

**ANALISIS PROBABILITAS DAN PERIODE ULANG GEMPABUMI DI
PROVINSI JAWA BARAT MENGGUNAKAN METODE MAKSIMUM
LIKELIHOOD**

SKRIPSI

Oleh:
JIHAN SETYO RINI
NIM. 200604110004



**PROGRAM STUDI FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2023**

**ANALISIS PROBABILITAS DAN PERIODE ULANG GEMPABUMI DI
PROVINSI JAWA BARAT MENGGUNAKAN METODE MAKSIMUM
LIKELIHOOD**

SKRIPSI

**Diajukan Kepada:
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang
Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan Dalam
Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)**

**Oleh:
JIHAN SETYO RINI
NIM. 200604110004**

**PROGRAM STUDI FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2023**

HALAMAN PERSETUJUAN

ANALISIS PROBABILITAS DAN PERIODE ULANG GEMPABUMI DI PROVINSI JAWA BARAT MENGGUNAKAN METODE MAKSIMUM LIKELIHOOD

SKRIPSI

Oleh:

Jihan Setyo Rini

NIM. 200604110004

Telah Diperiksa dan Disetujui untuk Diuji
Pada tanggal, 24 November 2023

Dosen Pembimbing I



Drs. Abdul Basid, M.Si
NIP. 19650504 199003 1 003

Dosen Pembimbing II



Dr. Umayyatus Syarifah, M.A
NIP.19820925 200901 2 005

Mengetahui,
Ketua Program Studi



Dr. Irfan Tazi, M.Si
NIP.19740730 200312 1 002

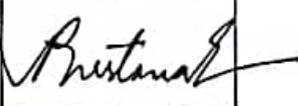
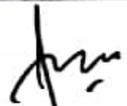
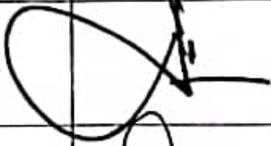
HALAMAN PENGESAHAN

ANALISIS PROBABILITAS DAN PERIODE ULANG GEMPABUMI DI PROVINSI JAWA BARAT MENGGUNAKAN METODE MAKSIMUM LIKELIHOOD

SKRIPSI

Oleh:
Jihan Setyo Rini
NIM.200604110004

Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Skripsi
dan Dinyatakan Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)
Pada tanggal, 30 November 2023

Penguji Utama :	<u>Drs. Cecep E Rustana, B.Sc(Hons), Ph.D</u> NIP. 19590729 198602 1 001	
Ketua Penguji :	<u>Farid Samsu Hananto, M.T</u> NIP. 19740513 200312 1 001	
Sekretaris Penguji :	<u>Drs. Abdul Basid, M.Si</u> NIP. 19650504 199003 1 003	
Anggota Penguji :	<u>Dr. Umaiyatus Syarifah, M.A</u> NIP. 19820925 200901 2 005	

Mengesahkan,
Ketua Program Studi



Dr. Imman Tazi, M.Si
NIP.19740730 200312 1 002

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : JIHAN SETYO RINI

NIM : 200604110004

Jurusan : FISIKA

Fakultas : SAINS DAN TEKNOLOGI

Judul Penelitian : Analisis Probabilitas dan Periode Ulang Gempabumi di Provinsi Jawa Barat Menggunakan Metode Maksimum Likelihood

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa hasil penelitian saya ini tidak terdapat unsur-unsur penjiplakan karya penelitian atau karya ilmiah yang pernah dilakukan atau dibuat oleh orang lain, kecuali yang tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka. Apabila ternyata hasil penelitian ini terbukti terdapat unsur-unsur jiplakan maka saya bersedia untuk menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Malang, 23 November 2023

Yang Membuat Pernyataan



Jihan Setyo Rini
NIM.200604110004

HALAMAN PERSEMBAHAN

Puji syukur saya panjatkan ke hadirat Allah SWT, yang telah melimpahkan rahmat, hidayah, dan inayah-Nya sehingga saya dapat menyelesaikan penulisan skripsi ini dengan baik.

Pada kesempatan ini saya ingin mengucapkan banyak terimakasih kepada:

1. Kedua orangtua saya ayah sudarman dan mama sulaimah yang selalu memberikan doa, dukungan moril, dan materil dalam setiap langkah perjalanan skripsi. Semoga Allah SWT selalu menjaga kalian dalam kebaikan dan kemudahan aamiin.
2. Orang-orang tercinta dan sahabat-sahabat yang ikut berbagi suka dan duka, serta memberikan motivasi. Terimakasih kepada semua pihak yang turut mendukung dalam proses penulisan skripsi ini. Terkhusus partner saya dengan NIM 0108.
3. *Last but not least, I wanna thank me, I wanna thank me for believing in me, I wanna thank me for doing all this hard work, I wanna thank me for having no days off, I wanna thank me for never quitting, for just being me at all times.* Semoga saya tetap rendah hati, karena ini baru awal dari semua mimpi-mimpi saya.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan ke hadirat Allah SWT, yang telah memberikan rahmat, hidayah, dan kesempatan kepada penulis untuk menyelesaikan Skripsi ini dengan judul "Analisis Probabilitas dan Periode Ulang Gempabumi di Provinsi Jawa Barat Menggunakan Metode Maksimum Likelihood". Sholawat dan salam tetap tercurahkan kepada junjungan Nabi Muhammad SAW yang telah membawa kita dari jaman kegelapan hingga jaman terang benderang ini.

Dalam kesempatan ini, penulis juga ingin mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan, bimbingan, dan dorongan selama proses penulisan skripsi ini. Ucapan terimakasih penulis sampaikan kepada:

1. Prof. Dr. H. M. Zainudin, M.A, Selaku Rektor Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang.
2. Prof. Dr. Hj. Sri Harini, M.Si., selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Dr. Imam Tazi, M.Si., Selaku Ketua Program Studi Fisika Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang.
4. Drs. Abdul Basid, M.Si., Sebagai dosen pembimbing yang memotivasi penulis dan meluangkan waktu untuk membimbing dengan baik selama proses penyusunan Skripsi.
5. Para pengajar, staf laboratorium, dan administrasi di Program Studi Fisika UIN Maulana Malik Ibrahim Malang yang senantiasa membantu dan berkontribusi dalam peningkatan pengetahuan.
6. Ayah, Mama, Adik, dan keluarga yang senantiasa memberikan dukungan, doa, dan semangat dalam setiap aspek perjalanan ini.
7. Teman-teman fisika angkatan 2020, terutama di Bidang Minat Geofisika, yang telah memberikan bantuan dan motivasi dalam penelitian dan penulisan Skripsi hingga selesai.
8. Semua pihak yang telah turut serta baik secara langsung maupun tidak langsung dalam menyelesaikan Skripsi ini.

Selain itu, penulis juga menyadari bahwa proposal ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, kritik, saran, dan masukan dari berbagai pihak sangat diharapkan

guna perbaikan dan penyempurnaan proposal ini. Semoga Skripsi ini dapat menjadi langkah awal yang baik dalam perjalanan penelitian penulis. Akhir kata, penulis mohon maaf atas segala keterbatasan dan kekurangan dalam proposal ini. Semoga Allah SWT senantiasa memberikan rahmat dan keberkahan dalam setiap langkah perjalanan hidup kita.

