

Identifikasi zona sesar kaligarang semarang menggunakan data gravitasi satelit topex

SKRIPSI

Diajukan untuk Memenuhi Sebagian Syarat Guna Memperoleh
Gelar Sarjana Fisika dalam Ilmu Fisika



Oleh:

GALIH HARIN PRASETYA

NIM. 1908026015

**PROGRAM STUDI FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO
SEMARANG
2024**

LEMBAR PENGESAHAN UJIAN MUNAQOSAH

KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
Jl. Prof. Dr. Hamka (Kampus III) Ngaliyan Semarang Telp. 024-
7601295 Fax. 7615387

PENGESAHAN

Naskah skripsi berikut ini :

Judul : Identifikasi Zona Sesar Kaligarang Semarang

Menggunakan Data Gravitasi Satelit Topex

Penulis : Galih Harin Prasetya

Nim : 1908026015

Program Studi : Fisika

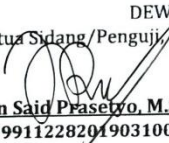
Telah diujikan dalam sidang munaqosah oleh Dewan Penguji
Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo dan dapat
diterima sebagai salah satu syarat memperoleh gelar sarjana
dalam Ilmu Fisika

Semarang, 8 Juli 2024

DEWAN PENGUJI

Ketua Sidang/Penguji,

Sekretaris Sidang/Penguji,


Irman Said Prasetyo, M.Sc


Arsini, M.Sc

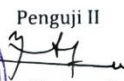
NIP. 199112282019031009

NIP. 198408122011012011

Penguji I

Penguji II


Susilawati, M.Pd


Sheila Rully Anggita, M.Si

NIP. 198605122019032010

NIP. 199005052019032017

Pembimbing I

Pembimbing II


Hartono, M.Sc


Agus Sudarmanto, M.Si

NIP. 199009242019031006

NIP. 197708232009121001

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Galih Harin Prasetya

NIM : 1908026015

Program Studi : Fisika

Menyatakan bahwa skripsi yang berjudul :

"IDENTIFIKASI ZONA SESAR KALIGARANG SEMARANG MENGGUNAKAN DATA SATELIT TOPEX"

Secara keseluruhan adalah hasil penelitian/karya saya sendiri, kecuali bagian tertentu yang dirujuk sumbernya.

Semarang, 19 Juni 2024

Penulis



Galih Harin Prasetya

NIM. 1908026015

NOTA PEMBIMBING I

Semarang, 19 Juni 2024

Yth. Ketua Program Studi Fisika
Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Walisongo Semarang

Assalamualaikum wr. wb.

Dengan ini diberitahukan bahwa saya telah melakukan bimbingan, arahan, dan koreksi naskah skripsi dengan :

Judul : **IDENTIFIKASI ZONA SESAR KALIGARANG SEMARANG
MENGUNAKAN DATA SATELIT TOPEX**

Nama : Galih Harin Prasetya

NIM : 1908026015

Program Studi : Fisika

Saya memandang bahwa naskah skripsi tersebut sudah dapat diajukan kepada Fakultas Sains dan Teknologi untuk diujikan dalam sidang munaqosyah.

Wassalamualaikum wr. wb.

Pembimbing I



Hartono, M.Sc.

NIP. 199009242019031006

NOTA PEMBIMBING II

Semarang, 19 Juni 2024

Yth. Ketua Program Studi Fisika
Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Walisongo Semarang

Assalamualaikum wr. wb.

Dengan ini diberitahukan bahwa saya telah melakukan bimbingan, arahan, dan koreksi naskah skripsi dengan :

Judul : **IDENTIFIKASI ZONA SESAR KALIGARANG SEMARANG
MENGUNAKAN DATA SATELIT TOPEX**
Nama : Galih Harin Prasetya
NIM : 1908026015
Program Studi : Fisika

Saya memandang bahwa naskah skripsi tersebut sudah dapat diajukan kepada Fakultas Sains dan Teknologi untuk diujikan dalam siding munaqosyah.

Wassalamualaikum wr. wb.

Pembimbing II



Agus Sudarmanto. M.Sc.

NIP. 197708232009121001

ABSTRAK

Sesar Kaligarang adalah salah satu sesar aktif yang terletak di bagian timur laut kota Semarang dan membentang dari wilayah Gunungpati hingga Banyumanik, Kota Semarang. Keberadaan sesar dapat menjadi salah satu faktor adanya aktivitas kegempaan. Metode gravitasi dengan teknik *Second Vertical Derivative* (SVD) digunakan untuk mengidentifikasi zona sesar kaligarang menggunakan data gravitasi satelit TOPEX. Peta *Second Vertical Derivative* diperoleh nilai berkisar $-0,0000059 \text{ mGal/m}^2$ hingga $0,0000047 \text{ mGal/m}^2$, dimana nilai anomali rendah berkorelasi dengan sedimen pada formasi kaligetas dan damar, sedangkan nilai anomali tinggi berkorelasi dengan daerah yang memiliki formasi kerek, dan mineralisasi tinggi. Berdasarkan peta *Second Vertical Derivative* yang didapatkan keberadaan zona sesar Kaligarang tidak dapat teramati dengan jelas. Ketiadaan indikasi zona sesar disebabkan oleh beberapa faktor, yaitu resolusi data gravitasi, kompleksitas geologi daerah penelitian, dan kedalaman sesar, dan metodologi pengolahan data. Sehingga keberadaan sesar Kaligarang masih diduga berada di daerah dengan variasi litologi daerah Kota Semarang.

Kata kunci : metode gravitasi, sesar kaligarang, SVD

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum wr. wb.

Puji syukur kehadiran Allah Swt yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi ini dengan judul : “Identifikasi Zona Sesar Kaligarang Semarang Menggunakan Data Satelit TOPEX”. Selawat serta salam semoga tetap tercurahkan kepada baginda Nabi Muhammad saw yang telah mengantarkan dari jaman kebodohan ke jaman yang terang benderang seperti sekarang ini, semoga kita termasuk orang-orang yang akan diberikan syafaatnya.

Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat guna memperoleh gelar sarjana Fisika di jurusan Fisika Universitas Islam Negeri Walisongo Semarang. Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini masih ada kekurangan dan kesalahan, maka dari itu, penulis dengan penuh kerendahan hati mengharapkan dan menerima saran dan kritikan dari berbagai pihak untuk dijadikan bahan masukan dan evaluasi untuk perbaikan dan kesempurnaan penulisan skripsi ini. Penulis berharap penelitian ini dapat memberikan manfaat kepada pembaca dan menambah wawasan pengetahuan bagi kita semua.

Penulis menyadari bahwa penulisan skripsi ini terselesaikan karena adanya kerja keras, tanggung jawab

untuk menyelesaikan skripsi, doa, bimbingan dan dukungan dari berbagai pihak, serta kritik dan saran yang membantu terselesaikannya penulisan skripsi ini. Oleh karena itu penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang mendalam dan tak terkira kepada:

1. Prof. Dr. Nizar Ali, M.Ag., selaku Rektor Universitas Islam Negeri Walisongo Semarang.
2. Prof. Dr. Musahadi, M.Ag., selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Walisongo Semarang.
3. Alwiyah Nurhatin, M.Si., Ph.D., selaku Ketua Program Studi Fisika Universitas Islam Negeri Walisongo Semarang yang selalu mengarahkan dan senantiasa memberikan dorongan hingga skripsi ini dapat selesai.
4. Muhammad Ardhi Khalif, M.Sc selaku Sekretaris Program Studi Fisika UIN Walisongo Semarang.
5. Hartono, M.Sc., selaku Dosen Pembimbing I yang telah meluangkan waktu untuk memberikan bimbingan, kritik, saran dan motivasi kepada penulis dengan penuh sabar dan pengertian dalam penyusunan skripsi.
6. Agus sudarmanto M.Si., selaku Dosen Pembimbing II yang telah meluangkan waktu untuk membantu, mengarahkan dan senantiasa memberikan dorongan sehingga skripsi ini dapat selesai.

7. Fahrizal Rian Pratama, M.Sc., selaku Wali Dosen Penulis yang sudah membimbing dan mengarahkan penulis dari awal perkuliahan sampai penyelesaian skripsi.
8. Dosen, Pegawai dan Civitas Akademik Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Walisongo Semarang yang memberikan banyak ilmu dan pengetahuan sampai tahap di akhir penulisan skripsi ini, memberikan skala bermanfaat dalam penulisan ini.
9. Kedua orang tua tercinta Ayahanda Inti Pamuji dan Ibunda Harti Musrifah yang senantiasa dengan sabar memberikan dukungan baik secara finansial, doa, maupun motivasi dengan penuh keikhlasan yang tak terhingga kepada penulis agar dapat menyelesaikan skripsi. Semoga Allah Swt memberikan tempat terbaik di dunia dan di akhirat kelak.
10. Adik tercinta Galuh Harin Prasetya yang telah menjadi penyemangat agar penulis menyelesaikan skripsi.
11. KSR PMI Unit UIN Walisongo Semarang, yang telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk tumbuh dan berkembang menjadi pribadi yang berpegang teguh pada prinsip kepalangmerahan.
12. Rekan-rekanita KSR PMI Unit UIN Walisongo Semarang Angkatan 2019 yang telah memberikan cerita dan motivasi kepada penulis agar selalu tersenyum dan

semangat menjalani kehidupan di perkuliahan terutama Afwan, Azka, Alfina, Baity, Maidatul, Asma, Hilda, dan Halimah yang telah kebersamai penulis menuntaskan tugas sebagai Pengurus Harian tahun 2022.

13. Teman-teman seperjuangan Fisika Angkatan 2019 yang selalu kebersamai penulis dari awal hingga akhir terutama Dhamar, Bando, Dani, Zaidan, dan Fatkhul yang telah memberikan semangat dan motivasi untuk menyelesaikan perkuliahan hingga akhir.
14. Keluarga besar Pos Pengamatan Gunungapi Sundoro-Sumbing yang telah memberikan kesempatan untuk melaksanakan praktek lapangan dan memberikan bimbingan serta motivasi kepada penulis, sehingga memberikan pengalaman kerja yang berarti bagi penulis.
15. Sahabat seperjuangan Duakh Dhamarjati yang telah memberikan dukungan kepada penulis agar melakukan bimbingan skripsi dan dengan sabar meluangkan waktu untuk mendengarkan curahan hati penulis.
16. Sahabat masa sekolah Yoga, Dias, Willy, Titan, dan Nur yang telah memberikan semangat dan motivasi kepada penulis untuk menyelesaikan skripsi.
17. Yunita Eka Safitri, terima kasih telah dengan sabar memberikan semangat dan motivasi untuk menyelesaikan skripsi.

18. Grup *idol JKT48* yang telah menjadi penyemangat kepada penulis melalui lagu-lagunya, terutama Freya, Zee, Christy, Ella, dan Regie yang selalu memberikan hiburan dan menjadi penyemangat penulis dalam menyelesaikan skripsi.

Bagi seluruh pihak yang tidak bisa penulis sebutkan namanya satu persatu, penulis mengucapkan rasa terima kasih banyak atas segala doa dan dukungannya serta mohon maaf yang sebesar-besarnya. Semoga segala kebaikan, bantuan, dan amal baik dari berbagai pihak diatas mendapatkan balasan yang setimpal dari Allah Swt. Penulis senantiasa berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat untuk berbagai pihak. *Aamiin..*

Wassalamualaikum, wr. wb.

Semarang, 19 Juni 2024
Penulis

Galih Harin Prasetya
NIM. 1908026015

DAFTAR ISI

COVER	1
LEMBAR PENGESAHAN UJIAN MUNAQOSAH	2
PERNYATAAN KEASLIAN	3
NOTA PEMBIMBING I	4
NOTA PEMBIMBING II	5
ABSTRAK	6
KATA PENGANTAR	7
DAFTAR ISI	12
DAFTAR GAMBAR	14
DAFTAR TABEL	15
BAB I PENDAHULUAN.....	16
A. Latar Belakang	16
B. Rumusan Masalah	22
C. Tujuan Penelitian.....	23
D. Manfaat Penelitian	23
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	25
A. Kajian Teori	25
B. Kajian Pustaka.....	52
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	57
A. Tempat dan Waktu Penelitian.....	57
B. Alat dan Bahan	58
C. Prosedur Penelitian	59

D. Teknik Pengambilan Data	63
E. Teknik Analisis Data.....	64
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	71
A. Peta Anomaly Bouger Lengkap.....	71
B. Peta Anomaly Regional	74
C. Peta Anomaly Residual	76
D. Peta Total Horizontal Derivative.....	78
E. Peta Second Vertical Derivative	80
BAB V KESIMPULAN	86
A. Kesimpulan.....	86
B. Saran	87
DAFTAR PUSTAKA.....	88
LAMPIRAN	93

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Peta Geomorfologi Indonesia (Poedjoprajitno et al., 2008)	26
Gambar 2. 2 Peta Geomorfologi Lembar Semarang dan Bagian Utara Ungaran	26
Gambar 2. 3 . Klasifikasi Sesar dan Principal Stress Pembentuknya (Anderson, 1951 dalam Zoback 2007).	29
Gambar 2. 4 Gaya tarik menarik antara dua buah benda.....	32
Gambar 2. 5 Potensial gravitasi akibat benda tiga dimensi bermassa (Telford et al., 1990)	36
Gambar 2. 6 Kurva Koreksi Apungan (Drift Correction) (Reynolds, 2011)	39
Gambar 2. 7 Koreksi Pasang Surut (Tidal Correction) (Reynolds, 2011)	41
Gambar 2. 8 Diagram Zona Hammer (Reynolds, 2011)	45
Gambar 2. 9 Diagram Zona Hammer dengan ketinggian H (Reynolds, 2011)	45
Gambar 3. 1 Lokasi Penelitian	57
Gambar 3. 2 Diagram Alir Prosedur Penelitian.....	62
Gambar 4. 1 Peta Anomali Bouger Lengkap	72
Gambar 4. 2 Overlay ABL dengan Peta Geologi.....	73
Gambar 4. 3 Peta Anomali Regional	75
Gambar 4. 4 Peta Anomali Residual.....	77
Gambar 4. 5 Overlay Anomali Residual dengan Peta Geologi	78
Gambar 4. 6 Peta Total Horizontal Derivative	79
Gambar 4. 7 Peta Second Vertical Derivative.....	81
Gambar 4. 8 Overlay Peta Second Vertical Derivative dengan Peta Geologi.....	82

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Hubungan sumbu dengan jenis sesar dalam klasifikasi Anderson (1951).....	29
Tabel 3. 1 Batas Lokasi Penelitian	57
Tabel 3. 2 Waktu Penelitian	58

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Kota Semarang merupakan ibu kota dari Provinsi Jawa Tengah yang memiliki luas wilayah 373,78 km² dan terletak di utara Pulau Jawa. Kota Semarang memiliki penduduk sekitar 1,7 juta jiwa (BPS, 2020). Sebagai kota yang memiliki sejarah panjang, Kota Semarang memiliki banyak bangunan peninggalan sejarah yang menjadi potensi pariwisata yang menarik. Namun, Kota Semarang juga memiliki tantangan dalam bidang lingkungan dan mitigasi risiko bencana. Morfologi Kota Semarang beragam karena terletak di wilayah pantai utara Pulau Jawa yang berbukit-bukit. Terutama bagian barat kota ini didominasi pegunungan yang membentang dari barat laut hingga tenggara, sehingga sangat rawan bencana alam. Jika terjadi gempa bumi yang cukup besar maka akan berdampak pada pergeseran tanah yang menyebabkan longsor. Hal tersebut dikarenakan pada selatan Pulau Jawa berada pada zona subduksi lempeng Indo-Australia-Eurasia (Damayanti et al., 2020).

Kota Semarang berada pada zona subduksi lempeng Indo-Australia dan lempeng Eurasia. Lempeng Indo-Australia yang bergerak ke utara dan menabrak

lempeng Eurasia, yang membentuk jalur subduksi dan terletak di selatan Pulau Jawa. Ketika bertabrakan, lempeng Indo-Australia bergerak tenggelam ke bawah lempeng Eurasia karena lempeng ini lebih padat dan berat. Pada zona subduksi inilah terjadi banyak aktivitas tektonik, seperti gempa bumi dan gunung api akibat dari pergerakan lempeng tersebut. Zona subduksi lempeng Indo-Australia-Eurasia memiliki pengaruh besar terhadap terbentuknya sesar dan aktivitas tektonik di wilayah Indonesia. Proses subduksi ini menghasilkan tekanan besar pada lempeng tektonik, sehingga memicu terbentuknya sesar dan gempa bumi.

Gempa bumi yang terjadi di Pulau Jawa, khususnya Kota Semarang berasal dari sesar-sesar aktif yang berada di Pulau Jawa. Sesar merupakan celah atau rekahan pada kerak bumi yang terjadi akibat pergerakan lempeng tektonik. Sesar terbentuk ketika lempeng tektonik bergeser relatif satu sama lain, dan dapat terbentuk di atas maupun di bawah zona subduksi. Sesar aktif yang berdampak bagi kegempaan di Kota Semarang dan sekitarnya adalah Sesar Lusi, Sesar Kendeng, dan Sesar Kaligarang (Partono, 2015). Jika salah satu sesar terjadi pergeseran maka akan mempengaruhi sesar-sesar aktif lainnya dan dapat menimbulkan sesar-sesar minor.

Sejarah kegempaan Kota Semarang terekam dalam katalog gempabumi yang dikeluarkan oleh Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika menunjukkan Kota Semarang pernah diguncang gempabumi pada tahun 1856 dengan intensitas mencapai VII – VIII MMI (Modified Mercalli Intensuty)(Supartoyo et al., 2014). Gempabumi yang terakhir pada tanggal 23 Oktober 2021 di Ambarawa, Kabupaten Semarang dengan intensitas II – III MMI. Gempabumi tersebut berasosisasi dengan aktivitas sesar aktif di sekitar lokasi gempa bumi (Pingkan Lewu, 2021).

Sesar Kaligarang adalah salah satu sesar aktif yang terletak di kawasan Semarang, Jawa Tengah. Sesar ini terletak di bagian timur laut kota Semarang dan membentang dari wilayah Gunungpati hingga Banyumanik. (Poedjoprajitno et al., 2007) menyatakan bahwa Sesar Kaligarang merupakan sesar aktif sejak zaman Tersier hingga Kuarter sebagai sesar geser mengiri.

