

**IDENTIFIKASI MAGMA CHAMBER DI KAWASAN  
GUNUNGAPI MERAPI DENGAN MEMANFAATKAN  
DATA ANOMALI MEDAN GRAVITASI CITRA  
SATELIT TOPEX/POSAIDON**

**TUGAS AKHIR**

Untuk memenuhi sebagai persyaratan mencapai derajat Sarjana S-1  
Program Studi Fisika



Diajukan oleh :

Azha Amalia Pusvita Sari

15620047

**PROGRAM STUDI FISIKA  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UIN SUNAN KALIJAGA  
YOGYAKARTA**

**2020**



KEMENTERIAN AGAMA  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
Jl. Marsda Adisucipto Telp. (0274) 540971 Fax. (0274) 519739 Yogyakarta 55281

### PENGESAHAN TUGAS AKHIR

Nomor : B-1049/Un.02/DST/PP.00.9/05/2020

Tugas Akhir dengan judul : IDENTIFIKSI MAGMA CHAMBER DI KAWASAN GUNUNGAPI MERAPI  
DENGAN MEMANFAATKAN DATA ANOMALI MEDAN GRAVITASI CITRA  
SATELIT TOPEX/POSAIDON

yang dipersiapkan dan disusun oleh:

Nama : AZHA AMALIA PUSVITA SARI  
Nomor Induk Mahasiswa : 15620047  
Telah diujikan pada : Rabu, 15 April 2020  
Nilai ujian Tugas Akhir : A-

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

#### TIM UJIAN TUGAS AKHIR

Ketua Sidang

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

Penguji I

Frida Agung Rakhmadi, S.Si., M.Sc.  
NIP. 19780510 200501 1 003

Penguji II

Cecilia Yanuarief, M.Si.  
NIP. 19840127 201503 1 001

Yogyakarta, 15 April 2020

UIN Sunan Kalijaga

Fakultas Sains dan Teknologi  
Jember



Dr. Daryono, M.Si.  
NIP. 19691212 200003 1 001



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

Hal : Persetujuan skripsi

Lamp : -

Kepada

Yth. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

di Yogyakarta

*Assalamu'alaikum wr. wb.*

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

Nama : AZHA AMALIA PUSVITA SARI

NIM : 15620047

Judul Skripsi : IDENTIFIKASI *MAGMA CHAMBER* DI KAWASAN GUNUNGAPI MERAPI DENGAN MEMANFAATKAN DATA ANOMALI MEDAN GRAVITASI CITRA SATELIT TOPEX/POSAIDON

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

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

Yogyakarta, 06 April 2020

Pembimbing

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

### SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertanda tangan dibawah ini saya :

Nama : Azha Amalia Pusvita Sari

Fakultas : Sains dan Teknologi

Program Studi : Fisika

NIM : 15620047

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul "**Identifikasi Magma Chamber Di Kawasan Gunungapi Merapi Dengan Memanfaatkan Data Anomali Medan Gravitasi Citra Satelit Topex/Posaidon**" yang digunakan sebagai syarat memperoleh gelar sarjana merupakan hasil karya tulis sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan skripsi ini saya kutip dari hasil karya orang lain yang telah dituliskan sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah, dan etika penulisan ilmiah. Saya bersedia menerima sanksi yang berlaku apabila dikemudian hari ditemukan adanya plagiat dalam skripsi ini. Demikian pernyataan ini saya buat apabila kelak ternyata terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya, saya bertanggung jawab sepenuhnya.

Yogyakarta, 06 April 2020

Pembuat pernyataan



Azha Amalia Pusvita Sari  
NIM : 15620047

## MOTTO



“Gantungkan cita-cita mu setinggi langit! Bermimpilah setinggi langit.  
Jika engkau jatuh, engkau akan jatuh di antara bintang-bintang” (Ir. Soekarno)

## KATA PENGANTAR

*Assalamu'alaikum Warakhmatullahi Wabarakatuh*

Puja dan puji hanya milik Allah SWT. Allah Yang Maha Pengasih dan Peyayang yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya kepada kita semua sehingga saat ini kita masih dapat merasakan nikmat Iman, Islam dan Ihsan. Shalawat dan salam semoga terlimpah curahkan kepada Junjungan kita Nabi Muhammad SAW. Rasa syukur dengan segala kerendahan hati, penulis mempersembahkan skripsi yang berjudul **“Identifikasi Magma Chamber Di Kawasan Gunungapi Merapi Dengan Memanfaatkan Data Anomali Medan Gravitasi Citra Satelit Topex/Posaidon”** guna untuk memenuhi syarat mendapatkan gelar sarjana strata satu (S-1) di Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta. Penulisan ini tidak akan terwujud tanpa adanya dukungan, bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu penulis mengucapkan terimakasih kepada :

1. Allah SWT yang telah memberikan nikmat dan karunia-Nya atas kelancaran dalam pembuatan laporan ini.
2. Kedua orang tua Ibu Yuyun Andriyani, Bapak Anwar Widodo dan adikku Tasya Yuanda Sari yang selalu memberikan dorongan baik moral maupun material yang tanpa henti dan tanpa lelah untuk selalu menyempatkan dan mengirimkan doa-doanya disetiap sujudnya, serta selalu memberikan semangat yang luar biasa.

3. Bapak Dr. Thaqibul Fikri Niyartama, S.Si., M.Si selaku Ketua Program Studi Fisika, Dosen Pembimbing Akademik serta Dosen Pembimbing yang dengan sabar membimbing dan memberikan pelajaran-pelajaran berharga hingga Tugas Akhir ini dapat diselesaikan.
4. Teman-teman Fisika 2015 yang selalu memberikan dukungan.
5. Teman Study Club Geofisika UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
6. Teruntuk kalian keluarga baruku Dea, Suci, Badrun, Yulia, Hilman, Syahid terimakasih telah banyak memberi semangat dan motivasi.
7. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Penulis hanya dapat berdoa semoga mereka mendapatkan balasan kebaikan yang berlipat ganda dari Allah SWT. Semoga tulisan sederhana ini dapat memberikan manfaat bagi para pembaca dan seluruh praktisi (Aamiin).

Yogyakarta, 06 April 2020

Penulis,

Azha Amalia Pusvita Sari



# **IDENTIFIKASI *MAGMA CHAMBER* DI KAWASAN GUNUNGAPI MERAPI DENGAN MEMANFAATKAN DATA ANOMALI MEDAN GRAVITASI CITRA SATELIT TOPEX/POSAIDON**

**Azha Amalia Pusvita Sari**  
**15620047**

## **INTISARI**

Telah dilakukan penelitian dengan menggunakan metode gravitasi di area Gunungapi Merapi menggunakan data sekunder satelit Topex/Posaidon dengan jumlah 91 titik. Studi tentang karakteristik Gunungapi Merapi diperlukan untuk mempelajari sifat aktivitas vulkanisnya sehingga tindakan-tindakan preventif jatuhnya korban dan mitigasi bencana dapat dilakukan sedini mungkin. Penelitian ini bertujuan memodelkan perlapisan bawah permukaan dan mengidentifikasi *magma chamber* berdasarkan model bawah permukaan, sehingga dilakukan pemodelan 2,5 dimensi berdasarkan nilai anomali Bouguer lengkap di bidang datar. Hasil penelitian menunjukkan adanya 4 perlapisan pada Gunungapi Merapi. Lapisan paling atas memiliki densitas 1,90 gr/cc. Lapisan dibawahnya memiliki densitas 2,00 gr/cc. Lapisan berikutnya memiliki densitas 2,61 gr/cc yang didalamnya terdapat 2 *magma chamber* dengan masing-masing densitas 2,71 gr/cc. *Magma chamber* dangkal terdapat pada kedalaman sekitar 800 m dari mdpl sedangkan *magma chamber* dalam terdapat pada kedalaman sekitar 2.400 m dari mdpl. Lapisan paling bawah memiliki densitas 2,80 gr/cc.

