



**MODELLING KANTONG MAGMA GUNUNG MERAPI
MENGUNAKAN DATA GRAVITASI**

*diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan memperoleh gelar Sarjana pada
program studi Fisika*

SKRIPSI

Oleh

**Pramesty Sukmawardani
201810201007**

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS JEMBER
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
JURUSAN FISIKA
JEMBER
2024**

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan dengan penuh rasa cinta, syukur dan terimakasih yang sebesar – besarnya untuk :

1. Kedua orang tua saya, Bapak Hari dan Ibu Sri yang tiada henti memberikan banyak dukungan, doa, nasihat, semangat, dan kasih sayang serta pengorbanan yang tidak tergantikan sampai saat ini ;
2. Saudara saya Dewi, Nazwa dan calon adik ketiga saya yang telah memberikan motivasi, dukungan, dan kasih sayang ;
3. Kakek dan Nenek serta keluarga besar yang selalu menyediakan tempat terindah untuk pulang, memberikan dukungan, semangat, dan doa ;
4. Para guru dan para dosen yang telah mendidik sejak taman kanak – kanak hingga perguruan tinggi ;
5. Almamater Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

MOTTO

“Allah mengenali hamba-Nya lebih dari mereka yang mengenali dirinya sendiri.
Maka dititik manapun kita berada, baiknya kita selalu bersyukur karena janji-Nya
tidak pernah ingkar ”

(Surat Al-Insyirah ayat 6)

PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Pramesty Sukmawardani

NIM : 201810201007

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi yang berjudul: *Modelling Kantong Magma Gunung Merapi Menggunakan Data Gravitasi* adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali jika dalam pengutipan substansi disebutkan sumbernya, dan belum pernah diajukan pada institusi manapun, serta bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan skripsi ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Penelitian ini merupakan bagian dari penelitian bersama dosen dan mahasiswa. Penelitian ini hanya dapat dipublikasikan dengan mencantumkan nama dosen pembimbing.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapatkan sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, Juli 2024

Yang menyatakan,

Pramesty Sukmawardani

NIM. 201810201007

HALAMAN PERSETUJUAN

Skripsi berjudul *Modelling Kantong Magma Gunung Merapi Menggunakan Data Gravitasi* telah diuji dan disahkan oleh Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember pada :

Hari :

Tanggal :

Tempat : Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember

Tim Penguji :

Ketua

Anggota I

Dr. Agus Suprianto, S.Si, M.T.
NIP. 197003221997021001

Nurul Priyantari, S.Si, M.Si.
NIP. 197003271997022001

Anggota II

Anggota II

Dr. Lutfi Rohman, S.Si, M.Si.
NIP. 197208201998021001

Ir. Misto, M.Si.
NIP. 195911211991031002

ABSTRACT

Mount Merapi, one of the active volcanoes in Indonesia, has a high eruption history over the past 100 years, with eruptions occurring every 3-5 years. The high eruption frequency is believed to be related to the subsurface geometry of the volcano, particularly the magma chamber. This study aims to understand the subsurface structure and geometry of Mount Merapi's magma chamber using the gravity method. This method involves measuring variations in Earth's gravity anomalies caused by differences in rock density. Gravity anomaly data were processed and modeled using Grablox and Bloxer software, based on GGMplus satellite gravity data. The results show a 3D model of Mount Merapi's subsurface structure, identifying dominant igneous rocks with densities ranging from 2.2 to 3.48 g/cm³. Layers with low density around 2.2 g/cm³ were identified as sandstone, while layers with densities of 2.72 - 3.48 g/cm³ were interpreted as reservoirs of basalt and gabbro igneous rocks. Magma chambers with densities of 2.47 - 2.80 g/cm³ were interpreted as molten magma, whereas high-density layers (2.72 - 3.48 g/cm³) were indicated as magma chambers with andesitic to basaltic characteristics, having medium to high viscosity and significant gas content. This research provides an in-depth understanding of the subsurface structure and eruption dynamics of Mount Merapi.

Keywords : Mount Merapi, magma chamber, gravity method

RINGKASAN

Modelling Kantong Magma Gunung Merapi Menggunakan Data Gravitasi, Pramesty Sukmawardani; 2024; 46 Halaman; Jurusan Fisika; Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam; Universitas Jember.

Gunung Merapi salah satu gunung api aktif di Indonesia dan tercatat beberapa kali mengalami erupsi. Gunung Merapi memiliki sejarah erupsi yang tinggi dalam 100 tahun terakhir yang merupakan salah satu gunung api paling aktif di dunia dengan sejarah erupsi yang terjadi setiap 3-5 tahun sekali. Besarnya tingkat erupsi gunung Merapi ini diduga berkaitan dengan geometri bawah permukaan gunung, terutama pada kantong magma. Salah satu metode geofisika yang dapat digunakan untuk memahami struktur di bawah permukaan gunung api adalah metode gravitasi. Metode gravitasi dilakukan dengan cara mengukur variasi anomali gravitasi bumi, yang timbul akibat perbedaan kerapatan batuan di dalam bumi. Anomali gravitasi digunakan untuk menganalisis struktur bawah permukaan dan mengidentifikasi keberadaan kantong magma di gunung api. Hasil yang diperoleh pada pengolahan data metode gravitasi diolah lebih lanjut menggunakan pemodelan 3D.

Tujuan dari penelitian ini yaitu mengetahui model 3D struktur bawah permukaan geometri kantong magma Gunung Merapi berdasarkan data anomali gravitasi dengan menggunakan Grablox dan Bloxer. Metode yang digunakan pada penelitian ini yaitu metode gravitasi dengan menggunakan data satelit gravitasi GGMplus (*Global Gravity Model plus*), khususnya data gravity disturbance, yang digunakan untuk memodelkan dan menginterpretasi struktur bawah permukaan.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, diperoleh hasil bawah struktur bawah permukaan dan geometri kantong magma Gunung Merapi menunjukkan model 3D memperlihatkan jenis batuan yang mendominasi daerah penelitian. Batuan beku yang mendominasi daerah penelitian bervariasi sesuai dengan rentang densitasnya. Rentang densitas batuan di wilayah ini berkisar antara 2,21 gr/cm³ hingga 3,48 gr/cm³. Lapisan dengan densitas rendah sekitar 2,21 gr/cm³ diidentifikasi sebagai batuan pasir. Sementara itu, lapisan dengan densitas 2,72 - 3,48 gr/cm³ diinterpretasikan sebagai reservoir yang terdiri dari batuan beku *basalt* dan *gabbro*. Batuan beku yang ditemukan bervariasi sesuai dengan rentang densitasnya, meliputi *rhyolite*, *andesite*, *basalt*, dan *gabbro*. Terdapat juga distribusi densitas rendah dengan nilai 2,47 - 2,80 gr/cm³ di wilayah Gunung Merapi yang diinterpretasikan sebagai kantong magma dalam keadaan cair. Lapisan dengan densitas tinggi (2,72 - 3,48 gr/cm³) di Gunung Merapi diindikasikan sebagai kantong magma dengan karakteristik andesitik hingga basaltik, memiliki viskositas menengah hingga tinggi, serta kandungan gas yang signifikan.