Adanya sesar di selatan Semarang merupakan akibat dari runtuhnya Gunung Ungaran pada plistosen akhir (Van Bemmelen, 1970). Kegiatan tektonik paling akhir di Semarang terjadi pada Plio-Plistosen (Thaden & PW, 1975). Struktur sesar terutama terbentuk di sepanjang perbatasan antara batuan Kuarter, seperti Formasi Damar, Formasi Kaligetas, dan Formasi Kerek

yang berumur Miosen Tengah. Di wilayah ini, sesar utamanya adalah sesar normal di bagian timur, sementara di bagian barat didominasi oleh sesar naik. Di sebelah barat Kecamatan Mijen, terdapat beberapa sesar mendatar yang berarah barat laut hingga Tenggara (Poedjoprajitno et al., 2008). Sesar Kaligarang yang tercatat dalam batuan Kuarter menunjukkan bahwa sesar ini masih aktif atau berpotensi aktif untuk masa depan (Hidayat, 2013).

Keberadaan sesar dapat menjadi salah satu faktor adanya aktivitas kegempaan. Keberadaan sesar Kaligarang terindikasi dengan penelitian ilmu geologi dan geodesi dengan sesar yang telah teridentifikasi hanya sampai di daerah Semarang bagian Selatan, sedangkan untuk Kota Semarang masih diperkirakan adanya keberadaan jalur sesar (Poedjoprajitno et al., 2008). Penelitian menggunakan ilmu geofisika sebelumnya melibatkan analisis data mikroseismik yang tidak menghasilkan indikasi keberadaan zona sesar. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian dengan menggunakan metode geofisika lain untuk membandingkan data dan menyimpulkan mengenai identifikasi zona sesar tersebut (Riki Fadilah, 2020).

Metode gravitasi adalah salah satu metode geofisika yang paling tepat untuk mengkaji kondisi struktur permukaan bawah bumi, termasuk untuk mendeteksi keberadaan sesar (Wachidah & Minarto, 2018). Pada dasarnya metode gravitasi memanfaatkan perbedaan gaya gravitasi pada titik yang diteliti yang kemudian diinterpretasikan untuk memetakan struktur bumi, seperti lapisan-lapisan bumi dan zona sesar. Metode gravitasi sangat sesuai untuk mendeteksi sesar karena kemampuannya dalam mengidentifikasi perbedaan nilai medan gravitasi yang signifikan (Soraya, 2020). Medan gravitasi yang memiliki nilai perbedaan yang kontras diindikasikan adalah sesar. Data gravitasi dapat diperoleh dengan dua metode, yakni pengambilan data gravitasi di lapangan dan pengumpulan data menggunakan citra satelit. Pengumpulan data melalui citra satelit dapat dilakukan dengan syarat adanya indikasi sesar dengan panjang lebih dari jarak spasi antar titik yang dimiliki oleh data satelit (Soraya, 2020).

Salah satu data satelit yang dapat digunakan yaitu data *Free Air Anomaly* (FAA) yang didapatkan dari satelit topex. Kelebihan utamanya adalah akurasi tinggi dalam pengukuran ketinggian permukaan laut menggunakan altimeter radar, dengan presisi sekitar 3-4 cm, yang

memungkinkan deteksi variasi kecil dalam medan gravitasi Bumi (Chelton et al., 2001). Data FAA digunakan untuk memperoleh informasi mengenai perbedaan densitas batuan di bawah permukaan bumi (Maulana & Prasetyo, 2019). Variasi densitas ini dapat disebabkan oleh adanya sesar atau struktur geologi lainnya (Sidik et al., n.d.). Dalam konteks identifikasi sesar, data FAA dapat membantu mengidentifikasi lokasi sesar dan menentukan karakteristiknya, seperti kedalaman dan panjang. Sementara itu, data topografi dari satelit TOPEX dapat digunakan untuk memetakan bentuk permukaan bumi dan struktur geologi seperti gunung dan lembah. Dalam beberapa penelitian, data FAA dan topografi dari satelit TOPEX digabungkan untuk memperoleh informasi yang lebih lengkap mengenai karakteristik geologi suatu wilayah. Memadukan kedua jenis data tersebut, peneliti dapat memetakan medan gravitasi di bawah permukaan bumi dan memperkirakan bentuk permukaan bumi secara lebih akurat (Sadjab et al., 2022).

Keterbaruan dalam penelitian ini adalah metode yang digunakan untuk mengidentifikasi zona sesar kaligarang menggunakan data gravitasi satelit TOPEX setelah sebelumnya dilakukan penelitian menggunakan metode geologi dan mikroseismik. Beberapa penelitian

telah dilakukan dengan menggunakan data gravitasi satelit. Teknik analisis *Second Vertical Derivative* (SVD) digunakan untuk mengidentifikasi sesar. Analisis SVD menggambarkan anomali regional yang berasosiasi dengan struktur dangkal sehingga nilainya dapat dijadikan untuk mengidentifikasi jenis patahan (sesar) yang berada di daerah penelitian (Hartati, 2012). Analisis SVD untuk data gravitasi melibatkan perhitungan turunan vertikal kedua dari data FAA. Turunan kedua ini memperjelas variasi kepadatan di bawah permukaan bumi, sehingga memudahkan identifikasi sesar.

Oleh karena itu, penelitian tentang identifikasi zona Sesar Kaligarang menggunakan data gravitasi satelit TOPEX sangat urgent dilakukan karena dapat memberikan informasi penting yang berguna untuk mitigasi bencana, pengembangan infrastruktur yang aman, peningkatan pemahaman geologi regional, dan pengurangan kerugian ekonomi akibat gempa bumi.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah

1. Bagaimana nilai *Second Vertical Derivative* anomali residu zona sesar Kaligarang Semarang berdasarkan data gravitasi satelit TOPEX?
2. Bagaimana keberadaan jalur sesar Kaligarang berdasarkan data gravitasi satelit TOPEX di Kota Semarang?

C. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah

1. Untuk mengetahui nilai *Second Vertical Derivative* anomali residu zona sesar Kaligarang Semarang berdasarkan data gravitasi satelit TOPEX.
2. Untuk mengetahui keberadaan jalur sesar Kaligarang berdasarkan data gravitasi satelit topex di Kota Semarang.

D. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat untuk berbagai pihak, yaitu:

1. Dapat mengetahui keberadaan jalur sesar Kaligarang menggunakan data satelit topex di Kota Semarang.
2. Dapat memberikan kontribusi ide dalam bidang ilmu pengetahuan geofisika, untuk mitigasi dampak dari adanya pergerakan sesar.

3. Sebagai sumber referensi dari peneliti lain yang ingin mengembangkan penelitian ini lebih lanjut.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

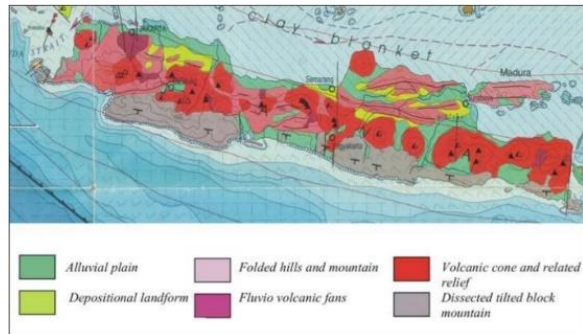
A. Kajian Teori

1. Geologi Daerah Penelitian

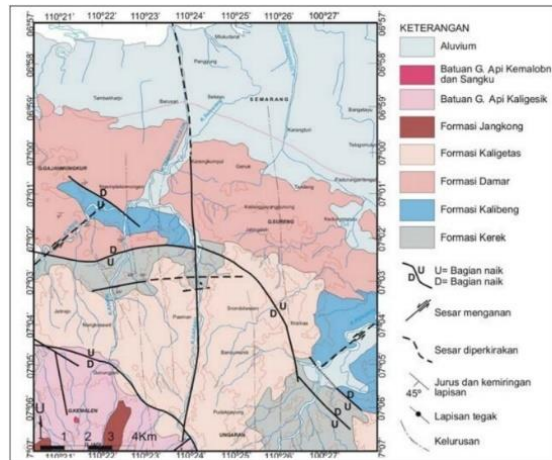
Dalam Peta Geomorfologi Indonesia, wilayah Semarang dan sekitarnya yang ditunjukkan pada gambar 2.1 didominasi oleh dataran aluvium dengan beberapa pematang dan rawa (Poedjoprajitno et al., 2008). Sedimen yang mengisi lembah antar-pegunungan dan area perbukitan lipatan ditemukan di sebagian wilayah selatan dan timur Semarang. Sementara itu, area lainnya memiliki kompleks geologi yang terbentuk dari endapan gunungapi.

Sesar yang membentang dari utara ke selatan di sebelah timur Semarang, seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.2, melintasi endapan Kuartar yang terbentuk dari aktivitas Gunungapi Merapi dan Merbabu hingga mencapai dasar Laut Jawa di sebelah utara Semarang. Daerah utara Semarang, dari Kecamatan Tugu hingga bagian utara Kecamatan Semarang Timur, serta sebagian aliran Sungai Kaligarang, terbentuk dari satuan bentukan struktural awal (Poedjoprajitno et al., 2008). Satuan bentukan

gunungapi terletak di wilayah barat daya Semarang bagian selatan, sedangkan satuan bentukan sungai tersebar luas terutama di bagian timur.



Gambar 2. 1 Peta Geomorfologi Indonesia
(Poedjoprajitno et al., 2008)



Gambar 2. 2 Peta Geomorfologi Lembar Semarang dan Bagian Utara Ungaran

Daerah penelitian terdapat tujuh formasi geologi yang terdiri dari batuan sedimen, gunungapi, dan intrusi batuan beku. Formasi tertua adalah batuan intrusi andesit yang merupakan batuan beku plutonik dari akhir miosen. Selanjutnya, terdapat endapan batuan sedimen dari laut hingga darat, termasuk Formasi Damar, Formasi Kaligetas, Formasi Kalibeng, dan Formasi Kerek. Pada awal Plistosen hingga Holosen tercatat bahwa aktivitas gunungapi tercermin dalam Formasi Gadjah Mungkur dan Formasi Kaligesik (Fahrudin et al., 2011).

2. Sesar

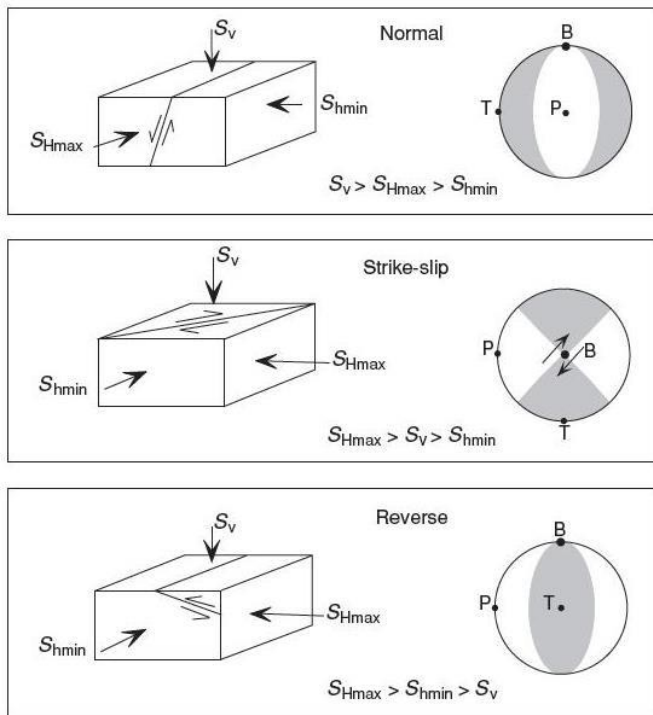
Sesar atau patahan adalah celah atau rekahan yang terdapat pada kerak bumi akibat pergerakan lempeng tektonik. Patahan terjadi Ketika tenaga endogen yang bekerja dengan cepat, seperti tekanan dari pergerakan lempeng tektonik yang menumpuk di dalam kerak bumi hingga mencapai titik di mana batuan tidak dapat menahan tegangan tersebut. Lapisan kerak bumi bersifat kaku, batuan tidak dapat membentuk lipatan dan sebagai gantinya mengalami patahan. Ketika tegangan yang terakumulasi melebihi batas elastisitas batuan, energi yang tersimpan dilepaskan secara tiba-tiba, sering menyebabkan

gempa bumi. Akibatnya, terbentuklah patahan di mana dua blok batuan bergerak relatif satu sama lain (Harper, 2002).

Menurut klasifikasi Anderson (1951) jenis sesar dibagi berdasarkan prinsip tegangan (*principle stress*). Prinsip tegangan adalah tegangan yang bekerja tegak lurus pada suatu bidang sehingga nilai komponen tegangan geser (*shear stress*) pada bidang tersebut adalah nol. Bidang ini dikenal sebagai bidang utama. Terdapat tiga prinsip tegangan yaitu S_1 , S_2 , dan S_3 , dengan urutan $\sigma_1(S_1) > \sigma_2(S_2) > \sigma_3(S_3)$. Ketiga sumbu tersebut dipisahkan menjadi dua kategori berdasarkan orientasinya, yaitu sumbu horizontal (Sh) dan sumbu vertikal (Sv). Sumbu horizontal (Sh) terdiri dari sumbu horizontal maksimum (Sh_{max}) dan sumbu horizontal minimum (Sh_{min}), sedangkan Sumbu vertikal (Sv) hanya memiliki satu sumbu. Orientasi sumbu-sumbu ini mengontrol klasifikasi sesar menjadi sesar normal (*normal fault*), sesar naik (*reverse fault*), dan sesar mendatar (*strike-slip fault*) (Anderson, 1951).

Tabel 2. 1 Hubungan sumbu dengan jenis sesar dalam klasifikasi Anderson (1951).

Rezim/stress	S_1	S_2	S_3
Sesar normal (<i>Normal</i>)	S_v	S_{Hmax}	S_{Hmin}
Sesar mendatar (<i>Strike-slip</i>)	S_{Hmax}	S_v	S_{Hmin}
Sesar naik (<i>Reverse /Thrust</i>)	S_{Hmax}	S_{Hmin}	S_v



Gambar 2. 3 . Klasifikasi Sesar dan *Principal Stress* Pembentuknya (Anderson, 1951 dalam Zoback 2007).

Berdasarkan Gambar 2.3 dan Tabel 2.1 hubungan antara sumbu dan jenis sesar dalam klasifikasi Anderson (1951) dapat dijelaskan sebagai berikut:

- a. Sesar Normal (*Normal Fault*) terbentuk apabila S_v merupakan *principle stress* maksimum, Sh_{max} adalah *principle stress* menengah, dan Sh_{min} merupakan *principle stress* minimum.
- b. Sesar Naik (*Reverse Fault*) terbentuk apabila Sh_{max} merupakan *principle stress* maksimum, Sh_{min} adalah *principle stress* menengah, dan S_v adalah *principle stress* minimum.
- c. Sesar Mendatar (*Strike-Slip Fault*) terbentuk apabila Sh_{max} merupakan *principle stress* maksimum, S_v adalah *principle stress* menengah, dan Sh_{min} merupakan *principle stress* minimum.

Sesar Kaligarang terletak di Kota Semarang, Jawa Tengah, dan merupakan salah satu sesar aktif di wilayah tersebut. Sesar ini telah aktif sejak zaman Tersier hingga Kuarter, membelah Kota Semarang dengan arah utara – selatan. Zona Sesar Kaligarang merupakan hasil reaktivasi dari pergerakan sesar geser mengiri pada periode Tersier yang berubah menjadi sesar geser menganan pada periode Plio-

Plistosen (Fahrudin dkk., 2011). Pengukuran dan analisis yang dilakukan oleh Poedjoprajitno pada tahun 2008 menunjukkan adanya bukti-bukti lapangan dari sesar aktif di sekitar Kota Semarang (Poedjoprajitno et al., 2008). Bukti tersebut meliputi undak, gawir-gawir sesar, dan alur Sungai yang terpotong (*offset*), yang menunjukkan bahwa aktivitas tektonik masih berlangsung di wilayah tersebut. Zona utama Sesar Kaligarang mempunyai kinematik pergerakan sesar geser mengiri (Fahrudin et al., 2011).