**KATA KUNCI :** *Magma chamber*, metode gravitasi, Topex/Posaidon, pemodelan 2,5 dimensi



**IDENTIFICATION MAGMA CHAMBER IN MERAPI VOLCANO AREA BY  
UTILIZING DATA MEDAN ANOMALY GRAVITY SATELLITE  
TOPEX/POSAIDON**

**Azha Amalia Pusvita Sari**  
**15620047**

**ABSTRACT**

*Research has been done using the gravity method in the Merapi Volcano area using secondary data from Topex / Posaidon satellites with 91 points. The study of the characteristics of Merapi Volcano is needed to study the nature of its volcanic activity so that prevention of casualties and disaster mitigation actions can be carried out as early as possible. . This study aims to model subsurface bedding and identify magma chamber based on subsurface model, so that 2.5-dimensional modeling is based on the complete Bouguer anomaly value on a flat plane. The results showed that there were 4 layers in Merapi Volcano. The top layer has a density of 1.90 gr / cc. The bottom layer has a density of 2.00 gr / cc. The next layer has a density of 2.61 gr / cc in which there are 2 magma chambers with a density of 2.71 gr / cc each. Shallow magma chamber is found at a depth of about 800 m from masl while deep magma chamber is at a depth of about 2,400 m from masl. The bottom layer has a density of 2.80 gr / cc.*

**KEY WORDS :** Magma chamber, gravity methods, Topex/Posaidon, 2,5 modelling



## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	<b>i</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	<b>ii</b>
<b>HALAMAN PERSETUJUAN SKRIPSI</b> .....	<b>iii</b>
<b>HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI</b> .....	<b>iv</b>
<b>MOTTO</b> .....	<b>v</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>vi</b>
<b>INTISARI</b> .....	<b>viii</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>ix</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>x</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xii</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xiv</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	6
1.3 Tujuan Penelitian .....	6
1.4 Batasan Penelitian .....	6
1.5 Manfaat Penelitian .....	7
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>8</b>
2.1 Tinjauan Pustaka .....	8
2.2 Tinjauan Morfologi .....	11
2.3 Tinjauan Geologi .....	12
2.4 Metode Gravitasi .....	16
2.5 Prinsip Dasar Metode Gravitasi .....	17
2.6 Percepatan Gravitasi .....	19
2.7 Reduksi Dasar .....	20
2.7.1 Koreksi Data Gravitasi .....	20
2.8 Reduksi Lanjut .....	26
2.8.1 Reduksi Bidang Datar .....	26
2.8.2 Analisis Spektrum .....	28
2.9 Pemodelan Bawah Permukaan .....	32
2.10 Penentuan Densitas Batuan .....	34
2.11 Satelit Altimetri .....	35

2.12 Wawasan Islam Tentang Gunung Dalam Q.S An-Naba Ayat 7 .....	38
<b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>	<b>41</b>
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian .....	41
3.2 Alat dan Bahan Penelitian .....	42
3.3 Prosedur Kerja Penelitian .....	42
3.3.1 Pengumpulan Data .....	43
3.3.2 Pengolahan Data .....	46
3.3.2.1 Proses Reduksi Dasar .....	47
3.3.2.2 Proses Reduksi Lanjut .....	50
3.3.2.3 Pemodelan Bawah Permukaan .....	52
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>54</b>
4.1 Hasil Penelitian .....	54
4.2 Pembahasan .....	59
<b>BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>64</b>
5.1 Kesimpulan .....	64
5.2 Saran .....	65
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>66</b>
<b>LAMPIRAN A .....</b>	<b>70</b>
<b>LAMPIRAN B .....</b>	<b>75</b>
<b>LAMPIRAN C .....</b>	<b>79</b>
<b>LAMPIRAN D .....</b>	<b>82</b>
<b>DAFTAR RIWAYAT HIDUP .....</b>	<b>83</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Peta Rupabumi Digital Indonesia 2000 (Badan Kordinasi Survei dan Pemetaan Nasional, 2000) .....	12
Gambar 2.2	Peta Geologi Lembar Yogyakarta, Jawa (Raharjo dan Rosidi, 1977) .....	13
Gambar 2.3	Skema Penampang Sejarah Geologi Gunungapi Merapi (Barhtommier, 1990) .....	16
Gambar 2.4	Gaya Gravitasi $\vec{F}(\vec{r})$ Antara Dua Massa $m$ Dan $m_0$ Yang Terpisah Sejauh $\vec{r} - \vec{r}_0$ .....	18
Gambar 2.5	Grafik Densitas Bouguer Metode Parasnis (Parasnis, 1951) .....	22
Gambar 2.6	Pengaruh Bukit ( <i>exces Mass</i> ) Dan Lembah ( <i>Mass Deficiency</i> ) Pada Anomali Grafitasi (Reynolds, 1997) .....	24
Gambar 2.7	<i>Hammer Chart</i> (Reynolds, 1997) .....	24
Gambar 2.8	Prinsip Kerja Metode Bidang Titik Massa Dampney (Dampney, 1969) dalam (Styawan, 2015).....	27
Gambar 2.9	Sistem Koordinat Untuk Penurunan Transformasi Fourier. Medan Diukur Pada Permukaan Horizontal $z_0$ Dan Sumber Berada Di Sumbu $z$ Pada $z$ (Blakely, 1996) .....	29
Gambar 2.10	Grafik Hubungan Antara Amplitudo Dan Bilangan Gelombang Pada Analisis Spektrum .....	32
Gambar 2.11	Poligon Model Talwani (Blakely, 1996) .....	33
Gambar 2.12	Prinsip Satelit Altimetri .....	36
Gambar 3.1	Peta Daerah Penelitian .....	41
Gambar 3.2	Diagram Alir Tahap Penelitian .....	43
Gambar 3.3	Enter Data Window pada Situs <a href="http://topex.ucds.edu">http://topex.ucds.edu</a> .....	44
Gambar 3.4	Hasil Data pada Situs <a href="http://topex.ucds.edu">http://topex.ucds.edu</a> .....	44
Gambar 3.5	<i>Select Area</i> .....	45
Gambar 3.6	Data Set Search .....	45
Gambar 3.7	<i>Results</i> .....	46
Gambar 3.8	Diagram Alir Pengolahan Data .....	47

Gambar 3.9	Diagram Alir Proses Reduksi Dasar .....	48
Gambar 3.10	Diagram Alir Proses Reduksi Lanjut .....	51
Gambar 3.11	Diagram Alir Pemodelan Bawah Permukaan .....	53
Gambar 4.1	Peta Topografi Daerah Gunungapi Merapi .....	54
Gambar 4.2	Peta Anomali Udara Bebas Daerah Gunungapi Merapi .....	55
Gambar 4.3	Peta Anomali Bouguer Sederhana Daerah Gunungapi Merapi ....	55
Gambar 4.4	Peta Anomali Bouguer Lengkap Daerah Gunungapi Merapi .....	56
Gambar 4.5	Peta Anomali Bouguer Lengkap Bidang Datar Daerah Gunungapi Merapi .....	56
Gambar 4.6	Sayatan A-A' Pada Peta ABL Bidang Datar .....	57
Gambar 4.7	Grafik Spektrum Daya .....	57
Gambar 4.8	Analisis Spektrum Pada Grafik Ln P Dan k .....	58
Gambar 4.9	Hasil Pemodelan Bawah Permukaan .....	58
Gambar B.1	Input <i>Matlab</i> .....	75
Gambar B.2	<i>Running</i> Program Reduksi Bidang Datar .....	78
Gambar C.1	Grafik Ln P Terhadap <i>k</i> .....	81