Malang, 23 November 2023

Jihan Setyo Rini

DAFTAR ISI

COVER	ii
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL	xii
ABSTRAK	xiii
ABSTRACT	xiv
مستخلص البحث.....	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	5
1.3 Tujuan Penelitian.....	5
1.4 Batasan Masalah.....	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	8
2.1 Lokasi, Fisiografi dan Morfologi	8
2.2 Gempabumi	9
2.3 Gelombang Seismik	16
2.4 Parameter Keaktifan Gempabumi	18
2.5 Hubungan Frekuensi dan Magnitudo Gempabumi	19
2.6 Indeks Seismisitas	20
2.7 Probabilitas dan Periode Ulang	21
2.8 Metode Maksimum Likelihood.....	23
BAB III METODE PENELITIAN	27
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	27
3.2 Jenis Penelitian	27
3.3 Alat dan Bahan	27
3.4 Pengambilan Data	28
3.5 Pensortiran Data	28
3.6 Pengolahan dan Analisis Data.....	28
3.7 Interpretasi Data	30
3.7 Diagram Alir	31
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	32
4.1 Pembagian wilayah	32
4.2 Hubungan frekuensi- magnitudo dan magnitudo-kedalaman	33
4.3 Perhitungan <i>b</i> value menggunakan metode likelihood	38
4.4 Perhitungan <i>a</i> value menggunakan formula wekner.....	39

4.5 Indeks seismisitas	40
4.6 Probabilitas kejadian gempabumi	41
4.7 Periode ulang gempabumi	44
4.8 Kajian Keislaman	48
BAB V PENUTUP	51
5.1 Kesimpulan	51
5.2 Saran.....	52
DAFTAR PUSTAKA	53
LAMPIRAN.....	55

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1	Pergerakan lempeng tektonik	11
Gambar 2. 2	Normal Fault	12
Gambar 2. 3	Thrust Fault	12
Gambar 2. 4	Strike Slip Fault.....	13
Gambar 2. 5	Oblique Slip Fault (Patahan Miring/mencong)	13
Gambar 2. 6	Titik Hiposenter	14
Gambar 2. 7	Skala Intensitas Gempabumi	15
Gambar 2. 8	Gelombang P	16
Gambar 2. 9	Gelombang S	17
Gambar 2. 10	Gelombang Love	17
Gambar 2. 11	Gelombang Rayleigh.....	18
Gambar 4. 1	Peta Seismisitas Provinsi Jawa Barat	32
Gambar 4. 2	Distribusi Magnitudo Berdasarkan Frekuensi Kejadian Gempabumi Wilayah 1	33
Gambar 4. 3	Distribusi Magnitudo Berdasarkan Kedalaman Gempabumi Wilayah 1	34
Gambar 4. 4	Distribusi Normal Gempabumi Wilayah 1	35
Gambar 4. 5	Distribusi Magnitudo Berdasarkan Frekuensi Kejadian Gempabumi Wilayah 2.....	36
Gambar 4. 6	Distribusi Magnitudo Berdasarkan Kedalaman Gempabumi Wilayah 2.....	36
Gambar 4. 7	Distribusi Normal Gempabumi Wilayah 2	37
Gambar 4. 8	Peta Periode Ulang Gempabumi $M \geq 4$ SR.....	44

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1	Tabel Pengambilan Data	28
Tabel 3. 2	Tabel Konversi Magnitudo Gempabumi	29
Tabel 4. 1	Pembagian Wilayah Penelitian	33
Tabel 4. 2	Hasil perhitungan nilai b seluruh wilayah penelitian.....	38
Tabel 4. 3	Hasil perhitungan nilai b seluruh wilayah penelitian.....	39
Tabel 4. 4	Perhitungan parameter seismik dan indeks seismisitas $M \geq 4$ SR.....	40
Tabel 4. 5	Nilai probabilitas terjadinya gempabumi magnitudo ≥ 4 SR.....	41
Tabel 4. 6	Nilai probabilitas terjadinya gempabumi magnitudo ≥ 5 SR.....	42
Tabel 4. 7	Nilai probabilitas terjadinya gempabumi magnitudo ≥ 4 SR.....	43
Tabel 4. 8	Nilai probabilitas terjadinya gempabumi magnitudo ≥ 5 SR.....	43
Tabel 4. 9	Nilai periode ulang gempabumi wilayah 1	45
Tabel 4. 10	Nilai periode ulang gempabumi wilayah 2	47

ABSTRAK

Rini, Jihan Setyo. 2023. **Analisis Probabilitas dan Periode Ulang Gempabumi di Provinsi Jawa Barat Menggunakan Metode Maksimum Likelihood**. Skripsi. Program Studi Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Pembimbing: (I) Drs. Abdul Basid, M.Si (II) Umayyatus Syarifah, M.Si

Kata Kunci: Probabilitas, Periode ulang gempabumi, *Maksimum Likelihood*

Geologi Jawa Barat pada prinsipnya dipengaruhi oleh tumbukan lempeng Indo-Australia yang mendukung lempeng Eurasia di bawahnya. Peta wilayah lembaran Jawa menunjukkan banyak sesar aktif yang dapat mengakibatkan gempabumi yang merusak di daratan Jawa Barat. Sesar Baribis dan Sesar Cimandiri-Lembang merupakan sesar yang aktif. Informasi mengenai hasil dari probabilitas dan periode ulang ini sangat penting bagi penduduk yang tinggal di wilayah rawan gempa seperti Provinsi Jawa Barat untuk memantau hasil dari kegiatan seismik dapat dimanfaatkan dengan baik untuk mengurangi dampak gempabumi tersebut. Pada penelitian ini dilakukan analisis probabilitas dan periode ulang gempabumi menggunakan metode maksimum likelihood dengan membagi wilayah penelitian menjadi 2 wilayah. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa wilayah 1 merupakan wilayah yang memiliki risiko terjadi gempa lebih tinggi dibandingkan dengan wilayah 2.

ABSTRACT

Rini, Jihan Setyo. 2023. **Analysis of Earthquake Probability and Return Period in West Java Province Using the Maximum Likelihood**. Thesis. Physics Department, Faculty of Science and Technology, Maulana Malik Ibrahim State Islamic University, Malang. Advisor: (I) Drs.Abdul Basid, M.Si (II) Umaiatus Syarifah, M.A

Keywords: Probability, Earthquake return period, *Maximum Likelihood*

The geology of West Java is principally influenced by the collision of the Indo-Australian plate which supports the Eurasian plate beneath it. The map of the Java sheet area shows many active faults that can cause damaging earthquakes on the West Java mainland. The Baribis Fault and Cimandiri-Lembang Fault are active faults. Information regarding the results of the probability and return period is very important for residents living in earthquake-prone areas such as West Java Province to monitor the results of seismic activities and can be utilized properly to reduce the impact of the earthquake. In this study, an analysis of the probability and return period of earthquakes was carried out using maximum likelihood method by dividing the research area into 2 areas. The results obtained show that region 1 is an area that has a higher risk of earthquakes compared to region 2.

