

**MITIGASI GEMPABUMI MENGGUNAKAN DATA GEMPA PADA
TAHUN 1979-2021 DAN DATA PENGUKURAN GAYABERAT DI
DAERAH BANYUMAS, JAWA TENGAH**

(Skripsi)

Oleh
Kadek Ramanda
2115051054



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG**

2026

**MITIGASI GEMPABUMI MENGGUNAKAN DATA GEMPA PADA
TAHUN 1979-2021 DAN DATA PENGUKURAN GAYABERAT DI
DAERAH BANYUMAS, JAWA TENGAH**

**Oleh
KADEK RAMANDA**

Skripsi

**Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mencapai Gelar
SARJANA TEKNIK**

Pada

**Jurusan Teknik Geofisika
Fakultas Teknik Universitas Lampung**



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG**

2026

ABSTRAK

MITIGASI GEMPABUMI MENGGUNAKAN DATA GEMPA PADA TAHUN 1979-2021 DAN DATA PENGUKURAN GAYABERAT DI DAERAH BANYUMAS, JAWA TENGAH

Oleh

Kadek Ramanda

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis potensi bahaya gempabumi di wilayah Banyumas, Jawa Tengah, dengan memanfaatkan data gempa periode 1979–2021 dan data pengukuran gayaberat. Data gempa diperoleh dari *United States Geological Survey* (USGS), sedangkan data gayaberat merupakan hasil pengukuran Pusat Survei Geologi (PSG) tahun 1995. Analisis dilakukan dengan menghitung nilai *Peak Ground Acceleration* (PGA) menggunakan tiga metode empiris, yaitu Donovan, McGuire, serta Xiang dan Gao. Nilai PGA kemudian diklasifikasikan ke dalam skala intensitas Modified Mercalli Intensity (MMI) untuk menentukan tingkat risiko seismik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai PGA tertinggi diperoleh dari metode Donovan sebesar $13005,5 \mu\text{m/s}^2$, diikuti McGuire $11252,7 \mu\text{m/s}^2$, dan Xiang & Gao $5474,2 \mu\text{m/s}^2$. Nilai tertinggi terletak di sekitar Banjarnegara, Brebes, Tegal dan sekitarnya sedangkan wilayah Banyumas menunjukkan nilai PGA sedang sehingga tergolong lebih rendah dibandingkan area lainnya. Analisis data gayaberat memperlihatkan anomali rendah di wilayah sedimen aluvial dan anomali tinggi pada batuan beku serta metamorf yang lebih stabil. Korelasi antara peta PGA dan anomali Bouguer menunjukkan hubungan terbalik antara densitas batuan dan percepatan tanah. Hasil ini diharapkan menjadi dasar penting dalam perencanaan pembangunan dan mitigasi bencana gempa di wilayah Banyumas dan sekitarnya.

Kata kunci: mitigasi gempa bumi, Banyumas, gayaberat, *Peak Ground Acceleration* (PGA), anomali Bouguer.

ABSTRACT

EARTHQUAKE MITIGATION USING EARTHQUAKE DATA FROM 1979-2021 AND GRAVITY MEASUREMENT DATA IN THE BANYUMAS REGION, CENTRAL JAVA

By

Kadek Ramanda

This study aims to analyze the potential earthquake hazard in the Banyumas region, Central Java, by utilizing earthquake data from the period 1979–2021 and gravity measurement data. Earthquake data were obtained from the United States Geological Survey (USGS), while gravity data were derived from measurements conducted by the Geological Survey Center (PSG) in 1995. The analysis was carried out by calculating Peak Ground Acceleration (PGA) values using three empirical methods, namely Donovan, McGuire, and Xiang and Gao. The PGA values were then classified into the Modified Mercalli Intensity (MMI) scale to determine seismic risk levels. The results indicate that the highest PGA value was obtained using the Donovan method at $13,005.5 \mu\text{m/s}^2$, followed by the McGuire method at $11,252.7 \mu\text{m/s}^2$, and the Xiang and Gao method at $5,474.2 \mu\text{m/s}^2$. The highest PGA values are concentrated around the Banjarnegara, Brebes, and Tegal areas and their surroundings, whereas the Banyumas region exhibits moderate PGA values, indicating a lower seismic hazard compared to other high-risk areas. Gravity data analysis reveals low anomalies in alluvial sediment regions and high anomalies associated with more stable igneous and metamorphic rocks. The correlation between the PGA map and Bouguer anomaly map shows an inverse relationship between rock density and ground acceleration. These results are expected to provide an important basis for development planning and earthquake disaster mitigation in the Banyumas region and its surrounding areas.

Keywords: earthquake mitigation, Banyumas, gravity, Peak Ground Acceleration (PGA), Bouguer anomaly.

Judul Skripsi

: MITIGASI GEMPABUMI MENGGUNAKAN
DATA GEMPA PADA TAHUN 1979-2021 DAN
DATA PENGUKURAN GAYABERAT DI
DAERAH BANYUMAS, JAWA TENGAH

Nama Mahasiswa

: Kadek Ramanda

Nomor Pokok Mahasiswa

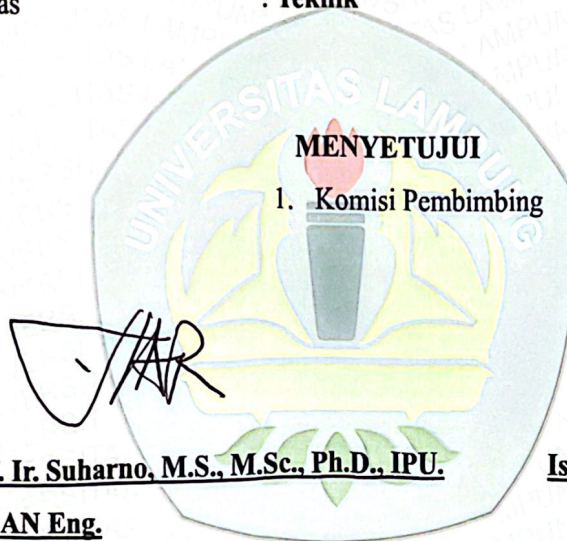
: 2115051054

Program Studi

: Teknik Geofisika

Fakultas

: Teknik



Prof. Ir. Suharno, M.S., M.Sc., Ph.D., IPU.

ASEAN Eng.

NIP. 196207171987031002

Isti Nur Kumalasari, S.T., M.T.

NIP. 199707152022032027

2. Ketua Jurusan Teknik Geofisika

Dr. Ir. Syamsurijal Rasimeng, S.Si., M.Si., C.EIA., IPM.

NIP. 197307162000121002

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua : **Prof. Drs. Ir. Suharno, Ph.D., IPU.,**
ASEAN.Eng.



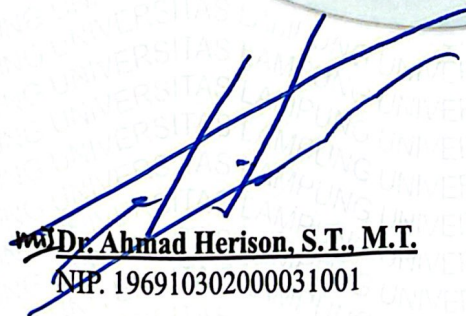
Sekretaris : **Isti Nur Kumalasari, S.T., M.T.**



Anggota : **Prof. Dr. Ir. Muh Sarkowi, S.Si.,**
M.Si., IPU.



2. Dekan Fakultas Teknik


Dr. Ahmad Herison, S.T., M.T.
NIP. 196910302000031001

Tanggal Lulus Ujian Skripsi: 09 Januari 2026

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul **“MITIGASI GEMPABUMI MENGGUNAKAN DATA GEMPA PADA TAHUN 1979-2021 DAN DATA PENGUKURAN GAYABERAT DI DAERAH BANYUMAS, JAWA TENGAH”** merupakan hasil karya saya sendiri dan bukan merupakan duplikasi dari karya orang lain. Seluruh isi skripsi ini telah ditulis berdasarkan ketentuan penulisan ilmiah Universitas Lampung. Apabila di kemudian hari terbukti bahwa skripsi ini mengandung unsur plagiarisme atau dikerjakan oleh pihak lain, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, 21 Januari 2026

Penulis,



Kadek Ramanda

NPM. 2115051054

RIWAYAT HIDUP



Kadek Ramanda lahir di Sumber Jaya pada tanggal 19 Mei 2003 sebagai anak kedua dari dua bersaudara, putra dari Bapak I Ketut Kartika dan Ibu Wayan Sukasih. Riwayat pendidikannya dimulai dari Sekolah Dasar Negeri (SDN) Gandri pada tahun 2009 hingga lulus pada tahun 2015. Selanjutnya, penulis menempuh pendidikan di Sekolah Menengah Pertama Negeri (SMPN) 1 Way Panji pada tahun 2015 hingga lulus pada tahun 2018, lalu melanjutkan ke Sekolah Menengah Atas (SMA) Negeri 1 Kalianda dan menyelesaikan pada tahun 2021. Pada tahun yang sama, penulis diterima di Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN) dan terdaftar sebagai mahasiswa Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Geofisika. Selama menempuh pendidikan tinggi, penulis aktif dalam kegiatan akademik maupun nonakademik, diantaranya pernah mengikuti lomba paper pada GWES 8th yang diadakan oleh Himpunan Mahasiswa Teknik Geofisika (Hima TG Bhuwana) pada tahun 2022, serta menjadi Ketua pada pembuatan jurnal PKM-AI pada tahun 2025, serta mengikuti berbagai kegiatan organisasi dan kepanitiaan, seperti Ketua Bidang Organisasi Kaderisasi UKM Hindu Unila tahun 2023, Anggota Biro Danus Hima TG Bhuwana tahun 2023, Anggota Bidang Danus Himpunan Mahasiswa Geofisika Indonesia (HMGI) tahun 2024, Ketua Pelaksana Seminar LKMMH, Rapat kerja, Mahasabha, Orientasi Pengurus dan PPAB di UKM Hindu Unila tahun 2022 - 2023, serta Ketua pelaksana Seminar Kuarsa di Hima TG Bhuwana tahun 2023. Penulis kemudian melaksanakan Kerja Praktik di PSG Bandung pada bulan Oktober hingga November 2024, kemudian melanjutkan penelitian Tugas Akhir di Universitas Lampung menggunakan Metode *Gravity*.

