma = \frac{dF}{dA} \quad (2.1)$$

Dimana dF : Elemen gaya yang bekerja pada benda dalam Newton (N)
 dA : Elemen luas benda (m^2)
 σ : Tegangan yang dialami benda (N/m^2)

Tegangan secara garis besar dapat dibedakan menjadi dua, yaitu tegangan normal dan tegangan geser. Tegangan normal yang bekerja dengan arah dan gaya tegak lurus bidang dinotasikan σ_{ij} dengan $i = j$, sebaliknya tegangan geser adalah tegangan yang bekerja dengan arah gaya sejajar bidang dengan indeks $i \neq j$ (Sarkowi, 2010).

Dalam teori elastisitas saat *stress* (σ) bekerja pada sebuah benda elastik, maka benda tersebut akan mengalami perubahan bentuk dan ukuran yang dikenal dengan istilah *strain* atau regangan. Regangan adalah perbandingan antara perubahan bentuk dan ukuran (jarak, panjang atau volume) terhadap bentuk dan ukuran semula (Sarkowi, 2010).

Hukum Hooke menyatakan bahwa terdapat hubungan linier antara *stress* dan *strain* pada batuan (antara gaya yang diterapkan dan besarnya deformasi). Hukum Hooke memiliki hubungan yang rumit, tetapi ketika medium bersifat isotropis maka hukum Hooke dapat dinyatakan pada persamaan sebagai berikut (Muafiry, 2015):

$$\sigma_{ii} = \lambda \Delta + 2\mu \varepsilon_{ii} \quad (i = x, y, z) \quad (2.2)$$

$$\sigma_{ij} = 2\mu \varepsilon_{ij} \quad (2.3)$$

Dengan

- σ_{ii} : *normal stress*
- σ_{ij} : *shear stress*
- Δ : dilatasi ($\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z}$), merupakan total normal *strain*
- ε_{ii} : *normal strain*
- ε_{ij} : *shear strain*
- λ μ : konstanta *Lame*

Konstanta-konstanta elastisitas menyatakan kualitas medium saat dikenai suatu *stress*. Persamaan (2.2) dan (2.3) terdapat konstanta elastisitas yaitu konstanta λ dan μ . Ditinjau dari persamaan (2.3) ketika ε_{ij} maka μ menjadi besar, dengan μ adalah suatu ukuran tingkat kesulitan suatu benda untuk mengalami perubahan bentuk (pergeseran) ketika *shear stress* bekerja pada benda tersebut. Apabila nilai *stress* melebihi batas elastisitas, maka hukum Hooke tidak berlaku dan *strain* meningkat pesat. *Strain* ini tidak menghilang ketika *stress* dihilangkan (Telford, 1990).

Kesebandingan antara *normal stress* dan *normal strain* dinyatakan oleh Modulus Young (E), secara matematis dirumuskan (Young, 2011):

$$\sigma_{xx} = E \varepsilon_{xx} \quad (2.4)$$

Dengan

- σ_{xx} : *Stress* searah sumbu x pada bidang yang tegak lurus sumbu x
- E : Modulus Young
- ε_{xx} : *Strain* searah sumbu x pada bidang yang tegak lurus sumbu x

Perbandingan antara *shear stress* dan *shear strain* yang menimbulkan pergeseran pada salah satu bidang, tetapi tidak menimbulkan perubahan volume disebut sebagai Modulus Geser atau Rigiditas, secara matematis dirumuskan (Muafiry, 2015):

$$G = \frac{\sigma_{xx}}{\varepsilon_{yx}} \quad (2.5)$$

Dengan G : Rigiditas,
 σ_{xx} : *Stress* searah sumbu x pada bidang yang tegak lurus sumbu x
 ε_{yx} : *Strain* searah sumbu y pada bidang yang tegak lurus sumbu x

Pemahaman karakteristik medium dapat pula didekati dengan *Rasio Poisson* (ρ), maka menyatakan perbandingan antara dua regangan yang saling tegak lurus yang dinotasikan (Muafiry, 2015):

$$G = \frac{\varepsilon_{xx}}{\varepsilon_{yx}} \frac{\lambda}{2(\lambda + \mu)} \quad (2.6)$$

2.5 Monitoring Deformasi Gunungapi

Dari tahun 1960 hingga 1980, digunakan teknik survei secara tradisional untuk memonitoring deformasi permukaan. Umumnya jaringan ini mendeteksi pergerakan vertikal untuk menentukan pergeseran permukaan secara horizontal (Abidin, 2007).

Dengan kemajuan teknik GPS, pada tahun 1980an GPS dianggap merupakan teknik yang sangat cocok untuk memonitoring deformasi yang disebabkan oleh pergerakan tektonik, *ground subsidence* dan aktivitas vulkanik. Baru-baru ini, teknik InSAR semakin digunakan untuk memetakan topografi dari gunungapi dan mendeteksi deformasi. Menurut Sudjana (2002) ditinjau berdasarkan waktu sampling, teknik monitoring defromasi bisa diklafikasikan menjadi episodik dan kontinu. Teknik episodik mencakup sudut dan jarak pengukuran, leveling, InSAR dan survei GPS. Instrumentasi yang digunakan

untuk monitoring secara kontinu adalah Tiltmeter, Extensiometer dan jaringan GPS permanen (Abidin, 2000).

2.6 Prinsip Pemantauan Deformasi Menggunakan GPS

GPS adalah sistem radio navigasi dan penentuan posisi menggunakan satelit milik Amerika Serikat. Nama formal dari sistem satelit militer ini adalah NAVSTAR GPS, kependekan dari *NAVigation Satellite Timing and Ranging Global Positioning System*. Sistem yang dapat digunakan oleh banyak orang sekaligus dalam segala cuaca ini, didesain untuk memberikan posisi serta kecepatan tiga-dimensi yang teliti dan juga informasi mengenai waktu secara kontinu di seluruh dunia (Sari, 2007).

Pemantauan deformasi dari metode GPS pada umumnya menggunakan alat GPS tipe geodetik dua frekuensi dan metode penentuan posisi yang digunakan adalah metode diferensial secara *real time*. Prinsip dari pemantauan deformasi gunungapi menggunakan alat GPS adalah melakukan pemantauan perubahan koordinat titik yang mewakili gunung dari waktu ke waktu. Kegiatan pemantauan deformasi gunungapi, GPS penerima sinyal ditempatkan pada punggung dan puncak gunung yang akan dipantau serta terdapat suatu pusat pemantau (stasiun referensi) yang merupakan acuan dari koordinat penentu sekaligus sebagai pusat pemrosesan data. Koordinat pergeseran titik yang dihasilkan dari pemantau GPS akan relatif terhadap pusat referensi (Abidin, 2002).

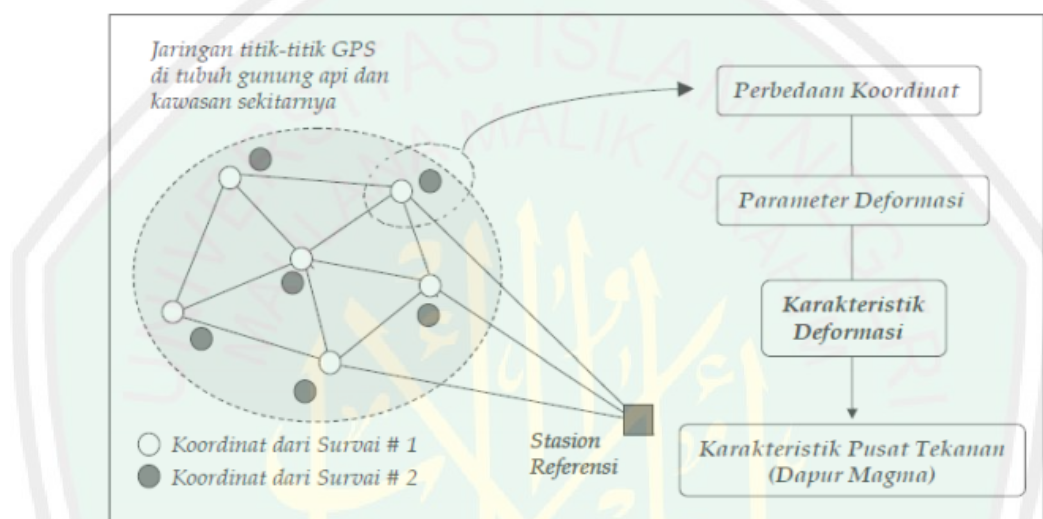
Metode GPS dilakukan dalam monitoring gunungapi dengan tujuan mengetahui pola serta kecepatan dari deformasi permukaan gunungapi dalam arah

horizontal maupun vertikal. Pengukuran GPS dilakukan secara kontinu dengan menggunakan satelit GPS. Informasi posisi, kecepatan maupun waktu secara tepat dan teliti diperoleh apabila sinyal-sinyal dari satelit diamati dengan GPS *receiver* dalam jumlah serta waktu yang cukup. Pemantauan deformasi dengan GPS didasari oleh selisih posisi atau koordinat (X, Y, Z atau L, B, H) dari suatu titik pantau (*bench mark*) pada pengukuran periode satu waktu dengan pengukuran periode selanjutnya (Abidin, 2000).

Prinsip pemantauan deformasi secara kontinu yaitu pemantauan terhadap perubahan koordinat beberapa titik yang mewakili sebuah gunungapi secara periodik. Metode ini menggunakan beberapa alat penerima sinyal (*reciever*) GPS yang ditempatkan pada beberapa titik pantau pada punggung dan puncak gunungapi, serta pada suatu pusat pemantau (stasiun referensi) yang merupakan pusat pemroses data (Safi'i, 2014).

Pusat pemantau adalah suatu lokasi yang telah diketahui koordinatnya, dan sebaiknya ditempatkan di kota yang terdekat dengan gunungapi yang bersangkutan (misalkan di pos pengamatan gunungapi). Koordinat titik-titik pantau tersebut kemudian ditentukan secara teliti dengan GPS, relatif terhadap pusat pemantau dengan menggunakan metode penentuan posisi diferensial secara *real-time*. Data pengamatan GPS dari titik-titik pantau harus dikirimkan secara *real-time* ke pusat pemantau untuk diproses bersama-sama dengan data pengamatan GPS dari pusat pemantau. Pengiriman data ini dapat dilakukan dengan menggunakan bantuan satelit komunikasi ataupun telemetri dengan gelombang radio (Muafiry, 2015).

Pemantauan secara episodik yaitu pemantauan GPS terhadap titik-titik pantau secara berkala, yang membedakannya dengan pemantauan secara kontinu adalah disini pemantauan dilakukan pada periode tertentu dengan metode pengukuran secara statik (Abidin, 2007).



Gambar 2.3 Pemantauan deformasi gunungapi secara episodik menggunakan metode survei GPS (Abidin, 2007)

Dalam proses pemantauan aktivitas (geometrik) gunungapi dengan GPS, sebagai contoh, jika jarak antara dua titik pantau yang diletakkan sebelah menyebelah sisi gunungapi secara sistematis semakin memanjang dari waktu ke waktu, atau beda tinggi antara titik-titik pantau dengan pusat pemantau makin membesar secara kontinu, maka kita harus waspada bahwa mungkin gunung yang bersangkutan akan meletus. Perlu ditekankan bahwa untuk mendapatkan suatu kesimpulan yang lebih komprehensif tentang aktivitas gunungapi tersebut, informasi geometrik yang diberikan oleh GPS sebaiknya diintegrasikan dengan informasi-informasi vulkanologis (Sari, 2007).

Dalam konteks studi deformasi gunungapi dengan metode survei GPS, ada beberapa keunggulan dan keuntungan dari GPS yang perlu dicatat, yaitu antara lain (Abidin, 2002):

1. GPS dapat mencakup suatu kawasan yang relatif luas tanpa memerlukan saling keterlihatan antar titik-titik pengamatan. Dengan karakteristik seperti ini, GPS dapat memantau sekaligus beberapa gunungapi yang berdekatan.
2. GPS memberikan nilai vektor koordinat serta pergerakan titik (dari minimum dua kala pengamatan) dalam tiga dimensi (dua komponen horizontal dan satu komponen vertikal), sehingga dapat informasi deformasi yang lebih baik dibandingkan metode-metode terestris yang umumnya memberikan informasi deformasi dalam satu atau dua dimensi.
3. GPS memberikan nilai vektor pergerakan titik dalam suatu sistem koordinat referensi yang tunggal dan stabil baik secara spasial maupun temporal. Dengan demikian maka GPS dapat digunakan untuk memantau deformasi gunung atau gunungapi dalam kawasan yang luas secara konsisten dari waktu ke waktu.
4. GPS dapat memberikan nilai vektor pergerakan dengan tingkat presisi sampai beberapa mm, dengan konsistensi yang tinggi baik secara spasial maupun temporal. Dengan tingkat presisi yang tinggi dan konsisten ini maka diharapkan besarnya pergerakan titik yang kecil sekalipun akan dapat terdeteksi dengan baik.