PRAKATA

Puji syukur kehadiran Allah SWT karena atas berkat rahmat dan nikmat-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “*Modelling* Kantong Magma Gunung Merapi Menggunakan Data Gravitasi ”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S-1) pada Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Jember.

Penulis mendapatkan banyak bantuan serta bimbingan dari berbagai pihak, untuk itu penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Dr. Agus Suprianto, S.Si, M.T selaku Dosen Pembimbing Utama dan Nurul Priyantari, S.Si, M. Si selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah memberikan bimbingan, arahan, waktu, motivasi, tenaga, pikiran, doa, dan dukungan penuh dalam penyusunan skripsi ini;
2. Dr. Lutfi Rohman, S.Si, M.Si., selaku Dosen Penguji Utama dan Ir. Misto, M.Si selaku Dosen Penguji Anggota yang telah memberikan kritik dan saran atas penulisan skripsi ini;
3. Dr. Artoto Arkundato, S.Si, M.Si selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah memberikan bimbingan kepada penulis selama menempuh pendidikan sarjana (S-1);
4. Segenap dosen dan karyawan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember yang telah memberikan ilmu dan dukungan;
5. Kedua orang tua dan segenap keluarga besar yang telah memberikan dukungan penuh baik moril maupun materiil;
6. Sahabat saya, Dinise Cherlicia Cahya, Hanik Muhimatul Mukharomah, Kamilatul Istiana, Adhimatur Rohma Salsabila, Nova Odiantamara Putri, dan Natasya Emi Wijayanti;
7. Tim Geofisika dan Quantum yang telah menjadi memberikan warna dan menjadi teman selama masa perkuliahan;

8. Kepada pemilik NIM 201810101071 terimakasih telah kebersamai penulis memberikan dukungan dan semangat dalam pengerjaan skripsi.
9. Segenap teman KKN 2023 Sumberjeruk (Helen, Zahra, Neneng, Aisyah, Emi, Ifah, Sigit, Enggar, Roy) terimakasih telah memberikan kehangatan kebersamaan saat KKN yang merupakan anugerah yang tidak ternilai untuk penulis, Semoga semua sukses di masa depan untuk kalian semua.
10. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu;

Penulis juga menerima segala saran dan kritik dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi para pembaca dan bagi perkembangan ilmu pengetahuan di bidang fisika maupun bidang lainnya.

Jember, Juli 2024

Penulis

DAFTAR ISI

PERSEMBAHAN	ii
MOTTO	iii
PERNYATAAN ORISINALITAS	iv
HALAMAN PERSETUJUAN	v
ABSTRACT	vi
RINGKASAN	vii
PRAKATA	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan.....	4
1.4 Manfaat.....	4
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Struktur Geologi Gunung Merapi.....	5
2.2 Kantong Magma	6
2.3 Densitas Batuan	7
2.4 Teori Gravitasi.....	8
2.5 Data Gravitasi Satelit GGMplus.....	9
2.6 Koreksi Topografi	10
2.6.1 Koreksi Bouguer	10
2.6.2 Koreksi <i>Terrain</i>	11
2.6.3 Anomali Bouguer	11
2.7 Pemodelan Tiga Dimensi (3D).....	11
BAB 3. METODE PENELITIAN	13
3.1 Rancangan Penelitian	13
3.2 Prosedur Penelitian	13
3.2.1 Studi literatur.....	13
3.2.2 Pengumpulan data	13

3.2.3	Koreksi Bouguer dan Anomali Bouguer Sederhana (ABS).....	14
3.2.4	Koreksi <i>Terrain</i> dan Anomali Bouguer Lengkap (ABL).....	14
3.2.5	Pemisahan Anomali Regional dan Anomali Lokal.....	15
3.2.6	Pemodelan inversi 3D	15
3.2.7	Interpretasi.....	15
3.3	Metode Analisis Data	16
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN		17
4.1	Topografi Daerah Penelitian	17
4.1.1	Data Gravity Disturbance.....	18
4.2	Anomali Bouguer Lengkap (ABL)	19
4.3	Pemisahan Anomali	20
4.3.1	Anomali Regional	21
4.3.2	Anomali Lokal	21
4.4	Pemodelan 3D	22
4.5	Model Kantong Magma Merapi.....	27
BAB 5. PENUTUP.....		30
5.1	Kesimpulan.....	30
5.2	Saran	30
DAFTAR PUSTAKA		31
LAMPIRAN.....		33

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Sebaran densitas pada setiap lapisan.....	26
---	----

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Proses terjadinya pembentukan magma	7
Gambar 2.2 Koreksi Bouguer	10
Gambar 2.3 Hasil pemodelan invers modelling kedalaman 6-8 meter	12
Gambar 4.1 Peta kontur topografi daerah penelitian	18
Gambar 4.2 Peta <i>gravity disturbance</i>	18
Gambar 4.3 Peta kontur topografi ABL daerah penelitian	20
Gambar 4.4 Peta kontur anomali regional daerah penelitian	21
Gambar 4.5 Peta kontur anomali lokal daerah penelitian	22
Gambar 4.6 Peta hasil read gravity data anomali lokal sebelum inversi	24
Gambar 4.7 Pemodelan 3D struktur bawah permukaan pada kedalaman 5 km....	25
Gambar 4.8 (a) sayatan pada kedalaman 3 km (b) sayatan pada kedalaman 4,5 km (c) lapisan ke-6 secara vertikal	27

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia secara geografis merupakan negara kepulauan yang terletak diantara dua samudera, yaitu Samudera Hindia dan Samudera Pasifik serta diantara Benua Asia dan Benua Australia. Selain itu Indonesia terletak di atas tiga lempeng utama dunia, yaitu lempeng Pasifik, lempeng Indo-Australia, dan lempeng Eurasia. Secara geologis Indonesia sangat rentan terhadap gempa bumi dan letusan gunung api (Bramasta & Irawan 2020). Salah satu gunung api aktif di Indonesia yaitu Gunung Merapi.

Gunung Merapi yang terletak di Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta pada lereng sisi selatan sisanya berada dalam wilayah Provinsi Jawa Tengah, yaitu pada sisi barat di Kabupaten Magelang, di sisi utara dan timur terletak di Kabupaten Boyolali serta pada bagian sisi tenggara terletak di Kabupaten Klaten. Gunung merapi salah satu gunung api aktif di Indonesia dan tercatat beberapa kali mengalami erupsi (Evi, 2022). Gunung Merapi memiliki sejarah erupsi yang tinggi dalam 100 tahun terakhir yang merupakan salah satu gunung api paling aktif di dunia dengan sejarah erupsi yang terjadi setiap 3-5 tahun sekali. Sejarah erupsi pada evaluasi bencana abad ke-19 jauh lebih besar dibandingkan pada abad ke-20 dimana beberapa kasus erupsi dari puncak mencapai lebih dari 20 km. Jangkauan 20 km dari puncak merapi terjadi erupsi sangat besar yang dimulai pada akhir Oktober hingga awal Oktober 2010. Sehingga diharuskan memindahkan kurang lebih sepertiga dari satu juta penduduk (Permadi *et al.*, 2016).