مستخلص البحث

ريني ، جيهان ستيو. ٢٠٢٣. تحليل الاحتمالية وفترة تكرار الزلازل في مقاطعة جاوى الغربية باستخدام طريقة الامكان الأعظم. البحث الجامعي. قسم الفيزياء، كلية العلوم والتكنولوجيا بجامعة مولانا مالك إبراهيم الإسلامية الحكومية مالانج. المشرف الأول: عبد الباسط، الماجستير. المشرف الثاني: أمية الشريفة، الماجستير.

الكلمات الرئيسية: احتمالية، فترة تكرار الزلازل، امكان أعظم.

تتأثر جيولوجيا جاوى الغربية بشكل أساسي بتصادم الصفيحة الهندية الأسترالية التي تدعم الصفيحة الأوراسية أدناه. تظهر خريطة منطقة ورقة جاوى عدة الصدعات النشطة التي يمكن أن تؤدي إلى زلازل مدمرة في بر جاوى الغربية. صدع باربييس وصدع سيمانديري ليمبانغ هي صدعات نشطة. المعلومات حول نتائج هذه الاحتمالية وفترة التكرار مهمة جدا للسكان الذين يعيشون في المناطق المعرضة للزلازل مثل مقاطعة جاوى الغربية لرصد نتائج الأنشطة الزلزالية يمكن استخدامها بشكل جيد للحد من تأثير هذه الزلازل. في هذا البحث، تم إجراء تحليل احتمالية وفترة تكرار الزلازل باستخدام طريقة الامكان الأعظم من خلال تقسيم منطقة البحث إلى منطقتين. أظهرت النتائج التي تم الحصول عليها أن المنطقة الأولى هي منطقة أكثر عرضة للزلازل من المنطقة الثانية.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Menurut geografi, lempeng tektonik Benua Eurasia, Pasifik, dan Indo-Australia berada mengintari negara Indonesia. Lempeng Benua Eurasia bergerak ke barat, lempeng Pasifik bergerak ke barat dan juga lempeng mikro yaitu lempeng Filipina, sedangkan lempeng Benua Indo-Australia bergerak ke arah timur. Indonesia menjadi satu-satunya negara yang memiliki kerawanan terhadap gempa bumi, karena disebabkan oleh adanya lempeng-lempeng yang bergerak satu sama lain (Kusumawati, 2020; Pasau, G., & Tanauma, 2011).

Pulau Jawa, Sumatra, Sulawesi, dan Nusa Tenggara terletak pada sabuk vulkanik bagian timur dan selatan Indonesia. Sabuk ini ditandai dengan puncak dataran rendah dan gunung api yang sebagian besar didominasi dengan rawa-rawa. Kondisi menjadi rentan terjadi bencana alam, seperti gunung meletus, gempa bumi, banjir, tsunami maupun tanah longsor. Dibandingkan dengan negara-negara lain, tingkat kerentanan gempa bumi di Indonesia sangat tinggi (Naryanto, H. S., 2005). Berdasarkan data menunjukkan bahwa Indonesia menjadi negara satu-satunya di dunia dengan tingkat kegempaan enam kali lebih tinggi dibandingkan dengan Amerika Serikat (Afryan, 2017).

Salah satu bencananya yaitu gempa bumi. Gempa bumi itu adalah getaran yang terjadi di permukaan bumi akibat dari pergeseran batuan di dalam kerak bumi. Besaran gempa bervariasi dari yang sangat sulit dirasakan karena kecilnya magnitudo hingga getaran yang sangat kuat sehingga bisa meruntuhkan bangunan yang kokoh dan juga dapat menyebabkan tsunami maupun memakan korban jiwa.

Diantara banyaknya ayat yang ada di al-Quran, terdapat tujuh ratus lima puluh ayat dengan isi kandungannya memberi penjelasan mengenai terbentuknya alam dan juga isinya (Ghulsyani, 1993), peristiwa mengalirnya gunung-gunung dan masih banyak fenomena alam lainnya, yang familiar disebut ayat kauniyah sehingga manusia mengkaji ayat ini secara mendalam, untuk mengungkapkan rahasia kehebatan ciptaan Allah SWT di dalam alam semesta dan untuk memperkuat keimanan manusia. Allah berfirman dalam Q.S Abasa (80): 26,

ثُمَّ شَقَقْنَا الْأَرْضَ شَقًّا

Artinya : “Kemudian kami belah bumi dengan sebaik-baiknya.” (Q.S. Abasa (80): 26).

Q.S. Abasa (80): 26 merupakan salah satu ayat yang menjelaskan tentang teori keadaan bumi, dengan uraian yang sangat luas. Teori yang relevan dengan ayat ini adalah teori ”Pangea” yang mana sekitar dua ratus lima puluh juta tahun yang lalu di semua benua yang ada di bumi ini satu dan akhirnya terpecah menjadi kepingan-kepingan pulau dan menjadi benua, kemudian menyebar ke seluruh permukaan bumi saat ini (Muhlis, 2019).

Gempabumi yang tercatat dalam sejarah sebagai bencana yang sudah ada selama manusia hidup. Ada lima ayat dalam al-Quran yang secara eksplisit menceritakan dan menjelaskan gempabumi yang terjadi di masa lalu, diantaranya surat al-Ankabut (29):37; al-A’raf (7):78; al-Zalزالah (99):1; al-Waqiah (56):4; dan al-Mulk (67):16. Allah SWT berfirman dalam Q.S. al-Ankabut (29): 37,

فَكَذَّبُوهُ فَأَخَذَتْهُمُ الرَّجْفَةُ فَأَصْبَحُوا فِي دَارِهِمْ جُثَمِينَ

Artinya : “Mereka mendustakannya. Maka, gempa dasyat menimpa mereka dan jadilah mereka (mayat-mayat) yang bergelimpangan di tempat tinggalnya.” (Q.S. al-Ankabut (29): 37).

Terjadinya gempa bumi pada masa lalu merupakan suatu bentuk kebesaran Allah Swt yang mana pada saat itu gempa bumi terjadi karena balasan Allah SWT kepada hamba-Nya yang kurang beriman kepada-Nya, karena semakin berkembangnya zaman dan teknologi manusia mulai meneliti penyebab adanya gempa bumi. Sehingga saat ini bisa mengetahui dan menganalisis adanya gempa bumi yang terjadi dan yang akan terjadi kedepannya (Abha, 2013).

Wilayah Provinsi Jawa Barat termasuk salah satu wilayah yang memiliki risiko tinggi terhadap gempa bumi. Menurut data dari BMKG, selama bulan Januari 2023 terdapat 141 kejadian gempa bumi di wilayah tersebut dan kebanyakan dari gempa-gempa ini terjadi di darat dengan kedalaman dangkal, menunjukkan aktivitas sesar lokal yang aktif. Selain itu, tercatat bahwa salah satu gempa terjadi di daerah Pangandaran dengan magnitudo 4,9. Gempa ini memiliki episenter pada koordinat 8.14 LS dan 107.89 BT dengan kedalaman 29 km. Dengan mempertimbangkan lokasi episenter dan kedalaman hiposenternya, dapat disimpulkan bahwa gempa tersebut adalah gempa dangkal (BMKG, 2023).