5. GPS dapat dimanfaatkan secara kontinu tanpa tergantung waktu (siang maupun malam), dalam segala kondisi cuaca. Dengan karakteristik semacam ini maka pelaksanaan survei GPS untuk studi deformasi gunungapi dapat dilaksanakan secara efektif dan fleksibel.

2.7 Uji Statistik

Dalam melakukan uji hipotesa, ada banyak faktor yang menentukan, seperti apakah sampel yang diambil berjumlah banyak atau hanya sedikit, apakah standar deviasi data diketahui, apakah varian data diketahui, metode parametrik apa yang digunakan, dan seterusnya (Riduwan, 2007).

Langkah-langkah untuk menguji suatu hipotesis adalah (Santoso, 2008):

1. Menentukan hipotesa nol (H_0) dan hipotesa alternatif. H_0 merupakan hipotesis nilai parameter dengan dibandingkan dengan hasil perhitungan dari sampel. H_0 ditolak hanya jika hasil perhitungan dari sampel tidak mungkin memiliki kebenaran terhadap hipotesis yang ditentukan terjadi. H_a ditolak jika H_0 ditolak.
2. Menentukan tingkat signifikansi yang digunakan. Tingkat signifikansi merupakan standar statistik yang digunakan untuk menolak H_0 . Jika ditentukan tingkat signifikansi 5% ($\alpha=0,05$) H_0 ditolak hanya jika hasil perhitungan dari sampel sedemikian berbeda dengan nilai dugaan (yang dihipotesakan).
3. Memilih uji statistik.
4. Menentukan statistik tabel. Nilai statistik tabel dipengaruhi oleh:
 - a. Tingkat kepercayaan.

- b. Derajat kebebasan.
 - c. Jumlah sampel yang didapat.
5. Menentukan statistik hitung.
 6. Mengambil keputusan.

Uji statistik ini menggunakan uji statistik uji-F (uji serentak). Uji ini digunakan untuk menguji variabel-variabel bebas secara bersama-sama terhadap variabel terikat. Selain itu dengan uji-F dapat diketahui pula apakah model regresi linear yang digunakan sudah tepat atau belum. Rumusnya adalah (Wolf dan Ghilani, 2006):

$$F = \frac{R^2/k}{(1-R)^2/(n-k-1)} \quad (2.7)$$

Dimana:

- F : F_{hitung} yang selanjutnya dikonsultasikan dengan F_{tabel}
 R^2 : Korelasi parsial yang ditemukan
 k : Jumlah variabel bebas
 n : Jumlah sampel

Hipotesa nol yang digunakan pada uji statistik ini adalah metode pengolahan tidak terdapat perbedaan yang signifikan, sehingga:

Hipotesa nol $H_0 : dV = 0$

Hipotesa alternatif $H_0 : dV \neq 0$

Apabila dari uji hipotesa 0 menunjukkan $F_{hitung} < F_{tabel}$, maka tidak terdapat perbedaan ketelitian yang signifikan. Sebaliknya apabila dari uji hipotesa alternatif menunjukkan $F_{hitung} > F_{tabel}$, maka terdapat perbedaan ketelitian yang signifikan (Sudjana, 2002).

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Gunung Merapi merupakan lokasi yang akan diteliti pergerakan tanahnya, dimana secara geografis Gunung Merapi terletak pada koordinat $07^{\circ}32'30''$ - $07^{\circ}52'30''$ LS dan $110^{\circ}15'00''$ - $110^{\circ}37'30''$ BT. Secara administratif Gunung Merapi terletak pada perbatasan empat kabupaten yaitu Kabupaten Sleman pada bagian selatan, Kabupaten Magelang pada bagian barat, Kabupaten Boyolali pada bagian timur, dan Kabupaten Klaten pada bagian tenggara. Gunung Merapi memiliki ketinggian 2978 mdpl, berdiameter 28 km, luas 300-400 km² dan volume ± 150 km³ (BPPTKG, 2013).



Gambar 3.1 Lokasi penelitian

Digunakan 4 titik stasiun GPS untuk memantau deformasi Gunung Merapi, yaitu:

Table 3.1 Lokasi stasiun pengamatan GPS (BPPTKG, 2013).

| No | Stasiun | Lokasi |
|----|---------|--------------------|
| 1 | BPTK | BPPTKG, Yogyakarta |
| 2 | DELS | Deles, Klaten |
| 3 | GRWH | Grawah, Boyolali |
| 4 | KLAT | Klatakan, Magelang |

3.2 Data dan Peralatan

3.2.1 Data

Data yang digunakan adalah data GPS dari 4 titik pengamatan, dimana satu titik sebagai titik ikat yaitu stasiun GPS BPTK yang berada di kantor BPPTKG dan tiga lainnya sebagai titik pengamatan yang berada di sekitar Gunung Merapi. Didapatkan data GPS dalam format rinex sebanyak 24 data dalam waktu satu hari, dikarenakan stasiun GPS melakukan akuisisi data setiap jam dengan sampling pengukuran tiap satu detik. Rentang waktu dari data yang digunakan dalam penelitian yaitu dari bulan Juli-Desember 2015.

3.2.2 Peralatan

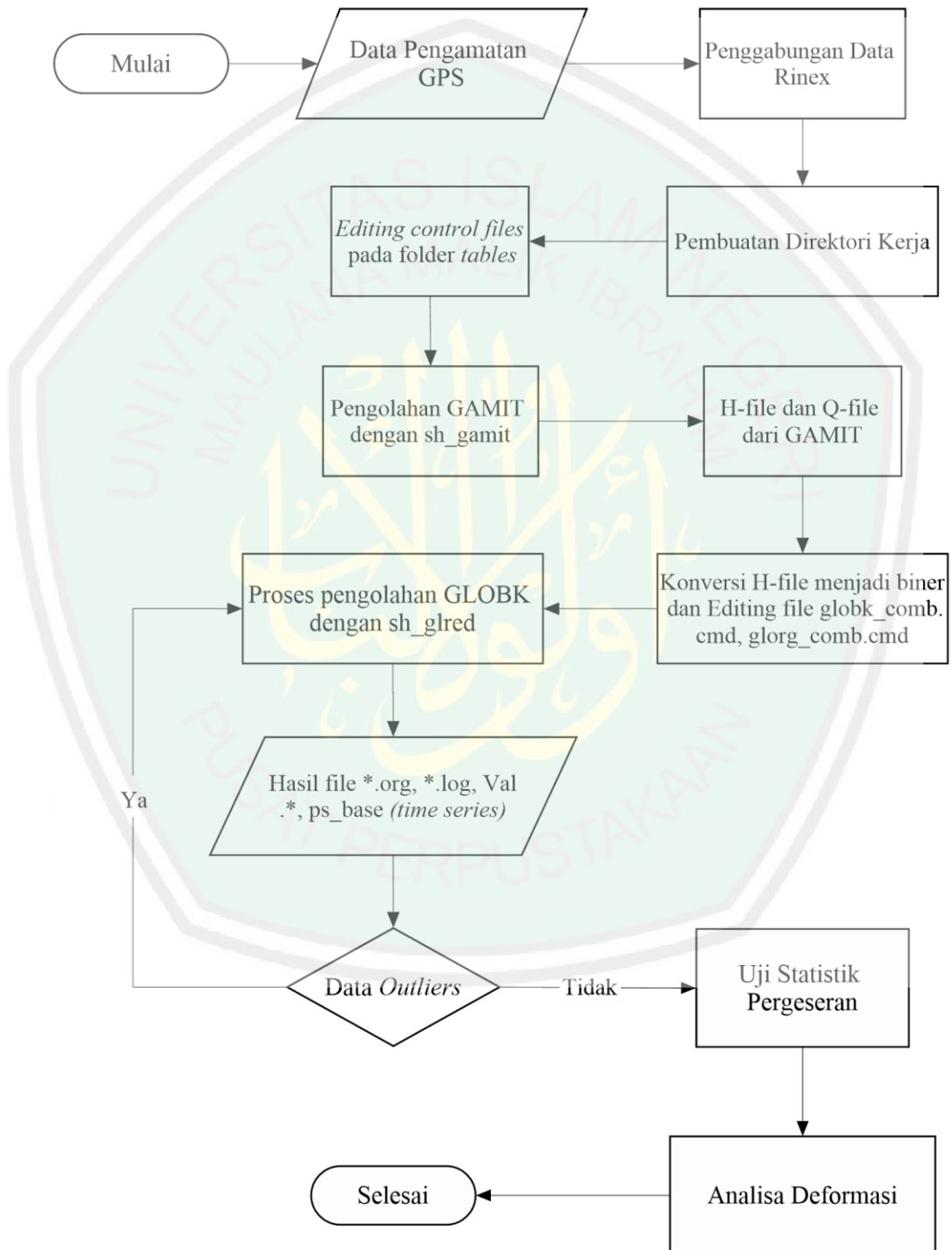
Alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu:

1. Perangkat keras (*Hardware*)
 - a. Laptop digunakan untuk proses pengolahan data, pemodelan hasil, dan pembuatan laporan.
2. Perangkat Lunak (*Software*)
 - a. System Operasi *Linux Ubuntu 15.04* dan *Windows 8.1*.

- b. *Software* TEQC (*Translation, Editing and Quality Check*) untuk penggabungan data rinex dalam format satu jam menjadi satu hari.
- c. *Software* Surfer 10 untuk pembuatan peta kontur dan pemodelan tiga dimensi dengan mendasarkan pada grid.
- d. *Software* GAMIT/GLOBK adalah sebuah paket *software* komprehensif untuk menganalisis data GPS. GAMIT digunakan untuk melakukan perhitungan posisi tiga dimensi, GAMIT melibatkan data pengamatan stasiun-stasiun kontinu diseluruh dunia. Sedangkan GLOBK digunakan untuk mengkombinasikan data survei terestris dan ekstraterestris. GLOBK memiliki fungsi khusus dalam hal pengolahan data pengamatan harian untuk menghasilkan koordinat stasiun rata-rata dari pengamatan *multidays*, selain itu GLOBK juga dapat melakukan estimasi koordinat stasiun dari pengamatan individual yang digunakan untuk menggeneralisasikan data runtut waktu (*time series*) dari pengamatan harian atau tahunan.
- e. Microsoft Office digunakan untuk pembuatan laporan.

3.3 Diagram Pengolahan Data

Diagram alir pengolahan data adalah sebagai berikut:



Gambar 3.2 Diagram alir pengolahan data

Penjelasan diagram alir tahap pengolahan data adalah sebagai berikut:

1. Pengumpulan Data

Pengumpulan data merupakan tahap awal untuk mempersiapkan data yang akan diolah, dalam hal ini data GPS didapatkan melalui stasiun pengamatan GPS milik BPPTKG. Selain data GPS yang akan diolah juga terdapat data pendukung yang harus dimiliki sebelum dilakukan pengolahan menggunakan GAMIT/GLOBK yaitu file gelombang pasang surut (otl_FES2004.grd), file atmosfer (atmdisp_YYYY), file pemodelan cuaca (vmflgrd.YYYY), serta h-file global sebanyak DOY (*Day Of Year*) yang akan diolah.

2. Penggabungan Data Rinex

Sebelum melakukan pengolahan data menggunakan *software* GAMIT/GLOBK, terlebih dahulu dilakukan penggabungan data rinex dalam format setiap satu jam menjadi satu hari menggunakan *software* TEQC. Proses menjalankan *software* TEQC dilakukan melalui *command prompt*, file rinex diletakkan dalam satu direktori dengan *software* teqc.exe. Sebelum menjalankan perintah teqc, *command prompt* harus masuk ke direktori teqc. Setelah masuk ke dalam direktori masukkan perintah berikut ini:

```
teqc -phc [file.obs] [file2.obs] >
      filenew.obs
```

dimana “-phc” adalah khusus pada teqc untuk menghapus *post header comment*. “file.obs” dan “file2.obs” merupakan contoh file pertama dan kedua yang akan digabungkan, pada penelitian kali ini terdapat 24 file rinex yang akan digabungkan menjadi satu file dalam format harian yang terakhir adalah “filenew.obs” merupakan file *output* dari proses penggabungan menggunakan *software* TEQC.