Besarnya tingkat erupsi gunung merapi ini diduga berkaitan dengan geometri bawah permukaan gunung, terutama pada kantong magma. Magma merupakan bahan pembentuk gunung api yang merupakan cairan kompleks dengan suhu sangat tinggi berasal dari dalam perut bumi. Magma yang mencapai permukaan bumi disebut sebagai lava. Proses pembentukan gunung api terjadi di zona subduksi, dimana retakan-retakan terbentuk, memberi jalur bagi magma untuk naik ke permukaan. Saat magma naik ke puncak gunung api mengalami diferensiasi karena

perbedaan tekanan, mengubah sifat fisiknya. Perbedaan tekanan tersebut mempengaruhi struktur gunung api dan tipe letusannya (Islamiyah *et al.*, 2019). Salah satu metode geofisika yang dapat digunakan untuk memahami struktur di bawah permukaan gunung api adalah metode gravitasi.

Metode gravitasi dilakukan dengan cara mengukur variasi anomali gravitasi bumi, yang timbul akibat perbedaan kerapatan batuan di dalam bumi. Anomali gravitasi digunakan untuk menganalisis struktur bawah permukaan dan mengidentifikasi keberadaan kantong magma di gunung api (Roy *et al.*, 2018). Data anomali kemudian diolah menjadi pemodelan 3D untuk merinci struktur bawah permukaan. Pemodelan 3D dianggap lebih rinci dan akurat dibandingkan pemodelan 2D karena bentuk model geometri dapat disesuaikan dengan objek alam (Manrulu dan Wahyudi, 2014). Pemodelan 3D membutuhkan waktu yang lama untuk mendapatkan hasil data yang tepat dan lebih kompleks. Kemajuan komputer di bidang perangkat keras dan perangkat lunaknya telah menghasilkan pemrosesan data yang lebih cepat (Lahfehr, 1980), sehingga memungkinkan mengolah data dengan jumlah data yang banyak seperti halnya data satelit.

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data satelit dari GGMplus (*Global Gravity Model plus*), khususnya data *gravity disturbance*, yang digunakan untuk memodelkan dan menginterpretasi struktur bawah permukaan, termasuk pendugaan kantong magma gunung api, melalui pemodelan tiga dimensi. Proses pengolahan data gravitasi GGMplus melibatkan beberapa tahap hingga diperoleh data gravitasi Anomali Bouguer Lengkap (ABL). Pemodelan 3D dilakukan dengan menggunakan *software* Grablox dan Bloxer untuk pemodelan inversi, dengan tujuan mengidentifikasi geometri kantong magma Gunung Merapi.

Penelitian yang berkaitan dengan pemodelan 3D bawah permukaan menggunakan metode gravitasi pernah dilakukan beberapa peneliti diantaranya oleh Hidayati (2017). Hidayati melakukan analisis gradien dan pemodelan 3D struktur bawah permukaan berdasarkan data gaya berat pada lereng barat Gunung Lawu. Pemodelan 3D pada penelitian ini menggunakan Grablox dan Bloxer. Hasil pemodelan 3D pada penelitian ini dapat memetakan keberadaan batuan lava andesit, breksi vulkanik, tuff, dan keberadaan sesar Sidoramping-Lawu dan

Cemorosewu. Penelitian lainnya dilakukan oleh Azizah (2019) berkaitan dengan pemodelan 3D struktur bawah permukaan daerah maar Gunung Lamongan menggunakan data gravitasi GGMplus. Hasil yang diperoleh pemodelan 3D daerah maar menunjukkan kedalaman 0 km hingga 0,37 km di bawah permukaan memiliki diameter hingga 0,6 km. Sedangkan pada kedalaman 0,38 km hingga 1,13 km di bawah permukaan memiliki diameter maar hingga 0,8 km. Pemodelan 3D daerah maar menunjukkan variasi densitas batuan yang tersebar di bawah permukaan daerah maar yang terdiri dari batuan gravel, andesit dan basalt. Selain itu, Alfiyah (2023) telah melakukan penelitian mengenai pemodelan 3D struktur bawah permukaan dan geometri kantong magma Gunung Arjuno berdasarkan metode gravitasi. Hasil pemodelan struktur bawah permukaan dan geometri kantong magma Gunung Arjuno menunjukkan secara keseluruhan model 3D yang diperoleh memperlihatkan beberapa jenis batuan yang mendominasi daerah penelitian khususnya batuan beku. Batuan beku yang mendominasi daerah penelitian sangat bervariasi sesuai dengan nilai rentang densitasnya, dalam hal ini batuan beku yang terdapat di daerah penelitian yakni *rhyolite*, *acid igneous*, *quartz diorite*, *porphyry*, *lava*, dan *basalt*. Tampak adanya distribusi densitas rendah di daerah Gunung Arjuno yang diinterpretasikan sebagai kantong magma dan bersifat cair. Kantong magma pada daerah penelitian menyebar dan nampak berbentuk setengah oval dengan kedalaman minimal 1000 meter.

Berdasarkan penelitian sebelumnya yang telah dilakukan, pemodelan 3D data gravitasi dapat digunakan untuk mempermudah melakukan interpretasi bawah permukaan. Dengan menggunakan pemodelan 3D, diharapkan dapat mengetahui struktur bawah permukaan dan geometri kantong magma Gunung Merapi dengan lebih detail. Pentingnya dilakukan identifikasi geometri magma yang nantinya berkaitan dengan struktur internal gunung berapi. Struktur internal ini diduga berkaitan dengan aktivitas dan intensitas letusan gunung api yang ada. Pemodelan bawah permukaan gunung api diharapkan sebagai tindakan mitigasi awal, yang bertujuan untuk memahami struktur internal bawah permukaan, dan dapat digunakan sebagai panduan dalam upaya mitigasi dan mengelola resiko bencana

Gunung Merapi sehingga dilakukan penelitian dengan judul “*Modelling* Kantong Magma Gunung Merapi Menggunakan Data Gravitasi”.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijabarkan permasalahan dari penelitian ini yaitu bagaimana model 3D struktur bawah permukaan geometri kantong magma Gunung Merapi berdasarkan data anomali gravitasi dengan menggunakan Grablox dan Bloxer?

1.3 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini yaitu mengetahui model 3D struktur bawah permukaan geometri kantong magma Gunung Merapi berdasarkan data anomali gravitasi dengan menggunakan Grablox dan Bloxer.

