

**PEMODELAN 3D STRUKTUR BAWAH PERMUKAAN GUNUNG API
SANGEANG API BERDASARKAN DATA GRAVITASI**



SKRIPSI

Oleh

**SUCI HANDAYANI
NIM: G1B017057**

**PROGRAM STUDI FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS MATARAM
2023**

**PEMODELAN 3D STRUKTUR BAWAH PERMUKAAN GUNUNG API
SANGEANG API BERDASARKAN DATA GRAVITASI**

SKRIPSI

Karya tulis ini sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana dari
Universitas Mataram

Oleh

SUCI HANDAYANI
NIM: G1B017057

**PROGRAM STUDI FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS MATARAM
2023**

ABSTRAK
PEMODELAN 3D STRUKTUR BAWAH PERMUKAAN GUNUNGAPI
SANGEANG API BERDASARKAN DATA GRAVITASI

Oleh

SUCI HANDAYANI
NIM: G1B017057

Pulau Sangeang Api adalah pulau Gunungapi yang terletak di wilayah Kepulauan Sunda Kecil yang merupakan kepulauan busur vulkanik. Secara geografis terletak di 08°11' LS dan 119° 03,5' BT, dan secara administratif terletak di Provinsi Nusa Tenggara Barat. Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah mengetahui struktur bawah permukaan Gunungapi Sangeang Api dan mengetahui kedalaman dapur magmanya melalui pemodelan 3D dari data gravitasi berupa nilai densitas batuan. Metode geofisika yang digunakan pada penelitian ini adalah metode Gravitasi. Hasil pemodelan penampang 3D didapatkan variasi nilai densitas batuan bawah permukaan. Variasi nilai densitas batuan tersebut adalah 1,6 g/cm³ s.d 3.30 g/cm³. Kedalaman dapur magmanya mulai dari 600 m dari atas permukaan bumi sampai dengan 30.000 m bawah permukaan, kedalaman ini sesuai dengan batas pemodelan, namun berdasarkan hasil pemodelan ada dugaan keberlanjutan kedalaman dapur magma hingga lebih dari 30.000 m bawah permukaan bumi. Interpretasi dilakukan dengan melihat tabel nilai densitas batuan dan peta geologi Nusa Tenggara Barat Timur Lembar Dompu dan Bima.

Kata Kunci: Anatomi Gunung Api, Gunungapi Sangeang Api, Dapur Magma, Gravitasi

ABSTRACT
3D MODELLING OF SUBSURFACE STRUCTURE OF SANGEANG API
VOLCANO BASED ON GRAVITY DATA

By
SUCI HANDAYANI
NIM: G1B017057

Sangeang Api Island is a volcanic island located in the Lesser Sunda Islands region which is a volcanic arc archipelago. Geographically located at 08°11' N and 119° 03.5' E, and administratively located in West Nusa Tenggara Province. The purpose of this research is to know the subsurface structure of Sangeang Api Volcano and to know the depth of its magma kitchen through 3D modelling of gravity data in the form of rock density values. The geophysical method used in this research is the gravity method. The results of 3D cross-section modelling obtained variations in subsurface rock density values. The variation of rock density value is 1,6 g/cm³ s. d 3.30 g/cm³. The depth of the magma kitchen ranges from 600 m above the earth's surface to 30,000 m below the surface, this depth is in accordance with the modelling limits, but based on the modelling results there is a suspicion of the continuation of the depth of the magma kitchen to more than 30,000 m below the earth's surface. Interpretation is done by looking at the table of rock density values and geological maps of West Nusa Tenggara East Dompu and Bima Sheets.

Keywords: Anatomy of Volcano, Sangeang Api Volcano, Magma Kitchen, Gravity

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi ini murni karya saya sendiri dan di dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi serta tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah dituliskan atau dipublikasikan oleh orang lain, kecuali yang tertulis pada sitasi dalam naskah ini dan disebutkan di dalam daftar pustakanya.

Mataram,

Yang menyatakan,



Suci Handayani
NIM. G1B017057

HALAMAN PERSETUJUAN

PEMODELAN 3D STRUKTUR BAWAH PERMUKAAN GUNUNGAPI
SANGEANG API BERDASARKAN DATA GRAVITASI

SUCI HANDAYANI

NIM: G1B017057

Menyetujui

Tim Pembimbing

Tanggal: 31 Mei 2023

Pembimbing I,

Pembimbing II,

Dr. Hiden, S. Si, MT
NIP. 19681231 199702 1 001



Syamsuddin, S. Si, MT
NIP. 19701231 199702 1 001

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi yang berjudul:

PEMODELAN 3D STRUKTUR BAWAH PERMUKAAN GUNUNGAPI
SANGEANG API BERDASARKAN DATA GRAVITASI

SUCI HANDAYANI

NIM: G1B017057

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji Program Studi Fisika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Pada tanggal: 09 Mei 2023

Tim Penguji

Drs. Bakti Sukrisna, M.Si
NIP. 19581217 199603 1 001

(Ketua)



Dr. Suhayat Minardi, S.Si., M.T
NIP. 19690905 199703 1 001

(Sekretaris)



Syamsuddin, S.Si., M.T
NIP. 19701231 199702 1 001


(Anggota)




Mengetahui:

Fakultas MIPA Universitas Mataram
Dekan




Prof. Dedy Suhendra, M. Si, Ph.D.
NIP. 19671207 199603 1 002

Program Studi Fisika
Ketua


Dr. Rahadi Wirawan, S. Si, M. Si
NIP. 19721227 199702 1 001

KATA PENGANTAR

Puji syukur atas kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat serta hidayah-Nya sehingga Skripsi ini dapat terselesaikan dengan sebagaimana mestinya meskipun masih ada kekurangan di dalamnya.

Skripsi ini merupakan salah satu syarat untuk menempuh gelar Sarjana Sains (S.Si) di Program Studi S1 Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Mataram. Skripsi ini berjudul “Pemodelan 3D Struktur Bawah Permukaan Gunungapi Sangeang Api Berdasarkan Data Gravitasi”. Penelitian ini dilakukan untuk upaya mitigasi bencana di daerah sekitar Gunungapi Sangeang Api (Kecamatan Wera), selain itu juga sebagai bahan kajian geologi regional daerah penelitian. Hasil yang didapatkan dari skripsi ini yaitu, identifikasi tentang struktur bawah permukaan Gunungapi Sangeang Api serta informasi tentang kedalaman dari dapur magma gunung.

Selama penyusunan skripsi ini, penulis telah memperoleh bantuan dari banyak pihak, maka pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Dedy Suhendra, M.Si., Ph.D., Selaku Dekan Fakultas MIPA Universitas Mataram.
2. Bapak Dr. Rahadi Wirawan., S.Si., M.Si selaku ketua Program studi S1 Fisika yang telah memberikan arahan dan motivasi.
3. Bapak Dr. Hiden, S.Si., M.T selaku pembimbing pertama atas waktu dan bimbingan yang telah diberikan.
4. Bapak Syamsuddin, S.Si., M.T selaku Pembimbing kedua atas waktu dan bimbingan yang telah diberikan.
5. Bapak Drs. Bakti Sukrisna, M. Si selaku Dosen Pembahas yang telah memberikan masukan serta arahan dalam penulisan Skripsi ini.
6. Bapak Dr. Suhayat Minardi, S.Si., M.T selaku Dosen Penguji yang telah memberikan masukan serta arahan dalam penulisan Skripsi ini
7. Bapak dan ibu dosen Program Studi Fisika, FMIPA, Universitas Mataram yang telah memberikan ilmu, bimbingan dan motivasi.
8. Bapak Ibu dosen Bidang Minat Geofisika Program Studi Fisika, FMIPA, Universitas Mataram yang telah memberikan banyak ilmu, arahan serta bimbingan.

9. Orangtua dan semua keluarga besar yang telah memberikan semangat dan dukungan secara finansial maupun spiritual.
10. Seluruh Teman-teman Program Studi Fisika angkatan 2017 (GAFISTEEN), Senior dan Junior atas bantuan, keceriaan dan motivasinya.
11. Orang-orang terbaik, Ningsih, Rani, Lia, Kak Mudy, Hendra, Yuli, Kak Sulis, Kak Dunung, yang banyak membantu dan memberikan motivasi selama penelitian serta menemani penyusunan skripsi.
12. Semua pihak yang secara langsung maupun tidak yang telah banyak membantu selama penyusunan skripsi ini.

Mataram,

Penulis

MOTTO

Telat bukan berarti gagal, gagal itu ketika kita berhenti berjuang. Semasih ada perjuangan dan pergerakan itu adalah langkah menuju keberhasilan. Semangat Bisa Sukses. Maksimalkan ikhtiar dan do'a sisanya biar Allah yang atur.

Karya ini saya persembahkan untuk:

Kedua Orang Tua saya Bapak Nasaruddin Ibrahim dan Ibu Sri Utami, adik saya Ananda M. Fadhil, keluarga besar Ibrahim Bahrin, keluarga besar Nurbaya binti Landa, keluarga besar Djasmani, keluarga besar Marpiatun dan seluruh keluarga besar di berbagai daerah di seluruh Indonesia, serta seluruh kawan kerabat

DAFTAR ISI

ABSTRAK	iii
ABSTRACT.....	iv
PERNYATAAN.....	v
HALAMAN PERSETUJUAN.....	vi
HALAMAN PENGESAHAN.....	vii
KATA PENGANTAR	viii
MOTTO	x
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL.....	xv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Batasan Masalah.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Kondisi Geologi	5
2.2 Penelitian Terkait	5
2.3 Gunung Api.....	10
2.3.1 Proses Terbentuknya Gunung Api.....	10
2.3.2 Proses Erupsi Gunung Api.....	11
2.3.3 Klasifikasi Gunung Api	13
2.3.4 Bentuk dan Struktur Gunung Api	13
2.4 Magma.....	17
BAB III LANDASAN TEORI.....	18
3.1 Metode Gravitasi.....	18
3.1.1 Prinsip Dasar Gravitasi	18
3.1.2 Pemodelan Geofisika	19
3.1.3 Pemodelan 3D.....	20
3.1.4 Anomali Gravitasi.....	23
3.1.5 Metode Parasnis	24

3.1.6	Reduksi Data Gravitasi	25
3.1.7	Pemisahan Anomali (Upward Continuation).....	28
3.1.8	Densitas Batuan	28
BAB IV METODE PENELITIAN		31
4.1	Lokasi dan Waktu Penelitian	31
4.2	Alat-alat.....	31
4.3	Prosedur Penelitian.....	32
4.4	Pengambilan Data	33
4.5	Pengolahan Data.....	34
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN.....		36
5.1	Pengolahan Data.....	36
5.2	Anomali Bouguer Lengkap	36
5.3	Pemisahan Anomali Regional dan Residual	36
5.4	Model 3D Anomali Bouguer Lengkap.....	40
BAB VI PENUTUP		44
6.1	Kesimpulan	44
6.2	Saran.....	44
DAFTAR PUSTAKA		45
LAMPIRAN		47

DAFTAR GAMBAR

Gambar		Halaman
1.1	Gunung Api di Nusa Tenggara Barat.....	1
2.1	(A). Anomali Regional dan (B). Anomali Residual (Lokal)	6
2.2	Sayatan tiga dimensi struktur bawah permukaan subduksi Jawa Timur.....	7
2.3	Terjadi peningkatan suhu dan tekanan pada kantung fluida karena konduksi panas (kenaikan energi dalam).....	11
2.4	Tekanan dalam kantung fluida sudah melampaui kondisi kritis kekuatan batuan, terjadi perubahan energi dalam menjadi energi kerja (retakan).....	12
2.5	Terjadi aliran fluida magma ke permukaan melalui retakan dan terjadi erupsi.....	12
2.6	Sketsa gunung api komposit, yang memperlihatkan dapur magma, retas, korok atau pipa kepundan, kawah puncak, aliran lava dan awan abu, dan gas gunung api.....	15
2.7	Kaldera Gunung Tambora di Pulau Sumbawa NTB, yang terbentuk pada 1815 dengan diameter kaldera 9 km.....	16
2.8	Kaldera Gunung Rinjani di Pulau Lombok.....	17
3.1	Ilustrasi hubungan antara model, parameter model dan respon model dalam pemodelan anomali gravitasi.....	19
3.2	Teknik pemodelan dengan cara mencoba-coba dan memodifikasi parameter model hingga diperoleh kecocokan antara data perhitungan dan data lapangan.....	20
3.3	Bola atau silinder horizontal dengan sumbu panjang tegak lurus terhadap kertas.....	22
3.4	Representasi fitur geologi tiga dimensi yang tidak teratur oleh lamina polygonal.....	23
3.5	Hubungan antara medan gravitasi dan komponen anomali gravitasi.....	23
3.6	Anomali gravitasi suatu titik massa atau bola.....	24
3.7	Bagan koreksi medan palu dengan cincin A-C ditampilkan diperluas untuk kerelasan.....	25
3.8	Koreksi Bouguer.....	26
3.9	Anomali Bouguer sederhana dan Anomali Bouguer lengkap di atas kerak penampang. Garis putus-putus ringan menunjukkan posisi pengukuran dengan massa penyebab. Anomali Bouguer termasuk Panjang gelombang, komponen negatif yang disebabkan oleh kepadatan rendah massa (root) yang secara isostatis mengkompensasi topografi.....	27
4.1	Peta lokasi penelitian.....	31

4.2	Diagram Alur Prosedur Penelitian.....	32
4.3	Prosedur Pengolahan Data.....	35
5.1	Peta Anomali Bouguer Lengkap Gunungapi Sangeang Api...	37
5.2	Peta Anomali Regional.....	38
5.3	Peta Anomali Residual.....	39
5.4	Pemodelan 3D Tampak Barat dan Selatan.....	41
5.5	Pemodelan 3D Tampak Timur dan Utara.....	42

DAFTAR TABEL

Tabel		Halaman
3.1	Anomali Gravitasi yang Terkait dengan Bentuk Geometris.....	22
3.2	Nilai Densitas Batuan.....	28
4.1	Contoh Data.....	33
5.1	Variasi batuan bawah permukaan berdasarkan penampang pemodelan 3D.....	43

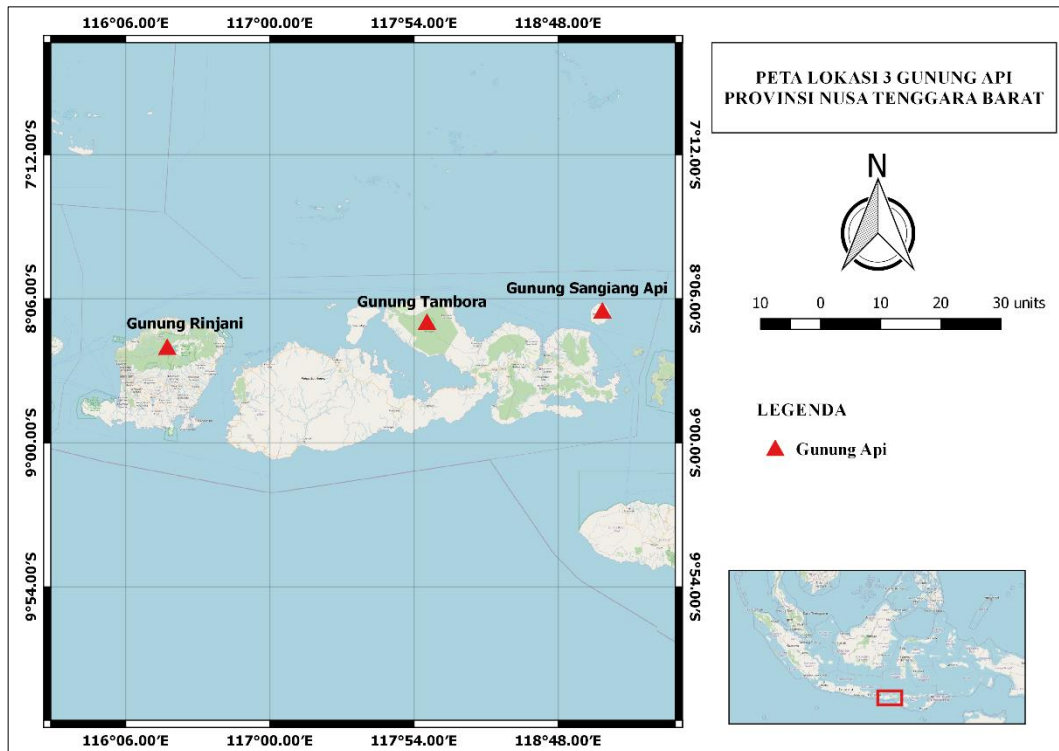
DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran		Halaman
1	Sampel Data Anomali Gravity dan Topografi Hasil Download.....	47
2	Database Pengolahan Data Anomali Gravity dan Koreksi-Koreksi.....	48
3	Tahapan Pengolahan Download Data.....	49
4	Peta Geologi NTB Timur.....	50

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kepulauan Sunda Kecil membentang dari Bali ke Timor yang terbagi menjadi dua bagian yang berbeda secara geologis dan terbentuk karena subduksi kerak samudera di sepanjang Palung Jawa-Timor. Bagian utara Kepulauan Sunda Kecil, meliputi Bali, Lombok, Sumbawa, Flores, Wetar, Pantar dan Alor, merupakan kepulauan busur vulkanik, sedangkan pulau-pulau di bagian selatannya adalah pulau non vulkanik yang mencakup Sumba, Timor dan Rote. Selat-selat di sepanjang Kepulauan Sunda Kecil adalah bentukan dari proses geologi dan tektonik yang kompleks yang terjadi di daerah ini. Pulau-pulau di wilayah Sunda Kecil memiliki banyak gunung api yang masih aktif, gunung api ini merupakan jalur dari pegunungan Busur Sunda (Jaluran Pegunungan Mediteran) (Yuningsih dan Saputra, 2021).