3. Metode Gravitasi

Metode gravitasi merupakan salah satu teknik geofisika yang digunakan untuk mengevaluasi struktur di bawah permukaan bumi, potensi mineral, dan keberadaan patahan (Wachidah & Minarto, 2018). Prinsip dasar dari metode gravitasi adalah pengukuran variasi medan gravitasi bumi yang timbul akibat perbedaan densitas batuan di bawah permukaan bumi (anomali gravitasi). Medan gravitasi bumi dipengaruhi oleh kepadatan batuan bawah di permukaan bumi. Metode gravitasi didasarkan pada konsep dasar fisika yang berkaitan dengan gaya, percepatan, potensial gravitasi (Hartati, 2012)

a. Hukum Gravitasi Newton

Metode gravitasi berdasarkan pada Hukum Gravitasi Newton, yang menyatakan bahwa gaya tarik antara dua benda sebanding dengan massa masing-masing benda dan berkurang secara terbalik dengan kuadrat jarak antara pusat massa kedua benda. Hal ini dinyatakan dalam persamaan 2.1 (Jacobs et al., 1973).

$$\vec{F} = -G \frac{m_1 m_2}{r^2} \hat{r} \quad (2.1)$$

Keterangan :

$\vec{F}$ = Gaya tarik menarik (N)

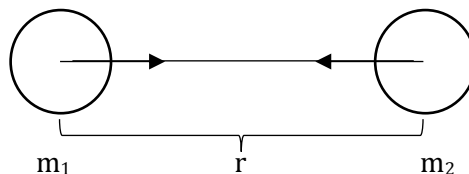
m_1 = massa benda satu (kg)

m_2 = massa benda dua (kg)

r = Jarak antara dua buah benda (m)

G = Konstanta gravitasi universal ($6,67 \times 10^{-11} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-2}$)

Persamaan 2.1 diilustrasikan dengan gambar 2.3



Gambar 2. 4 Gaya tarik menarik antara dua buah benda

Jika ditinjau dengan menggunakan benda M dan m maka persamaan 2.1 menjadi berikut

$$\vec{F} = -G \frac{Mm}{r^2} \hat{r} \quad (2.2)$$

b. Percepatan Gravitasi

Hukum II Newton mendefinisikan hubungan antara gaya dan percepatan sebagai hasil perkalian antara massa suatu benda dan percepatan yang dialami oleh benda tersebut. Hubungan ini ditunjukkan pada persamaan 2.3 (Telford et al., 1990).

$$\vec{F} = m\vec{g} \quad (2.3)$$

Hukum gravitasi newton menyatakan bahwa dua partikel dengan massa m dan M akan saling menarik dengan gaya yang proporsional terhadap hasil perkalian massa m dan M, serta berkurang secara terbalik dengan kuadrat jarak r yang memisahkan keduanya (Telford et al., 1990). Interaksi antara bumi yang memiliki massa M dengan objek bermassa m yang berjarak r dari pusat keduanya juga mengikuti hukum ini. Oleh karena itu, dari persamaan 2.1 dan 2.2 disimpulkan bahwa

$$-G \frac{Mm}{r^2} \hat{r} = m\vec{g} \quad (2.4)$$

Sehingga percepatan gaya tarik bumi dapat diungkapkan dalam bentuk persamaan 2.4

$$\vec{g} = -G \frac{M}{r^2} \hat{r} \quad (2.5)$$

Keterangan :

$\vec{g}$ = Percepatan gaya tarik bumi (m/s^2)

M = massa bumi (kg)

m = massa benda (kg)

r = Jarak antara dua buah benda (m)

G = Konstanta gravitasi universal ($6,67 \times 10^{-11} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-2}$)

Menurut persamaan 2.4, percepatan gravitasi berbanding lurus dengan massa M , yang merupakan hasil perkalian antara densitas dan volume. Oleh karena itu, besarnya percepatan gravitasi yang terukur mencerminkan densitas dan volume tersebut.

c. Potensial Gravitasi

Potensial gravitasi pada objek tiga dimensi memiliki karakteristik medan gravitasi yang konservatif. Ini berarti bahwa usaha yang diperlukan untuk memindahkan suatu massa dalam medan gravitasi tidak bergantung pada jalur yang dilalui, melainkan hanya pada posisi akhir massa tersebut. Jika massa tersebut

dikembalikan ke posisi awalnya, maka energi bersih yang dikeluarkan adalah nol, terlepas dari jalur yang ditempuh. Dengan kata lain, jumlah total energi kinetik (energi gerak) dan energi potensial (energi posisi) tetap konstan dalam sistem tertutup.

Gaya gravitasi yang menimbulkan medan konservatif dapat diturunkan dari fungsi potensial skalar $U(x,y,z)$, dengan mencari gradien dari persamaan 2.3 yang ditunjukkan pada persamaan 2.6 berikut

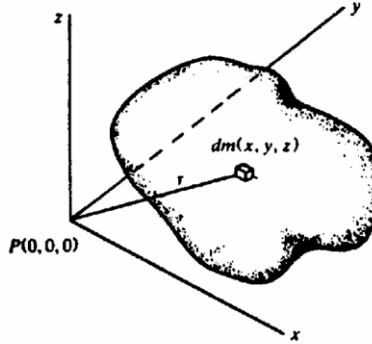
$$\nabla U(x, y, z) = \frac{-\vec{F}(x,y,z)}{m} \quad (2.6)$$

$$\nabla U(x, y, z) = -g(x, y, z) \quad (2.7)$$

Dalam koordinat bola (r, θ, ϕ) persamaan 2.6 dan 2.7 menjadi

$$\nabla U(r, \theta, \phi) = \frac{-\vec{F}(r,\theta,\phi)}{m} \quad (2.8)$$

$$\nabla U(r, \theta, \phi) = -\vec{g}(r, \theta, \phi) \quad (2.9)$$



Gambar 2. 5 Potensial gravitasi akibat benda tiga dimensi bermassa (Telford et al., 1990)

$$U(r, \theta, \phi) = \int_{\infty}^r (\nabla U) \cdot \overrightarrow{dr} \quad (2.10)$$

$$U(r, \theta, \phi) = - \int_{\infty}^r \vec{g} \cdot \overrightarrow{dr} \quad (2.11)$$

Persamaan 2.13 menjelaskan usaha yang diperlukan untuk memindahkan satu unit massa dari tak terhingga (yakni, dari jarak yang sangat jauh) ke suatu titik jarak r dari massa yang menyebabkan medan gravitasi, melintasi lintasan apapun. Hal ini didasarkan pada persamaan 2.5 yang dinyatakan dalam bentuk skalar

$$U(r) = -G \int_{\infty}^r \left(\frac{M}{r^2} \right) dr \quad (2.12)$$

$$U(r) = -G \frac{M}{r} \quad (2.13)$$

Pendekatan yang seringkali lebih sederhana dalam menyelesaikan masalah gravitasi adalah dengan menghitung potensi skalar U daripada vektor g , dan kemudian mendapatkan gravitasi g menggunakan persamaan 2.5.

Dengan mempertimbangkan benda tiga dimensi yang berubah bentuknya, seperti yang ditunjukkan dalam gambar 2.5, potensial dan percepatan gravitasi suatu titik di luar benda dapat ditemukan dengan membagi massa benda menjadi elemen-elemen kecil dan mengintegrasikannya untuk menghitung efek totalnya. Berdasarkan persamaan 2.13, potensial yang disebabkan oleh elemen massa dm di titik (x,y,z) pada jarak r dari titik $P(0,0,0)$ adalah

$$dU(r) = -G \frac{dm}{r} \quad (2.14)$$

$$dU(r) = -G\rho \frac{dx dy dz}{r} \quad (2.15)$$

Dengan $\rho(x,y,z)$ sebagai massa jenis, dan $r^2=x^2+y^2+z^2$. Potensial total dari massa m adalah

$$dU(r) = -G \int_x \int_y \int_z \left(\frac{\rho}{r}\right) dx dy dz \quad (2.16)$$

Dengan g sebagai percepatan gravitasi dalam arah z (yang positif menunjuk ke bawah), dan dengan asumsi bahwa ρ adalah konstan,

$$g = -\left(\frac{\partial U}{\partial z}\right) \quad (2.17)$$

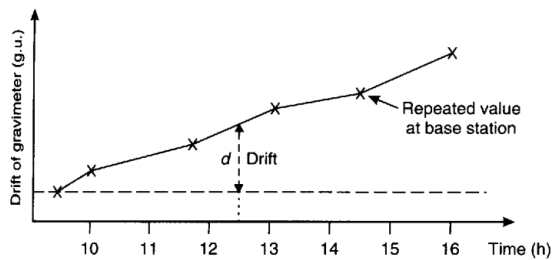
$$g = G\rho \int_x \int_y \int_z \left(\frac{z}{r^3}\right) dx dy dz \quad (2.18)$$

d. Koreksi Metode Gravitasi

Data gravitasi yang diperoleh dari citra satelit dinyatakan dalam bentuk *Free Air Anomaly* (FAA). Koreksi udara bebas (*Free Air Correction*) tidak diperlukan dalam proses pengolahan data ini karena pengukuran dilakukan pada elevasi datum yang seragam. Koreksi lintang tidak diperlukan karena peralatan yang digunakan telah memperhitungkan pengaruh perbedaan nilai gravitasi terhadap variasi lintang. Demikian pula, pengaruh jarak dari pusat massa bumi terhadap orbit dan variasi percepatan gravitasi akibat perbedaan lintang dianggap tidak memiliki dampak signifikan. Adapun koreksi konvensional seperti tinggi alat, koreksi drift, atau kemuluran pegas tidak diperlukan dalam pengukuran gravitasi permukaan. Koreksi yang diperlukan pada data gravitasi citra satelit mencakup koreksi bouger dan medan, yang bertujuan untuk mengimbangi efek perbedaan massa yang mempengaruhi pembacaan nilai pada satelit TOPEX (Kurnia, dkk. 2022).

1) Koreksi Apungan (*Drift Correction*)

Koreksi Apungan merupakan koreksi data gravitasi yang diakibatkan karena perbedaan pembacaan nilai gravitasi di stasiun yang sama pada waktu yang berbeda. Penyebab perbedaan yaitu guncangan pegas dan perubahan *temperature* pada alat *gravimeter*. Ketika berpindah dari satu stasiun ke stasiun berikutnya.



Gambar 2. 6 Kurva Koreksi Apungan (*Drift Correction*) (Reynolds, 2011)

Koreksi ini dilakukan dengan mengukur ulang pada titik pengukuran awal dan membentuk lintasan tertutup. Nilai koreksi apungan dapat dihitung menggunakan persamaan (Telford et al., 1990):

$$drift_n = \frac{g_{akhir} - g_0}{t_{akhir} - t_0} (t_n - t_0) \quad (2.19)$$

$$g_{\text{lokal}} = (g_t - \text{drift}_{t_n}) \quad (2.20)$$

Keterangan:

t_n = waktu pembacaan pada stasiun ke-n
detik)

t_0 = waktu pembacaan pada stasiun awal
looping (detik)

takhir = waktu pembacaan pada akhir looping
detik)

g_0 = bacaan gravitimeter terkoreksi tidal
pada awal looping (mGal)

gakhir = bacaan gravitimeter terkoreksi tidal
pada akhir looping (mGal)

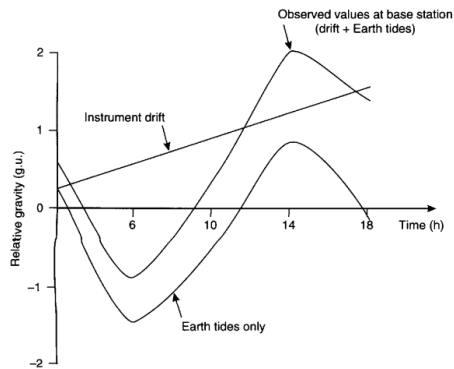
glokal = gayaberat terkoreksi drift dan tidal
(mGal)

g_t = gayaberat terkoreksi tidak (mGal)

2) Koreksi Pasang Surut (*Tidal Correction*)

Koreksi ini diperlukan untuk menghilangkan pengaruh gravitasi yang ditimbulkan oleh benda langit seperti bulan dan matahari, yang bervariasi tergantung pada lintang dan waktu. Koreksi ini memiliki nilai yang berubah secara periodik tergantung pada posisi relatif benda langit tersebut. Efek pasang surut yang mempengaruhi nilai gravitasi dihitung dengan

secara komputasional, umumnya dalam rentang mikroGal (Longman, 1959). Pada grafik pasang surut, terdapat nilai yang naik dan turun; nilai yang naik menunjukkan tarikan gravitasi bumi yang lebih kuat dari biasanya, sedangkan nilai yang turun menunjukkan adanya dorongan dari posisi normalnya.



Gambar 2. 7 Koreksi Pasang Surut (Tidal Correction) (Reynolds, 2011)

3) Koreksi Lintang (*Latitude Correction*)

Koreksi lintang diperlukan untuk mengkompensasi perbedaan gayaberat di setiap lintang geografis (*spheroid* dan *geoid*), yang disebabkan oleh variasi jari-jari bumi antara kutub dan katulistiwa. Variasi ini dipengaruhi oleh gaya *sentrifugal* dan bentuk

ellipsoid bumi yang tidak bulat. Gayaberat di kutub cenderung lebih besar daripada di katulistiwa (Telford et al., 1990). Koreksi lintang dapat dilakukan menggunakan dua metode, yaitu dengan menggunakan diferensi *International Geomagnetic Reference Field* (IGRF 67 untuk derajat lintang/latitude) atau (IGRF 84 untuk radian)

IGRF 67:

$$g_0 = 978031,8(1 + 0,0053924 \sin^2 \theta - 0,0000059 \sin^2 \theta) \quad (2.21)$$

IGRF 84:

$$g_0 = 978032,7 (1 + 0,0053924 \sin^2 \theta - 0,0000059 \sin^2 \theta) \quad (2.22)$$

4) Koreksi Udara Bebas (*Free Air Correction*)

Koreksi udara bebas adalah perbedaan antara nilai gravitasi yang diukur di permukaan laut dan nilai yang diukur pada ketinggian h meter di atasnya, tanpa mempertimbangkan pengaruh massa batuan (Reynolds, 2011). Pengaruh ketinggian titik pengukuran terhadap nilai gravitasi observasi

terlihat dalam hubungannya: semakin tinggi titik pengukuran, semakin rendah nilai gravitasi observasi, dan sebaliknya. Perbedaan nilai gravitasi antara lokasi pada *mean sea level* dan pada ketinggian (meter) inilah yang disebut koreksi udara bebas, yang diterapkan dalam persamaan (Reynolds, 2011):

$$\partial g_f = g_h - g_0 = -\frac{2g_0 h}{R} = 0,3086h \text{ mGal} \quad (2.23)$$

Dimana g_0 adalah 981785 mGal dan R adalah 6371000 m, maka koreksi udara bebasnya:

$$FAC = 0,3086 \cdot h \text{ (mGal)} \quad (2.24)$$

Dimana h adalah tinggi stasiun pengukuran dalam meter, sementara anomali udara bebas:

$$FAA = g_{obs} - g_{lintang} + FAC \quad (2.25)$$

5) Koreksi Bouger (*Bouger Correction*)

Koreksi Bouger adalah penyesuaian ketinggian yang mempertimbangkan pengaruh massa batuan yang terletak di antara bidang datum (*geoid*) dan titik pengamatan. Metode ini mengasumsikan batuan sebagai lempengan tak terhingga dengan ketebalan h (meter) dan densitas p (gr/cm³)(Reynolds,

2011). Dengan demikian, koreksi bouger dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$BC = 2\pi G \rho h \quad (2.26)$$

$$BC = 0.0419 \times \rho \times h \text{ mGal} \quad (2.27)$$

Keterangan :

ρ = rapat massa rata-rata daerah penelitian (gr/cm³)

h = ketinggian titik amat (m)

Anomali gravitasi setelah diaplikasikan koreksi bouger yaitu:

$$SBA = FAA - BC \quad (2.28)$$

Keterangan :

SBA = Simple Bouger Anomaly (mGal)

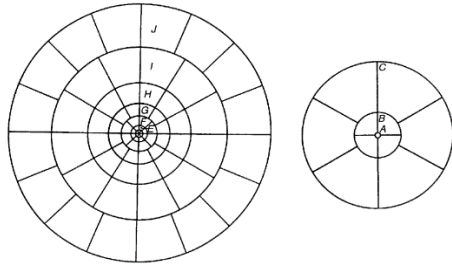
FAA = Free Air Anomaly (mGal)

BC = Bouger Correction (mGal)

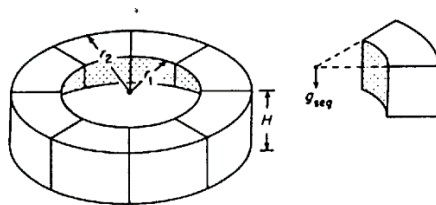
6) Koreksi Medan (*Terrain Correction*)

Koreksi Bouger sederhana mengasumsikan massa sebagai lempengan horizontal tak terbatas. Perhitungan ini tidak mempertimbangkan efek topografi seperti Lembah dan bukit yang berada di atas dan di bawah bidang bouger, sehingga nilai bouger cenderung lebih tinggi dari seharusnya. Dampak dari efek massa ini dikenal sebagai

efek medan, dan untuk mengatasi hal ini diperlukan koreksi medan (*Terrain Correction*).



Gambar 2. 8 Diagram Zona Hammer
(Reynolds, 2011)



Gambar 2. 9 Diagram Zona Hammer dengan
ketinggian H (Reynolds, 2011)

Metode Hammer mengatur daerah di sekitar titik menjadi zona-zona melingkar, di mana setiap zona dibagi lebih lanjut menjadi sektor-sektor menggunakan diagram zona seperti yang terlihat pada gambar 2.8.