3. Pembuatan Direktori Kerja File GAMIT

Untuk melakukan pengolahan data dengan GAMIT diperlukan pembuatan direktori kerja yang terletak pada direktori *home* (~). Umumnya pada setiap direktori kerja memiliki direktori *project* yang menjadi tempat utama dalam pengolahan data nantinya.

Dalam direktori *project* tersebut nantinya terdapat folder-folder yang menyusun struktur kerja dari pengolahan GAMIT, adapun folder tersebut adalah:

- a. Rinex, digunakan untuk menyimpan file-file rinex observasi baik itu dari titik pengamatan maupun titik kontrol.
- b. IGS, digunakan untuk menyimpan file pendukung yaitu orbit satelit. Umumnya file igs yang digunakan bertipe *final IGS precise ephemeris* dengan format *.sp3.
- c. Brdc, digunakan untuk menyimpan file pendukung yaitu file navigasi global sesuai dengan DOY *project* yang akan diolah. File navigasi tersebut terdapat dua tipe yaitu auto[ddd]0.[yy]n dan

brdc[ddd]0.[yy]n. dimana “ddd” adalah DOY atau hari dari pengamatan dan “yy” adalah *year*/tahun.

- d. Tables, folder yang berisi file-file kontrol dari pengolahan GAMIT. Folder tables dibuat secara otomatis menggunakan perintah bawaan dari *software* GAMIT yaitu dengan mengetikkan “sh_setup -yr [yyyy] -apr [apr file]” pada direktori *project*. Perintah “yyyy” menyatakan tahun dari data yang digunakan dan “apr file” menyatakan ITRF yang digunakan.

4. *Editing Control Files* Pada Folder Tables

Editing Control Files merupakan tahapan untuk mengatur parameter dan skenario pengamatan dari *software* GAMIT sesuai yang telah direncanakan. Adapun *control files* yang perlu diedit adalah sebagai berikut:

- a. File *lfile*, berisi koordinat pendekatan (apriori) dari stasiun pengamatan global. Koordinat dari stasiun pengamatan baik titik pantau maupun titik kontrol harus ditambahkan ke dalam file ini.
- b. File *station.info*, merupakan file yang berisi informasi dari setiap stasiun yang diolah. Adapun informasi yang terdapat pada file *station.info* seperti informasi waktu, tinggi antena, tipe *receiver*, dll.
- c. File *process.defaults*, digunakan untuk menentukan lokasi file-file yang akan dilakukan pengolahan GAMIT. File ini juga digunakan

untuk menentukan tipe file navigasi yang digunakan serta apr file yang digunakan.

- d. File *sestbl*, merupakan file yang berisi skenario pengolahan. Untuk melakukan analisa deformasi pada Gunung Merapi, maka salah satu parameter yang perlu diubah adalah *choice of experiment* diubah menjadi “BASELINE”. Selain *choice of experiment* bagian lain yang diubah adalah *atml.grid* yang menunjukkan kandungan atmosfer pilih opsi “Y”, *map.grid* sebagai pengeplotan koordinat *repeatabilities* dengan GMT pilih opsi “Y” dan *otl.grid* sebagai pemodelan pasang surut air laut pilih opsi “Y”.
- e. File *sites.defaults*, merupakan file yang digunakan dalam *automatic batch processing*. File ini digunakan untuk mengontrol penggunaan stasiun dalam pengolahan dengan GAMIT dan GLOBK.
- f. File *sittbl*, merupakan file yang didalamnya berisi nilai *constraint* pada setiap koordinat apriori stasiun yang akan diolah. Titik ikat diberikan nilai *constraint* yang kecil, karena dianggap tidak memiliki perubahan posisi yang besar sedangkan untuk titik pengamatan berikanlah *constraint* yang besar.

5. Pengolahan Menggunakan GAMIT

Setelah semua data sudah terkumpul dan *control files* telah diatur, langkah berikutnya adalah melakukan perintah “sh_gamit” pada terminal linux dengan perintah lengkap sebagai berikut:

```
sh_gamit -s yyyy ddd1 ddd2 -expt [expt]
```

dimana “yyyy” adalah tahun dari data yang diolah, “ddd₁” adalah DOY awal data yang diolah, “ddd₂” adalah DOY akhir data yang diolah dan “expt” adalah nama *experiment* atau nama *project* pengolahan. Hasil yang didapatkan dari pengolahan GAMIT adalah folder sebanyak DOY yang diolah. Setiap folder DOY terdapat h-file hasil pengolahan GAMIT.

6. Konversi h-file dan *Editing File globk_comb.cmd* dan *glorg_comb.cmd*

Untuk melanjutkan pengolahan data menggunakan GLOBK, file h-file hasil dari pengolahan GAMIT perlu dikonversi menjadi file biner begitu juga h-file global IGS, adapun cara konversi data tersebut

```
htoglb [directory output][ephemeris  
file][input file]
```

dapat dilakukan dengan perintah sebagai berikut:

Hasil konversi dari perintah diatas adalah berupa file *.glr dan *.glx. File berformat *.glr merupakan solusi *ambiguitas fase free* dan file *.glx merupakan solusi *ambiguitas fase fixed*. Setelah proses konversi, file berformat *.glx perlu digabungkan menjadi satu file dengan format *.gdl. Penggabungan dapat dilakukan dengan menggunakan perintah sebagai berikut:

```
ls ../[directory input]/*.glx >  
[nama.project].gdl
```

hasil dari perintah tersebut adalah munculnya file “nama project.gdl”.

Setelah proses konversi, dilakukan proses *editing file globk_comb.cmd* dan *glorg_comb.cmd* yang dapat dicopy dari folder `~/gg/tables`, kemudian file tersebut ditempatkan pada folder `gsoln`. Untuk mendapatkan *output* koordinat UTM dan koordinat geodit, maka pada bagian `prt_opt` dirubah menjadi GDLF CMDS GEOD UTM. Sedangkan untuk mendapatkan *output* panjang *baseline* pada bagian `org_opt` dirubah menjadi PSUM CMDS GDLF BLEN.

7. Pengolahan Menggunakan GLOBK

Langkah selanjutnya adalah melakukan pengolahan GLOBK untuk mendapatkan perubahan koordinat secara *time series*. Adapun bentuk perintah yang harus dimasukkan pada terminal linux adalah sebagai berikut:

```
sh_glred -s yyyy1 ddd1 yyyy2 ddd2 -expt [expt]
          -opt H G E
```

Keterangan:

yyyy₁ : tahun awal dari data yang diolah
 ddd₁ : DOY awal dari data yang diolah
 yyyy₂ : tahun akhir dari data yang diolah
 ddd₂ : DOY akhir dari data yang diolah
 expt : nama *experiment* atau nama *project*
 H : memindah h-file kedalam direktori `glbf`
 G : membentuk file ekstensi `.gdl` pada setiap harinya ke dalam direktori `gsoln`
 E : *plotting time series*

Hasil dari menjalankan GLOBK adalah *file* berektensi `.org`, kemudian *file plotting time series* dengan pola file

psbase_[expt].[GPS], selain itu juga terdapat file yang berisi koordinat toposentris dengan pola nama VAL.[expt].

8. Deteksi Data *Outlier*

Outlier adalah sejenis data yang menyimpang jauh dan memiliki karakteristik berbeda dari suatu himpunan data. Agar hasil pengolahan sesuai dengan nilai sebenarnya maka data *outlier* tersebut perlu dihilangkan. Untuk mengetahui data yang diindikasikan mengalami *outlier* dapat dilihat pada file VAL.[expt]. Kemudian dilakukan proses pengolahan ulang dengan tidak mengikutsertakan DOY yang mengalami *outlier*.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pengolahan Data GPS dengan GAMIT

Pengolahan data GPS pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan *software* GAMIT/GLOBK, pengolahan dilakukan untuk mendapatkan koordinat estimasi beserta besar vektor pergeseran dari stasiun GPS Gunung Merapi yang terjadi pada bulan Juli-Desember 2015. Tahap pertama pengolahan dilakukan dengan menggunakan *software* GAMIT. Didapatkan data hasil pengolahan berupa h-file sebanyak DOY yang diproses dengan pola h[expt]a.yyddd, dimana [expt] adalah nama *experiment*, “yy” adalah dua angka terakhir pada tahun dan “ddd” adalah DOY dari data yang diolah. H-files merupakan file yang memuat nilai *adjustment* dan matriks varian-kovarian. Selain h-files, hasil dari pengolahan GAMIT yaitu q-files dimana file tersebut memuat hasil analisa program *solve* yang berisi hasil evaluasi pengolahan data. Setelah didapatkan hasil pengolahan dari GAMIT, tahap selanjutnya yaitu menggunakan *software* GLOBK. Pada pengolahan GLOBK didapatkan nilai koordinat yang selanjutnya akan diamati perubahan posisinya secara *time series* sehingga dapat diketahui besar pergeseran titik GPS.

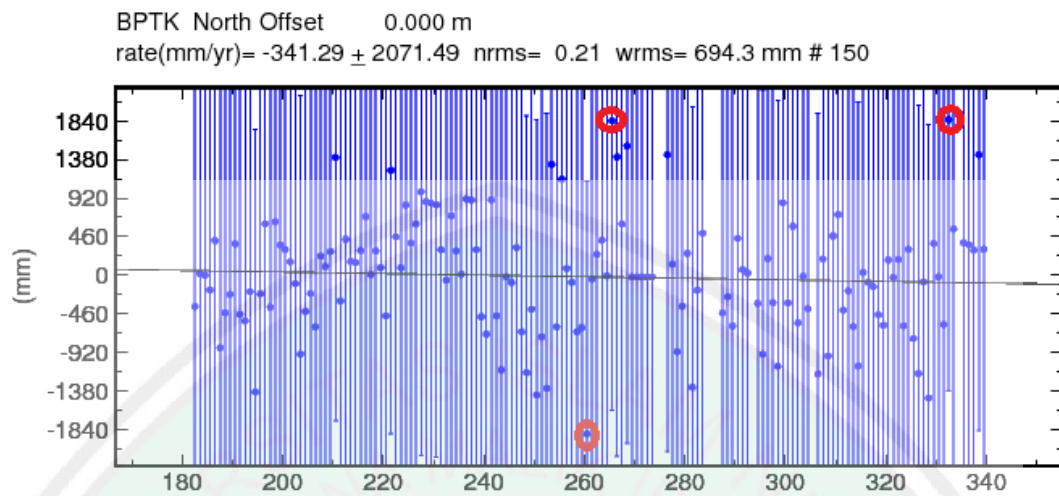
4.2 Hasil Pengolahan Data GPS dengan GLOBK

GLOBK adalah sebuah proses perhitungan *Kalman Filtering* yang bertujuan untuk mengkombinasikan solusi dari berbagai pengolahan data geodetik. Salah satu *output* pengolahan GLOBK adalah deret waktu koordinat GPS yang dikombinasi. Tujuan dari deret waktu ini menguji keberulangan

koordinat (*coordinate-repeatabilities*) sehingga dapat digunakan untuk mengidentifikasi dan menghilangkan beberapa pengamatan atau stasiun yang diduga *outliers*. Hasil dari pengolahan GLOBK adalah *plotting time series* dan nilai koordinat geosentrik (X, Y, Z) dan nilai koordinat lokal dalam *northing* (N), *easting* (E), dan *up* (U) beserta standar deviasi (sigma) pada *org-file* yang memiliki nama dengan pola *globk_[expt]_yyddd.org* dimana [expt] adalah nama *experiment*, “yy” adalah dua angka terakhir tahun data penelitian, dan “ddd” adalah DOY dari data yang diolah.