Gambar 1.1 Gunung Api di Nusa Tenggara Barat

Nusa Tenggara Barat merupakan salah satu provinsi yang termasuk dalam wilayah sunda kecil. Terdapat tiga gunung api yang terletak di provinsi Nusa Tenggara Barat (NTB) yaitu, Gunungapi Rinjani, Gunungapi Tambora, dan Gunungapi Sangeang Api.

Gunungapi Sangeang Api secara administrasi terletak di Kecamatan Wera, Kabupaten Bima, Provinsi Nusa Tenggara Barat. Secara geografis terletak di $08^{\circ}11'$ LS dan $119^{\circ}03,5'$ BT. Gunungapi Sangeang Api memiliki dua kawah yaitu kawah utama dan kawah tambahan. Kawah utama terdiri dari kawah Solo (Doro Undo), kawah Oi atau kawah Berano (Doro Api atau Karubu) dan Doro Mantoi. Kawah tambahannya terdiri dari Parasit Dewa Mboko pada pelana, Doro Ego anak Dewa Toi di lereng selatan Doro Mantoi (PVMBG, 2014). Gunung api ini aktif sejak abad ke-16.

Pulau Sangeang dan sekitarnya merupakan pulau gunung api yang posisinya agak bergeser ke utara dari rangkaian Gunung api normal yang memanjang dari barat hingga ke timur mulai dari Pulau Sumatera, Jawa, Bali dan lainnya. Deretan gunung api ini terbentuk dari pertemuan antara kerak benua Eurasia dan kerak Samudera Indo Australia (Sarmili dan Arifin, 2015).

Anatomi gunung api merupakan struktur batuan penyusun bawah permukaan gunung api. Penting untuk dipelajari dan diketahui bagaimana struktur bawah permukaan gunung api. Penelitian terdahulu pernah dilakukan di Pulau gunung api Sangeang Api Busur Sunda Timur, Indonesia, tentang Tingkat dan Proses Evolusi Magma Potassic di Bawah Gunung Api Sangeang Api. Didapatkan bahwa ukuran kantong magma $\sim 6 - 10 \text{ km}^3$, laju pendinginannya $\sim 0.05^{\circ} \text{ C/tahun}$, laju pertumbuhan kristal $(2 - 7) \times 10^{-13} \text{ cm/s}$, mantelnya Basaltik, dan kerak benuanya rata-rata adalah Andesit. Turner dkk, belum meneliti tentang kedalaman dapur magmanya. (Turner dkk, 2003).

Metode geofisika yang dapat digunakan untuk mempelajari anatomi gunung api adalah metode Gravitasi dan Metode Geomagnet. Penelitian ini menggunakan metode Gravitasi dengan beberapa alasan berikut. Metode gravitasi memiliki cakupan jarak ukur yang luas dibandingkan dengan metode lain. Metode ini relatif lebih murah, tidak mencemari dan tidak merusak (uji tidak merusak) dan termasuk

dalam metode jarak jauh yang sudah pula digunakan untuk mengamati permukaan bulan. Eksplorasi Gravity (Gaya Berat) merupakan metode statik atau pasif, dalam arti tidak perlu ada energi yang dimasukkan ke dalam tanah untuk mendapatkan data sebagaimana umumnya pengukuran.

Prinsipnya Metode gravitasi mengukur nilai ρ atau densitas batuan (rapat massa batuan) sehingga cocok digunakan untuk studi mendetail tentang struktur bawah permukaan suatu daerah dan atau anatomi gunung api. Perbandingan nilai dari pengukuran yang didapatkan dengan nilai densitas teori merupakan anomali gravitasi yang dapat menggambarkan struktur bawah permukaan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan pemaparan pada Latar Belakang maka, Rumusan masalah dari penelitian ini adalah:

1. Bagaimana struktur bawah permukaan dan anatomi Gunungapi Sangeang Api dari nilai densitas batuan berdasarkan pemodelan 3D?
2. Berapa kedalaman dapur magma Gunungapi Sangeang Api?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan pada rumusan masalah maka, tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui struktur bawah permukaan dan anatomi Gunungapi Sangeang Api dengan berdasarkan pada nilai densitas batuan dan hasil pemodelan 3D
2. Menentukan kedalaman dapur magma Gunungapi Sangeang Api

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Memberikan informasi mengenai struktur bawah permukaan Gunungapi Sangeang Api.
2. Mengetahui kedalaman dapur magma agar dapat diketahui volume dapur magma Gunungapi Sangeang Api
3. Sebagai bagian dari bahan kajian kondisi geologi regional daerah penelitian.

1.5 Batasan Masalah

Beberapa batasan masalah pada penelitian ini yaitu sebagai berikut:

1. Struktur bawah permukaan yang dimaksud pada penelitian ini adalah dapur magma dan batuan penyusun bawah permukaan Gunungapi Sangeang Api.
2. Data yang digunakan merupakan data anomaly gravitasi sekunder, Data satelit dari GGMPPlus, yang dapat diakses di website [GGMplus Gravity Data \(caltech.edu\)](http://GGMplus.Gravity.Data.caltech.edu) yang disediakan oleh *Curtin University (Perth, Western Australia)* and *Technical University of Munich (Germany)*.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kondisi Geologi

Secara administrasi Gunungapi Sangeang Api terletak di Kecamatan Wera Timur, Kabupaten Bima, Provinsi Nusa Tenggara Barat. Struktur geologi yang berkembang pada daerah ini ada 2 sesar turun, yang berarah barat timur dengan pergerakan blok selatan relatif turun terhadap blok utara. Sesar turun Sangeang Api dan Doro Api. Sesar turun Sangeang api memisahkan periode erupsi Sangeang api dengan Doro Api. Sesar turun Doro Api memisahkan periode erupsi Doro Api dengan Doro Mantoi (Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi Badan Geologi, 2014).

Jenis batuan pada Gunungapi Sangeang Api adalah batuan hasil gunung api muda atau dengan kode Qv (Lampiran 4). Hasil gunung api muda (gunung api yang masih giat erupsi seperti gunung Tambora dan Gunungapi Sangeang Api) secara umum terdiri dari breksi lahar, lava, bom dan lapilli. Hasil gunung api Sangeang batumannya adalah andesit, andesit olivine, basalt, gelas dan batu apung (N. Suratno, 1995).

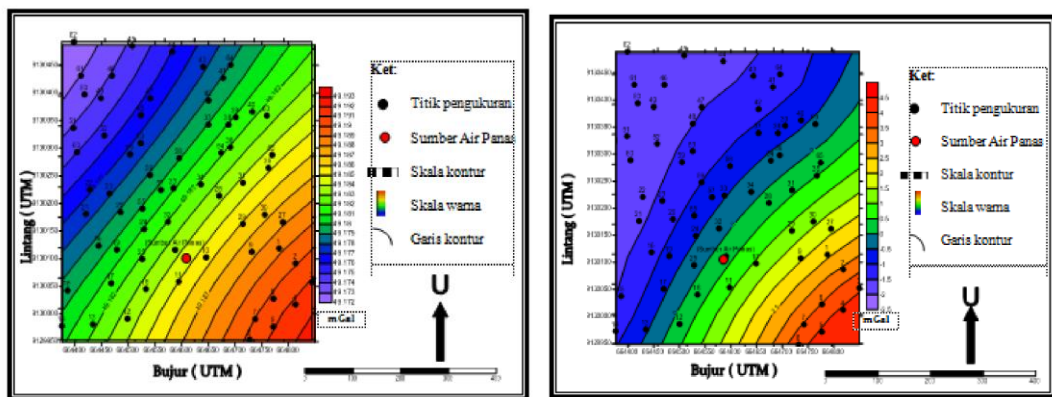
2.2 Penelitian Terkait

Penelitian-penelitian tentang pendugaan struktur bawah permukaan menggunakan metode Gravity telah banyak dilakukan di berbagai daerah. Penelitian terdahulu juga pernah dilakukan di Gunungapi Sangeang Api dengan menggunakan metode yang berbeda.

Penelitian tentang analisis struktur bawah permukaan Gunung Muria dan sekitarnya menggunakan metode gravitasi telah dilakukan dengan tujuan untuk menginterpretasikan struktur bawah permukaan serta kondisi geologi daerah tersebut berdasarkan analisis data gayaberasat. Posisi ketinggian diukur menggunakan metode *differential Global Positioning Sistem (GPS)*, Gravimeter LaCoste & Romberg tipe G-1118 MVR digunakan untuk mengukur bidang gravitasi. Pengolahan data dilakukan untuk mendapatkan anomali Bouguer yang lengkap dari keduanya residual dan regional. Pemodelan bawah permukaan gunung berapi Muria dan sekitarnya diakuisisi dari Grav2DC untuk Windows. Hasil

penelitian menunjukkan bahwa Gunung Muria dan sekitarnya secara regional dikendalikan oleh batuan dihasilkan dari proses vulkanik (Balulu, 2011).

Penelitian dengan metode gravitasi di daerah Songgoriti Kota Batu dengan tujuan untuk mengetahui pola anomali Bouguer dan struktur geologi bawah permukaan serta potensi panas bumi di daerah tersebut. Pola anomali Bouguer dipisah antara anomali regional dan anomali residual, metode pemisahan anomali dapat digunakan metode *Upward Continuation*. Hasil penampang kontur anomali residual dan regional dapat dilihat pada Gambar 2.1 (Hidayat dan Basid, 2011).

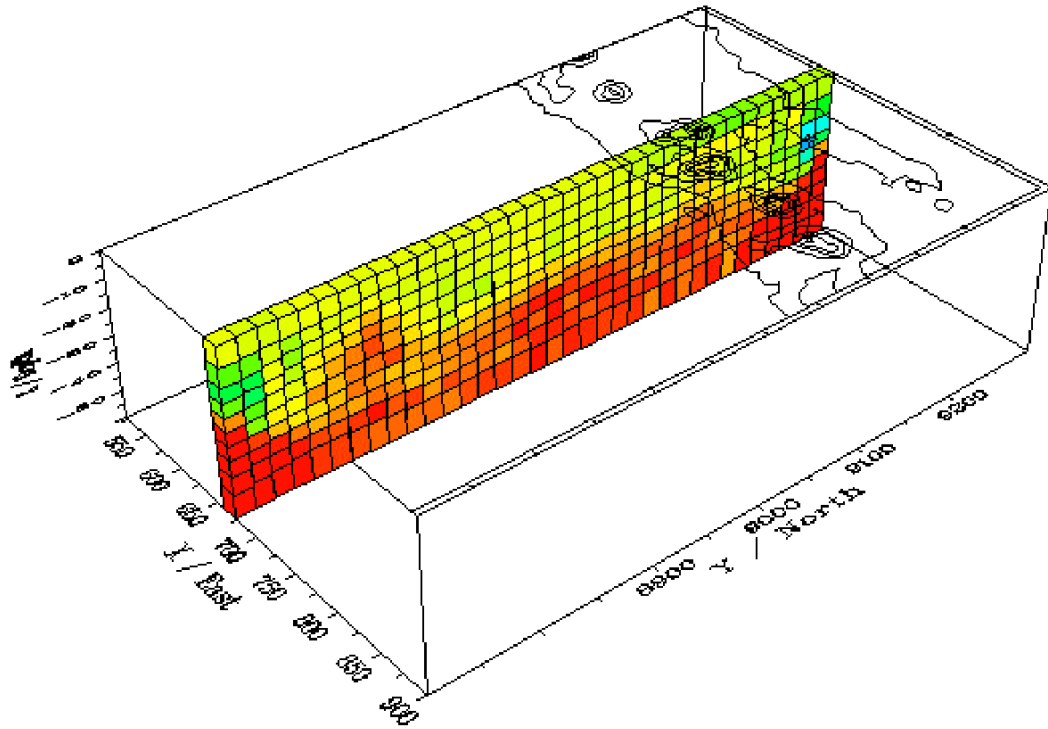


Gambar 2.1. (A). Anomali Regional dan (B). Anomali Residual

Hasil interpretasi kuantitatif pada model penampang 2D lintasan AB dan CD, didapatkan tujuh lapisan batuan di bawah permukaan yaitu lapisan lapuk, tufa pasir, aglomerat, lempung pasir, breksi tufaan terlempungkan, lava, dan breksi Vulkanik. Berdasarkan interpretasi kualitatif dan kuantitatif serta penelitian sebelumnya dapat disimpulkan bahwa potensi *geothermal* di daerah penelitian sangat kecil (Hidayat dan Basid, 2011). Gambar 2.1 menunjukkan peta anomali regional dan residual sebagai gambaran hasil yang diperoleh pada penelitian di Gunungapi Sangeang Api.

Penelitian anomali gravitasi tentang pendugaan struktur bawah permukaan kawasan Cekungan Bentarsari menggunakan data anomali gravitasi. Data anomali gravitasi yang digunakan adalah hasil pengukuran dari satelit *Geodetic Satellite* (GeoSat) dan *European Remote Sensing-1* (ERS-1) yang telah terkoreksi hingga koreksi udara bebas. Pengolahan data sampai koreksi *Bouguer* dan koreksi medan sehingga diperoleh nilai anomali Bouguer lengkap di topografi. Nilai anomali

medan gravitasi yang dijadikan sebagai data interpretasi adalah nilai anomali gravitasi lokal. Pemodelan bawah permukaan dilakukan menggunakan perangkat lunak Grav2Dc for windows. Hasilnya menunjukkan gambaran geologi bawah permukaan Cekungan Bentarsari terdiri atas 5 lapisan batuan (Kurniawan dan Sehad, 2012).



Gambar 2.2. Sayatan tiga dimensi struktur bawah permukaan subduksi Jawa Timur (Setiawan dan Setiawan, 2015)

Penelitian tentang Pemodelan Struktur Bawah Permukaan Zona Subduksi dan Busur Gunung api Jawa Timur dengan berdasarkan pada Analisis Data Gravitasi. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui keberadaan subduksi yang turut mempengaruhi aktivitas gunung api dan berpotensi terhadap terjadinya bencana alam di daerah tersebut. Pengkajian zona subduksi dan gunung api dilakukan dengan melakukan pemodelan struktur bawah permukaan menggunakan anomali gravitasi dengan bantuan program Grablox dan Bloxer. Pemodelan dilakukan terhadap data sekunder anomali regional, dan anomali lokal. Data anomali gravitasi diperoleh dari *Bureau Gravimetrique International* (BGI). Pembuatan model dilakukan dengan teknik inversi menggunakan metode *Singular*

Value Decomposition (SVD) dan optimasi Occam. Sayatan pemodelan 3D dapat dilihat pada Gambar 2.2. Hasil penelitian menunjukkan adanya penipisan kerak samudera rata-rata dari 20 km menjadi 15 km ke arah utara. Penipisan tersebut disebabkan adanya lapisan mantel atas yang menonjol dan mendesak kerak yang disebut flexural bulge. Ketebalan batuan sedimen pada cekungan busur belakang sebesar $\sim 4, 50$ km, dan semakin ke timur nilainya semakin berkurang. Keberadaan dapur magma pada busur gunung api di Jawa Timur pada umumnya diperkirakan pada kedalaman ~ 6 km (Setiawan dan Setiawan, 2015).

Penelitian tentang Analisis dan Pemodelan Inversi Struktur Bawah Permukaan Berdasarkan Anomali Gravitasi Pulau Lombok dengan tujuan menganalisis anomali gravitasi dan memodelkan struktur geologi bawah permukaan berdasarkan anomali gravitasi. Hasil penelitian menunjukkan korelasi yang baik antara karakteristik anomali Bouguer maupun anomali residual terhadap struktur yang telah diketahui di Pulau Lombok. Umumnya, anomaly tinggi baik anomali Bouguer maupun anomali residu tinggi berkorelasi baik dengan sinkapan zona Solo di sebelah barat, kerak magmatik tebal di sebelah timur dan area pengangkatan di selatan Lombok. Berdasarkan anomali residu tinggi, terdapat beberapa sesar lokal teridentifikasi dengan sangat jelas. Sementara anomali residu rendah tampak pada wilayah Kompleks Gunung Rinjani. Perkiraan sesar yang membelah dua Pulau Lombok (sesar Lombok: FL) tidak terbukti keberadaannya baik dengan anomali Bouguer, anomaly residu maupun dengan pemodelan inversi 2D. Interpretasi hasil pemodelan inversi 2D menunjukkan adanya variasi batuan (Hiden dkk, 2019).