MOTTO HIDUP

“Karma dilakukan dengan tulus, hasil diserahkan kepada Tuhan”
(Bhagavadgita II.47)

“Ilmu yang sejati menuntun pada dharma dan kebahagiaan”
(Hitopadesa, Mitralabha)

“Keberhasilan lahir dari usaha, bukan dari harapan kosong.”
(Hitopadesa, Mitralabha)

“Kebenaran adalah landasan setiap karya ilmiah.”
(Muṇḍaka Upaniṣad III.1.6)

“Dharma yang dilanggar akan menghancurkan, dharma yang dijaga akan melindungi. Karena itu, janganlah melanggar dharma agar dharma tidak menghancurkan kita.”
(Manusmṛti VIII.15)

HALAMAN PERSEMBAHAN

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat dan penyertaan-Nya, sehingga skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik. Dengan kerendahan hati, penulis mempersembahkan karya ini kepada pihak-pihak yang memiliki peran penting dan telah berjasa dalam perjalanan hidup penulis, yaitu:

BAPAK DAN IBU TERSAYANG

I KETUT KARTIKA

&

WAYAN SUKASIH

Karya ini penulis persembahkan untuk kedua orang tua tercinta, Bapak I Ketut Kartika dan Ibu Wayan Sukasih, yang senantiasa memberikan doa, kasih sayang, perhatian, motivasi, serta dukungan dalam setiap langkah penulis. Meski penulis tidak mampu membalas segala pengorbanan yang telah diberikan, namun penulis senantiasa mendoakan agar Bapak dan Ibu selalu dikaruniai kesehatan, serta dianugerahi umur yang panjang.

KAKAKKU TERSAYANG

PUTU SINTA

Yang senantiasa menjadi penopang dan penguat bagi penulis, turut berperan dalam setiap keputusan yang diambil, serta selalu memberikan dukungan dan apresiasi atas setiap proses yang dijalani. Terima kasih atas perhatian dan kasih sayang yang tiada henti. Semoga senantiasa berada dalam lindungan Tuhan, senantiasa dikaruniai kesehatan, sehingga bersama-sama dapat membahagiakan kedua orang tua serta menjadi pribadi yang berguna bagi banyak orang.

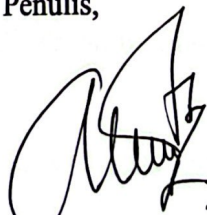
KATA PENGANTAR

Rasa syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa, sebab atas kasih, rahmat, dan bimbingan-Nya, skripsi dengan judul “Identifikasi Kondisi Bawah Permukaan Wilayah Pesisir Menggunakan *Ground Penetrating Radar* (GPR) Muara Sungai Kuala Penet Lampung Timur” akhirnya dapat diselesaikan dengan baik. Penelitian ini merupakan bagian dari Tugas Akhir penulis sekaligus salah satu syarat akademik untuk meraih gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Geofisika, Universitas Lampung.

Melalui penelitian ini, penulis berharap dapat memperluas wawasan, khususnya dalam bidang geofisika serta penerapan metode yang mendukung pengelolaan lingkungan secara berkelanjutan. Penulis menyadari sepenuhnya bahwa dalam penyusunan skripsi ini masih terdapat berbagai kekurangan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang bersifat membangun sangat diharapkan demi perbaikan di masa mendatang. Semoga hasil dari penelitian ini dapat memberikan manfaat, baik pada masa sekarang maupun di waktu yang akan datang.

Bandar Lampung, 21 Januari 2026

Penulis,



Kadek Ramanda

NPM. 2115051054

SANWACANA

Dengan penuh rasa syukur, penulis memanjatkan puji syukur ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa, karena berkat kasih, rahmat, serta karunia-Nya, penulis akhirnya dapat menyelesaikan skripsi ini. Karya ilmiah dengan judul “Mitigasi Gempabumi menggunakan Data Gempa Pada Tahun 1979-2021 dan Data pengukuran Gayaberat di Daerah Banyumas, Jawa Tengah” disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Geofisika, Universitas Lampung. Pada kesempatan yang berbahagia ini, penulis dengan tulus menyampaikan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Ahmad Herison, S.T., M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung.
2. Bapak Dr. Ir. Syamsurijal Rasimeng, S.Si., M.Si., C.EIA, IPM. selaku ketua Jurusan Teknik Geofisika Universitas Lampung
3. Bapak Prof. Ir. Suharno, M.S., MSc., Ph.D., IPU. ASEAN Eng. sebagai Pembimbing I yang dengan penuh kesabaran telah memberikan arahan, bimbingan, serta masukan berharga sepanjang proses penyusunan skripsi ini.
4. Ibu Isti Nur Kumalasari., S.T., M. T. sebagai Pembimbing II yang telah meluangkan waktu, tenaga, serta pemikiran untuk memberikan bimbingan dan koreksi dalam penulisan skripsi ini.
5. Bapak Prof. Dr. Ir. Muh Sarkowi, S.Si., M.Si., IPU. sebagai dosen penguji yang telah memberikan masukan, saran, serta arahan berharga sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik.
6. Bapak Ir. Rahmat Catur Wibowo, S.T., M.Eng.,IPM. selaku dosen pembimbing akademik yang senantiasa membimbing serta memberikan motivasi kepada penulis selama menjalani perkuliahan di Program Studi Teknik Geofisika Universitas Lampung.
7. Seluruh dosen Teknik Geofisika Universitas Lampung atas ilmu, dedikasi dan pengabdian yang telah membekali sejak awal hingga akhir masa perkuliahan.

8. Kedua orang tua saya yang tercinta, Bapak I Ketut Kartika dan Ibu Wayan Sukasih, yang telah menjadi anugerah terindah yang Tuhan berikan dalam kehidupan penulis. Terima kasih atas segala doa, nasihat, perhatian, motivasi, serta dukungan penuh yang senantiasa diberikan dalam setiap langkah penulis. Penulis menyadari bahwa belum mampu membalas segala pengorbanan, kasih sayang, dan kerja keras yang tiada hentinya dicurahkan, namun melalui karya ini penulis berharap dapat memberikan kebanggaan. Semoga Tuhan selalu melimpahkan kesehatan, kebahagiaan, serta umur panjang bagi Bapak dan Ibu tercinta.
9. Kakakku tersayang, Putu Sinta, yang senantiasa menjadi penopang dan penguat bagi penulis, turut berperan dalam setiap keputusan yang diambil, serta selalu memberikan dukungan dan apresiasi atas setiap proses yang dijalani.
10. Ni Made Trisnawati, yang senantiasa menemani, menyayangi, dan memberikan motivasi kepada penulis, sehingga penulis bisa menyelesaikan skripsi ini. Terimakasih atas kesabaran, perhatian, serta doa yang tak pernah putus, terutama disaat penulis merasa lelah dan hampir menyerah. Kehadiranmu menjadi penguat dan pengingat untuk terus berjuang menyelesaikan tanggung jawab ini. Semoga segala kebaikan dan ketulusan serta dukungan yang telah diberikan mendapat balasan terbaik.
11. Keluarga besar Teknik Geofisika angkatan 2021 (Breksi 21) terima kasih telah memberikan semangat dan dukungan selama masa perkuliahan. Terima kasih untuk kebersamaan yang tidak akan pernah bisa dilupakan. Semoga semua menjadi orang sukses dunia dan akhirat.
12. Kawan seperjuanganku Brilliant Pambudi yang telah memberikan semangat dan bersama-sama berusaha di keinginan masing-masing dan akhirnya tercapai dengan segala usaha dan doa.
13. Semua pihak yang terlibat dalam penulisan skripsi yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu. Terima kasih untuk banyak dukungan dan semangat yang luar biasa.
14. Terakhir, penulis dengan penuh kesadaran dan rasa syukur ingin menyampaikan terima kasih kepada diri sendiri yang telah berjuang menyelesaikan skripsi ini melalui proses yang panjang dan penuh tantangan. Terima kasih karena telah bertahan di tengah kelelahan, kebingungan, tekanan, serta berbagai keterbatasan

yang dirasakan selama proses penyusunan skripsi ini. Semoga pencapaian ini menjadi pengingat bahwa setiap usaha yang dilakukan dengan ketekunan dan keikhlasan akan membuahkan hasil pada waktunya. Penulis berharap pengalaman selama penyusunan skripsi ini dapat menjadi bekal berharga untuk menghadapi tantangan di masa depan, serta menjadi motivasi untuk terus belajar, berkontribusi, dan melangkah dengan penuh keyakinan.

