

TESIS

**MODEL GRAVITASI DALAM KONTROVERSI GENESA
BUKIT GENDOL, MUNTILAN-SALAM, KABUPATEN
MAGELANG JAWA TENGAH**



Oleh:

MELANI PUTRI PRATAMA
211221004

**PROGAM STUDI MAGISTER TEKNIK GEOLOGI
JURUSAN TEKNIK GEOLOGI
FAKULTAS TEKNOLOGI MINERAL DAN ENERGI
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN"
YOGYAKARTA
2025**

HALAMAN PENGESAHAN

**MODEL GRAVITASI DALAM KONTROVERSI GENESA
BUKIT GENDOL, MUNTILAN-SALAM, KABUPATEN
MAGELANG JAWA TENGAH**

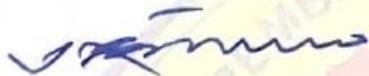
MELANI PUTRI PRATAMA

211221004

Tesis ini sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Magister Teknik dari
Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta

Pembimbing I

Pembimbing II

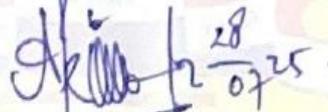


Dr. Ir. Joko Soesilo, M.T, IPM
NIP. 19620518 198603 1 001



Dr. Wahyu Hidayat, S.Si., M.Sc.
NIP. 19840312 202121 1 001

**Mengetahui,
Koordinator Program Studi Magister Teknik Geologi
Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta**

Au.

28/07/25

Dr. Herry Riswandi, S.T., M.T
NIP. 19820130 202121 1 004

**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK GEOLOGI
JURUSAN TEKNIK GEOLOGI
FAKULTAS TEKNOLOGI MINERAL DAN ENERGI
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL “VETERAN”
YOGYAKARTA**

2025

Tesis Berjudul

**MODEL GRAVITASI DALAM KONTROVERSI GENESA
BUKIT GENDOL, MUNTILAN-SALAM, KABUPATEN
MAGELANG JAWA TENGAH**

MELANI PUTRI PRATAMA

211221004

Tesis dipertahankan didepan Dewan Penguji pada tanggal 28 Juli 2025
dan dinyatakan telah memenuhi syarat untuk diterima

Susunan Dewan Penguji

Pembimbing I

Pembimbing II



Dr. Ir. Joko Soesilo, M.T., IPM

Dr. Wahyu Hidayat, S.Si., M.Sc.

NIP. 19620518 198603 1 001

NIP. 19840312 202121 1 001

Dosen Penguji 1

Dosen Penguji 2



Dr. Ir. Sapto Kis Daryono, M.T.

Prof. Dr. Ir. RM. Basuki Rahmad, M.T., CHQA

NIP. 19630624 199003 1 002

NIP. 19631010 199203 2 002

Mengetahui,

**Koordinator Program Studi Magister Teknik Geologi
Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta**



Dr. Herry Riswandi, S.T., M.T.

NIP. 19820130 202121 1 004

KATA PENGANTAR

Puji syukur yang sedalam-dalamnya penulis ucapkan kepada Allah SWT atas segala limpahan rahmatnya sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis dengan judul “Model Gravitasi Dalam Kontroversi Genesa Bukit Gendol, Muntilan-Salam, Kabupaten Magelang Jawa Tengah”. Tujuan dari penulisan tesis ini adalah untuk memenuhi syarat dalam mencapai derajat Magister Program studi Magister Teknik Geologi.

Dalam proses penulisan tesis ini, penulis banyak mendapatkan bimbingan dan dukungan dari berbagai pihak sehingga penulisan tesis ini dapat terselesaikan tepat waktu. Oleh karena itu, ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya dan penghargaan setinggi-tingginya penulis sampaikan kepada Bapak Dr. Ir. Joko Soesilo, M.T., IPM selaku pembimbing utama dan Bapak Dr. Wahyu Hidayat, S.Si., M.Sc. selaku pembimbing kedua yang senantiasa membimbing, memberikan ilmu dan pencerahan serta menyediakan fasilitas serta bantuan selama penulisan tesis.

Terima kasih yang sebesar-besarnya juga penulis ucapkan kepada Bapak Dr. Ir. R.M. Basuki Rahmad, M.T. serta kepada Bapak Dr. Ir. Supto Kis Daryono, M.T. atas waktu dan kesempatan yang telah diluangkan untuk berdiskusi selama penulisan tesis.

Kepada rekan-rekan mahasiswa S2 Teknik Geologi UPN “Veteran” Yogyakarta yang tidak dapat saya sebutkan satu-persatu, Penulis mengucapkan terima kasih atas dorongan moral kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan tesis ini.

Terima kasih kepada Bapak Hadiono dan Ibu Wa Ode Hariani atas doa, dukungan moral dan material kepada anaknya sehingga penulis dapat menyelesaikan jenjang *magister* dan semoga selalu dapat membanggakan orang tua dan keluarga.

Kepada rekan saya Poppy Muthia Ghufrani dan Muthia Resty yang telah membantu pengambilan data di lapangan.

Akhir kata penulis hendak menyampaikan terima kasih kepada seluruh pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu-persatu yang telah membantu dalam penyelesaian tesis ini.

Yogyakarta, Juli 2025

Penulis

Melani Putri Pratama

211221004

PENGAKUAN

Saya mengakui tesis ini adalah hasil karya penelitian saya sendiri, kecuali kutipan pada naskah tesis telah saya cantumkan sumbernya.



Yogyakarta, 25 Juli 2025

Yang Menyatakan

Melani Putri Pratama

MODEL GRAVITASI DALAM KONTROVERSI GENESA BUKIT GENDOL, MUNTILAN-SALAM, KABUPATEN MAGELANG JAWA TENGAH

SARI

Oleh:
MELANI PUTRI PRATAMA
211.221.004

Bukit Gendol di wilayah Muntilan–Salam, Kabupaten Magelang, Jawa Tengah, merupakan objek geologi yang kontroversial terkait asal-usul pembentukannya. Tiga teori utama berkembang dalam menjelaskan genesa perbukitan ini, yakni sebagai hasil longsoran besar Gunung Merapi (*debris avalanche*), akibat aktivitas sesar normal Perbukitan Menoreh, atau sebagai sisa aktivitas vulkanisme purba in situ. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi karakter bawah permukaan Bukit Gendol melalui pendekatan metode gravitasi berbasis data satelit *GGMplus* dan analisis petrografi. Data anomali Bouguer diperoleh melalui koreksi-koreksi gravitasi dan pemisahan anomali regional-residual menggunakan filter bandpass. Berdasarkan analisa ukuran fragmen dan analisa petrografi batuan, batuan pada Bukit Gendol cenderung mirip dengan batuan pada Pegunungan Menoreh Hasil pengolahan gravitasi pada peta residual memperlihatkan Bukit Gendol memiliki nilai percepatan gravitasi yang tinggi dengan nilai 2.2-2.9 mGal yang mengindikasikan bahwa Bukit Gendol bukan merupakan debris avalanche Pegunungan Merapi. anomali Bouguer pada sekitaran Bukit Gendol memperlihatkan adanya kontras densitas yang mengindikasikan kehadiran 2 sesar disebelah tenggara Bukit Gendol diduga menyebabkan anomali Bouguer antara Gunung Menoreh dan Bukit Gendol mengalami penurunan, bagian ini diyakini sebagai graben horst, dengan Gendol sebagai Hostnya, hal ini tervalidasi di sebelah tenggara lokasi penelitian ditemukan sesar jenis normal fault berarah barat laut-tenggara yang diinterpretasikan sebagai bagian dari tubuh Gunung Menoreh yang terpisah dan membentuk tinggian bersama bukit-bukit lain.

Kata kunci: Bukit Gendol, Anomali Bouguer, Metode Gravitasi, *Ggmplus*, Pemodelan 2D, Vulkanisme Purba, Sesar Normal

MODEL GRAVITASI DALAM KONTROVERSI GENESA BUKIT GENDOL, MUNTILAN-SALAM, KABUPATEN MAGELANG JAWA TENGAH

ABSTRACT

By:

MELANI PUTRI PRATAMA

211.221.004

Gendol Hill in the Muntilan-Salam region, Magelang Regency, Central Java, is a geological object that is controversial regarding its origins. Three main theories have developed to explain the genesis of this hill: as a result of a large landslide of Mount Merapi (debris avalanche), as a result of normal fault activity in the Menoreh Hills, or as a remnant of ancient volcanic activity in situ. This study aims to identify the subsurface character of Gendol Hill through a gravity method approach based on GGMplus satellite data and petrographic analysis. Bouguer anomaly data were obtained through gravity corrections and separation of regional-residual anomalies using a bandpass filter. Based on fragment size analysis and rock petrography analysis, the rocks on Gendol Hill tend to be similar to rocks in the Menoreh Mountains. The results of gravity processing on the residual map show that Gendol Hill has a high gravitational acceleration value with a value of 2.2-2.9 mGal, indicating that Gendol Hill is not a debris avalanche of Mount Merapi. Bouguer anomaly around Gendol Hill shows a density contrast indicating the presence of 2 faults to the southeast of Gendol Hill, which is thought to have caused the Bouguer anomaly between Mount Menoreh and Gendol Hill to decrease. This part is believed to be a graben horst, with Gendol as its host. This was validated in the southeast of the research location where a normal fault type fault was found trending northwest-southeast, which was interpreted as part of the body of Mount Menoreh which was separated and formed a height with other hills.

Keywords: *Gendol Hill, Bouguer Anomaly, Gravity Method, Ggmplus, 2D Modeling, Ancient Volcanism, Normal Fault.*

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN.....	i
TESIS BERJUDUL.....	ii
KATA PENGANTAR.....	iii
PENGAKUA.....	v
SARI.....	vi
ABSTRACT.....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan.....	3
1.4 Lokasi Penelitian.....	3
1.5 Hipotesis.....	4
1.6 Asumsi.....	4
1.7 Peneliti Terdahulu.....	5
1.8 Luaran.....	7
1.9 Jadwal Penelitian.....	7
1.10 Manfaat Penelitian.....	8
BAB 2 METODE PENELITIAN.....	10
2.1 Prosedur Penelitian.....	10
2.2 Interpretasi.....	11
2.3 Diagram Alir Penelitian.....	12
2.4 Geologi Regional.....	13
2.4.1 Geomorfologi.....	14
2.4.2 Stratigrafi lokal.....	15

2.5	Struktur Geologi.....	17
BAB 3 DASAR TEORI.....		18
3.1	Teori Tentang Bukit Gendol.....	18
3.1.1	Teori Tentang Vulkanisme Purba Insitu	18
3.1.2	Teori Tentang <i>Normal Fault</i>	22
3.1.3	Teori Tentang <i>Debris Avalanche</i>	24
3.2	Metode Gravitasi	26
3.2.1	Percepatan Gravitasi	27
3.2.2	Faktor Yang Mempengaruhi Percepatan Gravitasi	28
3.3	Koreksi Metode Gravitasi	28
3.3.1	Koreksi Lintang.....	29
3.3.2	Koreksi Udara Bebas (<i>Free Air Correction</i>).....	29
3.3.3	Koreksi Bouguer (<i>Bouguer Correction</i>)	30
3.3.4	Anomali Bouguer	30
3.4	Analisa Spektrum	31
3.5	Pemisahan Anomali Filter <i>Bandpass</i>	31
3.6	Metode Gravitasi Untuk Identifikasi Patahan dan longsoran.....	32
3.7	Data <i>GGMplus</i>	33
3.8	Pemodelan Data Gravitasi	35
3.8.1	<i>Forward Modeling</i>	35
3.8.2	<i>Inversi Modeling</i>	37
3.9	Rapat Massa Batuan	38
3.10	Analisa Petrografi.....	39
BAB 4 Geologi Bukit Gendol		41
4.1	Pengamatan Lapangan.....	41
4.2	Analisa Petrografi	43
BAB 5 HASIL DAN PEMBAHASAN.....		45
5.1	Hasil Metode Gravitasi	45
5.1.1	Peta ABL.....	45

5.1.2 Peta Residual.....	46
5.1.3 Peta THD	48
5.1.4 Peta TDR.....	49
5.1.5 Peta SVD.....	50
5.1.6 Pemodelan 2,5 D	51
5.2 Pematahan Kontroversi Genesa Bukit Gendol.....	57
5.2.1 Pendapat Mengenai <i>Debris Avalanche</i> dari Gunung Merapi	57
5.2.2 Pendapat Mengenai Vulkanisme Purba Insitu	58
5.2.3 Pendapat Mengenai <i>Normal Fault</i> dari Pegunungan Menoreh.....	59
BAB 6 DISKUSI.....	62
BAB 7 PENUTUP.....	64
6.1 Kesimpulan.....	64
6.2 Saran	64
DAFTAR PUSTAKA	xv

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Sketsa Geologi Dan Penampang Merapi (Jawa Tengah) dan Kaki Lereng Bagian Barat (van Bemmelen, 1949).....	2
Gambar 2.1	Lokasi Penelitian, Perbukitan Gendol Daerah Mutilan, Salam, Jawa Tengah	4
Gambar 2.1	Diagram Alir Penelitian	12
Gambar 2.2	Ilustrasi Pemodelan Bawah Permukaan (Purwaningsih dkk, 2023)	13
Gambar 2.3	Peta Fisiografi Jawa (van Bemmelen, 1949) dan Letak Daerah Penelitian	14
Gambar 2.4	Kenampakan Variasi Geomorfologi (Bentuk Lahan), Dilihat Dari Citra Pengindraan Jauh Landsat EMT+Komposit 457 (Perekaman 2010) (Santoso, 2016)	15
Gambar 2.5	Kesebandingan Stratigrafi Regional Daerah Yogyakarta Menurut Peneliti Terdahulu (Raharjo, 2013)	16
Gambar 2.6	Peta Geologi Daerah Penelitian (Raharjo dkk., 1977).....	16
Gambar 3.1	Berbagai Macam Bentuk Bentanglahan Gunungapi Yang Terdiri Dari Bentanglahan Kerucut Sinder (A), Gunungapi Perisai (B), Gunungapi Strato (C), Lapangan Lava (D), Kaldera (E), Dan Kubah Lava (F); Gambar A Dan D Dari (Lutgens & Tarbuck (2012), Gambar B, C, E; Gambar F Dari Modifikasi Bronto (2010).....	18
Gambar 3.2	Hubungan Struktur Ekstensional Terhadap Distribusi Gunungapi (Atas; Modifikasi Connor Dkk (2000) Dan Bentuk Gunungapi (Bawah; Modifikasi (Corazzato & Tibaldi, 2006)	19
Gambar 3.3	Penampang Variasi Fasies Dasar Batuan gunung Api (Williams dan McBirney)	20
Gambar 3.4.	Pembagian Fasies Gunung Api Beserta Komposisi Batuan Penyusunnya (Bogie dan Mackenzie, 1998)	22
Gambar 3.5	Kenampakan Ideal Dari Sesar Normal Dan Bagian-Bagiannya (Kiri, Van Der Pluijm Dan Marshak, 2004); Distribusi Tegangan Kompresif Pada Suatu Blok Sesar Normal (Kanan). Σ : Merupakan Tegangan Terkuat Sedangkan O; Merupakan Tegangan Terlemah (Monroe & Wicander, 2001)	23
Gambar 3.6	Kenampakan Homoklin Atau Monoklin Yang Terbentuk Pada Sesar Normal Akibat Inklinasi <i>Hanging Wall</i> Atau <i>Hanging Wall Roll-Over</i> (Modifikasi Goudie, 2004)	23
Gambar 3.7	Karakteristik Topografi (A) Dan Endapan (B dan C) Dari Lokasi Yang Pernah Mengalami Peristiwa Longsoran Besar Atau <i>Debris Avalanche</i> (Ui dkk., 2000).....	25
Gambar 3.8	Ilustrasi Hukum Newton.....	27
Gambar 3.9	Ilustrasi Koreksi Bouguer	30
Gambar 3.10	<i>Bandpass Filter</i> (Al Hayis dan Fitria 2018)	31
Gambar 3.11	Gradien Horizontal Terhadap Anomali Gravitasi Pada Model Tabular.....	32
Gambar 3.12	Akurasi Relatif dan Resolusi Panjang Gelombang Dari Berbagai Metodologi Survei <i>Gravity</i> (Hinze dkk., 2012).....	33

Gambar 3.13	Elemen Geometri Yang Berkaitan Dengan Gaya Tarik Gravitasi Dari Polygon Dengan N-Sisi (Talwani dkk., 1959)	36
Gambar 4.1	Kenampakan Singkapan Breksi Piroklastik Pada Daerah Bukit Gendol, (C) Arah Kamera N224°E, (E, F) Arah Kamera N252°E.....	42
Gambar 4.2	Kenampakan Singkapan Breksi Piroklastik Serta Kehadiran Sesar Normal, Arah Kamera N 070°e	43
Gambar 4.3	Foto Sayatan Tipis Foto Sayatan Tipis Conto Fragmen Andesit Dengan Nomor Sampel BG-3 dan Matriks Breksi Dengan Nomor Sampel BG-3. Komposisi Mineral Berupa Piroksen (Px), Plagioklas (Plg), Kuarsa (Qz), Klorit (Chl), Opak (Opq), Kalsit (Cal), dan Epidot (Epi).	44
Gambar 5.1	Peta ABL Bukit Gendol dan Sekitarnya.....	46
Gambar 5.2	Peta Residual Bukit Gendol dan Sekitarnya.....	47
Gambar 5.3	Peta THD Bukit Gendol dan Sekitarnya.....	48
Gambar 5.4	Peta TDR Bukit Gendol dan Sekitarnya.....	50
Gambar 5.5	Peta SVD Bukit Gendol dan Sekitarnya.....	51
Gambar 5.6	Grafik Penentuan Estimasi Kedalaman Dengan Analisa Spektrum.....	52
Gambar 5.7	Penarikan sayatan pada peta Residual untuk pemodelan 2.5 D.....	53
Gambar 5.8	Model densitas bawah permukaan Pegunungan Menoreh, Bukit Gendol dan Gunung api Merapi	54
Gambar 5.9	Model bawah permukaan Pegunungan Menoreh, Bukit Gendol, dan Gunung Api Merapi.....	55
Gambar 5.10	Kesamaan Lapangan litologi Breksi Piroklastik dan sayatan Tipis contoh Batuan pada (A) Bukit Gendol dan (B) Perbukitan Menoreh	56
Gambar 5.11	Jarak Bukit Gendol Ke Gunung Merapi dan Menoreh.....	57
Gambar 5.12	Kenampakan Fragmen Pada Bukit Gendol Daerah Muntilan-Salam, Magelang, Jawa Tengah.	58
Gambar 5.13	(A) Dugaan Sesar Berdasarkan Kontras Anomali <i>Bouguer</i> Residual dan <i>Overlay</i> Dengan Data Gempa 1000 Tahun Terakhir dan (B) Kenampakan Sesar Pada Lokasi Penelitian.....	61

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Tabel Keaslian Penelitian.....	5
Tabel 1.2 Tabel Perbandingan Dengan Peneliti Terdahulu	5
Tabel 1.3 Waktu Pelaksanaan Kegiatan	8
Tabel 3.1 Nilai Referensi Densitas Batuan (Telford dkk., 1990).....	38
Tabel 5.1 Estimasi Kedalaman Dalam Pemodelan.....	52

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Peta Lintasan

Lampiran 2 Tabulas Stasiun Lokasi Penelitian Serta Batas Daerah Penelitian

Lampiran 3 Hasil Analisa Petrografi

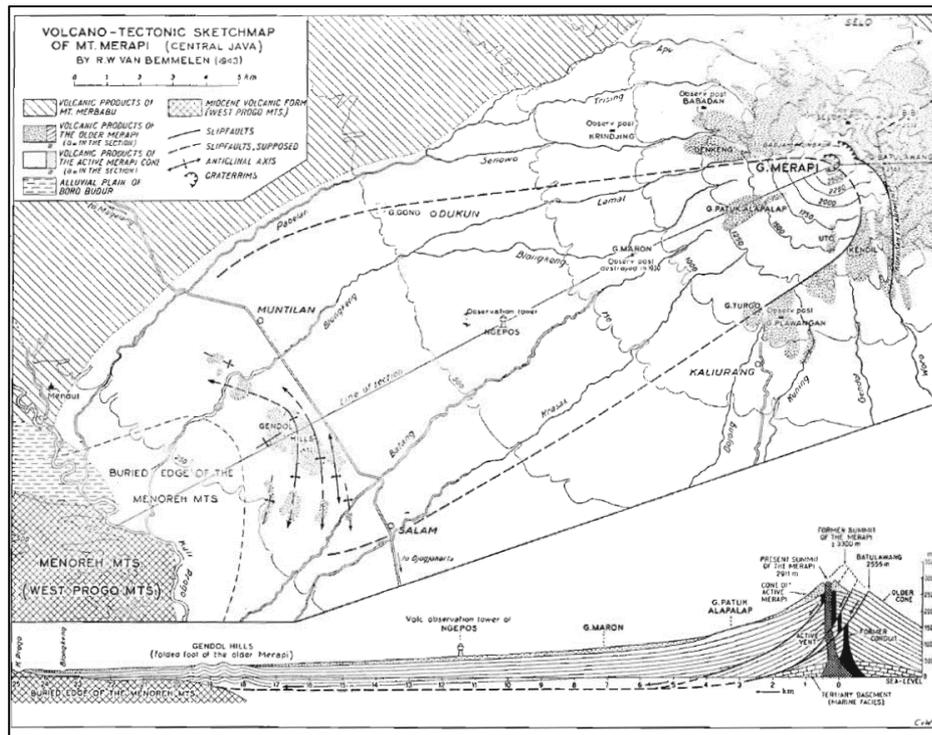
BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Pendahuluan

Fisiografi Pulau Jawa menurut Van Bemmelen (1949) dibagi menjadi tujuh zona. Umumnya zona ini sangat erat hubungannya dengan kedudukan batuan dasar, struktur dan keadaan topografinya. Aktivitas konvergensi berbagai lempeng, seperti Hindia-Australia, Pasifik dan Eurasia berperan penting dalam pembentukan pulau-pulau di Indonesia. Wilayah Indonesia dibangun oleh jajaran gunung api berumur Kuartar atau berumur kurang dari 2 juta tahun yang lalu. Pada Pulau Jawa, jajaran gunung api tersebut hadir pada bagian tengah jalur depresi tersebut. Produk vulkanisme Kuartar dengan dominasi andesit dikenal sebagai Formasi Andesit Muda (van Bemmelen, 1949), sedangkan kelompok batuan vulkanik serupa yang berumur Tersier merupakan produk dari Formasi Andesit Tua. Sumber erupsi Formasi Andesit Tua hingga saat ini belum diketahui secara pasti, namun pelamparan batuan tersebut melimpah di sepanjang Pulau Jawa bagian selatan.

Gunung api aktif antara 10.000 tahun sampai dengan puluhan juta tahun yang lalu yang saat ini tidak lagi aktif digolongkan sebagai gunung api purba (Hartono, 2008, 2010; Hartono & Bronto, 2009). Perbukitan Gendol merupakan perbukitan yang terletak diantara Gunung Merapi dan Perbukitan Menoreh. Geologi Perbukitan Gendol telah banyak diteliti oleh para ahli geologi, namun hingga saat ini perdebatan mengenai asal usul pembentukan dari Gunung Gendol masih belum terpecahkan. Menurut van Bemmelen, 1949; Rahardjo et al., 1977; Camus dkk., 2000, Perbukitan Gendol terbentuk akibat *debris avalanche* Gunung Merapi. van Bemmelen (1949) mengatakan bahwa rata-rata arah kemiringan lapisan (dip) pada antiklinorium Gendol mirip dengan arah sumbu sistem sesar hiperbolik (**Gambar 1.1**).



Gambar 1.1 Sketsa Geologi Penampang Merapi (Jawa Tengah) dan Kaki Lereng Bagian Barat (van Bemmelen, 1949)

Peristiwa ini menyebabkan endapan vulkanik fluviatil pada daerah Gendol mengalami perlipatan dan tertekuk pada tepi perbukitan Menoreh akibat tekanan yang bertepatan dengan sumbu sistem sesar hiperbolik. Hal ini menunjukkan bahwa kompresi tersebut mengkompensasi gerakan tensional akibat runtuhnya kerucut Merapi yang lebih tua.

Pendapat lain juga dicetuskan oleh Murwanto & Subandrio, 1997; Prastistho & Soesilo, 1997, 1998 yang mengatakan bahwa perbukitan Gendol terbentuk akibat *normal faulting* Perbukitan Menoreh. Pendapat lain juga diungkapkan oleh Newhall et al., 2000; Tiede et al., 2005; Commer et al., 2006; Setijadji et al., 2006; Bronto, 2010; Kurniawan, 2016 yang menjelaskan bahwa Perbukitan Gendol terbentuk oleh vulkanisme purba *insitu*.

Berdasarkan berbagai pendapat tersebut, peneliti berasumsi bahwa diperlukan pemodelan bawah permukaan sehingga dapat diketahui genesis Perbukitan Gendol. Dasar asumsi tersebut yang menjadi alasan ilmiah mengapa riset ini dilakukan, sehingga penulis mengajukan topik penelitian dengan judul “Modelan Gravitasi dalam Kontroversi Genesa Bukit Gendol Daerah Muntilan-

Salam, Kabupaten Magelang Jawa Tengah” dengan tujuan memecahkan genesis perbukitan Gendol berdasarkan pemodelan bawah permukaan.

1.2. Rumusan Masalah

Sesuai dengan judul yang diajukan sebagai topik penelitian, yaitu “Modelan Gravitasi dalam Kontroversi Genesa Bukit Gendol Daerah Muntilan-Salam, Kabupaten Magelang Jawa Tengah”, maka rumusan masalah dari penelitian ini yaitu:

1. Bagaimana melakukan permodelan 2.5 D bawah permukaan Perbukitan Gendol?
2. Berdasarkan pengamatan lapangan dan permodelan 2.5D, bagaimana genesis Perbukitan Gendol terhadap kontroversi genesisnya?

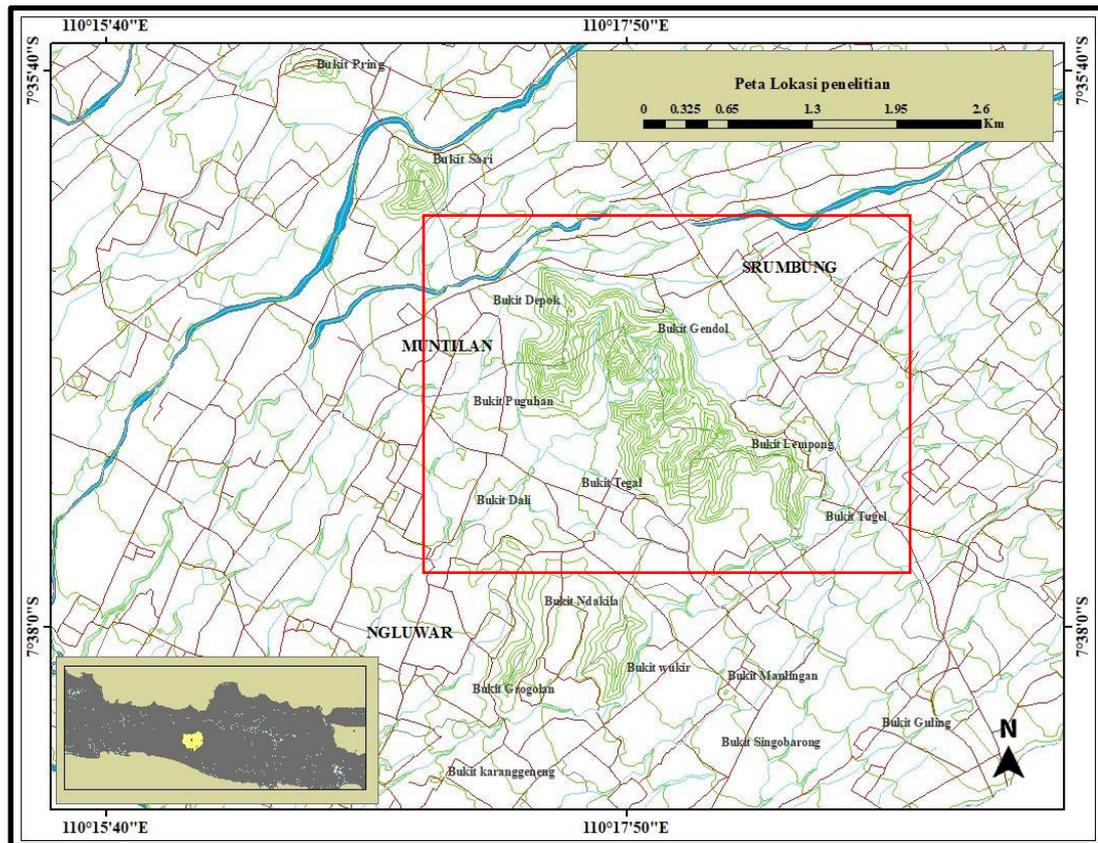
1.3. Tujuan

Mengacu pada rumusan masalah yang telah ditetapkan, maka Tujuan penelitian ini dengan mengacu kepada rumusan masalah di atas, adalah sebagai berikut:

1. Memodelkan 2.5 D bawah permukaan Perbukitan Gendol.
2. Menjelaskan genesis Perbukitan Gendol berdasarkan pengamatan lapangan dan permodelan 2.5 D bawah permukaan.

1.4. Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian berada di Perbukitan Gendol yang terletak di daerah Muntilan-Salam, Kabupaten Magelang, Provinsi Jawa Tengah. Perbukitan Gendol berada pada tatanan tektonik Zona Subduksi Busur Sunda. Secara regional, mengacu pada Rahardjo dkk. (1977), daerah Perbukitan Gendol dan sekitarnya tersusun oleh Formasi berumur Tersier dan endapan Kuartar (**Gambar 2**). Formasi Tersier terdiri dari Formasi Andesit Tua dan intrusi dangkal andesit berumur Oligosen hingga Miosen yang menjadi batuan penyusun Perbukitan Menoreh. Endapan Kuartar terdiri dari Endapan Gunungapi Merapi Muda dan Endapan Gunungapi Merapi Tua yang menjadi batuan penyusun Gunungapi Merapi.



Gambar 1.2 Lokasi penelitian ditandai dengan kotak merah, Bukit Gendol Daerah Muntilan-Salam, Provinsi Jawa Tengah

1.5. Hipotesis

Hipotesis penelitian ini adalah nilai anomali *Bouguer* pada Bukit Gendol mengalami peningkatan/penurunan/kontras densitas yang diakibatkan oleh perbedaan jarak dari sumber anomali yang merepresentasikan kehadiran sesar. peningkatan/penurunan/kontras densitas dapat terlihat pada perubahan nilai *derivative* terutama nilai *Total Horizontal Derivative* (THD) anomali *Bouguer*.

1.6. Asumsi

Asumsi penelitian ini adalah nilai Anomali *Bouguer* pada Bukit Gendol mengalami peningkatan/penurunan cukup drastis sebagai cerminan akan hadirnya sesar. Nilai *Bouguer* yang mencerminkan hadirnya sesar mengindikasikan bahwa breksi pada Bukit Gendol merupakan breksi ignimbrit yang merupakan bagian dari Pegunungan Menoreh dan bukanlah breksi yang terbentuk dari hasil rombakan sedimentasi Gunung Api Merapi Muda.

1.7. Penelitian Terdahulu

Beberapa peneliti terdahulu telah melakukan kajian mengenai Perbukitan Gendol, namun seluruh peneliti belum melakukan kajian melalui pendekatan geofisika. Tabulasi mengenai subjek kajian pada Perbukitan Gendol oleh peneliti terdahulu dirangkum pada **Tabel 1.1** dan **Tabel 1.2**.

Tabel 1.1 Tabel Keahlian Penelitian

No	Nama Peneliti	Morfologi	Litologi	Struktur Geologi	Resistivitas	Gravitasi	Geologi Regional / Umur	Petrografi
1	van Bemmelen (1949)	✓	✓					
2	Raharjo dkk. (1977)		✓					
3	Furuya (1978)	✓						
4	Murwanto & Subandrio (1997)	✓	✓	✓				
5	Prastitho & Soesilo (1997,1998)		✓					✓
6	Camus dkk. (2000)	✓	✓	✓				
7	Newhall dkk. (2000)		✓				✓	
8	Tiede dkk. (2005)					✓		
9	Setijadji dkk. (2008)		✓					
10	Bronto (2010)							
11	Kurniawan (2011)				✓			
12	Kurniawan (2016)	✓	✓					
13	Pratama, P.P. (2025)					✓		✓

Tabel 1.2 Tabel Perbandingan Dengan Peneliti Terdahulu

No	Nama Peneliti	Hasil Penelitian	Analisis Yang Dilakukan	Kekurangan Penelitian
1	van Bemmelen (1949)	Perbukitan Gendol terbentuk akibat longoran besar Gunung Merapi dan berkaitan erat dengan batuan Menoreh. Litologi terdiri dari breksi lahar dengan fragmen augit-hipersten-hornblenda-andesit.	Analisis dilakukan berdasarkan morfologi dengan kenampakan busur yang melengkung ke arah Gunung Merapi serta kesamaan batuan penyusun.	Tidak ada pembahasan mengenai lokasi survei, jumlah sampel batuan, dan detail litologi secara lengkap.