Penelitian tentang Pemodelan 3D Struktur Bawah Permukaan Gunung api Agung Provinsi Bali Menggunakan Metode Gaya Berat. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi kantong magma dan membuat model bawah permukaan Gunung api Agung Provinsi Bali menggunakan data anomali gaya berat. Metode pengolahan data yang dilakukan dalam penelitian ini adalah (i) membuat peta kontur Anomali Bouguer, (ii) melakukan analisis spektrum (iii) melakukan pemisahan anomali regional dan residual (iv) melakukan analisis Second Vertical Derivative, (v) membuat penampang geologi bawah permukaan secara 3D (inverse modelling) (vi) melakukan interpretasi kualitatif dan kuantitatif. Hasil pada peta

Anomali Bouguer menunjukkan nilai anomali Bouguer daerah penelitian berkisar antara 84 mGal yang tersebar pada bagian barat daya daerah penelitian sampai 279 mGal yang berada pada tubuh Gunung api Agung. Batas antara batuan dasar dan batuan sedimen daerah penelitian terdapat pada kedalaman 0,89 km. Kantong magma Gunung api Agung berada pada kedalaman 500 hingga 8000 m dengan bentuk menjulang ke atas dan cembung dibagian tengahnya. Kantong magma ini memiliki densitas sebesar 2,73 – 2,86 gr/cc. Jika dilihat dari model yang didapat aliran magma di dalam Gunung api Agung terlihat pada kedalaman 0 meter (Ilmi dkk, 2019).

Penelitian di bawah laut perairan Sangeang tentang Indikasi Gunung api Bawah Laut di Perairan Sangeang Sumbawa Nusa Tenggara Barat. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui indikasi gunung api bawah laut dengan tujuan dapat memberikan informasi tentang keberadaan gunung api bawah dasar laut di daerah penelitian. Pengukuran menggunakan metode seismik pantul saluran banyak, gomagnet, pemeruman, dan pengambilan sampel sedimen. Dari penampang rekaman seismik dapat ditafsirkan bahwa Gunung api bawah laut ditandai dengan bentuk tonjolan atau terobosan menembus dasar laut. Dari data magnetik kelautan diperoleh bahwa pada lokasi gunung api bawah laut diketahui nilai anomali intensitas magnet total cukup tinggi yaitu sekitar 124 nT. Umumnya anomali intensitas magnet tinggi terdapat di bagian selatan daerah penelitian yang ditafsirkan juga sebagai penipisan kerak atau adanya Gunung api bawah laut. Bagian selatan memang banyak didapat Gunung api seperti gunung api Sangeang Api yang terdapat diujung timur dan rangkaian Gunung api lainnya yang terdapat di pulau Sumbawa (Gunung api Tambora dan lainnya). Dari data batimetri diperjelas dengan menggunakan data seismik refleksi yang hasilnya menunjukkan beberapa bukti adanya morfologi berupa tonjolan yang diduga merupakan gunung bawah laut (Samili dan Arifin, 2015).

Penelitian tentang Tingkat dan Proses Evolusi Magma Potassic di Bawah Gunung Api Sangeang Api Busur Sunda Timur, Indonesia. Hasil kajian dapat dilihat seperti pada gambar dibawah 2.3 (Turner, dkk. 2003). Dari hasil penelitian didapatkan bahwa ukuran kantong magma $\sim 6 - 10 \text{ km}^3$, laju pendinginannya $\sim 0.05^\circ \text{ C/tahun}$, laju pertumbuhan kristal $(2 - 7) \times 10^{-13} \text{ cm/s}$, mantelnya

Basaltik, dan kerak benuanya rata-rata adalah Andesit. Turner dkk, belum meneliti tentang kedalaman dapur magmanya.

Berdasarkan beberapa Pustaka di atas, dapat disimpulkan bahwa, metode gravitasi efektif digunakan untuk pengkajian struktur bawah permukaan. Baik itu wilayah dengan gunung api dan tidak.

2.3 Gunung Api

Gunung api merupakan lubang kepaduan atau rekahan dalam kerak bumi yang merupakan tempat keluarnya cairan magma, gas atau cairan lainnya ke permukaan bumi. Bentuk luar atau badan gunung api tidak harus berbentuk kerucut, melainkan dapat juga memiliki bentuk lainnya, seperti lubang kepundan saja atau sebagai rekahan memanjang (Hendrajaya. 1988).

2.3.1 Proses Terbentuknya Gunung Api

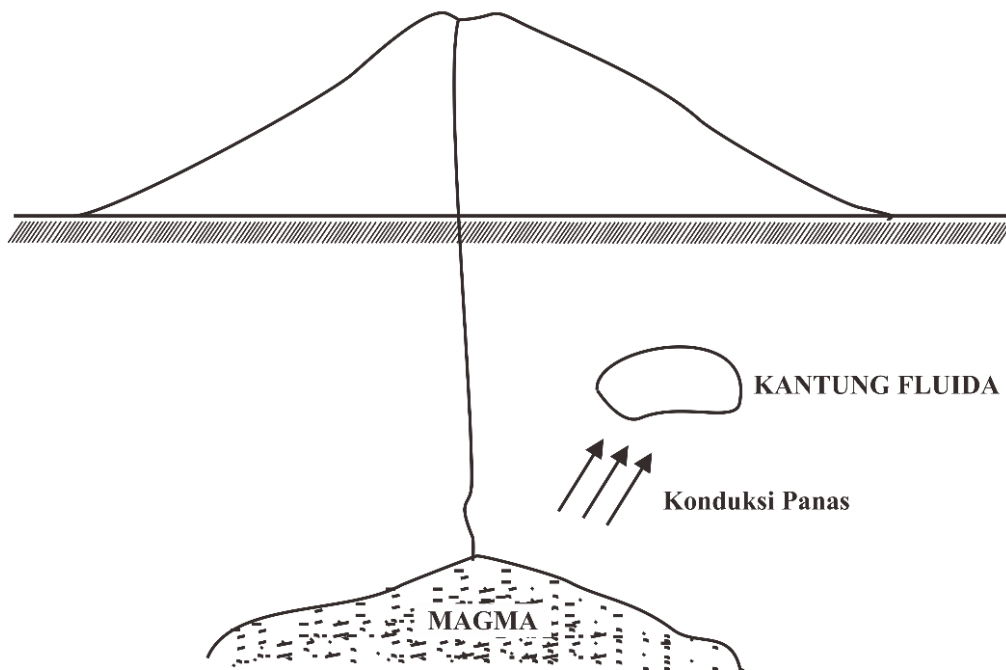
Proses terbentuknya sebuah gunung api yaitu naiknya magma ke permukaan bumi dapat disebabkan oleh aktivitas tektonik yang bermula dari ketidakseimbangan litostatik di dalam bumi yang mengakibatkan terjadinya perbedaan tekanan penyebab aliran massa. Apabila perbedaan tekanan terjadi di atas kantung magma, maka rekahan-rekahan yang berada di dekat atau disekitar kantung magma akan mengalir melalui rekahan tersebut. Jika perbedaan tekanan dan kecenderungan gerakan massa berada di bawah kantung magma, maka panas gesekan yang ditimbulkan dapat menghasilkan magma baru yang dapat mengalir menuju kantung magma yang lama. Adanya perpindahan massa, suhu dan momentum ke dalam kantung magma lama ini menjadikannya mempunyai potensi dan mobilitas tinggi untuk mengalirkan magma ke permukaan (Hendrajaya. 1988).

Penyebab lain dari proses terbentuknya gunung api adalah adanya konduksi panas dari kantung magma ke lapisan batuan terdekat yang berisi gas, air tanah (akuifer) atau cairan lain yang dapat disebut sebagai istilah fluida. Konduksi panas ini menyebabkan naiknya suhu dan tekanan pada kantung fluida sehingga pada suatu waktu kantung fluida tidak dapat lagi menahan tekanan dan terjadi retakan-retakan yang menuju kantung magma sehingga magma mengalir ke kantung fluida dan terjadilah erupsi, jika letaknya dekat dengan permukaan bumi (Hendrajaya. 1988).

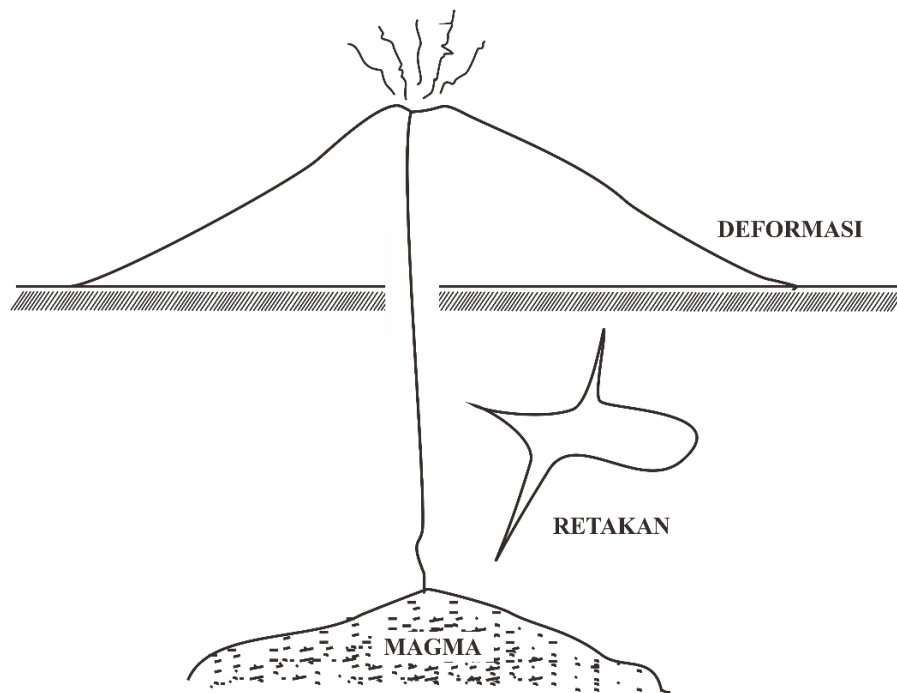
2.3.2 Proses Erupsi Gunung Api

Erupsi gunung api adalah proses keluarnya magma dari dalam bumi ke permukaan. Dari pernyataan 'proses keluarnya magma' itu diartikan bahwa magma dapat benar-benar keluar (ekstrusi) ke permukaan bumi, atau sebelum mencapai permukaan bumi sudah membeku di dalam bumi (intrusi) (Bronto, 2006).

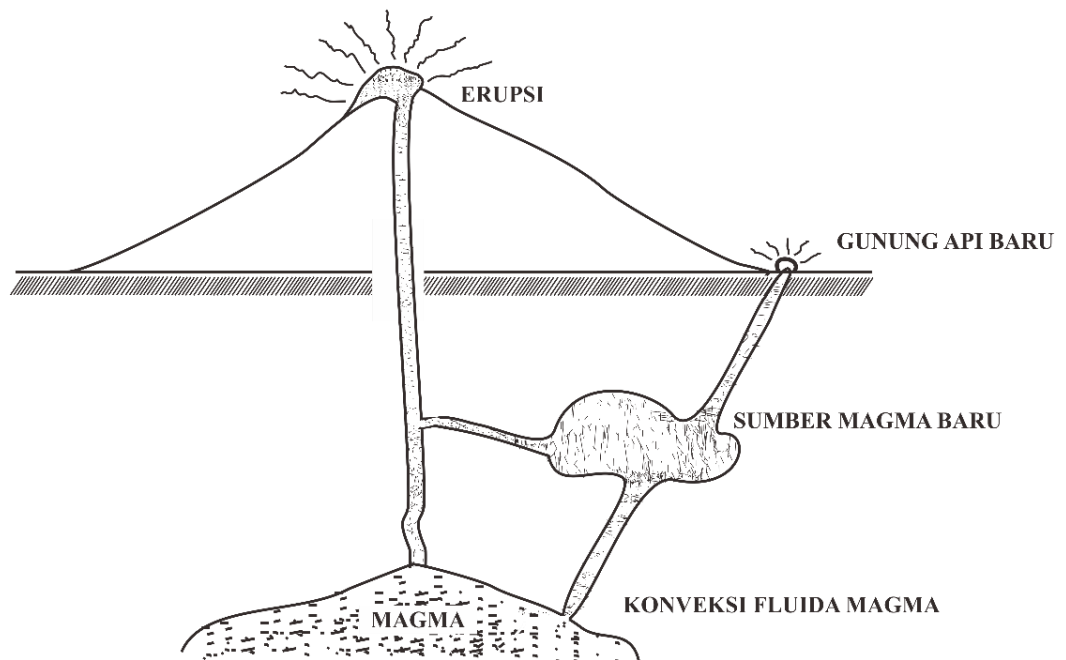
Magma diasumsikan sebagai fluida atau cairan. Proses naiknya magma ke permukaan Bumi disebabkan oleh konduksi dari suhu lebih tinggi ke suhu yang lebih rendah atau dari kantong magma (fluida) ke kantong yang lebih dangkal, proses ini merupakan proses erupsi sebuah gunung api (Hendrajaya. 1988).



Gambar 2.3 Terjadi peningkatan suhu dan tekanan pada kantong fluida karena konduksi panas (kenaikan energi dalam)



Gambar 2.4 Tekanan dalam kantung fluida sudah melampaui kondisi kritis kekuatan batuan, terjadi perubahan energi dalam menjadi energi kerja (retakan)



Gambar 2.5 Terjadi aliran fluida magma ke permukaan melalui retakan dan terjadi erupsi

2.3.3 Klasifikasi Gunung Api

Indonesia dikenal sebagai negara yang mempunyai gunung api aktif terbanyak di dunia, yaitu lebih dari 30% dari gunung aktif dunia ada di Indonesia. Kawasan gunung api umumnya berpenduduk padat, karena kesuburan dan keindahan panoramanya. Hingga saat ini gunung api aktif di Indonesia dikelompokkan hanya berdasarkan sejarah letusannya, yaitu:

- a. Tipe A (79 buah), adalah gunung api yang pernah meletus sejak tahun 1600,
- b. Tipe B (29 buah) adalah yang diketahui pernah meletus sebelum tahun 1600, dan
- c. Tipe C (21 buah) adalah lapangan solfatara dan fumarola

Hasil kajian terhadap sebagian dari gunung api aktif tersebut di atas memperlihatkan perbedaan karakter erupsi yang secara langsung berhubungan dengan potensi ancaman bahaya letusannya. Berdasarkan sejarah letusannya, dikombinasikan dengan karakter fisik, bentang alam puncak, struktur gunung api, dan tipe letusannya, gunung api aktif di Indonesia dapat dibedakan menjadi delapan tipe, yaitu:

- a. Tambora 1815 (letusan kaldera),
- b. Merapi (kubah lava),
- c. Agung (kawah terbuka),
- d. Papandayan (runtuhan dinding kawah),
- e. Batur (pasca kaldera),
- f. Sangeang api (aliran lava), dan
- g. Anak Krakatau (gunung api bawah laut).

Klasifikasi gunung api dapat memperjelas perbedaan karakteristik gunung api aktif di Indonesia, agar digunakan sebagai pendukung mitigasi bencana gunung api di Indonesia (Pratomo, 2006).

2.3.4 Bentuk dan Struktur Gunung Api

Bentuk dan struktur gunung api dibagi menjadi dua kelompok besar, yaitu gunung api monogenesis dan gunung api poligenesis.

A. Gunung Api Monogenesis

Gunung api monogenesis adalah gunung api yang terbentuk oleh satu erupsi atau satu fase erupsi saja, sehingga waktu hidupnya relatif pendek dan ukurannya relatif kecil. Gunung api monogenesis bentuk dan strukturnya lebih sederhana dan lebih kecil dibanding dengan gunung api poligenesis, terdiri atas kubah/aliran lava, kerucut sinder, dan rnar yang dapat membentuk titik-titik erupsi segaris dan disebut erupsi linier.

B. Gunung Api Poligenesis

Gunung api poligenesis adalah gunung api yang terbentuk oleh banyak atau berulang kali erupsi, dan fase erupsi satu dengan lainnya dipisahkan oleh waktu istirahat panjang dan sering melibatkan berbagai jenis rnagna. Termasuk gunung api poligenesis adalah gunung api komposit, gunung api jarnak, kompleks gunung api, gunung api kaldera, dan gunung api perisai. Gunung api komposit dan gunung api jarnak biasanya terdapat di daerah penunjaman kerak bumi. Gunung api kaldera terdiri atas kaldera letusan, kaldera amblesan, dan kaldera longsoran.

1. Gunung Api Komposit dan Jamak

Gunung Api Komposit berbentuk kerucut mempunyai diameter alas mencapai lebih kurang 50 km dan ketinggian sekitar 3000 m dari dataran sekelilingnya. Gunung api ini sering disebut gunung api strato karena didalamnya tersusun oleh lapisan batuan, namun pada saat ini para ahli gunung api lebih cenderung menyebut sebagai gunung api komposit. Gunung api strato 'strata' artinya 'berlapis' atau 'pelapisan yang dapat terjadi juga pada gunung api kerucut silinder. Pelapisannya tersusun dari rempah gunung api, atau seperti gunung api di Hawai yang pelapisannya hanya terdiri dari aliran lava. Sedangkan kata 'komposit' artinya bahan penyusun beragam antara bahan rempah gunung api, seperti breksi dan tuf dengan aliran lava (Bronto, 2006).



Gambar 2.6. Sketsa gunung api komposit, yang memperlihatkan dapur magma, retas, korok atau pipa kepundan, kawah puncak, aliran lava dan awan abu, dan gas gunung api (Bronto, 2006)

2. Gunung Api Kompleks

Gunung berapi kompleks adalah gunung berapi yang memiliki lebih dari satu ciri. Gunung berapi ini terbentuk dikarenakan perubahan dalam sifat letusannya atau letak saluran magma yang banyak dalam satu kawasan. Apabila pada suatu kawasan banyak dijumpai lubang erupsi sedemikian rupa sehingga sering terjadi tumpang tindih, baik lokasi erupsi maupun endapannya, maka kawasan itu dapat dipandang sebagai Kawasan kompleks gunung api (Bronto, 2006).