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK	iii
ABSTRACT	iv
PERSETUJUAN.....	v
PENGESAHAN.....	vi
PERNYATAAN.....	vii
RIWAYAT HIDUP.....	viii
MOTTO HIDUP.....	ix
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	x
KATA PENGANTAR.....	xi
SANWACANA.....	xii
DAFTAR ISI.....	xv
DAFTAR GAMBAR.....	xviii
DAFTAR TABEL	xix
I. PENDAHULUAN.....	7
1.1. Latar Belakang	7
1.2. Tujuan Penelitian	2
1.3. Batasan Masalah	3
1.4. Manfaat Penelitian	3
II. TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1. Lokasi Daerah Penelitian	4
2.2. Geologi Regional	5
2.3. Geomorfologi.....	6

2.4. Penelitian Terdahulu	7
III. TEORI DASAR.....	8
3.1. Gempabumi.....	8
3.2. Gelombang Seismik	9
3.3. Pengaruh Percepatan Tanah dan Periode Dominan Tanah	9
3.4. Magnitudo	9
3.5. Perhitungan PGA (<i>Peak Ground Acceleration</i>).....	9
3.6. Metode Gayaberat.....	13
IV. METODOLOGI PENELITIAN	19
4.1. Waktu dan Tempat Penelitian.....	19
4.3. Jadwal Kegiatan Penelitian	20
4.4. Prosedur Penelitian	21
4.5. Diagram Alir	23
V. HASIL DAN PEMBAHASAN	24
5.1. Data Penelitian	24
5.2. Pengolahan Data	24

5.2.1.	Menyusun Data Historis Gempabumi.....	24
5.2.2.	Pesebaran <i>Peak Ground Acceleration</i>	24
5.3.	Analisis dan Interpretasi Skala Intensitas MMI.....	33
5.3.1.	Interpretasi Peta PGA Donovan.....	33
5.3.2.	Interpretasi Peta PGA Xiang & Gao.....	34
5.3.3.	Interpretasi Peta PGA Mc. Guirre R.K.	34
5.4.	Interpretasi <i>Modelling Data Gravity</i>	35
5.4.1.	Interpretasi CBA Banyumas dan Sekitarnya	35
5.4.2.	Interpretasi Regional Banyumas dan Sekitarnya.....	38
5.4.3.	Interpretasi Residual Banyumas dan Sekitarnya	40
5.5.	Interpretasi dan Analisis Peta Regional - PGA Daerah Penelitian	42
5.5.1.	Interpretasi Peta Regional dengan PGA Donovan.....	42
5.5.2.	Interpretasi Peta Regional dengan PGA Xiang & Gao.....	44
5.5.3.	Interpretasi Peta Residual dengan PGA Mc. Guirre	47
6.1.	Mitigasi Gempabumi	60
VI.	PENUTUP	62
7.1.	Kesimpulan	62
7.2.	Saran	63
DAFTAR PUSTAKA		64

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Daerah Penelitian	4
Gambar 2. Gaya tarik menarik antara dua buah benda (Grandis, 2009)	15
Gambar 3. Potensial dan kuat medan massa 3 dimensi (Grandis, 2009).....	17
Gambar 4. Diagram Alir	23
Gambar 5. Peta <i>overlay</i> Geologi-PGA metode Donovan	26
Gambar 6. Peta <i>overlay</i> Geologi-PGA metode Xiang & Gao	29
Gambar 7. Peta <i>overlay</i> Geologi-PGA metode Mc.Guirre	32
Gambar 8. Peta CBA	37
Gambar 9. Peta anomali regional	39
Gambar 10. Peta anomali residual	41
Gambar 11. Peta <i>overlay</i> regional - PGA Banyumas dan sekitarnya metode Donovan	43
Gambar 12. Peta <i>overlay</i> regional - PGA Banyumas dan sekitarnya metode Xiang & Gao	45
Gambar 13. Peta <i>overlay</i> regional - PGA Banyumas dan sekitarnya metode Mc. Guirre	49
Peta Peta <i>overlay</i> regional - PGA Banyumas dan sekitarnya metode Mc. Guirre konversi dengan skala MMI.....	52

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Penelitian Terdahulu	7
Tabel 2. Skala Intesitas Gempa (Suharno, 2012).....	9
Tabel 3. Alat dan Bahan Penelitian.....	19
Tabel 4. Time Schedule	20

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Wilayah Banyumas berada dalam kedekatan geografis dengan sejumlah sesar aktif, sehingga menjadikannya daerah yang rawan terhadap kejadian seismik. Di antara sesar-sesar tersebut adalah Sesar Ajibarang dan Sesar Gumelar, yang letaknya relatif dekat dan berpotensi memicu terjadinya gempa bumi. Patahan-patahan ini termasuk dalam struktur geologi yang signifikan di kawasan Jawa Tengah. Selain kedua sesar utama itu, terdapat pula patahan lain di sekitarnya yang juga bisa berdampak terhadap Banyumas, meskipun kekuatannya kemungkinan tidak sebesar sesar utama. Rekam jejak sejarah menunjukkan bahwa daerah ini pernah mengalami gempa yang berkaitan dengan keberadaan sesar-sesar tersebut. Oleh karena itu, kesadaran masyarakat Banyumas terhadap ancaman gempa bumi sangat penting, termasuk perlunya upaya mitigasi risiko seperti pembangunan struktur bangunan yang tahan terhadap guncangan. Kegiatan penelitian geologi serta pemantauan terhadap aktivitas seismik terus dilakukan guna mendalami potensi bahaya yang ditimbulkan oleh patahan-patahan ini. Dengan pemahaman yang baik mengenai kondisi geologi lokal, perencanaan pembangunan dan keselamatan masyarakat dapat ditingkatkan secara lebih efektif.

Gempabumi merupakan jenis bencana alam yang hingga kini masih sangat sulit untuk diprediksi secara tepat, terutama dalam menentukan waktu terjadinya dengan akurasi tinggi. Beberapa peristiwa gempa besar yang melanda Indonesia dalam kurun waktu beberapa tahun terakhir masih menunjukkan tingginya jumlah korban jiwa. Oleh sebab itu, penting untuk melakukan upaya mitigasi, termasuk menghindari kawasan berisiko tinggi serta menyusun perencanaan dan kajian yang bertujuan meminimalkan dampak bencana, misalnya dengan merancang bangunan yang tahan terhadap guncangan gempa. Penelitian ini bertujuan untuk menghitung,

memetakan, serta menganalisis nilai *Peak Ground Acceleration* (PGA) dan skala intensitas seismik di wilayah Banyumas. Karakteristik geologi tanah di suatu daerah sangat mempengaruhi besarnya nilai PGA yang tercatat. Semakin tinggi nilai PGA di suatu lokasi, maka semakin besar pula potensi risiko terjadinya gempa bumi di wilayah tersebut. PGA atau percepatan tanah maksimum merujuk pada nilai tertinggi dari percepatan tanah akibat getaran gempa selama periode waktu tertentu pada suatu titik lokasi.

Metode gayaberat termasuk dalam kategori metode geofisika pasif yang sering dimanfaatkan dalam studi geodinamika dan eksplorasi, khususnya dalam mengidentifikasi struktur geologi bawah permukaan. Pengukuran gravitasi yang dilakukan bertujuan memperoleh informasi mengenai kondisi lapisan dalam bumi, yang kemudian dapat digunakan untuk menafsirkan keberadaan struktur geologi, lapisan bawah permukaan, serta keberadaan patahan yang berpotensi menjadi jalur aliran fluida panas bumi (Sihombing & Rustadi, 2020).

Pendekatan menggunakan nilai *Peak Ground Acceleration* (PGA) memungkinkan diperolehnya informasi mengenai percepatan maksimum gerakan tanah, yang menjadi salah satu indikator penting dalam mengkaji tingkat kerusakan akibat gempa bumi di permukaan bumi. Nilai percepatan maksimum ini dapat diperoleh melalui dua metode, yakni dengan alat ukur *accelerograph* dan pendekatan secara empiris. Dalam penelitian ini, dilakukan analisis perbandingan antara peta PGA yang dihasilkan dari data gempa bumi dan data hasil pengukuran metode gayaberat, guna mengetahui sebaran potensi risiko seismik di wilayah Banyumas, Jawa Tengah. Hasil ini diharapkan dapat menjadi dasar dalam upaya mitigasi bencana gempa di daerah tersebut.

1.2. Tujuan Penelitian

Tujuan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menentukan nilai PGA berdasarkan rumus empiris Mc. Guirre R.K., Donovan, dan Xiang dan Gao serta pembuatan peta persebaran PGA wilayah penelitian.
2. Menentukan anomali regional dan anomali residual.

3. Membandingkan regional dan residual dengan PGA upaya mendapatkan informasi resiko rawan gempa untuk mitigasi.
4. Melakukan mitigasi pada daerah yang terindikasi rawan gempa.

1.3. Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Data gempabumi yang digunakan yaitu dari tahun 1979 – 2021 sejumlah 38 titik yang didapatkan dari katalog *United States Geological Survey* (USGS).
2. Penelitian yang dilakukan menggunakan metode rumus empiris yaitu Mc. Guirre R.K., Donovan dan Xiang dan Gao.
3. Data yang digunakan merupakan data pengukuran gayaberat oleh Pusat Survey Geologi Tahun 1995.