No	Nama Peneliti	Hasil Penelitian	Analisis Yang Dilakukan	Kekurangan Penelitian
2	Raharjo dkk. (1977)	Perbukitan Gendol merupakan endapan Gunungapi Merapi Tua, tersusun oleh breksi, aglomerat, lava andesit, dan basal dengan olivin.	Analisis dilakukan dengan pengelompokan batuan berdasarkan umur geologi dan karakteristik litologi..	Tidak ada pembahasan mengenai struktur geologi pada Perbukitan Gendol.
3	Furuya (1978)	Berdasarkan penampakan topografi, Perbukitan Gendol tidak terbentuk melalui hasil longsoran dengan perkiraan umur berumur Tersier.	Analisis dilakukan dengan melakukan perbandingan topografi antara Perbukitan Gendol dengan Gunung Merapi.	Keabsahan hasil tidak cukup kuat karena hanya mengacu pada penampakan topografi.
4	Murwanto dan Subandrio (1997)	Berdasarkan kajian morfologi, struktur geologi, dan litologi, Perbukitan Gendol merupakan bagian dari blok sesar normal Pegunungan Menoreh. Litologi terdiri dari lava andesit, diorit porfiritik, dan batuan sedimen.	Analisis berdasarkan penampakan morfologi homoklin, sudut lereng, serta ciri-ciri batuan beku dan batuan sedimen.	Tidak ada penjelasan mengenai letak lokasi pengukuran struktur geologi dan distribusi litologi tidak dipetakan.
5	Prastistho dan Soesilo (1997, 1998)	Perbukitan Gendol merupakan bagian dari Pegunungan Menoreh, bukan Gunung Merapi. Litologi terdiri dari breksi lahar dengan kandungan batupung, tuf, breksi.	Analisis berdasarkan studi petrografi dan litologi fragmen breksi lahar serta perbandingan dengan batuan pada Pegunungan Menoreh.	Keabsahan hasil tidak cukup kuat karena tidak ada perbandingan dengan batuan dari Merapi.
6	Camus dkk. (2000)	Perbukitan Gendol merupakan bagian dari kerucut Gunungapi Merapi lama, dibuktikan dengan struktur dan litologi <i>debris avalanche</i> serta endapan lempung hasil alterasi hidrotermal.	Analisis berdasarkan struktur dan litologi <i>debris avalanche</i> serta keberadaan endapan lempung hasil alterasi.	Tidak ada penjelasan secara detail mengenai litologi longsoran, lokasi survei sehingga dasar pernyataan kurang jelas.
7	Newhall dkk (2000)	Perbukitan Gendol tidak terbentuk akibat longsoran, melainkan merupakan sisa Gunungapi Purba yang tererosi. Litologi berupa lava koheren dan batuan piroklastika.	Analisis berdasarkan perbandingan umur geologis dan litologi vulkanisme purba dengan Perbukitan Menoreh dan Merapi.	Pengkajian tidak menyeluruh, peta geologi tidak disajikan, dan tidak ada pembahasan mengenai struktur geologi.
8	Tiede dkk (2005)	Berdasarkan permodelan 3D anomali densitas, Perbukitan Gendol memiliki anomali densitas positif tinggi, mengindikasikan bahwa tidak ada keterkaitan dengan vulkanisme Merapi.	Analisis berdasarkan pemodelan anomali densitas positif dalam tiga area utama menggunakan metode geofisika.	Penelitian hanya berfokus pada Gunung Merapi dan tidak penjelasan mengenai penyebab pola anomali densitas positif yang terpisah antara area Merapi, Gendol, dan Menoreh.
9	Commer dkk. (2006)	Berdasarkan perbedaan anomali resistivitas dengan Bukit Turgo-Plawangan., Perbukitan Gendol tidak terbentuk dari <i>debris avalanche</i> Merapi.	Analisis berdasarkan perbedaan karakteristik resistivitas antara Perbukitan Gendol dan Bukit Turgo-Plawangan.	Penelitian hanya berfokus pada daerah Merapi berdasarkan data resistivitas, tanpa didukung oleh data litologi batuan.

No	Nama Peneliti	Hasil Penelitian	Analisis Yang Dilakukan	Kekurangan Penelitian
10	Setijadji dkk. (2008)	Perbukitan Gendol merupakan sisa vulkanisme purba dengan breksi aliran piroklastik berfragmen andesit hornblende. Memiliki anomali gravitasi dan alkalinitas transisional sedang hingga tinggi-KK.	Analisis berdasarkan sifat eksotis batuan penyusun serta anomali gravitasi dan alkalinitas batuan.	Keabsahan hasil tidak cukup kuat karena hanya berdasarkan 1 sampel batuan.
11	Bronto (2010)	Perbukitan Gendol merupakan fosil gunung api atau bekas gunung api purba.	Analisis berdasarkan kajian sebelumnya dari Newhall dkk. (2000) tanpa mempertimbangkan aspek struktur geologi.	Keabsahan hasil tidak cukup kuat karena hanya berdasarkan kajian Newhall dkk. (2000) tanpa mempertimbangkan struktur geologi.
12	Kurniawan (2011, 2016)	Berdasarkan hasil ERT, Perbukitan Gendol tidak terbentuk oleh longsoran Merapi yang ditunjukkan oleh litologi batuan yang masif, bukan fragmental.	Analisis berdasarkan metode <i>Electrical Resistivity Tomography</i> (ERT) yang digunakan pada sebagian kecil Perbukitan Gendol.	Keabsahan hasil tidak cukup kuat karena hanya berdasarkan ERT pada sebagian kecil Perbukitan Gendol.
13	Pratama P.P (2025)	Model Gravitasi Dalam Kontroversi Genesa Bukit Gendol, Muntilan-Salam, Kabupaten Magelang Jawa Tengah.	Analisa menggunakan Metode Gravitasi yang ditunjang dengan data litologi, struktur geologi, serta analisis petrografi.	Data yang digunakan merupakan data sekunder citra satelit dari GGMplus dengan resolusi spasi antara titiknya ± 220 m yang rasa kurang representative untuk gendol yang luasnya hanya ± 3 km

1.8. Luaran

Luaran penelitian tesis ini dalam bentuk Peta Lintasan Pengamatan, Peta Geologi, Peta Anomali Bouguer, pemodelan 2D dan 3D Gravitasi disertai dengan laporan penelitian.

1.9. Jadwal Penelitian

Kegiatan penelitian direncanakan berlangsung selama 15 minggu, terhitung dari bulan April 2025 hingga bulan Juli 2025. Sebelum dilakukan penyusunan proposal, dilakukan kegiatan seperti studi pustaka dari penelitian-penelitian terdahulu, survei daerah telitian serta konsultasi dengan pembimbing mengenai usulan penelitian. Setelah usulan penelitian disetujui dan dinilai layak untuk dilakukan, maka dilanjutkan dengan kegiatan survei lanjutan pada daerah telitian. Kegiatan selanjutnya, yaitu pengolahan data gravitasi dari citra satelit *GGMplus*,

penyusunan peta dan laporan, dan diakhiri dengan presentasi hasil penelitian. Tabulasi rencana kegiatan penelitian dijabarkan pada **Tabel 1.3**.

Tabel 1.3. Waktu Pelaksanaan Kegiatan

Kegiatan	Bulan / Minggu															
	April			Mei				Juni				Juli				
	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
PENYUSUNAN PROPOSAL																
Pemilihan dan Survey Lokasi Penelitian																
Konsultasi Pembimbing																
Seminar Proposal Penelitian																
PENGOLAHAN DATA																
Pengolahan data																
Pemodelan 2D & 3D																
Konsultasi Pembimbing																
Penyusunan Laporan																
Presentasi Hasil Penelitian																

1.10. Manfaat Penelitian

Penelitian ini penting untuk pembelajaran lebih lanjut mengenai kontroversi genesis pembentukan Perbukitan Gendol untuk peneliti selanjutnya. Beberapa manfaat dilakukannya penelitian ini adalah:

1. Manfaat Akademik

- a. Memberikan kontribusi ilmiah dalam pengembangan kajian geofisika, khususnya dalam penerapan metode gravitasi untuk mengkaji struktur bawah permukaan bumi.
- b. Menjadi acuan bagi penelitian selanjutnya yang berkaitan dengan interpretasi anomali gravitasi di daerah vulkanik atau tektonik yang kompleks.

- c. Menambah literatur geosains Indonesia, khususnya dalam hal pemodelan gravimetrik pada zona dengan kontroversi genesa geologi.
2. Manfaat Praktis
- a. Memberikan informasi geologi bawah permukaan mengenai struktur Bukit Gendol yang masih menjadi perdebatan.
 - b. Menjadi referensi bagi lembaga pemerintah atau swasta yang bergerak di bidang mitigasi bencana, ataupun eksplorasi sumber daya alam di wilayah Magelang dan sekitarnya.
 - c. Membantu pengambilan kebijakan tata ruang wilayah berbasis data geosains, khususnya dalam pengembangan kawasan Muntilan-Salam yang berada di jalur aktif tektonik dan vulkanik.

BAB 2

METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan pada Bukit Gendol, Kecamatan Salam, Kabupaten Magelang, Provinsi Jawa Tengah dengan data yang digunakan merupakan data sekunder berupa data gravitasi, citra landsat SRTM, serta data geologi regional daerah Yogyakarta dan sekitarnya.

Data gravitasi yang digunakan pada penelitian ini diunduh dari citra satelit melalui situs: <http://ddf.curtin.edu.au/gravitymodels/GGMplus/data/> yang diunduh pada tanggal 20 April 2025. Data Gravitasi yang diperoleh berupa data gravitasi *free air anomaly* (FAA) dan data topografi berupa lintang (*latitude*), bujur (*longitude*) serta elevasi.

Data citra SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) yang digunakan pada penelitian ini diunduh melalui situs: <https://earthexplorer.usgs.gov/> yang diunduh pada tanggal 20 April 2025. Data citra SRTM digunakan untuk mendapatkan nilai batas regional dan batas lokal pada lokasi penelitian melalui perangkat lunak *Global Mapper*.

Data geologi regional berdasarkan pada Peta Geologi Bersistem Jawa Lembar Yogyakarta dengan nomor 1408-2 dan 1407-5 yang diperoleh dari Badan Geologi Indonesia. Data geologi regional digunakan sebagai data pendukung mengenai tentang lapisan batuan, formasi batuan, struktur, stratigrafi, fisiografi, jenis dan sifat batuan pada Bukit Gendol dan sekitarnya.

2.1. Prosedur Penelitian

Tahapan prosedur penelitian dijabarkan pada diagram alir penelitian (**Gambar 2.1**) Secara garis besar, prosedur yang dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Akuisisi Data

Data *GGMplus* yang digunakan pada penelitian ini diperoleh pada situs <https://ddf.curtin.edu.au/gravitymodels/GGMplus/> dengan waktu pengunduhan pada tanggal 20 April 2025. Penelitian ini dilakukan dengan memasukkan titik koordinat (bujur dan lintang) maksimum dan minimum dari daerah penelitian. Data gravitasi satelit *GGMplus* yang diperoleh memiliki format .ga (percepatan

gravitasi), *.xi* (*North – South*), *.ha* (*geoid*), *.dg* (*gravity disturbance*), dan *.eta* (*east – weast*). Data gravitasi tersebut kemudian dilakukan pengolahan kembali menggunakan perangkat lunak *MATLAB* sehingga diperoleh data gravitasi dalam bentuk *Free Air Anomaly* (FAA).

2. Proses Koreksi *Bouguer*

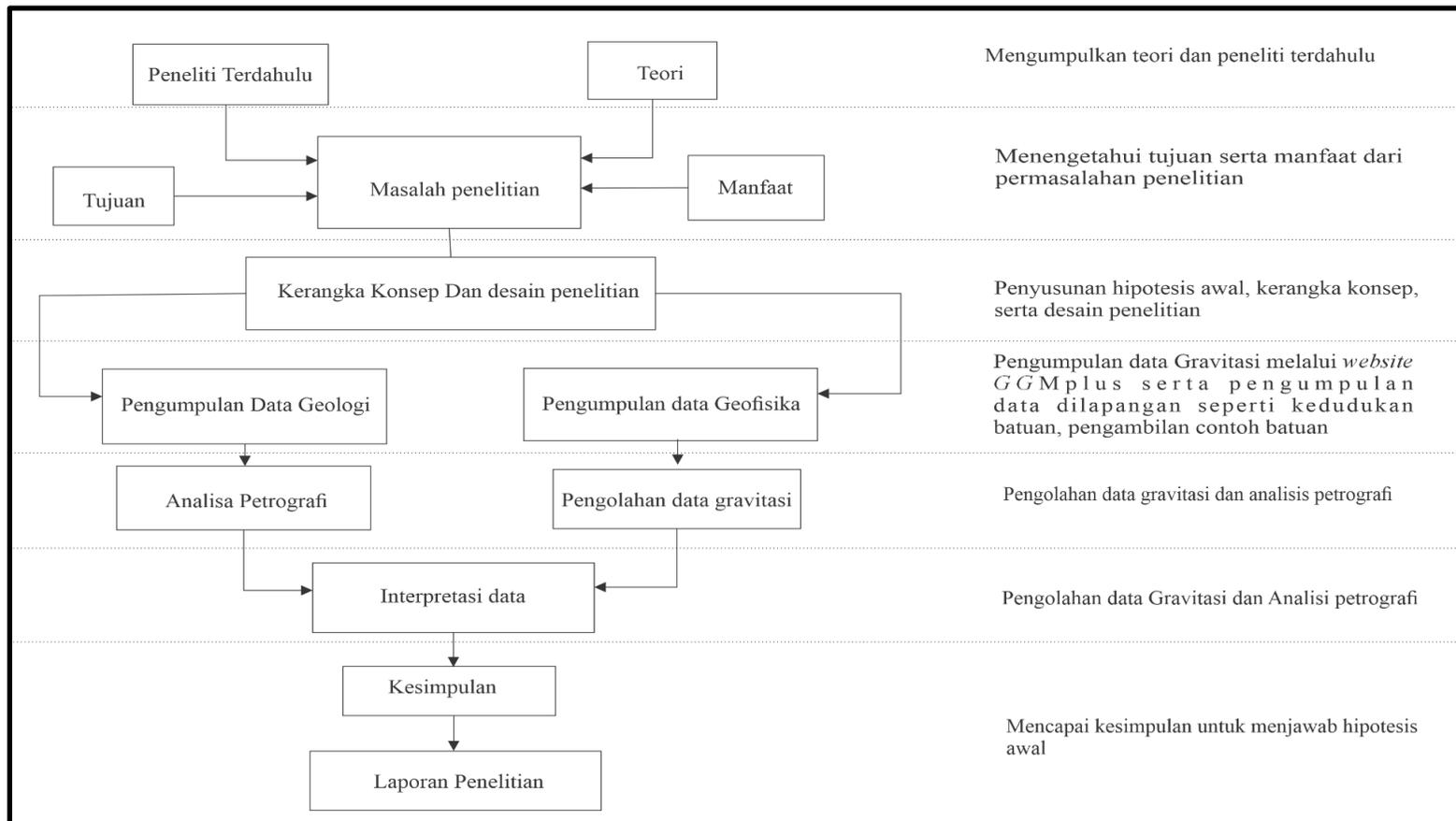
Setelah pengolahan data, akan diperoleh telah terkoreksi hingga koreksi udara bebas sehingga perlu dilakukan koreksi *Bouguer* dan koreksi medan untuk mendapatkan nilai anomali gravitasi *Bouguer* lengkap. Pada proses ini diperlukan harga densitas rata-rata permukaan daerah penelitian.

3. Proses Transformasi

Tahapan selanjutnya merupakan proses pemisahan anomali residual dan anomaly regional dengan *bandpass fillter* yang akan dilakukan secara coba-coba (*trial and error*) hingga diperoleh peta kontur yang relatif stabil. Hasil akhir dari proses ini adalah peta anomali regional dan peta anomali lokal (CBA). Pada tahapan ini juga dilakukan analisa THD/SVD untuk mengamati kehadiran struktur geologi (sesar) pada daerah penelitian

4. Proses Pemodelan Data Gravitasi

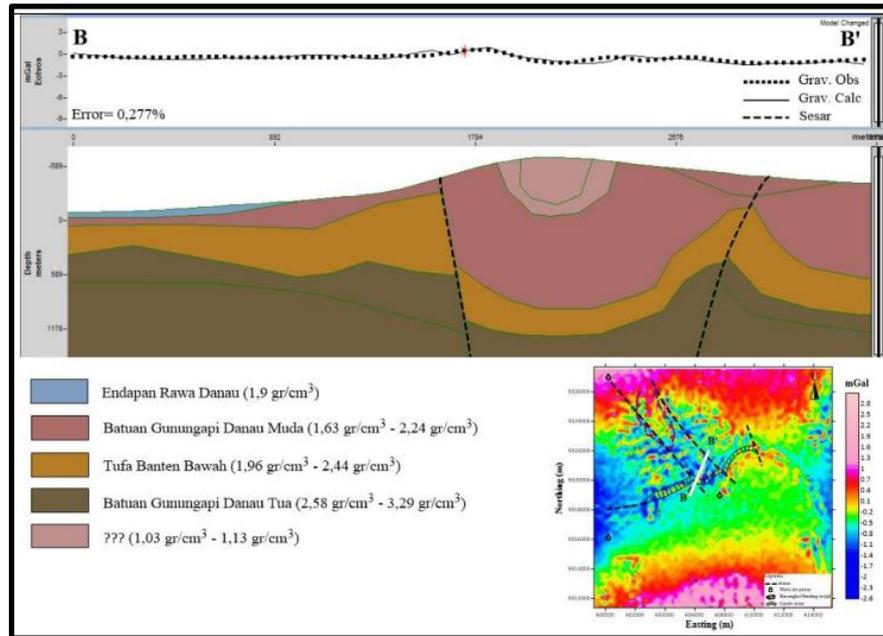
Tahap selanjutnya mencari kedalaman regional dan residual daerah telitian dengan menggunakan Analisa spektrum setelah itu dilakukan pemodelan 2.5 D anomali residual hasil pemisahan anomali metode *bandpass fillter* menggunakan beberapa perangkat lunak seperti *Oasis Montaj*, *Surfer*, dan *Global Mapper*.



Gambar 2.1. Diagram alir penelitian

2.2. Interpretasi

Interpretasi hasil pengolahan data dilakukan secara kuantitatif. Interpretasi kuantitatif dilakukan dengan pemodelan ke depan secara 2,5 D yaitu dengan mencari bentuk model yang cocok dengan kurva anomali (**Gambar 2.1**). Apabila kurva yang dihasilkan telah menunjukkan korelasi, yaitu 30 dengan nilai kesalahan (*error*) yang kecil, maka pemodelan yang dilakukan tersebut cocok atau benar.



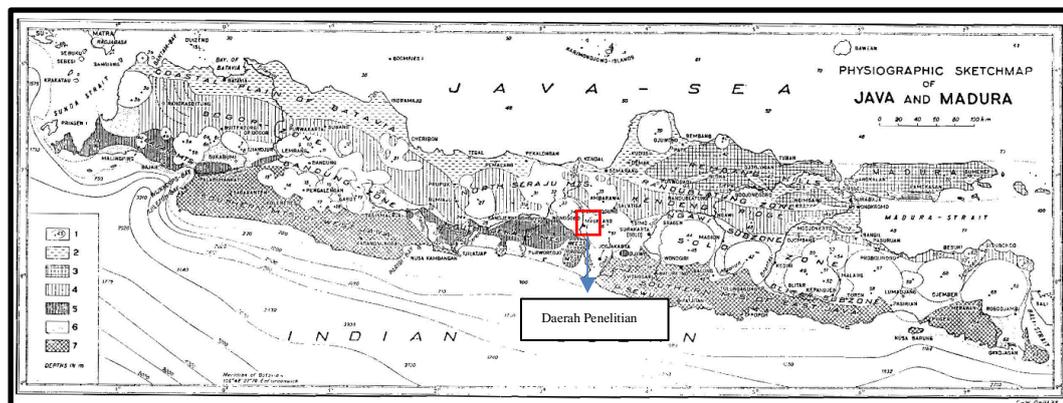
Gambar 2.2. Ilustrasi Pemodelan Bawah Permukaan (Purwaningsih dkk., 2023)

2.3. Geologi Regional

Van Bemmelen (1949) membagi Pulau Jawa menjadi beberapa zona fisiografi. Zona fisiografi daerah Jawa Tengah dibagi menjadi enam bagian (Gambar 2.3), dari selatan ke utara masing – masing:

1. Satuan Gunung api Kuarter (*Quaternary Volcanoes*),
2. Dataran Aluvial Pantai Utara Jawa (*Alluvial Plains of Northern Java*),
3. Antiklinorium Rembang–Madura (*Rembang–Madura Anticlinorium*),
4. Antiklinorium Bogor–Serayu Utara –Kendeng (*Bogor, North Serayu and Kendeng Anticlinorium*),
5. Pematang dan Dome pada Pusat Depresi (*Domes and Ridges in The Central Depression Zone*), dan

6. Depresi Jawa dan Zona Randublatung (*Central Depression Zone of Java and Randublatung Zone*).



Gambar 2.3 Peta Fisiografi Jawa dan Letak Daerah Penelitian (van Bemmelen, 1949)

Daerah penelitian berada pada Bukit Gendol dan sekitarnya, Mutilan-Salam Kabupaten Magelang, Provinsi Jawa Tengah sehingga termasuk kedalam fisiografi depresi Jawa dan Zona Randublatung (*Central Depression Zone of Java and Randublatung Zone*).

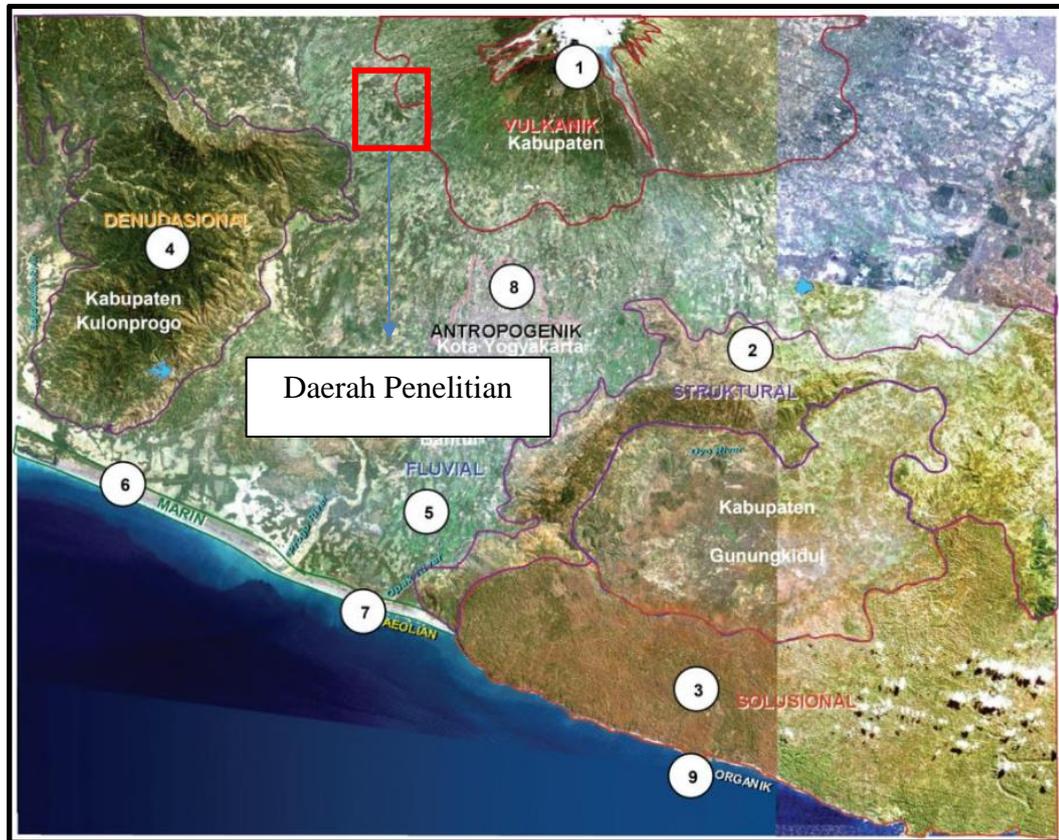
2.3.1 Geomorfologi

Perbukitan Gendol merupakan sekelompok bentanglahan perbukitan terisolir yang dikelilingi oleh dataran aluvial pada lereng kaki Gunungapi Merapi bagian barat daya (**Gambar 2.4**). Perbukitan Gendol berada ditengah cekungan antara Perbukitan Menoreh dan Gunungapi Merapi (van Bemmelen, 1949). Perbukitan Menoreh berada pada sebelah barat daya Perbukitan Gendol sedangkan Gunungapi Merapi terdapat pada sebelah timur laut Perbukitan Gendol. Terdapat *escarpment* pada lereng timur Perbukitan Menoreh yang berbatasan dengan lembah Sungai Progo (Verstappen, 2010).

Gunungapi Merapi yang terletak pada timur laut Perbukitan Gendol terdiri dari Gunungapi Merapi Muda dan Gunungapi Merapi Tua (Van Bemmelen, 1949). Gunungapi Merapi Muda yaitu Gunungapi Merapi yang tampak saat ini sedangkan Gunungapi Merapi Tua terdiri dari Gunung Bibi-Turgo-Plawangan (Camus dkk., 2000; Newhall dkk., 2000; van Bemmelen, 1949).

Perbukitan Gendol memiliki kenampakan *hummocky hills* yang hadir pada kaki barat daya Gunungapi Merapi dan searah dengan arah terbukanya kawah

kerucut Gunungapi Merapi Tua yang berkenampakan *amphitheater* (Camus dkk., 2000; van Bemmelen, 1949). Perbukitan Gendol juga memiliki penampakan sebagai homoklin dengan *dip slope* yang mengarah ke Perbukitan Menoreh (Murwanto & Subandrio, 1997).



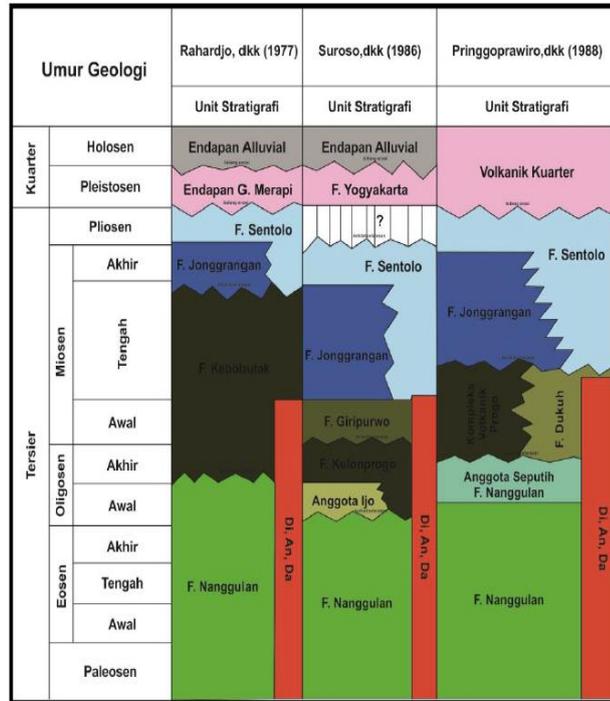
Gambar 2.4 Kenampakan Variasi Geomorfologi (Bentuklahan), Dilihat Dari Citra Pengindraan Jauh Landsat EMT+ Komposit 457 (Perekaman 2010) (Santosa, 2016)

2.3.2 Stratigrafi Lokal

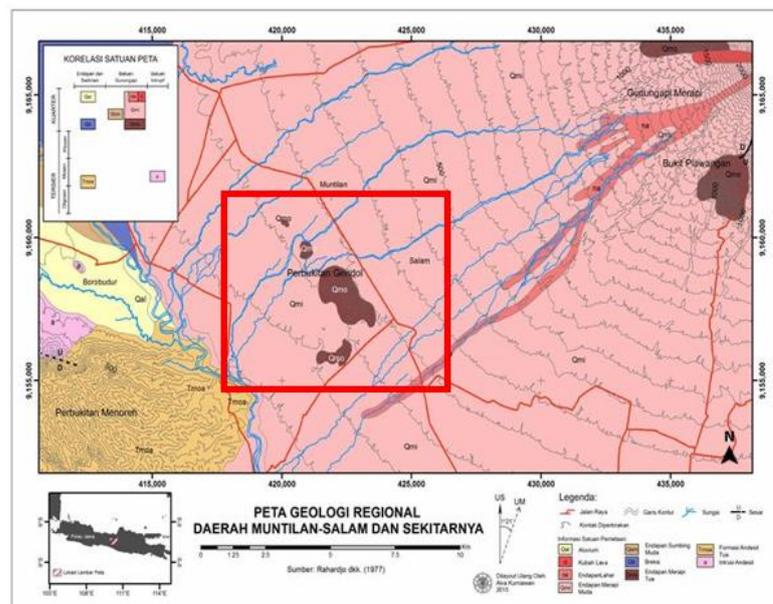
Mengacu pada Rahardjo dkk. (2013), Perbukitan Gendol tersusun oleh endapan berumur Kuartar dan batuan yang termasuk ke dalam Formasi berumur Tersier (**Gambar 2.5** dan **Gambar 2.6**). Endapan berumur Kuartar meliputi Endapan Gunungapi Merapi Muda (Qmi) yang tersusun oleh tuf, abu, breksi, aglomerat, dan aliran lava tidak terpisahkan yang berumur Kuartar Atas dan Endapan Gunungapi Merapi Tua (Qmo) yang terdiri dari breksi, aglomerat, dan leleran lava andesit dan basal olivin berumur Kuartar Bawah (Rahardjo, 2013).

Batuan berumur Tersier pada perbukitan Gendol meliputi Formasi Andesit Tua (Tmoa) yang terdiri atas breksi andesit, tuf, tuf lappili, aglomerat, dan sisipan

lava andesit dan intrusi andesit (a). Batuan ini merupakan batuan penyusun Perbukitan Menoreh yang memiliki umur Oligosen hingga Miosen (Rahardjo, 2013). Intrusi andesit (a) merupakan batuan Perbukitan Menoreh yang berumur Miosen (Setijadji dkk., 2006).



Gambar 2.5 Kesebandingan Stratigrafi Regional Daerah Yogyakarta Menurut Peneliti Terdahulu (Rahardjo, 1977)



Gambar 2.6 Peta Geologi Regional Daerah Penelitian (Rahardjo dkk., 1977), Kotak Berwarna Merah Merupakan Lokasi Daerah Penelitian

2.3.3 Struktur Geologi

Bukit Gendol terletak di antara kelompok perbukitan pada bagian barat kaki gunung api Merapi, diantara Salam dan Muntilan, pada jarak sekitar 171 km ke arah barat daya dari puncak Merapi. van Bemmelen (1994) menjelaskan bahwa perbukitan ini tersusun litologi berupa breksi laharik dengan perselingan tufaan fluvial. Seluruh komponen vulkanik merupakan augite-hypersthene-hornblende andesit vitrofirik yang merupakan ciri khas gunung api Merapi Tua. Lapisan vulkanik pada perbukitan tersebut nampak terlipat, membentuk sebuah antiklin, melekuk ke arah barat, dan terkompresi pada bagian tengah Gunung Gendol, sedangkan sumbu mengarah utara dan ke selatan ke bawah permukaan dataran alluvial.

van Bemmelen (1994) menginterpretasikan lipatan tersebut sebagai hasil tergelincirnya endapan Merapi dari kubah pada pegunungan Kulonprogo, bagian yang mewakili pegunungan Menoreh, atau berhubungan dengan gravitasi akan runtuhnya kerucut Merapi yang lebih tua.

Di satu sisi terlihat bahwa antiklin antara Salam dan Muntilan terkompres diantara sistem hiperbolik sesar mendatar (*slip faults*) beriringan dengan runtuhnya gunung api Merapi yang lebih tua. Selain itu, rata-rata arah kemiringan lapisan pada antiklinorium Gendol serupa dengan arah sumbu sistem sesar hiperbolik. Hal ini menyebabkan endapan vulkanik fluvial pada daerah Gendol telah terlipat dan tertekuk di tepi perbukitan Menoreh akibat tekanan yang bertepatan dengan sumbu sistem sesar hiperbolik diatas. Hal ini menunjukkan bahwa kompresi tersebut mengkompensasi gerakan tensional karena runtuhnya kerucut Merapi yang lebih tua.

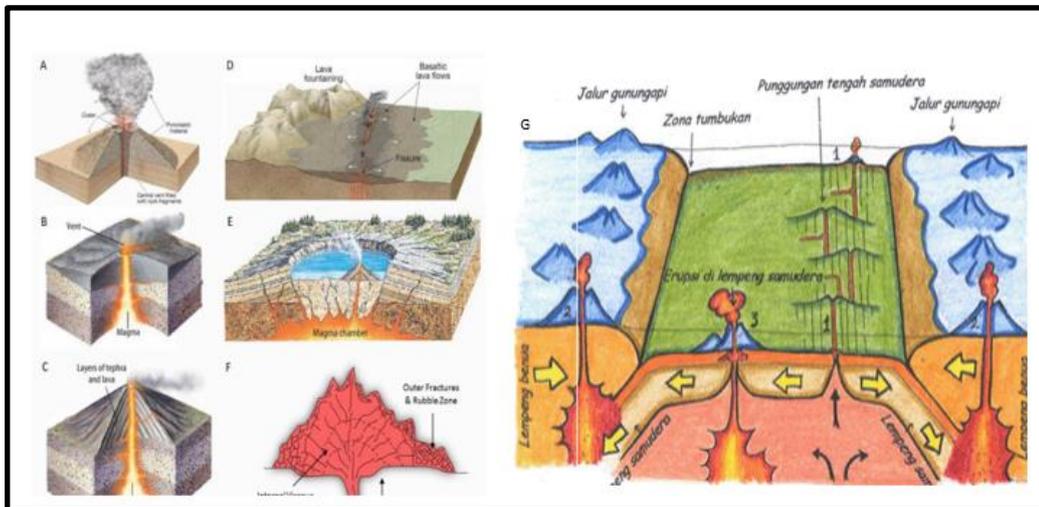
BAB 3

DASAR TEORI

3.1 Teori Tentang Bukit Gendol

3.1.1 Teori Tentang Vulkanisme Purba *In situ*

Vulkanisme merupakan proses pergerakan magma beserta gas dari bawah permukaan hingga permukaan Bumi (Licker, 2003; Simkin dkk., 2000), menghasilkan bentanglahan yang disebut sebagai bentanglahan gunungapi (Goudie, 2004; Huggett, 2011; Nagel, 2004) (**Gambar 3.1A** hingga **Gambar 3.1E**).

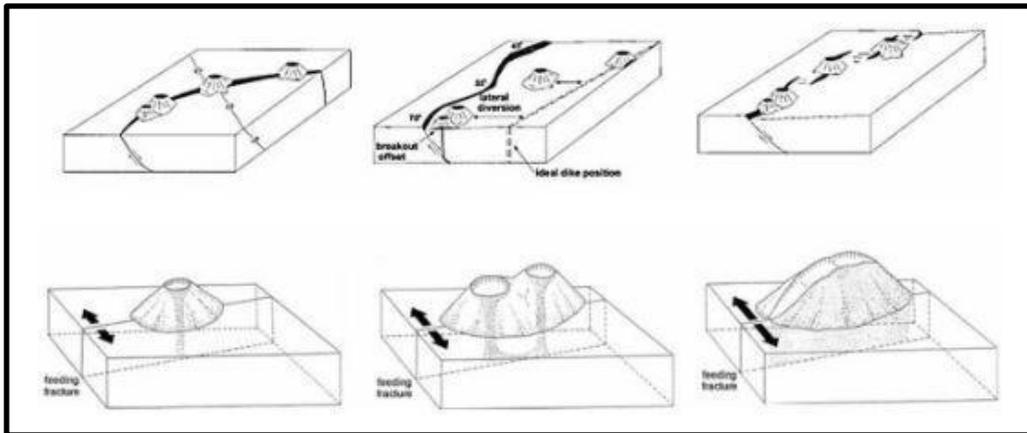


Gambar 3.1. Berbagai Macam Bentuk Bentanglahan Gunungapi. (A) Kerucut Sinder; (B) Gunungapi Perisai; (C) Gunungapi Strato; (D) Lapangan Lava; (E) Kaldera; dan (F) Kubah Lava (Gambar A dan D menurut Lutgens & Tarbuck, 2012; Gambar B, C, E, dan F modifikasi menurut Bronto, 2010)

Gunungapi pada umumnya akan membentuk rantai atau kelompok gunungapi dalam skala regional maupun lokal. Susunan, distribusi, dan morfologi kelompok gunungapi ini dikontrol oleh struktur geologi (Connor dkk., 2000; Koyama, 1995; Perfit & Davidson, 2000; Simkin dkk., 2000; Walker, 2000) (**Gambar 3.2**).