## GAMBAR TABEL

Tabel 3.1	Perangkat Keras Penelitian .....	42
Tabel 3.2	Perangkat Lunak Penelitian .....	42
Tabel A.1	Pengolahan Data Gravitasi .....	70
Tabel C.1	Tabel Hasil Dari Spektrum Daya .....	79
Tabel D.1	Densitas Batuan (Telford dkk, 1990) .....	82



# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Gunungapi merupakan rekahan pada kerak bumi, tempat keluarnya lelehan magma dan gas atau cairan lainnya ke permukaan Bumi. Selama masa hidupnya, Gunungapi memiliki kondisi atau keadaan yang terus berubah dari waktu ke waktu, terkadang Gunungapi aktif masuk kondisi tidur yang mana suatu Gunungapi tidak menunjukkan aktivitas sama sekali atau bisa disebut off, beristirahat, sebelum menjadi tidak aktif maupun mati. Tercatat ada 19 Gunungapi aktif yang ada di Pulau Jawa yaitu Gunungapi Merapi, Gunungapi Tangkupan Parahu, Gunungapi Slamet, Gunungapi Ciremai, Gunungapi Lamongan, Gunungapi Lurus, Gunungapi Arjuno, Gunungapi Welirang, Gunungapi Baluran, Gunungapi Raung, Gunungapi Kawi, Gunungapi Butak, Gunungapi Argopuro, Gunungapi Penaggungan, Gunungapi Ijen, Gunungapi Kelud, Gunungapi Semeru, Gunungapi Bromo, dan Gunungapi Anak Krakatau.

Gunungapi Merapi merupakan gunungapi tipe andesit-basaltik terletak di perbatasan antara Provinsi Jawa Tengah dan Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. Puncak Merapi mempunyai ketinggian sekitar 2.986 mdpl. Bahaya yang ditimbulkan oleh Gunungapi Merapi sangat tinggi, mengingat tingkat aktivitasnya dan padatnya penduduk di sekitar Gunungapi Merapi serta banyaknya aset nasional yang ada, berupa cagar budaya, sarana transportasi, pertanian, peternakan dan sarana pendidikan (Suyanto, 2011).



Allah menyebut kata gunung dalam puluhan surat dan ratusan ayat, baik ayat yang menjelaskan proses penciptaan gunung, strukturnya dan tentang kehancurannya di hari akhir serta manfaat-manfaatnya. Gunung-gunung ini diciptakan oleh Allah SWT berstruktur seperti pasak (Zakir, 2004). Struktur gunung sebagai pasak ini disebutkan dalam firman Allah SWT dalam Q.S. An-Naba' (78):7.

وَالْجِبَالِ أَوْتَادًا

Artinya :

“*dan gunung-gunung sebagai pasak?*” (Departemen Agama RI, 2009)

Ayat diatas menjelaskan bahwa Allah menjadikan gunung-gunung sebagai pasak untuk menguatkan Bumi. Bumi ini memiliki lapisan kulit kerak padat yang begitu dalam. Bahkan ketebalannya bisa mencapai 60 km. Lapisan itu akan meninggi dan membentuk sebuah gunung yang tinggi, menurun sampai bawah lautan dan dalam samudera. Hal ini membuat keseimbangan di dalam Bumi, membuat Bumi tidak mudah mengalami kerusakan. Kecuali gunung-gunung di Bumi musnah (Shihab, 2017).

Berbicara masalah aktivitas gunungapi erat kaitannya dengan keberadaan *magma chamber*. *Magma chamber* merupakan sebuah ruang yang berada di bawah tanah besar yang berisi batuan mencair di kamar magma yang mempunyai tekanan besar yang dapat mematahkan bebatuan di sekitarnya untuk membuat jalan keluar untuk magma. Jika magma tersebut keluar menemukan jalannya, maka terjadilah letusan gunungapi.

Mengidentifikasi keberadaan *magma chamber* perlu dilakukan suatu survei geofisika. Kegiatan Survei geofisika digunakan untuk membuat model bawah permukaan bumi dengan mengandalkan data lapangan yang diukur pada permukaan bumi, bawah permukaan bumi dan/atau di atas permukaan bumi dari ketinggian tertentu. Pemodelan bawah permukaan dilakukan untuk menggambarkan distribusi kontras densitas batuan yang menggambarkan struktur bawah permukaan. Membuat model dapat menggunakan beberapa macam metode Geofisika. Adapun metode geofisika yaitu metode seismik, metode gravitasi, dan metode magnetik.

Salah satu metode geofisika yang dapat digunakan adalah metode gravitasi. Metode gravitasi adalah suatu usaha untuk menggambarkan keadaan bawah permukaan berdasarkan pada variasi medan gravitasi Bumi yang diakibatkan oleh perbedaan densitas batuan bawah permukaan (Telford dkk, 1990).

Perkembangan dan kemajuan ilmu memberikan kemudahan dalam pengukuran metode gravitasi. Telah dikembangkan pengukuran dengan menggunakan satelit. Satelit yang mengorbit hingga kini yaitu satelit ERS-1, Topex/Pasaidon, ERS-2 dan Geosat Follow-On (Seeber, 1993; Kramer, 1996; SRSRA, 2001).

Satelit ERS-1 merupakan program dari *European Space Agency* (ESA). Satelit pertama kali diluncurkan pada tahun 1991 dan masih mengorbit hingga kini. Satelit ERS-1 didesain untuk analisis muka laut rata-rata dan geoid lautan (SRSRA, 2001).

Satelit Topex/Posaidon merupakan gabungan dari misi NASA yaitu *Ocean Topography Experiment* atau Topex dan *Center National d'Etudes Spatiales* (CNES) dengan misi yang sama dan dinamakan Poseidon. Demi mencapai hasil yang maksimal, kedua badan antariksa memutuskan untuk bergabung dan memproduksi satelit altimetri Topex/Poseidon (SRSRA, 2001). Penelitian ini menggunakan satelit Topex/Posaidon.

Satelit ERS-2 merupakan program dari *European Space Agency* (ESA) yang merupakan pengembangan dari satelit ERS-1. Satelit pertama kali diluncurkan pada tahun 1995 dan masih mengorbit hingga kini. Satelit ERS-2 didesain untuk analisis muka laut rata-rata dan geoid lautan (SRSRA, 2001).

Satelit Geosat Follow-On merupakan program dari US Navy yang merupakan angkatan laut Amerika Serikat Satelit pertama kali diluncurkan pada tahun 1991 dan masih mengorbit hingga kini. Satelit Geosat Follow-On didesain untuk memperoleh pengamatan lautan secara kontinu dan khusus untuk mengukur topografi dinamik dari arus-arus batas Barat secara *rings* dan *eddies*, untuk memperoleh data tinggi muka laut untuk model-model numerik, serta untuk memetakan pergerakan El Nino di lautan Pasifik di daerah ekuator (SRSRA, 2001).

Penelitian geofisika terhadap Gunungapi Merapi sudah cukup banyak dilakukan, yang secara garis besar dibagi menjadi 2, yaitu : penelitian terhadap kondisi dinamis dan terhadap kondisi statis atau struktur bawah permukaan Gunungapi Merapi. Penelitian kondisi dinamis dilakukan sebagian besar dengan metode seismik (Brotopuspito, 1990) menunjukkan

bahwa pada dinamika fluida magma di Gunungapi Merapi mempunyai beberapa macam pola, yaitu: minipol, dipol dan quadrupol. Pipa saluran dan *Magma chamber*, magma dimungkinkan mempunyai viskositas yang rendah, sedangkan pada permukaan viskositas magma yang tinggi ditunjukkan dalam bentuk kubah lava ( Brotopuspito, 1990; Fadeli, 1990). Keberadaan *magma chamber* pada Gunungapi Merapi menunjukkan hal yang menarik, yaitu ditemukan adanya 2 *magma chamber*. *Magma chamber* dangkal ditemukan pada kedalaman sekitar 1 km dengan volume  $0,6 \text{ km}^3$  (Brotopuspito, 1988), sedangkan dari pipa penghubung dengan panjang sekitar 1,4 km s.d 1,8 km (Suyanto, 1993), maka *magma chamber* dalam terletak pada kedalaman sekitar 3,5 km s.d 4 km di dalam (Suyanto, 2011). Keberadaan *magma chamber* dalam ini kemungkinan dapat dihubungkan dengan hasil penyelidikan dengan metode lain. Struktur bawah permukaan yang diselidiki dengan metode geomagnetik dan gravitasi, menunjukkan adanya anomali benda dengan densitas lebih besar dan susceptibilitas lebih rendah dari batuan sekelilingnya di bawah Gunungapi Merapi pada kedalaman sekitar 3 km (Gunawan, 1985; Wahyudi, 1986; Aziz, 1986).