1.4 Manfaat

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat dan informasi bagi pembaca sebagai kemajuan ilmu pengetahuan khususnya mengenai struktur bawah permukaan kantong Gunung Merapi. Interpretasi data 3D menggunakan *software* Grablox dan Bloxer diharapkan dapat mengetahui struktur bawah permukaan dan geometri kantong magma Gunung Merapi dengan lebih detail sebagai tindakan mitigasi awal, yang bertujuan untuk memahami struktur internal bawah permukaan, dan dapat digunakan sebagai panduan dalam upaya mitigasi dan mengelola resiko bencana Gunung Merapi.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Struktur Geologi Gunung Merapi

Gunung Merapi di Indonesia adalah salah satu gunung api yang mempunyai aktivitas vulkanik sangat tinggi. Keberadaan Gunung Merapi menarik perhatian untuk dipelajari lebih lanjut terutama pada struktur bawah permukaannya. Struktur bawah permukaannya memiliki peranan penting dalam proses vulkanik dan tektonik. Letak astronomis Gunung Merapi pada koordinat $7,32^{\circ}\text{LS}$ dan $110,26^{\circ}\text{BT}$ di wilayah perbatasan Provinsi Jawa Tengah dengan Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta dengan ketinggian 2978 mdpl. Gunung Merapi berada di antara kelurusan vulkanik Ungaran-Telomoyo-Merbabu Merapi dan kelurusan vulkanik Lawu-Merapi-Sumbing-Sindoro-Slamet. Kelurusan vulkanik Ungaran-Merapi berbentuk melengkung ke dalam sampai ke barat, kegiatan vulkanisnya berkembang sepanjang sesar mendatar dari arah utara ke selatan. Ungaran Tua berumur Pleistosen berawal di utara dan berakhir di selatan merupakan Gunung Merapi yang sangat aktif hingga saat ini. Gunung Merapi juga terletak di perpotongan dua sesar kwarter. Sesar Semarang yang berrorientasi utara-selatan dan Sesar Solo yang berrorientasi barat-timur. Gunung Merapi juga terdapat kerucut puncak Merapi (Islamiyah *et al.*, 2019).

Kerucut puncak Merapi biasa disebut sebagai Gunung Anyar yang merupakan bagian Merapi paling muda. Aktivitas Merapi terpusat pada puncak kerucutnya dan terdapat kawah utama Merapi berbentuk tapal kuda yang mengarah ke barat-barat daya. Terbentuknya morfologi kawah sesudah letusan tahun 1961. Kubah-kubah lava yang tidak terlongsorkan tersusun menjadi dataran puncak Merapi. Area dataran puncak Merapi di luar kawah utama mengeluarkan banyak uap vulkanik di area Gendol dan Woro. Gunung Merapi sendiri memiliki tiga lapisan batuan. Lapisan pertama diidentifikasi sebagai batuan piroklastik, lapisan kedua diduga berkaitan dengan posisi kantong magma, lapisan ketiga diduga sebagai lapisan tempat keberadaan kantong magma. Aktivitas vulkanik Gunung Merapi dipengaruhi dari suplai kantong magma. Suplai magma sendiri berkaitan dengan

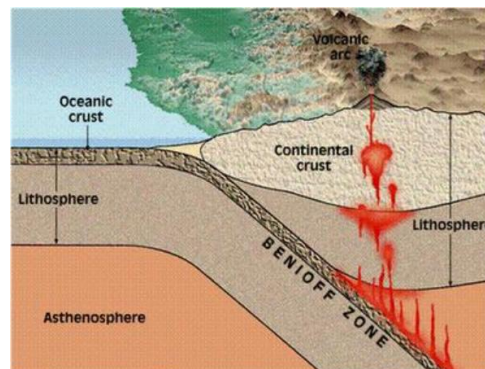
sistem tektonik berupa subduksi disebabkan karena tumbukan antara lempeng Eurasia dengan lempeng Indo-Australia. Magma yang terbentuk naik akibat dari tekanan dan temperatur yang tinggi dari antar kedua lempeng. Kantong magma sendiri terakumulasi pada suatu reservoir (Islamiyah *et al.*, 2019).

2.2 Kantong Magma

Kantong magma pada bahasa Yunani Kuno μάγμα (*magma*) disebut “ungu tebal” yang merupakan kombinasi batuan cair, zat yang mudah menguap, dan padatan yang berada di bawah permukaan bumi. Pada kantong magma terdapat dapur magma. Dapur magma menyediakan reservoir magma untuk gunung api yang dapat diekstrusi pada permukaan lava dan dilepaskan secara eksplosif. Pecahan batuan yang dilepaskan secara eksplosif menghasilkan batuan piroklastik. Komposisi magma dapat dibedakan menjadi 3 jenis yaitu magma basaltik (*mafic*), magma andesitik (*intermediate*), magma rhyolitik (*felsic*). Kandungan gas pada magma meliputi H₂O (uap air), CO₂ (karbondioksida), gas sulfur, klorin, dan flourin. Gas yang dilarutkan dalam cairan akan menciptakan fase uap berbeda ketika magma naik ke permukaan bumi maka tekanannya akan turun. Tabel 2.1 pada lampiran menampilkan karakteristik fisika dan kimia dari magma (Islami, 2017).

Kantong magma yang berada di dalam kerak bumi biasanya diistilahkan dengan geometri kantong magma. Kantong magma adalah permukaan kerak bumi yang terdapat ruang besar di bawah tanah berisi batuan cair. Kantong magma bentuk dan ukurannya dapat berkisar kecil hingga sangat besar. Kantong magma di dalamnya terdapat magma yang merupakan cairan silikat yang berpijar, kental, dan secara alami terbentuk di dalam kerak bumi yang diantara suhu 1500 °C - 2500°C (Zuhdi, 2019). Magma sangat mudah bergerak ke segala arah baik miring, vertikal dan horizontal yang berada di dalam tanah maupun di permukaan bumi. Magma yang terperangkap pada rekahan yang tidak langsung membeku maka akan menghasilkan kantong-kantong magma. Magma yang mengalir pada rekahan dan celah di dalam batuan kemudian membeku akan membentuk sebagai batuan beku. Magma yang naik pada permukaan bumi atau bisa dikatakan meletus akan menghasilkan lava,

abu vulkanik, dan material vulkanik lainnya. Magma yang naik dari mantel hingga mencapai kerak bumi akan membentuk kantong magma. Kantong magma memberikan peranan penting pembentukan gunung api dan aktivitas vulkanik. Berikut gambar 2.1 merupakan proses terjadinya pembentukan magma (Hadisuryo,2018).



Gambar 2.1 Proses terjadinya pembentukan magma (Sumber:Zuhdi,2019)

2.3 Densitas Batuan

Densitas batuan merupakan karakteristik fisik ikatan elemen penyusun dari batuan (Zuhdi, 2019). Batuan merupakan sekumpulan mineral-mineral yang terdiri dari satu macam mineral saja atau campuran beberapa mineral . Perbedaan densitas antara massa batuan dan sekelilingnya akan menghasilkan anomali gravitasi pada metode gravitasi. Percepatan gravitasi diamati pada permukaan bumi yang variabelnya dipengaruhi oleh batuan yang berada di bawah permukaan bumi. Variasi densitas batuan dapat ditimbulkan dari perubahan material yang menempati volume pori-pori batuan. Setiap jenis batuan memiliki densitas yang bervariasi dan terdapat banyak jenis batuan yang berbeda di permukaan bumi. Kisaran umum kepadatan jenis batuan antara 1.60 sampai 3.20 g/cm³ (Kearey *et al.*, 2002). Tabel 2.2 pada lampiran menampilkan nilai densitas jenis batuan (Telford *et al.*, 1990).