Terdapat tiga kontrol struktur geologi terhadap distribusi gunungapi (Connor dkk., 2000). Kontrol struktur geologi yang pertama adalah pertemuan sesar geser dan sesar normal. Kontrol struktur geologi yang kedua adalah sesar normal yang terbentuk pada *feeder dike* sehingga distribusi gunungapi menjadi berbelok.

Kontrol struktur geologi yang ketiga adalah sesar *en echelon* yang membentuk pola gunungapi yang mengelompok dan terpisah-pisah (**Gambar 3.2**).

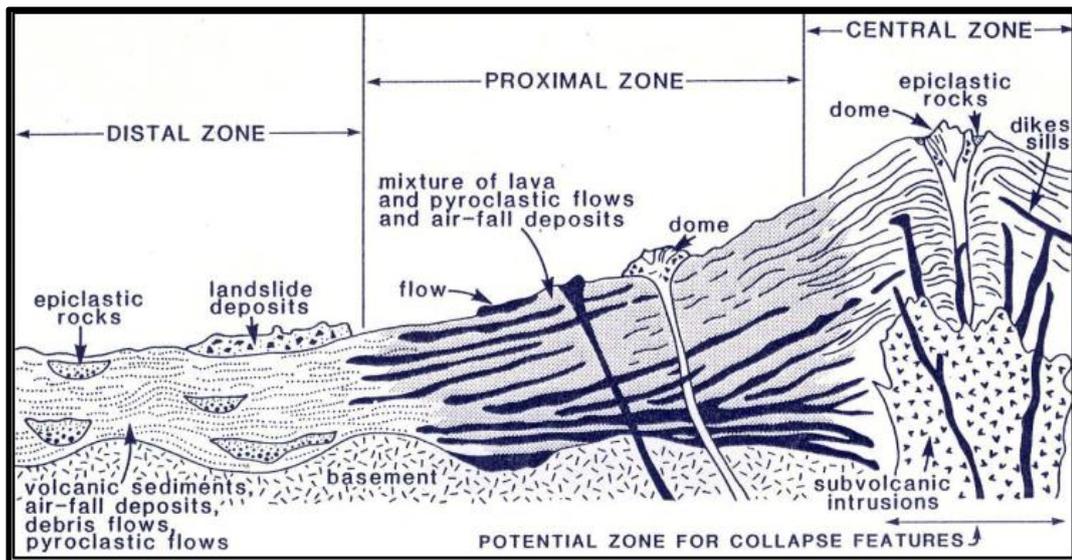


Gambar 3.2 (Atas) Hubungan Struktur Ekstensional Terhadap Distribusi Gunungapi (Modifikasi Connor dkk., 2000); (Bawah) Bentuk Gunungapi (Modifikasi Corazzato dan Tibaldi, 2006)

Lebar struktur ekstensi yang mengakomodasi magma mempengaruhi bentuk dari sebuah gunungapi (Corazzato & Tibaldi, 2006). Lebar struktur ekstensi dapat dikontrol oleh besarnya gaya ekstensi dan tekanan dari magma yang membuka rekahan untuk mengakomodasi magma (Corazzato & Tibaldi, 2006). Magma yang bertekanan rendah akan membentuk satu kerucut gunungapi. Seiring dengan meningkatnya tekanan magma dan berkembangnya lebar rekahan, akan terbentuk dua kerucut gunungapi yang berpasangan yang searah dengan arah rekahan. Saat tekanan magma semakin besar dan rekahan yang mengakomodasi magma semakin besar pula, maka akan terbentuk kerucut gunungapi dan kawah yang memanjang searah dengan arah rekahan (**Gambar 3.2**)

Vulkanisme masa lampau atau vulkanisme purba menghasilkan kenampakan bentanglahan gunungapi purba. Bentanglahan gunungapi purba merupakan gunungapi yang pernah aktif pada masa lalu namun saat ini sudah tidak aktif lagi dan sudah mengalami pengikisan sehingga kenampakan morfologi gunungapi sudah tidak sejelas gunungapi aktif masa kini (Bronto, 2010). Dalam kurun waktu geologi gunungapi purba tersebut dapat mengalami perombakan dan deformasi hingga kenampakan fisiknya benar-benar sulit dikenali lagi (Bronto, 2010).

Identifikasi gunung api purba juga dapat diamati melalui fasies gunung api tersebut. Fasies gunung api merupakan aspek fisika, kimia, atau biologi hasil endapan suatu gunung api dalam kesamaan waktu. Williams dan McBirney (1979) membagi kerucut gunung api komposit menjadi tiga zona, yaitu zona pusat (*Central Zone*) yang disetarakan dengan daerah puncak kerucut gunung api, zona proksimal (*Proximal Zone*) yang disetarakan dengan daerah lereng gunung api, dan zona distal (*Distal Zone*) yang disetarakan dengan daerah kaki serta dataran di sekeliling gunung api (**Gambar 3.3**).



Gambar 3.3 Penampang Variasi Fasies Dasar Batuan Gunung Api (Williams dan McBirney, 1979)

Pembagian fasies gunung api kemudian dikembangkan oleh Vessel dan Davis (1981) serta oleh Bogie dan Mackenzie (1998) menjadi empat kelompok, yaitu Fasies Pusat (*Central/Vent Facies*), Fasies Proksimal (*Proximal Facies*), Fasies Medial (*Medial Facies*), dan Fasies Distal (*Distal Facies*) (**Gambar 3.4**).

1. Fasies Pusat (*Central/Vent Facies*)

Fasies pusat tersusun oleh lava, endapan jatuhan (endapan blok dan aliran abu) dan breksi koluvium. Fasies ini meliputi batuan vulkanik yang berada di dekat kubah gunung api dan umumnya terdapat kehadiran *dike* dan *sill* yang bersentuhan dengan pipa breksi dan *stock*. Endapan yang hadir pada fasies ini berupa agglomerat berbutir kasar dan tebal yang dibatasi oleh lava silikaan dan berupa lapisan tepra

kasar, sortasi buruk dengan kemiringan yang terjal (*steeply initial dips*). Fasies ini diperkirakan menyebar sejauh 0,5 -2 km dari pusat erupsi.

2. Fasies Proksimal (*Proximal Facies*)

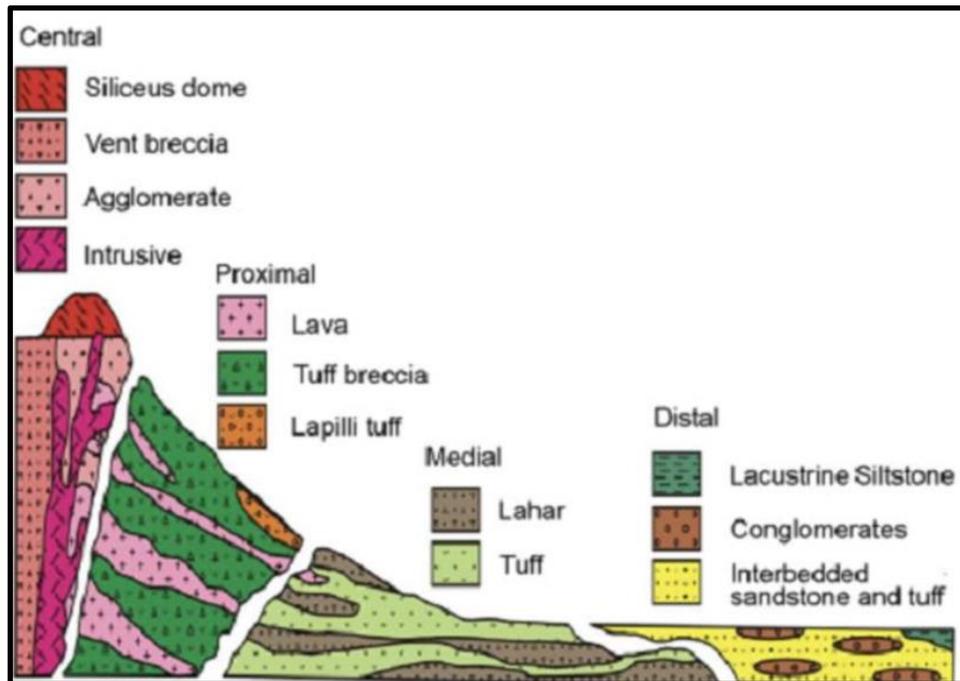
Fasies proksimal disusun oleh breksi gunung api dan endapan jatuhan serta batuan yang mengendap ke arah bawah dengan bertambahnya jarak kemiringan dan pada sisi luar pada kompleks vulkanik yang besar. Fasies ini didominasi oleh autobreksi berbutir kasar, breksi piroklastik dengan sortasi buruk. Endapan ini memiliki kemiringan sedang (*moderate - sleep initial dips*). Fasies ini berada di sekitar fasies pusat dan meluas mencapai 5 - 10 km dari pusat erupsi.

3. Fasies Medial (*Medial Facies*)

Fasies tengah atau medial tersusun oleh endapan lahar (endapan aliran rombakan) dan konglomerat fluvial dengan beberapa endapan jatuhan serta dari batuan yang terendapkan pada bagian sisi gunung api yang berupa batuan piroklastik didominasi oleh lava yang mengalami breksiasi kuat. Endapan lahar memiliki bongkah yang mencapai ukuran diameter 10 m dengan bentuk *angular-subangular*. Endapan ini berasosiasi dengan lapisan piroklastik dengan sortasi baik dan ukuran butir berkisar antara debu kasar - lapili. Endapan debris yang ada dikontrol oleh air. Endapan ini berada pada kemiringan sedang hingga landai (*moderate to shallow initial dips*). Fasies ini umumnya meluas hingga 10 - 15 km dari pusat erupsi.

4. Fasies Distal (*Distal Facies*)

Fasies terluar atau distal didominasi oleh endapan pasir fluvial, breksi dan konglomerat yang berhubungan langsung dengan garis pantai. Fasies ini merupakan endapan piroklastik jatuhan yang tersebar jauh dari sumber erupsi dan endapan yang terdapat pada zona transisi pada fasies ini biasanya telah mengalami erosi. Endapan debu (*ash*) yang terisolasi dapat terbentuk sebagai satu atau lebih lapisan tipis yang diendapkan pada lingkungan laut, lakustrin atau darat yang arahnya ratusan kilometer dari pusat vulkanik. Lapisan pada batuan yang termasuk dalam fasies ini umumnya memiliki tekstur lapisan yang tipis dengan sortasi baik yang menunjukkan komposisi yang berbeda pada perselingan dengan sedimen non-vulkanik.

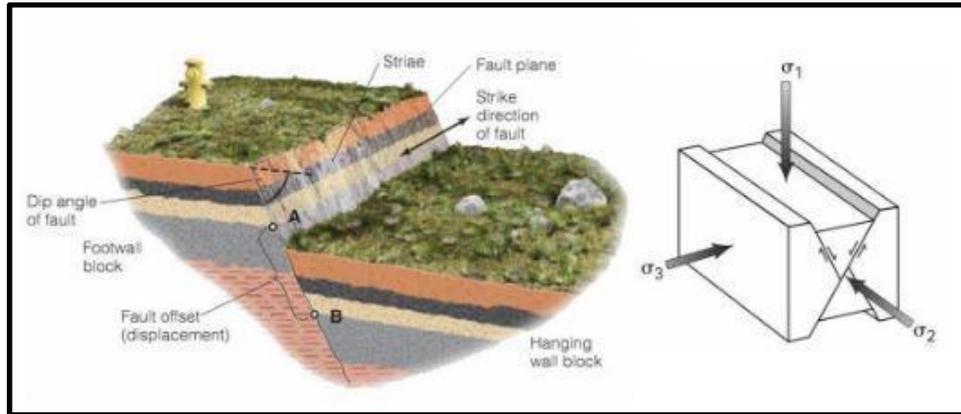


Gambar 3.4 Pembagian Fasies Gunung Api Beserta Komposisi Batuan Penyusunnya (Bogie dan Mackenzie, 1998)

3.1.2 Teori Tentang Produk *Normal Faulting*

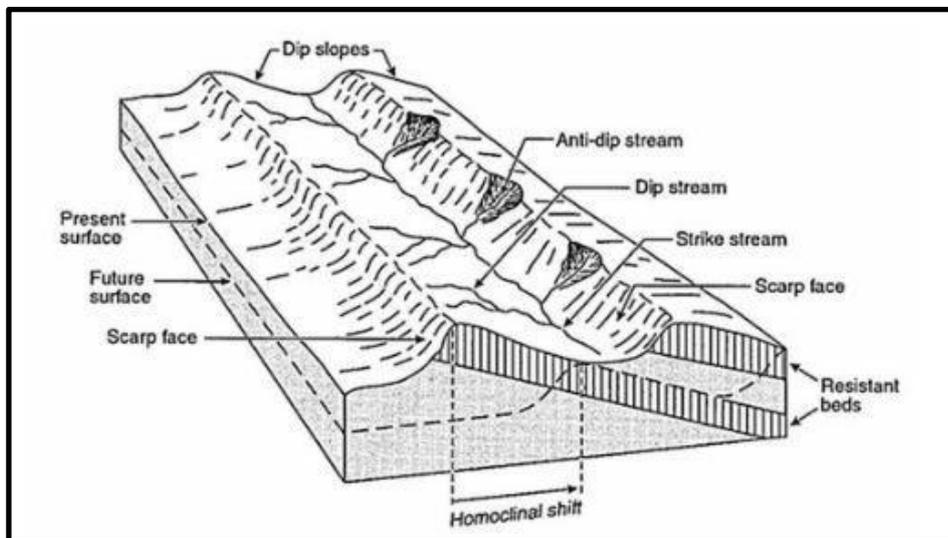
Sesar normal (*normal fault*) (**Gambar 3.5**) termasuk salah satu tipe *dip slip fault* atau tipe sesar yang bergerak relatif naik atau turun terhadap *dip* (Crawford, 1998; Davis dkk., 2011). Sesar normal adalah tipe sesar saat blok batuan di atas bidang sesar atau *hanging wall* bergerak turun relatif terhadap blok batuan di bawah bidang sesar atau *foot wall* (Suppe, 1985).

Sesar normal terbentuk saat arah tegangan kompresif terkuat (σ_1) adalah vertikal (**Gambar 3.5**) dengan arah tegangan kompresif terlemah (σ_3) adalah horisontal (Burbank & Anderson, 2013; Groshong & Groshong, 2006; Ragan, 2009). Kondisi tersebut membentuk tegangan tensional (*tensional stress*) dengan arah gaya yang berlawanan dengan arah σ_3 (Davis dkk., 2011; Suppe, 1985). Tegangan tensional menarik blok batuan dengan arah yang berlawanan sehingga blok batuan bertambah panjang dan patah.



Gambar 3.5. (Kiri) Kenampakan Ideal dari Sesar Normal dan Bagian-Bagiannya (Van Der Pluijm dan Marshak, 2004); (Kanan) Distribusi Tegangan Kompresif Pada Suatu Blok Sesar Normal; Σ : Merupakan Tegangan Terkuat, sedangkan σ Merupakan Tegangan Terlemah (Monroe dan Wicander, 2001)

Normal faulting akan membentuk bentanglahan yang khas dalam skala lokal hingga regional, antara lain lereng dengan strata batuan yang berpindah atau tidak menerus, monoklin atau homoklin, *graben*, dan *horst* (Huggett, 2011; Rowland dkk., 2007; Suppe, 1985; Van der Pluijm dkk., 2004). Strata batuan yang berpindah atau tidak menerus disebabkan oleh pergeseran blok batuan (**Gambar 3.6**).



Gambar 3.6. Kenampakan homoklin atau monoklin yang terbentuk pada sesar normal akibat inklinasi *hanging wall* atau *hanging wall roll-over* (modifikasi Goudie, 2004)

Sedangkan morfologi monoklin atau homoklin terbentuk akibat *hanging wall* yang mengalami inklinasi atau *hanging wall roll-over* (Burbank dan Anderson, 2013; Goudie, 2004).

Terbentuknya monoklin atau homoklin mencirikan bahwa sesar normal memiliki dip bidang sesar yang kurang dari 30° (Rowland dkk., 2007; Suppe, 1985) yang disebut sebagai *detachment fault* (Van der Pluijm dkk., 2004) atau *low angle normal fault* (Davis dkk., 2011). Menurut Suppe (1985) terbentuknya *detachment fault* dikarenakan dua faktor, faktor pertama adalah terdapatnya lapisan lempung dan garam horisontal pada zona bersuhu tinggi yang menyebabkan bidang sesar menjadi lebih landai. Faktor yang kedua adalah terjadinya rotasi bidang tersebut setelah terbentuknya sesar yang menyebabkan *dip* melandai, hal ini terjadi seiring dengan berlanjutnya tegangan ekstensional.

Pergeseran blok batuan menghasilkan kenampakan fisik dan batuan yang khas. Kenampakan fisik tersebut adalah terdapatnya cermin sesar dan striasi. Cermin sesar merupakan lereng yang tersusun oleh batuan yang licin dan mengkilat akibat gesekan yang sangat kuat. Striasi (**Gambar 3.6**) merupakan garis-garis pada bidang sesar yang terbentuk oleh abrasi batuan karena gesekan yang kuat (Davis dkk., 2011).

Batuan yang dihasilkan dari pergeseran blok batuan adalah breksi sesar yang memiliki ciri berfragmen menyudut, sortasi buruk, berkemas acak, dan non kohesif (Van der Pluijm dkk., 2004). Pada kondisi tererosi secara lanjut, sesar normal cenderung membentuk lereng yang landai pada bidang patahannya (Bull, 2008).

3.1.3 Teori Tentang *Debris Avalanche*

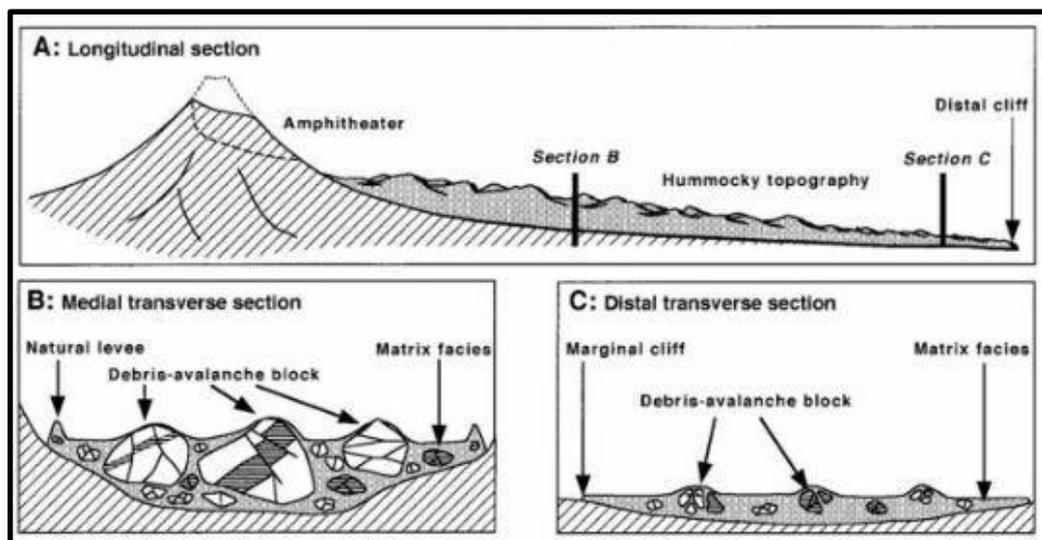
Aktivitas dari suatu gunung api dapat menyebabkan terjadinya longsoran besar (Sparks & Young, 2002) akibat dari runtuhnya bagian dari tubuh gunung api (Davidson dkk., 2000; Ui dkk., 2000), yang dikenal sebagai *sector collapse* (Ui dkk., 2000). Longsoran besar material penyusun tubuh gunung api sebagai akibat dari *sector collapse* disebut juga sebagai *debris avalanche* (Ui dkk., 2000; Wildany, 2023). Saat terjadinya longsoran besar (*debris avalanche*), material pada umumnya berada pada kondisi tidak jenuh air (Ui dkk., 2000). Material longsoran umumnya berupa campuran partikel kasar dan halus yang tidak padu (Licker, 2003), meluncur

dengan kecepatan 36-300 km/jam (Gates dan Ritchie, 2007; Selley, 2000), serta mencapai jarak hingga ± 50 km dengan volume material yang berpindah mencapai $80 \times 10^3 \text{ m}^3$ (Selley, 2000).

Indikasi bahwa telah terjadi peristiwa *debris avalanche* pada suatu zona atau daerah dapat diketahui berdasarkan endapan dan kenampakan topografi pada zona tersebut (Ui dkk., 2000). Karakteristik endapan dan kenampakan topografi pada zona yang pernah mengalami peristiwa longsor besar (*debris avalanche*) menurut Ui dkk., (2000) antara lain:

- Topografi Pada Zona Yang Mengalami Longsor Besar (*Debris Avalanche*)

Ciri topografi yang menunjukkan suatu zona pernah mengalami peristiwa *debris avalanche* sangat khas, yaitu pada relief endapan material longsor, jalur yang dilalui material yang longsor, dan titik asal terjadinya longsor besar (**Gambar 3.7A**). Material hasil longsor besar membentuk relief gundukan hingga perbukitan (*hummocky relief*). Pergerakan material yang sangat cepat membentuk alur yang sangat besar sehingga pada alur tersebut terdapat kenampakan tanggul alam (*natural levee*) serta tebing (*cliff*) yang berupa *marginal cliff* dan *distal cliff*.



Gambar 3.7 (A) Karakteristik Topografi; (B dan C) Karakteristik Endapan Dari Lokasi Yang Mengalami Peristiwa Longsor Besar (*Debris Avalanche*) (Ui dkk., 2000)

- Karakteristik Endapan Longsoran Besar (*Debris Avalanche*)

Kondisi material yang tidak jenuh air dan meluncur dengan kecepatan tinggi membentuk endapan khas berupa endapan campuran dari partikel kasar dan halus. Endapan ini terdiri dari dua fasies deposisional yaitu *debris avalanche block* dan *debris avalanche matrix* (**Gambar 3.7B** dan **3.7C**).

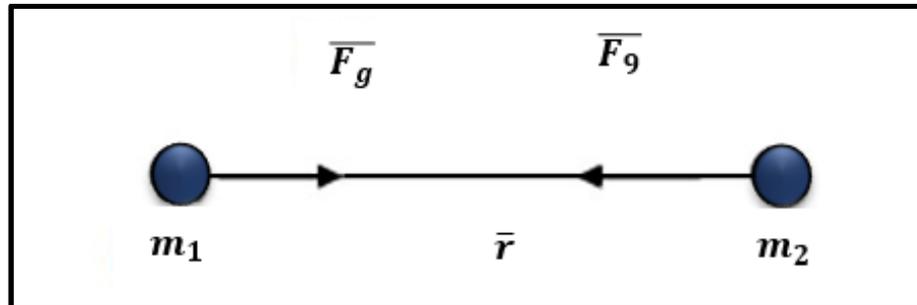
Fasies *debris avalanche block* terdiri dari bongkah batuan yang berukuran besar ($\rightarrow \phi$ 10 m) yang merupakan bagian dari tubuh gunung api yang runtuh. Fasies *debris avalanche matrix* terdiri dari material dengan ukuran butir yang lebih kecil ($< \phi$ 2 m) dan seragam dibandingkan fasies *debris avalanche block*. Fasies *debris avalanche block* cenderung berada dekat dengan titik terjadinya *sector collapse* dan membentuk relief berbukit sedangkan fasies *debris avalanche matrix* cenderung berada jauh dari titik *sector collapse* dan membentuk relief gundukan hingga datar (**Gambar 3.5B** dan **3.5C**).

Ui dkk. (2000) menjelaskan bahwa interpretasi dari suatu kenampakan geologi, apakah merupakan produk *debris avalanche* perlu dilakukan dengan hati-hati. Pernyataan ini didasari oleh karakteristik geologi pada produk *debris avalanche* yang memiliki kemiripan dengan lahar, aliran piroklastik, dan aliran lava (Ui dkk., 2000). Produk *debris avalanche* memiliki karakteristik struktur yang khas yang membedakan dengan produk lahar, aliran piroklastik, dan aliran lava yaitu adanya *jigsaw crack* dan sesar kecil pada batuan (Ui dkk. 2000). *Jigsaw crack* merupakan pola kekar tidak beraturan pada batuan yang lebih tidak beraturan dibandingkan kekar pembekuan (*cooling joint*) batuan (Ui dkk., 2000).

3.2 Metode Gravitasi

Metode gravitasi adalah suatu metode penyelidikan geofisika yang berdasarkan pada perbedaan medan gravitasi karena adanya variasi rapat massa batuan penyusun bawah permukaan bumi. Besaran fisis yang diukur dalam metode gravitasi adalah percepatan gravitasi bumi. Dasar dari hukum gravitasi merupakan teori Newton mengenai hukum gravitasi universal. Hukum gravitasi universal Newton menjelaskan bahwa gaya tarik-menarik antara dua benda sebanding dengan

massa kedua benda dan berbanding terbalik dengan kuadrat jarak antara pusat gravitasi kedua benda. Atas dasar hukum tersebut maka dua benda pada jarak konstan akan memiliki gaya tarik-menarik (**Gambar 3.8**) yang besarnya dapat dihitung menggunakan rumus yang diberikan (Telford dkk., 1990).



Gambar 3.8 Ilustrasi Hukum Newton (Telford dkk., 1990)

Dalam suatu jarak tertentu, dua buah massa m_1 dan m_2 saling berinteraksi melalui gaya tarik-menarik yang memperlihatkan besaran yang telah ditetapkan:

$$\vec{F} = G \frac{m_1 m_2}{r^2} \vec{r} \quad 1$$

Keterangan:

F : Gaya tarik menarik antara 2 benda m_1 dan m_2 (N);

G : Konstanta gravitasi Newton ($6,67 \times 10^{-11} \text{ N m}^2 / \text{kg s}^2$);

m_1 dan m_2 : Massa benda yang tarik menarik m_1 dan m_2 (kg);

r : Vektor pada arah x, y, dan z antara dua buah benda (m).

3.2.1 Percepatan Gravitasi

Metode Geofisika pada penerapan kegiatan eksplorasi menggunakan besaran fisis percepatan gravitasi dalam melakukan pengukuran gravitasi. Percepatan gravitasi dapat diartikan sebagai percepatan yang dialami oleh suatu benda yang memiliki massa (m_1) ditarik oleh benda bermassa (m_2) pada jarak r (r). Berdasarkan persamaan hukum Newton, 2 percepatan gravitasi dapat dituliskan sebagai berikut:

$$F = m \cdot g \quad 2$$

$$g = \frac{F}{m} \quad 3$$

Jika m diasumsikan sebagai massa benda (m_1) dan percepatan (g) diasumsikan sebagai percepatan gravitasi yaitu (g), maka di dapatkan persamaan percepatan gravitasi sebagai berikut

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2} \quad 4$$

$$\frac{F}{m_1} = \frac{m_2}{r^2} \quad 5$$

$$g = \frac{g m_2}{r^2} \quad 6$$

3.2.2 Faktor Yang Mempengaruhi Nilai Gravitasi

Gravitasi merupakan gaya yang menyebabkan benda jatuh bebas ke permukaan bumi akibat percepatan yang dihasilkannya. Nilai percepatan gravitasi pada setiap lokasi di permukaan bumi tidak selalu sama. Pada daerah ekuator, percepatan gravitasi akan berkisar sekitar $9,78 \text{ m/s}^2$. Sedangkan pada daerah kutub nilainya akan lebih besar, yaitu sekitar $9,83 \text{ m/s}^2$.

Daryono (1992) menyatakan bahwa terdapat tiga faktor yang mempengaruhi perbedaan percepatan gravitasi di berbagai lokasi. Pertama, bentuk Bumi yang tidak benar-benar bulat akan menyebabkan jarak dari pusat bumi menuju berbagai bagian bumi akan berbeda-beda sehingga menyebabkan variasi nilai percepatan gravitasi. Kedua, percepatan gravitasi dipengaruhi oleh ketinggian suatu lokasi terhadap permukaan bumi, dengan semakin tinggi ketinggian suatu tempat maka semakin kecil percepatan gravitasinya. Ketiga, variasi kepadatan massa bumi di berbagai wilayah yang juga berkontribusi terhadap perbedaan percepatan gravitasi yang terjadi.

3.3 Koreksi Metode Gravitasi

Pada penelitian ini terdapat beberapa koreksi yang dilakukan antaranya koreksi lintang (*G Normal*), Koreksi Udara Bebas (*Free Air Correction*), dan Koreksi Bouguer (*Bouguer Correction*).

3.3.1 Koreksi Lintang (*G Normal*)

Koreksi lintang (*G Normal*) digunakan untuk menghilangkan efek bentuk bumi yang tidak bulat sempurna, akan tetapi tepat dimana jari-jari lebih besar pada daerah ekuator dan jari-jari lebih kecil pada daerah kutub yang diakibatkan dari adanya gaya sentrifugal akibat rotasi bumi, sehingga adanya perbedaan nilai gravitasi akibat dari pengaruh lintang yang ada di bumi (Zuhdi dkk., 2021). Koreksi dilakukan dengan menggunakan persamaan:

$$g_n = 978032,53359 \frac{1 + 0,0019318526241 \sin \theta}{\sqrt{1 - 0,0019318526241 \sin \theta}} r \quad 7$$

3.3.2 Koreksi Udara Bebas (*Free Air Corection*)

Koreksi udara bebas memungkinkan pengurangan besaran gravitasi dengan ketinggian di atas geoid tanpa memperhatikan sifat batuan di bawahnya. Hal ini dapat dianalogikan seperti mengukur gaya berat di dalam keranjang balon udara yang terbang sehingga disebut sebagai koreksi udara bebas. Koreksi udara bebas dapat diartikan sebagai perbedaan antara gravitasi yang diukur pada permukaan laut dan pada ketinggian h m tanpa batuan di antaranya. Nilai 3,086 g.u/m umum digunakan sebagian besar aplikasi praktis dan positif pada ketinggian di atas permukaan laut, dan negatif di bawahnya udara bebas (Reynolds, 2011)

Koreksi udara bebas menganggap bumi berbentuk bola (bukan berbentuk *spheroid plate*) dengan nilai massa yang terkonsentrasi di pusat massanya, maka nilai gravitasi di permukaan laut adalah:

$$g_o = \frac{GM}{R^2} \quad 8$$

Dengan nilai gravitasi di titik pengukuran pada ketinggian h meter di atas permukaan laut adalah:

$$g_h = \frac{GM}{(R + h)^2} = \frac{GM}{R^2} \left(\frac{1 - 2h}{R} \dots \right) \quad 9$$

Perbedaan nilai gravitasi antara permukaan laut dan pada ketinggian h meter adalah:

$$\Delta g_{FAC} = g_o - g_h \frac{2g_o h}{R} \quad 10$$

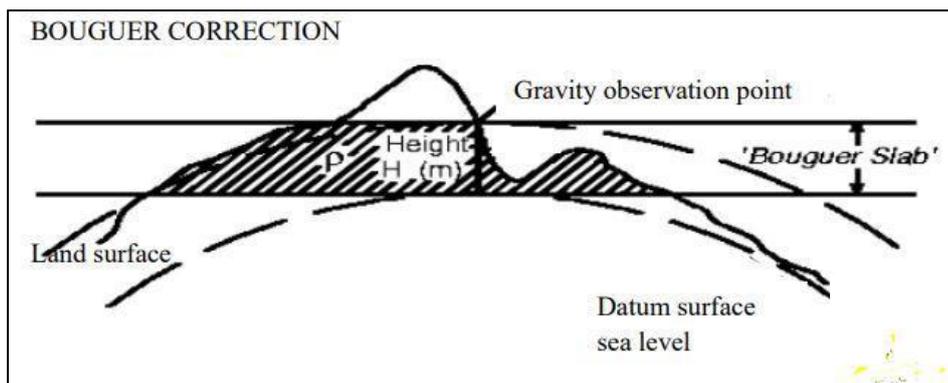
Dengan $g_o = 9.817.855$ g.u, $R = 6.371.000$ dan h dalam meter , $\Delta g_{FAC} = 3.082h$ g.u atau 0.3082 mgal

3.3.3 Koreksi Bouguer (*Bouguer Correction*)

Koreksi Bouguer menghitung massa batuan yang terdapat diantara stasiun pengukuran dengan bidang geoid. Koreksi ini dapat diterapkan dengan menggunakan persamaan:

$$BC = 2\pi G\rho h, \text{ dengan } G = 6.67 \times 10^{-8} \text{ Mg}^{-1}\text{s}^{-2} - 2 \quad 11$$

Koreksi Bouguer disimbolkan dengan BC dengan satuan mGal, rapat massa batuan disimbolkan dengan ρ dengan satuan (Kgm^{-3}), dan ketinggian di titik data terhadap referensi steroid pada darat disimbolkan dengan h dengan satuan meter (m). Berdasarkan **Persamaan 4** di atas dapat diasumsikan bahwa bidang Bouguer adalah pelat dasar tak hingga (**Gambar 3.9**) (Sarkowi & Wibowo, 2021).