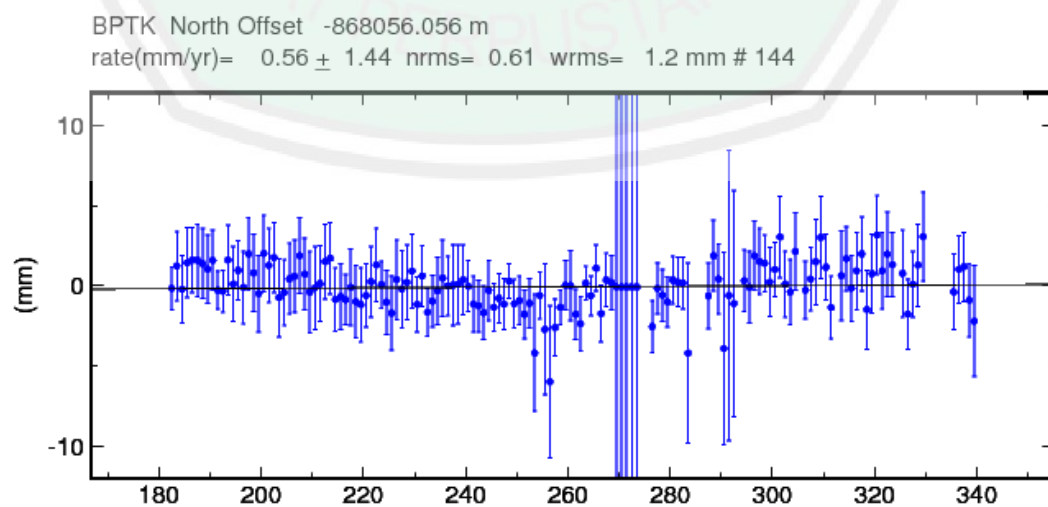
Outliers tidak bisa diikutkan dalam kombinasi solusi akhir koordinat stasiun karena jika *outliers* diikutserakan dalam kombinasi solusi akhir maka akan mempengaruhi estimasi kecepatan pergeseran. Untuk mendeteksi adanya *outliers* digunakan nilai WRMS (*Weighted Root Mean Square*) sebagai parameter. Jika nilai $WRMS > 10$ mm data pada solusi harian GLOBK maka data mengandung *outliers*. (Muafiry, 2015).

Pada stasiun BPTK nilai wrms yang dihasilkan yaitu komponen *north* 694,3 mm, *east* 0,5 mm, dan *up* 0,5 mm. Komponen *north* pada stasiun BPTK melebihi 10 mm sehingga mengindikasikan adanya *outliers*. Stasiun lainnya yaitu DELS, GRWH, dan KLAT memiliki WRMS dibawah 10 mm. *Plot time series* stasiun pengamatan dapat dilihat pada bagian lampiran.



Gambar 4.1 *Plotting time series* stasiun BPTK sebelum dihilangkan *outliers*

Gambar 4.1 adalah contoh hasil *plotting time series* dari stasiun BPTK yang belum dihilangkan data *outliers*nya. Data *outliers* ditunjukkan oleh lingkaran merah. Titik warna biru menunjukkan sebaran koordinat perhari. Untuk menghilangkan data *outliers* perlu dilakukan pengolahan ulang menggunakan GLOBK tanpa mengikutsertakan data DOY yang diidentifikasi sebagai data *outliers*, sehingga didapatkan *time series* seperti berikut:



Gambar 4.2 *Plotting time series* stasiun BPTK setelah dihilangkan *outliers*

4.3 Hasil Pengolahan Vektor Pergeseran

Vektor pergeseran adalah besaran yang menyatakan perubahan yang terjadi terhadap titik pengamatan dalam selang waktu tertentu. Acuan dalam mendapatkan vektor pergeseran adalah sesi pertama pengamatan masing-masing stasiun terhadap suatu sesi tertentu. Nilai vektor pergeseran yang dihasilkan dari suatu sesi pengamatan dapat bernilai negatif (-) atau positif (+), dimana nilai tersebut dapat mempengaruhi arah pergeseran. Vektor pergeseran dapat dilihat pada tabel berikut ini:

Tabel 4.1 Pergeseran stasiun pengamatan pada titik ikat BPTK

| No | Stasiun | Juli-Desember 2015 | | |
|----|---------|--------------------|---------|---------|
| | | dN (mm) | dE (mm) | dU (mm) |
| 1 | DELS | -4,02 | -7,25 | 11,77 |
| 2 | GRWH | -1,61 | 12,81 | 12,46 |
| 3 | KLAT | -2,49 | -5,38 | 2,35 |

Setelah mengetahui besar pergeseran titik GPS dari Gunung Merapi selama bulan Juli-Desember 2015 maka perlu dilakukan pengujian statistik untuk melihat hasil vektor pergeseran, tidak hanya secara kuantitatif namun juga secara kualitatif, apakah titik stasiun GPS tersebut mengalami pergeseran atau tidak. Pengujian dilakukan untuk melihat vektor pergeseran dalam arah horizontal, selain menghasilkan ketelitian yang lebih baik daripada arah vertikal penggunaan

pergeseran arah horizontal diperuntukkan untuk pencarian sumber tekanan magma. Uji statistik yang dilakukan adalah uji *t-student*. Uji statistik dilakukan dengan menguji variabel pergeseran titik (P_{xy}) dari sesi pengamatan x ke sesi pengamatan y yang nilainya dapat dihitung menggunakan rumus:

$$P_{xy} = \sqrt{(dn_{xy}^2 + de_{xy}^2)} \quad (4.1)$$

Adapun untuk standar deviasi dapat dihitung menggunakan rumus:

$$\text{Std } P_{xy} = \sqrt{(sd \, dn_{xy}^2 + sd \, de_{xy}^2)} \quad (4.2)$$

Hipotesis nol yang dilakukan pada uji statistik ini adalah titik pengamatan tidak bergeser dalam selang waktu x dan y sehingga:

hipotesis nol $H_0 : P_{xy} = 0$

Hipotesis alternatif $H_1 : P_{xy} \neq 0$

Rumus statistik yang digunakan dalam menguji pergeseran titik pengamatan adalah:

$$T = P_{xy} / \text{Std } P_{xy} \quad (4.3)$$

Terakhir lakukan uji hipotesis signifikan seperti yang tercantum pada persamaan. Pergeseran dinyatakan signifikan atau hipotesis nol ditolak jika (Ghilani, 1997):

$$T > t_{df, \alpha / 2} \quad (4.4)$$

Keterangan:

| | |
|--|--|
| P_{xy} | = Pergeseran titik pengamatan |
| $\text{Std } P_{xy}$ | = Standar deviasi P_{xy} |
| $\text{Std } dn_{xy}^2, \text{Std } de_{xy}^2$ | = standar deviasi komponen a dan e |
| T | = Besaran yang menunjukkan signifikansi pergeseran |
| Df | = Derajat kebebasan |
| α | = Level signifikansi yang digunakan |

df diasumsikan tak terhingga karena data yang diamati sangat banyak, oleh karena itu digunakan tabel *t-distribution* dengan selang kepercayaan 95% sehingga nilai dari $T > t_{df, \alpha / 2}$ adalah 1,960. Tabel berikut menunjukkan besar pergeseran yang terjadi di semua stasiun:

Tabel 4.2 Hasil uji statistik vektor pergeseran horizontal pengolahan titik ikat BPTK

| <i>Site</i> | dN (mm) | dE (mm) | Std N (mm) | Std E (mm) | P | Std P | T | <i>Friction</i> |
|-------------|------------|------------|---------------|---------------|--------|--------|--------|-----------------|
| BPTK | 2,94 | 8,72 | 1,08 | 4,05 | 9,5688 | 4,2504 | 2,2512 | Ya |
| DELS | -4,02 | -7,25 | 1,19 | 2,31 | 8,2899 | 2,5984 | 3,1903 | Ya |
| GRWH | -1,61 | 12,81 | 2,63 | 3,92 | 12,910 | 4,7205 | 2,7348 | Ya |
| KLAT | -2,49 | -5,38 | 1,22 | 2,57 | 5,9282 | 2,8448 | 2,0838 | Ya |

Dari hasil analisa vektor pergeseran diatas dapat disimpulkan bahwa stasiun GPS Gunung Merapi mengalami pergeseran dengan besaran seperti yang tertera pada tabel 4.1.

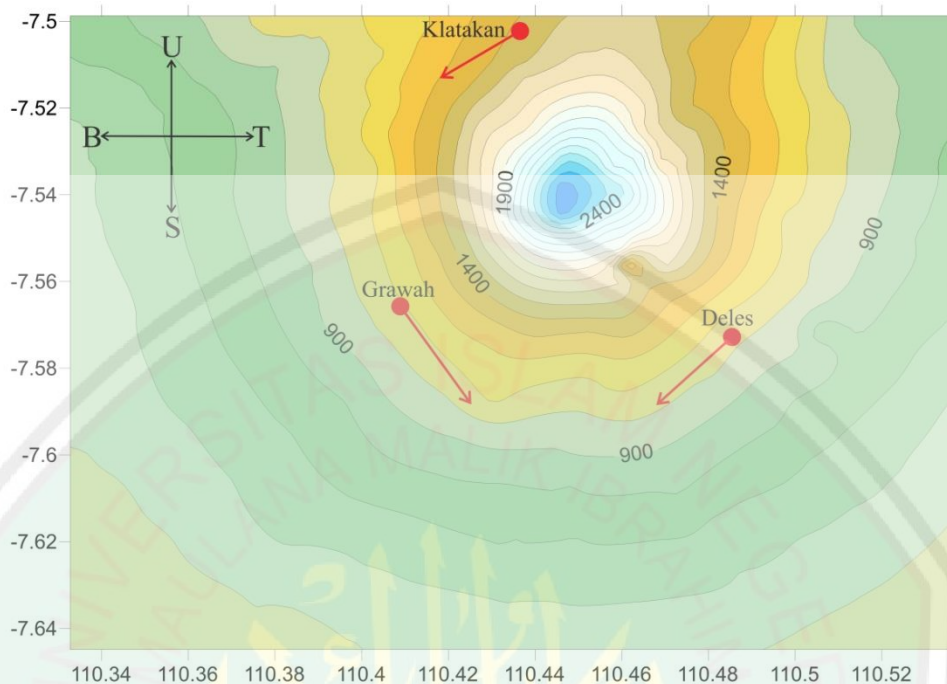
4.4 Analisa Deformasi

Pemantauan aktifitas gunungapi melalui metode deformasi dititik beratkan pada monitoring proses inflasi dan deflasi akibat perubahan tekanan dari dalam gunungapi. Proses perubahan badan gunungapi tersebut dapat terekam dengan

melihat perubahan jarak antar titik pengamat dengan titik ikat (*baseline*) dan perubahan tinggi setiap titik.

Selain perubahan panjang *baseline* aktifitas deformasi juga dapat ditunjukkan dengan perubahan tinggi titik setiap stasiun. Apabila perubahan condong ke arah positif maka dapat disimpulkan bahwa gunung tersebut mengalami inflasi, sedangkan apabila nilai perubahan condong ke arah negatif maka dapat disimpulkan bahwa gunung tersebut mengalami deflasi.

Tabel hasil pengamatan menunjukkan bahwa semua titik stasiun pemantauan Gunung Merapi mengalami gejala inflasi dengan arah pergeseran yang berbeda-beda. Stasiun DELS mengalami deformasi ke arah barat daya dengan inflasi sebesar 11,77 mm. Stasiun GRWH mengalami deformasi ke arah tenggara dengan inflasi sebesar 21,44 mm. Dan stasiun KLAT mengalami deformasi ke arah barat laut dengan inflasi yang paling kecil yaitu sebesar 2,35 mm.



Gambar 4.3 Arah pergeseran tanah Gunung Merapi Juli-Desember 2015

Gejala deformasi berupa inflasi paling besar yaitu pada daerah titik pemantauan stasiun GRWH, dimana pada stasiun tersebut merekam inflasi sebesar 21,44 mm dengan pergerakan magma ke arah tenggara. Sedangkan nilai deformasi paling kecil ditunjukkan oleh stasiun KLAT dengan nilai 2,35 mm. Dari data pemantauan aktifitas Gunung Merapi tersebut dapat diasumsikan bahwa pergerakan aktifitas magma di dalam Gunung Merapi dominan menuju ke arah selatan, magma dari dalam tubuh gunung mencoba keluar ke permukaan karena tekanan dari dalam sehingga terjadi inflasi pada tubuh gunung di bagian tersebut.

4.5 Gunungapi dalam Perspektif Al-Quran dan Hadis

Al-Quran merupakan sumber pedoman bagi agama Islam yang kebenarannya bersifat absolut dan mutlak, sehingga merupakan petunjuk abadi

dalam mengatur segala aktivitas dalam kehidupan manusia dan juga menjadi sumber ajaran, serta landasan utama bagi sebuah pemikiran dan peradaban Islam. al-Quran memberikan pengetahuan bagi manusia yang senantiasa membaca dan memahami kandungannya agar dapat mengantar dan memberikan petunjuk kepada manusia mengenai bencana yang ada di bumi seperti halnya bencana yang diakibatkan oleh gunungapi.