1.4. Manfaat Penelitian

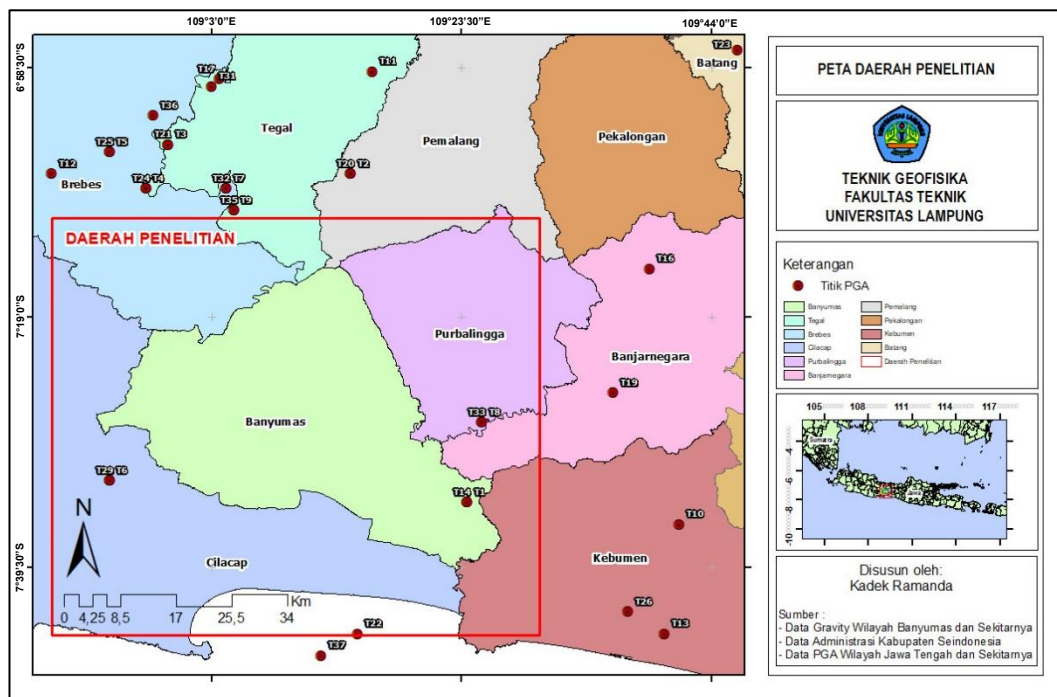
Adapun manfaat pada penelitian kali ini yaitu sebagai berikut:

1. Untuk memberikan informasi terkait kawasan rawan gempa yang ada di wilayah penelitian melalui nilai PGA.
2. Sebagai salah satu informasi atau referensi dalam kajian mitigasi di wilayah penelitian.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Lokasi Daerah Penelitian

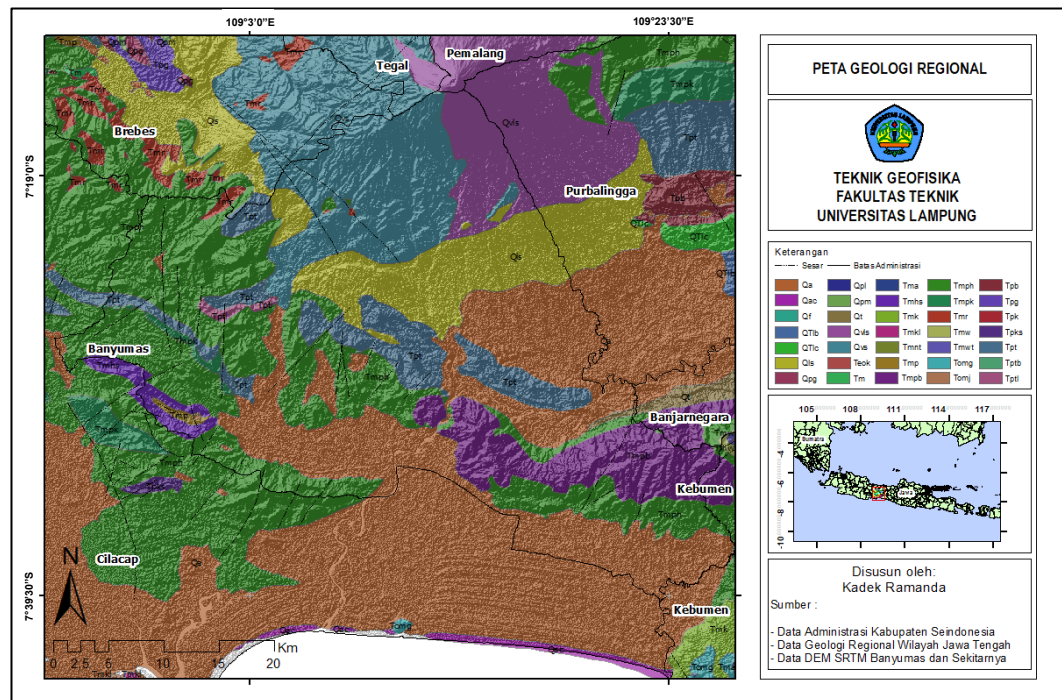
Lokasi daerah penelitian terletak di Jawa Tengah tepatnya berada di Daerah Banyumas. Koordinat lokasi daerah Banyumas, Jawa Tengah, adalah sekitar - 7.4285° Lintang Selatan dan 109.2195° Bujur Timur. Banyumas terletak di bagian tengah Pulau Jawa dan dikelilingi oleh beberapa daerah penting lainnya yang mana dapat dilihat pada **Gambar 1**.



Gambar 1. Daerah Penelitian

2.2. Geologi Regional

Peta geologi regional pada Gambar 2 terdapat keragaman batuan yang sangat kompleks, mencerminkan sejarah geologi panjang di wilayah Banyumas, Purbalingga, Banjarnegara, hingga Cilacap. Satuan batuan termuda terdiri atas endapan Kuartar seperti aluvial (Qa, Qac, Qf), endapan kipas dan danau (Qpg, Qpl, Qpm), teras sungai (Qt), serta endapan longsor (Qls, QTlb, QTlc) yang terbentuk dari proses permukaan modern seperti erosi, sedimentasi sungai, dan gerakan massa lereng. Di atasnya terdapat satuan vulkanik Kuartar–Tersier (QTs) yang berupa lava, breksi, dan tufa hasil aktivitas gunung api tua dan muda yang mendominasi zona perbukitan utara. Memasuki satuan Tersier, batuan sedimen Miosen–Pliosen tersusun dalam berbagai formasi seperti Halang (Tma, Tmhs, Tmk, Tmkl) yang terdiri dari batupasir tufaan, serpih, hingga breksi vulkanik yang terbentuk di lingkungan laut dalam hingga menengah. Batuan Miosen lainnya mencakup Formasi Tapak (Tmp, Tmnt, Tmpb, Tmph) dan Formasi Penanjung (Tmr) yang tersusun atas batupasir, serpih, konglomerat, serta napal dan batulempung yang menunjukkan pengendapan pada lingkungan sungai–delta hingga laut dangkal. Selanjutnya terdapat kelompok Pemali–Kerek–Rambatan (Tmpk, Tmt, Tmpl, Tmtp, Tmnw, Tmwt) yang terdiri dari napal, batulempung, batupasir, dan konglomerat yang terbentuk pada sistem kipas bawah laut dan laut menengah. Di bagian lebih tua dijumpai batuan vulkanik Tersier seperti Tomg dan Tomj yang merupakan lava dan breksi berumur Oligosen–Miosen. Satuan Pliosen seperti Tpg, Tpb, Tpk, Tpks, Tpt, Tptb, Tptl meliputi batupasir, napal, dan lempung yang menunjukkan pengendapan di lingkungan laut dangkal hingga transisi. Kompleksitas ini menunjukkan bahwa wilayah tersebut mengalami evolusi tektonik dan vulkanik yang intens, mulai dari pengangkatan busur gunung api Tersier, sedimentasi laut Miosen–Pliosen, hingga proses permukaan aktif pada Kuartar yang terus membentuk bentang alam hingga saat ini.



Gambar 2. Peta Geologi Regional

2.3. Geomorfologi

Di bagian barat wilayah Banyumas terdapat Pegunungan Serayu, yang terbentuk sebagai hasil dari aktivitas tektonik dan proses erosi selama waktu geologis. Gunung Slamet, yang merupakan salah satu gunung berapi aktif di Indonesia, turut berperan dalam membentuk morfologi lahan di sekitarnya. Wilayah ini juga ditandai dengan keberadaan perbukitan yang terbentuk akibat erosi batuan vulkanik serta proses sedimentasi. Sementara itu, di bagian timur dan selatan Banyumas, terdapat dataran aluvial yang terbentuk dari material sedimen yang dibawa oleh aliran sungai dari daerah pegunungan. Dataran ini memiliki tingkat kesuburan yang tinggi, sehingga menjadi kawasan penting untuk kegiatan pertanian.

Sungai-sungai besar seperti Sungai Serayu dan Sungai Banyumas mengalir melalui lembah-lembah yang terbentuk secara alami dan dimanfaatkan sebagai area pemukiman serta lahan pertanian. Tingginya curah hujan di kawasan ini menyebabkan tingkat erosi yang cukup tinggi, terutama di wilayah perbukitan, sehingga meningkatkan potensi terjadinya longsor selama musim hujan. Di sisi lain,

sedimentasi yang terjadi di sepanjang lembah sungai berkontribusi terhadap peningkatan kesuburan tanah yang mendukung produktivitas pertanian lokal.

Wilayah Banyumas memiliki sistem jaringan sungai yang cukup baik, mengalir dari dataran tinggi ke dataran rendah. Sistem drainase alami ini sangat penting dalam mengatur aliran air permukaan dan meminimalkan risiko banjir. Sebagian besar lahan di Banyumas dimanfaatkan untuk kegiatan pertanian, dengan dominasi lahan sawah yang tersebar di dataran alluvial (Tara, 2022). Sungai-sungai yang mengalir di kawasan ini juga menjadi sumber utama irigasi. Umumnya, pemukiman penduduk berada di dataran rendah dan kawasan lembah sungai, di mana tanah lebih subur dan akses air lebih mudah.

2.4. Penelitian Terdahulu

Adapun penelitian terdulu yang digunakan sebagai bahan referensi sebagai berikut:

Tabel 1. Penelitian Terdahulu

No	Judul Penelitian	Pembahasan
1	Interpretasi Struktur Geologi Bawah Permukaan Berdasarkan <i>Updating</i> Gaya Berat Cekungan Banyumas, Jawa Tengah (Hidayat dkk., 2020).	Penelitian ini menganalisis struktur geologi bawah permukaan Cekungan Banyumas menggunakan data gaya berat terbaru.
2	Pemanfaatan Data Seismisitas untuk Memetakan Tingkat Risiko Bencana Gempabumi di Kawasan Eks-Karesidenan Banyumas Jawa Tengah (Sehah dkk., 2012).	Penelitian ini memanfaatkan data seismisitas gempa periode 1903–2006 untuk memetakan tingkat risiko gempa tektonik di wilayah Eks-Karesidenan Banyumas.
3	Analisis Risiko Gempabumi di Cilacap Provinsi Jawa Tengah (Muhaimin dkk., 2016)	Penelitian ini menganalisis bahaya, kerentanan, dan risiko gempabumi di Kota Cilacap menggunakan pendekatan probabilistik.