A. Gunung Api Kaldera

Berdasarkan atas asal-usul (genesis) pembentukannya, bentuk bentang alam gunung api kaldera dapat disebabkan oleh letusan, amblesan, dan longsor. Kaldera merupakan tipe gunung api yang memiliki kawah dengan ukuran yang sangat besar. Biasanya kaldera terbentuk akibat letusan yang sangat dahsyat pada ribuan bahkan jutaan tahun yang lalu.



Gambar 2.7. Kaldera Gunung Tambora di Pulau Sumbawa NTB, yang terbentuk pada 1815 dengan diameter kalder 9 km (Bronto, 2006)

Apabila suatu gunung api mempunyai kawah yang sangat besar, berdiameter lebih dari 2000 m, maka gunung api tersebut dinamakan gunung api kaldera (Bronto, 2006). Sebagai contoh Kaldera Gunung Tambora Pulau Sumbawa NTB, dan Kaldera Gunung Rinjani Pulau Lombok NTB.



Gambar 2.8. Kaldera Gunung Rinjani di Pulau Lombok. (Sumber: Wikipedia)

B. Gunung Api Perisai

Bentuk gunung api terbesar adalah gunung api perisai atau gunung api tameng (*shield volcanoes*). Gunung api ini mempunyai sudut lereng yang sangat landau, tersusun oleh peralapisan aliran lava berkandungan basal (Bronto, 2006).

2.4 Magma

Magma merupakan Cairan atau larutan silikat pijar yang terbentuk secara ilmiah, bersifat mudah bergerak (*mobile*), bersuhu antara $900 - 1.100^{\circ} \text{C}$, dan berasal atau terbentuk pada kerak bumi bagian bawah hingga selubung bumi bagian atas. Berdasarkan pengertian kimia-fisika, magma adalah bahan yang mempunyai sistem berkandungan ganda (*a multicomponent system*) yang terdiri atas fase cair sebagai komponen utama, sejumlah kristal sebagai fase padat, dan fase gas pada kondisi tertentu (Bronto, 2006).

BAB III LANDASAN TEORI

3.1 Metode Gravitasi

3.1.1 Prinsip Dasar Gravitasi

Gaya gravitasi dapat digambarkan dengan hukum Newton: gaya antara dua partikel massa m_1 dan m_2 berbanding lurus dengan kuadrat jarak antara pusat massa:

$$\mathbf{g} = \gamma(M_e/R_e^2)\mathbf{r}_1 \quad (3.1)$$

R_e adalah radius dan γ adalah konstanta gravitasi universal. Nilai dalam satuan SI adalah γ $6,672 \times 10^{-11}$ N/m² kg² (Telford, dkk 1990). Dalam survei gravitasi, geologi bawah permukaan dapat dilihat berdasarkan variasi dalam medan gravitasi bumi, anomaly kepadatan antara bawah permukaan Batuan (Kearey, dkk. 2002)

Gravitasi bervariasi dengan garis lintang tidak dalam bentuk Bumi dan kecepatan sudut titik di permukaan bumi menurun dari maksimum di khatulistiwa ke nol di kutub. Rumus yang menghubungkan gravitasi dengan garis lintang sesuai dengan persamaan

$$g_\phi = g_0(1 + k_1 \sin^2\phi - k_2 \sin^2 2\phi) \quad (3.2)$$

di mana g_ϕ adalah nilai gravitasi yang diprediksi pada lintang ϕ , g_0 adalah nilai gravitasi di khatulistiwa dan k_1, k_2 adalah konstanta tergantung pada bentuk dan kecepatan rotasi bumi. Nilai g_0, k_1 dan k_2 , dapat didefinisikan dengan Formula Gravitasi Internasional 1967 ($g_0 = 978031$ gu, $k_1 = 0,0053024$, $k_2 = 0,0000059$; IAG 1971). Sebelum tahun 1967 konstanta yang kurang akurat adalah digunakan dalam International Gravity Formula (1930).

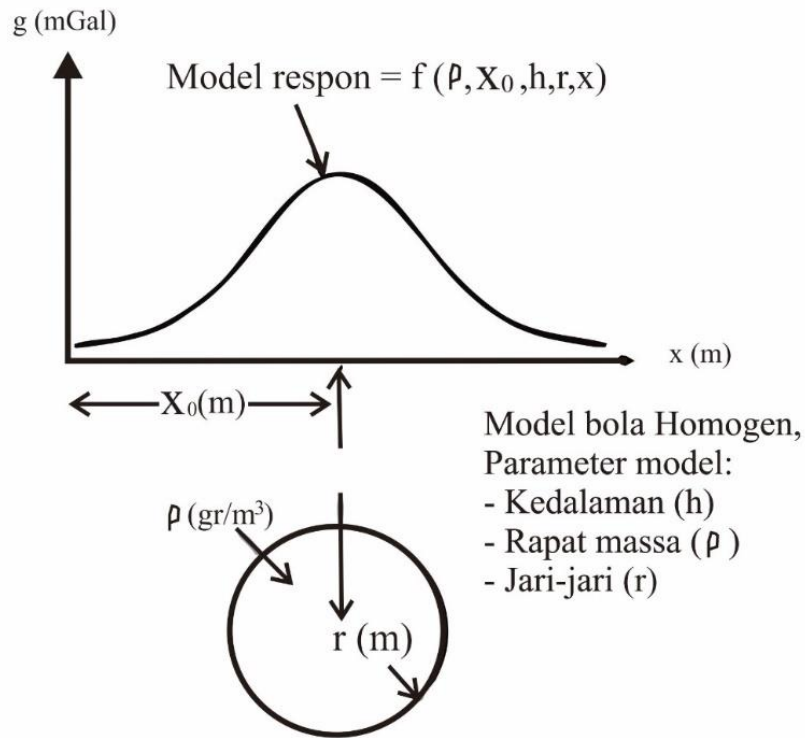
Hasil yang disimpulkan adalah

$$g_\phi = 9780318,5 (1 + 0,00527889 \sin^2\phi - 0,000233462 \sin^2 2\phi)g.u \quad (3.3)$$

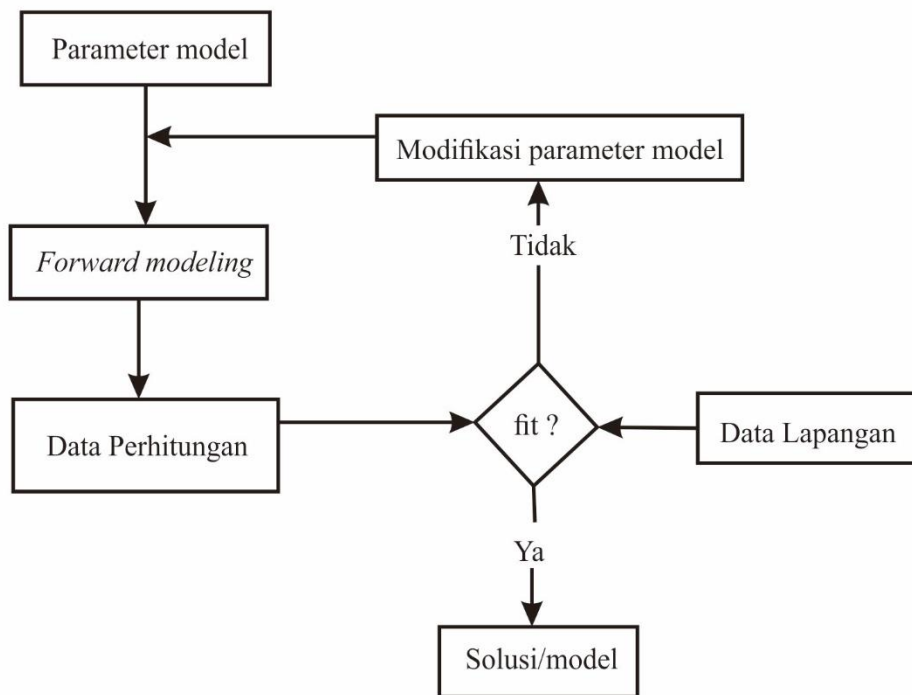
Nilai g_ϕ memberikan nilai gravitasi yang diprediksi pada permukaan laut pada setiap titik di permukaan bumi dan dikurangkan dari gravitasi yang diamati untuk mengoreksi garis lintang Variasi (Kearey dkk. 2002).

3.1.2 Pemodelan Geofisika

Parameter pemodelan dalam geofisika digunakan untuk menunjukkan kondisi geologi bawah permukaan. Pemodelan adalah suatu proses estimasi dan parameter pemodelan yang berdasar pada data yang diamati di permukaan bumi. Pemodelan Inversi (*Inverse Modeling*) dalam pemodelan ini model diperoleh secara langsung dari data. Dasar dari pemodelan inversi dan proses nya dapat digambarkan seperti gambar 3.9, akan tetapi untuk mekanisme modifikasi model agar memperoleh kecocokan data perhitungan dan data pengamatan yang lebih baik dilakukan secara otomatis. Pemodelan inversi dapat dikatakan juga sebagai *data fitting* karena prosesnya mencari model yang menghasilkan respon yang *fit* dengan data pengamatan (Grandis, 2009).



Gambar 3.1. Ilustrasi hubungan antara model, parameter model dan respon model dalam pemodelan anomali gravitasi (Grandis. 2009)



Gambar 3.2. Teknik pemodelan dengan cara mencoba-coba dan memodifikasi parameter model hingga diperoleh kecocokan antara data perhitungan dan data lapangan (Grandis, 2009)

3.1.3 Pemodelan 3D

Pemodelan tiga dimensi untuk melihat struktur geologi yang masing-masing memiliki kontras kepadatan tertentu. Setiap kubus kecil dianggap sebagai massa titik dan dengan demikian anomali gravitasi total untuk keseluruhan diperoleh dengan menyimpulkan komponen gravitasi penyusun untuk setiap kubus mini. Anomali gravitasi yang dihasilkan dibandingkan dengan yang diamati dan model disesuaikan dengan trial and error atau dengan metode berulang otomatis sampai perbedaan antara anomali dihitung dan diamati dikurangi ke tingkat yang dapat diterima. Resolusi yang lebih baik diperoleh dengan mengurangi ukuran dan meningkatkan jumlah kubus individu dalam model 3D (Telford, dkk. 1990).

Percobaan gravitasi melibatkan pengukuran komponen vertikal dari medan gravitasi yang dihasilkan oleh massa anomali (baik kelebihan atau kekurangan) di bawah permukaan. Distribusi massa anomali, ditandai dengan rapat massa batuan

$\rho(x; y; z)$ menghasilkan medan gravitasinya sendiri, \vec{F}_s yang ditumpangkan pada medan gravitasi ambien, dengan mengukur bidang yang dihasilkan dan menghapus bidang ambient dari pengukuran melalui pemrosesan numerik, seseorang memperoleh medan karena massa anomali.

Komponen vertikal dari medan gravitasi yang dihasilkan oleh rapat massa batuan $\rho(x; y; z)$ diberikan oleh

$$F_z(\vec{r}_0) = \gamma \int_V \rho(\vec{r}) \frac{Z - Z_0}{|\vec{r} - \vec{r}_0|^3} dv \quad (3.4)$$

Dimana \vec{r}_0 menunjukkan lokasi observasi dan \vec{r} adalah lokasi sumber. V adalah representasi dari massa anomali volume, dan γ adalah konstanta gravitasi. Dalam pembahasan ini mengadopsi sistem koordinat cartesian yang berasal dari permukaan bumi dan sumbu z yang menunjuk secara vertikal ke bawah.

Pemodelan *Upward Continuation* dapat dilakukan dengan integrasi persamaan (3.16). membagi bagian menjadi satu model 3D dengan metode mesh orthogonal 3D dan dengan asumsi densitas konstan dalam setiap sel. Medan gravitasi lokal dapat ditulis:

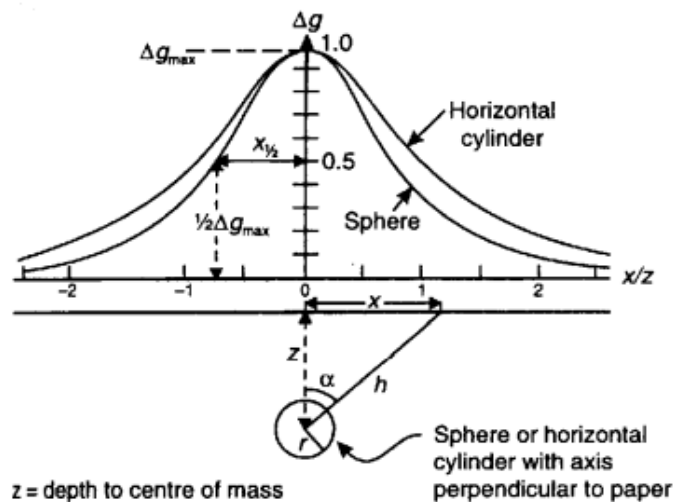
$$\begin{aligned} d_i &\equiv F_z(\vec{r}_{0i}) \\ &= \sum_{j=1}^M \rho_j \left\{ \gamma \int_{\Delta V_j} \frac{z - z_0}{|\vec{r} - \vec{r}_{0i}|^3} dv \right\} \\ &\equiv \sum_{j=1}^M \rho_j G_{ij} \end{aligned} \quad (3.5)$$

Dalam persamaan (3.15), ρ_j dan ΔV_j adalah kepadatan dan volume sel. Solusi untuk integral dalam persamaan (3.14) dapat dinyatakan dalam notasi matriks, data gravitasi yang terdiri dari pengamatan N yang diberikan oleh: (GRAV3D Manual, 2005)

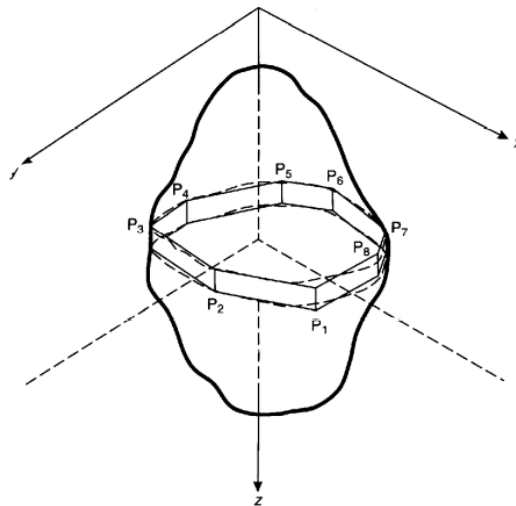
$$G\vec{\rho} = \vec{d} \quad (3.6)$$

Tabel 3.1. Anomali gravitasi yang terkait dengan bentuk geometris

Model	Anomali Gravitasi Maksimum	Catatan
Bola	$\Delta g_{max} = (4/3)\pi G\delta\rho r^3/z^2$	$z = 1,305x_{1/2}(m)$
Silinder Horizontal	$\Delta g_{max} = 2\pi G\delta\rho r^2/z$	$z = x_{1/2}$
Silinder Vertikal	$\Delta g_{max} = 2\pi G\delta\rho(s_1 - d)$ $\Delta g_{max} = 2\pi G\delta\rho r$ $\Delta g_{max} = 2\pi G\delta\rho(L + s_1 - s_2)$	If $L \rightarrow$ infinity If $d = 0$ If L finite $z = x_{1/2}\sqrt{3}$
Lempeng bawah permukaan (Plat Bouguer)	$\Delta g_{max} = 2\pi G\delta\rho L$	untuk $L = 1000$ m dan $\delta\rho = 0,1$ Mg/m ³ , $\Delta g_{max} = 42$ g. u
Lempengan tak hingga	$\Delta g_{max} = 2\pi G\delta\rho(D - d)$	
Horizontal	$\Delta g_p = 2G\delta\rho \left[x \ln\left(\frac{r_1 r_4}{r_2 r_3}\right) + b \ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right) + D(\phi_2 - \phi_4) - d(\phi_1 - \phi_3) \right]$	
Prisma vertical persegi panjang	$\Delta g_{max} = 2G\delta\rho [b \ln(d/L)]$	$L \gg b$
Langkah prisma persegi panjang	$\Delta g_{max} = 2G\delta\rho \left[x \ln\left(\frac{r_4}{r_3}\right) + \pi(D - d) - D\phi_4 + d\phi_4 + d\phi_3 \right]$	



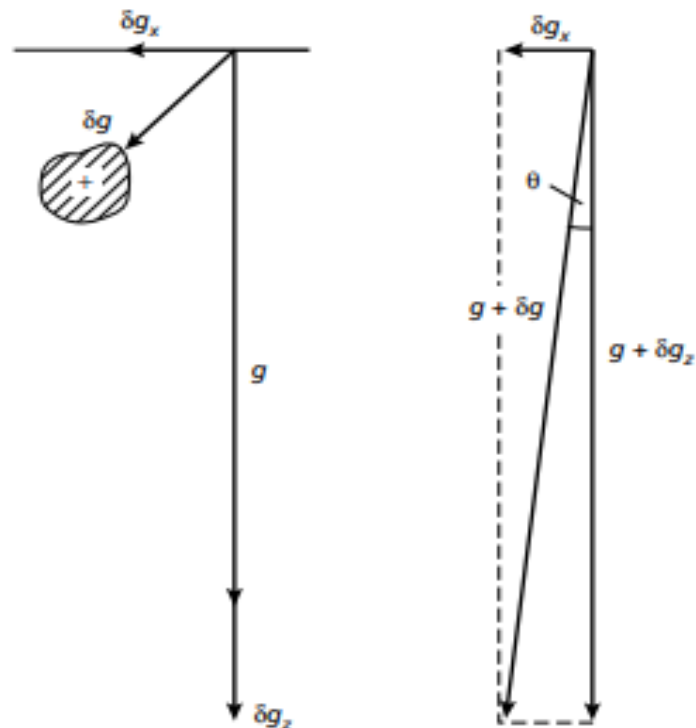
Gambar 3.3. Bola atau silinder horizontal dengan sumbu panjang tegak lurus terhadap kertas (Telford, dkk. 1990)



Gambar 3.4. Representasi fitur geologi tiga dimensi yang tidak teratur oleh lamina polygonal (Telford, dkk. 1990)

3.1.4 Anomali Gravitasi

Gravitasi bumi hanya memiliki satu arah yaitu vertikal. Gravimeter adalah alat yang dapat secara efektif hanya merespon komponen secara vertikal dari daya tarik gravitasi dan massa anomali.