Geologi Jawa Barat pada prinsipnya dipengaruhi oleh tumbukan lempeng Indo-Australia yang mendukung lempeng Eurasia di bawahnya. Dampak dari tumbukan lempeng ini menciptakan fitur-fitur tektonik utama di wilayah Jawa Barat, seperti palung, busur luar yang tidak berhubungan dengan letusan gunung berapi, cekungan di depan busur zona magmatik, cekungan di belakang busur, dan juga dataran Sunda.

Bagian barat Pulau Jawa yang juga termasuk dari zona VII pada Peta Daerah Rawan Gempa Indonesia (PVMBG, 2006). Peta wilayah lembaran Jawa menunjukkan banyak sesar aktif yang dapat mengakibatkan gempa bumi yang

merusak di daratan Jawa Barat. Sesar Baribis dan Sesar Cimandiri-Lembang merupakan dua sesar aktif yang terkenal. Padahal, tsunami yang menerjang Pantai Pangandaran dan sebagian pesisir Jawa Tengah disebabkan oleh gempa bumi yang melanda lautan di pesisir selatan Jawa Barat pada 17 Juli 2006. Kondisi ini menunjukkan bahwa gaya tektonik yang mulai terjadi pada era modern (*neotectonics*) masih ada di wilayah laut.

Beberapa faktor lain yang juga menyebabkan tingginya korban jiwa pada bencana alam gempa bumi adalah kurangnya kesadaran dan kesiapsiagaan masyarakat dalam mengantisipasi bencana alam gempa bumi. Gempa bumi juga merupakan bencana yang tidak dapat diprediksi kapan terjadinya oleh manusia maupun alat. Meski demikian berdasarkan geologis sebagian besar wilayah Indonesia tidak kebal terhadap gempa tektonik. Namun melalui data seismik masa lalu, lokasi-lokasi rawan bencana gempa bumi dapat diidentifikasi. Gempa bumi secara teori dapat diprediksi, akan tetapi sejumlah peneliti kebingungan dengan beberapa faktor, diantaranya keterbatasan kondisi dalam pengamatan, khususnya perihal peralatan, dan aktivitas dari seismik non-periodik, ketidakpastian proses seismik, dan cakupan yang luas (Hartini, 2009).

Untuk dapat memprediksi terjadinya gempa bumi di suatu daerah, perlu diketahui probabilitas dan periode terjadinya gempa. Untuk mencari probabilitas dan periode ulang gempa bumi dengan mengetahui parameter aktivitas seismik, dimana a mewakili dari keadaan seismik dan b mewakili dari keadaan tektonik. Salah satu metode yang diterapkan untuk mengestimasi parameter aktivitas seismik adalah dengan menggunakan pendekatan likelihood (Budiman, 2011).

Metode yang dapat digunakan untuk mengestimasi parameter aktivitas seismik adalah dengan metode Maksimum Likelihood. Adapun keunggulannya adalah ketika menghitung nilai parameter aktivitas seismik secara statistik, tingkat magnitudonya dapat disesuaikan untuk menghindari kesenjangan intensitas dalam interval kemiringan tertentu (Lumintang, dkk, 2015).

Informasi mengenai hasil dari probabilitas dan periode ulang ini sangat penting bagi penduduk yang tinggal di wilayah rawan gempa seperti Provinsi Jawa Barat untuk memantau hasil dari kegiatan seismik dapat dimanfaatkan dengan baik untuk mengurangi dampak gempabumi tersebut.

Kerugian yang disebabkan oleh bencana gempabumi sangat besar bagi masyarakat. Kurangnya kesiapan dari masyarakat menyebabkan rusaknya bangunan, hilangnya harta benda bahkan nyawa pun melayang. Manusia tidak bisa mencegah terjadinya bencana alam, akan tetapi diharapkan mampu untuk mengurangi seluruh kerugian yang disebabkan bencana gempabumi.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah pada penelitian ini sebagai berikut :

1. Bagaimana probabilitas gempabumi di Provinsi Jawa Barat?
2. Bagaimana periode ulang gempabumi di Provinsi Jawa Barat?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini sebagai berikut :

1. Untuk mengetahui probabilitas gempabumi di Provinsi Jawa Barat.
2. Untuk mengetahui periode ulang gempabumi di Provinsi Jawa Barat.

1.4 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Data gempabumi dalam penelitian menggunakan data sekunder dari situs Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) (<https://repogempa.bmkg.go.id/eventcatalog>) dan data dari situs online (<https://usgs.gov/>) dengan magnitudo minimum 4 Skala Richter dengan titik koordinat $106^{\circ} 74'$ - $108^{\circ} 76'$ BT dan $5^{\circ} 85'$ - $8^{\circ} 13'$ LS. Sumber data penelitian ini menggunakan data dari Januari 1953 - Agustus 2023.
2. Dalam penelitian ini parameter terukurnya adalah periode ulang dengan magnitudo lebih besar dari 4 SR, indeks seismisitas, probabilitas kejadian gempabumi pada kurun waktu 10 tahun, 30 tahun, 50 tahun, 70 tahun dan 100 tahun, serta pergerakan dari lempeng (*a-value*) dan parameter tektonik (*b-value*).

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini sebagai berikut :

1. Akademik
 - a. Memberi pengetahuan tentang metode untuk mengetahui probabilitas dan periode ulang gempabumi dan pengolahan data.
 - b. Memberikan pemahaman lebih mengenai metode likelihood.
 - c. Memperbanyak referensi tentang penelitian probabilitas dan periode ulang gempabumi di Provinsi Jawa Barat.
2. Masyarakat

Untuk mengetahui lebih lanjut mengenai probabilitas dan periode ulang gempabumi di Provinsi Jawa Barat, sebagai upaya mitigasi. Informasi mengenai

hasil dari periode ulang ini sangat penting bagi masyarakat yang tinggal di kawasan rentan bencana gempa bumi di provinsi Jawa Barat, sehingga ilustrasi studi mengenai peristiwa gempa bumi ini harus digunakan secara bijaksana untuk meminimalisir dampak dari bencana gempa bumi.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Lokasi, Fisiografi dan Morfologi

Jawa Barat merupakan provinsi di Indonesia yang terletak di bagian barat pulau Jawa. Batas provinsi ini adalah di bagian utara berbatasan dengan laut Jawa, di bagian timur dengan provinsi Jawa Tengah, di bagian selatan dengan Samudra Hindia, dan di bagian barat dengan provinsi Banten dan DKI Jakarta. Letak geografis Jawa Barat pada koordinat $106^{\circ} 74'$ - $108^{\circ} 76'$ BT dan $5^{\circ} 85'$ - $8^{\circ} 13'$ LS.