Gambar 3.9 Ilustrasi Koreksi Bouguer

3.3.4 Anomali Bouguer

Anomali Bouguer Lengkap (ABL) dapat didefinisikan sebagai wilayah anomali gaya gravitasi yang telah melalui bermacam-macam proses pengurangan, sehingga keragaman nilai anomali percepatan gaya gravitasi yang muncul hanya dipengaruhi oleh keragaman densitas dari batuan di bawah permukaan. Pengaruh densitas batuan dari inti bumi hingga permukaan menghasilkan jumlah anomali yang dicakup oleh nilai ABL, dan dapat dibedakan menjadi anomali residual dan anomali regional. Apabila nilai ABL telah diperoleh maka dapat digambarkan geologi bawah permukaan titik pengukuran (Liana dkk., 2020). Persamaan Anomali Bouguer Lengkap (ABL) yang dapat dinyatakan dengan:

$$ABL = ABS + TC$$

12

Keterangan:

ABL = *Bouguer Anomaly* (mGal)

ABS = Nilai g observasi (mGal)

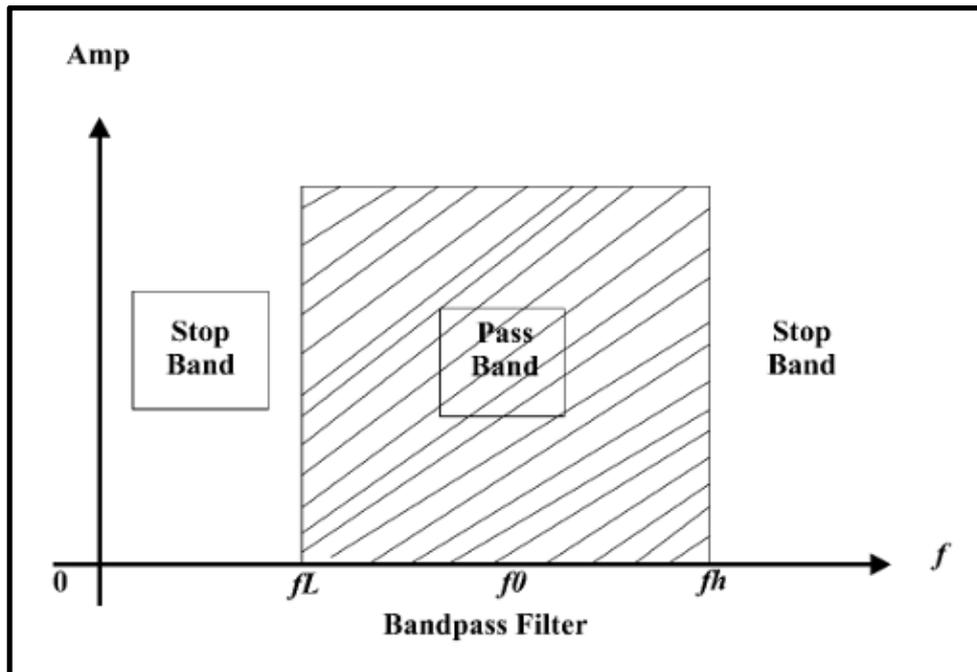
TC = *Terrain Correction* (mGal)

3.4 Analisa Spektrum

Analisis spektrum digunakan untuk mengetahui estimasi kedalaman anomali pada sebaran frekuensi data anomali *Bouguer*. Analisis spektrum bertujuan untuk menentukan jendela filter yang digunakan untuk memisahkan Anomali regional dan Anomali residual (Sarkowi, 2014).

3.5 Pemisahan Anomali Filter *Bandpass*

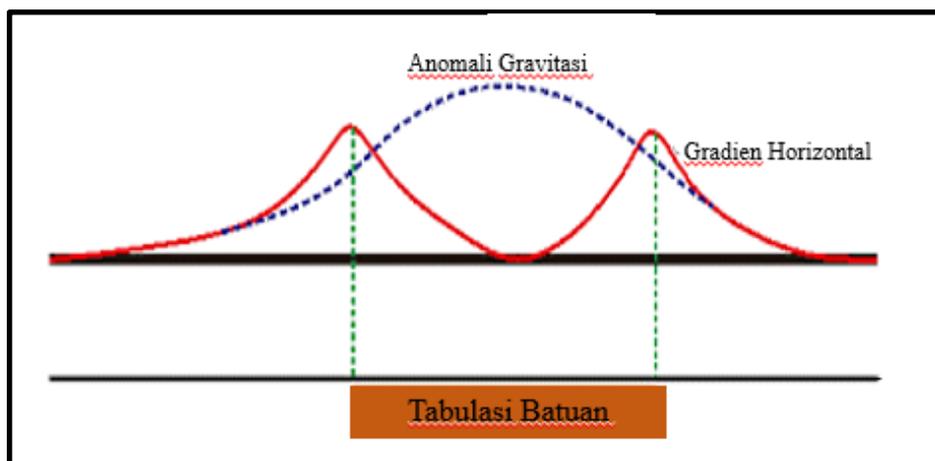
Pemisahan Anomali *Filter Bandpass* merupakan jenis penyaringan (filter) yang berfungsi untuk melewatkan sinyal dalam rentang frekuensi tertentu, sementara sinyal di luar rentang tersebut akan diredam (**Gambar 3.10**). Filter ini memiliki dua titik batas frekuensi, yaitu frekuensi *cut-off* bawah (fL) dan frekuensi *cut-off* atas (fH). Rentang antara kedua frekuensi *cut-off* yang memungkinkan sinyal untuk diteruskan, sedangkan sinyal dengan frekuensi di bawah fL atau di atas fH akan mengalami peredaman (Muliadi dan Muttaqin, 2021).



Gambar 3.10 Bandpass Filter (Al Havis dan Fitria, 2018)

3.6 Metode Gravitasi Untuk Identifikasi Patahan dan Longoran

Patahan merupakan suatu kondisi saat bagian bidang permukaan bumi telah mengalami pergeseran akibat gejala fisika yang terjadi melalui proses tumbukan antar dua buah elemen (lempeng). Dalam penentuan dan pengidentifikasian adanya sesar atau patahan, kehadiran patahan ditandai dengan adanya harga anomali *Bouguer* yang harganya berubah turun atau naik secara drastis (curam) (Gambar 3.11) (Reynaldi Zulkifli & Perdhana, 2024).



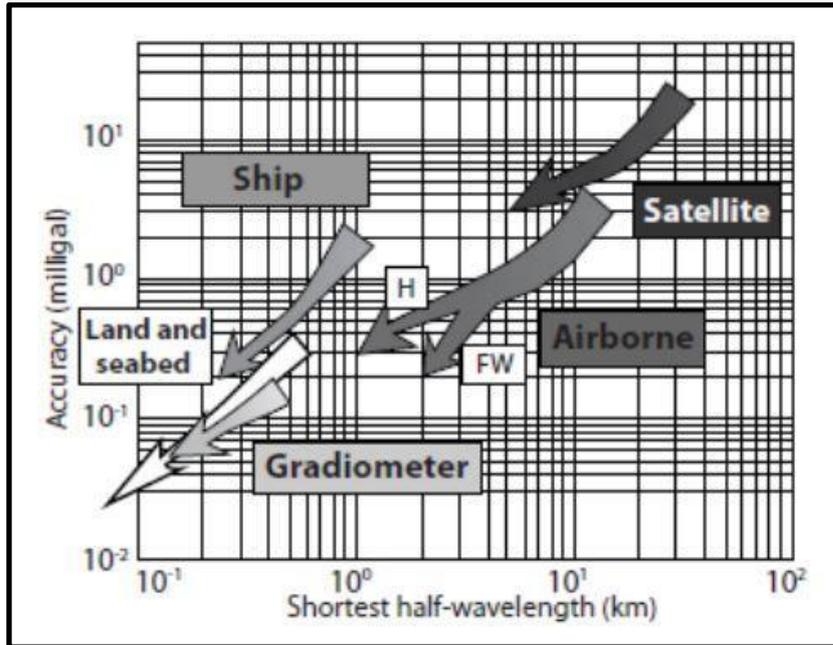
Gambar 3.11 Gradien Horizontal Terhadap Anomali Gravitasi Pada Model Tabular (Blakely, 1996)

Analisis dari struktur geologi bawah permukaan akan menghasilkan hasil yang beragam, sehingga digunakan metode analisa *derivative* (*first horizontal derivative* dan *second vertical derivative*) untuk membantu identifikasi struktur. *First Horizontal Derivative* (FHD) anomali gravitasi digunakan untuk menunjukkan batas struktur geologi yang menyebabkan anomali. Pada daerah yang terdapat struktur geologi akan dapat dilihat turunan pertama horizontal cenderung memiliki karakteristik tajam berupa nilai maksimum atau minimum. *Second Vertical Derivative* dilakukan untuk memunculkan efek dangkal dari pengaruh regionalnya yang digunakan untuk mendeteksi anomali yang disebabkan oleh struktur. Pada anomali *second vertical derivative* yang disebabkan oleh struktur geologi akan memiliki nilai mutlak maksimum dan nilai mutlak minimum serta dibatasi dengan nilai nol atau mendekati nol sebagai batas karakteristik geologi (Reynolds, 2011).

Menurut Blakely (1996) nilai maksimum dari gradien horizontal anomali gravitasi yang disebabkan oleh benda tabular akan cenderung menunjukkan tepi dari benda tersebut (Gambar 3.11). Nilai maksimum gradien horizontal secara langsung dapat menentukan lokasi tepi dari suatu benda yang memiliki kontras densitas secara horizontal dengan lingkungannya. Atas dasar ini maka penggunaan karakteristik anomali gravitasi dapat diterapkan untuk menentukan perubahan densitas secara lateral dari pengukuran gravitasi.

3.7 Data GGMplus

Akuisisi data gravitasi umumnya dapat dilakukan dengan tiga cara, yaitu *land surface*, *marine*, dan *airborne survey*. Seiring dengan perkembangan teknologi, nilai gravitasi juga dapat diukur melalui satelit (Gambar 3.12). Pengukuran melalui satelit dapat bersifat pasif dan aktif. Pengukuran pasif meliputi metode *tracking* lintasan/orbit satelit relatif terhadap permukaan bumi (*ground*) ataupun terhadap satelit lain sedangkan pengukuran aktif memanfaatkan peralatan Altimeter yang terdapat pada satelit.



Gambar 3.12. Akurasi Relatif dan Resolusi Panjang Gelombang Dari Berbagai Metodologi Survei Gravitasi (Hinze dkk., 2012)

Pengukuran pasif memiliki jangkauan pengukuran yang luas (*land surface* maupun *sea surface*) namun memiliki resolusi data yang kurang dibandingkan pengukuran aktif. Pengukuran aktif memiliki resolusi yang lebih baik dibanding pengukuran pasif namun hanya dapat mengukur nilai gravitasi di *sea surface* (Hinze dkk., 2012). Pengukuran gravitasi satelit memiliki resolusi yang cukup baik dalam pengidentifikasian kehadiran struktur pada suatu daerah.

Penelitian ini menggunakan data gravitasi citra satelit *GGMplus* (*Global Gravity Model Plus*). *GGMplus* merupakan model medan gravitasi yang didasarkan pada data satelit GRACE (ITG2010), satelit GOCE (TIM-4), EGM2008 dengan informasi data gravitasi topografi resolusi tinggi dengan kerapatan spasi ± 220 m. Data gravitasi dalam *Global Gravity plus* merupakan data *Gravity Disturbance* yang setara dengan data gravitasi yang telah terkoreksi udara bebas (Drinkwater dkk., 2003).

GGMplus memberikan gambaran baru berupa data percepatan gravitasi, komponen medan radial dan horizontal dan ketinggian *quasigeoid* dengan jumlah titik lebih dari 3 miliar yang mencakup 80% massa daratan bumi dalam $\pm 60^\circ$, berbentuk grid dan spasi antar titiknya ~ 220 m. Terdapat lima fungsi medan

gravitasi dari GGMplus diantaranya percepatan gravitasi, *gravity disturbance*, defleksi vertikal timur-barat dan utara-selatan serta ketinggian *quasigeoid*. Seiring dengan berjalannya waktu metode yang digunakan *GGMplus* berupa kombinasi dari satelit GOCE, GRACE dan EGM 2008. Ketiga proses dikombinasi yaitu sintesis *spherical harmonic* medan gravitasi, *forward modelling* serta perhitungan gravitasi normal pada permukaan guna mendapatkan model gravitasi dengan resolusi tinggi. Data gravitasi *GGMplus* memiliki spasi yang lebih rapat apabila dibandingkan dengan TOPEX dan BGI. Data gravitasi TOPEX merupakan data yang dihasilkan dari satelit altimetri dengan resolusi spasi antara titiknya 1,8 km. Satelit altimetri merupakan satelit yang memberikan informasi berupa topografi muka laut. Data BGI merupakan kombinasi dari data anomali *free-air* dan *Bouguer* lengkap dengan resolusi spasi antara titiknya 3,6 km.

Dalam penelitian ini luas kavling yang digunakan berukuran ± 10 km dan untuk luasan Perbukitan Gendol sekitar ± 3 km. Dalam luasan tersebut, apabila menggunakan data dari BGI, daerah Perbukitan Gendol hanya akan mendapatkan satu titik sehingga kurang representatif. Berdasarkan hal ini, penelitian ini akan menggunakan data gravitasi *GGMplus* dengan spasi yang lebih kecil. Data gravitasi *GGMplus* memiliki kelebihan lain yaitu memberikan keuntungan dari segi biaya, keterdapatannya data dan tenaga karena dapat disesuaikan dengan target wilayah penelitian yang dikehendaki (Hirt dan Wildermann, 2018).

3.8 Pemodelan Data Gravitasi

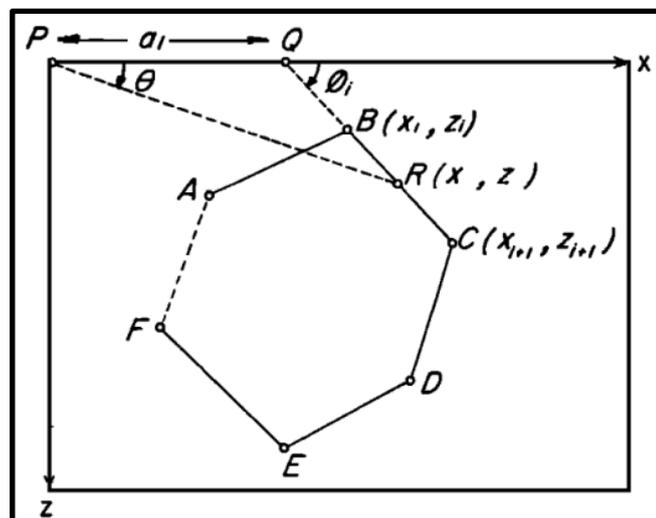
Pemodelan geofisika merupakan upaya untuk menemukan model yang dapat menghasilkan respons yang sesuai dengan data yang telah diamati. Pemodelan geofisika yang dilakukan pada penelitian ini meliputi pemodelan data gravitasi yang terdiri dua pemodelan, yaitu pemodelan kedepan (*forward modelling*) dan pemodelan inversi (*inverse modelling*).

3.8.1 Forward Modelling

Pemodelan kedepan (*forward modelling*) adalah pemodelan yang dilakukan untuk mendapatkan data teoritik dilapangan dari nilai parameter model bawah permukaan tertentu. Konsep tersebut digunakan untuk menginterpretasi atau

menafsirkan data geofisika. Jika respon suatu model sesuai (*fit*) dengan data maka model yang digunakan untuk memperoleh respon tersebut dapat dianggap mewakili kondisi bawah permukaan tempat data diukur. Berdasarkan dasar ini, maka dilakukan proses coba-coba (*trial and error*) nilai parameter model hingga diperoleh data teoritik yang cocok dengan data pengamatan. Ketepatan metode pemodelan ke depan dengan cara coba-coba sangat bergantung pada pengalaman subjektif seorang interpreter dalam menebak nilai awal parameter model serta dalam memperkirakan perubahan nilai parameter model tersebut untuk memperoleh respons yang semakin dekat dengan data (Manrulu & Wahyudi, 2014).

Pada pemodelan gravitasi dengan pendekatan model 2.5 D, bentuk penampang benda anomali dalam arah sumbu x dan z dianggap tetap atau sama sepanjang arah struktur (*strike* searah sumbu y) (**Gambar 3.13**). Perhitungan respons model maupun pengukuran data dilakukan sepanjang penampang yang dianggap tegak-lurus arah struktur tersebut. Estimasi kesalahan (*error*) seperti *root mean square deviations* dapat menjadi tambahan estimasi dari koefisien korelasi untuk memastikan kecocokan gradient horizontal antara anomali residual dan efek yang disebabkan oleh model. Pengontrol terpenting sesuai atau tidaknya anomali adalah kesamaan gradien horizontal (Hinze dkk., 2013).



Gambar 3.13 Elemen Geometri Yang Berkaitan Dengan Gaya Tarik Gravitasi Dari Poligon Dengan N-Sisi (Talwani dkk., 1959)

3.8.2 Inversi Modelling

Pemodelan inversi (*inverse modelling*) merupakan kebalikan dari pemodelan ke depan karena dalam pemodelan inversi parameter model diperoleh langsung dari data. Pemodelan inversi pada dasarnya adalah proses mekanisme modifikasi model agar diperoleh kecocokan data perhitungan dan data pengamatan yang lebih baik dilakukan secara otomatis. Kesesuaian antara respon model dengan data pengamatan umumnya dinyatakan oleh suatu fungsi objektif yang harus diminimumkan. Dalam kalkulus, suatu fungsi mencapai minimum jika turunannya terhadap parameter atau variabel yang tidak diketahui bernilai nol. Hal tersebut digunakan untuk memperkirakan parameter model (Grandis dan Dahrin, 2014).

Model inversi (*inversi Model*) diformulasikan sebagai suatu optimalisasi fungsi objektif dari sebuah model densitas yang diminimalisir untuk membuat data dapat dihitung kembali sehingga menghasilkan respon yang mendekati dengan data lapangan. Detail fungsi objektif bergantung pada kondisi, tetapi umumnya diperlukan model yang mendekati model acuan, ρ_0 , dan kehalusan (smooth) model secara tiga dimensi. Fungsi objektif untuk menyelesaikan masalah ini adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \Phi_m(\rho) = & a_s \int_V w_s \{w(z)[\rho(r) - \rho_0]\}^2 dv & 13 \\ & + a_x \int_V w_x \left\{ \frac{\partial w(z)[\rho(r) - \rho_0]}{\partial x} \right\}^2 dv \\ & + a_y \int_V w_y \left\{ \frac{\partial w(z)[\rho(r) - \rho_0]}{\partial y} \right\}^2 dv \\ & + a_z \int_V w_z \left\{ \frac{\partial w(z)[\rho(r) - \rho_0]}{\partial z} \right\}^2 dv + \end{aligned}$$

Fungsi w_s , w_x , w_y dan w_z merupakan variabel fungsi pembobotan, a_s , a_x , a_y dan a_z merupakan koefisien yang mempengaruhi perbandingan antar komponen yang berbeda dalam fungsi objektif, dan $w(z)$ merupakan fungsi pembobotan kedalaman (Li & Oldenburg, 1998).

3.9 Rapat Massa Batuan

Batuan merupakan benda alam penyusun utama bumi (Irnissa dkk., 2024). Berdasarkan proses terbentuknya, penyusunnya dan teksturnya, batuan terbagi menjadi tiga jenis yaitu batuan sedimen, batuan beku, dan batuan metamorf. Rapat massa atau kontras densitas umumnya mencerminkan perbandingan antara massa terhadap volume benda. Densitas dapat dikatakan sebagai parameter yang dapat menunjukkan informasi keadaan fisika (Safira dkk., 2024).

Parameter fisik yang diukur dalam pendekatan gravitasi adalah rapat massa atau kontras densitas, yang digunakan untuk menentukan besarnya percepatan gravitasi di permukaan. Faktor-faktor yang mempengaruhi nilai densitas suatu batuan meliputi rapat massa butir atau matriks pembentuknya, porositas, kandungan fluida yang terdapat pada pori – pori batuan, serta proses penyusunan, pemadatan (kompaksi) yang disebabkan oleh pelapukan batuan, tekanan, dan kedalaman batuan.

Batuan pada dasarnya tersusun oleh dua komponen, yaitu komponen rongga (berpori) dan komponen padatan, yang memiliki nilai massa jenis yang berbeda-beda di setiap jenis batuan. Nilai acuan dari densitas yang digunakan pada penelitian ini didasarkan pada nilai densitas menurut Telford dalam Setyanta dan Widijono (2009). Tabulasi nilai densitas batuan dirangkum pada **Tabel 3.1**.

Menurut Telford dkk. (1990), notasi m merupakan massa yang dimiliki oleh suatu benda, dan v merupakan volume dari suatu benda. Anomali gravitasi terjadi karena adanya perbedaan densitas pada batuan yang dapat disebabkan oleh perubahan material yang mengisi volume pori – pori batuan.

Tabel 3.1 Nilai referensi densitas batuan (Telford dkk., 1990)

Jenis batuan	Densitas (gr/cm ³)	Densitas (gr/cm ³)
Batuan Sedimen		
Alluvium	1,96-2,00	1,98
Chalk	1,20-2,40	1,92
Soil	1,53-2,60	2,00
Clay	1,63-2,67	2,21
Gravel	1,70-2,40	2,20
Sand	1,70-2,30	2,00

Sandstone	1,61-2,76	2,35
Shale	1,77-3,20	2,40
Limestone	2,93-2,90	2,55
Dolomite	2,28-2,90	2,70
Batuan Beku		
Rhyolite	2,35-2,70	2,52
Andesit	2,40-2,80	2,61
Granite	2,50-2,81	2,64
Diorite	2,72-2,99	2,85
Lavas	2,80-3,00	2,90
Basalt	2,70-3,30	2,99
Gabbro	2,70-3,50	3,03
Batuan Metamorf		
Graywacke	2,60-2,70	2,65
Slate	2,70-2,90	2,79
Gneiss	2,59-3,00	2,80
Amphibolite	2,90-3,04	2,96
Eclogite	3,20-3,54	2,37
<i>Metamorphic</i>	2,40-3,10	2,74

3.10 Pendekatan Petrografi

Petrografi adalah cabang geologi yang mempelajari batuan secara mikroskopis untuk mengidentifikasi komposisi mineral, tekstur, dan struktur internalnya. Nesse (2012) menjelaskan bahwa petrografi bertujuan untuk memahami karakteristik mineral dan proses geologis yang membentuk batuan melalui pengamatan sayatan tipis di bawah mikroskop polarisasi. Suatu gunungapi terdiri dari batuan intrusif dan ekstrusif yang memiliki hubungan magmatisme (*co-magmatism product*) yang secara petrografi kedua batuan tersebut akan mempunyai hubungan tekstural. Batuan disayat hingga ketipisan 0.01-0.5 mm sehingga menjadi sayatan tipis (*thin section*). Sayatan kemudian dijepit dengan menggunakan kaca

bening dan diamati dengan menggunakan mikroskop binokuler (Kasnowihardjo dkk., 2012).

Tekstur batuan mencakup ukuran, bentuk, dan hubungan antar mineral, sedangkan struktur mengacu pada susunan geometris seperti foliasi atau laminasi. Winter (2010) menjelaskan bahwa tekstur faneritik pada batuan beku menunjukkan kristalisasi lambat di bawah permukaan, sedangkan tekstur afanitik menunjukkan pendinginan yang cepat di permukaan. Blatt, Tracy dan Owens (2006) menyusun klasifikasi batuan berdasarkan komposisi mineral dan tekstur mikroskopis. Batuan beku diklasifikasikan berdasarkan mineral utama dan tekstur kristal, sedangkan batuan sedimen dan metamorf dikenali melalui ciri-ciri seperti matriks, semen, dan mineral indeks.

BAB 4

GEOLOGI BUKIT GENDOL

4.1 Pengamatan Lapangan

Pengamatan lapangan dilakukan di sekitar Bukit Gendol, daerah Mutilan-Salam, Kabupaten Magelang, Provinsi Jawa Tengah. Berdasarkan 6 titik lokasi pengamatan (LP), litologi yang ditemukan pada daerah penelitian hanya breksi piroklastik. Persebaran litologi dapat diamati pada Peta Lintasan Pengamatan (**Lampiran 1**), dan tabulasi koordinat letak LP dapat diamati pada **Lampiran 2**. Berdasarkan hasil pengamatan di lapangan, Bukit Gendol merupakan sebuah bukit dengan litologi breksi piroklastik (**Gambar 4.1**). Secara megaskopis, litologi breksi vulkanik pada Bukit Gendol dapat dideskripsikan:

1. Breksi piroklastik: berwarna abu-abu kemerahan (lapuk) dan abu-abu terang (segar), ukuran lapili (2-64 mm) hingga bom (>64 mm), terpilah buruk, menyudut, kemas terbuka, komposisi: fragmen: andesit, dasit, litik, tuff, matriks: tuf, semen: silika.
2. Matriks tuf: berwarna abu-abu kekuningan (lapuk) dan abu-abu (segar), ukuran debu (<2 mm), terpilah baik, derajat pembundaran membulat, kemas terbuka, komposisi: kuarsa, tuf, semen: silika.
3. Fragmen andesit: berwarna abu-abu gelap (lapuk) dan abu-abu (segar), ukuran kristal 0,1-1 mm, bentuk kristal euhedral-subhedral, granularitas fanerik sedang, derajat kristalinitas hipokristalin, relasi inequigranular, komposisi: plagioklas, piroksen, hornblende, k.feldspar, dan masa dasar.
4. Fragmen dasit: berwarna abu-abu gelap (lapuk) dan abu-abu terang (segar), ukuran kristal 0,1-1 mm, bentuk kristal euhedral-subhedral, granularitas fanerik sedang, derajat kristalinitas hipokristalin, relasi inequigranular, komposisi: plagioklas, hornblende, piroksen, k.feldspar, dan masa dasar.
5. Fragmen tuff: berwarna abu-abu kekuningan (lapuk) dan abu-abu (segar), ukuran debu (<2 mm), terpilah baik, derajat pembundaran membulat, kemas terbuka, komposisi: tuf, kuarsa, semen: silika.



Gambar 4.1 Penampakan Singkapan Breksi Piroklastik Bukit Gendol Pada: (A, B) Lereng Utara, Arah Kamera N 121°E; (C, D) Lereng Timur, Arah Kamera N 255°E; (C, D) Lereng Selatan, Arah Kamera N 038°E

Pada lereng utara Bukit Gendol, ditemukan struktur geologi berupa sesar yang ditandai oleh *offset* pergeseran lapisan. Berdasarkan pengamatan lapangan, pergerakan menunjukkan *hanging wall* yang bergerak turun (**Gambar 4.2**).



Gambar 4.2 Penampakan Singkapan Breksi Piroklastik Serta Kehadiran Sesar Normal, Arah Kamera N 079°E

4.2 Analisa Petrografi

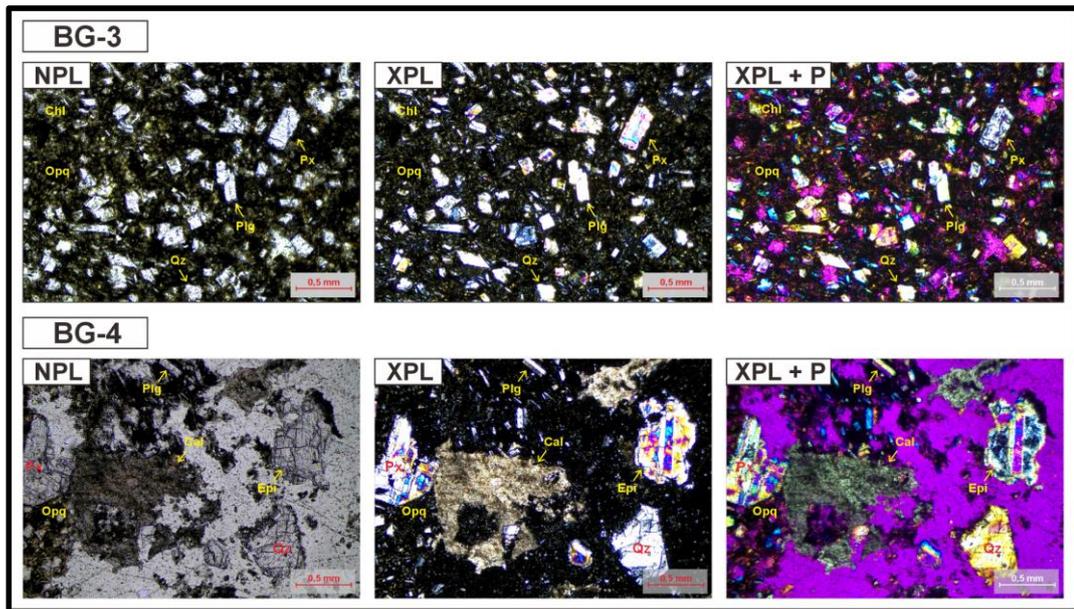
Analisa petrografi dilakukan pada 8 conto batuan yang diambil pada seluruh lokasi penelitian. Pemerian analisa petrografi seluruh conto batuan dapat dilihat pada **Lampiran 3**. Berdasarkan hasil pengamatan petrografi, seluruh litologi breksi piroklastik pada Bukit Gendol memiliki fragmen berupa batuan beku andesit dengan matriks berupa *volcanic wacke* (**Gambar 4.2**).

Fragmen breksi pada Bukit Gendol memiliki bentuk kristal subhedral-euhedral, dengan tingkat kristalisasi hipokristalin, ukuran kristal halus (<1 mm) dan granularitas *equigranular* dengan tekstur khusus porfiritik. Komposisi batuan tersusun oleh mineral utama berupa piroksen 40%, plagioklas 35%, kuarsa 5%, dan mineral sekunder berupa klorit, mineral opak, dan massa dasar 7%. Kehadiran tekstur porfiritik (kehadiran kristal berukuran besar diantara kristal berukuran kecil) mengindikasikan bahwa magma mengalami dua masa pendinginan (Winter, 2013).

Matriks breksi yang diamati pada pengamatan sayatan tipis memiliki tekstur umum dengan bentuk kristal subhedral-euhedral. Tingkat kristalinitas hipokristalin, ukuran kristal halus (<1 mm), dan granularitas *equigranular*. Komposisi batuan tersusun oleh mineral utama berupa piroksen, plagioklas, kuarsa, dan mineral sekunder berupa epidot, mineral opak dengan massa dasar berupa material amorf atau gelas.

Kehadiran material amorf atau gelas mengindikasikan bahwa pada saat proses pembentukan batuan, batuan mengalami penurunan temperatur secara cepat sehingga material tidak dapat tersolidifikasi secara sempurna dan membentuk

material menyerupai gelas (*vitreous*) atau semi-gelas (*semivitreous*) (Fettes dan Desmons, 2007).



Gambar 4.3 Foto Sayatan Tipis Contoh Fragmen Andesit Dengan Nomor Sampel BG-3 dan Matriks Breksi Dengan Nomor Sampel BG-3. Komposisi Mineral Berupa Piroksen (Px), Plagioklas (Plg), Kuarsa (Qz), Klorit (Chl), Opak (Opq), Kalsit (Cal), dan Epidot (Epi)

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 Hasil Metode Gravitasi

Data gravity pada penelitian ini merupakan data gravitasi yang di unduh melalui website *GGMplus* dengan jumlah data yang digunakan pada penelitian ini sebanyak 36.908 titik datum. Interpretasi dalam penelitian ini dilakukan secara kualitatif, yaitu dengan melihat gambaran penyebaran anomali *Bouguer* pada daerah penelitian secara umum dengan memperhatikan pola kontur yang tersedia yang kemudian dikorelasikan dengan keadaan geologi daerah penelitian.

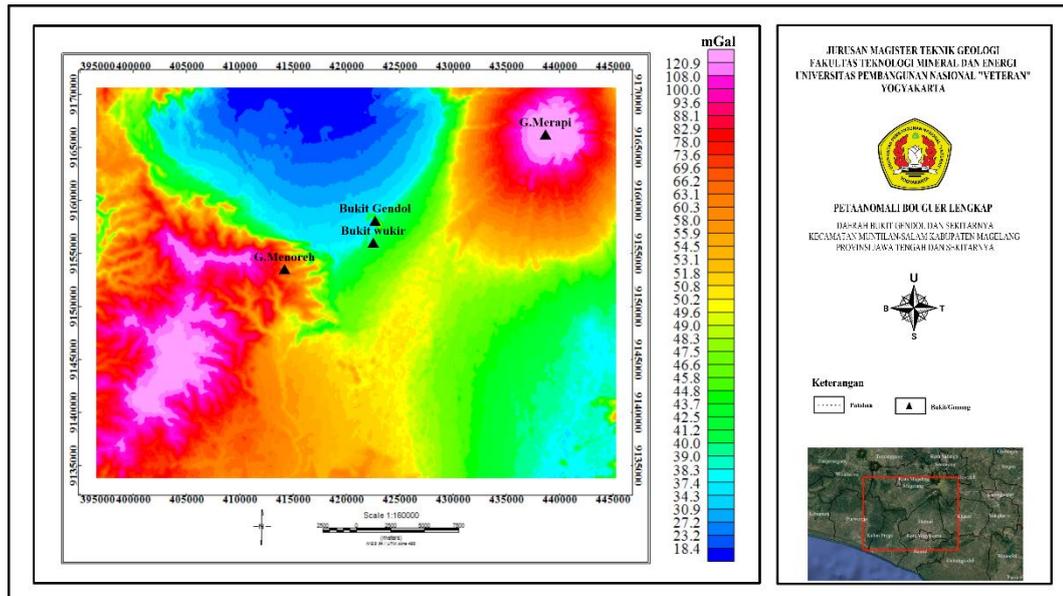
5.1.1 Peta ABL

Pembuatan peta Anomali Bouguer Lengkap (ABL) menggunakan nilai anomali *Bouguer* Lengkap yang diperoleh dari pengolahan data gravitasi yang telah dilakukan beberapa koreksi. Pembuatan peta ABL dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak *Oasis Montaj* dengan menggunakan *gridding minimum curvature* yang memiliki skala 1:160.000.

Berdasarkan hasil pembuatan peta ABL (**Gambar 5.1**), daerah telitian menunjukkan nilai ABL dengan *closure* warna yang beragam. Warna yang beragam mengindikasikan bahwa daerah penelitian memiliki nilai percepatan gravitasi yang berbeda-beda, yaitu berkisar antara 18.4 mGal hingga 120.9 mGal. Peneliti mengklasifikasikan *closure* warna pada peta ABL, yaitu:

- Nilai Anomali Rendah: Berwarna biru tua hingga hijau muda dengan jangkauan nilai 18.4 mGal hingga 47.5 mGal,
- Nilai Anomali Sedang: Berwarna hijau hingga jingga dengan jangkauan nilai 48.3 mGal hingga 60.3 mGal, dan
- Nilai Anomali Tinggi: Berwarna merah hingga ungu dengan jangkauan nilai 63.1 mGal hingga 120.9 mGal.

Peta Anomali *Bouguer* Lengkap merupakan peta yang termasuk kedalam gabungan dari anomali lokal dan regional, sehingga perlu dilakukan pengolahan lanjutan untuk dilakukan pemisahan anomali regional dan residual.