2.4 Teori Gravitasi

Hukum Newton tentang gravitasi menjadi teori dasar pada metode gravitasi. Teori dasar pada metode gravitasi menjelaskan bahwa dua buah benda yaitu m_1 dan m_2 yang terpisah sejauh r berbanding terbalik pada jarak kuadrat antara pusat massa kedua benda dan sebanding pada massa kedua benda tersebut (Kearey *et al.*, 2002).

2.4.1 Hukum Gravitasi Newton

Gaya gravitasi dinyatakan dengan hukum Newton: Gaya antara dua partikel bermassa m_1 dan m_2 berbanding lurus dengan hasil kali massa dan berbanding terbalik dengan kuadrat jarak antara pusat massa:

$$F = \gamma(m_1 m_2 / r^2) r_1 \quad (2.1)$$

dimana F adalah gaya pada m_2 , r_1 adalah vektor satuan yang diarahkan dari m_2 menuju m_1 , r adalah jarak antara m_1 dan m_2 , dan γ adalah konstanta gravitasi. Bahwa gaya F selalu tarik menarik. Dalam satuan SI nilai γ adalah $6,672 \times 10^{-11} \text{ N m}^2/\text{kg}^2$ atau dalam satuan cgs $6,672 \times 10^{-8} \text{ dyne cm}^2/\text{g}^2$.

2.4.2 Percepatan Gravitasi

Percepatan m_2 akibat adanya m_1 dapat dicari dengan membagi F dengan m_2 pada Persamaan (2.1) yaitu;

$$g = (\gamma m_1 / r^2) r_1 \quad (2.2)$$

Percepatan g sama dengan gaya gravitasi per satuan massa akibat m_1 . Jika m_1 adalah massa Bumi M_e , g menjadi percepatan gravitasi dan diberikan oleh;

$$g = (\gamma M_e / R_e^2) r_1 \quad (2.3)$$

R_e adalah jari-jari Bumi dan r_1 memanjang ke bawah menuju pusat Bumi. Percepatan gravitasi pertama kali diukur oleh Galileo dalam eksperimennya yang terkenal di Pisa. Nilai numerik g di permukaan bumi adalah sekitar 980 cm/s^2 . Untuk menghormati Galileo, satuan percepatan gravitasi, 1 cm/s^2 , disebut galileo atau Gal (Telford *et al.*, 1990).

2.4.3 Metode Gravitasi

Metode gravitasi yaitu metode geofisika untuk menggambarkan keadaan geologi bawah permukaan dengan distribusi variasi medan gravitasi di permukaan bumi. Nilai medan gravitasi dipengaruhi oleh adanya faktor perbedaan posisi lintang, topografi, pasang surut, perbedaan ketinggian titik ukur, dan variasi rapat massa batuan pada bawah permukaan bumi (Telford *et al.*, 1990).

Metode gravitasi dalam pengertian lain yaitu metode yang digunakan sebagai mencari nilai beda percepatan gravitasi pada suatu daerah. Akuisisi data gravitasi diperoleh dengan tiga cara yaitu *marine*, *land surface*, dan *airbone survey*. Kemajuan perkembangan teknologi pada saat ini metode gravitasi dapat diukur melalui satelit. Penggunaan pengukuran satelit bersifat aktif dan pasif. Pengukuran aktif menggunakan peralatan altimeter yang terdapat pada satelit (*laser pulse or electromagnetic*). Pengukuran pasif meliputi metode pelacakan lintasan/orbit satelit relatif pada permukaan bumi atau satelit lain. Variasi hasil pengukuran aktif maupun pasif dapat dikorelasikan dengan nilai anomali gravitasi (Hinze *et al.*, 2013).

2.5 Data Gravitasi Satelit GGMplus

Data gravitasi satelit GGMplus merupakan kombinasi model gravitasi data satelit GRACE (*Gravity Recovery and Climate Experiment*) dan GOCE (*Gravity Field and Steady-State Ocean Circulation Explorer*) serta data EGM (*Earth Gravitational Model 2008*) dengan data gravitasi topografi yang beresolusi tinggi diperoleh dari data topografi SRTM. Pengumpulan data gravitasi satelit mutakhir GRACE dan GOCE pada ketinggian orbit sekitar 450-500 km dan 270 km. Data gravitasi satelit GGMplus merupakan hasil projek penelitian Universitas Curtin (Perth, Australia Barat) dan Universitas Teknik Munich (Jerman). Data gravitasi satelit GGMplus terdapat *grid* data percepatan gravitasi, *gravitasi disturbance*, *undulasi quasigeoid*, dan defleksi komponen vertikal Utara-Selatan dan Barat-Timur (Karimah *et al.*, 2020).

Data gravitasi satelit GGMplus diperoleh dari proses ekstraksi yang masih berupa data *gravity disturbance* yang perlu dilakukan koreksi terlebih dahulu.

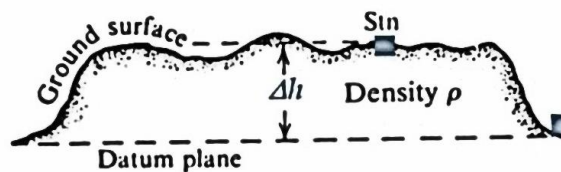
Koreksi yang dilakukan berupa jenis koreksi topografi mencakup koreksi Bouguer dan koreksi *Terrain*. Koreksi Bouguer dilakukan sebagai menghilangkan pengaruh massa dari datum pada ketinggian titik pengukuran. Koreksi *Terrain* dilakukan setiap titik penelitian untuk menghitung variasi percepatan gravitasi yang diperoleh dari variasi topografi (Karimah *et al.*, 2020).

2.6 Koreksi Topografi

Koreksi topografi merupakan perhitungan massa pada permukaan topografi. Data gravitasi satelit GGMplus yang diperoleh masih berupa data anomali *gravity disturbance*. Koreksi topografi perlu dilakukan terlebih dahulu karena perhitungan massa berpengaruh terhadap nilai anomali gravitasi (Grant dan West, 1965).

2.6.1 Koreksi Bouguer

Menurut Telford (1990) koreksi Bouguer merupakan model dari lempeng horizontal tak terbatas dengan massa batuan yang terletak di antara datum *sferoida* dan topografi dengan panjang tak hingga dan ketebalan h yang merupakan ketinggian titik data dengan referensi *sferoida*. Koreksi Bouguer memperhitungkan massa batuan yang terletak di titik stasiun pengukuran dengan bidang *geoid*. Koreksi Bouguer tersebut dapat digambarkan seperti gambar 2.2 berikut.



Gambar 2.2 Koreksi Bouguer (Sumber: Telford et al., 1990)

Koreksi Bouguer dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 2.4 sebagai berikut.

$$BC = 0,04191\rho h \text{ (mGal)} \quad (2.4)$$

dengan ρ adalah densitas rata-rata (g/cm^3) dan h adalah ketebalan slab dalam satuan meter. Pada nilai koreksi Bouguer koreksi akan dikurangi jika titik pengukuran berada di atas bidang *geoid*. Kandungan massa di atas bidang *geoid* membuat nilai g pada titik pengukuran lebih besar dari nilai g pada bidang *geoid*, sehingga untuk menarik titik pengukuran ke bidang *geoid* koreksi harus dikurang. Sebaliknya, jika

titik pengukuran berada di bawah bidang *geoid*, koreksi harus ditambah (Telford, 1990).