Gunungapi merupakan tempat keluarnya magma atau material lain dari dalam perut bumi ke permukaan bumi membentuk suatu kerucut raksasa dan saat dilihat biasanya berbentuk kubah atau bukit yang biasa disebut dengan kawah dan kadang-kadang kawah tersebut terisi air membentuk suatu danau. Gunung diciptakan mempunyai tujuan sebagai peminimalisir pergerakan lempeng-lempeng bumi. Apabila gunung tidak ada, dengan kuasa Allah SWT bumi tidak akan bertahan karena besarnya gempa yang terjadi dan tidak akan terbentang dengan baik. Surah an-Naba' [78]:6-7 yang mengungkapkan pesan gunung sebagai "pasak";

وَالْجِبَالِ أَوْتَادًا ۖ وَخَلَقْنَاكُمْ أَزْوَاجًا ۖ

"Bukankah Kami telah menjadikan bumi sebagai hamparan?, dan gunung-gunung sebagai pasak?" (an-Naba' [78]:6-7).

Dengan kata lain, gunung-gunung menggenggam lempengan-lempengan kerak bumi dengan memanjang ke atas dan ke bawah permukaan bumi pada titik-titik pertemuan lempengan-lempengan ini. Dengan cara ini, mereka memancang kerak bumi dan mencegahnya dari terombang-ambing di atas lapisan magma atau di antara lempengan-lempengannya. Sehingga adanya

gunungapi dapat menolong makhluk hidup yang ada di bumi dari pergerakan lempeng yang ada di bawah permukaan. Peran penting gunungapi juga sudah ditemukan oleh para pakar ilmu geologi dan gempa yang sudah dinyatakan dalam al-Quran berabad-abad lampau sebagai suatu bukti hikmah Maha Agung dalam ciptaan-Nya.

Struktur bumi dapat diketahui dari lapisan kerak bumi, sedangkan dari lapisan atas kerak bumi dapat dilihat bentuk bumi berupa pegunungan, gunungapi, samudera, dataran dan lain-lain. Al-Quran di atas sangat jelas menjelaskan bahwa gunung mempunyai peran dan fungsi sebagai pasak atau penyeimbang bumi yang berasal dari bagian tujuh lapis bumi yaitu kerak bumi. Gunung yang menancap dalam lapisan batu karang bumi dan mengapung pada zona lemah bumi berfungsi mengurangi kerasnya goyangan bumi dan menjadikan gerakannya lebih lancar (El-Naggar, 2010).

Gunung-gunung yang ada muncul sebagai hasil pergerakan dan tumbukan dari lempeng-lempeng raksasa yang membentuk kerak bumi. Tumbukan antara dua lempeng menyebabkan salah satunya menunjam ke bawah dan menimbulkan adanya gesekan (panas) yang menghasilkan batuan cair atau magma. Magma yang ada akan naik ke permukaan yang memiliki tekanan rendah mengisi kekosongan ruang dan membentuk suatu gunungapi.

Allah SWT berfirman dalam surah an-Naml [27]:88;

وَتَرَى الْجِبَالَ تَحْسِبُهَا جَامِدَةً وَهِيَ تَمُرُّ مَرَّ السَّحَابِ ۗ صُنِعَ اللَّهُ الَّذِي الَّذِي أَتَقَنَ كُلَّ شَيْءٍ إِنَّهُ خَيْرٌ بِمَا تَفْعَلُونَ ﴿٨٨﴾

“Dan kamu lihat gunung-gunung itu, kamu sangka dia tetap ditempatnya, padahal ia berjalan sebagai jalannya awan. (Begitulah) perbuatan Allah yang membuat dengan kokoh tiap-tiap sesuatu; Sesungguhnya Allah Maha Mengetahui apa yang kamu kerjakan” (an-Naml [27]: 88).

Allah SWT menyampaikan firman-Nya sebagai petunjuk atau tanda-tanda dengan kata kiasan yang memiliki makna luas. Kata (تمر) digunakan dalam arti guncangan dan bergetar, sedang langit tetap pada tempatnya. (المر) pada asalnya berarti bolak-balik, pulang pergi dan kadang diartikan berjalan (Mushthafa, 1989).

Berdasarkan tafsir tersebut, ayat di atas menjelaskan bahwa gunung-gunung memang tidak diam di tempat, tetapi berjalan seperti jalannya awan. Hanya karena kita bersama-sama dengan gunung-gunung berada di atas lempeng bumi dan adanya pengaruh gaya gravitasi menyebabkan kita sulit merasakan dan melihat pergerakannya. Awan tidak bergerak sendiri, tetapi digerakkan oleh angin. Seperti lempeng samudera dan benua yang bergerak karena adanya aliran konveksi magma di bawah lapisan litosfer bumi.

Tidak seperti gunung-gunung yang lainnya, Gunung Merapi dikenal sebagai gunung paling aktif di Indonesia. Hal tersebut bisa dibuktikan dengan aktifitas vulkanik yang bekerja setiap harinya sehingga permukaan tanah disekitar gunung selalu mengalami pergerakan. Pemantauan khusus diberikan untuk gunung Merapi dengan berbagai macam metode, karena Gunung Merapi memiliki karakteristik magma dan juga material letusan yang berbeda dengan gunung yang lain.

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang sudah dilakukan dapat disimpulkan bahwa aktifitas Gunung Merapi pada periode Juli-Desember 2015 mengalami gejala deformasi berupa pergeseran dan kenaikan permukaan tanah. Diketahui pergeseran dari setiap stasiun-stasiun pengamat yaitu stasiun DELS mengalami pergeseran sebesar -4,02 mm dan -7,25 mm menuju ke arah barat daya dengan inflasi sebesar 11,77 mm. Stasiun GRWH mengalami pergeseran sebesar -1,61 mm dan 12,81 mm menuju ke arah tenggara dengan inflasi sebesar 12,46 mm. Dan stasiun KLAT mengalami pergeseran sebesar -2,49 mm dan -5,38 mm menuju ke arah barat laut dengan inflasi sebesar 2,35 mm. Sehingga bisa diasumsikan bahwa aktivitas magma pada tubuh Gunung Merapi dominan bergerak menuju ke arah selatan.

5.2 Saran

Perlu dilakukan komparasi antara metode GPS dengan metode yang lain agar aktivitas magma di tubuh Gunung Merapi dapat diprediksi secara tepat.

DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, H.Z. 2000. *Penentuan Posisi dengan GPS dan Aplikasinya*. Jakarta: Pradnya Paramita.
- Abidin, H.Z. 2002. *Survei dengan GPS. Cetakan Kedua*. Jakarta: Pradnya Paramita.
- Abidin, H.Z. 2007. *Penentuan Posisi dengan GPS dan Aplikasinya*. Edisi Ketiga. Jakarta: PT. Pradnya Paramita.
- Aisyah, Nuraning. 2013. *Kombinasi Model Mogi dan Yokoyama untuk Estimasi Lokasi Sumber Tekanan dan Volume Suplai Magma Gunung Merapi Periode 2011-2013*. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.
- Al-Qur'an. 2006. *Al-Qur'an dan Terjemahannya*. Cirebon: PT. Karya Toha Putra.
- Balai Penyelidikan dan Pengembangan Teknologi Kebencanaan Geologi (BPPTKG). 2013. <http://www.merapi.blg.esdm.go.id/index.php>. Diakses pada tanggal 16 April 2018.
- Bahlefi, A.R. 2013. *Analisis Deformasi Gunung Merapi Tahun 2012 Dari Data Pengamatan GPS*. Semarang: Universitas Diponegoro.
- Bemmelen, Van. R.W. 1949. *The Geology of Indonesia*, Martinus Nyhoff, The Haque. Nederland.
- Berthommier, P. 1990. *Etude Vulkanologique du Merapi, Tephrostratigraphie et Cronologie Product Eruptifs, These Universite Blaise Pascal, Clermont-Ferrand II, U.F.R de Recherche Scientifique et Thecnique*.
- El-Naggar, Zaghoul. 2010. *Selekta Dari Tafsir Ayat-Ayat Kosmos dalam Al-Quran Al-Karim Jilid 3*. Jakarta: Shorouk International Bookshop.
- Ghilani, C. D. & Wolf, P. R. 2006. *Adjustment Computations*. 4th. New Jersey. Canada: John Wiley & Sons.
- Hamilton, W. 1979. *Tectonics of the Indonesian region*. United States Geological Survey Professional Paper, p. 1078.
- Hasanuddin, dkk. 2006. *Karakteristik Deformasi Gunungapi dalam Periode 2002-2005 Hasil Estimasi Metode Survei GPS*. Vol. 39 A, No. 1&2. Bandung: ITB.
- Kusumayudha. 1988. *Laporan Tahunan P3G 1980/1981*. Indonesia.

- Koesoemadinata. 1979. *Data Dasar Gunungapi Indonesia*. Direktorat Vulkanologi, *Vulcanological Survey of Indonesia*.
- Muafiry, I.N. 2015. *Analisis Deformasi Akibat Gempa Bumi Kepulauan Mentawai Menggunakan Pengamatan GPS Kontinyu (Studi Kasus: Gempa Mentawai Tahun 2008)*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Musthafa, Ahmad Al-Maraghi. 1989. *Tafsir Al-Maraghiy*. Semarang: Tohaputra.
- Nandi. 2006. *Vulkanisme*. Bandung: Universitas Pendidikan Indonesia.
- Purbawinata, M.A. Ratdomopurbo, A., Sinulingga, I.K., S., Suharno. 1997. *Merapi Vulcano A Guide Book*. Yogyakarta. Direktorat Vulkanologi, Balai Penyelidikan dan Pengembangan Teknologi Kegunungapian.
- Purnomo. 2015. *Analisis Regangan dan Kecepatan Deformasi Gunung Merapi Tahun 2015*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi (PVMBG). 2013. *Data Dasar Gunungapi Indonesia*. Bandung: Departement Energi dan Sumber Daya Mineral. Badan Geologi, Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi.
- Ratdomopurbo, A. Andreastuti, S. 2000. *Evolusi 100 Tahun Morfologi Merapi Abad XX. Direktorat Vulkanolog*. Yogyakarta. Balai Penyelidikan dan Pengembangan Teknologi Kegunungapian.
- Riduwan. Sunarto. 2007. *Pengantar Statistika Untuk Penelitian Pendidikan, Sosial, Ekonomi, dan Bisnis*. Bandung: Alfabeta.
- Reksowirogo, L.D. 1974. *Data Dasar Gunung Api Indonesia*. Bandung: Pusat Sumber Daya Geologi.
- Safi'i, A. N. 2014. *Analisis Ketelitian Titik Kontrol Horisontal Pada Pengukuran Deformasi Jembatan Penggaron Menggunakan Software Gamit 10.5*. Semarang: Universitas Diponegoro.
- Sambodo. 2012. <https://endrosambodo1984.wordpress.com/2012/04/19/ring-of-fire-apakah-itu/>. Diakses pada tanggal 5 September 2017.
- Sarkowi, M. 2010. *Interpretasi Struktur Bawah Permukaan Gunung Merbabu-Merapi Berdasarkan Pemodelan 3D Anomali Baougeur*. Jurnal Berkala Fisika Volume 13.
- Sari, S. 2007. *Sistem Pemantauan Gunung Api dan Bencana Geologi: Analisis Deformasi Gunung Kelut Berdasarkan Data Tilt Tahun 2006 sampai*

Februari 2007 Sebagai Studi Kasus. Purwokerto: Universitas Jendral Soedirman.

Singh, S. J. & Mal, A. K. 1991. *Deformation of Elastic Solids.* New Jersey: Prentice-Hall.

Sudjana. 2002. *Metode Statistika.* Bandung: Trasiito.

Suyanto, I. 2012. *Pemodelan Bawah Permukaan Gunung Merapi dari Analisis Data Magnetik dengan Menggunakan Software Geosoft.* Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.

Telford, W. Geldart, L. and Sheriff, R. 1990. *Applied Geophysics edisi kedua.* New York: Cambridge University Press.

Young, 2011. *Fisika Universitas.* Jakarta: Erlangga.

Yuandhika. 2016. *Pemodelan Deformasi Gunung Merapi dengan Pemodelan Yokoyama Menggunakan Data GPS.* Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

The logo is a shield-shaped emblem with a light green background and a white border. It features the text "UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM" in a circular arrangement at the top and "PUSAT PERPUSTAKAAN" at the bottom. In the center, there is a yellow calligraphic design. Overlaid on the logo is the word "LAMPIRAN" in a large, bold, black serif font.