III. TEORI DASAR

3.1 Gempabumi

Gempabumi adalah fenomena pergerakan mendadak pada lapisan terluar kerak bumi yang terjadi akibat pelepasan energi dari dalam bumi. Energi ini sebelumnya tersimpan dalam bentuk tegangan pada batuan dan dilepaskan secara tiba-tiba melalui suatu proses yang dikenal sebagai gempa. Energi yang dilepaskan tersebut menjalar ke permukaan dalam bentuk gelombang seismik. Secara umum, gempa juga dapat diartikan sebagai pergeseran tanah secara tiba-tiba dari satu titik pusat ke berbagai arah. Setiap kejadian gempa terekam oleh instrumen yang disebut seismograf, yang merekam gelombang seismik sebagai data grafik. Melalui proses pengumpulan data, pengolahan, dan analisis, dapat diperoleh informasi penting seperti waktu kejadian gempa (*origin time*), lokasi episenter, kedalaman sumber, serta besaran magnitudonya (Subardjo, 2008). Intensitas dihitung berdasarkan pengamatan visual langsung terhadap kerusakan akibat gempa bumi, dan intensitas ini dapat memberikan gambaran nilai kekuatan gempa bumi pada pusat gempanya. Perbedaan magnitudo dengan intensitas dari suatu gempa bumi adalah magnitudo dihitung dari catatan alat, sedangkan intensitas berdasarkan dari akibat yang dihasilkan oleh gempa bumi. Intensitas adalah besaran yang menunjukkan kekuatan gempa bumi berdasarkan intensitas kerusakan yang terjadi di daerah yang terdampak. Intensitas gempa bumi dinyatakan dalam skala MMI (*Modified Mercalli Intensity*).

Gempabumi merupakan peristiwa alam karena adanya getaran yang disebabkan adanya pelepasan energi secara tiba-tiba dari pusat gempa. Berdasarkan penyebabnya, gempabumi terbagi menjadi 3 jenis, salah satunya ialah gempabumi tektonik. Gempabumi tektonik pada dasarnya terjadi akibat adanya gerakan secara tiba-tiba karena pelepasan energi terakumulasi (Kurniawan, 2022).

Tabel 2. Skala Intesitas Gempa (Suharno, 2012)

No	Skala Intesitas (MMI)	Percepatan ($\mu\text{m/s}^2$)	Tingkat Resiko
1	X – XII	4000 – 5500	Sangat Besar
2	VI – IX	2000 – 3500	Besar
3	IV – V	900 – 1500	Sedang
4	III	400 – 800	Kecil
5	I – III	10 – 300	Sangat Kecil

Skala Mercalli adalah satuan untuk mengukur kekuatan gempa bumi. Skala Mercalli terbagi menjadi 12 pecahan berdasarkan informasi dari orang-orang yang selamat dari gempa tersebut dan juga dengan melihat serta membandingkan tingkat kerusakan akibat gempa bumi tersebut. Tetapi skala Mercalli yang dimodifikasi masih sering digunakan terutama apabila tidak terdapat peralatan seismometer yang dapat mengukur kekuatan gempa bumi di tempat kejadian.

3.2 Magnitudo

Kekuatan gempa bumi atau sering disebut dengan istilah magnitudo merupakan ukuran kekuatan gempa bumi yang menggambarkan besarnya energi yang terlepas dari patahan dan sampai tercatat pada seismograf. Kejadian dua atau lebih gempa bumi dengan kekuatan yang berbeda dan terekam untuk geometri sumber penerima yang sama, maka gempa bumi dengan kekuatan yang lebih besar akan menghasilkan gelombang datang dengan amplitudo yang lebih besar pula. Berikut beberapa macam magnitudo:

1. Magnitudo Lokal (ML)

ukuran kekuatan gempa bumi yang ditentukan dari amplitudo maksimum gelombang seismik yang terekam seismograf dengan memperhitungkan jarak sumber gempa ke stasiun. Skala ini bersifat logaritmik, sehingga kenaikan satu satuan magnitudo menunjukkan peningkatan amplitudo gelombang dan energi gempa secara signifikan. ML efektif digunakan untuk gempa dangkal berkekuatan kecil hingga menengah, namun memiliki keterbatasan karena

mengalami saturasi pada gempa besar sehingga kurang akurat untuk merepresentasikan energi gempa besar.

2. Magnitudo Permukaan (M_s)

Magnitudo gelombang permukaan didapatkan dari amplitudo permukaan perpindahan tanah maksimum akibat gelombang permukaan dengan waktu 20 sekon. Ketika jarak episenter besar, gelombang badan mengalami pelemahan dan menyebar, sehingga menghasilkan gerakan yang didominasi oleh gelombang permukaan. Magnitudo gelombang permukaan biasanya digunakan untuk menggambarkan besarnya gempa dangkal dengan kedalaman < 70 km.

3. Magnitudo Badan (M_b)

Gempa dengan kedalaman yang dalam, gelombang badan akan memberikan hasil yang lebih kecil dari gelombang permukaan. Magnitudo gelombang badan berdasarkan pada amplitudo dari gelombang Primer yang dimana tidak dipengaruhi oleh kedalaman sumber gempa.

4. Magnitudo Momen (M_w)

Magnitudo momen merupakan magnitudo yang berdasarkan pada momen gempa dengan pengukuran langsung dari faktor-faktor yang menyebabkan terjadinya keruntuhan disepanjang patahan. Berikut hubungan antar beberapa jenis magnitudo:

- a. Hubungan magnitudo lokal (M_L) dengan amplitudo gelombang dan jarak episenter:

$$M_L = \log A - \log A_0(\Delta) \quad (1)$$

- b. Hubungan antara magnitudo permukaan (M_s) dengan magnitudo gelombang badan (M_b):

$$M_b = 0,63 M_s + 2,5 \quad (2)$$

- c. Hubungan antara magnitudo permukaan (M_s) dengan momen seismik (M_o):

$$\log M_o = 1,5 M_s + 1,61 \quad (3)$$

- d. Hubungan antara magnitudo momen (M_w) dengan momen seismik (M_o):

$$M_w = \log \left(\frac{M_0}{15} \right) - 10,73 \quad (4)$$

3.3 Perhitungan PGA (*Peak Ground Acceleration*)

Setiap peristiwa gempabumi akan menimbulkan percepatan getaran tanah di lokasi tertentu. Dalam perencanaan struktur bangunan, parameter yang diperhitungkan adalah percepatan tanah maksimum, karena nilai ini mencerminkan potensi guncangan terkuat yang dapat memengaruhi stabilitas bangunan. Meskipun dimungkinkan untuk merancang bangunan dengan ketahanan yang sangat tinggi, tidak semua struktur akan memberikan respons yang seragam terhadap kekuatan gempa yang berbeda-beda. Dengan kata lain, setiap bangunan memiliki reaksi yang berbeda tergantung pada karakteristik gempanya (Sunarjo, 2012). *Peak Ground Acceleration (PGA)* dapat diketahui nilai percepatan gerak tanah maksimum sebagai salah satu indikator yang digunakan untuk studi tingkat kerusakan tanah yang disebabkan oleh getaran gempabumi yang terjadi di permukaan bumi. Percepatan gerak tanah maksimum dapat diketahui dengan dua cara, yaitu pengukuran menggunakan alat accelerograph (merekam getaran tanah) dan melalui pendekatan empiris (Windiyanti, 2016). Parameter guncangan maksimum tanah atau *Peak Ground Acceleration (PGA)* dipengaruhi oleh tiga hal, yakni: sumber gempabumi (magnitudo, jenis sesar, dan hal lain yang berkaitan dengan sumber gempabumi), raypath (jalur penjalaran gelombang termasuk di dalamnya jarak hiposenter), serta faktor lokal yang dapat berupa keadaan geologi atau karakteristik suatu wilayah (Ulfiana, 2018).

Terdapat hubungan antara PGA dan gempabumi berdasarkan analisis pendekatan probabilistik. Frekuensi kejadian gempabumi dan magnitudo berperan penting dalam menentukan probabilitas terlampauinya nilai PGA tertentu, sehingga aktivitas *seismic* tinggi memiliki peluang tersebar PGA tinggi yang merepresentasikan tingkatan ancaman guncangan tanah tinggi akibat gempabumi (Sunardi dkk., 2017).

PGA dipengaruhi oleh sumber gempabumi, jarak hiposenter, serta persamaan atenuasi (GMPE) yang digunakan. Bahwa wilayah yang dekat dengan sumber

gempa aktif cenderung memiliki nilai PGA yang lebih tinggi. Sehingga menjadi parameter penting dalam analisis kerawanan seismik dan penentuan tingkat bahaya gempabumi suatu daerah (Hayrona dkk., 2020).

Percepatan tanah dapat diukur melalui seismograf khusus yang dikenal dengan seismograf gerak kuat (*strong motion seismograph*) atau *accelograf*. Melalui instrumen ini, nilai *Peak Ground Acceleration* (PGA) pada batuan dasar generasi pertama dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 4.

$$\log(y) = f(M, R, F) \quad (4)$$

Keterangan:

- y = nilai PGA
- M = kekuatan atau magnitudo suatu gempa bumi
- R = adalah jarak hiposenter
- F = koefisien.

Meskipun nilai percepatan tanah sangat penting dalam penentuan koefisien seismik untuk desain bangunan tahan gempa, keterbatasan jaringan *accelograf* baik dari segi cakupan waktu maupun lokasi pengukuran menjadi kendala. Oleh karena itu, perhitungan secara empiris menjadi solusi alternatif yang diperlukan. Dalam penelitian ini, digunakan beberapa rumus empiris yang telah dikembangkan oleh beberapa ahli, bisa dilihat pada Persamaan 6, 7, dan 8 dengan Persamaan 9 yaitu Jarak Hiposenter.