2.6.2 Koreksi *Terrain*

Koreksi *Terrain* merupakan koreksi yang digunakan untuk mengoreksi penyebaran massa yang tidak teratur pada sekitar titik pengukuran. Hal tersebut dilakukan karena model *slab* Bouguer pada koreksi Bouguer tidak memperhitungkan massa yang berada diatas titik data, seperti bukit dan lembah yang nantinya akan mempengaruhi nilai gravitasi pada titik pengukuran. Massa yang berada pada bukit dianggap tidak ada oleh model *slab* sedangkan massa yang berada pada lembah dianggap ada. Hal tersebut yang menyebabkan nilai gravitasi mengecil sehingga diperlukannya koreksi *Terrain* agar penyebaran massa teratur pada sekitar titik pengukuran (Hinze *et al.*, 2013).

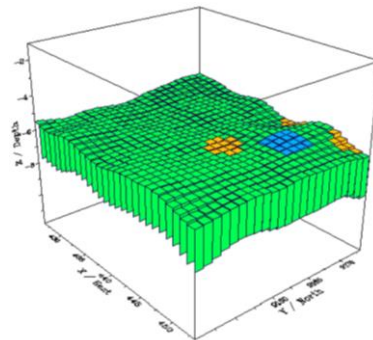
2.6.3 Anomali Bouguer

Anomali Bouguer Lengkap (ABL) atau anomali gaya berat merupakan campuran dari anomali regional dan anomali lokal diperlukan pemisahan anomali agar mendapatkan nilai anomali regional dan lokal (Apriliani *et al.*, 2021). Anomali Bouguer merupakan selisih nilai gravitasi pengukuran dengan nilai gravitasi teoritis dan ditetapkan pada titik pengukuran tertentu. Perbedaan tersebut menunjukkan variasi rapat massa di suatu daerah dengan daerah sekitarnya dengan arah lateral atau vertikal. Anomali Bouguer dapat bernilai positif ataupun negatif. Nilai anomali positif menunjukkan adanya kontras densitas yang lebih besar daripada densitas rata-rata daerah sekitarnya, sedangkan nilai anomali negatif menggambarkan densitas yang lebih kecil (Hinze *et al.*, 2013).

2.7 Pemodelan Tiga Dimensi (3D)

Pemodelan struktur bawah permukaan dari data gravitasi diperoleh dengan cara pemodelan inversi. Pemodelan inversi dilakukan untuk memperoleh parameter model geologi dari pengaruh medan gravitasi pada model geologi daerah yang akan diteliti (Manluru dan Wahyudi, 2014). Tujuan pada pemodelan 3D agar mengetahui struktur bawah permukaan dan distribusi densitasnya lebih jelas. Distribusi densitas

dilakukan analisis data pada daerah penelitian. Pemodelan 3D pengaplikasiannya menggunakan Grablox dan Bloxer. Grablox digunakan sebagai pemodelan inversi yang terdiri dari blok mayor (blok utama) dan blok minor (blok kecil). Blok mayor menunjukkan volume di bawah daerah pengukuran yang dibagi ke dalam elemen blok minor menunjukkan nilai densitas batuan. Bloxer berfungsi untuk menyusun, menampilkan dan mengedit hasil model dari Grablox pada tampilan model blok 3D (Pelokila *et al.*, 2018). Tampilan dari hasil pemodelan Grablox dan Bloxer pada hasil pemodelan inversi dapat ditunjukkan pada Gambar 2.3



Gambar 2.3 Hasil pemodelan invers modelling kedalaman 6-8 meter (Sumber:Manrulu dan Wahyudi, 2014)

BAB 3. METODE PENELITIAN

3.1 Rancangan Penelitian

Rancangan penelitian “*Modelling* Kantong Magma Gunung Merapi Menggunakan Data Gravitasi” dimulai dengan penentuan topik. Tahapan selanjutnya studi literatur mengenai penelitian terdahulu yang berkaitan dengan penelitian yang dilakukan. Tahapan rumusan masalah untuk mengidentifikasi masalah yang muncul pada penelitian sebelumnya. Variabel penelitian yang dilakukan diperoleh berdasarkan penelitian sebelumnya. Setelah diperoleh variabel penelitian, dilakukan tahapan pengambilan data sekunder dari data satelit GGMplus di sekitar Gunung Merapi. Pengolahan data dilakukan dengan menggunakan metode gravitasi yang hasilnya kemudian diinterpretasi untuk mencapai suatu kesimpulan.

3.2 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian berisi tahapan-tahapan penelitian dari tahap awal sampai tahap akhir penelitian sehingga mencapai suatu kesimpulan. Prosedur penelitian ditunjukkan dalam lampiran 3.1 berikut penjelasannya.

3.2.1 Studi literatur

Langkah pertama adalah melakukan studi literatur pada penelitian ini adalah mencari referensi seperti buku, jurnal, dan skripsi maupun tesis tentang analisis pemodelan struktur 3D di bawah permukaan menggunakan data gravitasi GGMplus. Hasil penelitian ini menjadi dasar untuk proses pengumpulan dan pengolahan data berikutnya.

3.2.2 Pengumpulan data

Pengumpulan data pada penelitian ini yaitu berupa data gravitasi satelit GGMplus dan data DEM (*Digital Elevation Model*) untuk data topografi dan juga berfungsi sebagai input koreksi *Terrain*. Langkah pertama untuk mendapatkan data satelit gravitasi yaitu mengunduh data DEM diunduh melalui *website* <http://srtm.csi.cgiar.org/> selanjutnya mengunduh data GGMplus dengan masuk ke

halaman *website* <https://ddfe.curtin.edu.au/gravitymodels/GGMplus/data/>. Halaman *website* utama file yang diunduh berupa folder data/ diunduh dalam bentuk format .dg (*gravity disturbance*). File yang diunduh koordinat penelitian data yang diunduh 7,30° hingga 7,45° LS dan 110,15° hingga 110,35° BT Selain data .dg yang diunduh terdapat dua *software listing* program yang membantu proses ekstraksi data yaitu *ggmplus2013_v4.m* dan *test access_ggmplus.m* dengan bantuan *software* MATLAB 2018. Data yang diperoleh dari data gravitasi satelit GGMplus merupakan percepatan gravitasi yang sudah terkoreksi hingga koreksi udara bebas. Selanjutnya diperlukan analisis berupa koreksi *Terrain* dan koreksi Bouguer hingga diperoleh nilai anomali Bouguer agar dapat diketahui struktur bawah permukaan daerah sekitar Gunung Merapi.