LAMPIRAN

LAMPIRAN 1

Langkah Pemrosesan Data Menggunakan GAMIT/GLOBK

Contoh File Rinex

```

2.11 OBSERVATION DATA G (GPS) RINEX VERSION / TYPE
teqc 2017Sep1 20180328 00:50:22UTC PGM / RUN BY / DATE
KLAT MARKER NAME
KLAT MARKER NUMBER
1703202 LEICA GR10 3.03/6.214 OBSERVER / AGENCY
13110041 LEIAR10 NONE REC # / TYPE / VERS
-2208191.6509 5927409.5265 -830794.1808 ANT # / TYPE
0.0000 0.0000 0.0000 APPROX POSITION XYZ
1 1 ANTENNA: DELTA H/E/N
4 C1 L1 P2 L2 WAVELENGTH FACT L1/2
1.0000 # / TYPES OF OBSERV
17 INTERVAL
Linux2.4.20-8|x86|gcc|Win32-MinGW32|=+ LEAP SECONDS
SPIDER V5,0,0,5621 2015 10 14 04:28 COMMENT
BIT 2 OF LLI FLAGS DATA COLLECTED UNDER A/S CONDITION COMMENT
SNR is mapped to RINEX snr flag value [1-9] COMMENT
LX: <= 25dBHz -> 1; 26-27dBHz -> 2; 28-31dBHz -> 3 COMMENT
32-35dBHz -> 4; 36-38dBHz -> 5; 39-41dBHz -> 6 COMMENT
42-44dBHz -> 7; 45-48dBHz -> 8; >= 49dBHz -> 9 COMMENT
2015 10 10 0 0 0.0000000 GPS TIME OF FIRST OBS
END OF HEADER

15 10 10 0 0 0.0000000 0 11G01G03G04G06G07G09G11G17G19G23G30
21356139.660 112227267.896 8 21356140.020 87449810.83347
21979786.000 115504573.942 8 21979786.020 90003585.52148
23274887.540 122310386.968 7 23274886.380 95306798.21545
24025925.840 126257089.173 7 24025926.320 98382142.50645
20317250.640 106767859.082 9 20317247.020 83195724.01248
22131221.000 116300352.017 8 22131219.880 90623634.84647
22463400.400 118045932.703 8 22463396.900 91983831.92745
23931387.760 125760266.876 7 23931385.140 97994991.68746
23948353.200 125849411.609 7 23948349.240 98064448.08045
22879667.040 120233462.172 7 22879662.700 93688399.42946
22655526.720 119055596.150 8 22655526.200 92770576.97947
15 10 10 0 0 1.0000000 0 11G01G03G04G06G07G09G11G17G19G23G30
21356631.060 112229850.215 8 21356631.420 87451823.02848
21979706.800 115504157.730 8 21979706.820 90003261.20248
23275539.160 122313811.254 7 23275537.980 95309466.49444
24025319.400 126253902.235 6 24025319.880 98379659.17245
20316920.500 106766124.166 9 20316916.880 83194372.12848
    
```

Contoh file h-file

```

Earth orientation data
EOP time : 2015 7 1 11 59 45.000
UT1(sec) & rate(sec/day) : -35.676937 -0.000602
X pole(asec) & rate(asec/day) : 0.142858 0.001422
Y pole(asec) & rate(asec/day) : 0.447740 -0.000787
Delta-psi(asec) & rate(asec/day) : 1.982950 0.000000
Delta-eps(asec) & rate(asec/day) : -9.878097 0.000000
Total parameters: 266 Live parameters: 166
Prefit nrms: 0.37694E+00 Postfit nrms: 0.24262E+00

Label (units) a priori adjustment
1*BPTK GEOC LAT rad -0.1351987091404309 -0.30871870446827070-07
2*BPTK GEOC LONG rad 1.9265710983507922 -0.32426225383810000-07
3*BPTK RADIUS km 6377.9047224492705936 -0.37611358796849870-02
4*DELS GEOC LAT rad -0.1312091409829117 -0.28168194736694420-07
5*DELS GEOC LONG rad 1.9279726457929407 -0.31626789986406210-07
6*DELS RADIUS km 6379.2194886596835204 -0.37597622772200930-02
7*GRWH GEOC LAT rad -0.1304083709505936 -0.27144639184839830-07
8*GRWH GEOC LONG rad 1.9277425946273421 -0.37079935786763460-07
9*GRWH RADIUS km 6379.8379068164967975 -0.37643867902053120-02
10*KLAT GEOC LAT rad -0.1305956901997604 -0.27451302737614350-07
11*KLAT GEOC LONG rad 1.9274078550465372 -0.33329133312053630-07
12*KLAT RADIUS km 6379.7153980891234824 -0.37643818628188460-02
13*BPTK ATMZEN m 2.4309604674395722 0.69147655797492550-01
14*DELS ATMZEN m 2.0556589783329300 0.34733816701438280-01
15*GRWH ATMZEN m 1.9018027058885800 0.13413505448973430-01
16*KLAT ATMZEN m 1.9311317386204645 0.21540848565956990-01

Covariance matrix:
1. 0.52967917932341530-12
2. -0.26912526801242270-13 0.43261427643213920-12
3. 0.84361016681723140-11 0.80607340681828190-11 0.22153386119155860-04
4. 0.52960095241789320-12 -0.26819497215403240-13 -0.84946809184561120-11 0.52953755361774270-12
5. -0.27143375326701930-13 0.43234331836857320-12 0.19973403279042250-11 -0.27044606126610740-13 0.43210794479778550-12
6. 0.29860033628702490-10 0.10665353454759820-10 0.22147542358736190-04 0.12906134529432070-10 0.45224063197716900-11
0.22144977453794430-04
7. 0.52953142275054930-12 -0.26836785977445070-13 -0.11923141690505020-10 0.52946923804476460-12 -0.27062103520592170-13
0.94981216531170580-11 0.52940373050095510-12
8. -0.27150704882388380-13 0.43219600628901260-12 0.31832750614848230-11 -0.27054059631617510-13 0.43193145188694920-12
0.57121977148479850-11 -0.27070815727982650-13 0.43180457940776950-12
    
```

Control Files GAMIT/GLOBK

File station.info

```

# Station.info written by MSTINF user user on 2018-04-06 05:17
* Reference file : station.info
*
*
*SITE Station Name Session Start Session Stop Ant Ht HtCod Ant N Ant E Receiver Type Vers
SWVer Receiver SN Antenna Type Dome Antenna SN
BPTK BPTK 2015 182 0 0 2015 182 23 59 59 0.0000 DHARP 0.0000 0.0000 LEICA GR10 2.62/6.112
0.00 1700158 LEIAR10 NONE
BPTK BPTK 2015 183 0 0 2015 183 23 59 59 0.0000 DHARP 0.0000 0.0000 LEICA GR10 2.62/6.112
0.00 1700158 LEIAR10 NONE
BPTK BPTK 2015 184 0 0 2015 184 23 59 59 0.0000 DHARP 0.0000 0.0000 LEICA GR10 2.62/6.112
0.00 1700158 LEIAR10 NONE
BPTK BPTK 2015 185 0 0 2015 185 23 59 59 0.0000 DHARP 0.0000 0.0000 LEICA GR10 2.62/6.112
0.00 1700158 LEIAR10 NONE
BPTK BPTK 2015 186 0 0 2015 186 23 59 59 0.0000 DHARP 0.0000 0.0000 LEICA GR10 2.62/6.112
0.00 1700158 LEIAR10 NONE
BPTK BPTK 2015 187 0 0 2015 187 23 59 59 0.0000 DHARP 0.0000 0.0000 LEICA GR10 2.62/6.112
0.00 1700158 LEIAR10 NONE
BPTK BPTK 2015 188 0 0 2015 188 23 59 59 0.0000 DHARP 0.0000 0.0000 LEICA GR10 2.62/6.112
0.00 1700158 LEIAR10 NONE
BPTK BPTK 2015 189 0 0 2015 189 23 59 59 0.0000 DHARP 0.0000 0.0000 LEICA GR10 2.62/6.112
0.00 1700158 LEIAR10 NONE
BPTK BPTK 2015 190 0 0 2015 190 23 59 59 0.0000 DHARP 0.0000 0.0000 LEICA GR10 2.62/6.112
0.00 1700158 LEIAR10 NONE
BPTK BPTK 2015 191 0 0 2015 191 23 59 59 0.0000 DHARP 0.0000 0.0000 LEICA GR10 2.62/6.112
0.00 1700158 LEIAR10 NONE
BPTK BPTK 2015 192 0 0 2015 192 23 59 59 0.0000 DHARP 0.0000 0.0000 LEICA GR10 2.62/6.112
0.00 1700158 LEIAR10 NONE
BPTK BPTK 2015 193 0 0 2015 193 23 59 59 0.0000 DHARP 0.0000 0.0000 LEICA GR10 2.62/6.112
0.00 1700158 LEIAR10 NONE
BPTK BPTK 2015 194 0 0 2015 194 23 59 59 0.0000 DHARP 0.0000 0.0000 LEICA GR10 2.62/6.112
0.00 1700158 LEIAR10 NONE
BPTK BPTK 2015 195 0 0 2015 195 23 59 59 0.0000 DHARP 0.0000 0.0000 LEICA GR10 2.62/6.112
0.00 1700158 LEIAR10 NONE
BPTK BPTK 2015 196 0 0 2015 196 23 59 59 0.0000 DHARP 0.0000 0.0000 LEICA GR10 2.62/6.112
0.00 1700158 LEIAR10 NONE
BPTK BPTK 2015 197 0 0 2015 197 23 59 59 0.0000 DHARP 0.0000 0.0000 LEICA GR10 2.62/6.112
0.00 1700158 LEIAR10 NONE
BPTK BPTK 2015 198 0 0 2015 198 23 59 59 0.0000 DHARP 0.0000 0.0000 LEICA GR10 2.62/6.112
0.00 1700158 LEIAR10 NONE
    
```

File lfile

| | | | | | | | |
|----------|---------------|--------------|--------------|--------|--------|--------|-----------|
| bptk_GPS | -2201251.4747 | 5923927.8376 | -859655.2613 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 2015.4983 |
| dels_GPS | -2211188.8792 | 5925224.0927 | -834612.0810 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 2015.4983 |
| grwh_GPS | -2210273.2670 | 5926929.4597 | -829628.9615 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 2015.4983 |
| gwrh_GPS | -2210273.2670 | 5926929.4597 | -829628.9615 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 2015.4983 |
| klat_GPS | -2208191.6509 | 5927409.5265 | -830794.1808 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 2015.4983 |

File sittbl

```

SITE          FIX    --COORD.CONSTR.--
<< default for regional stations >>
ALL           NNN    100.  100.  100.
<< IGS core stations >>
BPTK BPTK_GPS  NNN    0.050 0.050  0.05
DELS DELS_GPS  NNN          99  99  99
GRWH GRWH_GPS  NNN          99  99  99
KLAT KLAT_GPS  NNN          99  99  99
VILL VILL_GPS  NNN    0.050 0.050  0.05
MAS1 MAS1_GPS  NNN    0.050 0.050  0.05
FORT FORT_GPS  NNN    0.050 0.050  0.05
BRAZ BRAZ_GPS  NNN    0.050 0.050  0.05
KOUR KOUR_GPS  NNN    0.050 0.050  0.05
OHIG OHIG_GPS  NNN    0.050 0.050  0.05
BRMU BRMU_GPS  NNN    0.050 0.050  0.05
THU1 THU1_GPS  NNN    0.050 0.050  0.05
SANT SANT_GPS  NNN    0.050 0.050  0.05
AREQ AREQ_GPS  NNN    0.050 0.050  0.05
WES2 WES2_GPS  NNN    0.050 0.050  0.05
GODE GODE_GPS  NNN    0.050 0.050  0.05
ALGO ALGO_GPS  NNN    0.050 0.050  0.05
NLIB NLIB_GPS  NNN    0.050 0.050  0.05