Topografi daerah ini terbagi menjadi Sembilan zona, dari zona B hingga zona J dan zona-zona ini terdiri dari 132 sektor. Koreksi medan untuk setiap sektor dalam diagram zona dihitung dengan menggunakan rumus yang menggambarkan gaya tarik gravitasi dari sebuah silinder kosong vertikal (ditunjukkan gambar 2.9), sebagaimana dijelaskan dalam persamaan persamaan 2.29.

$$TC = \left(\frac{2\pi G \rho}{N} \left[r_2 - r_1 + \sqrt{r_1^2 + h^2} - \sqrt{r_2^2 + h^2} \right] \right) mGal \quad (2.29)$$

Keterangan :

G = konstanta gravitasi universal

ρ = densitas dari massa

N = jumlah kompartemen pada zona yang digunakan

r_1 = jari-jari dalam zona tertentu

r_2 = jari-jari luar dari zona tertentu

h = tinggi dari silinder (yang merupakan rata-rata beda elevasi untuk setiap sektor)

Koreksi medan dilakukan untuk mengatasi ketidakaturan topografi di sekitar titik pengukuran, seperti adanya lembah atau bukit yang dapat mempengaruhi

nilai medan gravitasi yang terbaca di titik pengamatan (Mussett & Khan, 2000). Anomali terbentuk setelah melakukan koreksi medan adalah Anomali Bouger Lengkap, yang dapat dihitung dengan persamaan 2.30.

$$CBA = SBA + TC \quad (2.30)$$

Keterangan :

CBA = *Complete Bouger Anomaly* (mGal)

SBA = *Simple Bouger Anomaly* (mGal)

TC = *Terrain Correction* (mGal)

e. *Second Vertical Derivative*

Metode *Second Vertical Derivative* (SVD) digunakan untuk mengekspos anomali yang bersifat dangkal atau lokal, sehingga sangat efektif dalam mengidentifikasi keberadaan sesar atau patahan di suatu daerah. Metode SVD memiliki kemampuan untuk menangani anomali residual yang tidak dapat dipecahkan menggunakan metode pemisahan regional-residual yang sudah ada (Telford et al., 1990). Secara teoritis, metode ini berasal dari persamaan Laplace's:

$$\nabla^2 \Delta g = 0 \text{ dimana}$$

$$\nabla^2 \Delta g = \frac{\partial^2(\Delta g)}{\partial x^2} + \frac{\partial^2(\Delta g)}{\partial y^2} + \frac{\partial^2(\Delta g)}{\partial z^2} \quad (2.31)$$

Sehingga persamaanya menjadi:

$$\frac{\partial^2(\Delta g)}{\partial x^2} + \frac{\partial^2(\Delta g)}{\partial y^2} + \frac{\partial^2(\Delta g)}{\partial z^2} = 0 \quad (2.32)$$

$$\frac{\partial^2(\Delta g)}{\partial z^2} = - \left[\frac{\partial^2(\Delta g)}{\partial x^2} + \frac{\partial^2(\Delta g)}{\partial y^2} \right] \quad (2.33)$$

Untuk data dalam satu dimensi, dimana nilai y tetap, maka persamaannya adalah:

$$\frac{\partial^2(\Delta g)}{\partial z^2} = - \left[\frac{\partial^2(\Delta g)}{\partial x^2} \right] \quad (2.34)$$

Persamaan 2.34 menunjukkan bahwa nilai SVD dari suatu anomali gravitasi setara dengan negatif dari turunan kedua horizontalnya.

$$\frac{\partial^2(\Delta g)}{\partial z^2} = \frac{\frac{g_i - g_{i-1}}{\Delta x} - \frac{g_{1+i} - g_i}{\Delta x}}{\Delta x} \text{ sehingga} \quad (2.35)$$

$$\frac{\partial^2(\Delta g)}{\partial z^2} = \frac{g_{i+1} - 2g_i + g_{i-1}}{\Delta x^2} \quad (2.36)$$

Persamaan untuk menentukan nilai SVD adalah:

$$SVD = \frac{g_{i+1} - 2g_i + g_{i-1}}{\Delta x^2} \quad (2.37)$$

Jenis sesar atau patahan dapat ditentukan berdasarkan nilai mutlak SVD_{min} dengan nilai SVD_{max} (Sarkowi, 2010). Dibawah ini adalah ketentuan untuk jenis sesar atau patahan:

Sesar turun :

$$\left| \frac{\partial^2(\Delta g)}{\partial z^2} \right|_{min} < \left| \frac{\partial^2(\Delta g)}{\partial z^2} \right|_{max} \quad (2.38)$$

Sesar naik :

$$\left| \frac{\partial^2(\Delta g)}{\partial z^2} \right|_{min} > \left| \frac{\partial^2(\Delta g)}{\partial z^2} \right|_{max} \quad (2.39)$$

Sesar mendatar :

$$\left| \frac{\partial^2(\Delta g)}{\partial z^2} \right|_{min} = \left| \frac{\partial^2(\Delta g)}{\partial z^2} \right|_{max} \quad (2.40)$$

4. Data Gravitasi Satelit TOPEX

Pengukuran nilai gravitasi di permukaan bumi dapat dilakukan menggunakan satelit. Anomali gravitasi satelit merupakan perkembangan dari metode gravitasi relatif (Nugraha et al., 2016). Beberapa satelit tersedia untuk mengumpulkan data gravitasi, termasuk satelit TOPEX.

Satelit TOPEX/Poseidon adalah sebuah misi satelit altimateri yang diluncurkan pada 10 Agustus 1992 hasil kerjasama antara NASA (*National Aeronautics and Space Administration*) Amerika Serikat dan CNES (*Centre National d'Études Spatiales*) Prancis. Satelit ini menggunakan sistem radar altimateri untuk mengukur tinggi permukaan air laut, memungkinkan penelitian tentang perubahan air laut global. TOPEX mempunyai orbit dengan inklinasi 66° dan mengelilingi bumi sekali setiap 10 hari (Wuriatmo, 2011).

Satelit Altimateri adalah salah satu teknologi yang terus ditingkatkan untuk mendapatkan data tentang permukaan laut beserta fenomenanya. Satelit altimateri memiliki cakupan global yang luas, menggabungkan teknologi radar untuk mengukur jarak vertikal antara satelit dan permukaan laut, serta teknik penentuan posisi akurat dalam orbitnya. Satelit altimateri mengirimkan pulsa radiasi dan mengukur waktu yang diperlukan untuk gelombang radar yang dipancarkan oleh satelit mencapai permukaan laut dan dipantulkan kembali ke satelit. Data ini memungkinkan pengukuran ketinggian permukaan laut menggunakan satelit. Hasil pengukuran ini disebut sebagai jarak altimeter, di mana nilai R' mengindikasikan ketinggian satelit di atas permukaan laut, seperti yang dinyatakan dalam persamaan 2.41 (Fu & Cazenave, 2001)

$$R = R' - \sum \Delta R_j \quad (2.41)$$

Keterangan:

R' : Jarak antara satelit dan permukaan laut dihitung menggunakan kecepatan cahaya, tanpa mempertimbangkan efek refraksi.

ΔR_j : koreksi diterapkan untuk memperhitungkan berbagai faktor seperti pembiasan atmosfer, penyebaran elektromagnetik, dan *mean sea level*.

Tujuan utama dari misi TOPEX/Poseidon adalah (Benada, 1997):

- a. Pengukuran tinggi muka air laut global dilakukan untuk mempelajari dinamika laut , termasuk rata-rata dan variasi arus permukaan serta pasang surut.
- b. Data TOPEX/Poseidon dan data geofisika lainnya diolah, diverifikasi, dan didistribusikan kepada pengguna.
- c. Meletakkan landasan bagi kelanjutan program pengamatan sirkulasi laut dan variasinya dalam jangka panjang.

Data elevasi dan gaya berat yang diperoleh telah terstruktur rapi dalam format ASCII-XYZ dengan format grid, sesuai dengan batas-batas yang diinputkan. Data gravitasi satelit topex memiliki resolusi spasial atau jarak spasi antar titik 1.8 km (Soraya, 2020). Satelit Topex/Poseidon mengakhiri misinya pada tanggal 18 Januari 2006 setelah memberikan data terakhirnya pada 4 Oktober 2005

pada siklus ke-481. Misi Topex/Poseidon dilanjutkan oleh satelit Jason-1 (Wuriatmo, 2011).

B. Kajian Pustaka

Dalam penelitian ini , beberapa referensi yang relevan dan sebelumnya telah dilakukan dipilih untuk menjadi acuan. Hal ini bertujuan untuk menghindari pengulangan atau tumpang tindih dengan penelitian sebelumnya dan menemukan aspek penting lain yang perlu diteliti. Beberapa penelitian tersebut yang digunakan sebagai referensi dalam penelitian ini adalah:

Akhmad Riki Fadilah melakukan penelitian yang bertujuan untuk mengidentifikasi keberadaan jalur sesar di Kawasan Sesar Kaligarang, Desa Bandan Duwur, Kecamatan gajahmungkur, Semarang, menggunakan data mikroseismik dan model penampang seismik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada kedalaman antara 2 hingga 5 meter, tidak ada variasi dalam kedalaman lapisan sedimen di setiap titik, sehingga ketiga lintasan penampang seismik tidak menunjukkan adanya zona sesar. Oleh karena itu, diperlukan studi lebih lanjut dengan menggunakan metode geofisika lain untuk membandingkan dan mengambil kesimpulan tentang struktur bawah permukaan serta mengidentifikasi keberadaan zona sesar (Riki Fadilah, 2020) .

S. Poedjoprajitno dkk. melakukan penelitian yang bertujuan untuk mengidentifikasikan kedudukan Sesar Kaligarang yang aktif di Semarang dan membedakannya dari sesar lain yang kurang atau tidak aktif dengan dukungan bukti-bukti lapangan. Penelitian ini dimulai dengan analisis citra Landsat, dilanjutkan dengan pengamatan lapangan, dan kemudian dianalisis menggunakan Wulfnet. Hasil penelitian menunjukkan adanya sesar aktif di sekitar Kota Semarang, dengan struktur undak, gawir-gawir sesar, dan alur Sungai terpotong sebagai bukti bahwa aktivitas tektonik masih berlangsung di lokasi penelitian (Poedjoprajitno et al., 2008).

Bayu Achil Sadjab dkk. melakukan penelitian yang bertujuan untuk mengidentifikasi sebaran dan jenis sesar di daerah Halmahera Utara, Provinsi Maluku Utara, sebagai langkah awal mitigasi bencana gempa bumi. Penelitian ini didasarkan pada variasi nilai anomali gravitasi yang mencerminkan litologi densitas di daerah tersebut. Dengan menggunakan data gravitasi satelit TOPEX dan teknik analisis *Second Vertical Derivative* (SVD), penelitian ini menemukan adanya korelasi yang baik antara data anomali hasil SVD dengan data geologi. Hasil analisis SVD menunjukkan bahwa sesar turun atau

sesar normal mendominasi daerah Halmahera Utara (Sadjab et al., 2022).

Purwaditya Nugraha dkk. melakukan penelitian dengan tujuan untuk mengidentifikasi struktur bawah permukaan tanah di Kota Semarang menggunakan data satelit anomali gravitasi. Hasil penelitian ini mengindikasikan adanya variasi jenis batuan di bawah permukaan Kota Semarang, yang tercermin dari perbedaan nilai kontras densitas pada peta kontur anomali dan hasil pemodelan. Nilai kontras densitas tersebut adalah 2.9 g/cm^3 , 2.8 g/cm^3 , 2.76 g/cm^3 , 0.7 g/cm^3 , dan 1 g/cm^3 (Nugraha et al., 2016).

Afra K, Maimuna dkk. melakukan penelitian yang bertujuan untuk mengetahui dugaan sesar bawah laut di Kepulauan Togean, Kabupaten Tojo Una-Una, Sulawesi Tengah, dengan menggunakan metode analisis anomali gaya berat SVD dan pemodelan 3D. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat hubungan yang jelas antara perbedaan nilai densitas yang menunjukkan keberadaan sesar. Sesar ini terorientasi dari barat ke timur, dengan nilai densitas di bawah permukaan berkisar antara $-0,8 \text{ gr/cm}^3$ sampai $1,1 \text{ gr/cm}^3$ (Maimuna et al., 2021).

Muh Sarkowi melakukan penelitian untuk mengidentifikasi struktur daerah panasbumi Ulubelu

berdasarkan analisis data SVD Anomali Bouger. Penelitian bertujuan untuk mengetahui struktur detail bawah permukaan daerah prospek panasbumi Ulubelu. Hasil penelitian menunjukkan bahwa anomali lokal menggambarkan ketidakselarasan dangkal, yang mungkin merupakan daerah reservoir panasbumi Ulubelu (Sarkowi, 2010).

Lasmita Sari dkk. melakukan penelitian dengan menerapkan *Second Vertical Derivative* (SVD) pada data gravitasi untuk mengidentifikasi adanya patahan di sepanjang Pegunungan Serayu Selatan, Kabupaten Banyumas. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui keberadaan patahan menggunakan analisa SVD. Hasil penelitian menunjukkan bahwa patahan terletak di antara Formasi Halang, yang memiliki densitas $2,7875 \text{ g/cm}^3$ (terdiri dari pasir, lempung, napal, dan tuff dengan sisipan breksi) dan anggota breksi formasi halang yang memiliki densitas rata-rata $2,95 \text{ g/cm}^3$ (mencakup batuan andesit, breksi, dan lava basaltik). Struktur patahan di daerah penelitian memiliki kemiringan (dip) yang bervariasi antara 60° hingga 72° . Jenis patahan yang teridentifikasi adalah patahan turun dengan kemiringan lapisan batuan kurang dari 20° (Sari et al., 2018).

Berdasarkan penelitian sebelumnya, terdapat kesamaan dan perbedaan dengan penelitian yang akan dilakukan. Kesamaannya adalah penggunaan data satelit untuk mengidentifikasi sesar. Perbedaannya terletak pada lokasi penelitian, metode analisis, dan hasil akhirnya. Penelitian ini akan mencoba mengidentifikasi zona sesar kaligarang di Semarang menggunakan data satelit TOPEX.

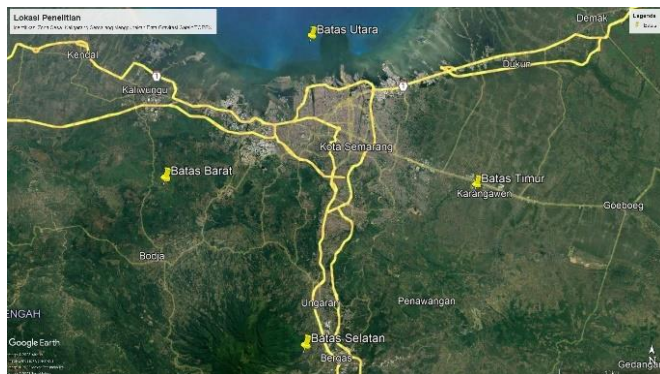
BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

A. Tempat dan Waktu Penelitian

1. Tempat Penelitian

Penelitian mengenai identifikasi zona sesar Kaligarang Semarang menggunakan data gravitasi satelit topex dilakukan di Kota Semarang dan sekitarnya yang dibatasi oleh koordinat-koordinat yang ditunjukkan oleh gambar 3.1.



Gambar 3. 1 Lokasi Penelitian

Tabel 3. 1 Batas Lokasi Penelitian

Batas	Koordinat
Batas Utara	6°55'3.81" LS
Batas Selatan	7°10'40.59" LS
Batas Timur	110°16'28.76" BT
Batas Barat	110°32'21.94" BT

2. Waktu Penelitian

Adapun waktu penelitian ini terdapat beberapa bagian:

Tabel 3. 2 Waktu Penelitian

Kegiatan	Waktu
Studi literatur dan penentuan batasan lokasi penelitian	1 Agustus – 30 September 2023
Pengumpulan data	9 Oktober 2023
Pengolahan data	10 – 20 Oktober 2023

B. Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Satu unit laptop untuk penginputan dan pengolahan data.
2. *Notepad* untuk mencatat data gravitasi dan topografi.
3. *Google Earth* untuk mencari batas lokasi penelitian dan membantu analisis SVD.
4. *Microsoft Excel* digunakan untuk pengolahan data.
5. *Global Mapper* digunakan untuk membantu koreksi medan.
6. *Oasis Montaj* digunakan untuk koreksi medan dan analisis SVD.
7. *Google colab* digunakan untuk membantu *overlay* peta anomali dan geologi.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Data gravitasi dan topografi yang diunduh dari citra satelit pada website https://topex.ucsd.edu/cgi-bin/get_data.cgi dalam bentuk *free air anomaly* (FAA) dan elevasi.
2. Data DEM SRTM (*Digital Elevation Model Shuttle Radar Topographic Mission*) Indonesia untuk membantu koreksi medan.

C. Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian yang dilakukan dapat dilihat pada gambar 3.2

1. Studi Literatur

Studi literatur sangat penting dalam penelitian karena dapat memberikan pemahaman yang mendalam tentang topik yang akan diteliti, serta memperluas cakupan informasi dan pengetahuan yang diperlukan untuk membuat kesimpulan yang valid. Studi literatur juga dapat membantu untuk mengidentifikasi kelemahan atau kekurangan dalam penelitian sebelumnya, sehingga dapat menghasilkan penelitian yang lebih baik dan berkualitas tinggi. Untuk memperkuat kajian, studi literatur dilakukan mengumpulkan referensi dari berbagai sumber,

seperti buku, jurnal, skripsi, dan penelitian lain yang relevan dengan identifikasi zona sesar.

2. Pengambilan Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder yang berupa data gravitasi dan topografi dari satelit TOPEX, dan peta geologi daerah Kota Semarang dan sekitarnya. Pengambilan data untuk penelitian ini dilakukan dengan menggunakan batas koordinat yang tercantum dalam table 3.1.

3. Pengolahan Data

Data anomali gravitasi satelit yang telah terkoreksi hingga tahap koreksi udara bebas menjadi dasar untuk dilakukan koreksi bouger dan medan. Dalam koreksi ini, perangkat lunak *Global Mapper*, *Microsoft Excel*, dan *Oasis Montaj* dimanfaatkan untuk menyelesaikan proses koreksi tersebut agar didapatkan hasil anomali bouger lengkap. Kemudian dilakukan pemisahan anomali regional dan residual untuk mendapatkan hasil dari *second vertical derivative*. Penggunaan *Oasis Montaj* dikarenakan perangkat lunak tersebut memiliki kemampuan komprehensif dalam pengolahan dan interpretasi

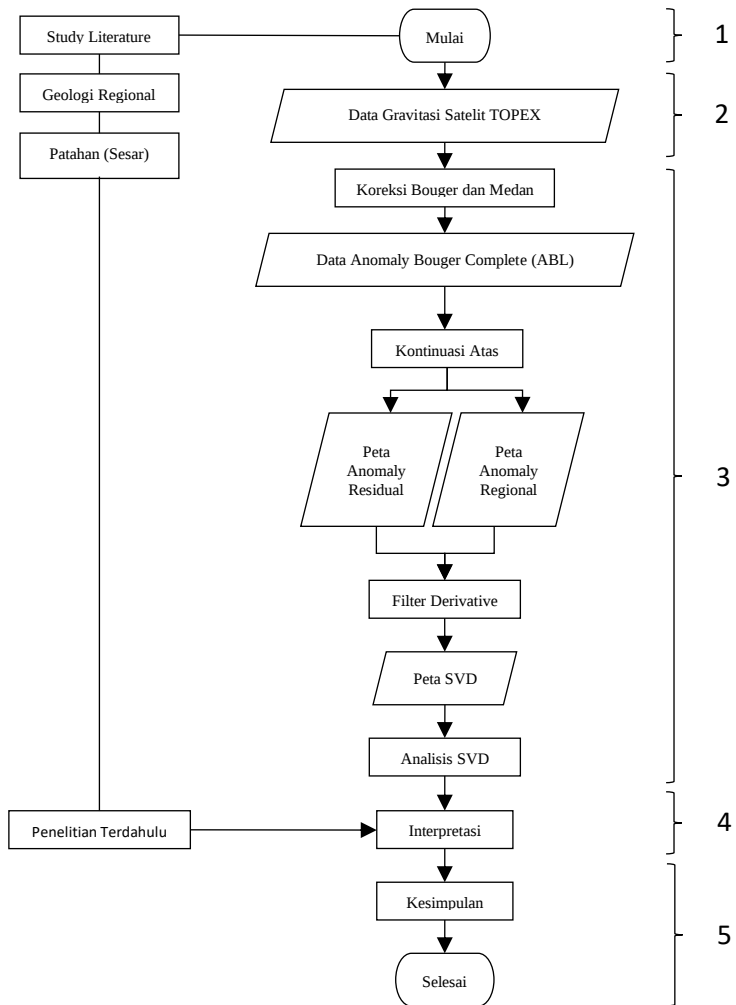
data. *Oasis Montaj* merupakan perangkat lunak berbayar dengan lisensi penggunaan.