➤ Rumus Mc. Guirre R.K.

$$\alpha = 472,3 \times 10^{0,728Ms} \times (R + 25)^{-1,301} \quad (5)$$

Keterangan:

- a = nilai percepatan tanah maksimum (gal)
- Ms = magnitudo permukaan
- R = jarak hiposenter (km)

➤ Rumus Donovan

$$\alpha = 1080 (\exp^{0,5Ms}) / (R + 25)^{1,32} \quad (6)$$

Keterangan:

A = nilai percepatan tanah maksimum (gal)

M_s = magnitudo permukaan

R = jarak hiposenter (km)

$\exp$ = fungsi untuk menghitung eksponensial dari suatu angka tertentu.

➤ Rumus Xiang dan Gao

$$\alpha = 1291,07 \exp^{0,5275Ms} (R + 15)^{-1,5785} \quad (8)$$

Keterangan :

α = nilai percepatan tanah maksimum (gal)

M_s = magnitudo permukaan

R = jarak hiposenter (km)

$\exp$ = fungsi untuk menghitung eksponensial dari suatu angka tertentu

❖ Jarak Hiposenter (R)

$$R = \sqrt{\Delta^2 + h^2} \quad (9)$$

Keterangan:

R = jarak hiposenter (km),

Δ = jarak episenter (km),

h = kedalaman hiposenter gempa (km).

3.4 Metode Gayaberat

Metode gayaberat digunakan untuk mengetahui kondisi bawah permukaan bumi dengan cara mengukur variasi medan gayaberat bumi. Adanya suatu sumber yang berupa suatu massa di bawah permukaan akan menyebabkan terjadinya gangguan medan gayaberat, gangguan medan gayaberat ini disebut sebagai anomali gayaberat (Suhadiyatno, 2008).

Metode gayaberat merupakan salah satu teknik dalam geofisika yang memanfaatkan pengukuran variasi medan gravitasi di permukaan bumi (Nugraha, 2016). Fluktuasi nilai gravitasi ini dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain perbedaan densitas batuan bawah permukaan, jenis batuan yang tersusun di lapisan bawah tanah, variasi jarak antara permukaan bumi dan pusat gravitasi bumi, serta kondisi topografi di wilayah pengukuran (Sarkowi, 2014).

Metode ini menggunakan prinsip variasi medan gravitasi bumi akibat perbedaan densitas secara lateral. Dalam perkembangannya metode gayaberat mengalami kemajuan yang cukup signifikan sehingga metode gayaberat sangat menunjang dalam penelitian mengenai ketebalan sedimen, batas batuan dasar (*basement*), sumber energi, air tanah, dan rekayasa sipil. Salah satu penerapan metode gayaberat dilakukan untuk memetakan struktur geologi berupa sesar (Firdaus dkk., 2016).

3.5 Konsep Dasar Gayaberat

3.5.1 Gayaberat Newton

Metode gayaberat Newton didasarkan pada prinsip Hukum Newton mengenai gaya gravitasi, yaitu gaya tarik-menarik antara dua massa, yaitu m_1 dan m_2 yang dipisahkan oleh jarak r . Hubungan antara ketiga besaran tersebut dinyatakan dalam Persamaan 5 dan Gambar 2 (Serway dkk., 2009).

$$\vec{F} = G \frac{m_1 m_2}{r^2} \hat{r} \quad (10)$$

Keterangan:

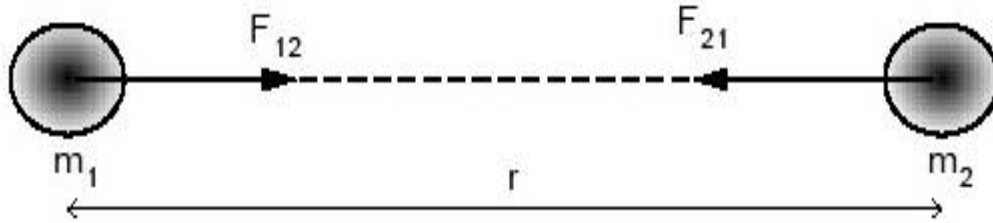
$\vec{F}$: Gaya tarik menarik (N)

m_1, m_2 : Massa benda 1 dan massa benda 2 (kg)

r : Jarak antara dua buah benda (m)

G : Konstanta Gravitasi Universal ($6,67 \times 10^{-11} \text{ m}^3 \text{ kg s}^{-2}$)

$\hat{r}$: Vektor satuan (m)



Gambar 2. Gaya tarik menarik antara dua buah benda (Grandis, 2009)

3.5.2 Percepatan Gayaberat

Newton menjelaskan hubungan antara gaya dan percepatan melalui Hukum Kedua Newton, yang menyatakan bahwa gaya yang bekerja pada suatu benda berbanding lurus dengan hasil kali massa benda tersebut dan percepatan gravitasi bumi yang memengaruhinya. Hubungan ini dinyatakan dalam Persamaan 6.

$$\vec{F} = m \vec{g} \quad (11)$$

Percepatan sebuah benda yang memiliki massa m_2 akibat dari tarikan benda yang memiliki massa m_1 pada jarak r dengan sederhana dapat dinyatakan seperti Persamaan 7.

$$\vec{g} = \frac{\vec{F}}{m} \quad (12)$$

Jika ditetapkan terhadap percepatan gaya tarik bumi maka persamaan di atas menjadi seperti Persamaan 8.

$$\vec{g} = \frac{\vec{F}}{m} = G \frac{M.m}{m \times r^2} = G \frac{M}{r^2} \quad (13)$$

Keterangan:

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

M : Massa bumi (kg)

m : Massa benda (kg)

$\vec{F}$: Gayaberat (N)

r : Jari-Jari bumi (km)

Pengukuran percepatan gayaberat pertama kali dilakukan oleh Galileo, sehingga untuk menghormati Galileo, kemudian didefinisikan seperti Persamaan 9.

$$1 \text{ Gall} = 1 \text{ cm/s}^2 = 10^{-2} \text{ m/(dalam c.g.s)} \quad (14)$$

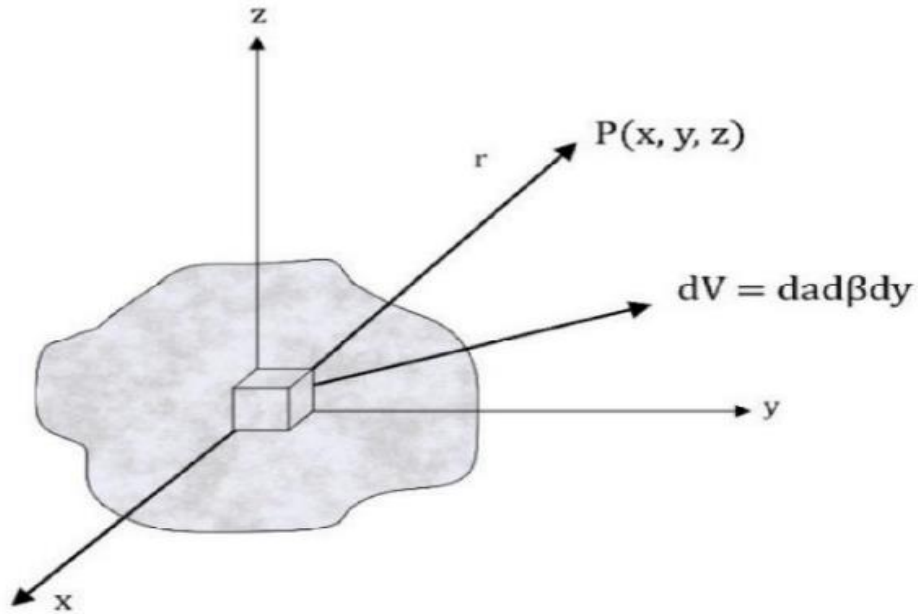
Satuan anomali gayaberat dalam kegiatan eksplorasi diberikan dalam orde miligal (mGall) yaitu seperti Persamaan 10 dan 11.

$$\begin{aligned} 1 \mu\text{Gall} &= 10^{-3} \text{ mGall} = 10^{-6} \text{ Gall} = 10^{-8} \text{ m/s}^2 \\ 1 \text{ mGall} &= 10 \text{ g.u.} = 10^{-5} \text{ m/s}^2 \end{aligned} \quad (15)$$

Dalam satuan m.k.s, gayaberat diukur dalam g.u. (*gravity unit*) atau $\mu\text{m/s}^2$ (Octonovrilna dkk., 2009).

3.5.3 Potensial Gayaberat

Potensial gayaberat merupakan bentuk energi yang dibutuhkan untuk memindahkan suatu massa dari satu lokasi ke lokasi lain dalam ruang. Ketika sebuah objek bermassa berada di dalam suatu sistem ruang, objek tersebut akan membangkitkan medan potensial di sekelilingnya. Medan ini bersifat konservatif, artinya usaha yang dilakukan dalam medan gayaberat tersebut tidak bergantung pada jalur perpindahan, melainkan hanya ditentukan oleh posisi awal dan posisi akhir perpindahan massa seperti pada **Gambar 3** (Rosid, 2005).