Telah dilakukan penelitian, tentang analisis bawah permukaan Gunungapi Merapi-Merbabu menggunakan metode gravitasi data Topex/Poseidon oleh (Maghfira dan Niasari, 2019). Penelitian tersebut memberikan informasi mengenai kondisi struktur bawah permukaan Gunungapi Merapi-Merbabu dengan pemodelan 2 dimensi.

Pemodelan bawah permukaan dan mengidentifikasi *magma chamber* perlu dilakukan untuk mendapatkan informasi mengenai struktur bawah permukaan. Metode yang digunakan untuk mendapatkan struktur bawah permukaan yaitu metode gravitasi satelit Topex/Posaidon. Hasil yang didapat berupa nilai densitas yang memberikan informasi tentang gambaran struktur bawah permukaan.

## 1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana pemodelan bawah permukaan berdasarkan data satelit Topex/Posaidon?
2. Bagaimana *magma chamber* dapat diidentifikasi berdasarkan data gravitasi dari satelit Topex/Posaidon?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Memodelkan perlapisan bawah permukaan berdasarkan data satelit Topex/Posaidon.
2. Mengidentifikasi *magma chamber* berdasarkan data gravitasi dari satelit Topex/Posaidon.

## 1.4 Batasan Penelitian

Penelitian ini terbatas pada batasan-batasan sebagai berikut :

1. Penelitian menggunakan satelit Topex/Posaidon.
2. Data anomali udara bebas (*Free Air Anomaly*) yang digunakan merupakan data Topex/Posaidon yang diakses di situs

<http://topex.ucds.edu> yang disediakan oleh *Scripps Institution of Oceanography, University of California San Diego USA* dengan koordinat masukan  $-7.503400^\circ$  Lintang Selatan dan  $110.325000^\circ$  Bujur Timur sampai  $-7.602500^\circ$  Lintang Selatan dan  $110.525000^\circ$  Bujur Timur.

3. Pemodelan Talwani 2,5 dimensi.

### 1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

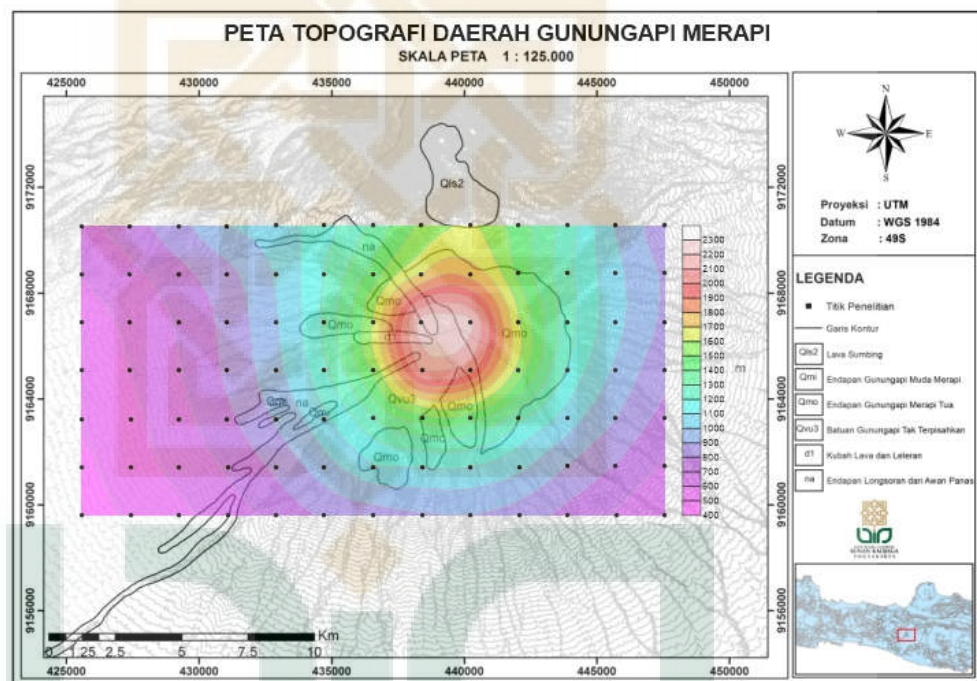
1. Jika pemodelan bawah permukaan berhasil dibuat maka hasil tersebut dapat menjadi informasi mengenai aktivitas vulkanis Gunungapi Merapi sehingga tindakan-tindakan prevensi jatuhnya korban dan mitigasi bencana dapat dilakukan sedini mungkin.
2. Jika identifikasi keberadaan *magma chamber* dapat dilakukan maka dapat dimanfaatkan untuk prediksi erupsi gunung berapi tersebut guna menyelamatkan jiwa manusia akan bahaya letusan Gunungapi Merapi.
3. Jika semua tujuan penelitian ini tercapai, diharapkan dapat menambah wawasan kepada kalangan akademisi untuk pengembangan pengamatan terhadap aktifitas Gunungapi Merapi menggunakan survei geofisika dengan metode gravitasi.

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

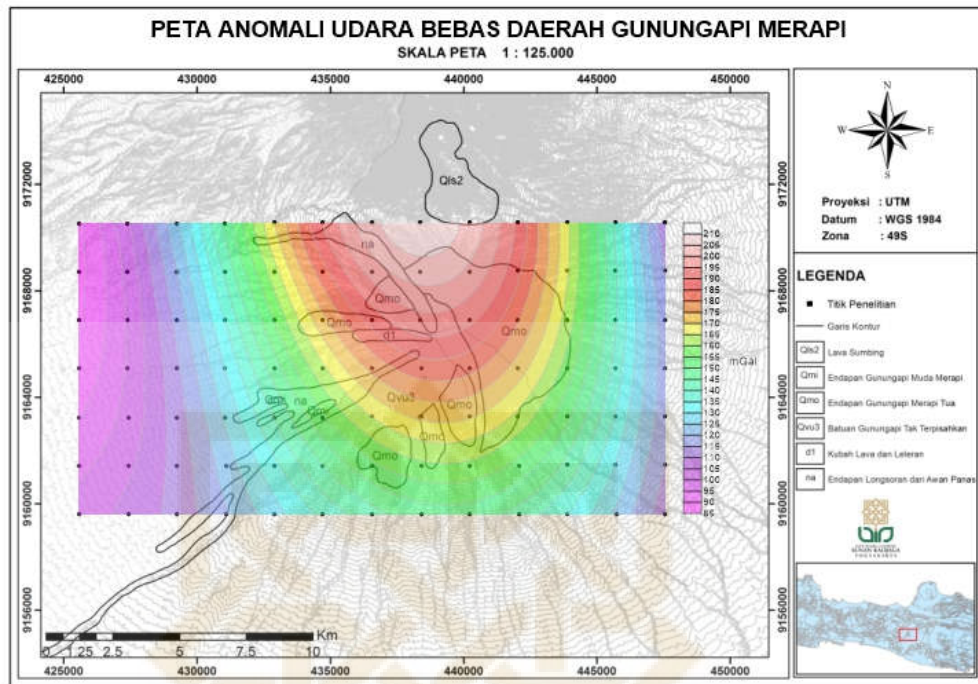
#### 4.1 Hasil Penelitian

Hasil dari pemodelan perlapisan bawah permukaan yang didapatkan pada penelitian ini sebagai berikut :