4. Interpretasi Data

Tahap selanjutnya adalah interpretasi peta *second vertical derivative* yang dilakukan dengan cara melakukan *overlay* pada peta geologi dan peta svd untuk mengidentifikasi zona sesar.

5. Kesimpulan

Tahap terakhir adalah menyimpulkan dari pengujian dan analisis data dari hasil pengumpulan data yang telah diperoleh.



Gambar 3. 2 Diagram Alir Prosedur Penelitian

D. Teknik Pengambilan Data

Pengambilan data pada penelitian ini dapat dilakukan dengan mengunduh data gravitasi dan topografi satelit TOPEX pada website https://topex.ucsd.edu/cgi-bin/get_data.cgi. Data yang diambil pada penelitian ini merupakan daerah sekitar Sungai Kaligarang, Kota Semarang yang diduga merupakan sesar. Batas untuk pengambilan data adalah koordinat $110^{\circ}16'28.76''$ BT - $110^{\circ}32'21.94''$ BT dan $6^{\circ}55'3.81''$ LS - $7^{\circ}10'40.59''$ LS. Prosedur pengambilan data pada penelitian ini dapat dilakukan dengan langkah-langkah berikut :

1. Persiapkan laptop dengan jaringan internet yang stabil.
2. Melakukan survei pada lokasi yang telah ditentukan dengan menggunakan perangkat lunak *Google Earth* untuk menentukan batas koordinat.
3. Membuka website https://topex.ucsd.edu/cgi-bin/get_data.cgi dan memasukkan batas koordinat dalam bentuk desimal pada kolom utara, elatan, barat, dan timur.
4. Memilih data gravitasi dan topografi untuk mendapatkan data.

5. Mencatat data gravitasi dan topografi yang telah didapatkan menggunakan *Notepad* dan disimpan.
6. Membuka data gravitasi dan topografi yang sudah disimpan menggunakan *Microsoft Excel* dan disimpan dalam bentuk *file Microsoft Excel 2003* agar bisa dibuka menggunakan *Oasis Montaj*.

E. Teknik Analisis Data

Adapun tahapan dalam teknis analisis data pada penelitian ini adalah:

1. Pengolahan data

Pengolahan data dimulai dengan beberapa koreksi seperti koreksi Bouger dan koreksi Medan, menghasilkan *Complete Bouger Anomaly* (CBA). Pada proses pengolahan data ini juga dilakukan pemisahan *anomaly* regional dan residual menggunakan teknik kontinuitas keatas. Kemudian dilakukan Analisis *Second Vertical Derivative* (SVD)

a. Proses koreksi Bouger

Data yang telah didapatkan merupakan data dalam bentuk *Free Air Anomaly* (FAA) dan elevasi. Koreksi Bouger dapat dilakukan di *Microsoft Excel* dan *Oasis Montaj* dengan menggunakan persamaan 2.6 dengan langkah-langkah berikut:

- 1) Membuka data gravitasi dan topografi dengan *Microsoft Excel*.
- 2) Memasukkan persamaan 2.6 pada kolom baru untuk menentukan koreksi bouger.
- 3) Menentukan *Simple Bouger Anomaly* (SBA) dengan menggunakan persamaan 2.7

b. Proses koreksi Medan

Tujuan koreksi adalah untuk mengeliminasi pengaruh massa batuan di kerak bumi yang terletak antara bidang sferoida dan titik pengukuran (Sarkowi, 2010). Koreksi Medan dilakukan menggunakan perangkat lunak *Global Mapper* dan *Oasis Montaj* dengan langkah-langkah berikut:

- 1) Membuka perangkat lunak *Global Mapper* dengan tampilan DEM SRTM wilayah Indonesia.
- 2) Menentukan titik-titik grid dengan membuka data (dalam bentuk *file Notepad*) logitude dan latitude (*Open Generic ASCII Text File(s)...*) pada pilihan *File*.
- 3) *Export* data dengan format *Surfer Grid (Binary v7 format)* untuk *inner grid*.

- 4) *Export* data dengan format *Surfer Grid (Binary v7 format)* untuk *outer grid*.
- 5) Membuka data gravitasi dan topografi yang sudah disimpan dengan format *file Microsoft Excel 2003* pada perangkat lunak *Oasis Montaj*.
- 6) Membuat koordinat *longitude* dan *latitude* dalam bentuk UTM sesuai dengan zona wilayah dengan penamaan *Easting* dan *Northing*.
- 7) Mengatur *set current (X,Y) channel* pada bagian *Coordinates*
- 8) Melakukan koreksi medan dengan memilih *Regional terrain correction grid* pada bagian *Gravity* dan masukkan *inner grid* dan *outer grid*.
- 9) Menentukan *Complete Bouger Anomaly (CBA)* dengan menggunakan persamaan 2.9

c. Proses Pemisahan *Anomaly*

Anomaly Bouger terdiri dari *anomaly regional* dan *anomaly residual*. *Anomal residual* disebabkan karena adanya pengaruh batuan yang terletak pada keadaan dangkal. Sedangkan *anomaly regional* disebabkan karena pengaruh

batuan yang letaknya lebih dalam. Kontinuasi keatas adalah salah satu metode pemisahan anomaly yang dilakukan pada ketinggian tertentu agar diperoleh anomaly residual yang akurat. Proses pemisahan anomaly dilakukan menggunakan perangkat lunak *Oasis Montaj* Adapun langkah-langkah pemisahan anomaly menggunakan metode kontinuasi keatas adalah berikut:

- 1) Memilih *MAGMAP* → *Step-by-step Filtering* → *Prepare Grid* dengan *input grid* CBA untuk membuat *grid* pre proses.
- 2) Memilih *MAGMAP* → *Step-by-step Filtering* → *Forward FFT* untuk menginput *grid* pre proses.
- 3) Memilih *MAGMAP* → *Step-by-step Filtering* → *Define Filters* untuk memilih metode kontinuasi keatas.
- 4) Memilih *MAGMAP* → *Step-by-step Filtering* → *Apply Filter* untuk menghasilkan *grid* kontinuasi keatas.
- 5) Lakukan proses 3 dan 4 sampai menemukan *grid* yang sesuai dengan kebutuhan.

- 6) Jika sudah sesuai maka yang dihasilkan adalah *grid* regional
- 7) Memilih *Grid* → *Expressions* → *Subtract Grids* dengan *input* pertama *grid* CBA dan *input* kedua *grid* hasil dari proses ke 4 yang sesuai untuk menghasilkan *grid* residual.

d. Proses Analisis SVD

Analisis *Second Vertical Derivative* dilakukan untuk mengidentifikasi keberadaan sesar di wilayah Kota Semarang dan sekitarnya menggunakan perangkat lunak *Oasis Montaj*. Adapun langkah-langkah analisis SVD sebagai berikut:

- 1) Memilih *MAGMAP* → *Step by Step Filtering* → *Prepare Grid* dengan *input grid* residual/lokal dan *output pre proses* lokal
- 2) Memilih *MAGMAP* → *Step by Step Filtering* → *Forward FFT*
- 3) Memilih *MAGMAP* → *Step by Step Filtering* → *Define Filters* untuk menghasilkan FHD X (memilih *Derivative in X-direction* dengan *order* 1)

- 4) Memilih *MAGMAP* → *Step by Step Filtering* → *Apply Filters* untuk menampilkan *grid* FHD X
- 5) Memilih *MAGMAP* → *Step by Step Filtering* → *Define Filters* untuk menghasilkan FHD Y (memilih *Derivative in Y-direction* dengan *order* 1)
- 6) Memilih *MAGMAP* → *Step by Step Filtering* → *Apply Filters* untuk menampilkan *grid* FHD Y
- 7) Memilih *Grid* → *Expressions* → *General Expression* dengan G1 adalah FHD X dan G2 adalah FHD Z dan *output* G3 adalah FHD Total (dengan rumus $G3 = \text{SQRT}((G1 * G1) + (G2 * G2))$ untuk menampilkan *grid* FHD Total
- 8) Memilih *MAGMAP* → *Step by Step Filtering* → *Define Filters* untuk menghasilkan SVD Z (memilih *Derivative in Z-direction* dengan *order* 2)
- 9) Memilih *MAGMAP* → *Step by Step Filtering* → *Apply Filters* untuk menampilkan *grid* SVD Z

2. Interpretasi data

Interpretasi data dilakukan dengan melihat Grid SVD yang dihasilkan berdasarkan hasil analisis di

perangkat lunak *Oasis Montaj* dibandingkan dengan peta geologi daerah Kota Semarang dan sekitarnya untuk mengidentifikasi keberadaan zona sesar Kaligarang.

BAB IV

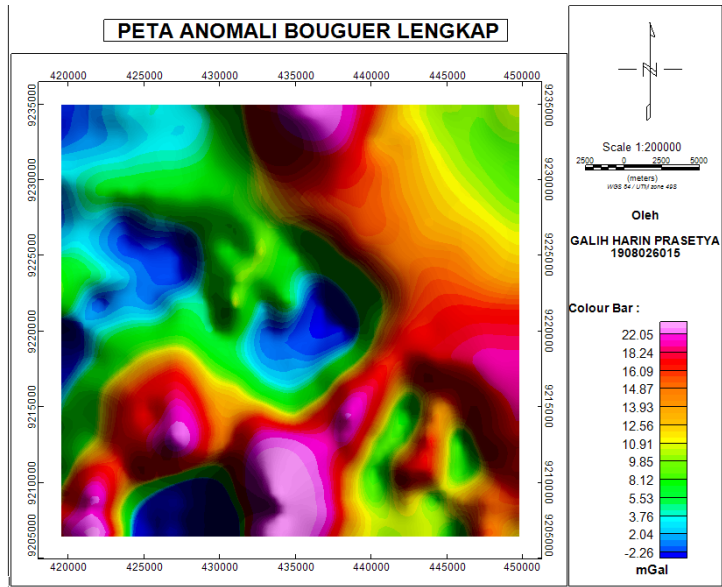
HASIL DAN PEMBAHASAN

Data penelitian ini adalah data sekunder yang berasal dari data satelit TOPEX. Data tersebut berupa data *Free Air Anomaly* (FAA) dan elevasi. Data diperoleh pada situs: http://topex.ucsd.edu/cgi-bin/get_data.cgi dengan batas lokasi daerah sesuai tabel 3.1. Data yang diperoleh untuk pengolahan data sebanyak 272 data yang berupa koordinat (*longitude* dan *latitude*), elevasi, dan FAA gravitasi yang dapat dilihat pada lampiran 1.

A. Peta Anomaly Bouger Lengkap

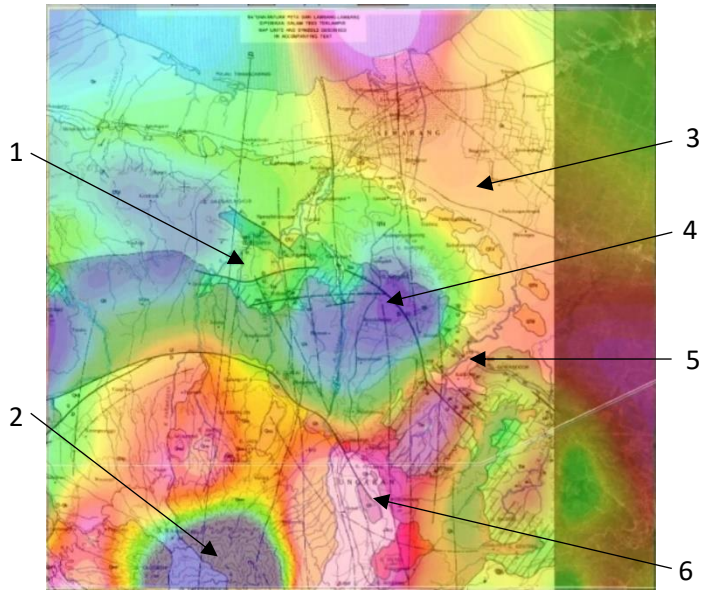
Peta anomali bouger lengkap ditunjukkan oleh gambar 4.1. Nilai yang didapatkan dari anomali bouger lengkap berkisar -2,26 mGal sampai 22,05 mGal. Peta anomaly bouger lengkap hasil pengolahan data gravitasi satelit topex menggunakan perangkat lunak *oasis montaj* menunjukkan variasi anomali gravitasi di suatu wilayah dan implikasinya terhadap struktur bawah permukaan. Peta ini didapatkan dari hasil persamaan 2.30 yang divisualkan oleh perangkat lunak *oasis montaj*. Peta ini menggunakan warna untuk merepresentasikan nilai anomaly gravitasi dalam miliGal (mGal), di mana warna oranye hingga ungu menunjukkan nilai anomali positif

(nilai tinggi), sementara warna hijau hingga biru menunjukkan nilai anomali rendah.



Gambar 4. 1 Peta Anomali Bouger Lengkap

Anomali positif (nilai tinggi) menunjukkan adanya massa bawah permukaan yang lebih padat. Kondisi ini bisa disebabkan oleh keberadaan intrusi batuan beku, struktur geologi yang lebih padat seperti batolit, atau endapan mineral berat. Di sisi lain, anomali rendah menunjukkan massa bawah permukaan yang kurang padat. Kemungkinan penyebabnya adalah adanya cekungan sedimentasi, batuan sedimen yang kurang padat, atau rongga dan porositas yang tinggi.



Gambar 4. 2 Overlay ABL dengan Peta Geologi

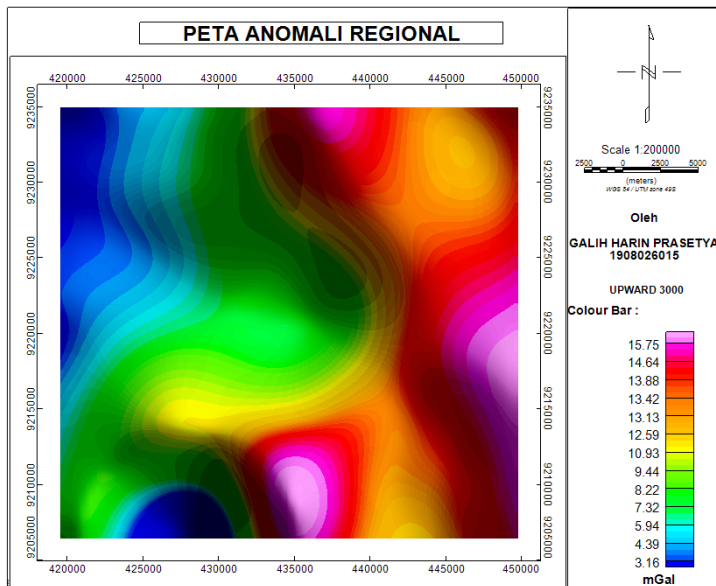
Gambar 4.2 adalah Peta ABL yang di *overlay* dengan peta geologi Semarang. Pola perubahan warna menunjukkan adanya struktur geologi di daerah penelitian yang dapat dilihat pada peta *overlay*. Anomali yang membentang dan pola perubahan warna mengindikasikan keberadaan struktur geologi seperti patahan, lipatan, atau kontak antara dua jenis batuan yang berbeda. Pola linier mengindikasikan adanya patahan atau sesar ditunjukkan oleh nomor (5), sementara area luas dengan anomaly tertentu mengindikasikan cekungan atau dome seperti yang ditunjukkan oleh nomor (4).

Dari gambar 4.2, terlihat bahwa nomor (3), (5), dan (6) menunjukkan anomali positif (nilai tinggi), mengindikasikan adanya struktur batuan padat atau intrusi. Sebaliknya, nomor (1) dan (4) didominasi oleh anomali rendah, yang mengindikasikan adanya batuan sedimen atau cekungan yang lebih ringan. Anomali rendah pada nomor (2) mengindikasikan adanya magmatik karena terletak di daerah tinggian gunung ungaran. Hal tersebut sesuai dengan penelitian tentang struktur permukaan bawah bumi (Aini, 2022). Perubahan warna yang tajam antara anomali tinggi dan rendah mengindikasikan keberadaan sesar atau kontak batuan.

B. Peta Anomaly Regional

Peta anomaly regional ditunjukkan oleh gambar 4.3. Nilai yang didapatkan dari anomali bouger lengkap berkisar 3,16 mGal sampai 15,75 mGal. Peta anomali regional yang dihasilkan dari metode kuantiasi keatas (*Upward Continuation*) menggunakan perangkat lunak *Oasis Montaj*. Warna pada peta ini mempresentasikan nilai anomali gravitasi dalam miliGal (mGal). Warna oranye hingga ungu menunjukkan nilai anomali positif (nilai tinggi) terdapat di bagian timur laut dan sebagian tengah peta, mengindikasikan adanya massa bawah permukaan yang lebih padat. Hal ini bisa disebabkan oleh adanya

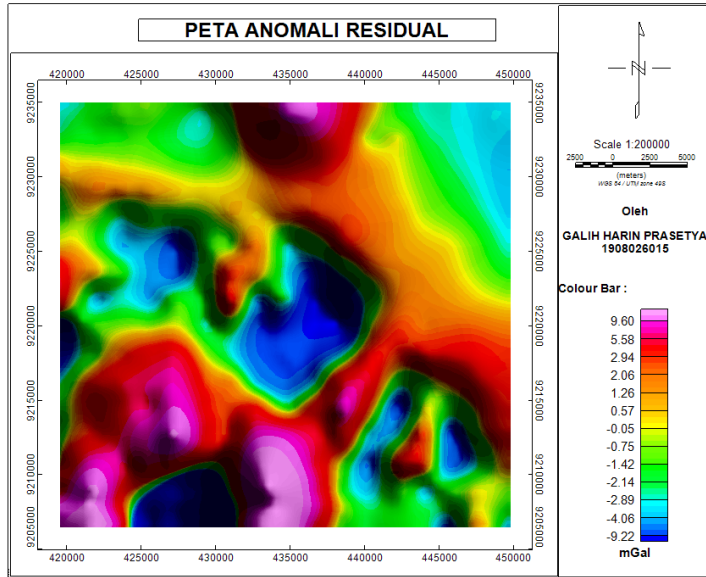
intrusi batuan beku atau batuan dasar yang lebih padat di area tersebut seperti intrusi batuan beku atau keberadaan batolit. Sebaliknya, anomali rendah terlihat mendominasi bagian barat dan barat daya peta, ditandai dengan warna hijau hingga biru mengindikasikan massa bawah permukaan yang kurang padat, yang dapat disebabkan oleh cekungan sedimentasi atau batuan yang kurang padat dan berpori tinggi. Pola perubahan warna yang membentang menunjukkan tren besar yang mungkin terkait dengan formasi geologi regional atau cekungan besar.