Gambar 3. Potensial dan kuat medan massa 3 dimensi (Grandis, 2009)

untuk suatu massa tiga dimensi dengan bentuk yang tidak beraturan dan distribusi rapat massa kontinu yang dinyatakan sebagai $\Delta(\alpha, \beta, \gamma)$, potensial gaya berat di titik $P(x, y, z)$ dapat dihitung menggunakan Persamaan 15.

$$U(x, y, z) = G \iiint \frac{\Delta(\alpha, \beta, \gamma)}{[(x - \alpha)^2 + (y - \beta)^2 + (z - \gamma)^2]} d\alpha d\beta d\gamma \quad (16)$$

Medan gaya berat yang dihasilkan dari distribusi rapat massa tersebut dapat diperoleh dengan cara mendiferensialkan Persamaan (16) terhadap variabel x, y , dan z . Hasil diferensiasi ini ditunjukkan pada Persamaan (17) dan Persamaan (18).

$$\begin{aligned} \Delta g_x(x, y, z) &= \frac{\partial U(x, y, z)}{\partial x} \\ &= -G \int_0^\infty \int_{-\infty}^\infty \int_{-\infty}^\infty \frac{\Delta(\alpha, \beta, \gamma)(x - \alpha)}{[(x - \alpha)^2 + (y - \beta)^2 + (z - \gamma)^2]^{3/2}} d\alpha d\beta d\gamma \end{aligned} \quad (17)$$

$$\Delta g_y(x, y, z) = \frac{\partial U(x, y, z)}{\partial y} \quad (18)$$

$$= -G \int_0^\infty \int_{-\infty}^\infty \int_{-\infty}^\infty \frac{\Delta(\alpha, \beta, \gamma)(y - \beta)}{[(x - \alpha)^2 + (y - \beta)^2 + (z - \gamma)^2]^{3/2}} d\alpha d\beta d\gamma$$

$$\Delta g_z(x, y, z) = \frac{\partial U(x, y, z)}{\partial z} \quad (19)$$

$$= -G \int_0^\infty \int_{-\infty}^\infty \int_{-\infty}^\infty \frac{\Delta(\alpha, \beta, \gamma)(z - \gamma)}{[(x - \alpha)^2 + (y - \beta)^2 + (z - \gamma)^2]^{3/2}} d\alpha d\beta d\gamma$$

menghasilkan nilai medan gayaberat (Δg) yang tidak seragam di seluruh permukaan bumi. Ketidakteraturan ini dipengaruhi oleh distribusi massa di bawah permukaan, yang diwakili oleh fungsi densitas. Di sisi lain, bentuk fisik permukaan bumi digambarkan melalui batas integral yang digunakan dalam proses perhitungan (Sarkowi, 2007).

IV. METODOLOGI PENELITIAN

4.1. Waktu dan Tempat Penelitian

Adapun penelitian ini dilakukan di:

- Tempat : Laboratorium Geofisika Eksplorasi, Teknik Geofisika,
Universitas Lampung
- Alamat : Gedung Teknik Geofisika, Jl. Prof. Sumantri Brojonegoro
No. 1, Gedong Meneng, Kec. Rajabasa, Kota Bandar
Lampung, Lampung 35142
- Waktu : Maret - Januari 2025

4.2. Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini pada Tabel 3.

Tabel 3. Alat dan Bahan Penelitian

No	Alat & Bahan	Fungsi
1	Data Gempa USGS dan Data Pengukuran Gayabarat PSG	Dalam pengolahan menggunakan data gempa dari USGS dan data pengukuran lapangan pada daerah penelitian
2	Software Numeri	Analisis spektrum dengan transformasi fourier
3	Microsoft Excel	Menghitung nilai $\ln A$ dan bilangan gelombang K untuk menentukan estimasi kedalaman
4	Software ArcGIS 10.8	Untuk membuat peta lokasi penelitian
5	Software Surfer 16	Untuk melakukan pemisahan Anomali Regional dan Anomali Residual
6	Software Oasis Montaj	Untuk membuat peta CBA

4.4. Prosedur Penelitian

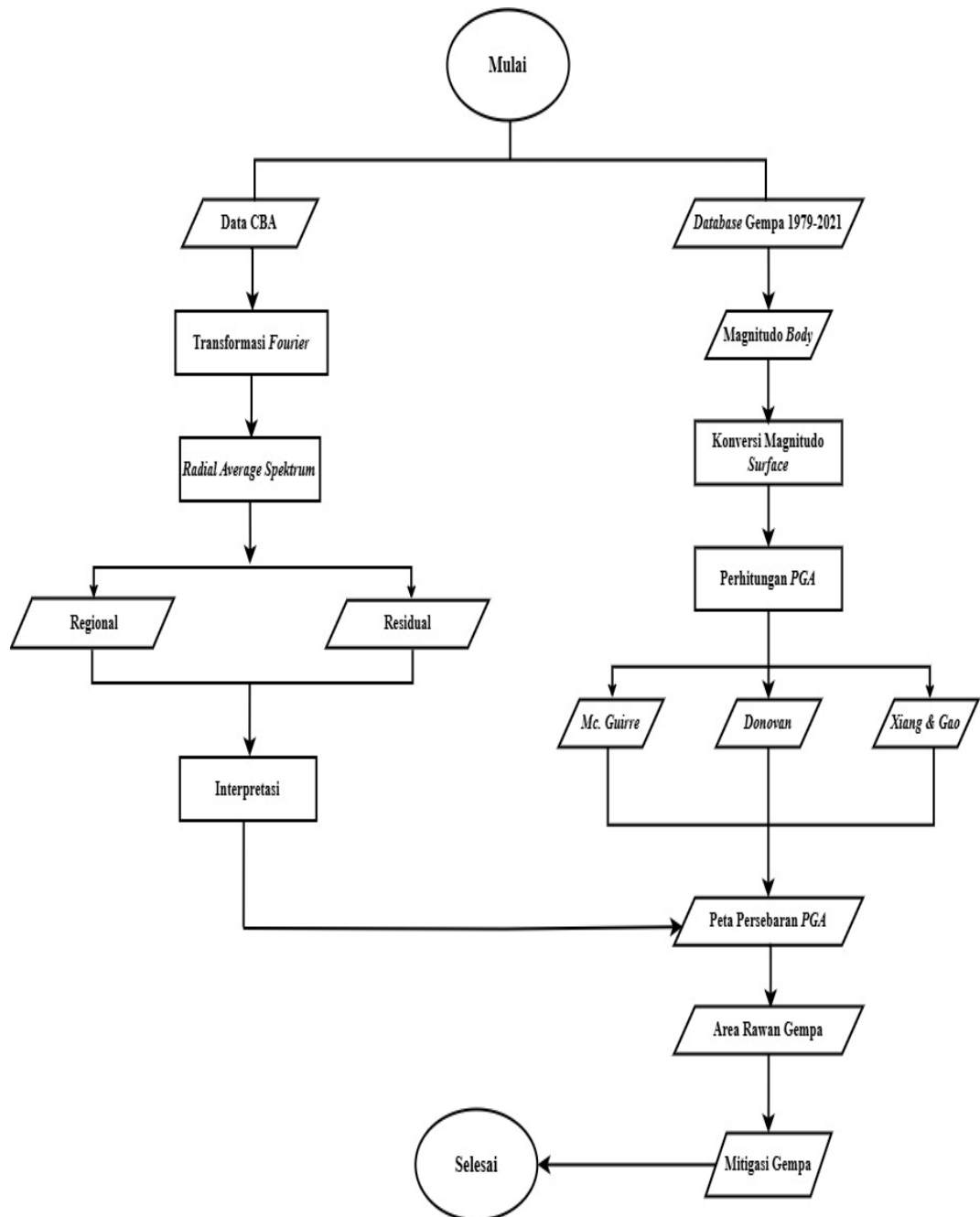
Adapun prosedur yang dilakukan pada penelitian kali ini yaitu sebagai berikut:

1. Mengkompilasi data historis gempabumi di wilayah Banyumas dari tahun 1979 hingga 2021 menggunakan *Microsoft Excel* 2010, berdasarkan parameter lintang, bujur, magnitudo, dan kedalaman.
2. Menentukan nilai percepatan tanah akibat gempa dengan menggunakan rumus empiris dari McGuire, Donovan, serta Xiang dan Gao. Perhitungan dilakukan di *Microsoft Excel* 2010, dengan mengaplikasikan formula atenuasi percepatan tanah berdasarkan parameter gempa, yaitu magnitudo dan jarak hiposenter, untuk setiap titik pada grid.
3. Data gayabarat yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data sekunder yang telah melalui tahapan koreksi hingga menghasilkan Anomali Bouguer Lengkap (ABL). Tahap awal yang dilakukan adalah menyusun peta ABL yang menjadi dasar dalam analisis lanjutan.
4. Analisis spektral dilakukan untuk memperkirakan kedalaman sumber anomali serta menentukan lebar jendela yang optimal dalam proses pemisahan anomali regional dan residual. Prosedur ini menggunakan Transformasi Fourier pada lintasan-lintasan tertentu. Dalam penelitian ini, digunakan lima lintasan pada peta ABL yang dianalisis menggunakan perangkat lunak *Geosoft 6.4.2*, sehingga diperoleh anomali residual berdasarkan data jarak dan nilai anomali Bouguer di setiap lintasan.
5. Data jarak dan nilai anomali Bouguer dari masing-masing lintasan kemudian dianalisis menggunakan metode *Fast Fourier Transform* (FFT) dalam domain spasial tertentu untuk memperoleh representasi frekuensinya.
6. Hasil FFT menghasilkan nilai real dan imajiner untuk tiap lintasan. Nilai-nilai ini kemudian diolah menggunakan perangkat lunak *Microsoft Excel* untuk menghitung nilai amplitudo (A), logaritma natural amplitudo ($\ln A$), frekuensi, dan bilangan gelombang (k).

7. Data yang diperoleh kemudian digunakan untuk menyusun grafik hubungan antara $\ln A$ (sumbu y) dengan k (sumbu x). Grafik ini memperlihatkan dua gradien, masing-masing mewakili kedalaman bidang diskontinuitas anomali regional (gradien besar) dan residual (gradien kecil). Titik perpotongan antara dua garis ini menunjukkan bilangan gelombang *cut off* (k_c) yang digunakan untuk menentukan lebar jendela. Nilai kedalaman rata-rata yang diperoleh melalui regresi linear dari kedua anomali tersebut digunakan dalam proses pemodelan struktur bawah permukaan.
8. Pemisahan antara anomali regional dan residual dari Anomali Bouguer Lengkap dilakukan menggunakan *Radial Average Spektrum*.
9. Langkah akhir adalah melakukan analisis terhadap *peta Peak Ground Acceleration* (PGA) dengan mengaitkannya dengan kontur anomali regional dan residual. Analisis ini digunakan sebagai dasar dalam melakukan mitigasi wilayah yang memiliki potensi kerawanan terhadap aktivitas seismik atau gempabumi.