Gambar 5.1 Peta ABL Bukit Gendol dan Sekitarnya

5.1.2 Peta Residual

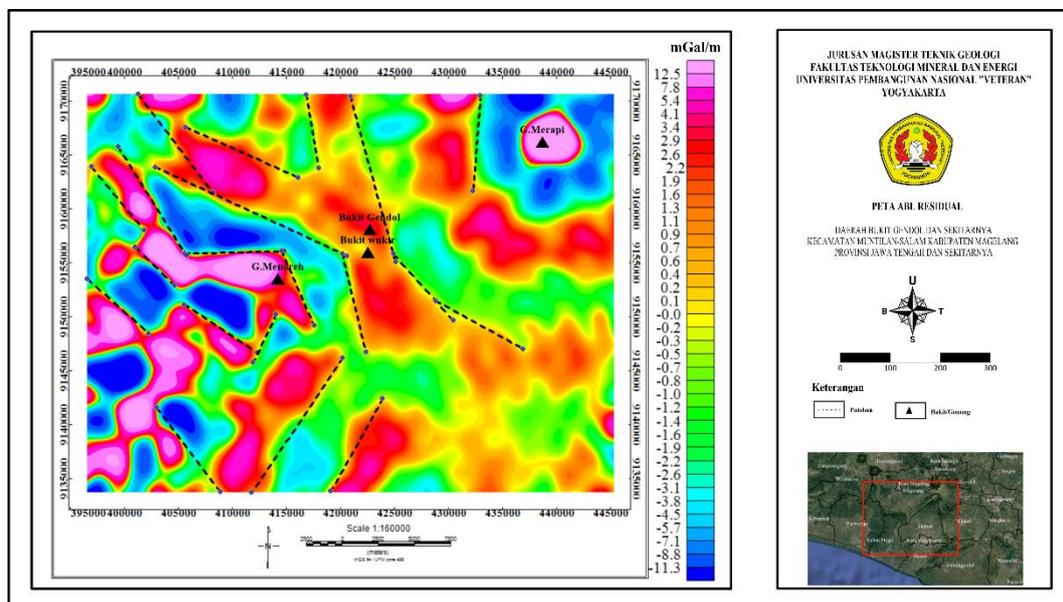
Peta Residual diperoleh setelah peta ABL diolah kembali menggunakan *bandpass filtering* dengan rentang 3100-11000 menggunakan perangkat lunak *Oasis Montaj* dengan memiliki skala 1:160.000. **Gambar 5.2** menunjukkan *closure* warna yang beragam, hasil serupa dengan peta ABL yang menunjukkan perbedaan nilai percepatan gravitasi yang cukup signifikan. Pada Peta Residual, peneliti juga mengklasifikasikan nilai anomali berdasarkan *closure* warna, yaitu:

- Nilai Anomali Rendah: Berwarna biru tua hingga hijau muda dengan jangkauan nilai -11.3 mGal hingga -0.8 mGal,
- Nilai Anomali Sedang: Berwarna hijau muda hingga jingga dengan jangkauan nilai -0.7 mGal hingga 1.6 mGal, dan
- Nilai Anomali Tinggi: Berwarna merah hingga ungu dengan jangkauan nilai 1.9 mGal hingga 12.5 mGal.

Secara fisis, anomali yang tinggi pada nilai anomali *Bouguer* disebabkan oleh kehadiran suatu benda atau litologi yang memiliki densitas yang tinggi, sedangkan nilai anomali yang rendah disebabkan oleh kehadiran suatu benda ataupun litologi yang memiliki densitas rendah. Perbedaan anomali densitas gravitasi yang tinggi dan rendah dapat disebabkan oleh kontak litologi yang berbeda

ataupun struktur patahan yang menyebabkan terjadinya kenaikan atau penurunan lapisan sehingga terjadinya perbedaan nilai gravitasi.

Interpretasi patahan dari respon nilai gravitasi ditunjukkan pada kontras nilai anomali gravitasi, sedangkan untuk interpretasi intrusi dari respon nilai gravitasi ditunjukkan dengan nilai anomali yang tinggi dan membentuk kontur menutup. Interpretasi kehadiran struktur geologi pada daerah telitian diamati pada Peta Residual (**Gambar 5.2**) daerah penelitian. Secara dominan, pola struktur yang terdapat pada daerah telitian berarah relatif baratdaya-timurlaut dan terdapat setidaknya tiga (3) patahan yang berorientasi arah relatif barat laut-tenggara.



Gambar 5.2 Peta Residual Bukit Gendol dan Sekitarnya

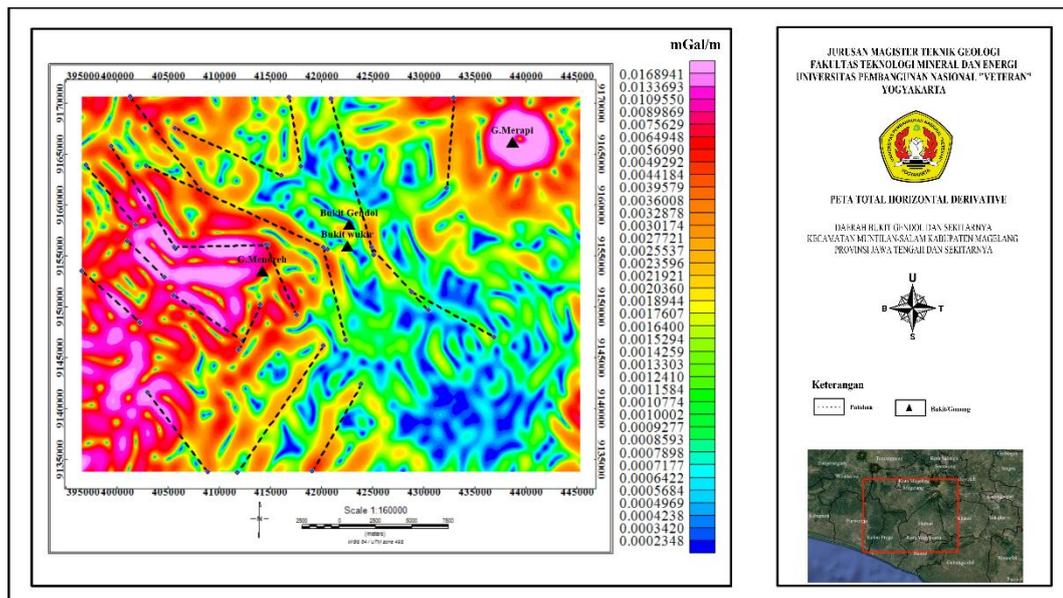
Berdasarkan respon data pada Peta Residual (**Gambar 5.2**), dapat diinterpretasikan bahwa daerah yang memiliki *closure* tinggi dan menutup diindikasikan sebagai intrusi. Nilai *closure* yang tinggi dan menutup dapat dijumpai pada Pegunungan Menoreh (barat daya) dan pada Gunung api Merapi (timur laut). Selain kehadiran intrusi, berdasarkan Peta Residual, pada daerah penelitian diinterpretasikan terdapat struktur geologi berupa patahan. Interpretasi patahan didasari oleh respon nilai gravitasi yang ditunjukkan pada kontras nilai anomali gravitasi. Berdasarkan respon gravitasi, diinterpretasikan setidaknya terdapat kehadiran 20 patahan yang berorientasi arah barat laut-tenggara dan berarah timur laut-barat daya.

Berdasarkan peta Residual, diperlukan analisa *derivative* oleh peneliti untuk mengamati batas anomali patahan dan intrusi yang menjadi fokus penelitian ini secara jelas.

5.1.3 Peta THD

Berdasarkan hasil pengolahan data lanjutan, Peta THD juga menunjukkan *closure* warna yang beragam (**Gambar 5.3**). Peneliti mengklasifikasikan jangkauan nilai *closure* warna pada Peta TDR menjadi tiga nilai anomali, yaitu:

- Nilai Anomali Rendah: Berwarna biru tua hingga hijau muda dengan jangkauan nilai 0,00023 mGal/m hingga 0,0014 mGal/m,
- Nilai Anomali Sedang: Berwarna hijau muda hingga jingga dengan jangkauan nilai 0,0015 mGal/m hingga 0,0039 mGal/m, dan
- Nilai Anomali Tinggi: Berwarna merah hingga ungu dengan jangkauan nilai 0,0044 mGal/m hingga 0,016 mGal/m.



Gambar 5.3 Peta THD Bukit Gendol dan Sekitarnya

Berdasarkan respon nilai pada Peta THD, hasil pengolahan data mendukung interpretasi yang sebelumnya telah dilakukan pada Peta Residual. Untuk daerah yang diindikasikan oleh kehadiran intrusi ditandai dengan nilai Anomali yang tinggi dan membentuk *closure* yang menutup. Interpretasi patahan pada peta Residual juga dapat teramati melalui batas dari anomali patahan yang ditandai garis

hitam putus-putus yang ditunjukkan dengan nilai THD yang tinggi. Terdapat beberapa patahan yang memiliki nilai THD yang fluktuatif (nilai THD tinggi hingga sedang) yang menunjukkan bahwa batas anomali yang terletak cukup dalam.

Berdasarkan peta Residual dan peta THD, belum teramati batas Anomali dari keterdapatannya intrusi secara akurat, sehingga diperlukan langkah selanjutnya, yaitu filter TDR guna untuk melihat batas Anomali dari interpretasi yang telah dilakukan.

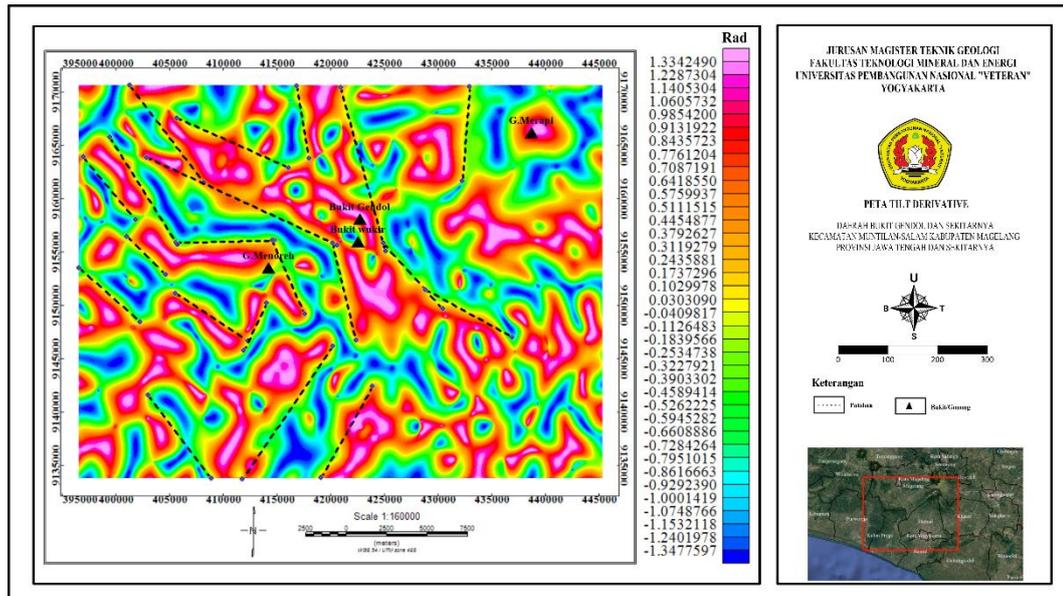
5.1.4 Peta TDR

TDR merupakan salah satu jenis *derivatif* yang diterapkan dengan tujuan untuk memperkuat interpretasi pada THD dalam interpretasi batas dari tubuh anomali dibawah permukaan. Tahap ini penting untuk dilakukan karena hasil dari analisis TDR dalam menginterpretasikan batas tubuh anomali akan lebih baik dibandingkan dengan analisis THD.

Analisa THD cenderung menunjukkan hasil yang lebih baik pada anomali yang dekat dengan permukaan dan akan menunjukkan hasil yang kurang baik atau jelas pada anomali yang letaknya semakin jauh dari permukaan. Sedangkan untuk Analisa TDR, kedalaman sumber anomali tidak akan mempengaruhi hasil analisis terhadap tubuh anomali. Batas tubuh anomali pada analisis TDR diindikasikan mendekati nilai fasa 0 radian (Arisoy & Dikmen, 2013).

Berdasarkan Peta TDR menunjukkan *closure* warna yang beragam (**Gambar 5.4**). Peneliti mengklasifikasikan nilai anomali berdasarkan warna *closure* pada Peta TDR, yaitu:

- Nilai Anomali Rendah: Berwarna biru tua hingga hijau muda dengan jangkauan nilai $-1,3477$ rad hingga $-0,1839$ rad,
- Nilai Anomali Sedang: Berwarna hijau muda hingga jingga dengan jangkauan nilai $-0,1126$ rad hingga $0,5111$ rad, dan
- Nilai Anomali Tinggi: Berwarna merah hingga ungu dengan jangkauan nilai $0,6418$ rad hingga $1,3342$ rad.



Gambar 5.4 Peta TDR (*Tilt Derivative*) Bukit Gendol dan Sekitarnya

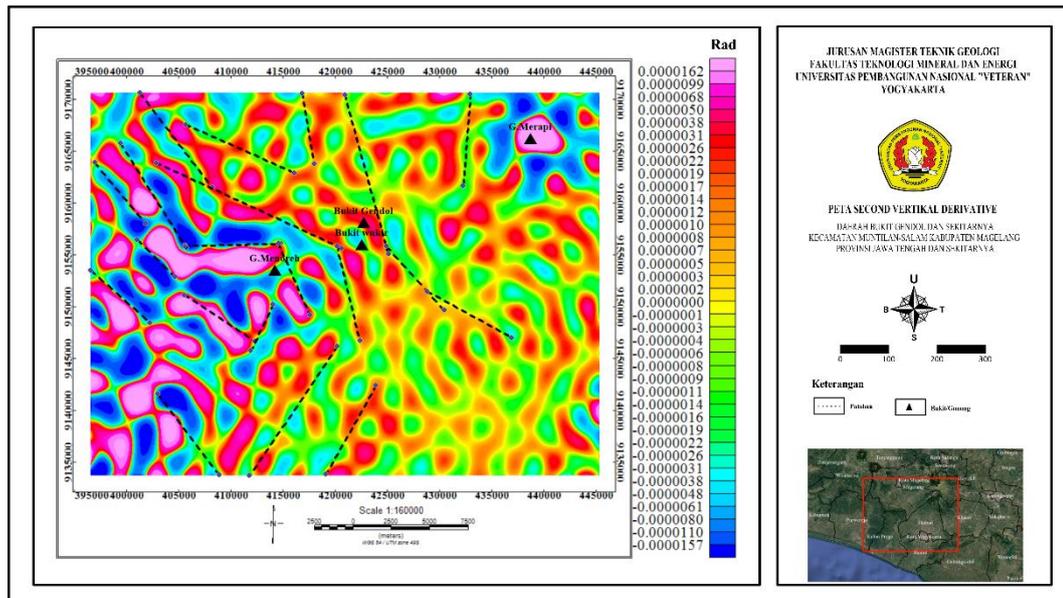
Interpretasi menunjukkan adanya indikasi kehadiran intrusi yang ditandai dengan nilai fasa 0 membentuk *closure* menutup dengan nilai fasa 0 menunjukkan batas tepian anomali. Respon TDR menunjukkan adanya indikasi dari batas tepian anomali intrusi pada bagian yang memperkuat interpretasi pada peta Residual dan Peta THD.

Pada peta TDR terdapat pola kemenerusan pada fasa 0 yang diinterpretasikan sebagai batas anomali dari patahan, sehingga memperkuat interpretasi pada peta Residual dan Peta THD. Pada peta TDR, diinterpretasi setidaknya terdapat 17 patahan yang memiliki arah orientasi relatif berarah barat daya - timur laut dan 3 patahan yang memiliki arah orientasi relatif berarah barat laut - tenggara.

5.1.5 Peta SVD

Pada peta anomali *second vertical derivative* (SVD), teramati kehadiran *closure* warna dengan rentang nilai -0.000015 mGal/m hingga 0.000016 mGal/m (**Gambar 5.5**). Hasil pemetaan SVD pada wilayah Bukit Gendol memperlihatkan sejumlah anomali lokal dengan gradasi tinggi, yang mengindikasikan adanya kontras densitas tajam antara satuan batuan di sekitarnya. Pola-pola anomali tersebut memperjelas keberadaan struktur geologi seperti sesar yang sebelumnya

telah diinterpretasikan dari anomali residual. Keberadaan sesar diperkuat dengan munculnya jalur linier pada peta SVD yang cenderung berarah barat–timur dan baratlaut–tenggara, mengapit bagian tenggara Bukit Gendol. Jalur ini ditafsirkan sebagai batas antara blok batuan yang terangkat (horst) dan blok yang turun (graben), yang sejalan dengan hasil interpretasi struktur dari model gravitasi lainnya.

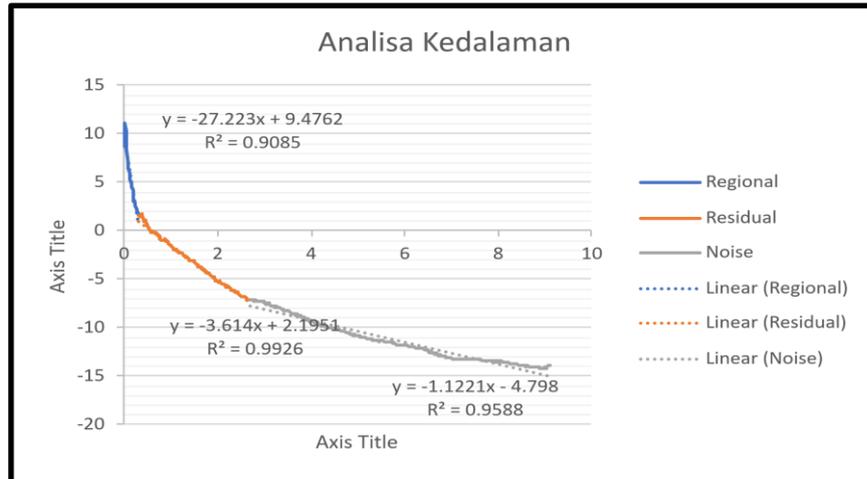


Gambar 5.5 Peta SVD Bukit Gendol dan sekitarnya

5.1.6 Pemodelan 2,5 D

Penentuan kedalaman untuk pemodelan 2.5 D peneliti menggunakan *Radially Average Power Spectrum (RAPS)*, sehingga diperoleh kedalaman anomali regional senilai 2166.34 m, anomali lokal dengan nilai 287.59 m, dan *noise* dengan nilai 97.16 m (**Gambar 5.6** dan **Tabel 4.1**).

Pemodelan 2,5 A-A' dibuat untuk mengetahui model bawah permukaan dari sayatan A-A'. Visualisasi model bawah permukaan didasarkan dari respon nilai anomali Bouguer dan nilai THD serta TDR. Patahan diinterpretasikan pada kontras nilai anomali gravitasi dan batas batahan ditunjukkan dengan batas anomali yang sedang dan nilai TDR pada fasa 0 yang menunjukkan batas anomali dari patahan.



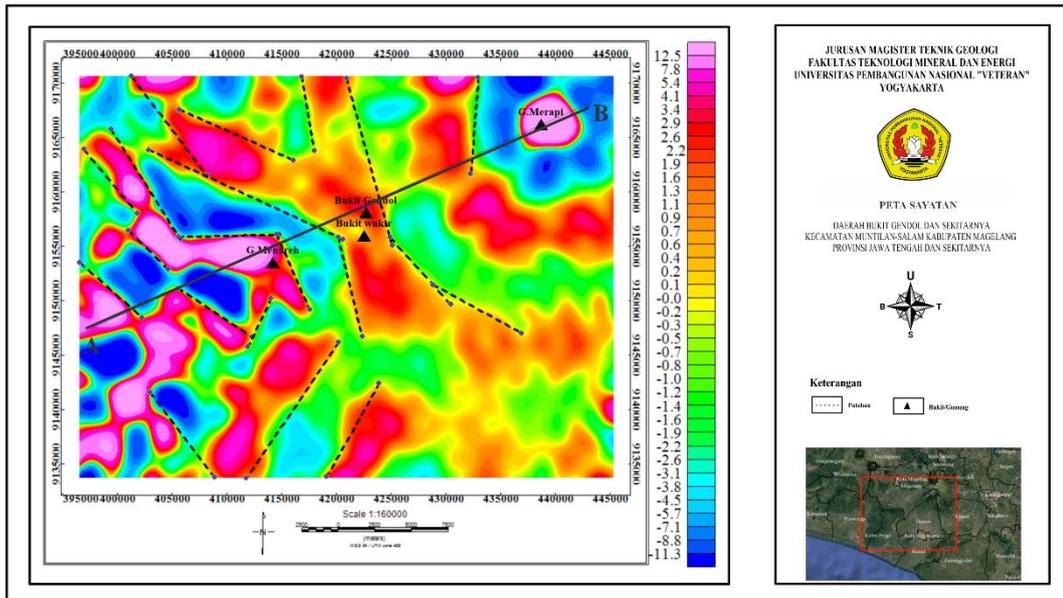
Gambar 5.6 Grafik Penentuan Estimasi Kedalaman Dengan Analisa Spektrum

Tabel 4.1 Estimasi Kedalaman Dalam Pemodelan

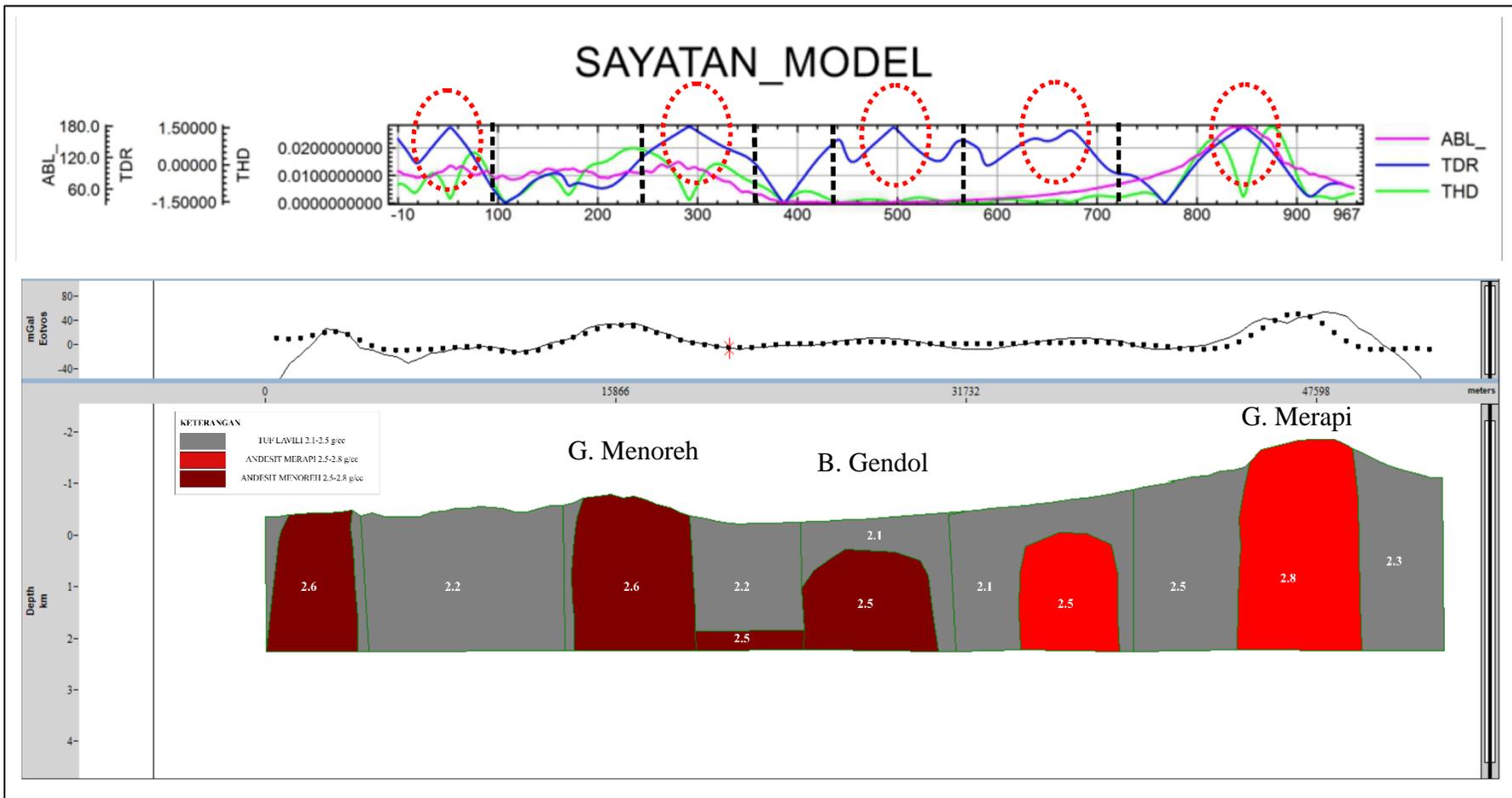
Regional	Residual	Noise	Satuan
2.17	0.29	0.10	Km
2166.34	287.59	97.16	m

Pemodelan 2.5 D dilakukan untuk mengetahui bentuk bawah permukaan daerah telitian. Visualisasi bawah permukaan didasarkan pada respon nilai anomali Bouguer dan THD serta TDR. Patahan di interpretasikan pada kontras nilai anomali gravitasi dan batas patahan ditunjukkan dengan batas anomali yang sedang dan nilai TDR pada fasa 0 yang menunjukkan batas anomali dari patahan. Sedangkan intrusi ditunjukkan dengan nilai anomali dengan nilai THD yang tinggi menunjukkan batas anomali dan nilai TDR pada fasa 0 menunjukkan batas tepian anomaly yang dapat dilihat pada sayatan model Gambar 5.7.

Berdasarkan hasil pemodelan 2,5D pada Bukit Gendol, teramati bahwa terdapat kehadiran struktur geologi berupa patahan turun (*normal fault*) yang ditunjukkan adanya kontras nilai anomali gravitasi (**Gambar 5.9**). Pada daerah penelitian diinterpretasikan terdapat kehadiran tubuh intrusi yang menerobos hingga mencapai permukaan pada Pegunungan Menoreh dan Gunung api Merapi. Kehadiran tubuh intrusi di sebelah tenggara daerah penelitian (Bukit Gendol) yang dipisahkan oleh patahan turun diinterpretasikan sebagai kehadiran bentukan *horst* dan *graben*.

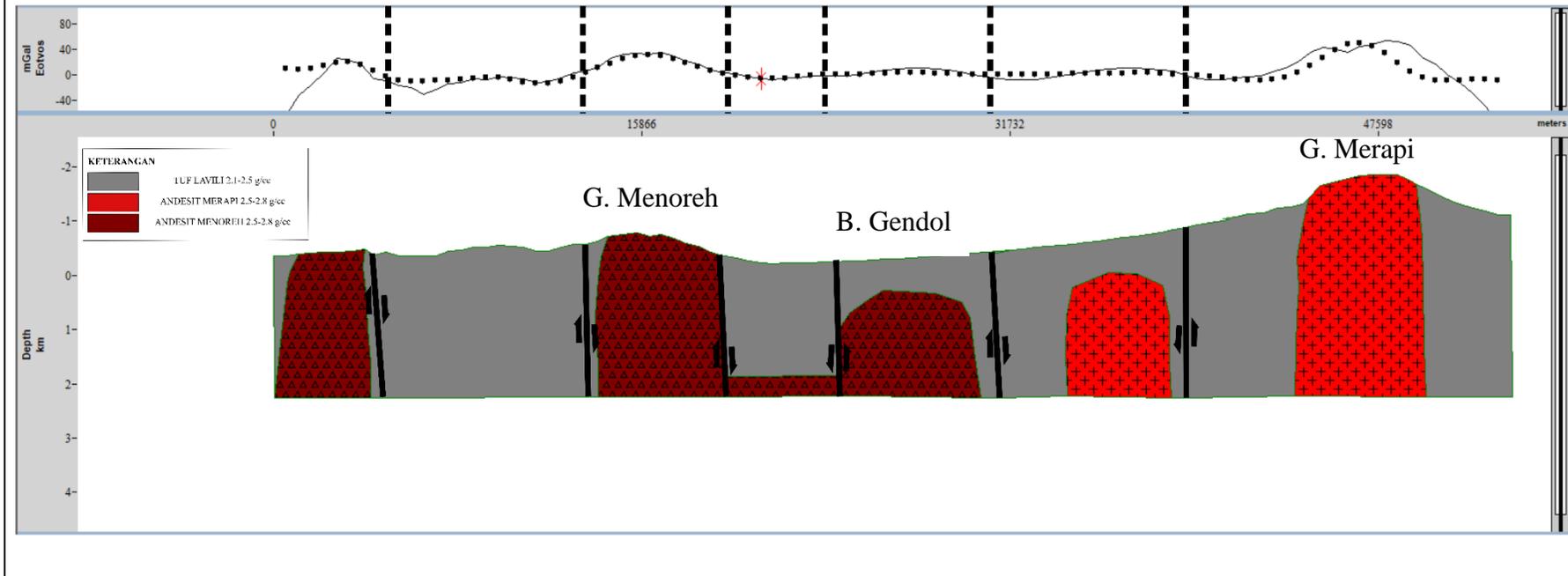


Gambar 5.7 Penarikan sayatan pada peta residual untuk pemodelan 2.5 D



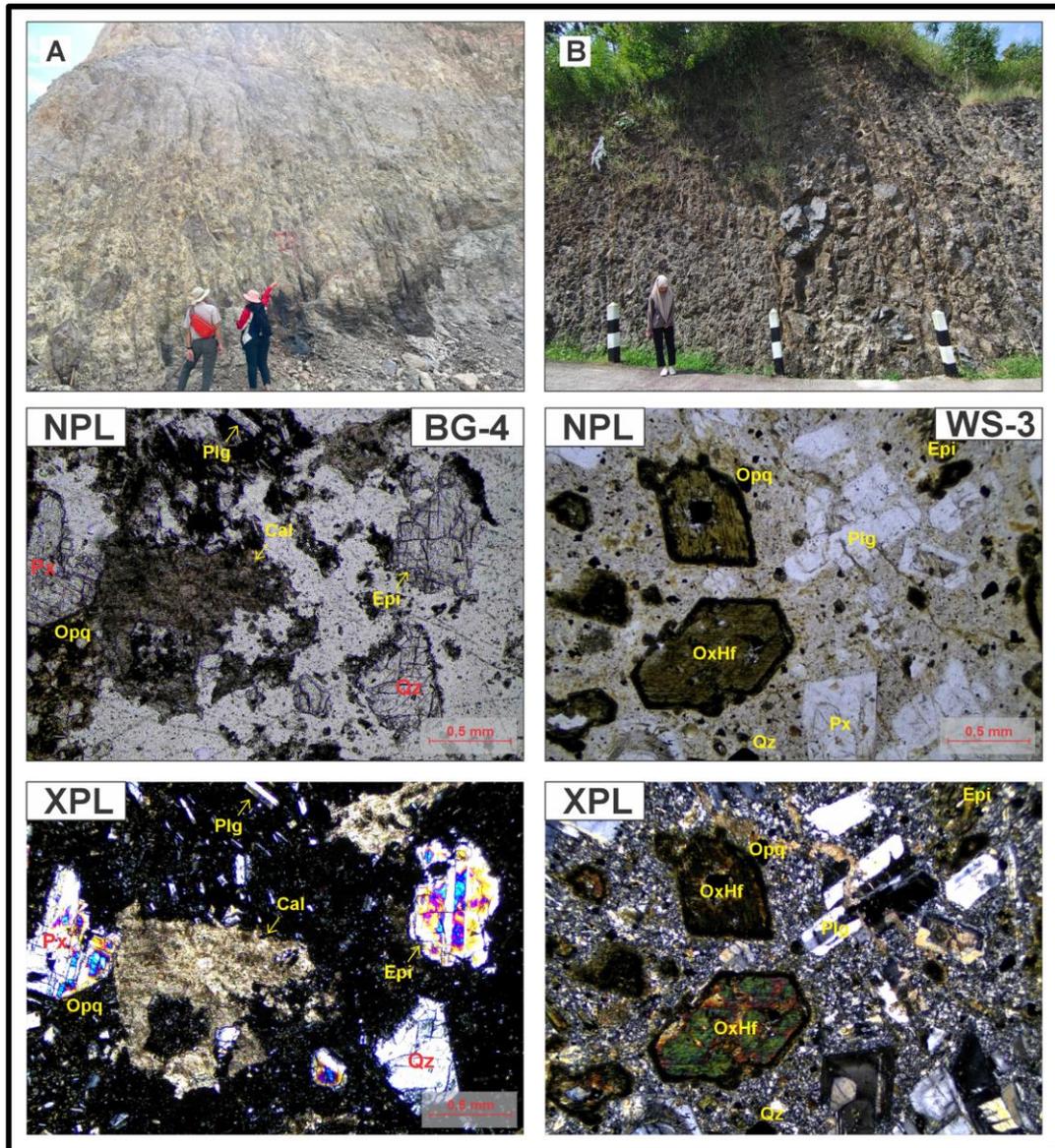
Gambar 5.8 Model densitas bawah permukaan Pegunungan Menoreh, Bukit Gendol dan Gunung api Merapi

PEMODELAN 2,5 D BUKIT GENDOL



Gambar 5.9 Model 2.5 bawah permukaan Pegunungan Menoreh, Bukit Gendol dan Gunung api Merapi

Hasil interpretasi juga didukung oleh kenampakan fisik maupun hasil analisa petrografi pada litologi breksi piroklastik pada daerah telitian yang serupa dengan breksi piroklastik pada Pegunungan Menoreh. Kesamaan litologi dapat diamati melalui penampakan fragmen berupa bom (>64 mm) dengan kenampakan berupa *welded tuff*, serta hasil analisa petrografi dengan komposisi maupun struktur yang serupa (**Gambar 5.10**).



Gambar 5.10 Kesamaan Penampakan Lapangan Litologi Breksi Piroklastik dan Sayatan Tipis Conto Batuan Pada (A) Bukit Gendol dan (B) Perbukitan Menoreh

5.2 Pematahan Kontroversi Genesa Bukit Gendol

Seperti yang telah dijabarkan sebelumnya, kontroversi mengenai asal-usul Bukit Gendol telah berlangsung selama beberapa dekade. Pembahasan mengenai pematahan berbagai kontroversi oleh peneliti terdahulu berdasarkan data serta hasil interpretasi akan dibahas pada sub bab selanjutnya.

5.2.1 Pendapat Mengenai *debris avalanche* dari Gunung Merapi

Pendapat mengenai genesa Bukit Gendol yang pertama berasumsi bahwa bukit ini terbentuk akibat produk *debris avalanche* yang berasal dari Gunung api Merapi (van Bemmelen, 1949; Rahardjo dkk., 1977; Camus dkk., 2000).

Pernyataan ini dapat dengan mudah dipatahkan dengan mengamati letak Bukit Gendol terhadap pusat erupsi atau kawah Gunung api Merapi. Berdasarkan foto citra udara yang diperoleh melalui *Google Earth*, teramati bahwa Bukit Gendol terletak ± 18 km dari kawah gunung api Merapi muda dan ± 20 km dari kawah gunung api Merapi Tua (**Gambar 5.11**).