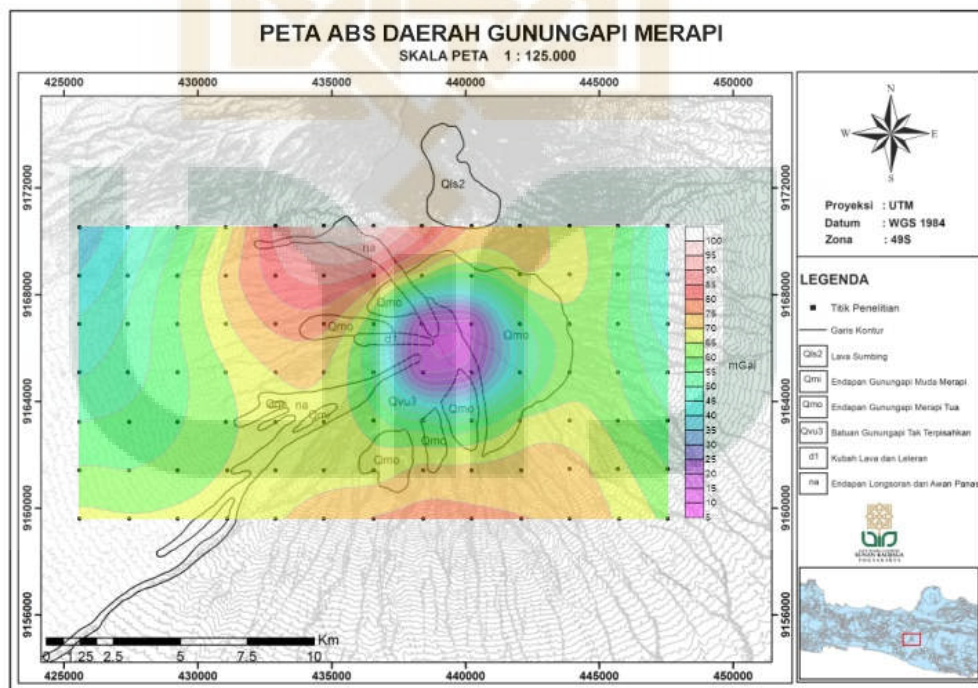


Gambar 4.1 Peta Topografi Daerah Gunungapi Merapi

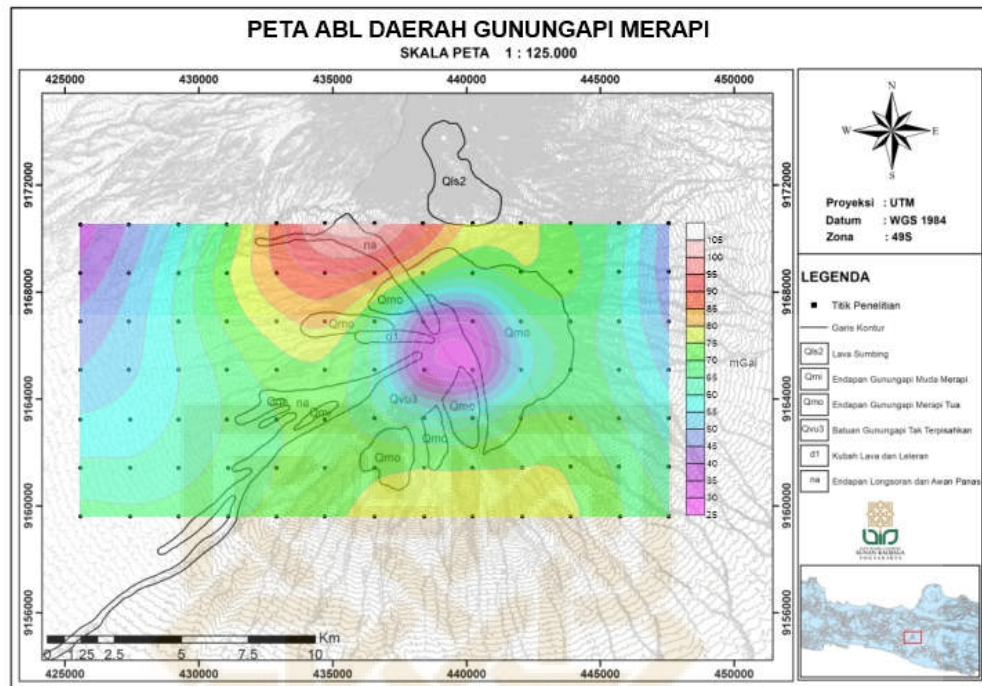




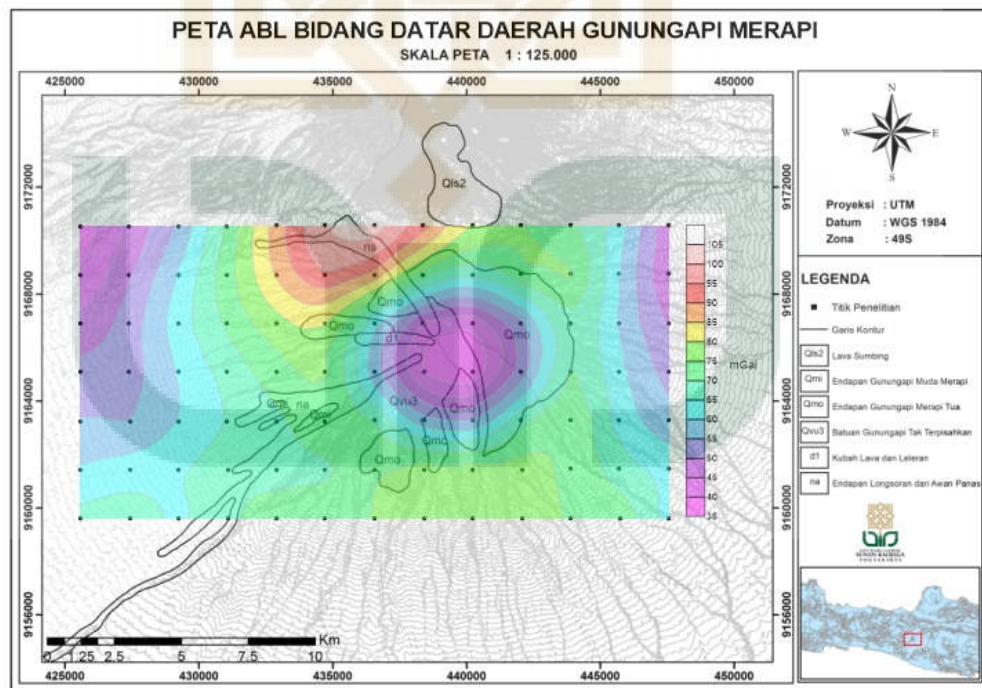
Gambar 4.2 Peta Anomali Udara Bebas Daerah Gunungapi Merapi