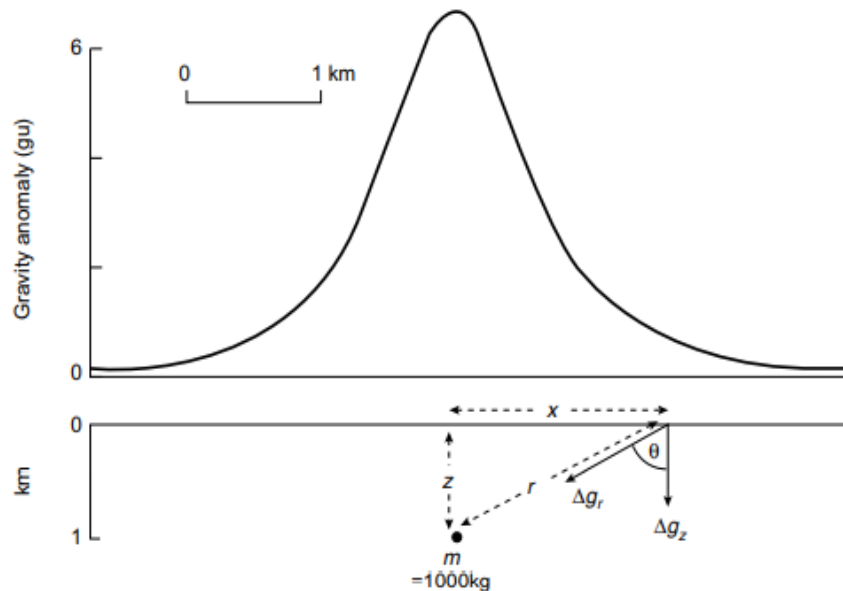
Gambar 3.5 Hubungan antara medan gravitasi dan komponen anomali gravitasi (Kaerey dkk. 2002)

Efek medan gravitasi dari massa anomali, dengan komponen horizontal dan vertikal pada medan gravitasi lokal dapat direpresentasikan pada diagram vektor. Gravitasi pada massa di titik m dengan jarak r dari massa. Gravitasi dengan Δg_r ke arah m yang dapat dilihat dari persamaan berikut

$$\Delta g_r = \frac{G_m}{r^2} \quad (3.7)$$

Karena hanya komponen vertikal yang diukur, anomali gravitasi Δg yang disebabkan oleh massa adalah

$$\Delta g = \frac{G_m}{r^2} \cos \theta \quad (3.8)$$



Gambar 3.6 Anomali gravitasi suatu titik massa atau bola (Kaerey dkk. 2002)

3.1.5 Metode Parasnis

Metode Parasnis didasarkan pada persamaan anomali Bouguer dengan asumsi nilai anomali Bouguer nya adalah nol.

$$CBA = g_{obs} - g\theta + g_{FA} - g_B = 0 \quad (3.9)$$

dimana:

CBA = Anomali Bouguer Lengkap

g_{obs} = Harga percepatan gravitasi observasi

$g\theta$ = Harga percepatan gravitasi normal
 g_{FA} = Koreksi udara bebas
 g_B = Koreksi Bouguer

Dari asumsi tersebut diperoleh:

$$g_{obs} - g\theta + g_{FA} = g_B \quad (3.10)$$

atau

$$g_{obs} - g\theta + 0.3086h = (2\pi Gh)\rho \quad (3.11)$$

Dari persamaan diatas bila ruas kiri dinyatakan sebagai variabel y dan ruas kanan sebagai variabel x , dan kedua variabel diplot sebaran datanya pada koordinat kartesian, maka dapat dicari suatu persamaan garis linier dengan metode kuadrat terkecil (least square). Persamaan regresi yang dihasilkan adalah:

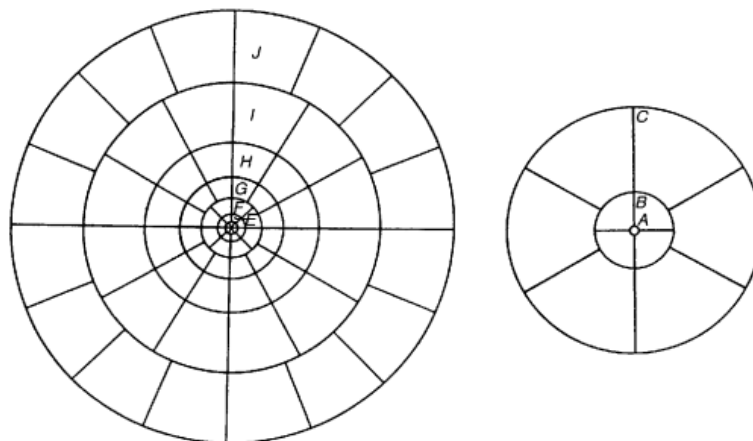
$$Y = ax + b \quad (3.12)$$

Dimana nilai a adalah nilai rapat massa batuan rata-rata (Septian, dkk. 2020)

3.1.6 Reduksi Data Gravitasi

3.1.5.1 Koreksi Terrain

Koreksi Terrain (gabungan udara bebas dan koreksi Bouguer) pada umumnya dapat mengatasi sedikit efek topografi pada percepatan karena gravitasi.



Gambar 3.7. Bagan koreksi medan palu dengan cincin A-C ditampilkan diperluas untuk kejelasan (Reynolds, 1997)

Prinsip kerja koreksi Terrain menentukan nilai g di tengah jari-jari dalam dan luar r_1 dan r_2 menggunakan persamaan berikut: (Reynolds, 1997)

$$\delta g_{seg} = \frac{2\pi\rho G}{N} [r_2 - r_1 + (r_1^2 + z^2)^{\frac{1}{2}} - (r_2^2 + z^2)^{\frac{1}{2}}] (g.u) \quad (3.13)$$

di mana N adalah jumlah segmen dalam cincin, z adalah modulus dari perbedaan elevasi antara stasiun gravitasi dan elevasi rata-rata segmen, dan ρ adalah kepadatan koreksi Bouguer (Mg/m^3)

3.1.5.2 Koreksi Bouguer

Koreksi Bouguer menghitung tarikan gravitasi ekstra yang diberikan oleh lempengan batu dengan ketebalan h dalam meter dan densitas rata-rata ρ (Mg/m^3) yang menghasilkan pengukuran gravitasi (g_{obs}) yang berlebihan oleh jumlah yang sama dengan $0,4192 \rho h$ g.u. Untuk kepadatan batuan rata-rata $2,65 Mg/m^3$, jumlah koreksi Bouguer $1,12$ g.u./m. Untuk survei kelautan, koreksi Bouguer sedikit berbeda karena kepadatan air laut yang rendah secara efektif digantikan oleh ketebalan batuan yang setara dengan kepadatan tertentu. koreksi Bouguer (δg_B) digunakan untuk memperhitungkan massa batuan antara stasiun pengukuran dan permukaan laut (Gambar 3.7) (Reynolds, 1997)

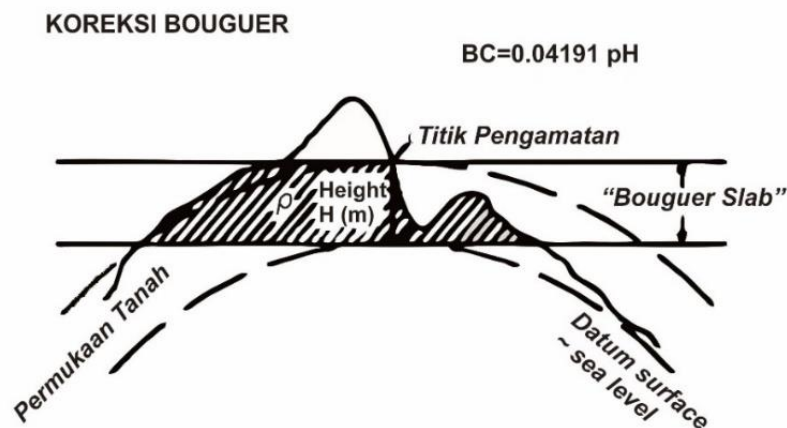
$$(\delta g_B) = 2\pi G \rho H = \beta \rho H (g.u), \quad (3.14)$$

dimana:

$$\beta = 2\pi G = 0,4192 \text{ g.u. m}^2 \text{ Mg}^{-1}$$

$$G = 6,67 \times 10^{-8} \text{ m}^3 \text{ Mg}^{-1} \text{ s}^{-2}$$

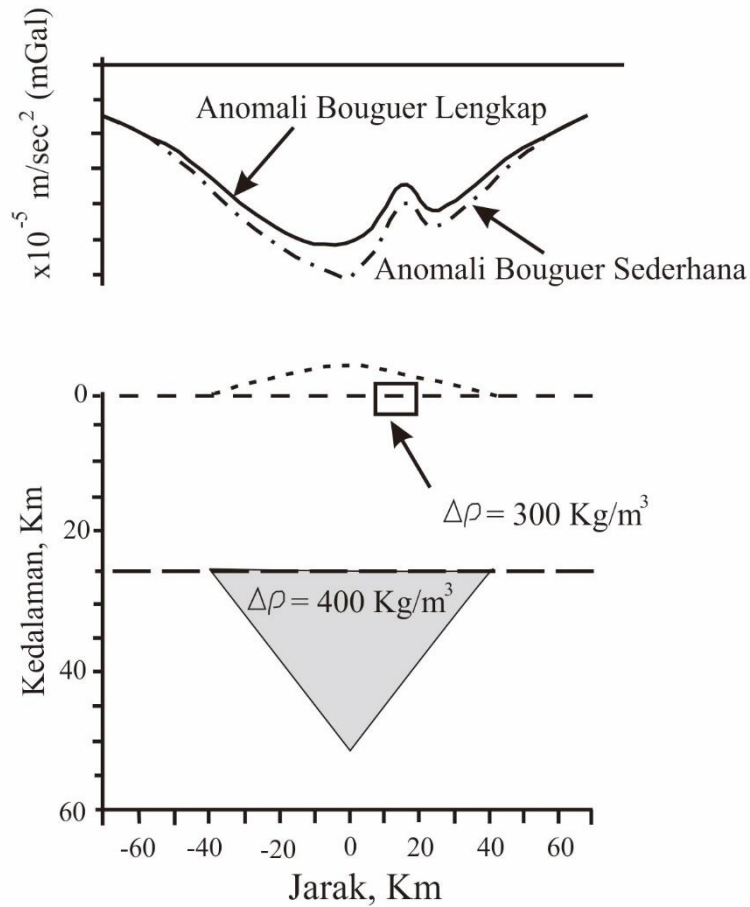
Densitas (ρ) berada di $Mg m^{-3}$ dan tinggi (h) dalam meter



Gambar 3.8 Koreksi Bouguer (Zhou. 1990)

Koreksi Bouguer sederhana mendekati semua massa di atas permukaan laut dengan homogen, tanpa batas lempengan dan ketebalan yang sama dengan ketinggian titik pengamatan di atas permukaan laut (Gambar 3.8). Daya tarik lempengan tak terbatas dijelaskan dengan persamaan 3.11. Anomali Bouguer sederhana atau *Simple Bouguer Anomaly* (SBA) yaitu:

$$SBA = FAA - BC \quad (3.15)$$



Gambar 3.5 Anomali Bouguer sederhana dan Anomali Bouguer lengkap di atas kerak penampang. Garis putus-putus ringan menunjukkan posisi pengukuran dengan massa penyebab. Anomali Bouguer termasuk Panjang gelombang, komponen negatif yang disebabkan oleh kepadatan rendah massa (root) yang secara isostatic mengkompensasi topografi

Anomali Bouguer lengkap atau *Complete Bouguer Anomaly* adalah:

$$CBA = SBA + TC \quad (3.16)$$

3.1.5.3 Anomali Bouguer

Hasil akhir yang utama dari koreksi data gravitasi adalah anomali Bouguer, yang seharusnya berkorelasi hanya dengan variasi lateral dalam kepadatan kerak atas dan yang paling menarik bagi ahli geofisika dan ahli geologi terapan. Anomali Bouguer adalah perbedaan antara nilai gravitasi yang diamati (g_{obs}), disesuaikan dengan jumlah dari semua koreksi yang diperlukan dan di beberapa base station (g_{base}). Variasi anomali Bouguer harus mencerminkan variasi lateral dalam kepadatan sehingga fitur kepadatan tinggi dalam media kepadatan rendah harus menimbulkan anomali Bouguer positif. Sebaliknya, fitur kepadatan rendah dalam media kepadatan yang lebih tinggi harus menghasilkan anomali Bouguer negatif (Reynolds. 1997)

3.1.7 Pemisahan Anomali (Upward Continuation)

Upward Continuation dalam pengolahan data gravitasi dapat digunakan untuk interpretasi bentuk gravitasi regional dan variasinya pada area survei, karena bidang regional diasumsikan berasal dari struktur yang relatif dalam. Pemisahan anomali residual dan regional dengan metode ini dapat dihasilkan dari struktur yang relatif dalam agar dapat mewakili bidang regional yang valid untuk daerah tersebut (Kearey, dkk. 2002)

3.1.8 Densitas Batuan

Densitas Batuan merupakan kuantitas batuan yang dapat ditentukan dalam eksplorasi gravitasi. Variasi kepadatan batuan tidak diukur secara langsung, meskipun dapat diukur dengan alat pengembangan lubang bor.

Tabel 3.2 Nilai densitas batuan

Tipe Batuan (Rock Type)	Rentang (Range) (g/cm^3)	Tengah (Average) (g/cm^3)	Mineral	Rentang (Range) (g/cm^3)	Tengah (Average) (g/cm^3)
Tanah (<i>Soil</i>)	1,2-2,4	1,92	Bauksit (<i>Bauxite</i>)	2,3-2,55	2,45
Tanah Liat (<i>Clay</i>)	1,63-2,6	2,21	Kapur (<i>Limonite</i>)	3,5-4,0	3,78
Kerikil (<i>Gravel</i>)	1,7-2,4	2,0	Siderit (<i>Siderite</i>)	3,7-3,9	3,83
Pasir (<i>Sand</i>)	1,7-2,3	2,0	Rutil (<i>Rutile</i>)	4,18-4,3	4,25

Tabel Lanjutan

Tipe Batuan (Rock Type)	Rentang (Range) (g/cm³)	Tengah (Average) (g/cm³)	Mineral	Rentang (Range) (g/cm³)	Tengah (Average) (g/cm³)
Batu Pasir (Sandstone)	1,61-2,76	2,35	Mangan (Manganite)	4,2-4,4	4,32
Batu Kapur (Limestone)	1,93-2,90	2,55	Ilmenit (Ilmenite)	4,3-5,0	4,67
Batu Beku (Igneous rocks)			Franklinit (Franklinite)	5,0-5,22	5,12
Andesit (Andesite)	2,4-2,8	2,61	Gelas (Cuprite)	5,7-6,15	5,92
Granit (Granite)	2,50- 2,281	2,64	Kasiterit (Cassiterite)	6,8-7,1	6,92
Grano Diorite (Granodiorite)	2,67-2,79	2,73	Wolframit (Wolframite)	7,1-7,5	7,32
Profin (Porphyry)	2,60-2,89	2,74	Sulfida, Arsenida (Sulfides, arsenides)		
Diorit Qursa (Quartz diorite)	2,62-2,96	2,79	Sfalerit (Sphalerite)	3,5-4,0	3,75
Diorite (Diorite)	2,72-2,99	2,85	Perunggu (Malachite)	3,9-4,03	4,0
Lava (Lavas)	2,80-3,00	2,90	Kalkopiit (Chalcopyrite)	4,1-4,3	4,2
Basal (Basalt)	2,70-3,30	2,99	Stribnite	4,5-4,6	4,6
Gabbro (Gabbro)	2,70-3,50	3,03	Batu Pirit (Pyrrhotite)	4,5-4,8	4,65
Dasar Beku (Basic Igneous)	2,09-3,7	2,79	Pirit (Pyrite)	4,9-4,52	5,1
Batuan Metamorf (Metamorphic rocks)			Bornit (Bornite)	4,9-5,4	5,1
Kuarsit (Quartzite)	2,5-2,70	2,60	Kalsit (Chalcocite)	5,5-5,8	5,65
Serpentine	2,4-3,10	2,78	Galena	7,4-7,6	7,5