Gambar 5.11 Jarak antara Bukit Gendol Dengan Gunung Merapi

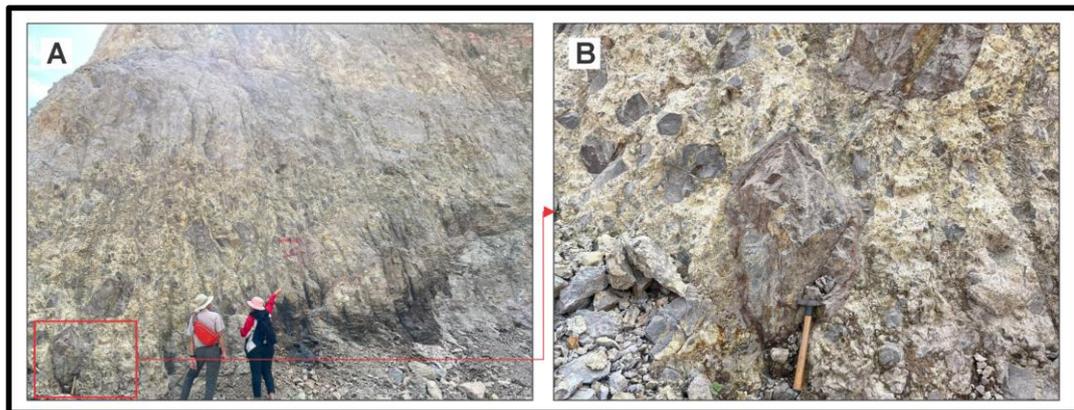
(Sumber: *Google Earth*, Diakses Pada Juni 2025)

Mengacu terhadap pembagian fasies menurut Vessel dan Davis (1981) serta menurut Bogie dan Mackenzie (1998), fasies dengan jarak tersebut akan

dikategorikan ke dalam zona fasies Medial hingga Distal dengan litologi yang terendapkan berupa litologi yang memiliki ukuran butir halus, seperti batupasir berlapis, tuff, maupun batulanau lakustrin.

Pernyataan ini tidak sesuai dengan kenampakan litologi breksi piroklastik yang dijumpai pada lokasi pengamatan. Berdasarkan pengamatan lapangan, litologi yang dijumpai pada seluruh lereng Bukit Gendol merupakan breksi piroklastik dengan ukuran fragmen bom (>64 mm) (**Gambar 5.12**).

Berdasarkan hasil analisis petrografi, fragmen yang tertanam pada breksi Bukit Gendol merupakan batuan beku andesit. Fragmen ini dapat dipastikan bukanlah berasal dari Gunung api Merapi yang merupakan gunung api basaltik andesitik dengan dominasi batuan berupa batuan beku basaltik andesitik atau basaltik trakiandesit (Gertisser dkk., 2023).



Gambar 5.12 Kenampakan Fragmen Berukuran Bom Pada Bukit Gendol, Arah Kamera N 121°E

5.2.2 Pendapat Mengenai Vulkanisme Purba *In situ*

Pendapat mengenai genesis Bukit Gendol juga dicetuskan oleh cukup banyak peneliti terdahulu (Newhall dkk., 2000; Tiede dkk., 2005; Commer dkk., 2006; Setijadji dkk., 2006; Bronto, 2010; dan Kurniawan, 2016) yang berpendapat bahwa Perbukitan Gendol terbentuk oleh vulkanisme purba *insitu*.

Pernyataan ini dapat dipatahkan kembali melalui hasil pengamatan di lapangan maupun melalui hasil analisa petrografi batuan. Berdasarkan pengamatan lapangan, pada seluruh singkapan di sekitar Bukit Gendol tidak ditemukan manifestasi aktivitas vulkanisme, seperti kehadiran batuan metamorf ataupun

batuan yang mengalami alterasi akibat adanya gangguan ataupun penambahan temperatur akibat proses vulkanisme lokal atau *insitu*.

Ketidakhadiran batuan metamorf ataupun batuan yang teralterasi juga ditunjukkan oleh hasil analisa sayatan tipis pada fragmen maupun matriks breksi Bukit Gendol yang tidak menunjukkan terbentuknya batuan metamorf pada daerah telitian (**Gambar 5.10**).

5.2.2 Pendapat Mengenai *Normal Fault* Dari Pegunungan Menoreh

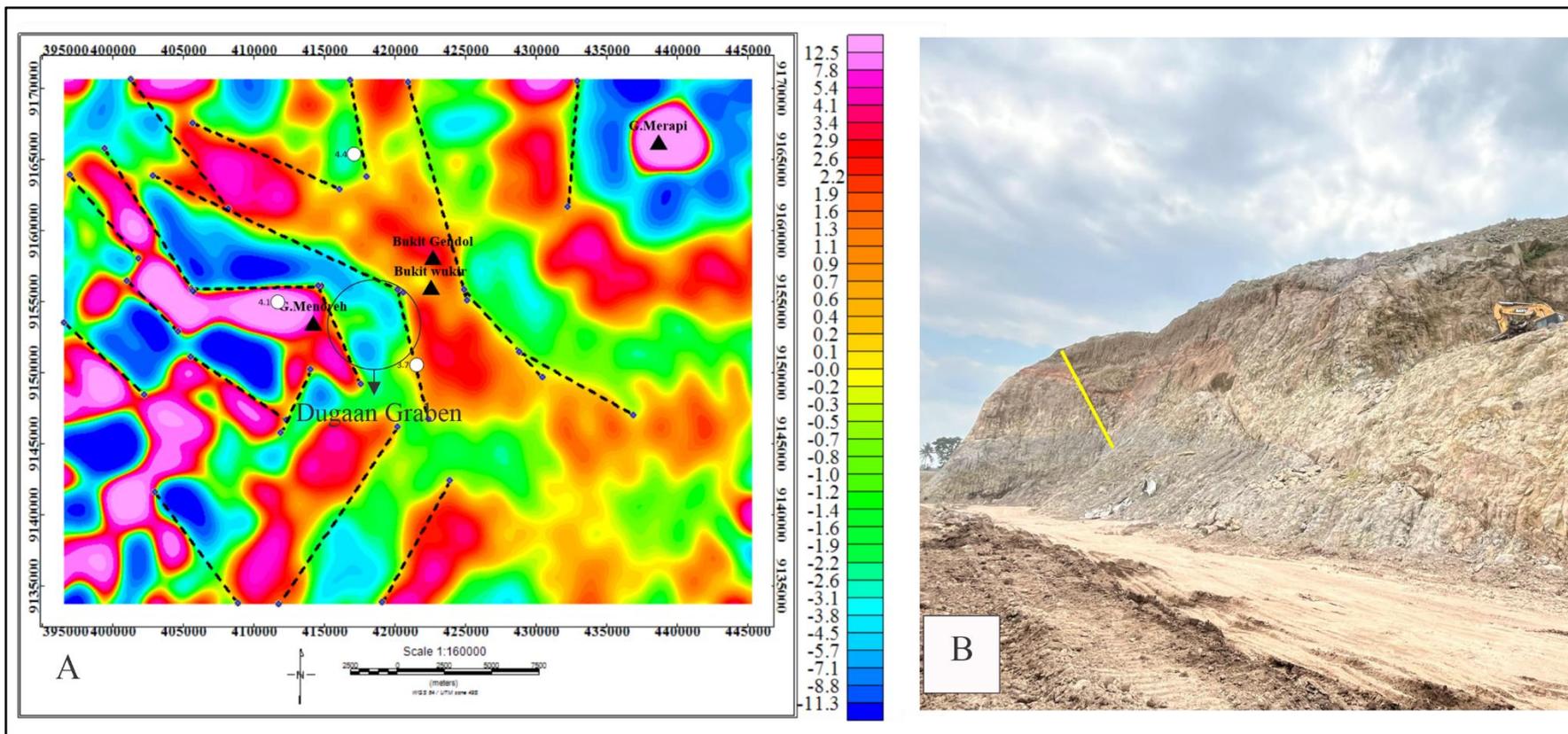
Pendapat mengenai genesa Bukit Gendol selanjutnya mengatakan bahwa perbukitan Gendol terbentuk akibat *normal faulting* Perbukitan Menoreh (Murwanto dan Subandrio, 1997; Prastistho dan Soesilo, 1997, 1998). Pernyataan ini serupa dengan asumsi serta hasil pemodelan yang telah peneliti lakukan.

Berdasarkan pembagian fasies gunung api menurut Vessel dan Davis serta Bogie dan Mackenzie (1998), mengamati bahwa jarak antara Pegunungan Menoreh dengan Bukit Gendol hanya berkisar ± 5 km, peneliti menginterpretasikan bahwa Bukit Gendol merupakan bagian dari Gunung api Tersier Menoreh yang termasuk ke dalam fasies gunung api zona Proksimal. Vessel dan Davis (1981) serta Bogie dan Mackenzie (1998) menjelaskan bahwa fasies proksimal didominasi oleh litologi berupa autobreksi berbutir kasar, breksi piroklastik dengan sortasi buruk.

Berdasarkan pengamatan lapangan maupun pengamatan sayatan tipis batuan, Bukit Gendol merupakan singkapan dengan litologi breksi piroklastik dengan fragmen andesit berukuran bom (> 64 mm) yang serupa dengan litologi pada Perbukitan Menoreh (**Gambar 5.12**).

Berdasarkan hasil pengolahan data anomali *Bouguer*, peneliti menginterpretasikan bahwa Pegunungan Menoreh dengan Bukit Gendol merupakan satu kesatuan yang kemudian terpisahkan oleh struktur geologi berupa sesar turun (*normal fault*). Pernyataan mengenai kehadiran struktur geologi tersebut terbukti oleh kehadiran sesar turun pada lereng utara Bukit Gendol (LP2). Berdasarkan data gempa tahun 2006 dan 2016 yang diperoleh dari USGS, tercatat bahwa daerah yang diduga memiliki *normal fault* tersebut pernah mengalami gempa bumi dengan *magnitude* 3.7-4.1 dengan kedalaman 10-12 km, hal ini menandakan sesar tersebut bergerak (aktif).

Apabila mengamati hasil pengamatan lapangan, hasil analisa, dipadukan dengan hasil pemodelan digabungkan, maka daerah yang dilingkari pada **Gambar 5.13A** (tenggara Bukit Gendol) dapat diinterpretasikan sebagai kehadiran bentukan *horst* dan *graben*, dengan Pegunungan Menoreh serta Bukit Gendol sebagai bagian yang terangkat (*Horst*) dan bagian rendahan pada barat daya daerah telitian sebagai bagian yang menurun (*Graben*) yang diperkirakan terbentuk akibat fase tektonik ekstensional yang terjadi di Asia Tenggara pada kala Eosen Akhir hingga Oligosen Tengah.



Gambar 5.13 (A) Dugaan Kehadiran Sesar Berdasarkan Anomali *Bouguer* Residual dan *Overlay* Data Kegempaan Selama 1000 Tahun Terakhir; (B) Kenampakan Sesar Pada Lereng Utara Bukit Gendol, Arah Kamera N 079°E

BAB 6

DISKUSI

Bukit Gendol merupakan satuan morfologi yang muncul di wilayah transisi antara endapan vulkanik Gunung Merapi dan Formasi Menoreh. Secara morfologi, bukit ini tampak terisolasi di tengah dataran aluvial dan endapan lahar Merapi. Litologi penyusunnya Bukit Gendol didominasi oleh breksi vulkanik dengan komponen andesitik, yang berbeda dari endapan Merapi. Keberadaan bukit ini telah menimbulkan pertanyaan mengenai asal-usulnya, apakah sebagai bagian dari Merapi Tua atau sebagai batuan yang lebih tua (bagian dari Menoreh) dan tidak berasosiasi langsung dengan sistem gunungapi Merapi.

Hasil pengolahan data gravitasi berdasarkan anomali Bouguer residual menunjukkan adanya nilai anomali tinggi di sekitar wilayah Bukit Gendol. Nilai anomali yang tinggi ini mencerminkan keberadaan batuan dengan densitas relatif besar, sehingga tidak sesuai dengan karakteristik material hasil longsoran seperti debris avalanche yang umumnya bersifat tidak padat, heterogen, dan memiliki densitas rendah. Hal ini sejalan dengan pernyataan Iverson (1997) yang menyebutkan bahwa endapan hasil *debris flow* dan *debris avalanche* cenderung memiliki struktur yang terfragmentasi dan kurang terkonsolidasi, sehingga menunjukkan nilai densitas yang lebih kecil dibandingkan batuan utuh. Dengan demikian, hasil anomali gravitasi ini menguatkan dugaan bahwa Bukit Gendol bukan merupakan produk dari longsoran Gunung Merapi.

Berdasarkan Peta anomali Bouguer residual, Total Horizontal Derivative (THD), Total Derivative Response (TDR), dan Second Vertical Derivative (SVD) pada daerah Bukit Gendol menunjukkan adanya kontras densitas disekitar daerah telitian, yang mengindikasikan keberadaan struktur geologi berupa sesar. Pada bagian tenggara Bukit Gendol, terlihat pola dua sesar yang sejajar satu sama lain, yang memotong batuan di sekitar zona tersebut. Dugaan keberadaan sesar ini diperkuat oleh munculnya zona anomali rendah yang terletak di antara dua anomali tinggi, masing-masing mewakili tubuh Gunung Menoreh dan Bukit Gendol. Pola ini diinterpretasikan sebagai sistem graben, di mana zona anomali rendah merupakan blok turun yang terbentuk akibat aktivitas sesar normal yang sejajar

dengan Bukit Gendol sebagai hostnya. Dengan demikian hasil anomali gravitasi menguatkan bahwa Bukit Gendol merupakan bagian dari Pegunungan Menoreh yang kemungkinan terpisah akibat adanya host graben.

Hasil analisis petrografi menunjukkan bahwa batuan penyusun Bukit Gendol terdiri dari andesit bertekstur porfiritik, dengan mineral utama berupa piroksen, plagioklas, kuarsa, dan mineral sekunder berupa epidot, mineral opak dengan massa dasar berupa material amorf atau gelas. Menurut Fettes dan Desmons, (2007), kehadiran material amorf atau gelas mencirikan bahwa pada saat proses pembentukan batuan, batuan mengalami penurunan temperatur secara cepat sehingga material tidak dapat tersolidifikasi secara sempurna dan membentuk material menyerupai gelas (*vitreous*) atau semi-gelas (*semivitreous*).

Berdasarkan analisis litologi, data petrografi, dan hasil pemodelan gravitasi, genesa Bukit Gendol lebih sesuai dikaitkan dengan batuan vulkanik tua dari Formasi Menoreh dibandingkan sebagai bagian dari tubuh Gunung Merapi. Batuan penyusunnya berupa breksi andesitik dengan matriks halus dan menunjukkan tingkat alterasi yang cukup tinggi, yang mengindikasikan umur geologi yang lebih tua, batuan pada Bukit Gendol mirip dengan batuan yang ada di Gunung Menoreh dalam Formasi Dukuh. Tipe batuan tidak menunjukkan ciri khas lava Merapi muda ataupun Merapi tua yang menurut Gertisser dkk (2023) merupakan gunung api basaltik andesitik dengan dominan batuan berupa batuan beku basaltik trakiandesit

BAB 7

KESIMPULAN

7.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat ditarik dari penelitian ini adalah:

1. Berdasarkan anomal Bouguer, Bukit Gendol memiliki nilai percepatan gravitasi yang tinggi dengan nilai 2.2 mGal hingga 2.9 mGal hal ini mengindikasikan bahwa Bukit Gendol bukan merupakan *debris avalanche* Pegunungan Merapi, anomali Bouguer pada sekitaran Bukit Gendol memperlihatkan adanya kontras densitas yang mengindikasikan kehadiran sesar. Kehadiran 2 sesar disebelah tenggara Bukit Gendol diduga menyebabkan anomali Bouguer antara Gunung Menoreh dan Bukit Gendol mengalami penurunan, bagian ini diyakini sebagai graben host, dengan Gendol sebagai Horstnya, hal ini tervalidasi di sebelah tenggara lokasi penelitian ditemukan sesar jenis *normal fault*
2. Hasil analisis petrografi menunjukkan bahwa batuan penyusun Bukit Gendol berupa andesit tidak seperti Pegunungan Merapi yang memiliki prodak berupa basaltik andesitik

7.2 Saran

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi yang signifikan terhadap kontroversi mengenai genesa Bukit Gendol. Dalam penelitian ini, pemodelan gravitasi dilakukan dengan menggunakan data sekunder dari citra satelit *GGMplus*. Untuk meningkatkan resolusi dan akurasi hasil, penelitian lanjutan disarankan menggunakan kombinasi antara data satelit dan data pengukuran lapangan (*ground gravity survey*) sehingga hasil yang didapatkan akan lebih akurat dan detail.

DAFTAR PUSTAKA

- Arisoy, M. Ö., & Dikmen, Ü. (2013). Edge detection of magnetic sources using enhanced total horizontal derivative of the tilt Angle Geliştirilmiş Eğim Açısı Toplam Yatay Türevi ile Manyetik Kaynakların Sınırlarının Belirlenmesi. *Bull Earth Sci Appl Res Centre Hacettepe Univ*, 34(1), 73–82.
- Blakely, R. J. (1996). *Potential theory in gravity and magnetic applications*. Cambridge university press.
- Bogie, K. dan Mackenzie, M. 1998. The Application of a Volcanic Facies Model To an Andesitic Stratovolcano Hosted Geothermal System at Wayang Windu, Java, Indonesia. Proceedings 20th Geothermal Workshop
- Bronto, S. (2010). Geologi Gunung Api Purba Publikasi Khusus. *Bandung: Badan Geologi, Kementrian Energi Dan Sumberdaya Mineral*.
- Bull, W. B. (2008). *Tectonic geomorphology of mountains: a new approach to paleoseismology*. John Wiley & Sons.
- Burbank, D. W., & Anderson, R. S. (2013). *Tectonic geomorphology*. EEGS 1720 South Bellaire, Suite 110, Denver, CO 80222-4303, USA.
- Camus, G., Gourgaud, A., Mossand-Berthommier, P.-C., & Vincent, P.-M. (2000). Merapi (Central Java, Indonesia): an outline of the structural and magmatological evolution, with a special emphasis to the major pyroclastic events. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 100(1–4), 139–163.
- Commer, M., Helwig, S. L., Hördt, A., Scholl, C., & Tezkan, B. (2006). New results on the resistivity structure of Merapi Volcano (Indonesia), derived from three-dimensional restricted inversion of long-offset transient electromagnetic data. *Geophysical Journal International*, 167(3), 1172–1187.
- Connor, C. B., Conway, F. M., Sigurdsson, H., Houghton, B. F., McNutt, S. R., Rymer, H., & Stix, J. (2000). Encyclopedia of volcanoes. *Basaltic Volcanic Fields*, 331–343.
- Corazzato, C., & Tibaldi, A. (2006). Fracture control on type, morphology and distribution of parasitic volcanic cones: an example from Mt. Etna, Italy. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 158(1–2), 177–194.
- Crawford, M. J. (1998). Physical Geology, Cliff Notes. *Inc, Lincoln, Nebraska*.
- Davidson, J., De Silva, S., & Sigurdsson, H. (2000). *Encyclopedia of volcanoes*. Academic Press) Composite Volcanoes.
- Davis, G. H., Reynolds, S. J., & Kluth, C. F. (2011). *Structural geology of rocks and regions*. John Wiley & Sons.

- Drinkwater, M. R., Floberghagen, R., Haagmans, R., Muzi, D., & Popescu, A. (2003). GOCE: ESA's first earth explorer core mission. *Space Science Reviews*, 108(1–2), 419–432. <https://doi.org/10.1023/A:1026104216284>
- Fettes, D. dan Desmons, J. 2007. *Metamorphic Rocks: A Classification and Glossary of Terms* (Vol. 1). Cambridge University Press
- Fitriani, D. S., Putri, S. N. A., & Putrajy, I. F. (2020). Metode gravitasi untuk identifikasi Sesar Weluki dengan analisis first horizontal derivative dan second vertical derivative. *Prosiding Seminar Nasional Fisika (E-Journal)*, 9, SNF2020FA-53.
- Gates, A. E., & Ritchie, D. (2007). *Encyclopedia of Earthquakes and Volcanoes*. Facts on File. <https://books.google.co.id/books?id=s2lkHAAACAAJ>
- Gertisser, R., Troll, V. R., Walter, T. R., Nandaka, I. G. M. A., Ratdomopurbo, A. 2023. *Merapi Volcano: Geology, Eruptive Activity, and Monitoring of a High-Risk Volcano*. Springer Nature Switzerland.
- Goudie, A. (2004). *Encyclopedia of geomorphology* (Vol. 2). Psychology Press.
- Grandis, H., & Dahrin, D. (2014). Constrained two-dimensional inversion of gravity data. *Journal of Mathematical and Fundamental Sciences*, 46(1), 1–13. <https://doi.org/10.5614/j.math.fund.sci.2014.46.1.1>
- Groshong, R. H., & Groshong, R. H. (2006). Structural validation, restoration, and prediction. *3-D Structural Geology: A Practical Guide to Quantitative Surface and Subsurface Map Interpretation*, 305–372.
- Hartono, H. G. (2008). *BENTANG ALAM GUMUK GUNUNG API PURBA BERARAH BARATLAUTTENGARA DI DAERAH KARANGDOWO-TAWANGSARI, JAWA TENGAH*.
- Hartono, H. G. (2010). *Geomorfologi dan Petrologi dalam Kajian Penentuan Lokasi Sumber Erupsi Gunung Api Purba di Pegunungan Selatan, Daerah Istimewa Yogyakarta*.
- Hartono, H. G., & Bronto, S. (2009). Analisis stratigrafi awal kegiatan Gunung Api Gajahdangak di daerah Bulu, Sukoharjo; Implikasinya terhadap stratigrafi batuan gunung api di Pegunungan Selatan, Jawa Tengah. *Indonesian Journal on Geoscience*, 4(3), 157–165.
- Hinze, W. J., von Frese, R. R. B., & Saad, A. H. (2012). *Gravity and Magnetic Exploration*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511843129>
- Hinze, W. J., Von Frese, R., & Saad, A. H. (2013). *Gravity and magnetic exploration: Principles, practices, and applications*. Cambridge University Press.

- Hirt, C., & Wildermann, E. (2018). Reactivation of the Venezuelan vertical deflection data set from classical astrogeodetic observations. *Journal of South American Earth Sciences*, 85, 97–107. <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2018.05.003>
- Huggett, R. (2011). *Fundamentals of Geomorphology*. Taylor & Francis. <https://books.google.co.id/books?id=sxynYFQ2LBoC>
- Iverson, R. M. (1997). *The physics of debris flows*. *Reviews of Geophysics*, 35(3), 245–296. <https://doi.org/10.1029/97RG00426>
- Irnissa D.D, cahyani A.T, & Wijaya H.S. (2024). *MENGANALISIS BATUAN DAN TANAH DI PERMUKAAN BUMI*.
- Koyama, M. (1995). Eruptive history of the Higashi-Izu monogenetic volcano field 2: mainly on volcanoes older than 32,000 years ago. *Bull. Volcan. Soc. Japan*, 40, 191–209.
- Kurniawan, A. (2016). *Kajian Genesis Perbukitan Gendol di Daerah Muntilan-Salam, Kabupaten Magelang, Jawa Tengah*. UGM.
- Li, Y., & Oldenburg, D. W. (1998). 3-D inversion of gravity data. *Geophysics*, 63(1), 109–119.
- Liana, Y. R., Wea, T. M. M., Syarifah, W., Supriyadi, S., & Khumaedi, K. (2020). Analisis Anomali Bouguer Data Gaya Berat Studi Kasus di Kota Lama Semarang. *JRST (Jurnal Riset Sains Dan Teknologi)*, 4(2), 63–68.
- Licker, M. D. (2003). *McGraw-Hill dictionary of geology and mineralogy*. McGraw-Hill.
- Lutgens, F. K., & Tarbuck, E. J. (2012). *Essentials of Geology*. Prentice Hall. <https://books.google.co.id/books?id=7iRecgAACAAJ>
- Manrulu, R., & Wahyudi. (2014). PEMBENTUKAN KARAKTER MELALUI APLIKASI SAINS (PEMODELAN 3D ANOMALI GRAVITASI MAGMA GUNUNGAPI MERAPI DENGAN SOFTWARE GRABLOX, BLOXER DAN ROCKWORK) 1. In *Prosiding Seminar Nasional* (Vol. 01, Issue 1).
- Monroe, J. S., & Wicander, R. (2001). *The changing earth: exploring geology and evolution*. Brooks/Cole Pacific Grove, CA.
- Murwanto, H., & Subandrio, A. (1997). Kajian Geologi dan Sejarah Terhadap Hipotesa Terbentuknya Perbukitan Gendol, Kabupaten Magelang, Jawa Tengah. *Laporan Penelitian*. Yogyakarta: UPN Veteran.
- Nagel, R. (2004). *UXL encyclopedia of landforms and other geologic features*. UXL.
- Newhall, C. G., Bronto, S., Alloway, B., Banks, N. G., Bahar, I., del Marmol, M.-A., Hadisantono, R. D., Holcomb, R. T., McGeehin, J., & Miksic, J. N. (2000).

10,000 Years of explosive eruptions of Merapi Volcano, Central Java: archaeological and modern implications. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 100(1–4), 9–50.

- Perfit, M. R., & Davidson, J. P. (2000). *Plate Tectonics and Volcanism*.
- Prastistho, B., & Soesilo, J. (1997). Data Baru Gunung Gendol, Muntilan Jawa Tengah. *Laporan Penelitian*. Yogyakarta: UPN Veteran.
- Prastistho, B., & Soesilo, J. (1998). Penafsiran Baru Terhadap Perbukitan Gendol, Muntilan Jawa Tengah. Abstraksi dan Makalah Poster. *Prosiding Pertemuan Ilmiah Tahunan XXVII, Ikatan Ahli Geologi Indonesia*.
- Purwaningsih, I., Nur Aziz, K., & Fitrianingtyas, R. (2023). *Identifikasi Patahan dan Struktur Bawah Permukaan Kawasan Potensi Panas Bumi Rawa Dano Provinsi Banten Menggunakan Data Gravitasi GGMPPlus* (Vol. 6, Issue 1).
- Ragan, D. M. (2009). *Structural Geology*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511816109>
- Rahardjo, W. (2013). Sukandarrumidi dan Rosidi, HMD, 1977, Peta Geologi Lembar Yogyakarta, Jawa, skala 1: 100.000. *Puslitbang Geologi*.
- Rahardjo, W., Sukandarrumidi, & Rosidi, H. M. D. (1977). *Peta Geologi Lembar Yogyakarta, Jawa*. Direktorat Geologi.
- Reynaldi Zulkifli, M., & Perdhana, R. (2024). ANALYSIS OF SUBSURFACE GEOLOGICAL STRUCTURE IN SLEMAN DISTRICT BASED ON GRAVITY DATA ANOMALIES. *JGE (Jurnal Geofisika Eksplorasi)*, 10(02), 162–173.
- Reynolds, J. M. (2011). *An introduction to applied and environmental geophysics*. John Wiley & Sons.
- Rowland, S. M., Duebendorfer, E. M., & Schiefelbein, I. M. (2007). *Structural Analysis and Synthesis: A Laboratory Course in Structural Geology*. Wiley. <https://books.google.co.id/books?id=IWNmBEtmg2MC>
- Safira, A., Saipuddin, M., Anung Andita, Z., Catur, R. W., & Dani, Iham. (2024). *GeoScienceEd 5(1) (2024)*. <https://doi.org/10.29303/goescienceed.v5i1.240>
- Santosa, L. W. (2016). *Keistimewaan Yogyakarta dari sudut pandang geomorfologi*. UGM PRESS.
- Sarkowi, M., & Wibowo, R. C. (2021). Geothermal Reservoir Identification based on Gravity Data Analysis in Rajabasa Area- Lampung. *RISSET Geologi Dan Pertambangan*, 31(2), 77. <https://doi.org/10.14203/risetgeotam2021.v31.1164>
- Selley, R. C. (2000). *2000. Applied Sedimentology, 2nd ed. x + 523 pp. San Diego, San Francisco, New York, Boston, London, Sydney, Tokyo: Academic Press*.

Price US \$82.50 (hard covers). ISBN 0 12 636375 7. 630.
<https://doi.org/10.1017/S0016756801376082>

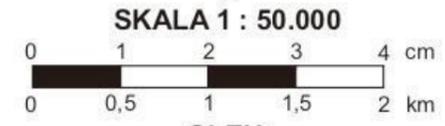
- Setijadji, L. D., Kajino, S., Imai, A., & Watanabe, K. (2006). Cenozoic Island Arc Magmatism in Java Island (Sunda Arc, Indonesia): Clues on Relationships between Geodynamics of Volcanic Centers and Ore Mineralization. *Resource Geology*, 56(3), 267–292. <https://doi.org/10.1111/j.1751-3928.2006.tb00284.x>
- Setyanta, B., & Widijono, B. S. (2009). *MEDAN GAYA BERAT PADA BATUAN OFIOLIT (ULTRAMAFIK) DI BEOGA, PAPUA DAN IMPLIKASI TERHADAP GENESIS ALIH TEMPATNYA*.
- Simkin, T., Siebert, L., & Sigurdsson, H. (2000). Earth's volcanoes and eruptions: An overview. *Encyclopedia of Volcanoes*, 249–262.
- Sparks, R. S. J., & Young, S. R. (2002). *The eruption of Soufriere Hills Volcano, Montserrat (1995–1999): overview of scientific results*.
- Sumintadireja, P., Dahrin, D., & Grandis, H. (2018). A Note on the Use of the Second Vertical Derivative (SVD) of Gravity Data with Reference to Indonesian Cases. *Journal of Engineering & Technological Sciences*, 50(1).
- Suppe, J. (1985). *Principles of structural geology*.
- Telford, W. M., Geldart, L. P., & Sheriff, R. E. (1990). *Applied geophysics*. Cambridge university press.
- Tiede, C., Camacho, A. G., Gerstenecker, C., Fernández, J., & Suyanto, I. (2005). Modeling the density at Merapi volcano area, Indonesia, via the inverse gravimetric problem. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, 6(9).
- Ui, T., Takarada, S., & Yoshimoto, M. (2000). *Debris avalanches: -En: SIGURDSONN, H.(ed.): Encyclopedia of volcanoes*. Academic Press.
- van Bemmelen, R. W. (1949). General Geology of Indonesia and adjacent archipelagoes. *The Geology of Indonesia*.
- Van der Pluijm, B. A., Marshak, S., & Allmendinger, R. W. (2004). *Earth Structure: An Introduction to Structural Geology and Tectonics*. W.W. Norton. <https://books.google.co.id/books?id=CZGnQgAACAAJ>
- Verstappen, H. Th. (2010). Indonesian Landforms and Plate Tectonics. *Indonesian Journal on Geoscience*, 5(3), 197–207. <https://doi.org/10.17014/ijog.5.3.197-207>
- Vessel, Richard K. dan Davies, D. K. 1981. Nonmarine Sedimentation in an Active Fore Arc Basin. SEPM Special Publication no. 31, pg. 31-45

- Walker, G. P. L. (2000). *Basaltic volcanoes and volcanic systems*, In "Encyclopedia of Volcanoes"(H. Sigurdsson Ed.). Academic Press, San Diego.
- Wildany A.L. (2023). FORMULASI MITIGASI BENCANA ALIRAN SEDIMEN AKIBAT LONGSORAN GUNUNG BAWAKARAENG. *Doctoral Dissertation*, Universitas Hasanuddin. <https://repository.unhas.ac.id/id/eprint/32111/>
- Winter, J. D. 2013. Principles of Igneous and Metamorphic Petrology (2 ed). Pearson Education
- Wyllie, D. C., & Mah, C. W. (2004). *Rock Slope Engineering* (4th ed.). CRC Press.
- Zuhdi, M., Taufik, M., & Ayub, S. (n.d.). Wahyudi, & Makhrus, M.(2021). *Pengantar Geofisika*.