```

File sites.defaults

```

# File to control the use of stations in the processing
#
# Format: site expt keyword1 keyword2 ...
#
# where the first token is the 4- or 8-character site name (GAMIT uses only
# 4 characters, GLOBK allows only 4 unless there are earthquakes or renames),
# the second token is the 4-character experiment name, and the remaining
# tokens, read free-format, indicate how the site is to be used in the processing.
# All sites for which there are RINEX files in the local directory will be used
# automatically and do not need to be listed.
#
# ftpnrx = sites to ftp from rinex data archives.
# ftpraw = sites to ftp from raw data archives.
# localrx = site names used to search for rinex files on your local system.
#          (required in conjunction with rnxwnd path variable set in process.defaults).
# xstinfo = sites to exclude from automatic station.info updating.
# xsite   = sites to exclude from processing, all days or specified days
#
# Replace 'expt' with your experiment name and edit the following to list sites needed from external archive
all_sites 2015 xstinfo
bptk_gps 2015 localrx xstinfo
dels_gps 2015 localrx xstinfo
grwh_gps 2015 localrx xstinfo
klat_gps 2015 localrx xstinfo
# templates for removing sites
ttth_gps expt xsite:1999_256-1999_278 qlreps xsite:1999_300-1999_365

```

File globk.cmd

```

* GLOBK command file to generate daily time series and to combine
* h-files over 2 to 30 days.

* For combination, set COMB as a globk command-line option to
* invoke the saving of the output h-file

* Last edited by rwk 130701

* << column 1 must be blank if not comment >>

* This group of commands must appear before any others:
srt_file @.srt
srt_dir +1
eq_file ~/gg/tables/IGS08_disc.eq
# Optionally add a second eq_file for analysis-specific renames
* End commands that must appear first

* ITRF2008 augmented by now-defunct sites and recent IGS solutions;
# matched to itr08_comb.eq
apr_file ~/gg/tables/lfile.apr
# Optionally add additional apr files for other sites
x ../tables/apr_file regional.apr

* Set maximum chi2, prefit coordinate difference (m), and rotation (mas) for an h-file to be used;
max_chi1 13 3 100
# increase tolerances to include all files for diagnostics
x max_chi 100 5.0 20000

# Not necessary unless combining h-files with different a priori EOP
in_pmu ../tables/pmu.usno

* Invoke glorg
org_cmd glorg_comb.cmd

* Print file options
crt_opt NOPR
prt_opt NOPR GDLF CMDS MIDP BLEN UTM
org_opt PSUM CMDS GDLF MIDP FIXA RNRP BLEN UTM
# sh_glred will name the glorg print files
x org_out globk_comb.org

```

File glorg.cmd

```

* Glorg command file for daily repeatabilities or combinations

* Last edited by rwk 130701

* Parameters to be estimated
pos_org xtran ytran ztran xrot yrot zrot
# or if translation-only
x pos_org xtran ytran ztran

* Downweight of height relative to horizontal (default is 10)
# Heavy downweight if reference frame robust and heights suspect
x cnd_hgt 1000

* Controls for removing sites from the stabilization
# Vary these to make the stabilization more robust or more precise
stab_it 4 0.8 3.0
x stab_it 4 0.5 4.0

* A priori coordinates
# ITRF2008 may be replaced by an apr file from a priori velocity solution
apr_file ../gg/tables/lfile.itrf08.apr
x apr_file ../../tables/regional.apr

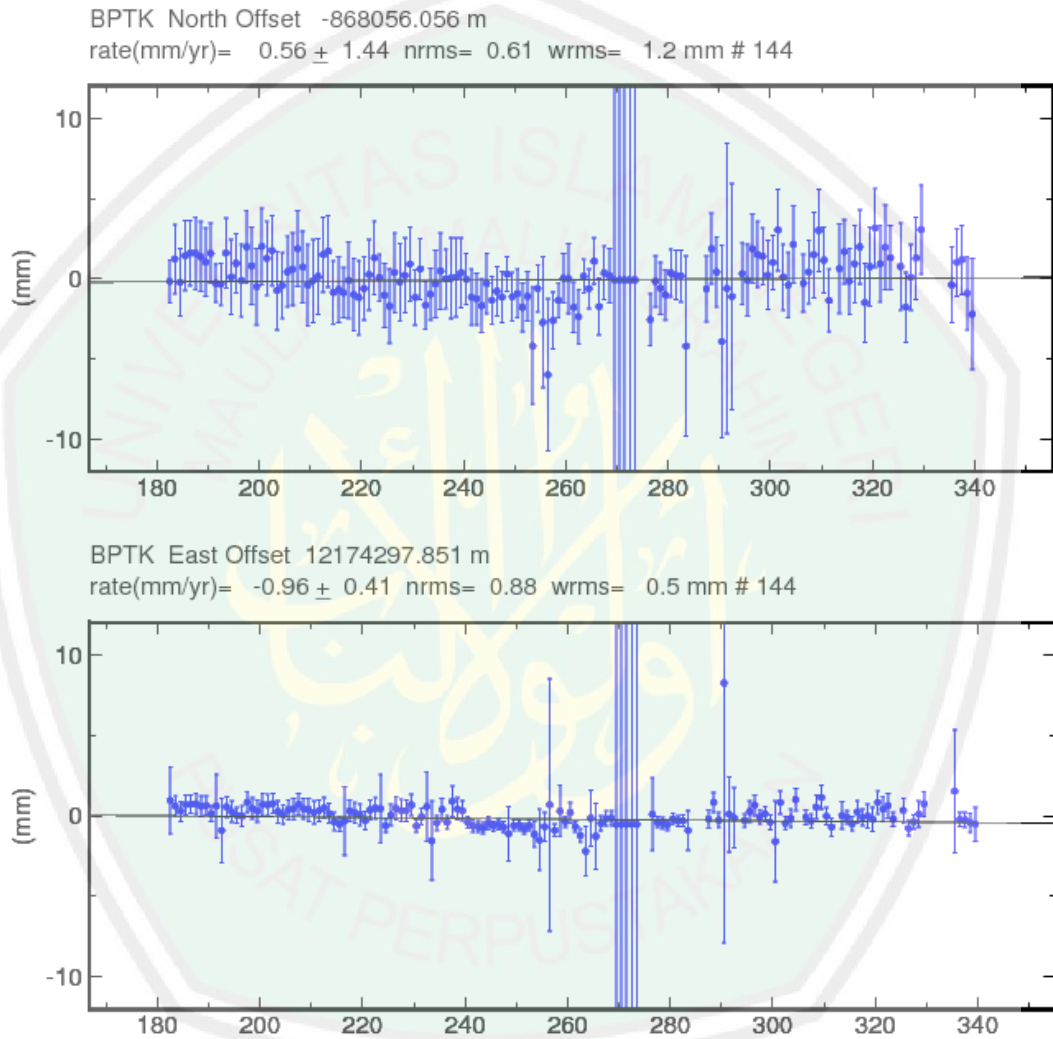
* List of stabilization sites
# This should match the well-determined sites in the apr_file
stab_site clear
stab_site bptk dels grwh klat|
x source ../../tables/regional_stab_site

```

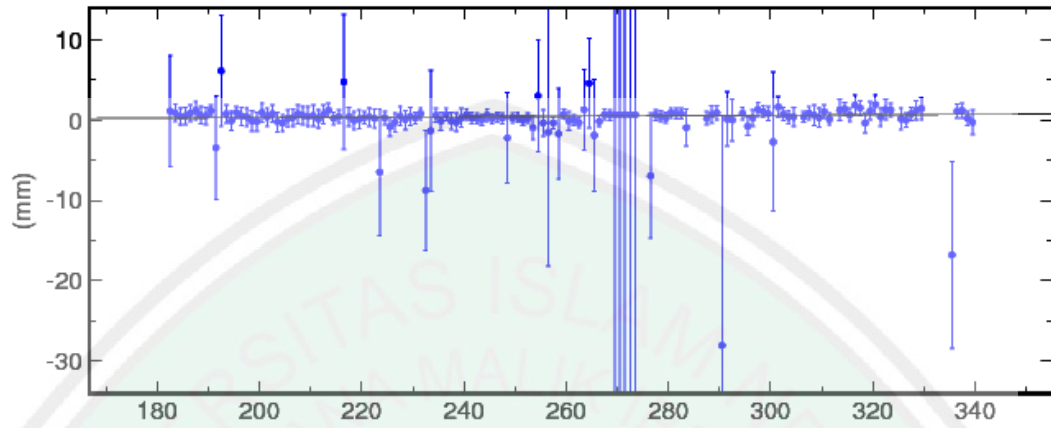
LAMPIRAN 2

Plot Time Series Stasiun Pengamat Perhari Periode Juli-Desember 2015

Stasiun Pengamatan BPTK Juli-Desember 2015

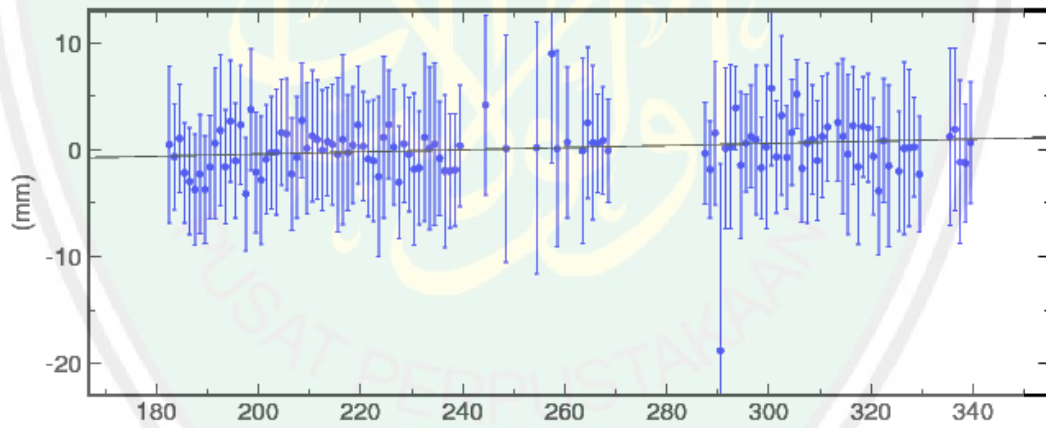


BPTK Up Offset 158.158 m
rate(mm/yr)= 1.07 ± 0.71 nrms= 0.54 wrms= 0.5 mm # 144

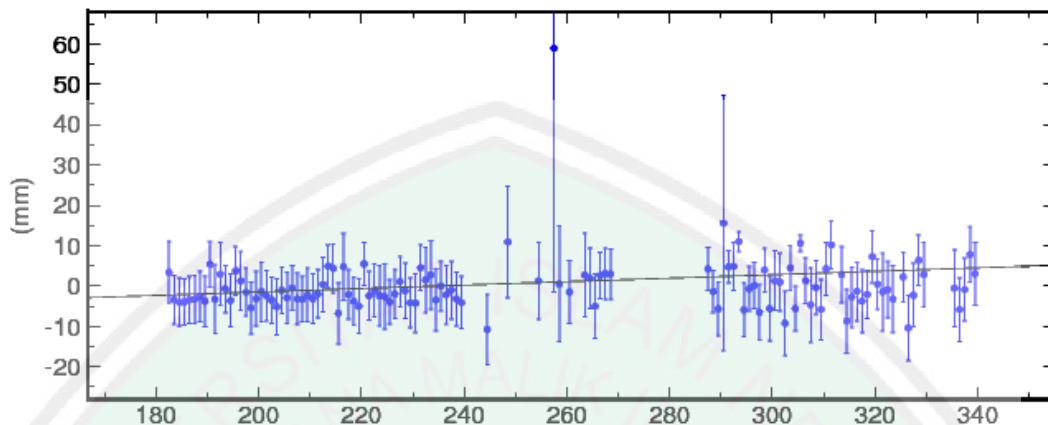


Stasiun Pengamatan DELS Juli-Desember 2015

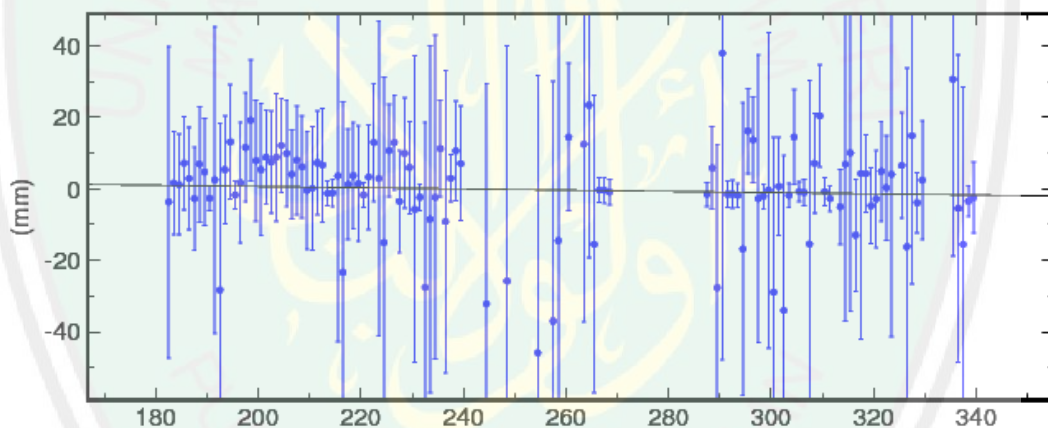
DELS North Offset -842443.531 m
rate(mm/yr)= 3.68 ± 3.87 nrms= 0.36 wrms= 2.1 mm # 116