Fisiografi provinsi Jawa Barat mencakup beragam elemen mulai dari formasi batuan beku yang keras seperti lava dan intrusi hingga endapan lempung dan tufa yang sangat lunak. Karena perbedaan ini menyebabkan tanah di wilayah ini memiliki tekstur yang sangat beragam, sehingga topografi dari provinsi Jawa Barat ini sangat kasar. Lembah-lembah yang terbentuk dalam batuan yang lebih lunak sering kali memiliki kedalaman yang signifikan karena proses erosi. Dampak dari topografi seperti ini adalah ketersediaan lahan yang terbatas untuk pertanian, dan usaha pertanian dalam skala besar sulit untuk dikembangkan. Selain itu, pembangunan infrastruktur seperti jalan atau pemukiman penduduk juga terpengaruh oleh kondisi topografi yang rumit di Provinsi Jawa Barat.

Morfologi dari Provinsi Jawa Barat memiliki beragam morfologi yang meliputi dataran rendah, pegunungan, dan daerah vulkanik. Di bagian utara, terdapat dataran rendah pantai yang didukung oleh sedimen sungai dan endapan aluvial. Di bagian tengah, terdapat deretan pegunungan dengan puncak-puncak tinggi seperti Gunung Ciremai yang merupakan gunung tertinggi yang ada di Provinsi Jawa Barat ini terletak diantara Kabupaten Kuningan dan Kabupaten

Majalengka. Adapun sungai yang ada di wilayah Jawa Barat ini bermuara di laut Jawa adalah sungai citarum dan sungai cimanuk (wikipedia, 2023).

2.2 Gempabumi

Gempabumi adalah guncangan atau getaran yang dihasilkan oleh aktivitas tektonik. Gerakan dinamis lempeng-lempeng tektonik di seluruh dunia saling berinteraksi, yang menyebabkan terjadinya gempa tektonik. Dibuat jejaring seismograf lokal dan global untuk menyelidiki seismisitas keaktifan tektonik tersebut (Gunawan, 2012).

Indonesia adalah salah satu negara dengan resiko terjadinya bencana terbesar di dunia karena lokasinya di antara dua lempeng daratan dan dua lempeng samudera. Bencana tersebut termasuk gempabumi. Secara umum, gempabumi didefinisikan sebagai goncangan dan gerakan dari bumi yang semula diam menjadi bumi bergeser dan berputar. Ini menunjukkan bahwa gempabumi disebabkan oleh sebab-sebab alamiyah. Gempabumi dapat terjadi karena kehendak Allah, yang dapat menyebabkan bencana. Allah berfirman dalam Q.S. an-Nahl (16): 15,

وَأَلْقَى فِي الْأَرْضِ رَوْسِي أَنْ تَمِيدَ بِكُمْ وَأَهْرَاءَ وَسُبُلًا لَّعَلَّكُمْ تَهْتَدُونَ

Artinya : Dan Dia menancapkan gunung-gunung di bumi supaya bumi itu tidak goncang bersama kamu, (dan Dia menciptakan) sungai-sungai dan jalan-jalan agar kamu mendapat petunjuk Q.S. an-Nahl (16):15.

Dalam Tafsir Ilmi Kemenag menjelaskan menerangkan bahwa Allah menciptakan gunung-gunung di permukaan bumi di sepanjang pertemuan antarlempeng benua agar manusia dan makhluk lain di permukaan bumi tidak terguncang karena getaran gempa akibat pergeseran lempeng bumi. Tumpukan material yang terangkat dan membentuk pegunungan tersebut tersusun sepanjang

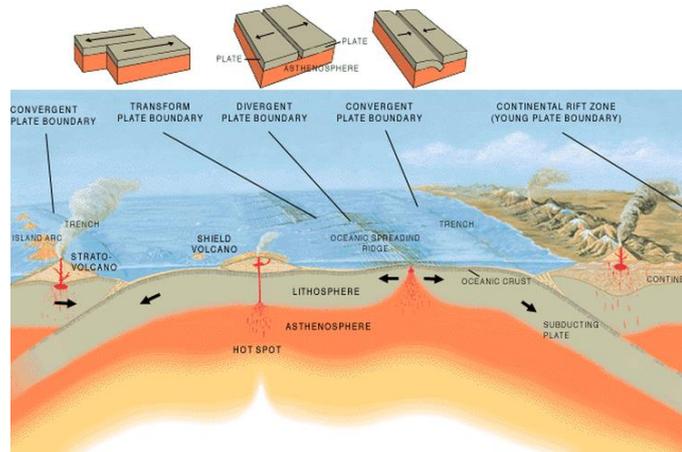
batas antarlempeng. Pergeseran lempeng menyebabkan getaran pada lempeng yang dirasakan sebagai gempa.

Allah menjadikan di muka bumi gunung-gunung yang kokoh yang menjaga bumi agar tidak goncang. Dijadikan pula sungai-sungai yang dialiri air yang dapat digunakan untuk minum dan menyirami tanaman. Di bumi itu pula Allah menjadikan jalan-jalan terhampar agar kalian dapat melaluinya untuk mencapai tujuan. Tetapi terkadang ulah dari manusia sendiri yang menyebabkan terjadinya bencana sehingga banyak orang akan mati karena gempabumi. Ini dapat menunjukkan bahwa warga masih minim pengetahuan tentang gempabumi. Warga sangat butuh pengetahuan untuk mengetahui apa yang menyebabkan bencana alam dan bagaimana cara penanggulangannya dengan mengetahui probabilitas dan periode ulang gempabumi (Shihab, 2023).

Gempabumi dikategorikan dalam beberapa jenis seperti gempabumi tektonik, gempabumi vulkanik, gempabumi buatan, dan gempabumi tumbukan. Gempabumi tektonik adalah peristiwa di mana lapisan batuan kerak bumi patah karena pelepasan energi di dalam bumi. Pergerakan lempeng tektonik menghasilkan akumulasi energi yang menyebabkan gempabumi. Energi tersebut akan merambat dalam semua arah, sehingga dampaknya terasa di seluruh permukaan bumi.

Gempa tektonik terjadi ketika energi dilepaskan oleh patahan di kerak bumi dan menjalar berupa gelombang seismik. Ini adalah gelombang yang akan merambat ke semua arah sehingga seismograf dapat mencatat di stasiunnya. Gempabumi tektonik ini berlangsung di wilayah pertemuan lempeng tektonik, di

daerah pemekaran lempeng tektonik, dan juga daerah sesar aktif atau patahan (Hamilton W., 1973).