Tabel Lajutan

Tipe Batuan (Rock Type)	Rentang (Range) (g/cm³)	Tengah (Average) (g/cm³)	Mineral	Rentang (Range) (g/cm³)	Tengah (Average) (g/cm³)
Eklogit (Eclogite)	3,2-3,54	3,37	Es (<i>Ice</i>)	0,88-0,92	-
Metamorf (<i>Metamorphic</i>)	2,4-3,1	2,74	Air Laut (<i>Sea Water</i>)	1,01-1,05	-
			Batubara Lunak (Soft Coal)	1,2-1,5	1,32
			Antrasit (Anthracite)	1,34-1,8	1,50
			Kapur (Chalk)	1,53-2,6	2,01
			Granit (Graphite)	1,9—2,3	2,15
			Garam Batu (Rock salt)	2,1-2,6	2,22
			Gypsum (Gypsum)	2,2-2,6	2,35
			Koalinit (Kaolinite)	2,2-2,63	2,53
			Ortoklas (Orthoclase)	2,5-2,6	-
			Kuarsa (Quartz)	2,5-2,7	2,65

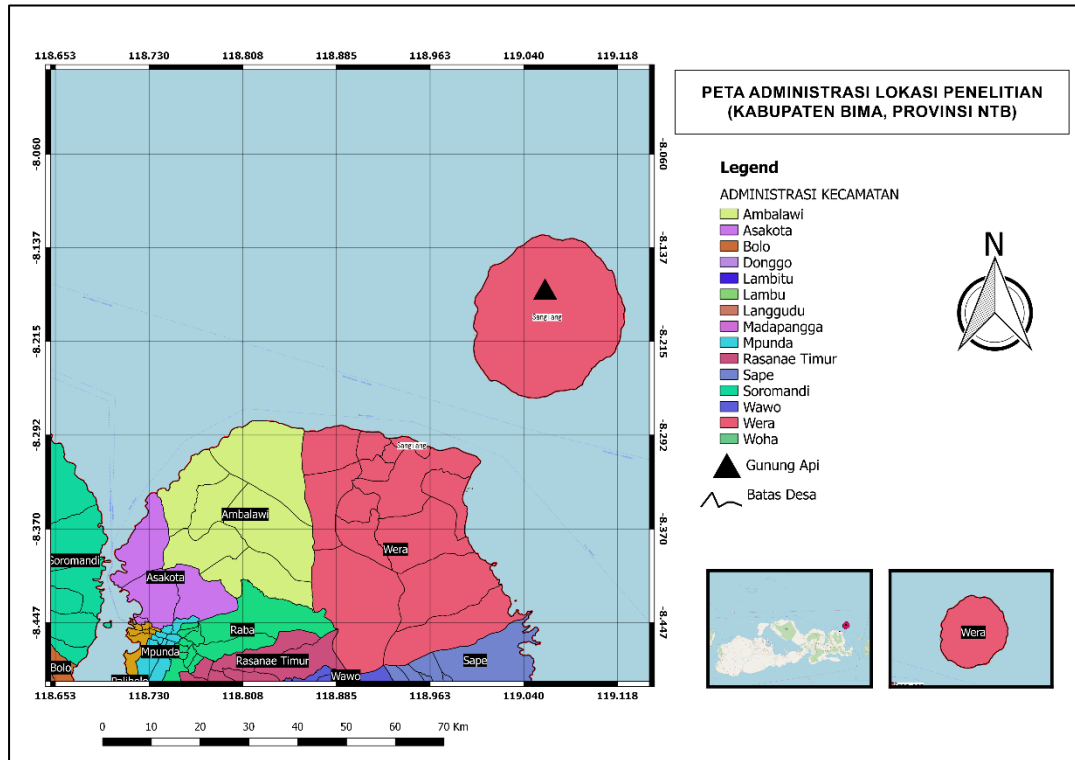
Sumber: (Telford, dkk. 1990)

Pengukuran kepadatan batuan seringkali dilakukan di laboratorium dengan sampel kecil. Namun hasil laboratorium jarang memberikan kepadatan massal yang sebenarnya karena sampel dapat lapuk, terfragmentasi, dehidrasi, atau diubah dalam proses pengambilannya. Akibatnya, kepadatan sering tidak tepat dengan kondisi lapangan tertentu. Nilai kepadatan atau densitas batuan dapat dilihat pada (Tabel 3.1) (Telford, dkk. 1990).

BAB IV METODE PENELITIAN

4.1 Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Geofisika (Fisika Lanjut) Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Mataram. Pengolahan data di mulai pada bulan Oktober 2021 sampai dengan Januari 2023.



Gambar 4.1 Peta lokasi penelitian

Jalur yang dapat ditempuh dari kota terdekat yaitu Kota Bima ke Lokasi penelitian atau Gunungapi Sangeang Api melalui Jalan Lintas Bima Wera. Secara geografis terletak di $08^{\circ}11'$ LS dan $119^{\circ}03,5'$ BT.

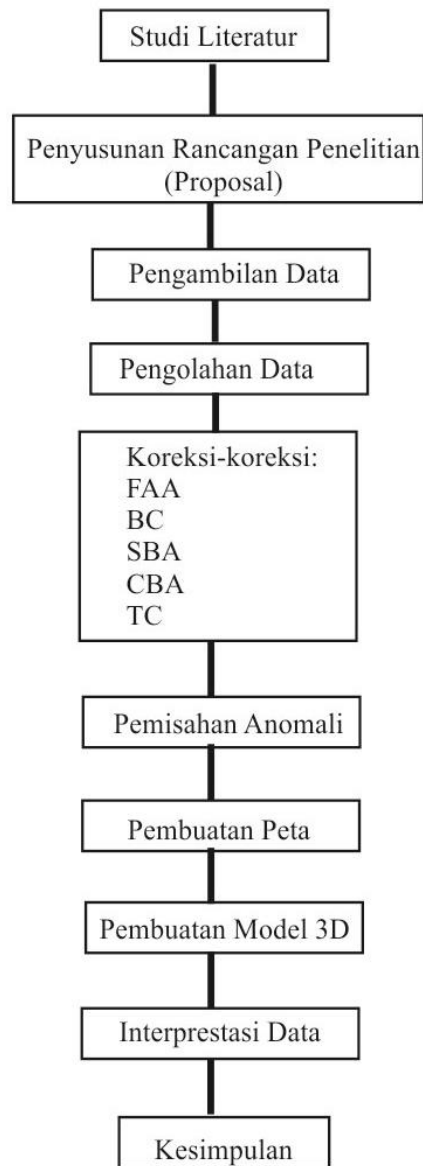
4.2 Alat-alat

Alat dan bahan yang diperlukan dalam penelitian ini adalah:

- Data Anomali Gravitasi
- Peta Geologi NTB Timur (Pulau Sumbawa)
- Software Geosoft v.6.4.2*
- Software Google Earth Pro*
- Software Surfer v.13*

- f. *Software Quantum GIS v.2.18*
- g. *Software Microsoft Word dan Excel 2016*
- h. *Global Mapper 0.8*
- i. *UBC.Grav3D*

4.3 Prosedur Penelitian



Gambar 4.2. Diagram Alur Prosedur Penelitian

Studi literatur yang dilakukan yaitu dengan membaca sumber-sumber ilmiah tentang lokasi penelitian untuk dapat menentukan Rumusan masalah, dan pentingnya penelitian ini dilakukan. Selain itu dalam tahap studi literatur ini juga peneliti mempelajari proses-proses pengambilan data hingga pengolahan data dan teori-teori yang berkaitan agar memudahkan dalam proses penelitian yang mengarah pada tujuan penelitian. Tujuan dari penelitian ini yaitu, menentukan pemodelan 3D struktur bawah permukaan Gunungapi Sangeang Api dengan data Gravitasi. Studi literatur ini dilakukan untuk mempelajari secara lebih mendalam mengenai metode Gravity berdasarkan sumber dan atau referensi yang relevan dengan penelitian. Referensi tersebut berupa Buku, Artikel dan Jurnal Ilmiah.

4.4 Pengambilan Data

Data anomali gravitasi citra satelit dapat diakses di *website*: <http://murray-lab.caltech.edu/GGMplus/index.html> yang disediakan oleh *Curtin University (Perth, Western Australia) and Technical University of Munich (Germany)*. Data yang diakses merupakan data sekunder dalam bentuk *Excel* dengan jarak 200 m. Data yang diambil pada koordinat 08°11' LS dan 119° 03,5' BT, yaitu di Gunungapi Sangeang Api, Pulau Sumbawa NTB.

Tabel. 4.1 Contoh Data

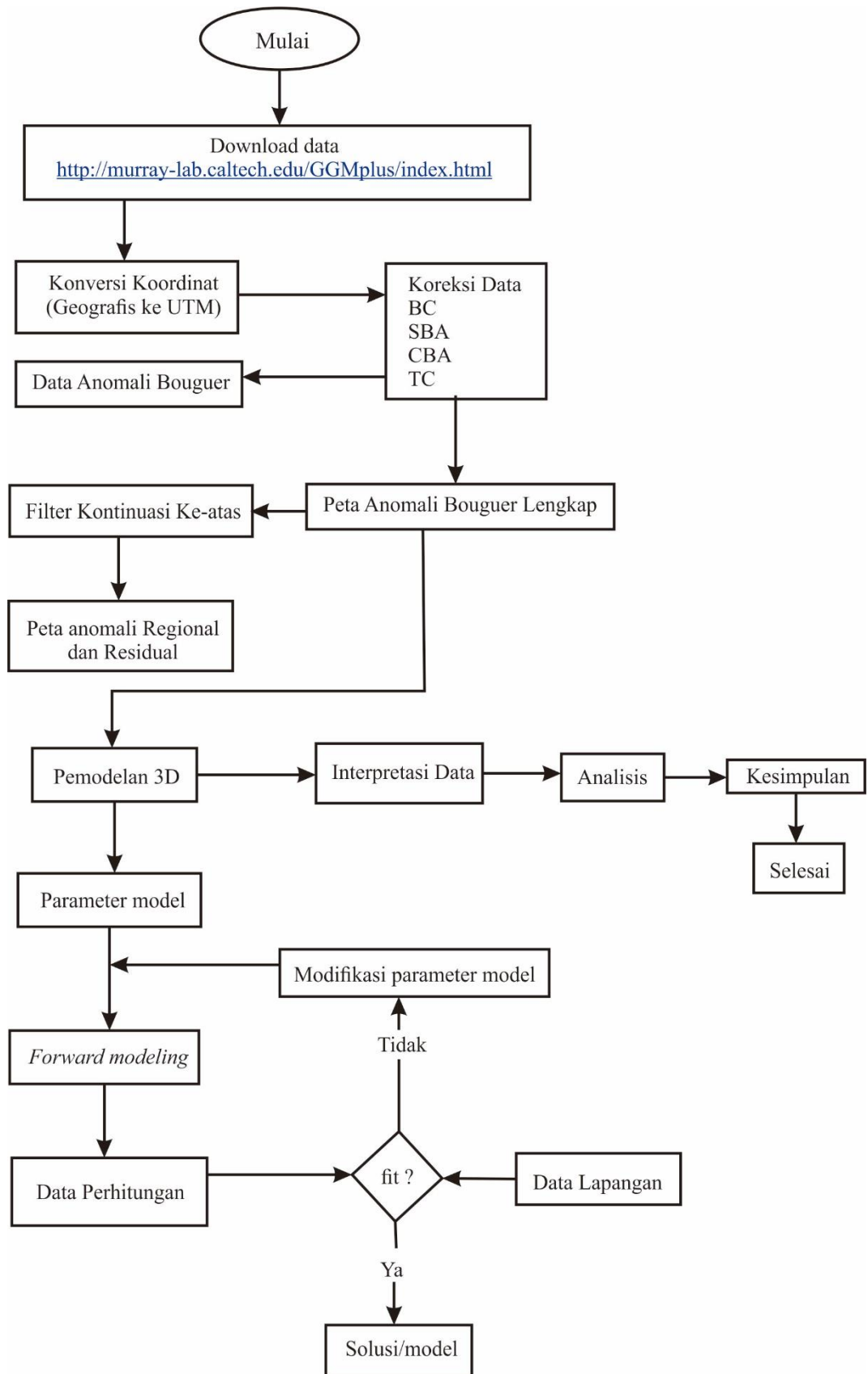
Latitude	Longitude	FAA (mGal)	Elevasi (m)
118,593	-8,695	175	576
118,595	-8,695	168.8	519
118,597	-8,695	173.4	559
118,599	-8,695	176.8	593
118,601	-8,695	182.4	661
118,603	-8,695	177.1	600
118,605	-8,695	167	502
118,609	-8,695	158	417
118,611	-8,695	155.5	389
118,613	-8,695	143.5	280
118,615	-8,695	135.4	215
118,617	-8,695	138.8	225
118,619	-8,695	141.2	240
118,621	-8,695	143.4	266
118,623	-8,695	148.6	308

4.5 Pengolahan Data

Data yang diolah merupakan data anomali gravitasi daerah Gunungapi Sangeang Api Kecamatan Wera, Kabupaten Bima, Provinsi Nusa Tenggara Barat. Berikut proses pengolahan data:

- a. Melakukan koreksi bouguer terhadap data anomali udara bebas menggunakan persamaan (3.14) untuk menghilangkan pengaruh massa yang berada di antara titik pengukuran dan titik acuan spheroid sehingga mendapatkan hasil berupa peta anomali bouguer sederhana.
- b. Melakukan koreksi medan (*Terrain Correction*) untuk menghilangkan pengaruh kekurangan dan kelebihan massa disekitar titik pengukuran yang mengakibatkan pengurangan nilai gravitasi terukur sehingga mendapatkan hasil berupa peta anomali Bouguer lengkap dengan bantuan software Geosoft
- c. Pemisahan anomali dalam (regional) dan dangkal (residual) dengan metode kontinuitas ke atas.
- d. Pembuatan peta dilakukan dengan bantuan software Geosoft dan Surfer 13
- e. Pemodelan secara 3D dan 2D nilai anomali regional dengan bantuan Software UBC Grav3D.
- f. Interpretasi data dilakukan dengan mencocokkan nilai densitas batuan dengan nilai densitas batuan pada tabel 3.2 berdasarkan buku Telford 1990, serta membandingkan hasil dengan peta geologi regional.

Berikut alur pengolahan data dijelaskan pada gambar 4.3



Gambar 4.3. Prosedur Pengolahan Data

BAB V

HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 Pengolahan Data

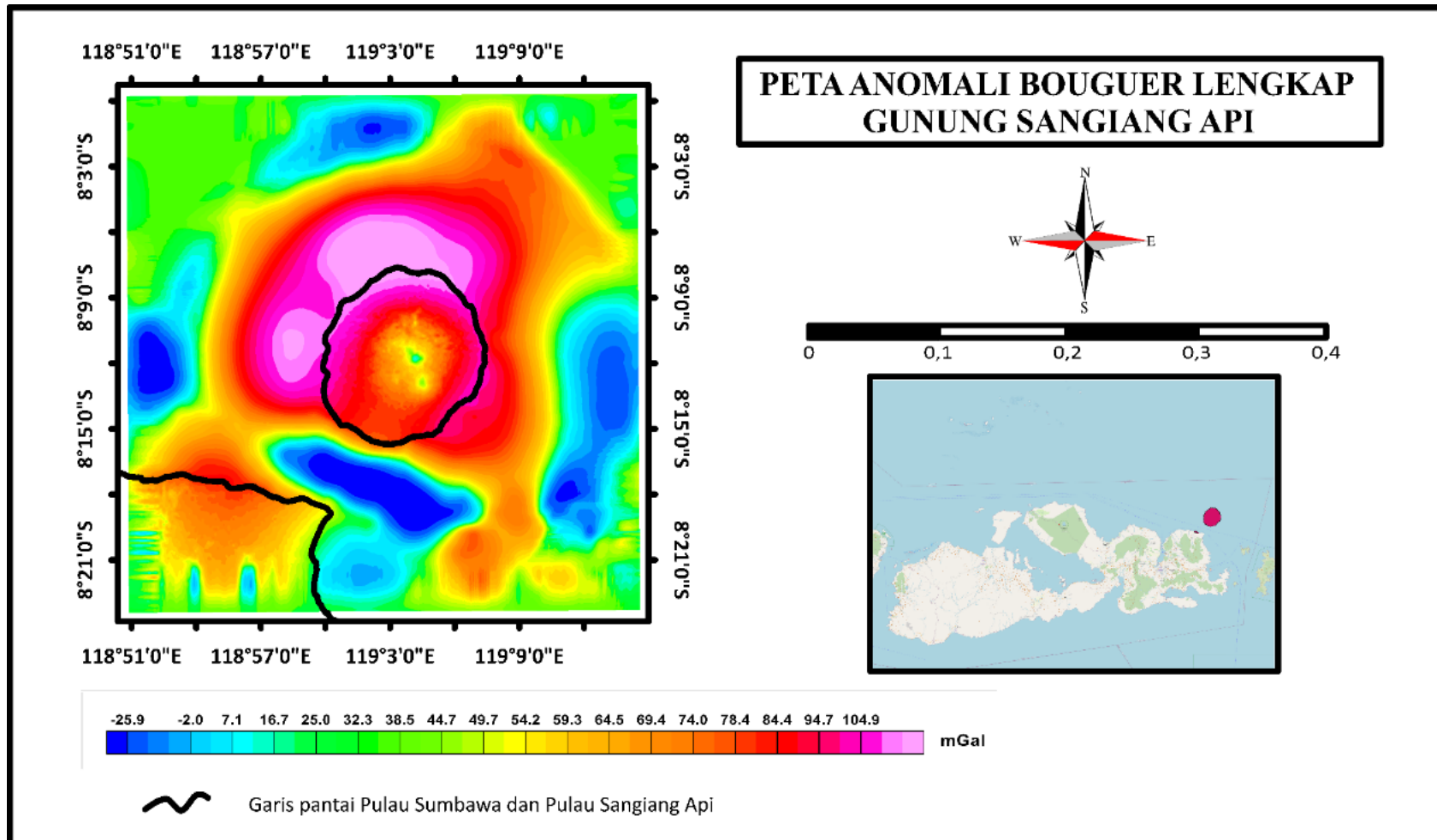
Pengolahan data pada penelitian tentang Pemodelan struktur bawah permukaan Gunungapi Sangeang Api yang terletak di Kecamatan Wera Kabupaten Bima Pulau Sumbawa Nusa Tenggara Barat yang berdasar pada data anomali gravitasi. Data anomali gravitasi diperoleh dari pengukuran citra satelit yang dalam hal ini merupakan data sekunder diperoleh melalui website: <http://murray-lab.caltech.edu/GGMplus/index.html> yang disediakan oleh *Curtin University (Perth, Western Australia)* and *Technical University of Munich (Germany)*. Hasil pengolahan data anomali gravitasi berupa anomali Bouguer lengkap, peta anomali regional, peta anomali residual, dan pemodelan 3D. Sampel data dapat dilihat pada lampiran 1 dan lampiran 2.