JURUSAN MAGISTER TEKNIK GEOLOGI
 FAKULTAS TEKNOLOGI MINERAL DAN ENERGI
 UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN"
 YOGYAKARTA
 2025



PETA LINTASAN PENGAMATAN
 DAERAH PUGUHAN DAN SEKITARNYA
 KECAMATAN MUNTILAN DAN KECAMATAN SALAM,
 KABUPATEN MAGELANG
 PROVINSI JAWA TENGAH



OLEH:
 MELANI PUTRI PRATAMA
 211.221.004

KETERANGAN

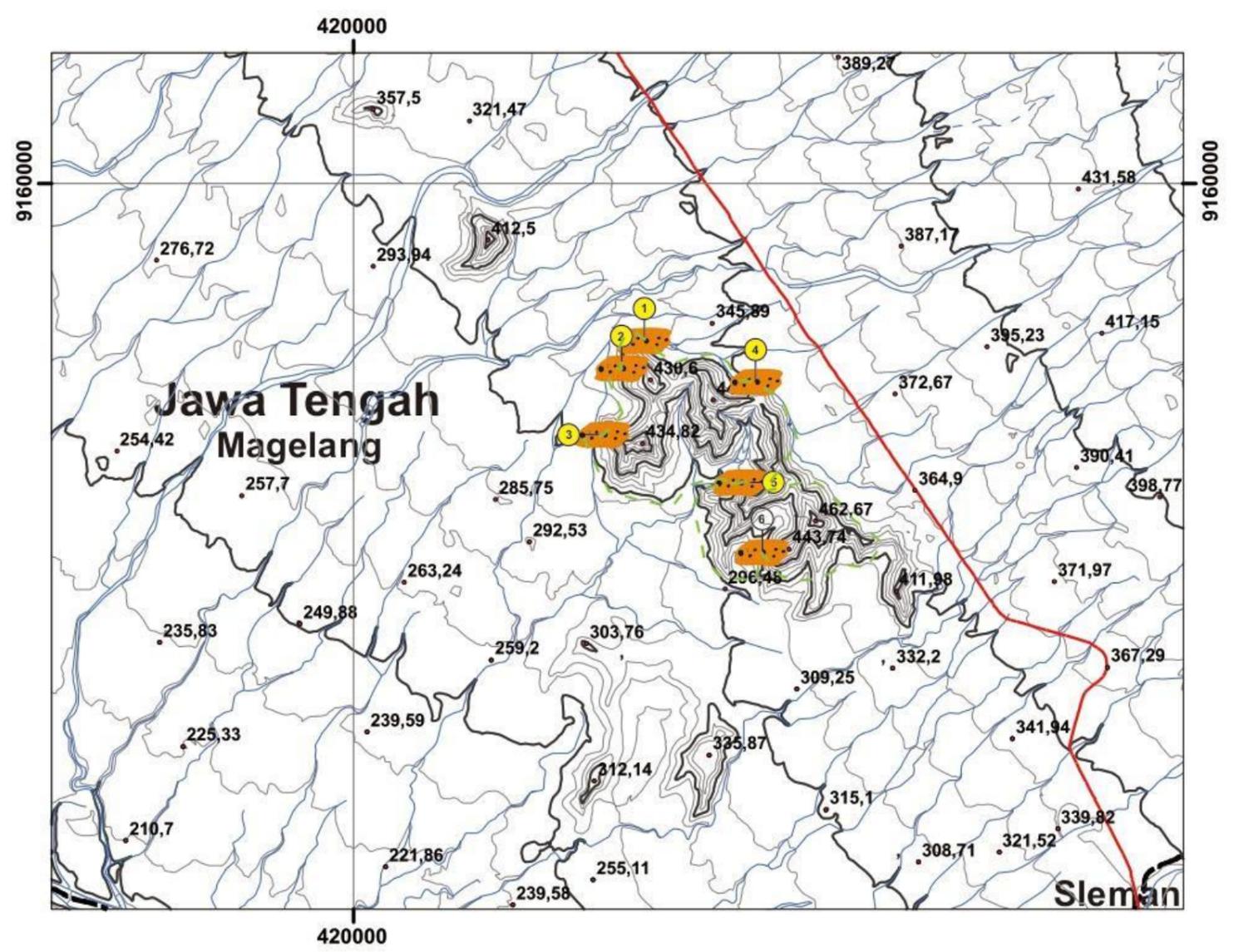
- a. Kontur Indeks
- b. Kontur Interval
- Sungai Utama
- Jalan Utama
- Titik Ketinggian
- Batas Administrasi
- Lokasi Pengamatan
- Sampel Petrografi
- Lintasan Pengamatan

SIMBOL LITOLOGI

- Breksi Piroklastik

WARNA SATUAN BATUAN

- Satuan breksi-piroklastik Dukuh



PETUNJUK LETAK PETA

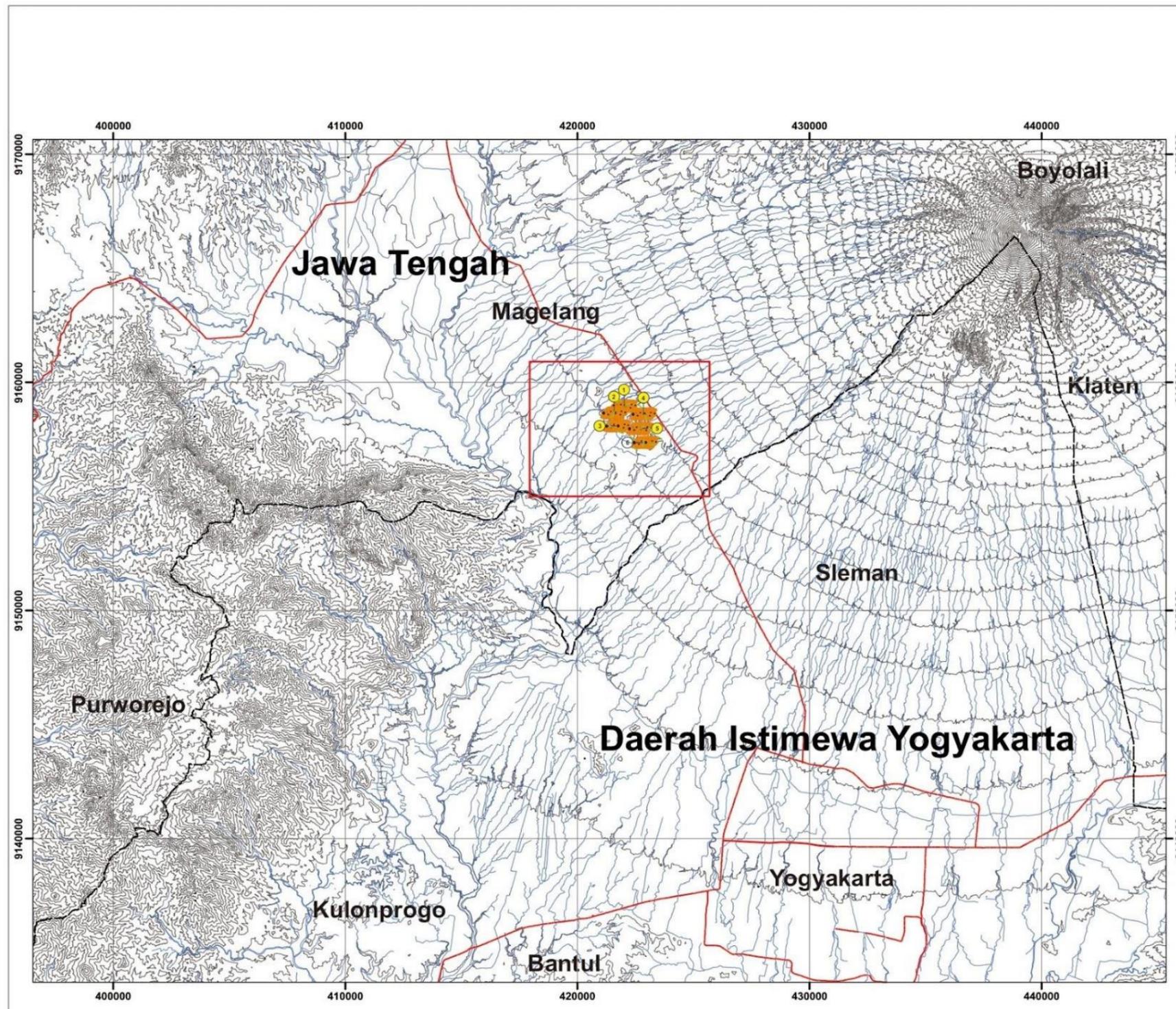
YOGYAKARTA
 Lembar 1408-2 & 1407-5

UM = Utara Magnetik
 US = Utara Sebenarnya
 UG = Utara Grid
 dm = deklinasi magnetik sebesar 0o25'T dengan perubahan tiap tahun 1B untuk periode tahun 1990-1995
 dg = deklinasi grid

Informasi Sistem Koordinat:
 Proyeksi = Transverse Mercator
 Sistem Grid = WGS 1984 UTM Zone 49S
 Datum Unit = WGS 1984

Sumber data:
 1. Peta RBI lembar Karangasambung, BIG
 2. Peta dasar digital Topografi, BIG
 3. Google Maps (Diakses Februari, 2024)

Lokasi Penelitian



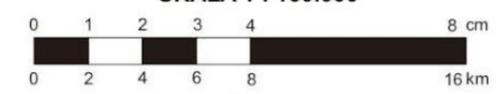
JURUSAN MAGISTER TEKNIK GEOLOGI
 FAKULTAS TEKNOLOGI MINERAL DAN ENERGI
 UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN"
 YOGYAKARTA
 2025



PETA LINTASAN PENGAMATAN
 DAERAH PUGUHAN DAN SEKITARNYA
 KECAMATAN MUNTILAN DAN KECAMATAN SALAM,
 KABUPATEN MAGELANG
 PROVINSI JAWA TENGAH



SKALA 1 : 160.000



OLEH:
 MELANI PUTRI PRATAMA
 211.221.004

KETERANGAN

- | | | | |
|--|--------------------|--|---------------------|
| | Kontur Indeks | | Lokasi Pengamatan |
| | Sungai Utama | | Sampel Petrografi |
| | Jalan Utama | | Lokasi Penelitian |
| | Batas Administrasi | | Lintasan Pengamatan |

SIMBOL LITOLOGI

- | | |
|--|--------------------|
| | Breksi Piroklastik |
|--|--------------------|

WARNA SATUAN BATUAN

- | | |
|--|---------------------------------|
| | Satuan breksi-piroklastik Dukuh |
|--|---------------------------------|

PETUNJUK LETAK PETA

YOGYAKARTA
 Lembar 1406-2 & 1407-5

UM = Utara Magnetik
 US = Utara Sebenarnya
 UG = Utara Grid

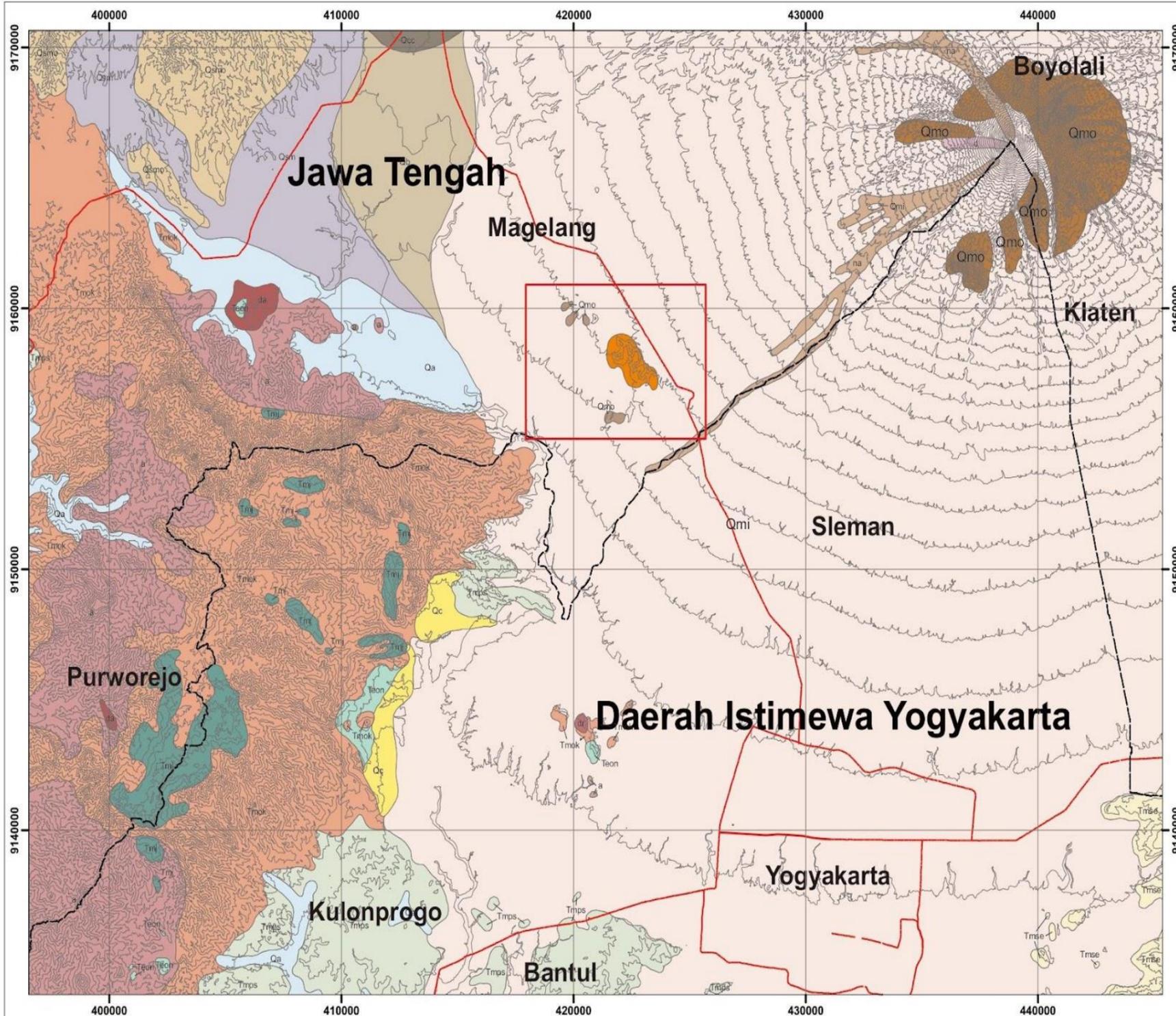
dm = deklinasi magnetik sebesar 0o25T dengan perubahan tiap tahun 1T untuk periode tahun 1990-1995
 dg = deklinasi grid

Informasi Sistem Koordinat:
 Proyeksi = Transverse Mercator
 Sistem Grid = WGS 1984 UTM Zone 49S
 Datum UTM = WGS 1984

Sumber data:
 1. Peta RBI lembar Karangasambung, BIG
 2. Peta dasar digital Topografi, BIG
 3. Google Maps (Quikrasi Februan, 2024)

INDEX LEMBAR PETA
 INDEX OF MAP SHEET

Lokasi Penelitian



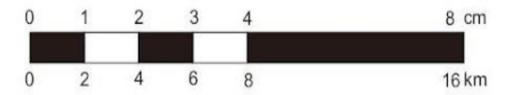
JURUSAN MAGISTER TEKNIK GEOLOGI
 FAKULTAS TEKNOLOGI MINERAL DAN ENERGI
 UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN"
 YOGYAKARTA
 2025



PETA LINTASAN PENGAMATAN
 DAERAH PUGUHAN DAN SEKITARNYA
 KECAMATAN MUNTILAN DAN KECAMATAN SALAM,
 KABUPATEN MAGELANG
 PROVINSI JAWA TENGAH



SKALA 1 : 160.000



OLEH:
 MELANI PUTRI PRATAMA
 211.221.004

LEGENDA

ZAMAN	KALA	UMUR	JTL	LITHOSTRATIGRAFI	SATUAN BATUAN	LINGKUNGAN PENGENDAPAN
KUARTER	HOLOSEN		0			
			5,33	Qmi	Satuan endapan Gunungapi Merapi Muda (Rahardjo dkk., 2012)	Darat
			11,6			
TERSIER	NEOGEN	AKHIR	15,9			
		TENGAH	23,03			
		AWAL	33,9			
	PALEOGEN	OLIGOSEN	AKHIR		Satuan breksi-piroklastik Dukuh	Darat

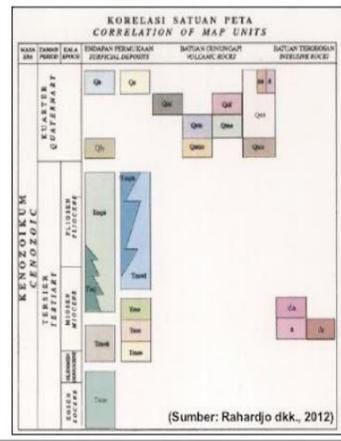
PEMERIAN

Satuan breksi-piroklastik Dukuh. Satuan ini terdiri atas litologi breksi piroklastik. Menempati 25% pada tengah daerah penelitian.

KETERANGAN

- Kontur Indeks
- Sungai Utama
- Jalan Utama
- Batas Administrasi
- Batas Satuan Batuan
- Lokasi Penelitian

PETUNJUK LETAK PETA



LAMPIRAN 2

TABULASI KOORDINAT BATAS DAERAH TELITIAN

Sistem Grid UTM Zona 49 S				Sistem Geografis			
1	X: 396518 mT Y: 9170648 mU	2	X: 445349 mT Y: 9170648 mU	1	7°30'7.12" LS 110° 3'43.56" BT	2	7°30'9.72" LS 110°30'16.77" BT
3	X: 396518 mT Y: 9133691 mU	4	X: 445349 mT Y: 9133691 mU	3	7°50'10.45" LS 110° 3'40.92" BT	4	7°50'13.16" LS 110°30'15.38" BT

TABULASI STASIUN LOKASI PENGAMATAN

X	Y	keterangan
421997.1	9158909	LP1
421651.2	9158259	LP2
422767.6	9158662	LP3
422739.3	9157911	LP4
422768.9	9157493	LP5
421827.8	9158876	LP6

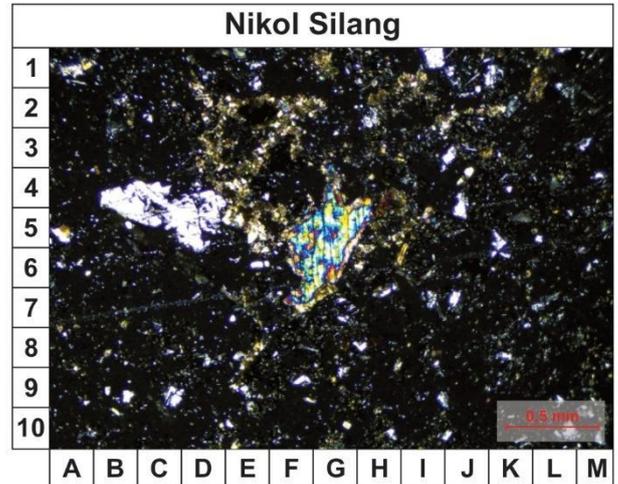
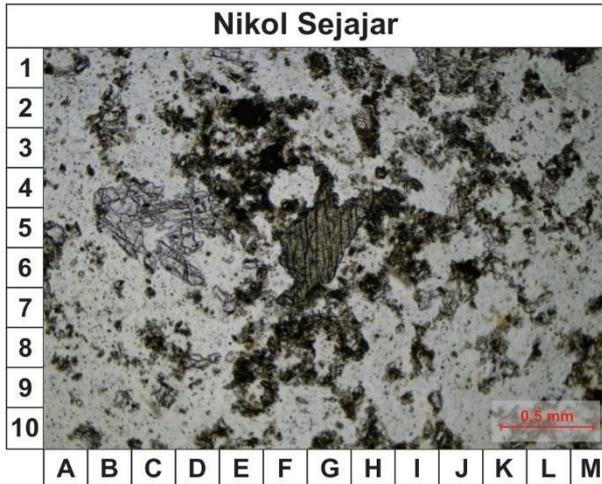


Nama / NIM : Melani Putri Pratama / 211.221.004

Nomor Sampel : BG-2

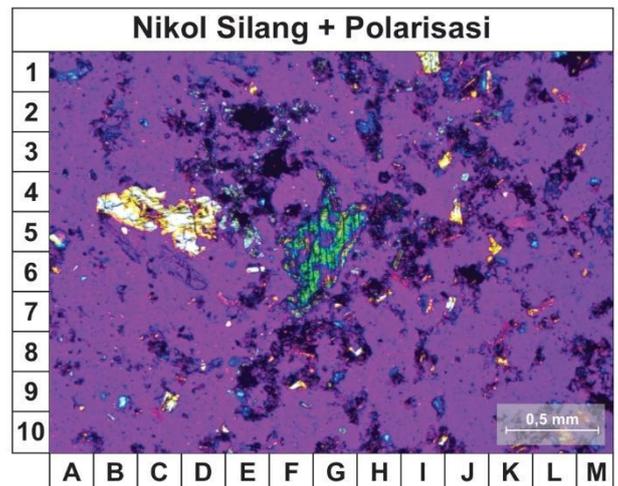
Lokasi : Bukit Gendol (LP 1)

Nama Lapangan : Matriks Breksi Piroklastik



Pemerian Petrografis

Pengamatan sayatan tipis dilakukan pada batuan sedimen dengan perbesaran okuler 10x dan perbesaran objektif 4x. Memiliki tekstur umum dengan bentuk kristal subhedral-euhedral, tingkat kristalinitas hipokristalin, ukuran kristal halus (<1 mm), dan granularitas equigranular. Memiliki tekstur khusus porfiritik. Komposisi batuan tersusun oleh mineral utama berupa piroksen, plagioklas, kuarsa, dan mineral sekunder berupa epidot, mineral opak dengan masa dasar berupa material amorf.



Komposisi Mineral:

1. Piroksen (A, 5)

5%; Berwarna cokelat muda dengan warna interferensi cokelat gelap-terang; relief tinggi; ukuran kristal halus (<1 mm); bentuk kristal euhedral; menunjukkan adanya belahan dua arah; hadir setempat dalam sayatan

2. Plagioklas (H, 6)

5%; Berwarna putih-tidak berwarna dengan warna interferensi abu-abu; relief rendah; ukuran kristal halus (<1 mm); bentuk kristal euhedral; indeks bias $n_m > n_{nb}$; menunjukkan kembaran albit dengan nilai An-36 (andesin); hadir setempat dalam sayatan

3. Kuarsa (B-D, 4-5)

8%; Berwarna hitam dengan warna interferensi putih; relief tinggi; ukuran kristal halus (<1 mm); bentuk kristal euhedral; menunjukkan adanya belahan dua arah; hadir setempat dalam sayatan

4. Epidot (E, 4)

7%; Berwarna putih-tidak berwarna dengan warna interferensi biru-kuning; relief sedang; bentuk kristal subhedral; ukuran kristal halus (<1 mm); hadir setempat dalam sayatan

5. Kalsit (D, 3)

7%; Berwarna putih-tidak berwarna dengan warna interferensi kuning terang; relief sedang; bentuk kristal subhedral; ukuran kristal halus (<1 mm); hadir setempat dalam sayatan

6. Mineral Opak (E, 2)

3%; Berwarna hitam; relief rendah; tidak menunjukkan adanya belahan; hadir menyebar dalam sayatan

7. Masa Dasar (A, 2-4)

65%; Berwarna putih-tidak berwarna dengan warna interferensi hitam; relief rendah; ukuran kristal halus (<1 mm); bentuk kristal subhedral; tidak menunjukkan adanya belahan; hadir merata dalam sayatan

Nama Batuan : Vulcanic Wacke (Gilbert, 1954)

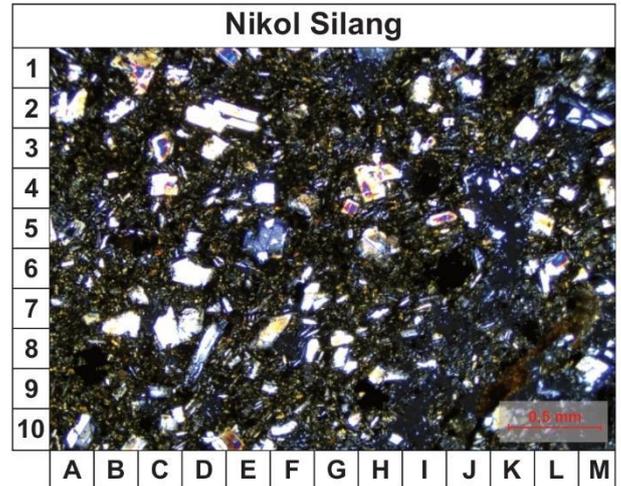
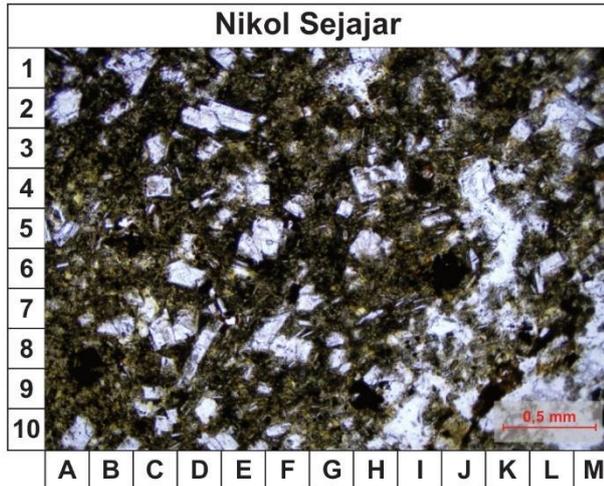


Nama / NIM : Melani Putri Pratama / 211.221.004

Nomor Sampel : BG-1

Lokasi : Bukit Gendol (LP 1)

Nama Lapangan : Fragmen Breksi Piroklastik



Pemerian Petrografis

Pengamatan sayatan tipis dilakukan pada batuan beku (plutonik) dengan perbesaran okuler 10x dan perbesaran objektif 4x. Memiliki tekstur umum dengan bentuk kristal subhedral-euhedral, tingkat kristalinitas hipokristalin, ukuran kristal halus (<1 mm), dan granularitas equigranular. Memiliki tekstur khusus porfiritik. Komposisi batuan tersusun oleh mineral utama berupa piroksen, plagioklas, kuarsa, dan mineral sekunder berupa klorit, mineral opak dan masa dasar.

Komposisi Mineral:

1. Piroksen (H, 4)

45%; Berwarna coklat muda dengan warna interferensi coklat gelap-terang; relief tinggi; ukuran kristal halus (<1 mm); bentuk kristal euhedral; menunjukkan adanya belahan dua arah; hadir menyebar dalam sayatan

2. Plagioklas (A, 10)

35%; Berwarna putih-tidak berwarna dengan warna interferensi abu-abu; relief rendah; bentuk kristal euhedral; indeks bias $n_m > n_{kb}$; menunjukkan kembaran albit; pada Fenokris berukuran <1 mm, dengan nilai An-40 (andesin); dan pada mikrolit berukuran 0,2 mm; dengan nilai An-38 (andesin); hadir menyebar dalam sayatan

3. Kuarsa (D, 6)

5%; Berwarna hitam dengan warna interferensi coklat gelap; relief tinggi; ukuran kristal halus (<1 mm); bentuk kristal euhedral; menunjukkan adanya belahan dua arah; hadir setempat dalam sayatan

4. Klorit (A, 9)

5%; Berwarna hitam dengan warna interferensi hijau terang; relief rendah; tidak menunjukkan adanya belahan; hadir menyebar dalam sayatan

5. Mineral Opak (H, 9)

3%; Berwarna hitam; relief rendah; tidak menunjukkan adanya belahan; hadir menyebar dalam sayatan

6. Masa Dasar (J, 5)

7%; Berwarna putih-tidak berwarna dengan warna interferensi hitam; relief rendah; ukuran kristal halus (<1 mm); bentuk kristal subhedral; tidak menunjukkan adanya belahan; hadir menyebar dalam sayatan

Nama Batuan : Andesit (Williams, 1954)

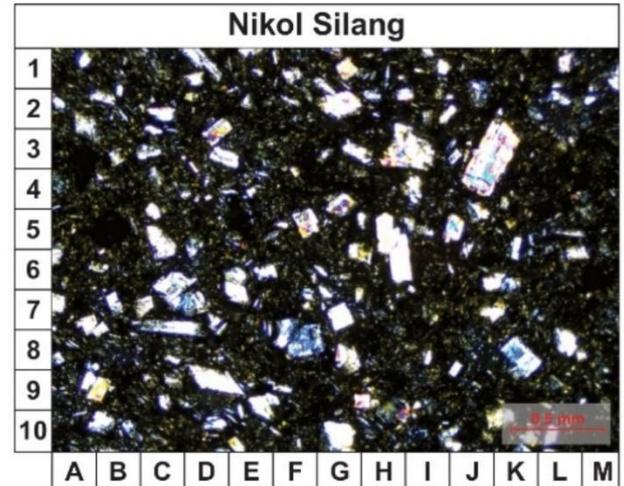
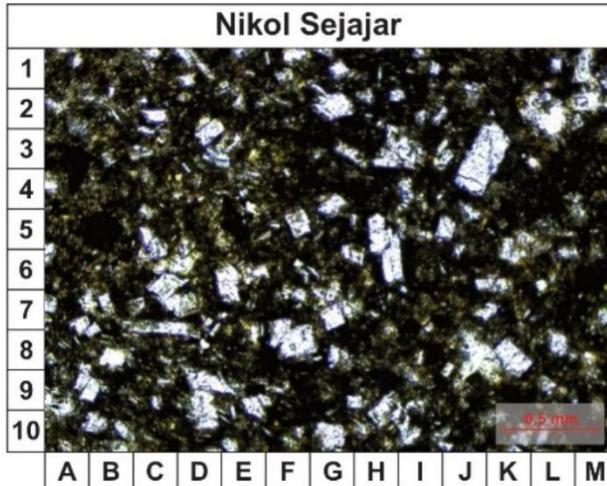


Nama / NIM : Melani Putri Pratama / 211.221.004

Nomor Sampel : BG-3

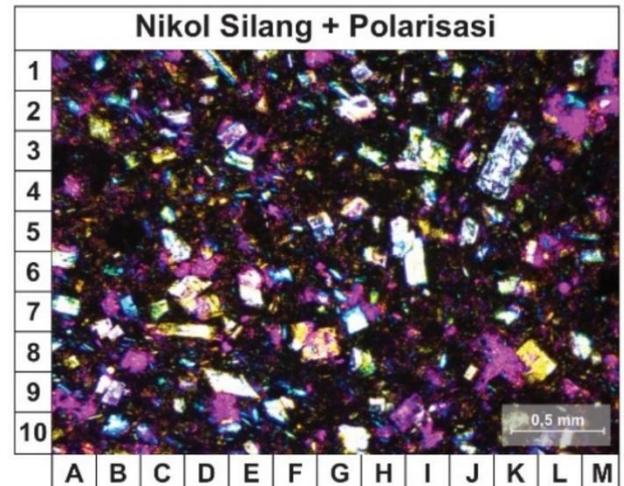
Lokasi : Bukit Gendol (LP 2)

Nama Lapangan : Fragmen Breksi Piroklastik



Pemerian Petrografis

Pengamatan sayatan tipis dilakukan pada batuan beku (plutonik) dengan perbesaran okuler 10x dan perbesaran objektif 4x. Memiliki tekstur umum dengan bentuk kristal subhedral-euhedral, tingkat kristalinitas hipokristalin, ukuran kristal halus (<1 mm), dan granularitas equigranular. Memiliki tekstur khusus porfiritik. Komposisi batuan tersusun oleh mineral utama berupa piroksen, plagioklas, kuarsa, dan mineral sekunder berupa klorit, mineral opak dan masa dasar.



Komposisi Mineral:

1. Piroksen (J, 3-4)

45%; Berwarna coklat muda dengan warna interferensi coklat gelap-terang; relief tinggi; ukuran kristal halus (<1 mm); bentuk kristal euhedral; menunjukkan adanya belahan dua arah; hadir menyebar dalam sayatan

2. Plagioklas (H, 5-6)

35%; Berwarna putih-tidak berwarna dengan warna interferensi abu-abu; relief rendah; bentuk kristal euhedral; indeks bias $n_m > n_{kb}$; menunjukkan kembaran albit; pada Fenokris berukuran <1 mm, dengan nilai An-42 (andesin); dan pada mikrolit berukuran <0,1 mm; dengan An-38 (andesin); hadir menyebar dalam sayatan

3. Kuarsa (G, 10)

5%; Berwarna hitam dengan warna interferensi coklat gelap; relief tinggi; ukuran kristal halus (<1 mm); bentuk kristal euhedral; menunjukkan adanya belahan dua arah; hadir setempat dalam sayatan

4. Klorit (A, 1)

5%; Berwarna hitam dengan warna interferensi hijau terang; relief rendah; tidak menunjukkan adanya belahan; hadir menyebar dalam sayatan

5. Mineral Opak (B, 5)

3%; Berwarna hitam; relief rendah; tidak menunjukkan adanya belahan; hadir menyebar dalam sayatan

6. Masa Dasar (L, 3)

7%; Berwarna putih-tidak berwarna dengan warna interferensi hitam; relief rendah; ukuran kristal halus (<1 mm); bentuk kristal subhedral; tidak menunjukkan adanya belahan; hadir menyebar dalam sayatan

Nama Batuan : Andesit (Williams, 1954)

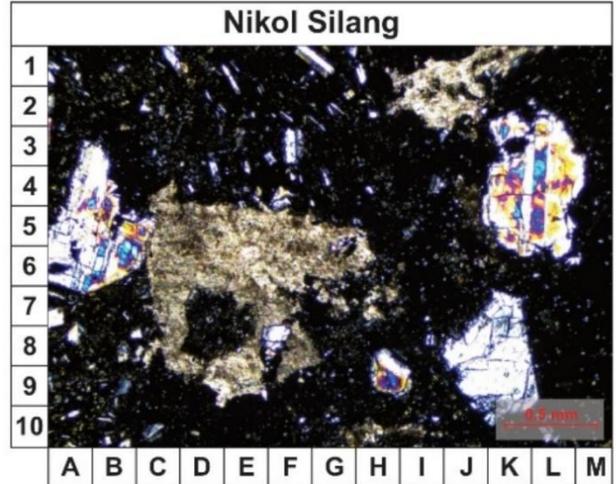
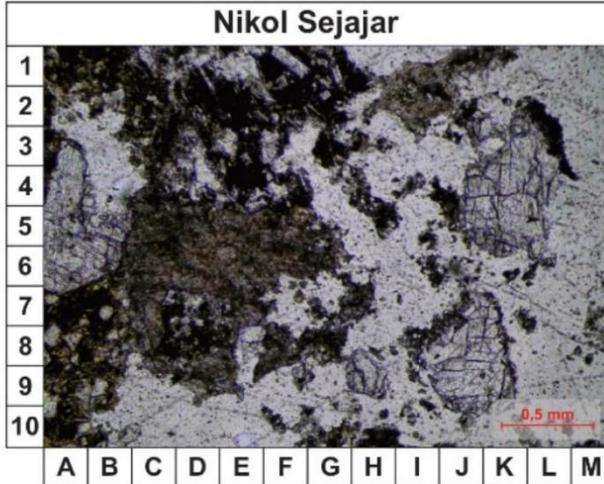


Nama / NIM : Melani Putri Pratama / 211.221.004

Nomor Sampel : BG-4

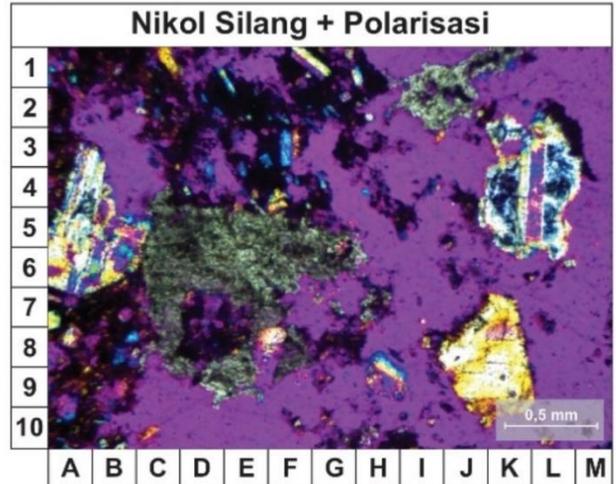
Lokasi : Bukit Gendol (LP 2)

Nama Lapangan : Matriks Breksi Piroklastik



Pemerian Petrografis

Pengamatan sayatan tipis dilakukan pada batuan sedimen dengan perbesaran okuler 10x dan perbesaran objektif 4x. Memiliki tekstur umum dengan bentuk kristal subhedral-euhedral, tingkat kristalinitas hipokristalin, ukuran kristal halus (<1 mm), dan granularitas inequigranular. Memiliki tekstur khusus porfiritik. Komposisi batuan tersusun oleh mineral utama berupa piroksen, plagioklas, kuarsa, dan mineral sekunder berupa epidot, kalsit, mineral opak dengan masa dasar berupa material amorf.