3.2.3 Koreksi Bouguer dan Anomali Bouguer Sederhana (ABS)

Koreksi Bouguer pada penelitian ini menggunakan perhitungan melalui *Microsoft Excel* 2013. Koreksi Bouguer dilakukan menggunakan persamaan (2.4) Dimana ρ merupakan nilai densitas rata-rata yang digunakan, h merupakan suatu ketinggian *slab* dalam satuan meter. Hasil koreksi Bouguer digunakan untuk memperoleh nilai ABS. Mencari nilai ABS dapat dihitung dengan menggunakan cara mengurangi nilai *gravity disturbance* atau nilai *Free Air Anomaly* (FAA) dengan nilai koreksi Bouguer dalam satuan mGal. Koreksi Bouguer ABS merupakan tahap dalam koreksi Topografi. Koreksi Topografi terdapat dua koreksi yaitu koreksi Bouguer dan koreksi *Terrain*.

3.2.4 Koreksi *Terrain* dan Anomali Bouguer Lengkap (ABL)

Koreksi *Terrain* merupakan tahap dari koreksi Topografi yang dilakukan dengan menggunakan *software* Oasis Montaj dan Global Mapper 15. Pada koreksi *Terrain* data DEM SRTM diinputkan pada *software* Global Mapper 15 yang digunakan untuk mendapatkan *grid* regional sebagai input dari koreksi *Terrain*. Data *latitude*, *longitude*, dan data topografi data akan diinputkan. Hasil koreksi *Terrain* digunakan pada ABL yang nilainya diperoleh dengan cara mengurangi nilai ABS dengan hasil koreksi *Terrain*.

3.2.5 Pemisahan Anomali Regional dan Anomali Lokal

Pemisahan anomali regional dan anomali lokal dilakukan setelah diperoleh nilai ABL, karena pada nilai ABL masih terdapat nilai anomali regional dan anomali lokal. Magpick merupakan *software* digunakan sebagai pemisahan anomali regional dan anomali lokal. Metode yang digunakan pada pemisahan anomali regional dan anomali lokal memanfaatkan peta kontur Anomali Bouguer Lengkap dengan menggunakan kontinuitas ke atas (*upward continuation*).

3.2.6 Pemodelan inversi 3D

Pada tahap pemodelan 3D data anomali dapat diartikan untuk mendapatkan gambaran struktur bawah permukaan terkait dengan geometri kantong magma berdasarkan sebaran densitas. Pemodelan inversi 3D dengan menggunakan Grablox dan hasil pemodelannya 3D dapat dilihat menggunakan Bloxer. Penelitian ini menggunakan *software* Grablox untuk pemodelan inversi (*inversi modelling*) dimana terdapat dua blok mayor (blok utama) dan blok minor (blok kecil). Pemodelan inversi (*inversi modelling*) difokuskan pada wilayah yang menunjukkan keberadaan struktur geometris kantong magma. Tujuan dari pemodelan inversi ini adalah mengoptimalkan distribusi densitas dan khususnya dalam memprediksi geometri kantong magma di sekitar Gunung Merapi menggunakan metode gravitasi.

3.2.7 Interpretasi

Interpretasi data pada penelitian ini dilakukan melihat keadaan sebenarnya daerah penelitian dengan anomali yang dihasilkan pada peta kontur ABL. Interpretasi pada penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi kondisi bawah permukaan terkait dengan struktur geometri kantong magma Gunung Merapi. Interpretasi dilakukan secara kualitatif dengan cara menganalisis pada peta kontur yang dihasilkan berupa ABL, anomali regional, anomali lokal. Hasil analisis digunakan sebagai menginterpretasikan pengaruh anomali terhadap sebaran densitas. Interpretasi yang dilakukan secara kuantitatif yaitu dengan melihat hasil dari pemodelan 3D hasil analisis yang diperoleh merupakan informasi sebaran densitas dan geometri kantong magma. Hasil yang diperoleh dari interpretasi

kualitatif dan kuantitatif digunakan sebagai identifikasi terhadap jenis sebaran densitas batuan dan geometri kantong magma.

3.3 Metode Analisis Data

Langkah awal yang dilakukan sebelum menganalisa data yaitu menentukan titik koordinat wilayah pada daerah penelitian yaitu $7,30^{\circ}$ hingga $7,45^{\circ}$ LS dan $110,15^{\circ}$ hingga $110,35^{\circ}$ BT. Pengunduhan data gravitasi diperoleh dari GGMplus dan *script* dijalankan menggunakan *software* MATLAB. *Script* program yang dijalankan diperoleh dari mengekstrak data gravitasi GGMplus yaitu *gravity disturbance*. Selanjutnya dilakukan koreksi topografi yaitu koreksi Bouguer menggunakan *Microsoft Excel* dan koreksi *Terrain* menggunakan *software* OASIS Montaj. Koreksi *Terrain* menggunakan data DEM yang di unduh kemudian diolah menjadi bentuk grid menggunakan *software* Global Mapper. Langkah selanjutnya menghitung nilai ABL menggunakan *Microsoft Excel*. Membuat kontur ABL dalam koordinat *Universal Transverse Mercator* (UTM) menggunakan *software* surfer. Koordinat UTM digunakan pada kontur anomali topografi. Hasil kontur ABL dan kontur anomali topografi dilakukan analisa berdasarkan dengan nilai anomalnya. Data nilai ABL digunakan sebagai input kontinuitas ke atas menggunakan *software* Magpick dan pemodelan 3D menggunakan Grablox dan Bloxer. Hasil dari pemodelan 3D secara kualitatif dari keberadaan zona subduksi dianalisis berdasarkan nilai densitas jenis batuan setiap sayatan dan densitas kantong magma yang berada pada gunung Merapi. Secara kuantitatif untuk memperoleh nilai densitas pada kedalaman gunung Merapi.

BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini yang berjudul “*Modelling* Kantong Magma Gunung Merapi Menggunakan Data Gravitasi” terdapat beberapa tahapan hingga memperoleh pemodelan 3D menggunakan data anomali gravitasi. Data hasil pada penelitian ini dibahas pada BAB 4 terdiri dari analisa topografi daerah penelitian, hasil peta kontur ABL, pemisahan anomali regional dan residual, dan pemodelan 3D menggunakan metode pemodelan inversi (*inversi modelling*).

4.1 Topografi Daerah Penelitian

Penelitian ini terletak di Kabupaten Sleman, Magelang, Boyolali, Klaten. Daerah penelitian terletak pada koordinat $7,30^{\circ}$ hingga $7,45^{\circ}$ LS dan $110,15^{\circ}$ hingga $110,35^{\circ}$ BT. Data topografi diperoleh dari data SRTM yang di ekstrak melalui *software* MATLAB yang memberikan informasi mengenai ketinggian pada daerah penelitian. Hasil ekstraksi data topografi divisualisasikan pada surfer 13 dalam bentuk peta dengan memasukkan grid data koordinat dari DEM SRTM agar mempermudah saat melakukan interpretasi.