Gambar 2. 1 Pergerakan Lempeng Tektonik

Adapun tiga jenis pergerakan lempeng tektonik seperti yang ada pada gambar 2.1:

a. Saling Menjauhi (*Divergent*)

Batas divergen terjadi saat dua lempeng tektonik bergerak menjauh satu sama lain. Proses ini melibatkan pembentukan batuan baru ketika magma panas naik dan mengalir melalui celah antara kedua lempeng tersebut. Akibatnya, punggung samudera, punggung tengah samudra, dan zona retakan akan terbentuk selama proses ini berlangsung.

b. Saling Mendekati dan Bertubrukan (*Convergent*)

Batas konvergen terjadi dalam kondisi ketika dua lempeng mendekati satu sama lain, salah satunya akan mengalami penekanan dan masuk ke dalam lempeng yang lain, menciptakan zona subduksi dan zona obduksi.

c. Saling Berpapasan (*Transform*)

Sesar ubahan bentuk, atau sesar transformasi (*transform fault*), terjadi

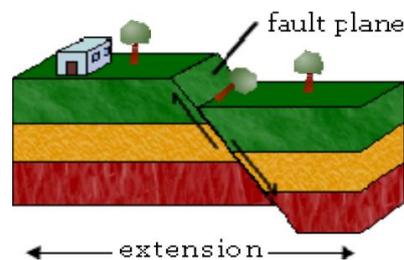
ketika dua lempeng tektonik bergerak sejajar tetapi tidak bersentuhan satu sama lain menjauh atau saling menumpu. Jika kedua lempeng bergerak menjauh atau saling bersinggungan, akibat dari dua lempeng bertemu pada suatu sesar.

Mekanisme gempa bumi sangat terkait dengan patahan, selain karena pergerakan lempeng tektonik. Yang secara umum, pada gambar 2.2 hingga 2.5 :

a. Dip Slip Fault atau patahan miring, dibagi menjadi dua jenis :

- *Normal Fault (Patahan Turun)*

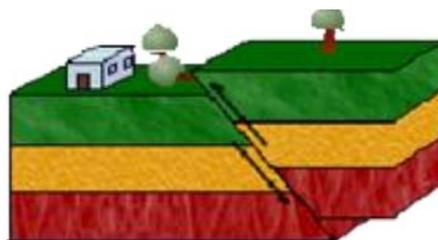
Jenis patahan yang terjadi ketika sebuah blok batuan bergerak turun relatif untuk blok lainnya dalam respons terhadap gaya gravitasi bumi, biasanya memiliki sudut α lebih dari 45° dan kurang dari 90° .



Gambar 2. 2 Normal Fault

- *Thrust Fault (Patahan Naik)*

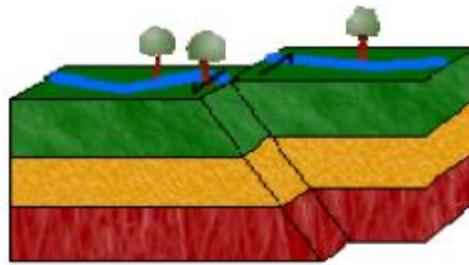
Jenis patahan yang terjadi ketika salah satu blok batuan di atas patahan bergerak naik relatif terhadap blok batuan yang lain, α lebih dari 0° dan kurang dari 45° .



Gambar 2. 3 Thrust Fault

b. Strike Slip (Patahan samping)

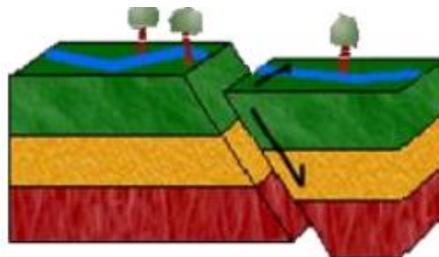
Jenis patahan dalam geologi yang terjadi ketika dua blok batuan bergerak horizontal berlawanan arah sepanjang garis patahan biasanya sudutnya α mendekati 90° .



Gambar 2. 4 Strike Slip Fault

c. Oblique Slip Fault (Patahan kombinasi)

Jenis patahan dalam geologi yang terjadi ketika batuan di sepanjang patahan tersebut bergeser miring ke arah vertikal dan horizontal secara bersamaan.



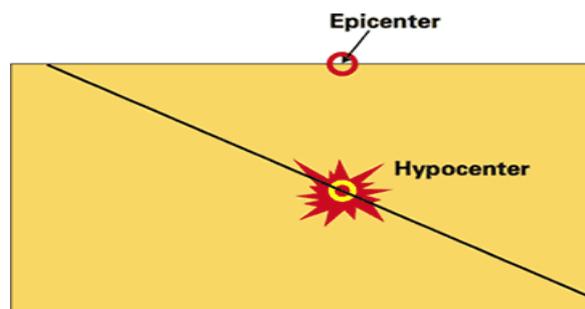
Gambar 2. 5 Oblique Slip Fault (Patahan Miring/mencong)

Parameter gempabumi adalah parameter yang mengukur intensitas atau kekuatan gempabumi dan diestimasi dengan menggunakan data yang tercatat oleh seismograf atau perangkat pencatat gempabumi. Lokasi (lintang dan bujur), waktu kejadian, magnitudo, kedalaman hiposenter, dan intensitas gempabumi merupakan parameter gempabumi (Deni Bulu et al, 2020) :

- a. Waktu kejadian gempabumi adalah jumlah waktu di mana tegangan yang terkumpul membentuk gelombang gempabumi. Dalam satuan waktu Universal Time Coordinate (UTC), unit yang digunakan untuk

menunjukkan waktu ini adalah hari, tahun, bulan, tanggal, jam, menit, detik. Tergantung pada kekuatan tektonik setempat, yang mempunyai kedalaman berbeda-beda.

- b. Episentris adalah suatu titik yang ada di permukaan bumi, terbentuk ketika garis tegak lurus dengan hiposentris. Gempabumi terbesar dirasakan di wilayah yang paling dekat dengan pusat gempa, yaitu tegak lurus hiposentris.
- c. Hiposentris adalah tempat gempabumi terjadi, atau di mana gempabumi disebabkan oleh pergeseran kerak bumi atau pergeseran lapisan batuan. Rekayasa hiposentris bisa diperhatikan pada gambar 2.6.



Gambar 2. 6 Titik Hiposentris

- d. Magnitudo adalah ukuran dari besar kekuatan dari gempabumi yang digunakan untuk menunjukkan besarnya energi yang terlepas pada saat gempabumi terjadi dan hasil pengamatan seismograph. Beberapa jenis Magnitudo yaitu Magnitudo Lokal (ML), Body-Wave Magnitudo (Mb), Surface-Wave Magnitudo (Ms), Magnitudo Moment (Mw), dan Magnitudo Durasi (Md).
- e. Intensitas adalah untuk mengetahui dampak gempabumi terhadap manusia dapat diamati secara langsung untuk mengetahui besarnya gempa. Skala intensitas gempabumi Mercally yang dikenal sebagai MMI (Modified

Mercally Intensity) adalah skala kualitatif yang sangat subjektif dan tergantung di lokasi gempa. Skala intensitas gempabumi terbaru ditetapkan oleh BMKG (Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika) dengan melihat wilayah dari Indonesia, seperti pada tabel 2.7.