Komposisi Mineral:

- 1. Piroksen (A, 5)**
 12%; Berwarna coklat muda dengan warna interferensi coklat gelap-terang; relief tinggi; ukuran kristal halus (<1 mm); bentuk kristal euhedral; menunjukkan adanya belahan dua arah; hadir setempat dalam sayatan
- 2. Plagioklas (F-G, 1)**
 8%; Berwarna putih-tidak berwarna dengan warna interferensi abu-abu; relief rendah; bentuk kristal euhedral; indeks bias $n_m > n_{kb}$; menunjukkan kembaran albit; pada Fenokris berukuran <1 mm, dengan nilai An-42 (andesin); dan pada mikrolit berukuran <0,1 mm; dengan An-38 (andesin); hadir menyebar dalam sayatan
- 3. Kuarsa (J-K, 7-9)**
 7%; Berwarna hitam dengan warna interferensi putih; relief tinggi; ukuran kristal halus (<1 mm); bentuk kristal euhedral; menunjukkan adanya belahan dua arah; hadir setempat dalam sayatan
- 4. Epidot (J-L, 3-5)**
 10%; Berwarna putih-tidak berwarna dengan warna interferensi biru-kuning; relief sedang; bentuk kristal subhedral; ukuran kristal halus (<1 mm); hadir setempat dalam sayatan
- 5. Kalsit (C-G, 5-7)**
 10%; Berwarna putih-tidak berwarna dengan warna interferensi kuning terang; relief sedang; bentuk kristal subhedral; ukuran kristal halus (<1 mm); hadir setempat dalam sayatan
- 6. Mineral Opak (B, 7)**
 3%; Berwarna hitam; relief rendah; tidak menunjukkan adanya belahan; hadir menyebar dalam sayatan
- 7. Masa Dasar (D-F, 10)**
 50%; Berwarna putih-tidak berwarna dengan warna interferensi hitam; relief rendah; ukuran kristal halus (<1 mm); bentuk kristal subhedral; tidak menunjukkan adanya belahan; hadir merata dalam sayatan

Nama Batuan : Vulcanic Wacke (Gilbert, 1954)

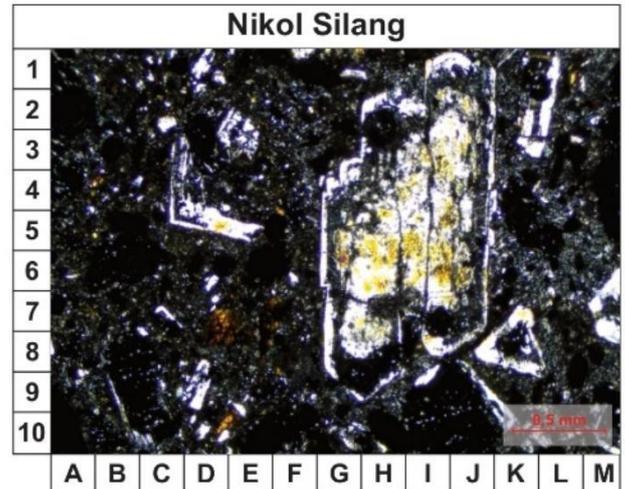
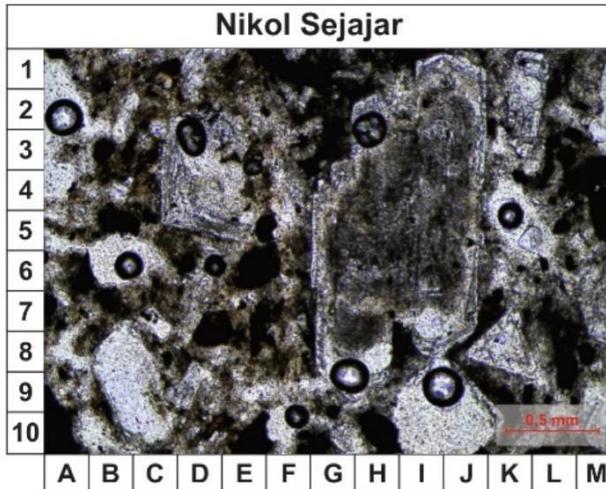


Nama / NIM : Melani Putri Pratama / 211.221.004

Nomor Sampel : BG-5

Lokasi : Bukit Gendol (LP 3)

Nama Lapangan : Fragmen Breksi Piroklastik



Pemerian Petrografis

Pengamatan sayatan tipis dilakukan pada batuan beku (plutonik) dengan perbesaran okuler 10x dan perbesaran objektif 4x. Memiliki tekstur umum dengan bentuk kristal subhedral-euhedral, tingkat kristalinitas hipokristalin, ukuran kristal halus (<1 mm), dan granularitas equigranular. Memiliki tekstur khusus porfiritik. Komposisi batuan tersusun oleh mineral utama berupa piroksen, plagioklas, kuarsa, dan mineral sekunder berupa hornblende yang teroksidasi, mineral opak dan masa dasar.

Komposisi Mineral:

1. Piroksen (G-J, 1-8)

65%; Berwarna coklat muda dengan warna interferensi coklat gelap-terang; relief tinggi; ukuran kristal halus (<1 mm); bentuk kristal euhedral; menunjukkan adanya belahan dua arah; hadir menyebar dalam sayatan

2. Plagioklas (K, 1-3)

10%; Berwarna putih-tidak berwarna dengan warna interferensi abu-abu; relief rendah; bentuk kristal euhedral; indeks bias $n_m > n_{kb}$; menunjukkan kembaran albit; pada Fenokris berukuran <1 mm, dengan nilai An-40 (andesin); dan pada mikrolit berukuran 0,2 mm; dengan nilai An-40 (andesin); hadir menyebar dalam sayatan

3. Kuarsa (M, 7)

5%; Berwarna hitam dengan warna interferensi coklat gelap; relief tinggi; ukuran kristal halus (<1 mm); bentuk kristal euhedral; menunjukkan adanya belahan dua arah; hadir setempat dalam sayatan

4. Hornblende Teroksidasi (D, 8)

5%; Berwarna hitam dengan warna interferensi coklat gelap-hitam; relief tinggi; tidak menunjukkan adanya belahan; hadir setempat dalam sayatan

5. Mineral Opak (A, 9-10)

5%; Berwarna hitam; relief rendah; tidak menunjukkan adanya belahan; hadir menyebar dalam sayatan

6. Masa Dasar (A, 3-6)

10%; Berwarna putih-tidak berwarna dengan warna interferensi hitam; relief rendah; ukuran kristal halus (<1 mm); bentuk kristal subhedral; tidak menunjukkan adanya belahan; hadir menyebar dalam sayatan

Nama Batuan : Andesit (Williams, 1954)

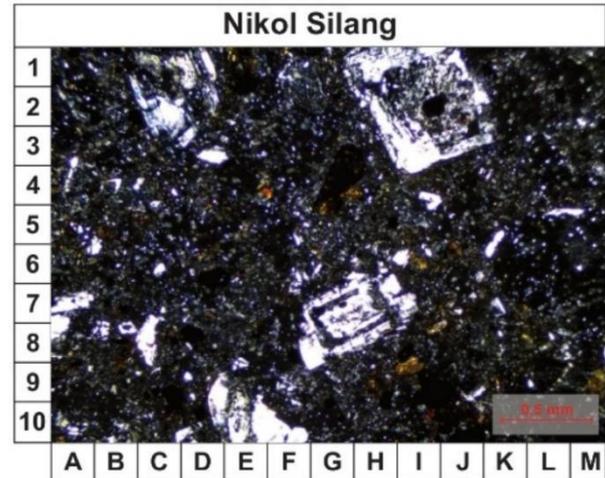
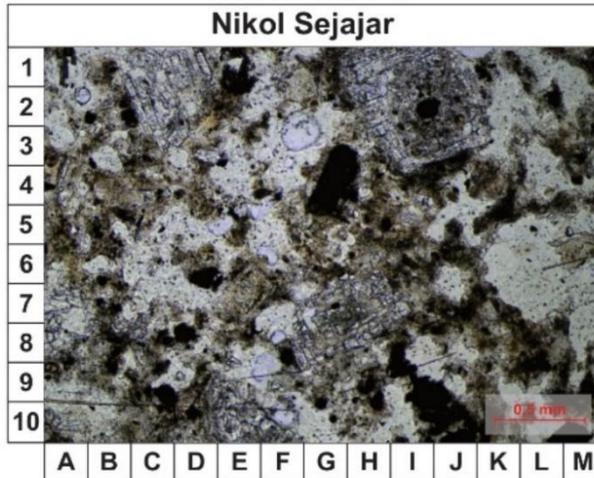


Nama / NIM : Melani Putri Pratama / 211.221.004

Nomor Sampel : BG-6

Lokasi : Bukit Gendol (LP 4)

Nama Lapangan : Fragmen Breksi Piroklastik



Pemerian Petrografis

Pengamatan sayatan tipis dilakukan pada batuan beku (plutonik) dengan perbesaran okuler 10x dan perbesaran objektif 4x. Memiliki tekstur umum dengan bentuk kristal subhedral-euhedral, tingkat kristalinitas hipokristalin, ukuran kristal halus (<1 mm), dan granularitas equigranular. Memiliki tekstur khusus porfiritik. Komposisi batuan tersusun oleh mineral utama berupa piroksen, plagioklas, kuarsa, dan mineral sekunder berupa hornblende yang teroksidasi, klorit, mineral opak dan masa dasar.

Komposisi Mineral:

1. Piroksen (G-I, 7-8)

40%; Berwarna coklat muda dengan warna interferensi coklat gelap-terang; relief tinggi; ukuran kristal halus (<1 mm); bentuk kristal euhedral; menunjukkan adanya belahan dua arah; hadir menyebar dalam sayatan

2. Plagioklas (D, 1-3)

20%; Berwarna putih-tidak berwarna dengan warna interferensi abu-abu; relief rendah; bentuk kristal euhedral; indeks bias $n_m > n_{kb}$; menunjukkan kembaran albit; pada Fenokris berukuran <1 mm, dengan nilai An-37,5 (andesin); dan pada mikrolit berukuran 0,2 mm; dengan nilai An-40 (andesin); hadir menyebar dalam sayatan

3. Kuarsa (F, 10)

7%; Berwarna hitam dengan warna interferensi coklat gelap; relief tinggi; ukuran kristal halus (<1 mm); bentuk kristal euhedral; menunjukkan adanya belahan dua arah; hadir setempat dalam sayatan

4. Hornblende Teroksidasi (I-J, 9-10)

13%; Berwarna hitam dengan warna interferensi coklat gelap-hitam; relief tinggi; tidak menunjukkan adanya belahan; hadir setempat dalam sayatan

5. Mineral Opak (C, 9)

5%; Berwarna hitam; relief rendah; tidak menunjukkan adanya belahan; hadir menyebar dalam sayatan

6. Masa Dasar (A, 3-6)

15%; Berwarna putih-tidak berwarna dengan warna interferensi hitam; relief rendah; ukuran kristal halus (<1 mm); bentuk kristal subhedral; tidak menunjukkan adanya belahan; hadir menyebar dalam sayatan

Nama Batuan : Andesit (Williams, 1954)

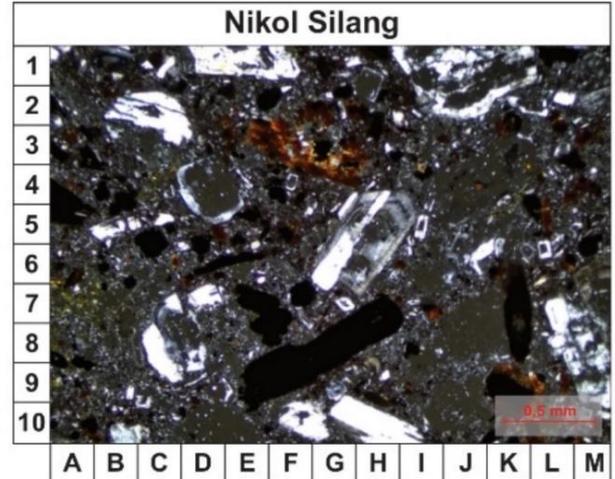
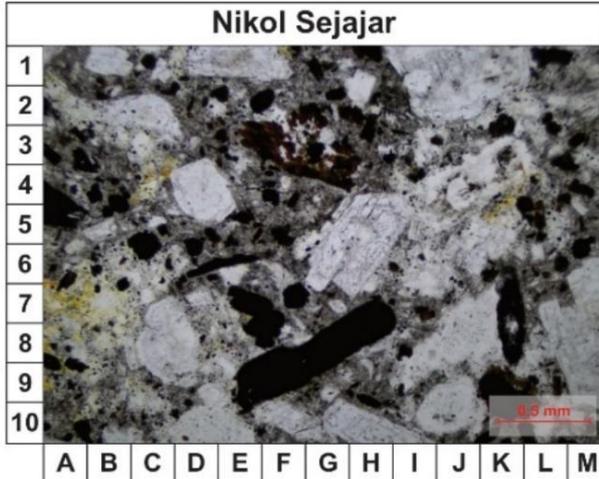


Nama / NIM : Melani Putri Pratama / 211.221.004

Nomor Sampel : BG-8

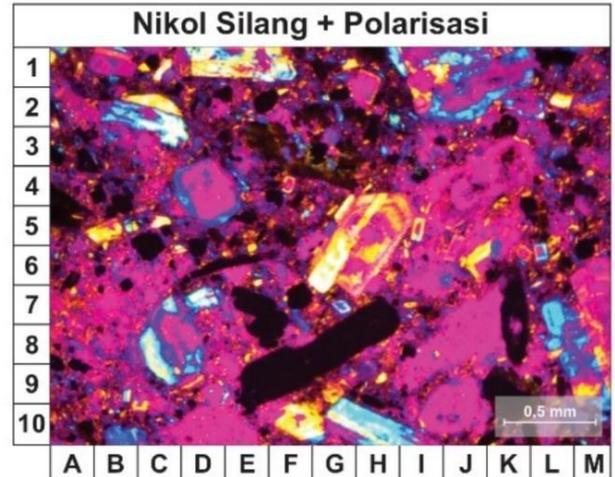
Lokasi : Bukit Gendol (LP 5)

Nama Lapangan : Matriks Breksi Piroklastik



Pemerian Petrografis

Pengamatan sayatan tipis dilakukan pada batuan sedimen dengan perbesaran okuler 10x dan perbesaran objektif 4x. Memiliki tekstur umum dengan bentuk kristal subhedral-euhedral, tingkat kristalinitas hipokristalin, ukuran kristal halus (<1 mm), dan granularitas inequigranular. Memiliki tekstur khusus porfiritik. Komposisi batuan tersusun oleh mineral utama berupa piroksen, plagioklas, kuarsa, dan mineral sekunder berupa hornblende yang teroksidasi, klorit, mineral opak dengan masa dasar berupa material amorf.



Komposisi Mineral:

- 1. Piroksen (L, 6)**
 3%; Berwarna cokelat muda dengan warna interferensi coklat gelap-terang; relief tinggi; ukuran kristal halus (<1 mm); bentuk kristal euhedral; menunjukkan adanya belahan dua arah; hadir setempat dalam sayatan
- 2. Plagioklas (G-I, 10)**
 27%; Berwarna putih-tidak berwarna dengan warna interferensi abu-abu; relief rendah; bentuk kristal euhedral; indeks bias $n_m > n_{kb}$; menunjukkan kembaran albit; pada Fenokris berukuran <1 mm, dengan nilai An-42 (andesin); dan pada mikrolit berukuran <0,1 mm; dengan An-38 (andesin); hadir menyebar dalam sayatan
- 3. Kuarsa (F, 10)**
 5%; Berwarna hitam dengan warna interferensi putih; relief tinggi; ukuran kristal halus (<1 mm); bentuk kristal euhedral; menunjukkan adanya belahan dua arah; hadir setempat dalam sayatan
- 4. Hornblende Teroksidasi (E-H, 3-4)**
 15%; Berwarna hitam dengan warna interferensi coklat gelap-hitam; relief tinggi; tidak menunjukkan adanya belahan; hadir menyebar dalam sayatan
- 5. Klorit (A, 7)**
 5%; Berwarna hijau dengan warna interferensi hijau terang; relief rendah; tidak menunjukkan adanya belahan; hadir menyebar dalam sayatan
- 6. Mineral Opak (E-H, 7-9)**
 10%; Berwarna hitam; relief rendah; tidak menunjukkan adanya belahan; hadir menyebar dalam sayatan
- 7. Masa Dasar (J, 7-10)**
 35%; Berwarna putih-tidak berwarna dengan warna interferensi abu-abu; relief rendah; ukuran kristal halus (<1 mm); bentuk kristal subhedral; tidak menunjukkan adanya belahan; hadir merata dalam sayatan

Nama Batuan : Vulcanic Wacke (Gilbert, 1954)

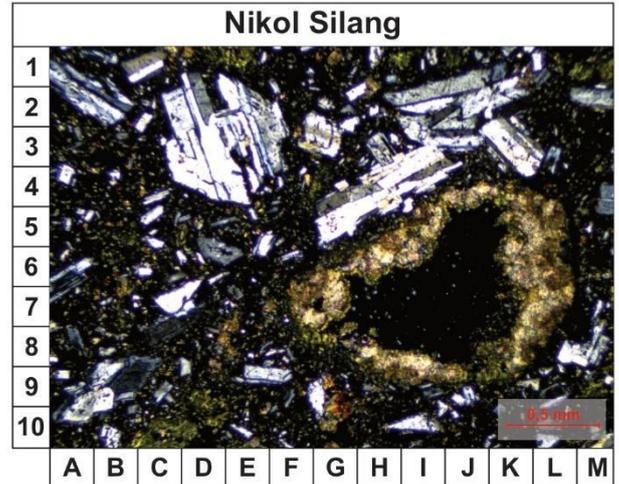
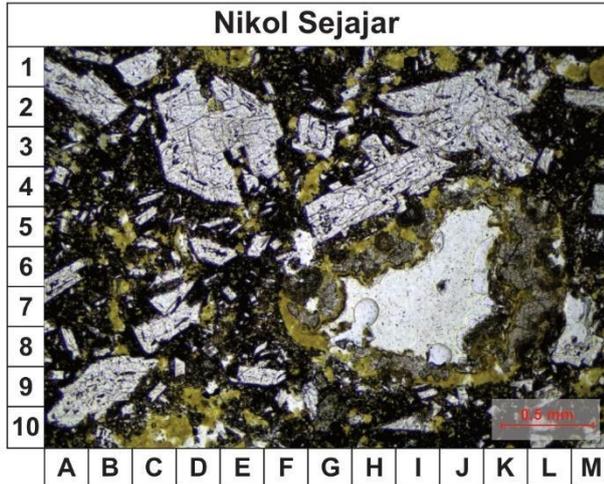


Nama / NIM : Melani Putri Pratama / 211.221.004

Nomor Sampel : BG-7

Lokasi : Bukit Gendol (LP 5)

Nama Lapangan : Fragmen Breksi Piroklastik



Pemerian Petrografis

Pengamatan sayatan tipis dilakukan pada batuan beku (plutonik) dengan perbesaran okuler 10x dan perbesaran objektif 4x. Memiliki tekstur umum dengan bentuk kristal subhedral-euhedral, tingkat kristalinitas hipokristalin, ukuran kristal halus (<1 mm), dan granularitas equigranular. Memiliki tekstur khusus porfiritik. Komposisi batuan tersusun oleh mineral utama berupa piroksen, plagioklas, kuarsa, dan mineral sekunder berupa hornblende yang teroksidasi, kalsit, klorit, mineral opak dan masa dasar.

Komposisi Mineral:

1. Piroksen (F, 3)

5%; Berwarna cokelat muda dengan warna interferensi cokelat gelap-terang; relief tinggi; ukuran kristal halus (<1 mm); bentuk kristal euhedral; menunjukkan adanya belahan dua arah; hadir menyebar dalam sayatan

2. Plagioklas (C-F, 2-4)

35%; Berwarna putih-tidak berwarna dengan warna interferensi abu-abu; relief rendah; bentuk kristal euhedral; indeks bias $n_m > n_{kb}$; menunjukkan kembaran albit; pada Fenokris berukuran <1 mm, dengan nilai An-37,5 (andesin); dan pada mikrolit berukuran 0,2 mm; dengan nilai An-40 (andesin); hadir menyebar dalam sayatan

3. Kuarsa (C, 7)

7%; Berwarna hitam dengan warna interferensi cokelat gelap; relief tinggi; ukuran kristal halus (<1 mm); bentuk kristal euhedral; menunjukkan adanya belahan dua arah; hadir setempat dalam sayatan

4. Hornblende Teroksidasi (G, 9)

3%; Berwarna hitam dengan warna interferensi cokelat gelap-hitam; relief tinggi; tidak menunjukkan adanya belahan; hadir setempat dalam sayatan

5. Kalsit (F-G, 7)

20%; Berwarna putih-tidak berwarna dengan warna interferensi kuning terang; relief sedang; bentuk kristal subhedral; ukuran kristal halus (<1 mm); hadir setempat dalam sayatan

6. Klorit (C-D, 10)

10%; Berwarna hitam dengan warna interferensi hijau terang; relief rendah; tidak menunjukkan adanya belahan; hadir menyebar dalam sayatan

7. Mineral Opak (G, 10)

5%; Berwarna hitam; relief rendah; tidak menunjukkan adanya belahan; hadir menyebar dalam sayatan

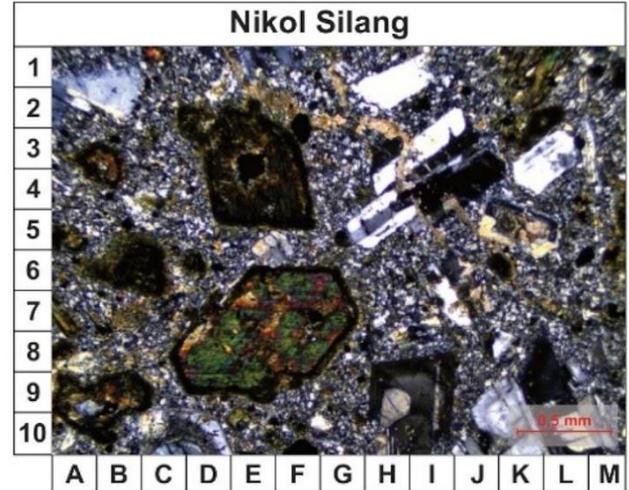
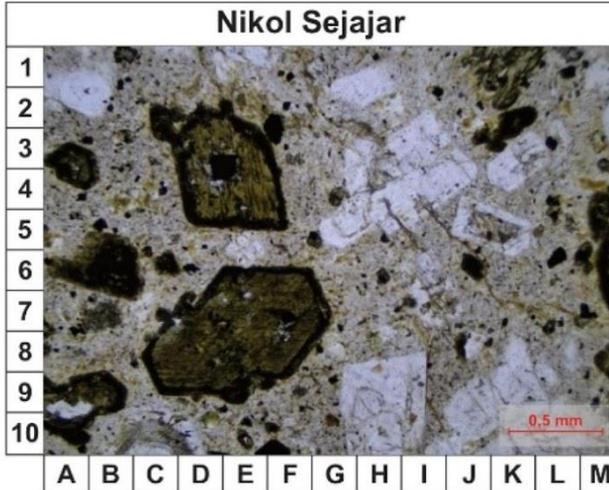
8. Masa Dasar (B, 5-6)

15%; Berwarna putih-tidak berwarna dengan warna interferensi hitam; relief rendah; ukuran kristal halus (<1 mm); bentuk kristal subhedral; tidak menunjukkan adanya belahan; hadir menyebar dalam sayatan

Nama Batuan : Andesit (Williams, 1954)



Nama / NIM : Melani Putri Pratama / 211.221.004
Nomor Sampel : WS-1
Lokasi : Waduk Sermo
Nama Lapangan : Matriks Breksi Piroklastik



Pemerian Petrografis

Pengamatan sayatan tipis dilakukan pada batuan sedimen dengan perbesaran okuler 10x dan perbesaran objektif 4x. Memiliki tekstur umum dengan bentuk kristal subhedral-euhedral, tingkat kristalinitas hipokristalin, ukuran kristal sedang (1-5 mm) hingga halus (<1 mm), dan granularitas inequigranular. Memiliki tekstur khusus porfiritik. Komposisi batuan tersusun oleh mineral utama berupa piroksen, plagioklas, kuarsa, dan mineral sekunder berupa hornblende yang teroksidasi, kalsit, epidot, mineral opak dan masa dasar.

Komposisi Mineral:

1. Piroksen (G-I, 9-10)

30%; Berwarna coklat muda dengan warna interferensi coklat gelap-terang; relief tinggi; ukuran kristal halus (<1 mm); bentuk kristal euhedral; menunjukkan adanya belahan dua arah; hadir menyebar dalam sayatan

2. Plagioklas (D, 1-3)

10%; Berwarna putih-tidak berwarna dengan warna interferensi abu-abu; relief rendah; bentuk kristal euhedral; indeks bias $n_m > n_{kb}$; menunjukkan kembaran albit; pada Fenokris berukuran <1 mm, dengan nilai An-42 (andesin); dan pada mikrolit berukuran 0,2 mm; dengan nilai An-40 (andesin); hadir menyebar dalam sayatan

3. Kuarsa (F, 10)

2%; Berwarna hitam dengan warna interferensi coklat gelap; relief tinggi; ukuran kristal halus (<1 mm); bentuk kristal euhedral; menunjukkan adanya belahan dua arah; hadir setempat dalam sayatan

4. Hornblende Teroksidasi (D-G, 6-9)

30%; Berwarna hitam dengan warna interferensi coklat gelap-hitam; relief tinggi; tidak menunjukkan adanya belahan; hadir menyebar dalam sayatan

5. Kalsit (D, 3)

5%; Berwarna putih-tidak berwarna dengan warna interferensi kuning terang; relief sedang; bentuk kristal subhedral; ukuran kristal halus (<1 mm); hadir setempat dalam sayatan

6. Epidot (K, 1)

5%; Berwarna hitam dengan warna interferensi hijau; relief tinggi; tidak menunjukkan adanya belahan; hadir setempat dalam sayatan

7. Mineral Opak (J, 6)

5%; Berwarna hitam; relief rendah; tidak menunjukkan adanya belahan; hadir menyebar dalam sayatan

8. Masa Dasar (H, 6-8)

13%; Berwarna putih-tidak berwarna dengan warna interferensi hitam; relief rendah; ukuran kristal halus (<1 mm); bentuk kristal subhedral; tidak menunjukkan adanya belahan; hadir menyebar dalam sayatan

Nama Batuan : Vulcanic Wacke (Gilbert, 1954)

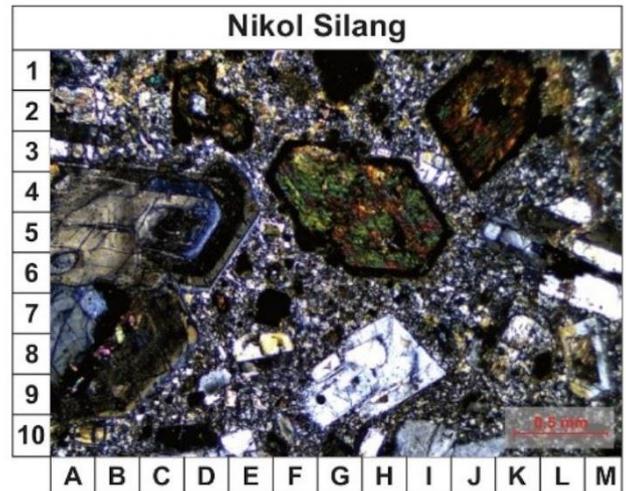
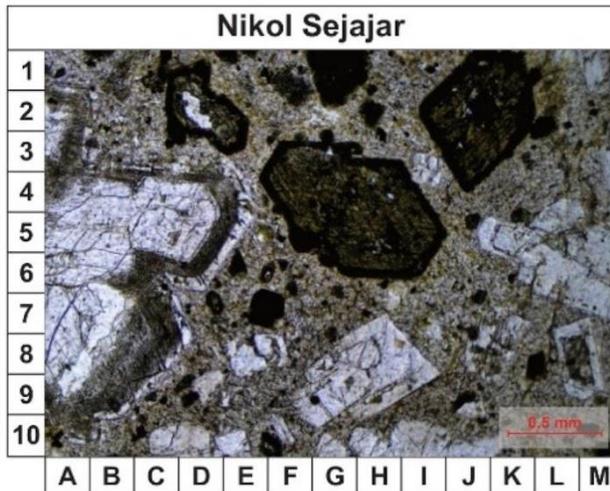


Nama / NIM : Melani Putri Pratama / 211.221.004

Nomor Sampel : WS-2

Lokasi : Waduk Sermo

Nama Lapangan : Matriks Breksi Piroklastik



Pemerian Petrografis

Pengamatan sayatan tipis dilakukan pada batuan sedimen dengan perbesaran okuler 10x dan perbesaran objektif 4x. Memiliki tekstur umum dengan bentuk kristal subhedral-euhedral, tingkat kristalinitas hipokristalin, ukuran kristal sedang (1-5 mm) hingga halus (<1 mm), dan granularitas inequigranular. Memiliki tekstur khusus porfiritik. Komposisi batuan tersusun oleh mineral utama berupa piroksen, plagioklas, kuarsa, dan mineral sekunder berupa hornblende yang teroksidasi, kalsit, epidot, mineral opak dan masa dasar.

Komposisi Mineral:

1. Piroksen (G-I, 7-9)

30%; Berwarna coklat muda dengan warna interferensi coklat gelap-terang; relief tinggi; ukuran kristal halus (<1 mm); bentuk kristal euhedral; menunjukkan adanya belahan dua arah; hadir menyebar dalam sayatan

2. Plagioklas (J-L, 5)

10%; Berwarna putih-tidak berwarna dengan warna interferensi abu-abu; relief rendah; bentuk kristal euhedral; indeks bias $n_m > n_{kb}$; menunjukkan kembaran albit; pada Fenokris berukuran <1 mm, dengan nilai An-42 (andesin); dan pada mikrolit berukuran 0,2 mm; dengan nilai An-40 (andesin); hadir menyebar dalam sayatan

3. Kuarsa (E-F, 8)

2%; Berwarna hitam dengan warna interferensi coklat gelap; relief tinggi; ukuran kristal halus (<1 mm); bentuk kristal euhedral; menunjukkan adanya belahan dua arah; hadir setempat dalam sayatan

4. Hornblende Teroksidasi (E-I, 3-6)

35%; Berwarna hitam dengan warna interferensi coklat gelap-hitam; relief tinggi; tidak menunjukkan adanya belahan; hadir menyebar dalam sayatan

5. Kalsit (B, 2)

3%; Berwarna putih-tidak berwarna dengan warna interferensi kuning terang; relief sedang; bentuk kristal subhedral; ukuran kristal halus (<1 mm); hadir setempat dalam sayatan

6. Epidot (C, 1)

5%; Berwarna hitam dengan warna interferensi hijau; relief tinggi; tidak menunjukkan adanya belahan; hadir setempat dalam sayatan

7. Mineral Opak (E, 7)

5%; Berwarna hitam; relief rendah; tidak menunjukkan adanya belahan; hadir menyebar dalam sayatan

8. Masa Dasar (H, 6-8)

10%; Berwarna putih-tidak berwarna dengan warna interferensi hitam; relief rendah; ukuran kristal halus (<1 mm); bentuk kristal subhedral; tidak menunjukkan adanya belahan; hadir menyebar dalam sayatan

Nama Batuan : Vulcanic Wacke (Gilbert, 1954)

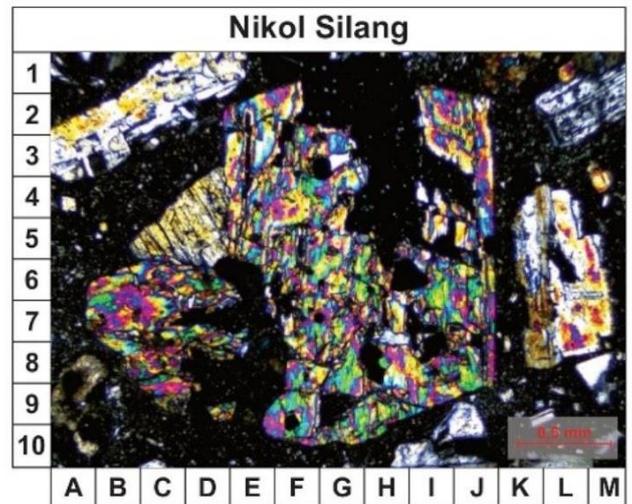
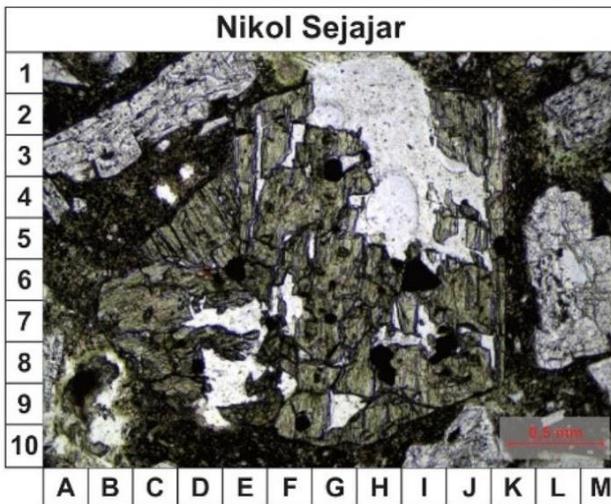


Nama / NIM : Melani Putri Pratama / 211.221.004

Nomor Sampel : WS-3

Lokasi : Waduk Sermo

Nama Lapangan : Fragmen Breksi Piroklastik



Pemerian Petrografis

Pengamatan sayatan tipis dilakukan pada batuan beku (plutonik) dengan perbesaran okuler 10x dan perbesaran objektif 4x. Memiliki tekstur umum dengan bentuk kristal subhedral-euhedral, tingkat kristalinitas hipokristalin, ukuran kristal sedang (1-5 mm) hingga halus (<1 mm), dan granularitas inequigranular. Memiliki tekstur khusus porfiritik. Komposisi batuan tersusun oleh mineral utama berupa piroksen, plagioklas, kuarsa, dan mineral sekunder berupa epidot, mineral opak dan masa dasar.

Komposisi Mineral:

1. Piroksen (A-E, 1-3)

30%; Berwarna coklat muda dengan warna interferensi coklat gelap-terang; relief tinggi; ukuran kristal sedang (1-5 mm) hingga halus (<1 mm); bentuk kristal euhedral; menunjukkan adanya belahan dua arah; hadir menyebar dalam sayatan

2. Plagioklas (L-M, 2-3)

5%; Berwarna putih-tidak berwarna dengan warna interferensi abu-abu; relief rendah; ukuran kristal halus (<1 mm); bentuk kristal euhedral; indeks bias $n_m > n_{kb}$; menunjukkan kembaran albit dengan nilai An-42 (andesin); hadir setempat dalam sayatan

3. Kuarsa (M, 9)

2%; Berwarna hitam dengan warna interferensi coklat gelap; relief tinggi; ukuran kristal halus (<1 mm); bentuk kristal euhedral; menunjukkan adanya belahan dua arah; hadir setempat dalam sayatan

4. Epidot (E-J, 2-9)

50%; Berwarna hitam dengan warna interferensi hijau-ungu; relief tinggi; tidak menunjukkan adanya belahan; hadir menyebar dalam sayatan

5. Mineral Opak (A, 9)

3%; Berwarna hitam; relief rendah; tidak menunjukkan adanya belahan; hadir menyebar dalam sayatan

6. Masa Dasar (D-G, 10)

10%; Berwarna putih-tidak berwarna dengan warna interferensi hitam; relief rendah; ukuran kristal halus (<1 mm); bentuk kristal subhedral; tidak menunjukkan adanya belahan; hadir menyebar dalam sayatan

Nama Batuan : Andesit (Williams, 1954)