DELS East Offset 12189730.901 m
 rate(mm/yr)= 15.58 ± 4.30 nrms= 0.82 wrms= 5.1 mm # 116

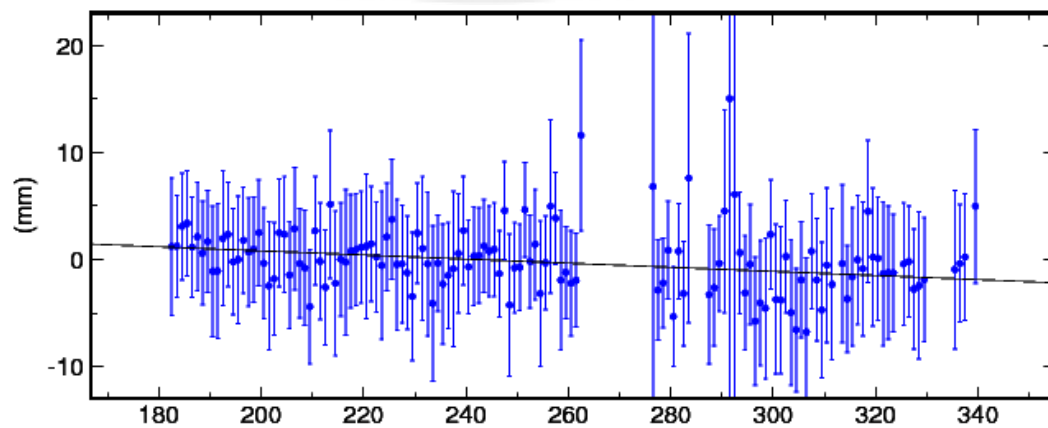


DELS Up Offset 1450.352 m
 rate(mm/yr)= -6.22 ± 5.91 nrms= 0.51 wrms= 3.9 mm # 116

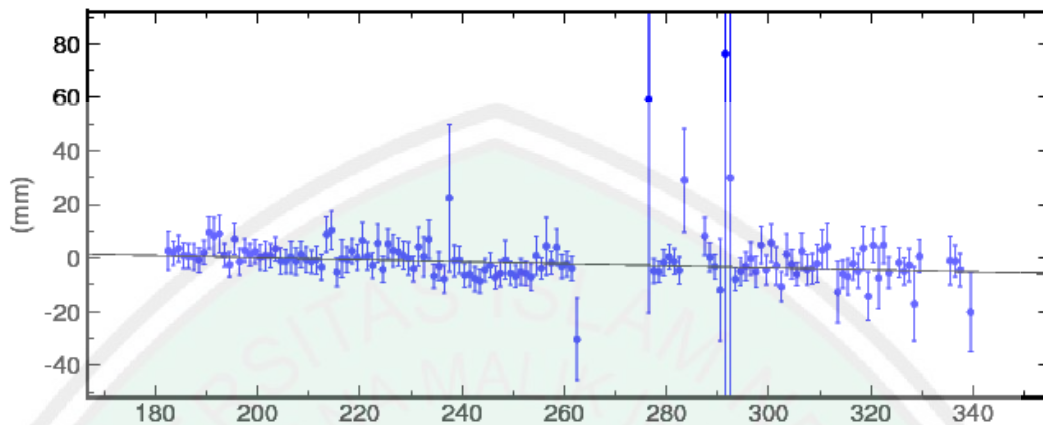


Stasiun Pengamatan GRWH Juli-Desember 2015

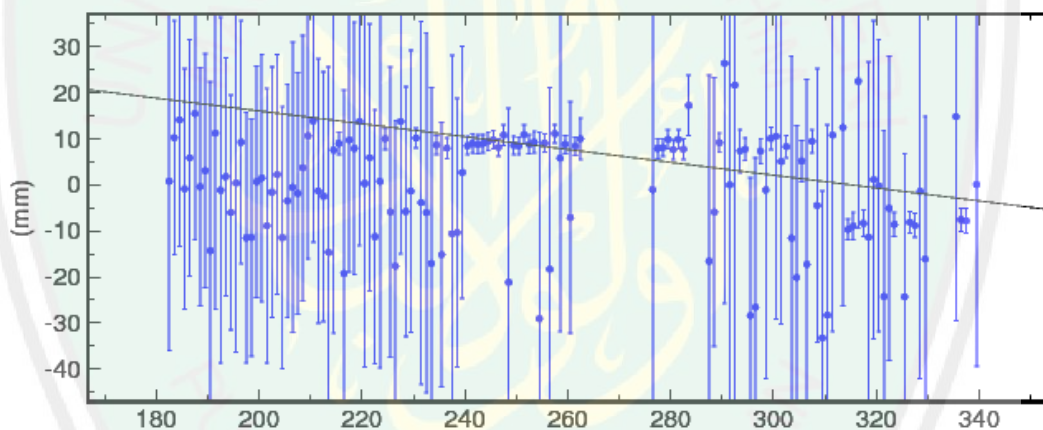
GRWH North Offset -837302.340 m
 rate(mm/yr)= -7.01 ± 3.91 nrms= 0.42 wrms= 2.3 mm # 134



GRWH East Offset 12189648.624 m
 rate(mm/yr)= -13.93 ± 3.97 nrms= 0.75 wrms= 4.1 mm # 134

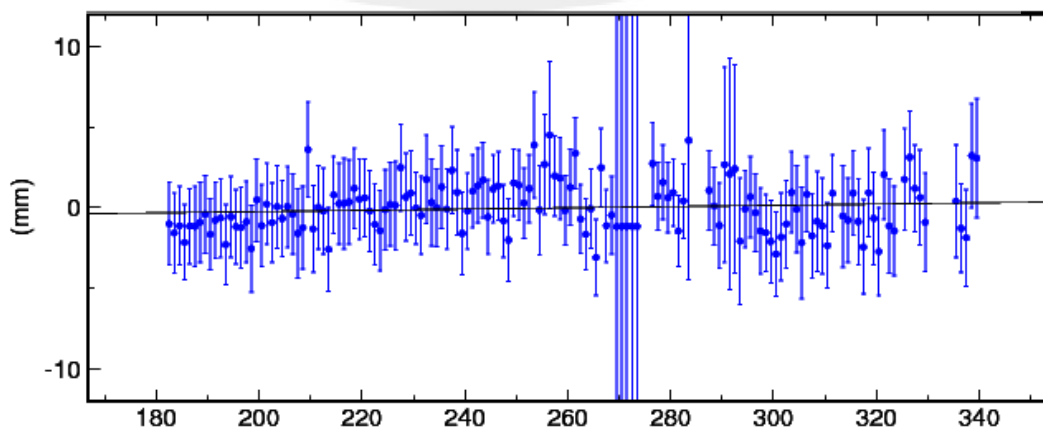


GRWH Up Offset 2064.313 m
 rate(mm/yr)= -50.84 ± 3.89 nrms= 1.16 wrms= 4.4 mm # 134

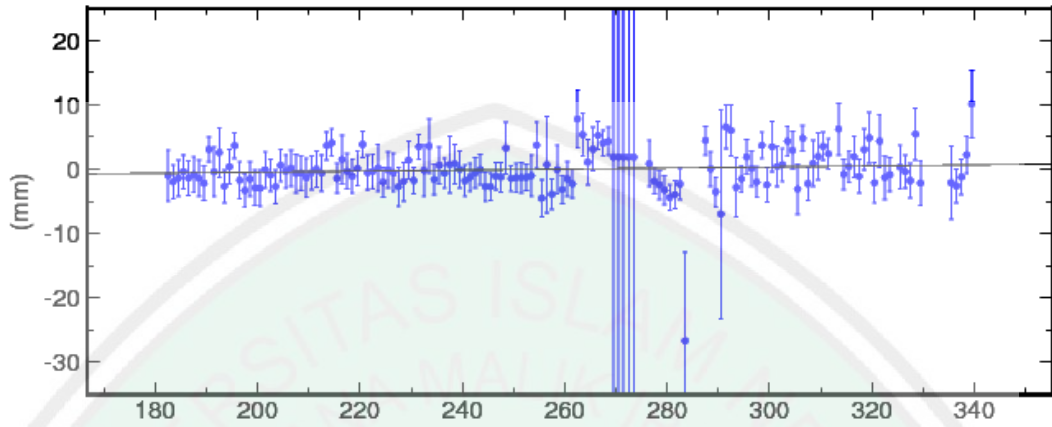


Stasiun Pengamatan KLAT Juli-Desember 2015

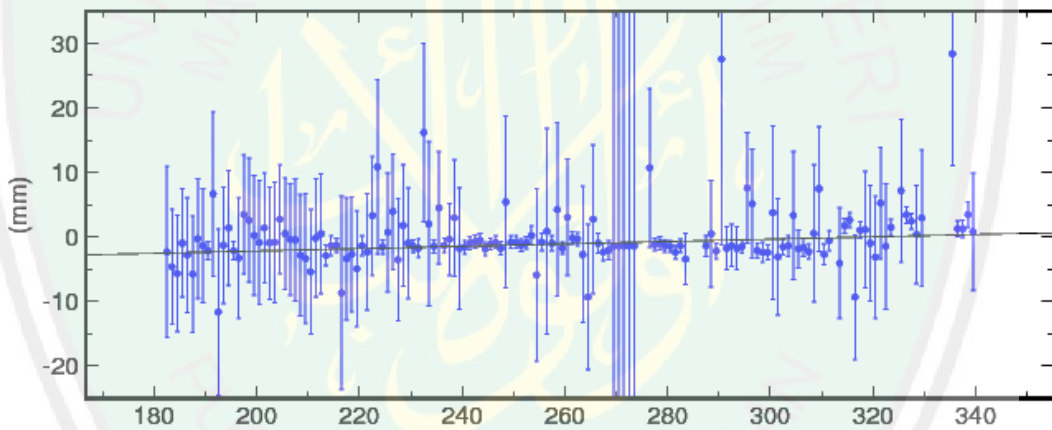
KLAT North Offset -838504.968 m
 rate(mm/yr)= -1.42 ± 1.80 nrms= 0.55 wrms= 1.4 mm # 146



KLAT East Offset 12187209.929 m
rate(mm/yr)= 2.95 ± 1.90 nrms= 0.98 wrms= 2.7 mm # 146



KLAT Up Offset 1942.849 m
rate(mm/yr)= 6.68 ± 1.58 nrms= 0.72 wrms= 1.3 mm # 146





**KEMENTERIAN AGAMA RI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI (UIN)
MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI**

Jl. Gajayana No. 50 Dinoyo Malang (0341) 551345 Fax. (0341) 572533

BUKTI KONSULTASI SKRIPSI

Nama : Nuha Yahya Muvid
NIM : 13640040
Fakultas/ Jurusan : Sains dan Teknologi/ Fisika
Judul Skripsi : Analisis Deformasi Gunung Merapi Menggunakan Data GPS Tahun 2015
Pembimbing I : Drs. Abdul Basid, M.Si
Pembimbing II : Ahmad Abtokhi, M.Pd

| No | Tanggal | HAL | Tanda Tangan |
|----|-----------------|---------------------------------------|--------------|
| 1 | 27 April 2018 | Konsultasi Bab I dan II | |
| 2 | 7 Mei 2018 | Konsultasi Bab I, II dan III | |
| 3 | 10 Mei 2018 | Konsultasi Data | |
| 4 | 30 Juli 2018 | Konsultasi Agama | |
| 5 | 8 Agustus 2018 | Konsultasi Bab IV dan Bab V | |
| 6 | 9 Agustus 2018 | Konsultasi Agama | |
| 7 | 23 Agustus 2018 | Konsultasi Semua Bab, Abstrak dan Acc | |
| 8 | 24 Agustus 2018 | Konsultasi Agama dan Acc | |

Malang, 24 Agustus 2018

Mengetahui,

Ketua Jurusan Fisika,

Drs. Abdul Basid, M.Si
NIP. 19650504 199003 1 003