Skala SIG BMKG	Warna	Deskripsi Sederhana	Deskripsi Rinci	Skala MMI	PGA (gal)
I	Putih	TIDAK DIRASAKAN (Not Felt)	Tidak dirasakan atau dirasakan hanya oleh beberapa orang tetapi terekam oleh alat.	I-II	< 2.9
II	Hijau	DIRASAKAN (Felt)	Dirasakan oleh orang banyak tetapi tidak menimbulkan kerusakan. Benda-benda ringan yang digantung bergoyang dan jendela kaca bergetar.	III-V	2.9-88
III	Kuning	KERUSAKAN RINGAN (Slight Damage)	Bagian non struktur bangunan mengalami kerusakan ringan, seperti retak rambut pada dinding, atap bergeser ke bawah dan sebagian berjatuhan.	VI	89-167
IV	Jingga	KERUSAKAN SEDANG (Moderate Damage)	Banyak Retakan terjadi pada dinding bangunan sederhana, sebagian roboh, kaca pecah. Sebagian plester dinding lepas. Hampir sebagian besar atap bergeser ke bawah atau jatuh. Struktur bangunan mengalami kerusakan ringan sampai sedang.	VII-VIII	168-564
V	Merah	KERUSAKAN BERAT (Heavy Damage)	Sebagian besar dinding bangunan permanen roboh. Struktur bangunan mengalami kerusakan berat. Rel kereta api melengkung.	IX-XII	> 564

Gambar 2. 7 Skala Intensitas Gempabumi

Gempabumi berdasarkan kedalamannya dibagi menjadi tiga menurut (Handayani, dkk, 2012) sebagai berikut :

1. Gempabumi dangkal (Kedalaman 0-60 km)

Gempabumi dangkal memiliki potensi untuk menyebabkan kerusakan yang sangat besar. Hal ini disebabkan oleh fakta bahwa titik hiposenternya berada sangat dekat dengan permukaan bumi, yang mengakibatkan getaran gempa yang sangat kuat yang dapat dirasakan di permukaan.

2. Gempabumi menengah (kedalaman 60-300 km)

Pada umumnya gempa ini dapat menimbulkan kerusakan yang ringan dan juga getarannya lebih terasa ringan. Namun, kita masih bisa mencoba untuk memahami bagaimana gempa-gempa ini terjadi.

3. Gempabumi dalam (>300 km)

Gempabumi yang terjadi pada kedalaman yang sangat dalam ini cukup sering terjadi. Akan tetapi, manusia tidak dapat merasakan getaran tersebut jika terjadi di bawah kedalaman sekitar 300 kilometer. Gempabumi yang sangat dalam ini biasanya disebabkan oleh pergerakan kerak benua.

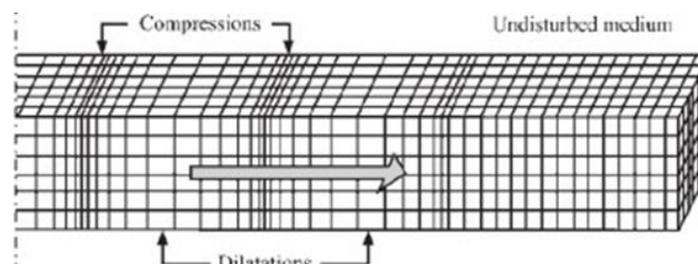
2.3 Gelombang Seismik

Gelombang utama gempabumi adalah gelombang badan (*Body Wave*) dan juga gelombang permukaan (*Surface Wave*). Gelombang seismik adalah gelombang yang merambat melalui seluruh lapisan dalam bumi dan menyeberangi permukaan bumi (Elnashai, 2008).

Gelombang badan dibagi menjadi dua bagian yaitu gelombang P dan gelombang S. Kedua jenis gelombang ini dibentuk berdasarkan dengan arah perambatan dan juga pergerakan partikelnya di dalam medium elastik.

a. Gelombang P (Gelombang Primer)

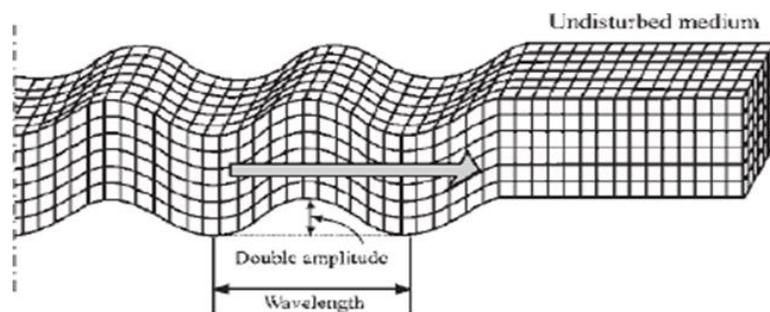
Gelombang P, yang juga disebut sebagai gelombang longitudinal, memiliki kecepatan merambat yang paling tinggi dibandingkan dengan gelombang seismik lainnya. Gelombang P mampu melewati berbagai jenis medium, termasuk bahan padat, cairan, dan gas (Palupi, dkk, 2020).



Gambar 2. 8 Gelombang P

b. Gelombang S (Gelombang Sekunder)

Gelombang sekunder, yang umumnya timbul setelah gelombang primer, hanya dapat merambat melalui medium yang bersifat padat karena gerakan partikelnya tegak lurus terhadap arah penjalaran gelombang tersebut. Oleh karena itu, gelombang sekunder juga disebut sebagai gelombang transversal.

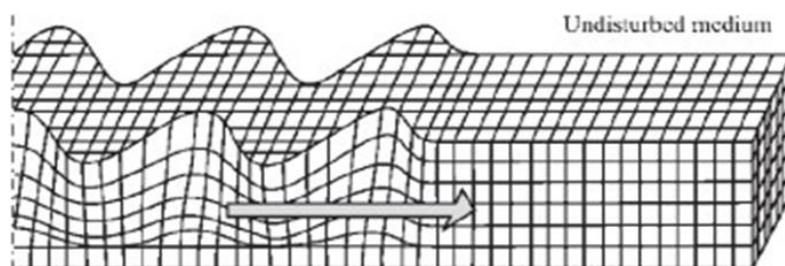


Gambar 2. 9 Gelombang S

Gelombang Permukaan, yang juga dikenal sebagai gelombang love dan gelombang Rayleigh, bergerak sepanjang permukaan bumi dengan kecepatan yang jauh lebih lambat dibandingkan dengan gelombang badan.

a. Gelombang *Love*

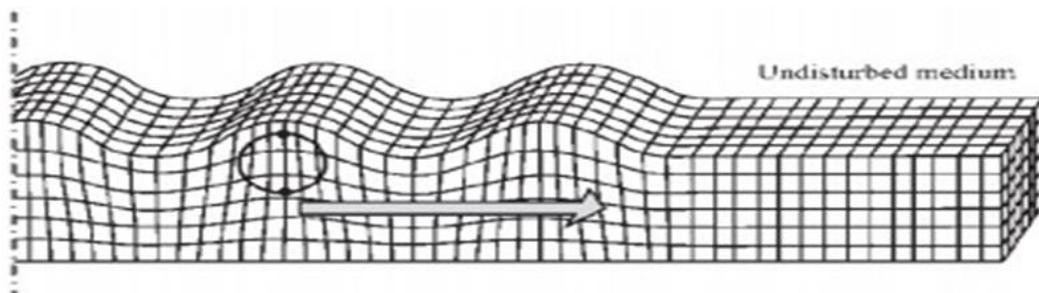
Gerakan partikel yang berjalan sejajar dengan permukaan dan bergerak tegak lurus terhadap arah perambatannya mengacu pada gelombang love. Pada seismogram, gelombang love biasanya memiliki kecepatan yang lebih tinggi dibandingkan dengan gelombang Rayleigh.