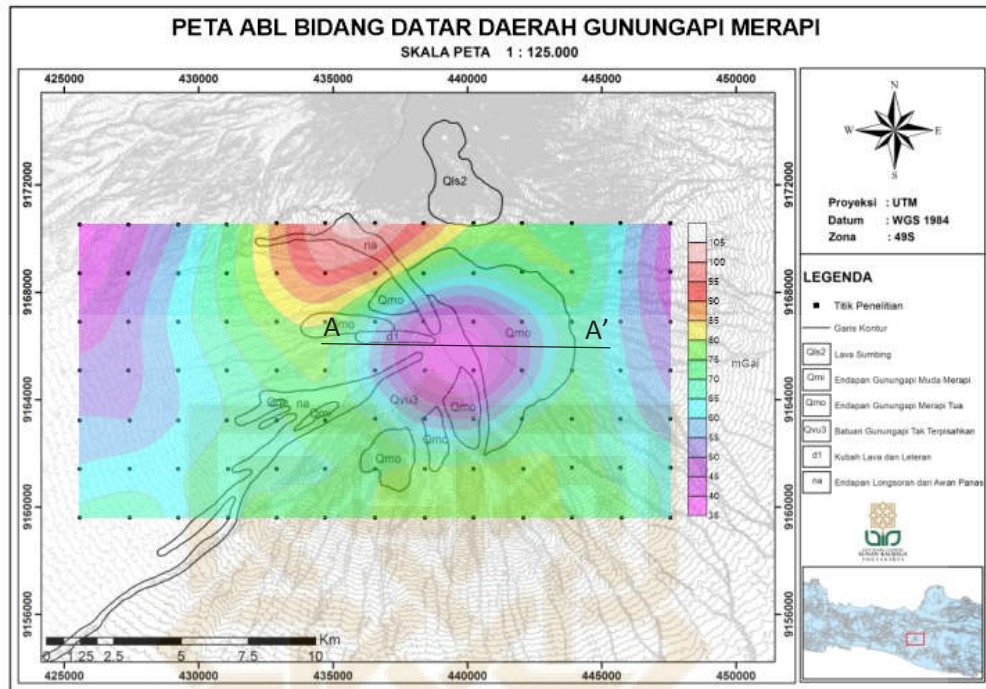
Gambar 4.3 Peta Anomali Bouguer Sederhana Daerah Gunungapi Merapi



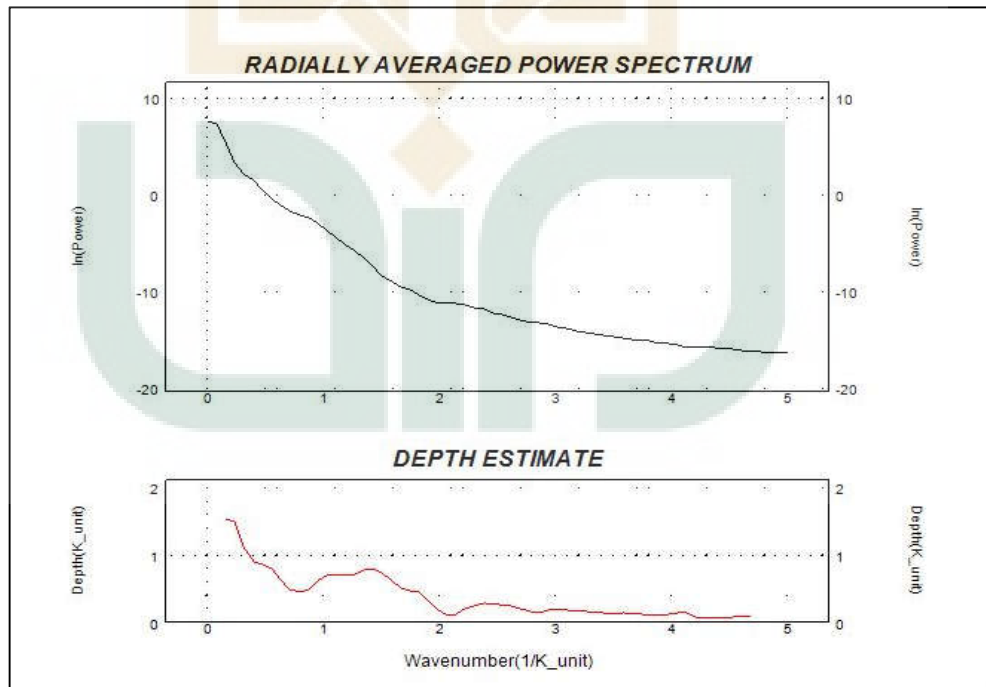
Gambar 4.4 Peta Anomali Bouguer Lengkap Daerah Gunungapi Merapi



Gambar 4.5 Peta Anomali Bouguer Lengkap Bidang Datar Daerah Gunungapi Merapi

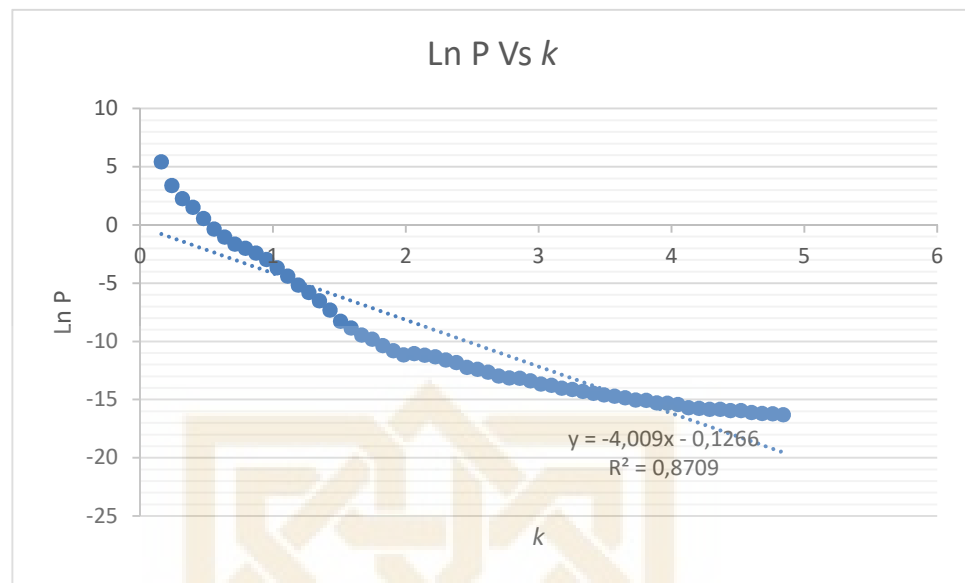


Gambar 4.6 Sayatan A-A' Pada Peta ABL Bidang Datar

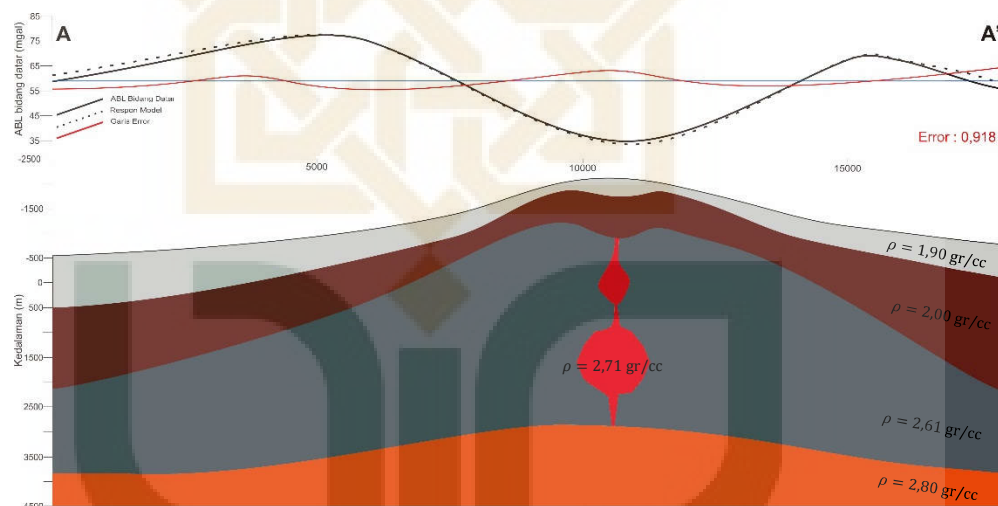


Gambar 4.7 Grafik spektrum daya





**Gambar 4.8** Analisis spektrum pada grafik Ln P dan k



**Gambar 4.9** Hasil pemodelan bawah permukaan

## 4.2 Pembahasan

Telah dilakukan penelitian geofisika dengan metode gravitasi menggunakan data satelit Topex/Posaidon dengan interval 1.832 m yang tersebar di area seluas  $22,49 \text{ km}^2 \times 11,32 \text{ km}^2$  dengan 91 titik ukur. Data yang didapat dari halaman web <http://topex.ucsd.edu> ialah data topografi dan anomali udara bebas. Gambar 4.1 menunjukkan peta topografi daerah gunungapi Merapi. Daerah penelitian berada pada topografi yang beragam. Dapat dilihat pada skala warna ungu yang menunjukkan elevasi terendah dengan ketinggian 400 m sedangkan warna merah muda yang menunjukkan elevasi tertinggi memiliki ketinggian 2.300 m. Terlihat nilai elevasi maksimum berada di daerah puncak gunungapi Merapi. Peta kontur topografi yang dihasilkan dari data Topex/Posaidon bersesuaian dengan data DEM, sehingga dapat disimpulkan bentuk topografi mewakili keadaan sebenarnya.