4.5. Diagram Alir

Adapun diagram alir pada penelitian kali ini yaitu pada Gambar 4



Gambar 4. Diagram Alir

VI. PENUTUP

6.1. Kesimpulan

Adapun kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan sebagai berikut:

- 1) Berdasarkan nilai PGA dengan melakukan pendekatan persebaran PGA dengan ketiga metode, didapatkan hasil dengan nampak persebarannya tidak jauh berbeda. Pada ketiga metode nilai PGA dengan pendekatan empiris terbesar dengan menggunakan Metode Donovan, kemudian metode Mc. Guirre, dan yang terkecil metode Xiang & Gao. Daerah penelitian termasuk golongan dengan PGA terkhususnya banyumas memiliki tingkat persebaran PGA yang tidak terlalu tinggi, tetapi dampak kerusakannya cukup membahayakan masyarakat.
- 2) Pemisahan Regional dan Residual dilakukan terhadap data *modelling* gaya berat untuk melakukan korelasi kecocokan dengan persebaran peta PGA, didapatkan kesimpulan dikarenakan pergerakan gelombang seismik bawah permukaan biasanya terjadi pada kedalaman yang dalam sehingga, *overlay* dilakukan dengan menggunakan data regional (korelasi) disebabkan lebih terlihat kecocokan antara nilai PGA dengan data Gaya beratnya. Interpretasi yang dicari yaitu mendapatkan nilai PGA rendah dengan densitas tinggi begitupun sebaliknya.
- 3) Berdasarkan hasil yang didapatkan dengan mengkorelasi PGA dengan regional data Gaya berat, didapatkan kesimpulan bahwasannya terdapat kecocokan daerah dengan didominasi PGA yang rendah serta densitas yang tinggi, yaitu berada pada kawasan Cilacap, Purbalingga dan sekitarnya. Hal tersebut menandakan daerah tersebut memiliki pergerakan gelombang seismik yang rendah sehingga batuan-batuan tersebut memiliki karakteristik kekompakan yang tinggi atau

kerapatan massa yang tinggi, umumnya batuan tersebut merupakan jenis batuan metamorf atau batuan beku.

- 4) Kriteria dengan berdasarkan skala MMI gempa bumi BMKG daerah penelitian merupakan daerah yang cenderung ringan sehingga, mitigasi gempabumi berdasarkan analisis *Peak Ground Acceleration* (PGA) dilakukan dengan menyesuaikan tingkat risiko pada setiap zona percepatan tanah, di mana pada wilayah dengan nilai PGA tinggi diperlukan penerapan standar bangunan tahan gempa secara ketat, penggunaan struktur yang ringan dan fleksibel, pembatasan pembangunan fasilitas vital, pengaturan tata ruang berbasis risiko bencana, serta penyediaan sistem peringatan dini dan jalur evakuasi yang memadai, sementara pada zona PGA menengah dilakukan perkuatan bangunan eksisting (*retrofitting*), pengawasan kualitas konstruksi, penyediaan ruang terbuka sebagai titik kumpul, serta pelaksanaan edukasi dan simulasi kebencanaan secara berkala, dan pada zona PGA rendah tetap diterapkan prinsip bangunan tahan gempa ringan disertai peningkatan kesadaran masyarakat, pemantauan berkala, serta integrasi hasil analisis PGA ke dalam perencanaan pembangunan dan kebijakan pengurangan risiko bencana daerah.

7.1. Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dalam penelitian berikut, perlu dikaji mendalam terkait daerah disekitar banyumas lebih tepatnya kearah purbalingga ke timur, serta wilayah kawasan brebes dan sekitarnya dikarenakan daerah tersebut memiliki tingkat pesebaran PGA yang tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

- Blakely, R. J., 1995. *Potential Theory in Gravity and Magnetic Applications*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Brotopuspito, K.S. 2001. *Teori dan Aplikasi Metode Gravitasi*. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada (UGM)
- Firdaus, W.M., Setyawan, A., & Yusuf, M. 2016. Identifikasi Letak Dan Jenis Sesar Berdasarkan Metode Gayabert Second Vertical Gradient Studi Kasus Sesar Lembar, Kota Bandung, Jawa Barat. *Youngster Physics Journal*, 5(1), 21-26.
- Grandis, H. 2009. *Pengantar Pemodelan Inversi Geofisika*. Bandung: Himpunan Ahli Geofisika Indonesia (HAGI).
- Hayrona, C. N., Putra, R., & Pratiwi, A. (2020). Analisis Kerawanan Seismik Berdasarkan Nilai Peak Ground Acceleration (PGA) Menggunakan Ground Motion Prediction Equation (GMPE). *Jurnal Einstein*, 8(1), 12–20.
- Hidayat, Subagio & Praromadani, Z.S. 2020. Interpretasi Struktur Geologi Bawah Permukaan Berdasarkan Updating Data Gaya Berat Cekungan Banyumas, Jawa Tengah. *Jurnal Geologi dan Sumberdaya Mineral*, 21(3), 111-118. <https://doi.org/10.33332/jgsm.geologi.v21i3.524>
- Kurniawan, A.S., Adi, P.E., Handayani, W., & Prayoedhie, S. 2022. Analisis Koefisien Korelasi Peak Ground Acceleration Dengan Metode Oliviera dan Shakemap BMKG, Studi Kasus Gempabumi Bantul 16 Januari 2022. *Jurnal Stasiun Geofisika*. 1(1), 15-18.
- Liana, R.Y., Magdalena, T.M., Syarifah, M., Supriyadi, & Khumaedi. 2020.

Analisis Anomali Bouguer Data Gaya Berat Studi Kasus di Kota Lama Semarang. *Jurnal Riset Sains dan Teknologi*, 4(2), 63-68. 10.30595/jrst.v4i2.6301

Muhaimin, Boedi Tjahjono & Darmawan. 2016. Analisis Risiko Gempabumi Di Cilacap Provinsi Jawa Tengah. *Jurnal Ilmu Tanah dan Lingkungan*, 18(1), 28 - 34. 10.29244/jitl.18.1.28-34

Nugraha, P. 2016. Penentuan Kedalaman Optimum Anomali Gaya Berat Dengan Metode Korelasi Antara Analisis Spektrum Dan Continuation Studi Kasus Semarang Jawa Tengah. *Skripsi*. Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang

Octonovrilna, L., & Pudja, P.I. 2009. Analisa perbandingan anomali gravitasi dengan persebaran intrusi air asin (studi kasus Jakarta 2006–2007). *Jurnal Meteorologi dan Geofisika*. <https://doi.org/10.31172/jmg.v10i1.32>.

Rosid, S. 2005. *Metode Gravitasi dalam Geofisika Eksplorasi*. Jurusan Fisika Universitas Indonesia.

Sarkowi, M. 2007. Gaya berat mikro antar waktu untuk analisa perubahan kedalaman muka air tanah (Studi Kasus Dataran Aluvial Semarang). *Disertasi*. ITB Bandung.

Sarkowi, M. 2014. *Eksplorasi Gayaberat*. Yogyakarta: Graha Ilmu.

Sehah, Raharjo, A.S. & Dewi, R. 2012. Pemanfaatan Data Sesimisitas Untuk Memetakan Tingkat Resiko Bencana Gempabumi Di Kawasan Eks-Karesdinan Banyumas Jawa Tengah. *Prosiding Seminar Nasional*, 27 -28. Unsoed

Sihombing, R.B. & Rustadi. 2020. Pemodelan dan Analisa Struktur Bawah Permukaan Daerah Prospek Panas bumi Kepahiang Berdasarkan Metode Gayaberat. *Jurnal Geofisika Eksplorasi*, 4(2), 47–61.

- Subardjo. 2008. *Parameter Gempa bumi*. Materi diklat teknis peningkatan kemampuan observasi Geofisika tahun 2008. Badan Meteorologi dan Geofisika. Jakarta.
- Suhadiyatno. 2008. Pemodelan Metode 3D dengan menggunakan Matlab. *Skripsi* Jurusan Fisika Universitas Indonesia.
- Suharno. 2012. Resiko Gempa Bumi di Provinsi Lampung. *Seminar Nasional Pembangunan Infrastruktur dan Pengembangan Wilayah*. Bandar Lampung.
- Sunardi, B., & Nugraha, J. (2017). Peak Ground Acceleration dan Percepatan Spektral Berdasarkan Pendekatan Probabilistik. *Jurnal Meteorologi dan Geofisika*, 18(2), 67–76.
- Sunarjo. 2012. *Gempa Bumi Indonesia*. Jakarta. Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika.
- Tara, R. 2022. Analisis Struktur Geologi Daerah Tlaga dan Sekitarnya, Kecamatan Gumelar, Kabupaten Banyumas, Provinsi Jawa Tengah. *Jurnal Eksakta Kebumihan*, 3(2), 121-129.
- Ulfiana, E., Rummy, A.S, & Ariyanto, P. 2018. Analisis Pendekatan Empiris PGA (Peak Ground Acceleration) Pulau Bali Menggunakan Metode Donovan, Mc. Guirre, Dan M.V. Mickey. *Jurnal Ilmu dan Inovasi Fisikal*, 2(2), 155-161.
- Windiyaniti, C.A, Karyanto, Rustadi, & Rudianto. 2016. Analisis Zona Rawan Gempabumi Daerah Lampung Berdasarkan Nilai Percepatan Tanah Maksimum (PGA) Dan Data Accelererograph Tahun 2008–2017. *Jurnal Geofisika Eksplorasi*, 3(2), 1-10.