5.2 Anomali Bouguer Lengkap

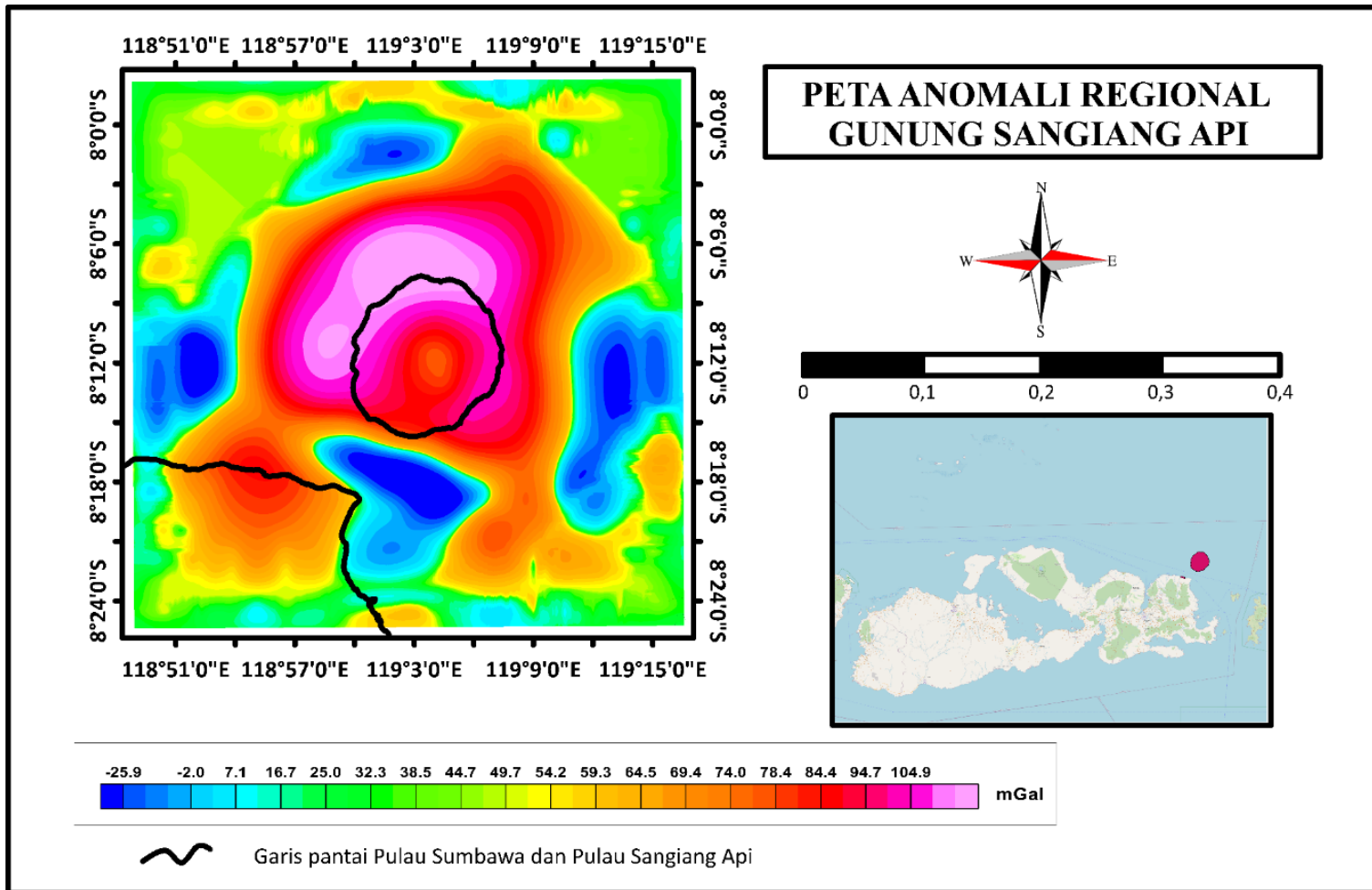
Hasil pengolahan data didapatkan peta Anomali Bouguer lengkap sebagai output. Peta Anomali Bouguer lengkap merupakan peta yang menggambarkan pola sebaran densitas batuan bawah permukaan. Peta anomali Bouguer lengkap dapat dilihat pada Gambar 5.1. Hasil pemetaan anomali Bouguer dapat dilihat pada (Gambar 5.1). Perbedaan warna yang terdapat pada peta anomali Bouguer lengkap menunjukkan adanya variasi nilai anomali bouguer pada lokasi penelitian. Perbedaan nilai anomali Bouguer lengkap pada peta ditandai dengan adanya perbedaan warna yang dapat dilihat pada skala warna. Variasi nilai anomali bouguer dari negatif hingga positif. Nilai anomali negative berkisar -25 mGal hingga 0 mGal, dan nilai anomali positif berkisar 0 mGal hingga 104.9 mGal.

5.3 Pemisahan Anomali Regional dan Residual

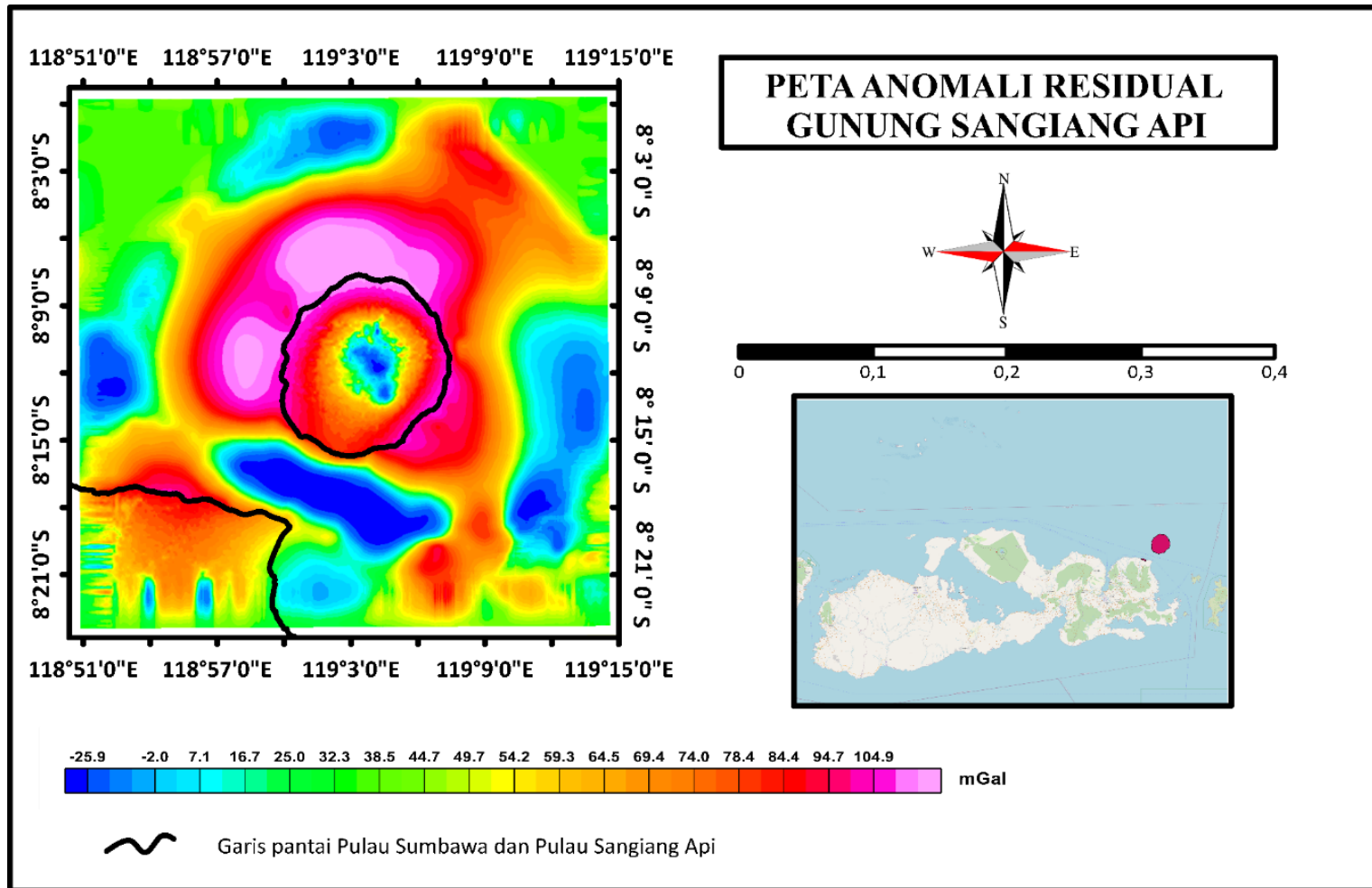
Hasil pengangkatan kontinuasi ke atas (*Upward Continuation*) yang dilakukan pada ketinggian 3.000 meter, maka didapatkan peta anomali Regional (Gambar 5.2).



Gambar 5.1 Peta Anomali Bouguer Lengkap Gunungapi Sangeang Api



Gambar 5.2 Peta Anomali Regional Gunungapi Sangeang Api



Gambar 5.3 Peta Anomali Residual Gunungapi Sangeang Api

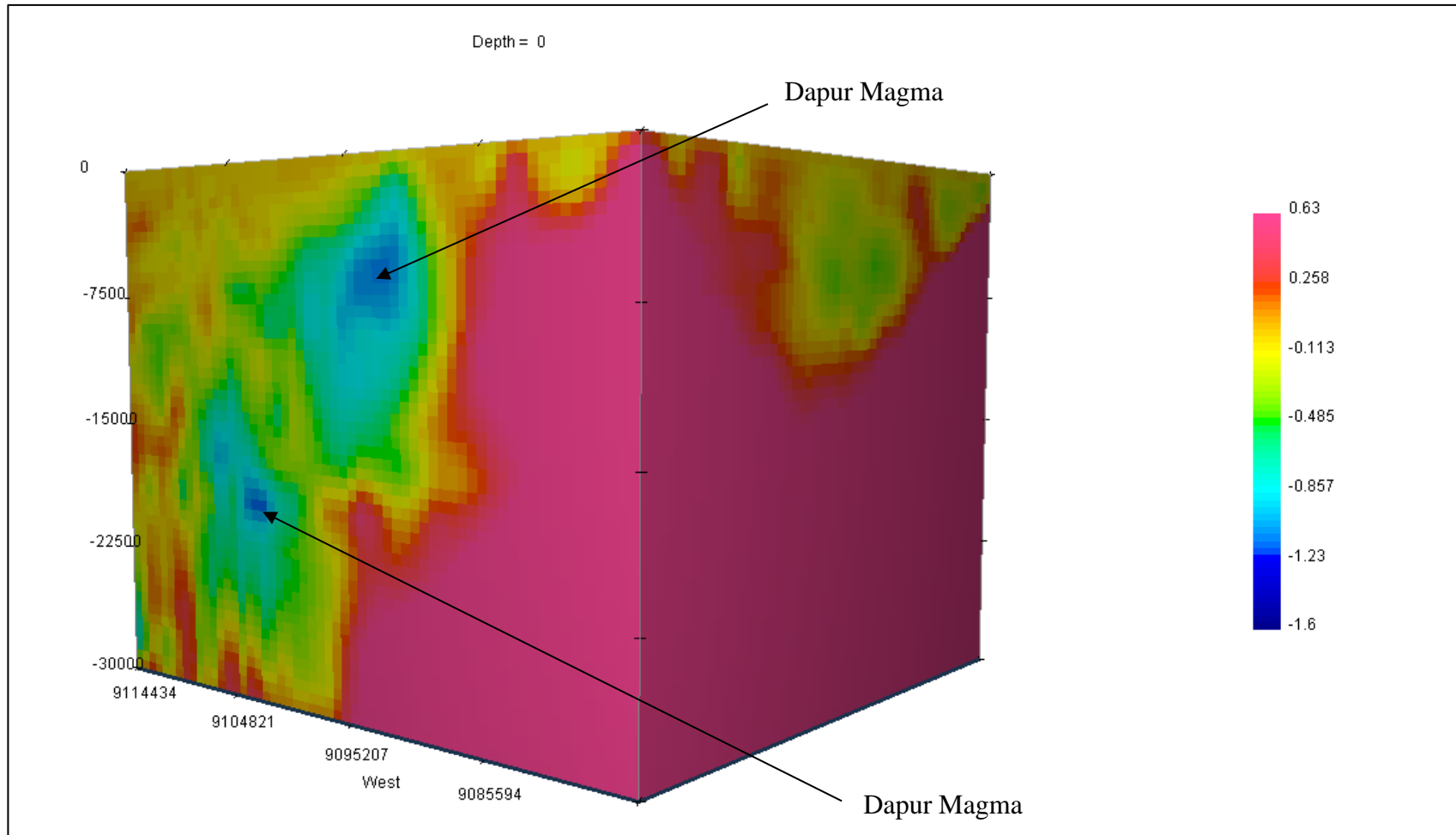
Nilai anomali regional yang didapat kisaran dari -25 mGal – 105 mGal. Hal ini dapat dilihat dari adanya variasi warna pada peta anomali regional (Gambar 5.2), keterangan variasi warna dapat dilihat pada kotak skala warna yang tertera pada peta anomali regional (Gambar 5.2).

5.4 Model 3D Anomali Bouguer Lengkap

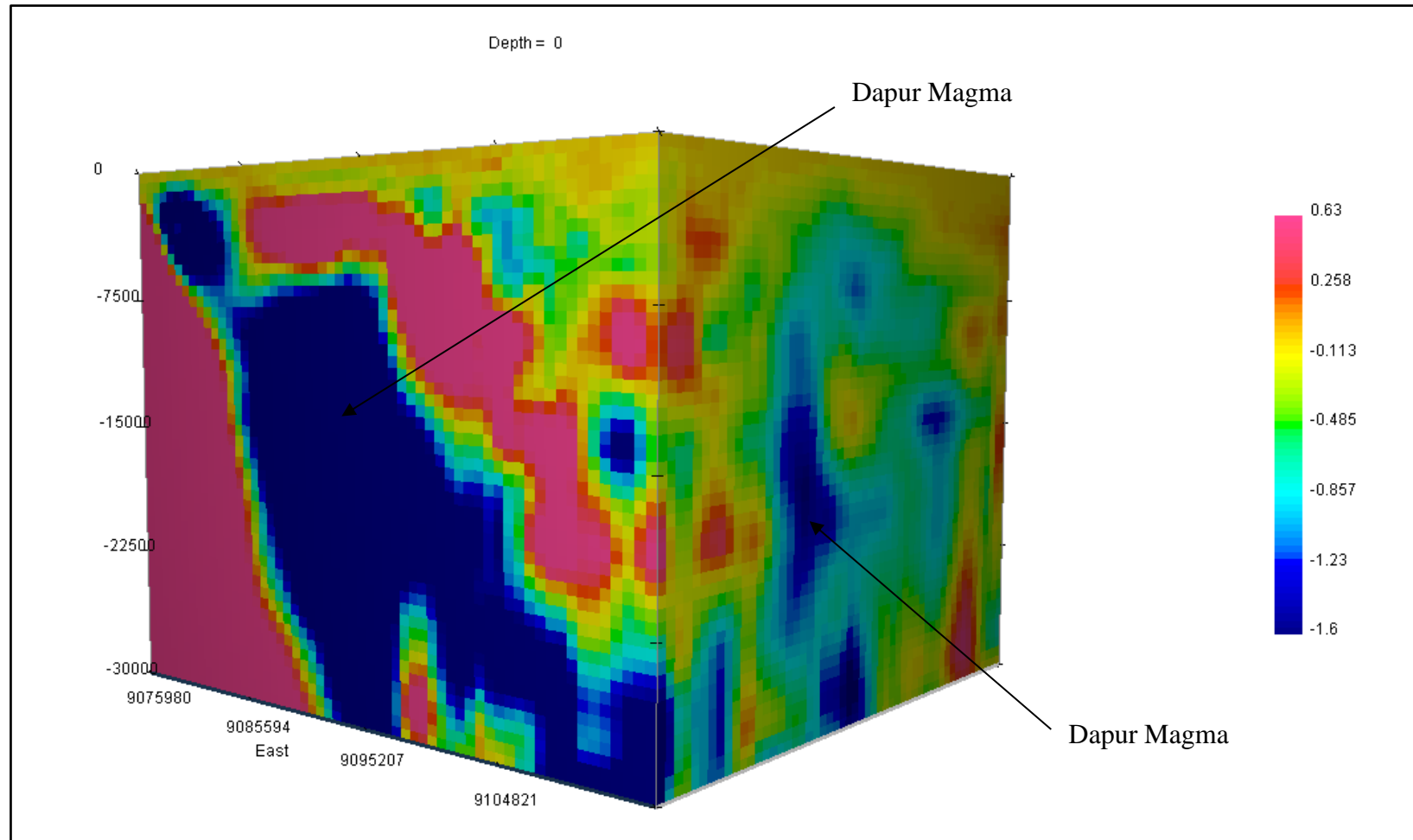
Hasil pemodelan tiga dimensi yang dilakukan (Gambar 5.4) pada data anomali Bouguer lengkap. Penampang pemodelan tiga dimensi yang tersusun dari blok-blok (*Mesh*) dengan kedalaman 0 km - 30 km dari atas permukaan bumi. Blok-blok (*Mesh*) dengan ukuran 663 m (X, Y) dan 600 m (Z) pada satu blok. Pada sumbu X terdiri dari 58 *Mesh*, pada sumbu Y terdiri dari 53 *Mesh* dan pada sumbu Z terdiri 50 *Mesh*. Hasil pemodelan tampak Barat - Selatan dapat dilihat pada (Gambar 5.4) dan hasil pemodelan tampak Timur – Utara dapat dilihat pada (Gambar 5.5). Proses pemodelan 3D didapatkan *error* senilai 5%.