Gambar 4.2 merupakan peta anomali udara bebas daerah gunungapi Merapi yang menunjukkan rentang nilai 85 mGal s.d 210 mGal. Peta anomali udara bebas cenderung mengikuti pola topografi karena pada anomali udara bebas massa yang berbeda diantara titik pengukuran dan titik datum tidak diperhitungkan. Gambar 4.3 merupakan peta anomali Bouguer sederhana daerah gunungapi Merapi yang menunjukkan rentang nilai 5 mGal s.d 100 mGal. Peta anomali Bouguer sederhana memetakan anomali yang sudah terbebas dari pengaruh masa batuan terhadap ketinggian, namun masih belum

menghilangkan efek tarikan-tarikan akibat topografi seperti lembah dan bukit.

Gambar 4.4 merupakan peta Anomali Bouguer Lengkap daerah gunungapi Merapi. Nilai anomali Bouguer lengkap memiliki rentang nilai 25 mGal s.d 105 mGal. Terlihat pada gambar semakin bertambahnya ketinggian semakin mengecilnya nilai medan gravitasinya serta kontur yang semakin rapat mengindikasikan adanya material yang berbeda dibandingkan dengan daerah sekitarnya yang diasumsikan adanya *magma chamber*. Terlihat pola warna yang berbeda dengan peta anomali Bouguer sederhana. Bagian lainnya masih terlihat sama yaitu bagian Barat Laut dimana nilainya meninggi yang mempunyai kecenderungan warna merah diinterpretasikan kemungkinan penyebabnya adalah zona subduksi.

Gambar 4.5 menunjukkan peta anomali Bouguer lengkap bidang datar daerah gunungapi Merapi yang memiliki rentang nilai 35 mGal s.d 105 mGal. Secara umum pola anomali Bouguer lengkap pada bidang datar memiliki pola yang sama dengan anomali Bouguer lengkap. Hal ini menunjukkan bahwa bentuk topografi daerah penelitian dikontrol oleh sumber penyebab anomalnya.

Dalam memperoleh model bawah permukaan maka dibuat sayatan yang diperlihatkan pada garis hitam pada gambar 4.6 sayatan A-A' pada peta anomali Bouguer lengkap bidang datar. Sayatan dibuat melintang Barat ke Timur dengan melewati puncak gunungapi Merapi yang dimaksudkan untuk mendapatkan gambaran keberadaan *magma chamber*.

Gambar 4.7 merupakan grafik spektrum daya yang direpresentasikan pada gambar 4.8 yang menunjukkan analisis spektrum pada grafik  $\ln P$  dan  $k$ . Hasil analisis spektrum adalah kurva yang menampilkan estimasi kedalaman. Nilai estimasi kedalaman digunakan untuk mempermudah memperkirakan kedalaman benda anomali di bawah permukaan sehingga akan membantu dalam pemodelan yang akan dilakukan.

Gambar 4.9 merupakan hasil pemodelan bawah permukaan. Pemodelan 2,5 dimensi dilakukan menggunakan *software Oasis Montaj 8.4* untuk melihat perlapisan bawah permukaan daerah penelitian. Pemodelan dilakukan dengan membuat profil model pengamatan yang sesuai dengan model yang sebenarnya. Mendekatnya nilai anomali uji coba dan hasil pengukuran di lapangan ditandai dengan semakin berhimpitnya grafik anomali uji coba (garis utuh) dengan grafik anomali hasil pengukuran di lokasi pengambilan data (garis putus-putus). Jika kedua grafik saling berhimpitan maka akan mengindikasikan bahwa model bawah permukaan lokasi penelitian akan mendekati keadaan yang sebenarnya. Model bawah permukaan di bawah gunungapi Merapi, terdiri dari 4 perlapisan batuan. Lapisan paling atas memiliki densitas 1,90 gr/cc yang merupakan batuan piroklastik hasil erupsi gunungapi Merapi. Lapisan dibawahnya memiliki densitas 2,00 gr/cc yang memiliki kesamaan dengan lapisan diatasnya yang merupakan produk batuan gunungapi Merapi yang lebih tua. Lapisan berikutnya memiliki densitas 2,61 gr/cc yang didalamnya terdapat 2 *magma chamber* dengan masing-masing densitas 2,71 gr/cc. *Magma chamber*



dangkal terdapat pada kedalaman sekitar 800 m dari mdpl sedangkan *magma chamber* dalam terdapat pada kedalaman sekitar 2.400 m dari mdpl. Lapisan paling bawah memiliki densitas 2,80 gr/cc batuan tersebut yang akan menjadi *basement* bagi batuan yang lainnya.

Struktur lapisan bawah permukaan dalam dunia geofisika dapat diidentifikasi menggunakan beberapa macam metode. Salah satunya menggunakan metode gravitasi. Faktanya keadaan Bumi tidaklah rata, ada permukaan tanah yang berupa gunung atau gundukan ada pula yang berupa lembah. Firman Allah SWT dalam Q.S. An-Naba' (78):7.

وَالْجِبَالِ أَوْتَادًا

Artinya : “*dan gunung-gunung sebagai pasak?*” (Departemen Agama RI, 2009)

Berdasarkan tafsir Quraish Shihab bahwa Allah menjadikan gunung-gunung sebagai pasak untuk menguatkan Bumi. Bumi ini memiliki lapisan kulit kerak padat yang begitu dalam. Bahkan ketebalannya bisa mencapai 60 km. Lapisan itu akan meninggi dan membentuk sebuah gunung yang tinggi, menurun sampai bawah lautan dan dalam samudera. Hal ini membuat keseimbangan di dalam Bumi, membuat Bumi tidak mudah mengalami kerusakan. Kecuali gunung-gunung di Bumi musnah (Shihab, 2017).

Ayat di atas secara harfiah mengacu pada tujuh orbit atau cakrawala. Dimana ketujuhnya itu merupakan tanda yang teratur dan jelas di mata kita. Sebagaimana langit, kerak bumi juga tersusun dari lapisan-lapisan geologis yang satu di atas yang lainnya (Ali, 1989). Sebagai seorang saintis muslim

maka kita berusaha untuk memecahkan apa yang ada dibalik fenomena tersebut. Proses pengolahan data gravitasi hingga menghasilkan model perlapisan bawah permukaan merupakan sebuah usaha yang dilakukan dengan tujuan mencari keberadaan *magma chamber*.



## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan pada bab sebelumnya maka peneliti dapat menyimpulkan sebagai berikut :

1. Hasil pemodelan Talwani 2,5 dimensi terdiri dari 4 perlapisan batuan. Lapisan paling atas memiliki densitas 1,90 gr/cc yang merupakan batuan piroklastik hasil erupsi gunungapi Merapi. Lapisan dibawahnya memiliki densitas 2,00 gr/cc yang memiliki kesamaan dengan lapisan diatasnya yang merupakan produk batuan gunungapi Merapi yang lebih tua. Lapisan berikutnya memiliki densitas 2,61 gr/cc yang didalamnya terdapat 2 *magma chamber* dengan masing-masing densitas 2,71 gr/cc. *Magma chamber* dangkal terdapat pada kedalaman sekitar 800 m dari mdpl sedangkan *magma chamber* dalam terdapat pada kedalaman sekitar 2.400 m dari mdpl. Lapisan paling bawah memiliki densitas 2,80 gr/cc batuan tersebut yang akan menjadi *basement* bagi batuan yang lainnya.
2. Berdasarkan pemodelan bawah permukaan menggunakan data gravitasi Topex/Posaidon dapat diidentifikasi terdapat 2 *magma chamber*. *Magma chamber* dangkal terdapat pada kedalaman sekitar 800 m dari mdpl, sedangkan *magma chamber* dalam terdapat pada kedalaman sekitar 2.400 m dari mdpl.

## 5.2 Saran

Hasil pemodelan dari penelitian ini merupakan dugaan sementara berdasarkan data gravitasi satelit dan informasi geologi daerah penelitian. Dilakukannya penelitian menggunakan metode geofisika lainnya seperti metode gravitasi pengambilan data langsung, seismik, serta geomagnetik untuk menguatkan informasi bawah permukaan.



## DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, Z., H. 2001. *Geodesi Satelit*, Edisi 1. P.T. Pradnya Paramita. Jakarta.
- Anonim. 2015. *Guide Book Geophysics Field Camp UGM 2015*. HMGF UGM. Yogyakarta.
- Badan Kordinasi Survey dan Pemetaan Nasional. 2000. *Peta rupabumi digital Indonesia, skala 1:25.000, Lembar 1408-244, Kaliurang*. Bokusurtanal. Jakarta.
- Berthommier, P. 1990. *Etude volcanologique du Merapi (Central-Java) Te'phrostratigraphic et Chronologie-produits eruptifs*. University of Blaise Pascal. France.
- Blakely, R., J. 1996. *Potential Theory I Gravity and Magnetic Application*. Cambridge University Press. USA.
- Brotopuspito, S., K. 1990. *Analysis of Volcanic tremor at Mount Merapi (Central Java, Indonesia) – In Order to understand internal magma flow*. (Tesis), Jurusan Ilmu Fisika, FMIPA, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Brotopuspito, S., K. 1988. *Review of The Development of Geophysical Volcano Researctch Laboratory to Inverstigat the Metapi Volcano In Central Java, Indonesia*. Paper present at the project-site Seminar on Sabo work, Sub-Theme IV (warning system). Volcanic Sabo Technical Center **October 11-13 1988**. Yogyakarta.
- Dampney, C., N., G. 1969. The Equivalent Source Technique. *Geophysics*, **Vol. 34 No.1 Februari 1969**: 7-105.
- Departemen Agama RI. 2009. *Al-Qur'an dan Terjemahannya Al-Jumanatul'ali*. J-Art.Bandung.
- Extract XYZ Grid-Topography or Gravity. Diakses pada tanggal 17 September 2019 dari <http://topex.ucds.edu>.

- Indriana, R., W. 2008. Estimasi Ketebalan Sedimen dan Kedalaman Diskontinuitas Mohorovicic Daerah Jawa Timur dengan Analisis Power Spectrum Data Anomali Gravitasi. *Jurnal Berkala Fisika*, **Vol. 11 No.2 April 2008**: 67-74.
- Jaenudin. 2012. *Mengidentifikasi Keaktifan Gunung Berapi Berdasarkan Pergerakan Magma dengan Menggunakan Metode Gravitasi*. (Tugas Akhir), Jurusan Fisika, FMIPA, Universitas Padjadjaran, Jatinangor.
- Kearey, P., Keith, A., K., dan Vine, F., J. 2009. *Global Tectonics*. Willey-Blackwell. New Jersey.
- Kiswiranti, D., dan Brotopuspito, S., K. 2013. Analisis Statistik Temporal Erupsi Gunung Merapi. *Jurnal Fisika*, **Vol.3 No.1 Mei 2013**: 37-47.
- Kramer, H., J. 1996. *Observation of the Earth and its Environment*. Third enlarged edition, Springer Verlag. Berlin. ISBN: 3-540-60933-4, 960.
- Maghira, D., P., dan Niasari, W., S. 2018. Gravity satellite data analysis for subsurface modeling in Mount Merapi-Merbabu, Java, Indonesia. *E3S Web of Conferences*, **Vol.76 No.03003 2019**: 1-3.
- Parasnis, D., S. 1951. A Study of Rock Densities in the English Midlands. *Geophysical Supplements to the Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, **Vol.6 Issue.5 May 1952**: 252-271.
- Permadi, A., W., Setyawan, A., dan Nurdien, I. 2016. Interpretasi Bawah Permukaan Gunung Merapi dengan Analisa Gradient dan Pemodelan 2D Data Gayaberat. *Youngster Physics Journal*, **Vol. 5 No.4 Oktober 2016**: 433-440
- Raharjo, W., Sukandarrumidi, dan Rosidi, H., M. 1977. *Peta Geologi Lembar Yogyakarta, Jawa, skala 1:100.000*. Direktur Geologi. Bandung.
- Ratdomopurbo, A. 2006. *Prekursor Erupsi Gunung Merapi*. Pusat Vulkanologi Dan Mitigasi Bencana Geologi. Yogyakarta.

- Ratdomopurbo, A., dan Andreastuti, D., S. 2000. *Karakteristik Gunung Merapi*. Balai penyelidikan dan Pengembangan Teknologi Kegunungpian. Direktorat Vulkanologi. Indonesia.
- Reynold, M., J. 1997. *An Introduction To Applied And Environmental Geophysics*. John Wiley & Sons, Ltd.
- Seeber, G. 1993. *Satellite Geodesy, Foundations, Methods, and Applications*. Walter de Gruyter. Berlin.
- Setyawan, A. 2005. Kajian Metode Sumber Ekuivalen Titik Massa Pada Proses Pengangkatan Data Gravitasi Ke Bidang Datar. *Berkala Fisika*, **Vol. 8 No.1 Januari 2005**: 7-10.
- Shihab, M., Q. 2017. *Tafsir Al-Misbah: Pesan, Kesan dan Keserasian al-Quran*, Vol 14. Lentera Hati. Jakarta.
- Suyanto, I. 2011. *Pemodelan Bawah Permukaan Gunung Merapi dan Merbabu Berdasarkan Analisis Data Gravitasi*. (Laporan Penelitian), Laboratorium Geofisika, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Sunaryo. 2012. Identification of Arjuno-Welirang Volcano-Geothermal Energy Zone By Means of Density And Susceptibility Contrast Parameters. *International Journal of Civil & Environmental Engineering IJCEE-IJENS*, **Vol.12 No.1**
- SRSRA. 2001. Satellite Remote Sensing, Radar Altimetry, Aerospace Engineering, the University of Texas. Diakses 26 Desember 2019 dari <http://www.ae.utexas.edu/courses/ase389/sensors/alt/alt.html>.
- Telford, W., M., Geldart, L., P., dan Sheriff, R., E. 1990. *Applied Geophysics* (2<sup>nd</sup> ed). Cambridge University Pres.
- USGS science for a changing world. Diakses pada tanggal 17 September 2019 dari <https://earthexplorer.usgs.gov/>.

Van Bemmelen, W., R. 1949. *The of Geology of Indonesia vol.1A General Geology of Indonesia and Adjacent Archipelagoes*. Martinus Nijhoff. The Hague.

Widianto, E. 2008. *Penentuan konfigurasi struktur batuan dasar dan jenis cekungan dengan data gayaberat serta implikasinya pada target eksplorasi minyak dan gas bumi di Pulau Jawa*. Institut Teknologi Bandung. Bandung.