Gambar 4. 3 Peta Anomali Regional

C. Peta Anomaly Residual

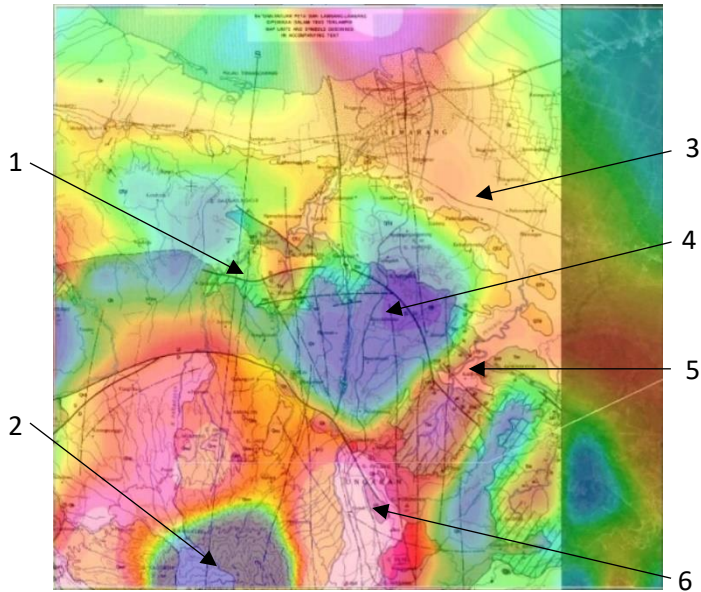
Peta anomaly residual yang diperoleh dari hasil pemisahan anomaly menggunakan metode kuantiasi keatas melalui perangkat lunak *Oasis Montaj* menunjukkan variasi nilai gravitasi di daerah penelitian. Peta anomaly residual ditunjukkan oleh gambar 4.4. Warna pada peta menggambarkan nilai anomaly gravitasi dalam miliGal (mGal), di mana warna hangat seperti oranye hingga ungu menunjukkan nilai anomaly positif, sedangkan warna dingin seperti hijau hingga biru menunjukkan nilai anomaly negatif. Rentang nilai anomaly residual berkisar dari -9.22 mGal hingga 9.60 mGal. Anomali positif ini mengindikasikan adanya keberadaan massa batuan yang lebih padat dan lebih berat, seperti intrusi batuan beku, zona mineralisasi, atau struktur geologi yang lebih dalam. Sebaliknya, anomaly negatif mengindikasikan adanya keberadaan batuan yang kurang padat, seperti sedimen atau zona *alterasi* yang mengandung lebih banyak *fluida* atau porositas tinggi.



Gambar 4. 4 Peta Anomali Residual

Pola kontur pada peta memberikan petunjuk tentang struktur geologi yang ada, di mana kontur yang rapat menunjukkan perubahan gradien anomali yang cepat, yang bisa mengindikasikan kontak atau batas geologi yang signifikan. Area dengan anomali positif (nilai tinggi), yang diwakili oleh warna merah dan oranye, mengindikasikan lokasi massa batuan yang lebih padat atau mungkin zona mineralisasi seperti yang ditunjukkan oleh nomor (3), (5), dan (6). Sementara itu, area dengan anomali negatif (nilai rendah), yang diwakili oleh warna biru dan ungu, mengindikasikan lokasi batuan yang kurang padat atau adanya struktur seperti cekungan

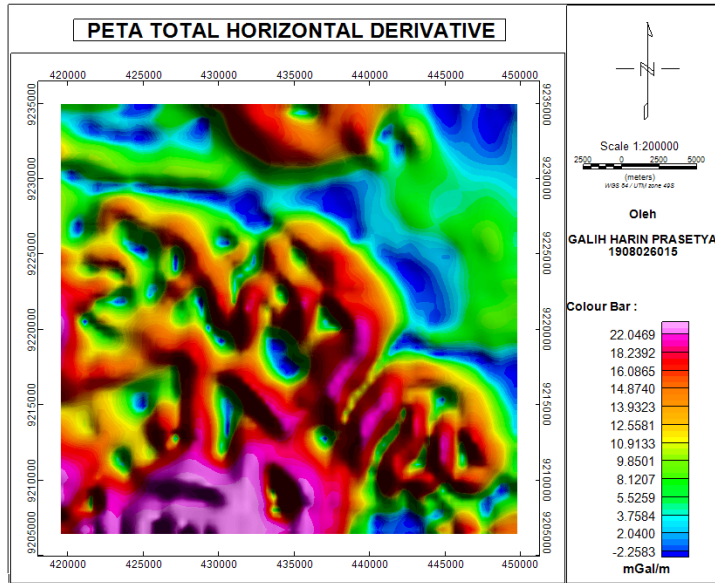
sedimen seperti ditunjukkan nomor (4). Nomor (5) menunjukkan adanya magmatik gunungapi karena lokasi di tinggian ungaran.



Gambar 4. 5 Overlay Anomali Residual dengan Peta Geologi

D. Peta Total Horizontal Derivative

Peta *Total Horizontal Derivative* (THD) yang dihasilkan dari pengolahan data gravitasi menggunakan perangkat lunak *Oasis Montaj* memberikan informasi penting mengenai variasi *horizontal* dalam data anomali gravitasi di daerah penelitian. Peta *Total Horizontal Derivative* (THD) ditunjukkan oleh gambar 4.6.



Gambar 4. 6 Peta *Total Horizontal Derivative*

Pola warna kontur pada gambar 4.6 menunjukkan besarnya nilai THD dalam miliGal per meter (mGal/m). Warna-warna hangat seperti oranye hingga merah menunjukkan nilai THD yang tinggi, sementara warna-warna dingin seperti hijau hingga biru menunjukkan nilai THD yang lebih rendah. Rentang nilai THD pada peta ini berkisar dari -2.2583 mGal/m hingga 22.0469 mGal/m.

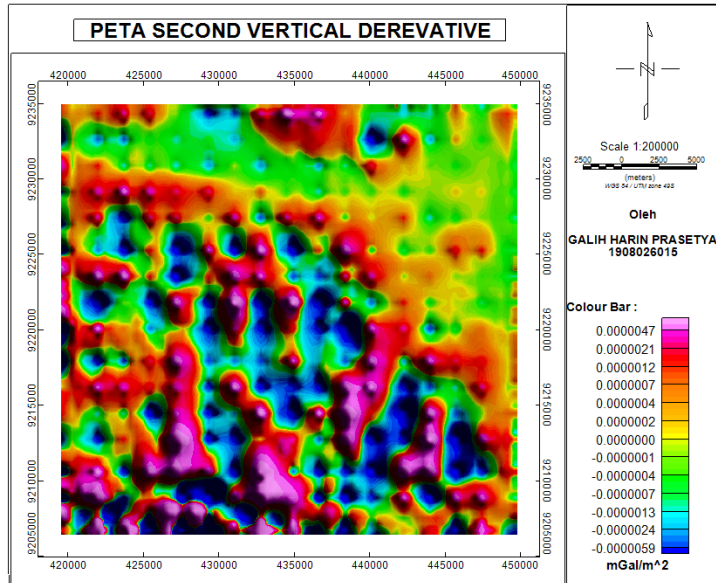
Nilai THD yang tinggi menunjukkan perubahan cepat dalam anomali gravitasi *horizontal*, yang seringkali terkait dengan batas-batas geologis seperti sesar atau kontak litologi yang signifikan. Area dengan nilai THD yang tinggi, yang ditandai dengan warna oranye hingga

merah, menunjukkan keberadaan sesar atau struktur geologi lainnya yang memiliki perubahan densitas yang signifikan. Sebaliknya, nilai THD yang rendah menunjukkan area dengan variasi densitas yang lebih homogen atau perubahan gradien yang lebih halus.

Pola kontur pada peta THD memberikan petunjuk lebih lanjut tentang fitur-fitur struktural di daerah studi. Kontur yang rapat dan pola-pola linear dapat mengindikasikan adanya sesar atau retakan yang mungkin tidak terlihat pada peta anomali gravitasi biasa.

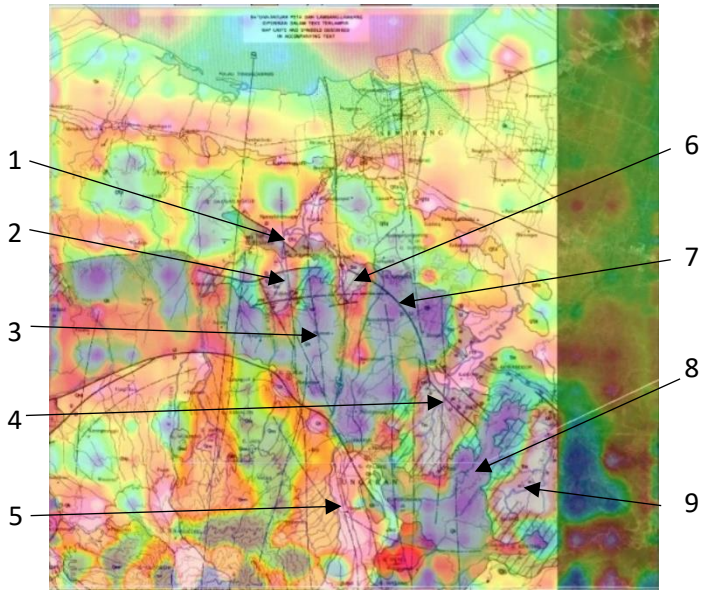
E. Peta Second Vertical Derivative

Peta *Second Vertical Derivative* ditunjukkan oleh gambar 4.5. Peta *Second Vertical Derivative* (SVD) yang diperoleh dari hasil pengolahan data gravitasi menggunakan perangkat lunak *Oasis Montaj* memberikan informasi penting mengenai variasi densitas vertikal di daerah studi. Peta ini dibuat dengan skala 1:200,000, yang berarti setiap 1 cm pada peta mewakili 2 km di lapangan, dengan sistem koordinat WGS 84 / UTM zone 49S. Pada peta ini, koordinat mencakup rentang dari 420,000 hingga 450,000 meter untuk sumbu x, dan dari 9,210,000 hingga 9,235,000 meter untuk sumbu y.



Gambar 4. 7 Peta *Second Vertical Derivative*

Dari gambar 4.7, warna pada peta menunjukkan besarnya derivatif vertikal kedua dalam miliGal per meter persegi (mGal/m^2). Warna merah hingga ungu menunjukkan nilai *derivatif* vertikal yang tinggi, warna oranye hingga kuning menunjukkan nilai *derivative* vertikal rendah, sedangkan warna hijau hingga biru menunjukkan nilai *derivatif* negatif (lebih rendah). Rentang nilai SVD pada peta ini berkisar dari $-0.000059 \text{ mGal/m}^2$ hingga $0.000047 \text{ mGal/m}^2$. Gambar 4.8 menunjukkan *overlay* peta *derivative* vertikal kedua dengan peta geologi.



Gambar 4. 8 Overlay Peta *Second Vertical Derivative* dengan Peta Geologi

Area pada peta *second vertical derivative* yang menunjukkan anomali positif kuat cenderung berkorelasi dengan daerah yang memiliki formasi kerek yakni batuan padat dan mineralisasi tinggi pada peta geologi. Ini termasuk batuan beku atau metamorf yang memiliki densitas lebih tinggi (1), (2), (4), (5), (6), dan (9). Sedangkan Area pada peta *second vertical derivative* yang menunjukkan anomali rendah berkorelasi dengan sedimen pada formasi kaligetas, seperti batuan sedimen muda dan zona lemah struktural. Pada peta geologi, area ini terkait dengan formasi sedimen dan daerah dengan

aktivitas tektonik yang signifikan, seperti lembah dan graben. Nomor (3), (7), dan (8) menunjukkan anomali negatif kuat. Hal tersebut sesuai dengan dugaan permukaan bawah tanah (Aini, 2022).

Pola anomali pada peta *second vertical derivative* tidak dapat menunjukkan keberadaan sesar atau batas formasi batuan dengan jelas seperti ditunjukkan pada peta geologi. Ada beberapa hal yang dapat mempengaruhi tidak teramatinya sesar atau patahan pada peta *second vertical derivative*, seperti resolusi data gravitasi, kompleksitas geologi daerah penelitian, dan kedalaman sesar, dan metodologi pengolahan data.

Penelitian tentang identifikasi zona sesar Kaligarang menggunakan data gravitasi satelit TOPEX memang menghadapi tantangan dalam beberapa kasus di mana sesar tidak teramati dengan jelas. Fenomena ini dapat disebabkan oleh berbagai faktor yang mempengaruhi resolusi dan akurasi data.

Salah satu alasan utama sesar tidak teramati dengan jelas dalam data satelit adalah resolusi data yang terbatas. Data satelit seperti dari TOPEX/Poseidon umumnya memiliki resolusi spasial yang lebih rendah dibandingkan dengan data yang diperoleh melalui survei darat atau udara. Resolusi yang lebih rendah dapat menyebabkan detail kecil atau fitur yang

lebih halus, seperti sesar kecil atau terpendam tidak terdeteksi dengan baik (Keating & Pinet, 2013). Dalam penelitian geofisika, resolusi yang lebih tinggi sangat penting untuk mengidentifikasi dan memetakan fitur geologi dengan lebih akurat.

Selain resolusi data satelit, Kedalaman sesar juga memainkan peran penting dalam visibilitasnya pada data satelit. Sesar yang berada pada kedalaman yang sangat dalam mungkin tidak menghasilkan anomali gravitasi atau medan magnet yang cukup kuat untuk dideteksi oleh instrumen satelit (Lewerissa et al., 2020). Selain itu, jenis sesar juga mempengaruhi deteksi. Sesar yang berhubungan dengan pergeseran vertikal mungkin lebih sulit dideteksi dibandingkan dengan sesar geser horizontal karena perubahan densitas dan medan gravitasi yang dihasilkannya lebih kecil dan lebih tersebar (Muzli et al., 2018). Sesar Kaligarang mempunyai kinematik pergerakan sesar geser mengiri (Fahrudin et al., 2011).

Daerah dengan geologi yang kompleks, seperti adanya berbagai jenis batuan dengan sifat fisik yang berbeda, dapat menyulitkan interpretasi data. Variasi densitas dan magnetik yang kompleks di bawah permukaan dapat mengaburkan sinyal sesar dan membuatnya sulit diidentifikasi (Lewerissa et al., 2020). Dalam kasus ini, sinyal dari sesar tertutupi oleh

anomali lain yang disebabkan oleh variasi litologi. Formasi kerek dan kalibeng termasuk formasi sejak jaman tersier sehingga hasil analisis SVD terdistraksi oleh anomali dari formasi tersebut. Oleh karena itu, Sesar Kaligarang masih diduga berada didaerah dengan variasi litologi formasi kerek dan kalibeng yang mendistraksi anomali SVD yang teramati.

BAB V

KESIMPULAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Peta *Second Vertical Derivative* diperoleh nilai berkisar $-0,0000059 \text{ mGal/m}^2$ hingga $0,0000047 \text{ mGal/m}^2$, dimana nilai anomali rendah berkorelasi dengan sedimen pada formasi kaligetas dan damar, seperti batuan sedimen, batuan lempung, batuan pasir, dan daerah dengan aktivitas tektonik yang signifikan seperti lembah atau graben, sedangkan nilai anomali tinggi berkorelasi dengan daerah yang memiliki formasi kerek, dan mineralisasi tinggi pada peta geologi, seperti batuan beku dan metamorf.
2. Berdasarkan peta *Second Vertical Derivative* yang didapatkan keberadaan zona sesar Kaligarang tidak dapat teramati dengan jelas. Ketiadaan indikasi zona sesar disebabkan oleh beberapa faktor, yaitu resolusi data gravitasi, kompleksitas geologi daerah penelitian, dan kedalaman sesar, dan metodologi pengolahan data. Sehingga keberadaan sesar

Kaligarang masih diduga berada di daerah dengan variasi litologi daerah Kota Semarang.

B. Saran

Penelitian ini memiliki kekurangan yang harus diperbaiki dengan menggunakan resolusi data yang lebih tinggi atau menambahkan tempat lain untuk mengetahui perbandingan penggunaan data satelit TOPEX dalam identifikasi zona sesar di wilayah Indonesia.

DAFTAR PUSTAKA

- Aini, P. N. (2022). *PENDUGAAN STRUKTUR BAWAH PERMUKAAN DI KABUPATEN SEMARANG BERDASARKAN ANOMALI GRAVITASI CITRA SATELIT*. UIN Walisongo.
- Anderson, E. M. (1951). The dynamics of faulting and dyke formation with applications to Britain. (*No Title*).
- Benada, J. R. (1997). *Physical oceanography distributed active archive center*.
- Damayanti, C., Yamko, A. K., Souisa, C. J., Barends, W., & Naroly, I. L. P. T. (2020). Pemodelan Segmentasi Mentawai-Pagai: Studi Kasus Gempa Megathrust di Indonesia. *Jurnal Geosains Dan Remote Sensing*, 1(2), 105–110.
- Fahrudin, F., Sadisun, I., & Harsolumakso, A. (2011). *Studi Sesar Aktif, Kinematik, dan Dinamik Zona Sesar Kaligarang (KGFZ) di Semarang*.
- Fu, L.-L., & Cazenave, A. (2001). *Satellite altimetry and earth sciences: a handbook of techniques and applications*. Elsevier.
- Harper, L. (2002). Understanding Earth. *Geological Magazine*, 139(1), 101.
- Hartati, A. (2012). Identifikasi Struktur Patahan Berdasarkan Analisa Derivative Metode Gaya Berat di Pulau Sulawesi. *FMIPA UI, Hal*, 30.
- Hidayat, E. (2013). Identifikasi Sesar Aktif di Sepanjang Jalur Kali Garang, Semarang. *Jurnal Geologi Dan Sumberdaya Mineral*, 23(1), 31–37.