Hasil ekstrak data DEM dan konturing data DEM menggunakan *software* Surfer ditampilkan oleh Gambar 4.1. Pada Gambar 4.1, menunjukkan peta kontur topografi daerah penelitian memiliki ketinggian 3000 meter di atas permukaan laut. Peta kontur topografi dibagi menjadi tiga bagian wilayah warna yang dominan. Topografi yang ditunjukkan dengan warna ungu muda sampai biru tua memiliki rentang nilai 1100 - 1700 m. Topografi yang ditunjukkan pada warna hijau sampai kuning memiliki rentang nilai 1800 - 2400 m. Topografi yang ditunjukkan pada warna oranye sampai merah memiliki rentang nilai 2500 - 3000 m. Daerah yang ditunjukkan dengan simbol segitiga berwarna hitam menunjukkan keberadaan Gunung Merapi dengan ketinggian 2978 mdpl.

BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dengan judul “Modelling Kantong Magma Gunung Merapi Menggunakan Data Gravitasi” diperoleh kesimpulan yaitu hasil pemodelan struktur bawah permukaan Gunung Merapi, model 3D yang dihasilkan menunjukkan dominasi berbagai jenis batuan beku di daerah penelitian. Rentang densitas batuan di wilayah ini berkisar antara 2,21 g/cm³ hingga 3,48 g/cm³. Lapisan dengan densitas rendah sekitar 2,21 g/cm³ diidentifikasi sebagai batuan pasir. Sementara itu, lapisan dengan densitas 2,72 - 3,48 g/cm³ diinterpretasikan sebagai reservoir yang terdiri dari batuan beku basalt dan gabbro. Batuan beku yang ditemukan bervariasi sesuai dengan rentang densitasnya, meliputi rhyolite, andesite, basalt, dan gabbro. Terdapat juga distribusi densitas rendah dengan nilai 2,47 – 2,80 g/cm³ di wilayah Gunung Merapi yang diinterpretasikan sebagai kantong magma dalam keadaan cair. Lapisan dengan densitas tinggi (2,72 - 3,48 g/cm³) di Gunung Merapi diindikasikan sebagai kantong magma dengan karakteristik andesitik hingga basaltik, memiliki viskositas menengah hingga tinggi, serta kandungan gas yang signifikan

5.2 Saran

Saran pada penelitian ini yaitu perlu dilakukan analisis dengan menggunakan pemodelan inversi (*inversi modelling*) yang lain seperti *second vertical derivative* dan *first horizontal derivative* agar mendapatkan informasi mengenai struktur bawah permukaan yang lebih lengkap dari interpretasi hasil pemodelan yang dilakukan. Dengan perolehan demikian memberikan informasi lebih rinci mengenai aktivitas vulkanik dalam upaya mitigasi dan resiko bencana.

DAFTAR PUSTAKA

- Alfiyah, F. I. (2019). Pemodelan 3D Struktur Bawah Permukaan dan Geometri Kantong Magma Gunung Arjuno Berdasarkan Metode Gravitasi. *Skripsi*. Jember: Departemen Fisika Fakultas Sains Dan Matematika Universitas Jember
- Apriliani, R., Indriana, R. D., Harmoko, U., & Yulianto, T. (2021). The GGMplus Data Analysis for Modeling of the Kelimutu Volcanic Subsurface. *IJSHRE*, 6, 9-15.
- Azizah, F. (2019). Pemodelan 3D Struktur Bawah Permukaan Daerah Maar Gunung Lamongan Menggunakan Data Gravitasi GGmplus. *Skripsi*. Jember: Departemen Fisika Fakultas Sains Dan Matematika Universitas Jember.
- Bramasta, D., & Irawan, D. (2020). Mitigasi Bencana Gunung Meletus di Sekolah Rawan Bencana. *Jurnal Publikasi Pendidikan*, 10(2), 154-159.
- Evi Yuliyanti, W. (2022). Pola Adaptasi Meruang Pengungsi pada Hunian Sementara (Huntara) Bencana Erupsi Gunung Merapi di Kabupaten Magelang Jawa Tengah. *Jurnal Permukiman Vol*, 17(2), 77-84.
- Grant, F.S. dan G.F West. 1965. *Interpretation Theory in Applied Geophysics*. New York: McGraw-Hill Book company.
- Hidayati, R. A. (2017). Analisis Gradien dan Pemodelan 3D Struktur Bawah Permukaan Berdasarkan Data Gaya Berat pada Lereng Barat Gunung Lawu. *Skripsi*. Semarang: Departemen Fisika Fakultas Sains dan Matematika Universitas Diponegoro.
- Hinze, W. J., Von Frese, R. R., Von Frese, R., & Saad, A. H. (2013). *Gravity and magnetic exploration: Principles, practices, and applications*. Cambridge University Press.
- Islami, N. (2017). *Fisika Bumi*. Riau: Universitas Riau Press.
- Islamiyah, O. R. A., Minarto, E., & Santoso, A. B. (2019). Estimasi kedalaman dan perubahan volume sumber tekanan gunung merapi berdasarkan pengamatan data tiltmeter. *Jurnal Sains dan Seni ITS*, 7(2), 70-74.
- Karimah, N. A., Supriyadi, S., & Suprianto, A. (2020). Korelasi Data Gravitasi Satelit pada Daerah Panas Bumi Blawan-Ijen. *Jurnal Sains Dasar*, 9(1), 11-15.
- Kearey, P., M. Brooks, dan I. Hill. 2002. *An Introduction to Geophysical Exploration*.
- Lahfehr, T. R. (1980). Gravity method. *Geophysics*. 45(11):1634-1639.
- Manrulu, R. H., & Wahyudi, W. (2014). Pembentukan Karakter Melalui Aplikasi Sains (Pemodelan 3d Anomali Gravitasi Magma Gunung api Merapi dengan Software Grablox, Bloxer dan Rockwork. *Prosiding*, 1(1), 107-115.
- Pellokila, A. I., Tanesib, J. L., & Bernandus, B. (2018). Identifikasi Keberadaan Basement Di Bawah Cekungan Timor Berdasarkan Data Anomali Gravitasi Dengan Pemodelan Tiga Dimensi. *Jurnal Fisika: Fisika Sains dan Aplikasinya*, 3(1), 1-11.

- Permadi, W. A., Setyawan, A., & Nurdien, I. (2016). Interpretasi Bawah Permukaan Gunung Merapi dengan Analisa Gradient dan Pemodelan 2D Data Gayaberat. *Youngster Physics Journal*, 5(4), 433-440.
- Roy, B. S., Sarkowi, M., & Rustadi, R. (2018). Pemodelan Dan Analisa Struktur Bawah Permukaan Daerah Prospek Panasbumi Kepahiang Berdasarkan Metode Gayaberat. *Jurnal Geofisika Eksplorasi*, 4(2), 47-61.
- Telford, W. M., Geldart, L. P., & Sheriff, R. E. (1990). *Applied geophysics*. Cambridge university press.
- Zuhdi, M.(2019). *Pengantar Geologi*. Mataram: Duta Pustaka Ilmu

LAMPIRAN

Lampiran yang digunakan dalam penelitian *Modelling* Kantong Magma Gunung Merapi Menggunakan Data Gravitasi adalah sebagai berikut:

Lampiran 1 : [Lampiran Skripsi](#)

Di bawah ini adalah QR *code* folder penyimpanan lampiran diatas