Model 3D menggambarkan struktur bawah permukaan pada daerah penelitian sesuai luas daerah pada data penelitian yang mencakup keseluruhan dari Gunungapi Sangeang Api dan laut sekitaran Pulau Sangeang Api. Dugaan sebaran magma bawah permukaan Gunungapi Sangeang Api tidak hanya vertikal kebawah garis lurus dengan tempat keluarnya magma di atas permukaan. Maka dari itu perlu untuk melakukan pemodelan dengan cakupan wilayah yang luas agar dapat diketahui seberapa luas sebaran dapur magma bawah permukaan.

Indikasi keberadaan dapur magma merujuk pada penelitian (Turner dkk. 2003). Keberadaan dapur magma dapat diketahui dengan melakukan pemotongan (*Slice*) pada hasil pemodelan 3D sesuai volume blok (*Mesh*) yang tersusun pada penampang pemodelan 3D. Hasil dari *Slice* penampang pemodelan 3D didapatkan informasi berupa kedalaman pada sumbu (Z) dengan rentang dari 600 m – 30.000 m dari atas permukaan bumi. Batas kedalaman dapur magma yang diperkirakan merupakan batas dari kedalaman data pemodelan pada penelitian ini. Berdasarkan hasil pemodelan diduga kedalaman dapur magma Gunungapi Sangeang Api masih ada lebih dari 30.000 m bawah permukaan.



Gambar 5.4 Pemodelan 3D Tampak Barat Daya – Timur Laut



Gambar 5.5 Pemodelan 3D Tampak Timur Laut – Barat Daya

Hasil analisis menunjukkan bahwa ada perbedaan hasil dari penelitian ini dengan penelitian terdahulu (Penelitian yang dilakukan oleh Turner, dkk pada tahun 2003, merujuk dari daftar pustaka). Hal ini terjadi karena perbedaan metode yang digunakan, sehingga didapatkan hasil yang berbeda.

Penafsiran struktur batuan bawah permukaan pada daerah penelitian yang berdasarkan pada peta geologi. Berdasarkan informasi geologi diketahui bahwa daerah penelitian terdiri dari batuan hasil gunung api muda (Qv) gunung api yang masih giat (Gunung Tambora dan Gunungapi Sangeang Api) dan hasil gunung api Sangeang (Qvsn). Hasil gunung api muda (Qv) adalah Breksi Lahar, Lava, Bom, dan Lapili. Selanjutnya hasil gunung Api Sangeang Andesit, Andesit Olivin, Basalt, Gelas, dan Batu Apung.

Hasil analisis pemodelan 3D yang didapatkan menunjukkan dugaan variasi batuan bawah permukaan yang dapat dilihat pada tabel 5.2.

Tabel 5.1 Variasi batuan bawah permukaan berdasarkan penampang pemodelan 3D

Densitas (g/cm^3)	Kedalaman (m)	Jenis Batuan
1,07 - 1,72	600 – 30.000	Magma
2,4 – 2,8	600 – 30.000	Andesit
2,70 – 3,30	0 – 30.000	Basalt
2.80-3.00	0-30.000	Lava
2,62 – 2,96	3.000 – 30.000	Diorit Qursa

Berdasarkan hasil analisis penampang pemodelan 3D dengan membaca nilai densitas batuan pada output pemodelan dan mencocokkan dengan tabel nilai densitas batuan batuan (Table 3.1, pada BAB 3 Landasan Teori) didapatkan hasil struktur batuan yang sesuai dengan peta geologi regional (Peta Geologi Lembar Dompu dan Bima, N. Suratno 1995 pada Lampiran 4).

BAB VI PENUTUP

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis data dan pemodelan 3D dari data Gravitasi Gunungapi Sangeang Api, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil pemodelan 3D didapatkan variasi Batuan struktur bawah permukaan Gunungapi Sangeang Api terdiri dari, Andesit, Breksi, Basalt, Lava, Diorit Qursa, Batuan Beku, dan Basalt
2. Kedalaman dapur magma diperkirakan dari kedalaman 600 m sampai dengan 30.000 m bawah permukaan.

6.2 Saran

Adapun saran yang dapat disampaikan dari hasil penelitian ini adalah:

1. Perlu dilakukan pengukuran atau eksplorasi secara langsung agar dapat dilakukan perbandingan hasil.
2. Perlu dilakukan penelitian atau eksplorasi dengan menggunakan metode geofisika lainnya agar dapat dijadikan sebagai pembanding hasil.
3. Penelitian ini dapat dilanjutkan dengan metode yang sama dan mencari bentuk dengan pemodelan lain (2D)

DAFTAR PUSTAKA

- Balulu, N. 2011, Analisis Struktur Bawah Permukaan Gunung Muria Dan Sekitarnya Menggunakan Metode Gravitasi, Berk. Penel. Hayati Edisi Khusus: 7F (27)
- Blakely, R.J., (1996), Potential Theory in Gravitasi and Magnetic Applications, First Edition, Cambridge University Press, New York
- Bronto, S, 2006, Fasies gunung api dan aplikasinya (Pusat Survei Geologi), Jurnal Geologi Indonesia, Vol. 1, No. 2
- Grandis, H., (2009), Pengantar Pemodelan Inversi Geofisika, Himpunan Ahli Geofisika Indonesia (HAGI), Bandung.
- GRAV3D, 2005, UBC-Geophysical Inversion Facility, Department of Earth and Ocean Science, University of British Columbia Vancouver, British Columbia
- Hendrajaya, L. dan Hendro, L. 1988, Erupsi Gunung Api, Institut Teknologi Bandung
- Hidayat, N. dan Basid, A. 2011, Analisis Anomali Gravitasi Sebagai Acuan Dalam Penentuan Struktur Geologi Bawah Permukaan Dan Potensi Geothermal (Studi Kasus Di Daerah Songgoriti Kota Batu), Jurnal Neutrino Vol.4, No.1, (35)
- Hiden, Karbani, Wiwit, Danang, 2019, Analisis dan Pemodelan Inversi Struktur Bawah Permukaan Berdasarkan Anomali Gravitasi Pulau Lombok, Indonesian Physical Review Vol. 2, No. 1, (1)
- Ilmi, N. Nandi, H. dan Karyanto, 2019, Pemodelan 3d Struktur Bawah Permukaan Gunung api Agung Provinsi Bali Menggunakan Metode Gaya Berat, Jurnal Geofisika Eksplorasi, Vol. 5, No.2
- Kearey, P. Michael, B. dan Hill, I. (2002), An Introduction to Geophysical Exploration, 3rd Edition, Blackwell Science, Oxford
- Kurniawan, A.F. Sehad, 2012, Pemanfaatan Data Anomali Gravitasi Citra GEOSAT dan ERS-1 Satellite untuk Memodelkan Struktur Geologi Cekungan Bentarsari Brebes, Indonesian Journal of Applied Physics Vol.2 No.2 (184)

- Pratomo, I. 2006, Klasifikasi Gunung Api Aktif Indonesia, Studi Kasus Dari Beberapa Letusan Gunung Api Dalam Sejarah, Jurnal Geologi Indonesia, Vol. 1 No. (209)
- PVMBG (Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi) Badan Geologi Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, [Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi - Badan Geologi \(esdm.go.id\)](http://esdm.go.id). Diakses pada November 2021.
- Reynold, J. M. (1997). An Introduction to Applied and Enviromental Geophysics. New York: John Willey and Sons ltd
- Sarmili, L. dan Lukman, A. 2015, Indikasi Gunung api Bawah Laut Di Perairan Sangeang Sumbawa Nusa Tenggara Barat, Jurnal Geologi Kelautan, Vol. 13, No. 2
- Septian, A.M. Budzar, A., Retno, G. Syamsurijal, R., dan Ilham, D. 2020, Pemrograman Dasar dan Analisis Anomali Bouguer Sederhana dalam Komputasi Menggunakan Matlab, Jurnal MIPA Unsrat Online, Vol. 5, No. 2
- Setiawan. Ragil, M. dan Setiawan, A. 2015, Pemodelan Struktur Bawah Permukaan Zona Subduksi dan Busur Gunung api Jawa Timur berdasarkan Analisis Data Gravitasi, Jurnal Fisika Indonesia, Vol. 19, No. 57
- Telford, W.M., Geldart, L.P., dan Sheriff, R.E., (1990), Applied Geophysics, 2ndEdition, Cambridge University Press, New York.
- Turner, S. John, F. Rhiannon, G. Peter, E. Rick, V. Marlina, E. dan George, J. 2003, Rates and Processes of Potassic Magma Evolution beneath Sangeang Api Volcano, East Sunda Arc, Indonesia, Journal of Petrology, Vol.44, No.3
- Yuningsih, A. Saputra, D. dan Mario, 2021, Kajian Potensi Energi Arus Laut di Selat-Selat Kepulauan Sunda Kecil, Bulletin of the Marine Geology, Vol. 36, No.1

LAMPIRAN 1

Sampel Data Anomali Gravity dan Topografi Hasil Download

No.	X (UTM)	Y (UTM)	FAA (mGal)	Elevasi (m)
1	706121.993	9094328.309	28	-3.33034923
2	706120.964	9094107.090	28.8	-3.330477566
3	706119.934	9093885.870	29.6	-3.330605902
4	706118.904	9093664.651	30.4	-3.330734238
5	706117.874	9093443.432	31.2	-3.330862574
6	706116.843	9093222.213	31.9	-3.33099091
7	706115.813	9093000.994	32.6	-3.331119295
8	706114.782	9092779.775	33.2	-3.331247683
9	706113.750	9092558.556	33.3	-3.331376001
10	706112.719	9092337.336	33.6	-3.331504421
11	706111.687	9092116.117	34.1	-3.331632828
12	706110.655	9091894.898	35	-3.331761138
13	706109.623	9091673.679	36.2	-3.3318895
14	706108.591	9091452.459	37.5	-3.332017836
15	706107.558	9091231.240	39	-3.332146172
16	706106.525	9091010.021	41.2	-3.332274508
17	706105.492	9090788.801	43.4	-3.332402844
18	706104.458	9090567.582	45.8	-3.33253118
19	706103.424	9090346.362	48.1	-3.332659562
20	706102.391	9090125.143	50.3	-3.332787953
21	706101.356	9089903.924	52.7	-3.332916289
.				
.				
.				
.				
23492	744379.691	9076653.204	90.2	-3.385033755
23493	744378.446	9076431.937	90.6	-3.385162097
23494	744377.201	9076210.670	91	-3.385290436
23495	744375.955	9075989.403	91.5	-3.385418772

Data anomali gravity didownload pada <http://murray-lab.caltech.edu/GGMplus/index.html>

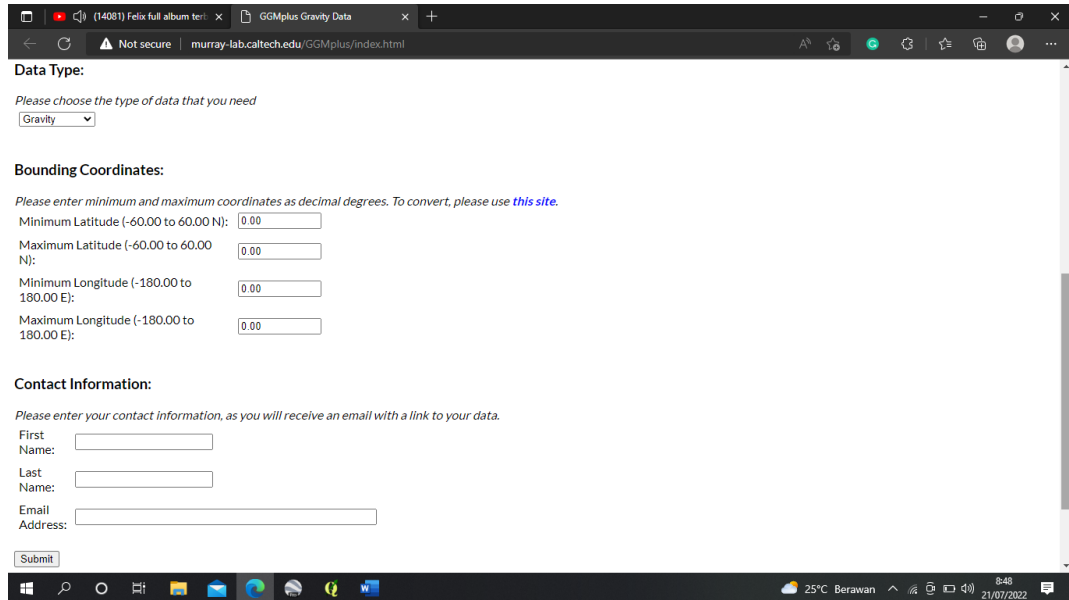
LAMPIRAN 2

Database Pengolahan Data Anomali Graviti dan koreksi-koreksi

No.	X (UTM)	Y (UTM)	FAA (mGal)	Elevasi (m)	BC (mGal)	SBA (mGal)	TC (mGal)	g teta (mGal)	CBA (mGal)
1	706121.993	9094328.309	28	-3.33034923	-0.37284292	28.37284292	0	9825234.22	28.373
2	706120.964	9094107.090	28.8	-3.330477566	-0.37285729	29.17285729	0	9795024.94	29.173
3	706119.934	9093885.870	29.6	-3.330605902	-0.37287166	29.97287166	0	9799652.29	29.973
4	706118.904	9093664.651	30.4	-3.330734238	-0.37288602	30.77288602	0	9821254.07	30.773
5	706117.874	9093443.432	31.2	-3.330862574	-0.37290039	31.57290039	0	9781632.43	31.573
6	706116.843	9093222.213	31.9	-3.33099091	-0.37291476	32.27291476	0	9831489.79	32.273
7	706115.813	9093000.994	32.6	-3.331119295	-0.37292913	32.97292913	0	9785444.12	32.973
.									
.									
.									
.									
23492	744379.691	9076653.204	90.2	-3.385033755	-0.37896502	90.57896502	0	9830361.31	90.579
23493	744378.446	9076431.937	90.6	-3.385162097	-0.37897939	90.97897939	0	9780436.84	90.979
23494	744377.201	9076210.670	91	-3.385290436	-0.37899376	91.37899376	0	9827727.16	91.379
23495	744375.955	9075989.403	91.5	-3.385418772	-0.37900813	91.87900813	0	9789929.59	91.879

LAMPIRAN 3

Tahapan Download Data



The screenshot shows a web browser window with the URL murray-lab.caltech.edu/GGMplus/index.html. The page content includes:

- Data Type:** A dropdown menu with "Gravity" selected.
- Bounding Coordinates:** Four input fields for Minimum Latitude, Maximum Latitude, Minimum Longitude, and Maximum Longitude, all containing "0.00".
- Contact Information:** Three input fields for First Name, Last Name, and Email Address, all empty.
- Submit:** A button at the bottom of the form.

The browser's taskbar at the bottom shows the date and time as 8:48 on 21/07/2022, and the location as Berawan with a temperature of 25°C.

1. Gambar di atas merupakan tampilan website <http://murray-lab.caltech.edu/GGMplus/index.html>
2. Input koordinat dan email. Maka akan terkirim link data melalui email
3. Data yang terdownload dalam bentuk excel