- Jacobs, J. A., Russell, R. D., & Wilson, J. T. (1973). *Physics and Geology*. McGraw-Hill.
<https://books.google.co.id/books?id=GG01AAAAMAAJ>
- Keating, P., & Pinet, N. (2013). Comparison of surface and shipborne gravity data with satellite-altimeter gravity data in Hudson Bay. *The Leading Edge*, 32(4), 450–458.
- Lewerissa, R., Sismanto, S., Setiawan, A., Pramumijoyo, S., & Lapon, L. (2020). Integration of gravity and magnetic inversion for geothermal system evaluation in Suli and Tulehu, Ambon, eastern Indonesia. *Arabian Journal of Geosciences*, 13(15), 726.
- Maimuna, A. K., Pramesthi, E. A., Segoro, Y. A., Margiono, R., Azzahra, K. S., Akhadi, M., & Siregar, D. V. (2021). Analisis Anomali Gaya Berat Menggunakan Metode SVD dan Pemodelan 3D (Studi Kasus Gempa di Kepulauan Togean, Kabupaten Tojo Una-Una, Sulawesi Tengah). *Jurnal Geofisika*, 19(1), 17–23.
- Maulana, A. D., & Prasetyo, D. A. (2019). Analisa Matematis pada Koreksi Bouguer dan Koreksi Medan Data Gravitasi Satelit Topex dan Penerapan dalam Geohazard Studi Kasus Sesar Palu Koro, Sulawesi Tengah. *Jurnal Geosaintek*, 5(3), 91–100.
- Mussett, A. E., & Khan, M. A. (2000). *Looking Into The Earth: An Introduction to Geological Geophysics*. Cambridge University Press.
- Muzli, M., Umar, M., Nugraha, A. D., Bradley, K. E., Widiyantoro, S., Erbas, K., Jousset, P., Rohadi, S., Nurdin, I., & Wei, S. (2018). The 2016 M w 6.5 Pidie Jaya, Aceh, North Sumatra, earthquake: reactivation of an unidentified

sinistral fault in a region of distributed deformation. *Seismological Research Letters*, 89(5), 1761–1772.

Nugraha, P., Supriyadi, S., & Yulianti, I. (2016). Pendugaan Struktur Bawah Permukaan Kota Semarang Berdasarkan Data Anomali Gravitasi Citra Satelit. *Unnes Physics Journal*, 5(2), 37–41.

Partono, W. (2015). *Persepsi pengembangan peta rawan gempa kota semarang melalui penelitian hazard gempa deterministik*.

Pingkan Lewu, A. (2021, October 23). *Tanggapan Kejadian Gempabumi Ambarawa*. MAGMA Indonesia. <https://magma.esdm.go.id/v1/gempa-bumi-dan-tsunami/kajian/2221?signature=133188774d47fdedae29ab69a31c2895281ed8a8ca14e476c9dbad5923c1c3e1>

Poedjoprajitno, S., Wahyudiono, J., & Cita, A. (2007). Peran Morfologi Struktur Kaitannya Dengan Deformasi Landform Daerah Semarang Selatan. *Publikasi Khusus*, 1(33), 49–59.

Poedjoprajitno, S., Wahyudiono, J., & Cita, A. (2008). Reaktivitas Sesar Kaligarang, Semarang. *Indonesian Journal on Geoscience*, 3(3), 129–138.

Reynolds, J. M. (2011). *An Introduction to Applied and Environmental Geophysics*. John Wiley & Sons.

Riki Fadilah, A. (2020). *Analisis Data Mikroseismik Pada Kawasan Jalur Sesar Kaligarang Desa Bendan Duwur Kecamatan Gajahmungkur Semarang*. Universitas Negeri Semarang.

- Sadjab, B. A., Indrayana, I. P. T., Kurnia, K., Aziz, K. N., Nur, A. R., Janis, H. B., & Sangian, H. F. (2022). Identifikasi sebaran dan Jenis Sesar Berdasarkan Analisis Data Anomali Gravitasi Topex Provinsi Maluku Utara Lembar Pulau Halmahera Utara. *Jurnal Fisika Flux: Jurnal Ilmiah Fisika FMIPA Universitas Lambung Mangkurat*, 19(2), 135. <https://doi.org/10.20527/flux.v19i2.9616>
- Sari, L., Sehad, & Hartono. (2018). Penerapan Second Vertical Derivative (SVD) Pada Data Gravitasi Untuk Mengidentifikasi Keberadaan Patahan Di Sepanjang Pegunungan Serayu Selatan Kabupaten Banyumas. *Jurnal Teras Fisika*, 1(2), 8. <https://doi.org/10.20884/1.jtf.2018.1.2.1127>
- Sarkowi, M. (2010). Identifikasi Struktur Daerah Panasbumi Ulubelu Berdasarkan Analisa Data SVD Anomali Bouguer. *J. Sains MIPA*, 16(2), 111–118.
- Sidik, I. F., Susilo, A., & Sulastomo, D. G. (n.d.). *IDENTIFIKASI SESAR DI DAERAH PONGKOR BOGOR JAWA BARAT DENGAN MENGGUNAKAN METODE GAYABERAT*.
- Soraya, V. (2020). *Identifikasi Patahan Kawasan Blawen-Ijen berdasarkan Data Anomali Gravitasi GGMPLUS dengan Analisa Second Vertical Derivative (SVD)*. <http://repository.unej.ac.id/handle/123456789/102557>
- Supartoyo, Surono, & Putranto, E. T. (2014). *Katalog Gempabumi Merusak di Indonesia Tahun 1612 – 2014* (Hendrasto, G. Suantika, & S. Hidayati, Eds.; 5th ed.). Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi.
- Telford, W. M., Geldart, L. P., & Sheriff, R. E. (1990). *Applied geophysics*. Cambridge university press.

- Thaden, R. E., & PW, R. (1975). *Peta Geologi Lembar Magelang dan Semarang, Jawa. Skala 1:100000*.
- Van Bemmelen, R. W. (1970). *The geology of Indonesia* (Vol. 1). Nijhoff.
- Wachidah, N., & Minarto, E. (2018). Identifikasi Struktur Lapisan Bawah Permukaan Daerah Potensial Mineral dengan Menggunakan Metode Gravitasi di Lapangan "A", Pongkor, Jawa Barat. *Jurnal Sains Dan Seni ITS*, 7(1), 32–37.
- Wuriatmo, H. (2011). *Analisa Sea Level Rise Dari Data Satelit Altimetri Topex/Poseidon, Jason-1 Dan Jason-2 Di Perairan Laut Pulau Jawa Periode 2000–2010*.

LAMPIRAN

Lampiran 1 : Data Penelitian

No	Longitude	Latitude	Elevasi	FAA	K. Bouguer	ABS	K. Medan	ABL
1	110,275	-6,9247	1	0,1	0,10947	-0,00947	0,0087	-0,00077
2	110,2917	-6,9247	0	1,7	0	1,7	0,0091	1,7091
3	110,3083	-6,9247	-3	3	-0,32841	3,32841	0,0101	3,33851
4	110,325	-6,9247	-5	3,3	-0,54735	3,84735	0,0115	3,85885
5	110,3417	-6,9247	-7	2,8	-0,76629	3,56629	0,0152	3,58149
6	110,3583	-6,9247	-7	3,3	-0,76629	4,06629	0,014	4,08029
7	110,375	-6,9247	-9	8	-0,98523	8,98523	0,0192	9,00443
8	110,3917	-6,9247	-7	17,1	-0,76629	17,86629	0,012	17,87829
9	110,4083	-6,9247	-7	24,7	-0,76629	25,46629	0,0112	25,47749
10	110,425	-6,9247	-5	25,3	-0,54735	25,84735	0,0059	25,85325
11	110,4417	-6,9247	-5	20,6	-0,54735	21,14735	0,0056	21,15295
12	110,4583	-6,9247	-3	15,3	-0,32841	15,62841	0,0023	15,63071
13	110,475	-6,9247	-1	11,8	-0,10947	11,90947	0,0008	11,91027
14	110,4917	-6,9247	0	10,3	0	10,3	0,002	10,302
15	110,5083	-6,9247	-2	10	-0,21894	10,21894	0,0021	10,22104
16	110,525	-6,9247	3	10,2	0,32841	9,87159	0,0043	9,87589
17	110,5417	-6,9247	3	11,1	0,32841	10,77159	0,0023	10,77389
18	110,275	-6,9412	3	0,9	0,32841	0,57159	0,0251	0,59669
19	110,2917	-6,9412	3	1,8	0,32841	1,47159	0,0228	1,49439
20	110,3083	-6,9412	1	2,6	0,10947	2,49053	0,0206	2,51113
21	110,325	-6,9412	-3	3	-0,32841	3,32841	0,0359	3,36431
22	110,3417	-6,9412	-3	3	-0,32841	3,32841	0,018	3,34641
23	110,3583	-6,9412	-5	3,9	-0,54735	4,44735	0,018	4,46535
24	110,375	-6,9412	-5	7,7	-0,54735	8,24735	0,0149	8,26225
25	110,3917	-6,9412	-3	14,7	-0,32841	15,02841	0,0095	15,03791
26	110,4083	-6,9412	-3	20,6	-0,32841	20,92841	0,0075	20,93591
27	110,425	-6,9412	-5	21,9	-0,54735	22,44735	0,0387	22,48605
28	110,4417	-6,9412	-1	19,3	-0,10947	19,40947	0,0032	19,41267
29	110,4583	-6,9412	22	15,9	2,40834	13,49166	0,0924	13,58406

30	110,475	-6,9412	-4	13,2	-0,43788	13,63788	0,0058	13,64368
31	110,4917	-6,9412	5	11,4	0,54735	10,85265	0,0098	10,86245
32	110,5083	-6,9412	3	10,4	0,32841	10,07159	0,0033	10,07489
33	110,525	-6,9412	3	10	0,32841	9,67159	0,0022	9,67379
34	110,5417	-6,9412	3	10,3	0,32841	9,97159	0,0026	9,97419
35	110,275	-6,9577	5	3,7	0,54735	3,15265	0,0618	3,21445
36	110,2917	-6,9577	3	4,1	0,32841	3,77159	0,0597	3,83129
37	110,3083	-6,9577	3	4,4	0,32841	4,07159	0,055	4,12659
38	110,325	-6,9577	1	4,6	0,10947	4,49053	0,0501	4,54063
39	110,3417	-6,9577	1	4,8	0,10947	4,69053	0,0421	4,73263
40	110,3583	-6,9577	1	5,7	0,10947	5,59053	0,0335	5,62403
41	110,375	-6,9577	-1	8,3	-0,10947	8,40947	0,0266	8,43607
42	110,3917	-6,9577	5	12,5	0,54735	11,95265	0,0304	11,98305
43	110,4083	-6,9577	5	16,3	0,54735	15,75265	0,0183	15,77095
44	110,425	-6,9577	5	17,8	0,54735	17,25265	0,0238	17,27645
45	110,4417	-6,9577	5	17,3	0,54735	16,75265	0,0095	16,76215
46	110,4583	-6,9577	5	15,8	0,54735	15,25265	0,01	15,26265
47	110,475	-6,9577	5	14,2	0,54735	13,65265	0,0057	13,65835
48	110,4917	-6,9577	7	12,6	0,76629	11,83371	0,0053	11,83901
49	110,5083	-6,9577	7	11,2	0,76629	10,43371	0,0071	10,44081
50	110,525	-6,9577	5	10,3	0,54735	9,75265	0,0033	9,75595
51	110,5417	-6,9577	5	10	0,54735	9,45265	0,0049	9,45755
52	110,275	-6,9743	49	7,8	5,36403	2,43597	0,2499	2,68587
53	110,2917	-6,9743	29	8	3,17463	4,82537	0,2259	5,05127
54	110,3083	-6,9743	23	7,9	2,51781	5,38219	0,1999	5,58209
55	110,325	-6,9743	17	7,7	1,86099	5,83901	0,184	6,02301
56	110,3417	-6,9743	11	7,6	1,20417	6,39583	0,1524	6,54823
57	110,3583	-6,9743	5	8	0,54735	7,45265	0,0935	7,54615
58	110,375	-6,9743	5	9,5	0,54735	8,95265	0,0673	9,01995
59	110,3917	-6,9743	7	11,8	0,76629	11,03371	0,0471	11,08081
60	110,4083	-6,9743	9	14,2	0,98523	13,21477	0,0358	13,25057
61	110,425	-6,9743	9	15,7	0,98523	14,71477	0,0316	14,74637
62	110,4417	-6,9743	7	16,2	0,76629	15,43371	0,0213	15,45501

63	110,4583	-6,9743	7	15,8	0,76629	15,03371	0,0175	15,05121
64	110,475	-6,9743	9	14,9	0,98523	13,91477	0,0201	13,93487
65	110,4917	-6,9743	11	13,7	1,20417	12,49583	0,0157	12,51153
66	110,5083	-6,9743	9	12,3	0,98523	11,31477	0,0068	11,32157
67	110,525	-6,9743	7	11,1	0,76629	10,33371	0,0106	10,34431
68	110,5417	-6,9743	7	10,4	0,76629	9,63371	0,018	9,65171
69	110,275	-6,9908	95	12,3	10,39965	1,90035	0,2586	2,15895
70	110,2917	-6,9908	89	12,6	9,74283	2,85717	0,4027	3,25987
71	110,3083	-6,9908	107	12,2	11,71329	0,48671	0,4191	0,90581
72	110,325	-6,9908	79	11,6	8,64813	2,95187	0,3219	3,27377
73	110,3417	-6,9908	65	11	7,11555	3,88445	0,3245	4,20895
74	110,3583	-6,9908	45	10,7	4,92615	5,77385	0,2402	6,01405
75	110,375	-6,9908	23	11,1	2,51781	8,58219	0,1784	8,76059
76	110,3917	-6,9908	25	12,1	2,73675	9,36325	0,2614	9,62465
77	110,4083	-6,9908	21	13,5	2,29887	11,20113	0,2578	11,45893
78	110,425	-6,9908	13	14,8	1,42311	13,37689	0,0981	13,47499
79	110,4417	-6,9908	9	15,6	0,98523	14,61477	0,0526	14,66737
80	110,4583	-6,9908	9	16	0,98523	15,01477	0,0342	15,04897
81	110,475	-6,9908	11	15,7	1,20417	14,49583	0,023	14,51883
82	110,4917	-6,9908	15	14,8	1,64205	13,15795	0,0141	13,17205
83	110,5083	-6,9908	11	13,6	1,20417	12,39583	0,0104	12,40623
84	110,525	-6,9908	9	12,4	0,98523	11,41477	0,0112	11,42597
85	110,5417	-6,9908	9	11,4	0,98523	10,41477	0,0106	10,42537
86	110,275	-7,0074	119	16,7	13,02693	3,67307	0,2063	3,87937
87	110,2917	-7,0074	137	17,3	14,99739	2,30261	0,2029	2,50551
88	110,3083	-7,0074	161	17	17,62467	-0,62467	0,28	-0,34467
89	110,325	-7,0074	147	16,2	16,09209	0,10791	0,3081	0,41601
90	110,3417	-7,0074	151	15	16,52997	-1,52997	0,5982	-0,93177
91	110,3583	-7,0074	87	13,9	9,52389	4,37611	0,4786	4,85471
92	110,375	-7,0074	61	13,2	6,67767	6,52233	0,2296	6,75193
93	110,3917	-7,0074	27	13,2	2,95569	10,24431	0,2303	10,47461
94	110,4083	-7,0074	73	13,7	7,99131	5,70869	0,3516	6,06029
95	110,425	-7,0074	57	14,6	6,23979	8,36021	0,3658	8,72601

96	110,4417	-7,0074	21	15,5	2,29887	13,20113	0,1572	13,35833
97	110,4583	-7,0074	19	16,2	2,07993	14,12007	0,0816	14,20167
98	110,475	-7,0074	19	16,4	2,07993	14,32007	0,0385	14,35857
99	110,4917	-7,0074	17	16,1	1,86099	14,23901	0,0268	14,26581
100	110,5083	-7,0074	11	15,3	1,20417	14,09583	0,014	14,10983
101	110,525	-7,0074	11	14,2	1,20417	12,99583	0,0156	13,01143
102	110,5417	-7,0074	13	13,1	1,42311	11,67689	0,0122	11,68909
103	110,275	-7,0239	121	20,3	13,24587	7,05413	0,2657	7,31983
104	110,2917	-7,0239	155	21,6	16,96785	4,63215	0,3072	4,93935
105	110,3083	-7,0239	175	21,8	19,15725	2,64275	0,2305	2,87325
106	110,325	-7,0239	191	21	20,90877	0,09123	0,2568	0,34803
107	110,3417	-7,0239	189	19,5	20,68983	-1,18983	0,2526	-0,93723
108	110,3583	-7,0239	127	17,8	13,90269	3,89731	0,842	4,73931
109	110,375	-7,0239	63	16,2	6,89661	9,30339	0,6516	9,95499
110	110,3917	-7,0239	61	15,2	6,67767	8,52233	0,4684	8,99073
111	110,4083	-7,0239	95	14,9	10,39965	4,50035	0,326	4,82635
112	110,425	-7,0239	115	15,2	12,58905	2,61095	0,3483	2,95925
113	110,4417	-7,0239	83	15,9	9,08601	6,81399	0,5008	7,31479
114	110,4583	-7,0239	43	16,7	4,70721	11,99279	0,2078	12,20059
115	110,475	-7,0239	29	17,3	3,17463	14,12537	0,1038	14,22917
116	110,4917	-7,0239	21	17,4	2,29887	15,10113	0,0389	15,14003
117	110,5083	-7,0239	19	17	2,07993	14,92007	0,0224	14,94247
118	110,525	-7,0239	19	16,2	2,07993	14,12007	0,016	14,13607
119	110,5417	-7,0239	17	15,2	1,86099	13,33901	0,0177	13,35671
120	110,275	-7,0405	161	23,2	17,62467	5,57533	1,0163	6,59163
121	110,2917	-7,0405	233	25,4	25,50651	-0,10651	0,2948	0,18829
122	110,3083	-7,0405	227	26,5	24,84969	1,65031	0,2939	1,94421
123	110,325	-7,0405	231	26,2	25,28757	0,91243	0,2338	1,14623
124	110,3417	-7,0405	189	24,8	20,68983	4,11017	0,8273	4,93747
125	110,3583	-7,0405	175	22,7	19,15725	3,54275	0,6128	4,15555
126	110,375	-7,0405	97	20,5	10,61859	9,88141	1,0534	10,93481
127	110,3917	-7,0405	155	18,6	16,96785	1,63215	1,1267	2,75885
128	110,4083	-7,0405	115	17,4	12,58905	4,81095	0,8914	5,70235

129	110,425	-7,0405	195	16,9	21,34665	-4,44665	1,3657	-3,08095
130	110,4417	-7,0405	141	17,1	15,43527	1,66473	0,5343	2,19903
131	110,4583	-7,0405	87	17,7	9,52389	8,17611	0,6137	8,78981
132	110,475	-7,0405	41	18,5	4,48827	14,01173	0,2366	14,24833
133	110,4917	-7,0405	31	19	3,39357	15,60643	0,0746	15,68103
134	110,5083	-7,0405	27	19	2,95569	16,04431	0,0352	16,07951
135	110,525	-7,0405	25	18,5	2,73675	15,76325	0,0322	15,79545
136	110,5417	-7,0405	19	17,7	2,07993	15,62007	0,0133	15,63337
137	110,275	-7,057	259	25,6	28,35273	-2,75273	0,8798	-1,87293
138	110,2917	-7,057	235	29,1	25,72545	3,37455	0,4556	3,83015
139	110,3083	-7,057	239	31,3	26,16333	5,13667	0,2009	5,33757
140	110,325	-7,057	237	32	25,94439	6,05561	0,1885	6,24411
141	110,3417	-7,057	221	31,1	24,19287	6,90713	0,6051	7,51223
142	110,3583	-7,057	227	29,1	24,84969	4,25031	0,343	4,59331
143	110,375	-7,057	195	26,4	21,34665	5,05335	0,9536	6,00695
144	110,3917	-7,057	215	23,7	23,53605	0,16395	0,4816	0,64555
145	110,4083	-7,057	205	21,5	22,44135	-0,94135	1,4761	0,53475
146	110,425	-7,057	217	20	23,75499	-3,75499	0,3068	-3,44819
147	110,4417	-7,057	201	19,5	22,00347	-2,50347	0,4153	-2,08817
148	110,4583	-7,057	85	19,6	9,30495	10,29505	0,5706	10,86565
149	110,475	-7,057	41	20,1	4,48827	15,61173	0,168	15,77973
150	110,4917	-7,057	45	20,7	4,92615	15,77385	0,4622	16,23605
151	110,5083	-7,057	33	21	3,61251	17,38749	0,0526	17,44009
152	110,525	-7,057	25	20,8	2,73675	18,06325	0,0385	18,10175
153	110,5417	-7,057	21	20,2	2,29887	17,90113	0,0245	17,92563
154	110,275	-7,0735	275	28,1	30,10425	-2,00425	0,2374	-1,76685
155	110,2917	-7,0735	267	33,1	29,22849	3,87151	0,2229	4,09441
156	110,3083	-7,0735	257	36,8	28,13379	8,66621	0,2946	8,96081
157	110,325	-7,0735	245	38,8	26,82015	11,97985	0,6911	12,67095
158	110,3417	-7,0735	229	38,9	25,06863	13,83137	0,6725	14,50387
159	110,3583	-7,0735	265	37,3	29,00955	8,29045	0,5191	8,80955
160	110,375	-7,0735	269	34,4	29,44743	4,95257	0,5272	5,47977
161	110,3917	-7,0735	273	31	29,88531	1,11469	0,4442	1,55889

162	110,4083	-7,0735	243	27,7	26,60121	1,09879	0,6068	1,70559
163	110,425	-7,0735	217	25,1	23,75499	1,34501	0,3581	1,70311
164	110,4417	-7,0735	159	23,4	17,40573	5,99427	0,7233	6,71757
165	110,4583	-7,0735	73	22,6	7,99131	14,60869	0,6295	15,23819
166	110,475	-7,0735	67	22,5	7,33449	15,16551	0,3658	15,53131
167	110,4917	-7,0735	49	22,7	5,36403	17,33597	0,1898	17,52577
168	110,5083	-7,0735	41	23	4,48827	18,51173	0,1037	18,61543
169	110,525	-7,0735	31	22,9	3,39357	19,50643	0,0736	19,58003
170	110,5417	-7,0735	27	22,4	2,95569	19,44431	0,045	19,48931
171	110,275	-7,0901	269	31,8	29,44743	2,35257	0,3219	2,67447
172	110,2917	-7,0901	267	38,2	29,22849	8,97151	0,4101	9,38161
173	110,3083	-7,0901	275	43,6	30,10425	13,49575	0,5253	14,02105
174	110,325	-7,0901	285	47,1	31,19895	15,90105	0,7274	16,62845
175	110,3417	-7,0901	285	48,3	31,19895	17,10105	1,0218	18,12285
176	110,3583	-7,0901	321	47,3	35,13987	12,16013	0,8829	13,04303
177	110,375	-7,0901	311	44,4	34,04517	10,35483	1,0527	11,40753
178	110,3917	-7,0901	323	40,3	35,35881	4,94119	0,5825	5,52369
179	110,4083	-7,0901	303	35,9	33,16941	2,73059	0,9642	3,69479
180	110,425	-7,0901	235	31,9	25,72545	6,17455	0,97	7,14455
181	110,4417	-7,0901	115	28,8	12,58905	16,21095	0,8876	17,09855
182	110,4583	-7,0901	83	26,7	9,08601	17,61399	0,5942	18,20819
183	110,475	-7,0901	133	25,6	14,55951	11,04049	0,6429	11,68339
184	110,4917	-7,0901	117	25,1	12,80799	12,29201	0,994	13,28601
185	110,5083	-7,0901	85	25	9,30495	15,69505	0,3417	16,03675
186	110,525	-7,0901	55	24,7	6,02085	18,67915	0,1998	18,87895
187	110,5417	-7,0901	43	24,2	4,70721	19,49279	0,1026	19,59539
188	110,275	-7,1066	301	37,3	32,95047	4,34953	0,6007	4,95023
189	110,2917	-7,1066	327	45,1	35,79669	9,30331	0,8648	10,16811
190	110,3083	-7,1066	347	52,1	37,98609	14,11391	0,9203	15,03421
191	110,325	-7,1066	375	57,1	41,05125	16,04875	1,1547	17,20345
192	110,3417	-7,1066	363	59,6	39,73761	19,86239	1,5863	21,44869
193	110,3583	-7,1066	413	59,2	45,21111	13,98889	1,3741	15,36299
194	110,375	-7,1066	403	56,3	44,11641	12,18359	1,7889	13,97249

195	110,3917	-7,1066	337	51,7	36,89139	14,80861	0,9255	15,73411
196	110,4083	-7,1066	331	46,1	36,23457	9,86543	0,8517	10,71713
197	110,425	-7,1066	237	40,5	25,94439	14,55561	1,8004	16,35601
198	110,4417	-7,1066	129	35,7	14,12163	21,57837	0,9538	22,53217
199	110,4583	-7,1066	159	32	17,40573	14,59427	0,9771	15,57137
200	110,475	-7,1066	213	29,5	23,31711	6,18289	0,6737	6,85659
201	110,4917	-7,1066	135	27,9	14,77845	13,12155	0,7767	13,89825
202	110,5083	-7,1066	135	27	14,77845	12,22155	0,5266	12,74815
203	110,525	-7,1066	95	26,3	10,39965	15,90035	0,3273	16,22765
204	110,5417	-7,1066	59	25,5	6,45873	19,04127	0,1382	19,17947
205	110,275	-7,1232	369	45	40,39443	4,60557	0,8958	5,50137
206	110,2917	-7,1232	401	53,9	43,89747	10,00253	1,1338	11,13633
207	110,3083	-7,1232	435	62,3	47,61945	14,68055	1,5508	16,23135
208	110,325	-7,1232	463	68,6	50,68461	17,91539	1,9798	19,89519
209	110,3417	-7,1232	457	72,1	50,02779	22,07221	2,7183	24,79051
210	110,3583	-7,1232	541	72,3	59,22327	13,07673	2,5081	15,58483
211	110,375	-7,1232	515	69,3	56,37705	12,92295	2,3725	15,29545
212	110,3917	-7,1232	387	64	42,36489	21,63511	1,592	23,22711
213	110,4083	-7,1232	315	57,1	34,48305	22,61695	0,9874	23,60435
214	110,425	-7,1232	289	50	31,63683	18,36317	1,683	20,04617
215	110,4417	-7,1232	231	43,3	25,28757	18,01243	1,7196	19,73203
216	110,4583	-7,1232	265	37,9	29,00955	8,89045	0,9833	9,87375
217	110,475	-7,1232	231	33,8	25,28757	8,51243	1,1387	9,65113
218	110,4917	-7,1232	135	31	14,77845	16,22155	0,4617	16,68325
219	110,5083	-7,1232	205	29,1	22,44135	6,65865	1,1575	7,81615
220	110,525	-7,1232	123	27,7	13,46481	14,23519	0,5104	14,74559
221	110,5417	-7,1232	75	26,4	8,21025	18,18975	0,266	18,45575
222	110,275	-7,1397	437	55,2	47,83839	7,36161	1,629	8,99061
223	110,2917	-7,1397	447	64,8	48,93309	15,86691	1,6478	17,51471
224	110,3083	-7,1397	561	74	61,41267	12,58733	2,3568	14,94413
225	110,325	-7,1397	623	81,2	68,19981	13,00019	3,502	16,50219
226	110,3417	-7,1397	715	85,3	78,27105	7,02895	6,4715	13,50045
227	110,3583	-7,1397	759	85,8	83,08773	2,71227	5,8123	8,52457

228	110,375	-7,1397	657	82,6	71,92179	10,67821	4,2023	14,88051
229	110,3917	-7,1397	419	76,5	45,86793	30,63207	3,2256	33,85767
230	110,4083	-7,1397	353	68,4	38,64291	29,75709	1,4413	31,19839
231	110,425	-7,1397	361	59,7	39,51867	20,18133	1,2951	21,47643
232	110,4417	-7,1397	347	51,2	37,98609	13,21391	0,7828	13,99671
233	110,4583	-7,1397	335	44	36,67245	7,32755	0,5507	7,87825
234	110,475	-7,1397	219	38,4	23,97393	14,42607	1,0552	15,48127
235	110,4917	-7,1397	171	34,2	18,71937	15,48063	0,5497	16,03033
236	110,5083	-7,1397	221	31,2	24,19287	7,00713	0,6697	7,67683
237	110,525	-7,1397	165	29	18,06255	10,93745	0,7913	11,72875
238	110,5417	-7,1397	101	27,2	11,05647	16,14353	0,8802	17,02373
239	110,275	-7,1562	495	66,8	54,18765	12,61235	1,4838	14,09615
240	110,2917	-7,1562	517	76,7	56,59599	20,10401	3,2621	23,36611
241	110,3083	-7,1562	737	86,2	80,67939	5,52061	5,6073	11,12791
242	110,325	-7,1562	901	93,6	98,63247	-5,03247	6,0916	1,05913
243	110,3417	-7,1562	1097	97,9	120,08859	-22,18859	9,8123	- 12,37629
244	110,3583	-7,1562	1141	98,2	124,90527	-26,70527	11,1526	- 15,55267
245	110,375	-7,1562	871	94,5	95,34837	-0,84837	10,1424	9,29403
246	110,3917	-7,1562	497	87,6	54,40659	33,19341	4,3788	37,57221
247	110,4083	-7,1562	393	78,3	43,02171	35,27829	1,882	37,16029
248	110,425	-7,1562	417	68,2	45,64899	22,55101	1,2478	23,79881
249	110,4417	-7,1562	419	58,2	45,86793	12,33207	0,7324	13,06447
250	110,4583	-7,1562	373	49,6	40,83231	8,76769	0,6576	9,42529
251	110,475	-7,1562	289	42,6	31,63683	10,96317	1,1086	12,07177
252	110,4917	-7,1562	267	37,3	29,22849	8,07151	1,3328	9,40431
253	110,5083	-7,1562	201	33,5	22,00347	11,49653	0,8227	12,31923
254	110,525	-7,1562	149	30,5	16,31103	14,18897	0,5508	14,73977
255	110,5417	-7,1562	121	28	13,24587	14,75413	0,3648	15,11893
256	110,275	-7,1728	559	79,1	61,19373	17,90627	2,044	19,95027
257	110,2917	-7,1728	607	88,8	66,44829	22,35171	2,927	25,27871
258	110,3083	-7,1728	877	98	96,00519	1,99481	7,6491	9,64391
259	110,325	-7,1728	1233	105	134,97651	-29,97651	11,1208	- 18,85571
260	110,3417	-7,1728	1485	108,8	162,56295	-53,76295	13,3297	- 40,43325

261	110,3583	-7,1728	1493	108,5	163,43871	-54,93871	12,6569	42,28181
262	110,375	-7,1728	1117	104	122,27799	-18,27799	15,08	-3,19799
263	110,3917	-7,1728	611	96,2	66,88617	29,31383	5,5171	34,83093
264	110,4083	-7,1728	477	85,9	52,21719	33,68281	2,0728	35,75561
265	110,425	-7,1728	481	74,7	52,65507	22,04493	1,1225	23,16743
266	110,4417	-7,1728	463	63,7	50,68461	13,01539	0,792	13,80739
267	110,4583	-7,1728	403	54	44,11641	9,88359	0,9364	10,81999
268	110,475	-7,1728	329	46,2	36,01563	10,18437	0,5058	10,69017
269	110,4917	-7,1728	277	40,2	30,32319	9,87681	0,6812	10,55801
270	110,5083	-7,1728	241	35,8	26,38227	9,41773	0,4266	9,84433
271	110,525	-7,1728	167	32,3	18,28149	14,01851	0,5952	14,61371
272	110,5417	-7,1728	153	29,3	16,74891	12,55109	0,3897	12,94079

Keterangan :

Longitude : Lintang (°)

Latitude : Bujur (°)

Elevasi : Ketinggian (meter)

FAA : *Free Air Anomaly* (mGal)

K. Bouger : Koreksi Bouger (mGal)

ABS : Anomali Bouger Sederhana (mGal)

K. Terrain : Koreksi Terrain (mGal)

ABL : Anomali Bouger Lengkap (mGal)

Lampiran 2 : Hasil Cek Turnitin

Galih Harin Prasetya.pdf

ORIGINALITY REPORT

23%

SIMILARITY INDEX

23%

INTERNET SOURCES

5%

PUBLICATIONS

8%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1	repo.itera.ac.id Internet Source	4%
2	eprints.walisongo.ac.id Internet Source	2%
3	repository.unej.ac.id Internet Source	2%
4	eprints.uns.ac.id Internet Source	1%
5	ppjp.ulm.ac.id Internet Source	1%
6	lib.unnes.ac.id Internet Source	1%
7	eprints.uny.ac.id Internet Source	1%
8	123dok.com Internet Source	1%
9	www.neliti.com Internet Source	1%
10	digilib.unila.ac.id Internet Source	1%

11	ejournal3.undip.ac.id Internet Source	1 %
12	repository.unja.ac.id Internet Source	1 %
13	repository.ub.ac.id Internet Source	1 %
14	Submitted to Universitas Islam Bandung Student Paper	1 %
15	adoc.pub Internet Source	1 %
16	pdfcoffee.com Internet Source	1 %
17	jos.unsoed.ac.id Internet Source	<1 %
18	Submitted to Syiah Kuala University Student Paper	<1 %
19	Submitted to Universitas Pendidikan Indonesia Student Paper	<1 %
20	Submitted to Universitas Pertamina Student Paper	<1 %
21	www.scribd.com Internet Source	<1 %
22	jurnal.lppm.unsoed.ac.id Internet Source	<1 %

Submitted to Universitas Jember

23	Student Paper	<1 %
24	eprints.upnyk.ac.id Internet Source	<1 %
25	docplayer.info Internet Source	<1 %
26	es.scribd.com Internet Source	<1 %
27	landenkjgmd.onesmablog.com Internet Source	<1 %
28	seahageophysics.blogspot.com Internet Source	<1 %
29	jgsm.geologi.esdm.go.id Internet Source	<1 %
30	jurnal-geofisika.or.id Internet Source	<1 %
31	repository.its.ac.id Internet Source	<1 %
32	repository.unika.ac.id Internet Source	<1 %

Exclude quotes ☐ On

Exclude matches

< 15 words

Exclude bibliography ☐ On

Lampiran 3 : Riwayat Hidup

A. Identitas Diri

1. Nama Lengkap : Galih Harin Prasetya
2. Tempat & Tgl. Lahir : Cilacap, 15 September 2001
3. Alamat Rumah : Dusun Kalibancar RT 04 / RW 02, Desa Jeruklegi Wetan, Kec. Jeruklegi, Kab. Cilacap
4. HP : 082322828892
5. E-mail : galihharin01@gmail.com

B. Riwayat Pendidikan

Pendidikan Formal :

1. SD Negeri 1 Jeruklegi (2007 – 2013)
2. SMP Negeri 1 Jeruklegi (2013 – 2016)
3. SMA Negeri 1 Jeruklegi (2016 – 2019)

Semarang, 20 Juni 2024

Penulis

Galih Harin Prasetya
NIM. 1908026015