Gambar 2. 10 Gelombang Love

b. Gelombang *Rayleigh*

Gerakan partikel pada gelombang *Rayleigh* menyerupai bentuk elips dan disebabkan oleh interaksi antara gelombang datang P dan S yang menjalar sejajar di permukaan yang seragam. Dampaknya adalah tanah bergerak naik dan turun seperti ombak.



Gambar 2. 11 Gelombang *Rayleigh*

2.4 Parameter Keaktifan Gempabumi

Parameter keaktifan gempabumi dibagi menjadi dua yaitu : parameter seismik a dan parameter tektonik b . Nilai a merupakan tingkat keaktifan dari aktivitas seismik di wilayah tertentu. Tingkat kerapuhan batuan juga memengaruhi keaktifan seismik. Menurut (Hariani, 2018) tingkat seismisitas suatu wilayah tergantung pada periode pengamatan, luas wilayah, dan seismisitas.

Nilai a juga menunjukkan tingkat aktivitas seismik di suatu wilayah, dengan nilai yang lebih tinggi menunjukkan tingkat aktivitas seismik yang lebih tinggi, sementara nilai yang lebih rendah menandakan tingkat aktivitas seismik yang lebih rendah di wilayah tersebut (Saltykov, dkk, 2013).

Sedangkan parameter seismik b tergantung pada jenis batuan yang ada, nilai b merupakan properti dari kondisi tektonik di lokasi gempa. Ketika nilai b tinggi, ini menunjukkan bahwa batuan memiliki tingkat kerapuhan yang tinggi dan

ketahanan yang rendah terhadap tekanan. Sebaliknya, ketika nilai b rendah, ini mengindikasikan bahwa batuan memiliki tingkat kerapuhan yang rendah dan ketahanan yang tinggi terhadap tekanan berdasarkan temuan dari penelitian para ahli sebelumnya (Priadi, R., & Arifin, 2017). Menurut beberapa ahli, tipe tektonik suatu daerah, intensitas tegangan, dan struktur material semuanya mempengaruhi nilai b (Rahmawati, 2014).

Ciri-ciri batuan lokal berdampak pada nilai b yang merupakan parameter tektonik wilayah terjadinya gempa. Dengan kata lain, nilai b mewakili proporsi getaran kecil hingga besar. Nilai b dapat dianggap sebagai faktor yang membedakan gempa di wilayah tektonik aktif, karena ini hanya didasarkan pada karakteristik tektonik gempa tersebut dan dalam teori, tidak tergantung pada periode pengamatan waktu.

2.5 Hubungan Frekuensi dan Magnitudo Gempabumi

Pola distribusi dalam katalog gempa menggambarkan hubungan antara frekuensi dan magnitudo gempa. "Seismisitas" adalah istilah yang digunakan untuk menggambarkan karakteristik geografi gempa, terutama dalam hal magnitudo atau energi yang terlibat, serta bagaimana gempa tersebut tersebar baik di atas maupun di dalam bumi. Penggunaan kata "seismisitas" terkait dengan karya klasik Gutenberg Richter (1954) yang membahas topik ini. Sebuah metrik yang digunakan untuk mengukur aktivitas seismik adalah seismisitas. Pola sebaran parameter seismisitas dapat digambarkan untuk menentukan distribusi pola aktivitas gempa atau zona gempa aktif berdasarkan hubungan frekuensi magnitudo (Linda, dkk, 2019).

Formula umum yang sering digunakan untuk tujuan ini didasarkan pada rumus empiris, adalah sebagai berikut (Dewi Wahyuni, dkk, 2020) :

$$\text{Log } N (M) = a - bM \quad (2.1)$$

Dimana,

N : Frekuensi komulatif gempa

M : Magnitudo

a dan b merupakan konstanta

a = tingkat seismisitas dimana besarnya bergantung dengan periode, luas daerah dan juga jumlah gempabumi di daerah pengamatan.

b = parameter seismotektonik suatu daerah dimana terjadi gempabumi dan tergantung dari sifat batuan setempat.

2.6 Indeks Seismisitas

Pada saat ini, seismisitas didefinisikan sebagai sistem data yang dapat memberikan gambaran yang terorganisir atau informasi tentang sifat dan kejadian gempabumi di suatu wilayah selama periode waktu tertentu. Informasi mengenai tingkat seismisitas dalam daerah tertentu dapat disajikan dalam berbagai bentuk seperti persamaan empiris, peta, grafik, atau tabel. Waktu yang diperlukan untuk melakukan analisis juga memiliki dampak yang signifikan (Shohaya J.N, dkk, 2013).

Dengan memahami hubungan antara frekuensi dan magnitudo gempa, kita dapat mengestimasi jumlah rata-rata gempabumi yang memiliki magnitudo lebih besar dari M dalam setiap wilayah penelitian. Kami akan menganggap jumlah

gempabumi dengan magnitudo $M \geq 4.0$ dalam penelitian ini sebagai indikator seismisitas untuk suatu wilayah. Nilai rata-rata a dan a' dapat dihitung dengan membagi total jumlah magnitudo gempa ($n(M)$) dan total akumulasi magnitudo gempa ($N(M)$) selama periode pengamatan T , sehingga kita mendapatkan (Budiman, 2011):

$$N_1(M) = 10^{(\hat{a}'_1 - bM)} \quad (2.2)$$

Dengan,

$$\hat{a}' = \hat{a} - \log(b \ln 10) \quad (2.3)$$

$$\hat{a}'_1 = \hat{a}' - \log T \quad (2.4)$$

Keterangan :

$N_1(M)$ = Indeks Seismisitas

b = Estimasi tingkat kerapuhan batuan

$\hat{a}, \hat{a}', \hat{a}'_1$ = Parameter untuk memperoleh indeks seismisitas

T = Waktu (lamanya pengamatan dalam satuan tahun)

Dari rumus di atas, kita dapat mengestimasi jumlah gempabumi rata-rata yang terjadi setiap tahun dengan melakukan perhitungan $M \geq 4.0$ sebagai berikut :

$$N_1(M \geq 4.0) 10^{\hat{a}'_1 - 4.0b} \quad (2.5)$$

Keterangan :

$N_1(M \geq 4.0)$: Jumlah rata-rata gempa pertahun dengan $M \geq 4.0$ Jadi

$N_1(M \geq 4.0)$ adalah suatu indeks seismisitas dari daerah tertentu.

2.7 Probabilitas dan Periode Ulang

Ada beberapa metode yang bisa digunakan untuk memprediksi kemungkinan terjadinya gempabumi dalam jangka waktu tertentu. Prediksi ini berdasarkan data mengenai gempabumi sebelumnya di suatu wilayah serta asumsi

bahwa aktivitas seismik di masa depan akan mengikuti pola yang sama dengan aktivitas di masa lalu (Jafari, 2010).

Probabilitas gempabumi adalah seberapa besar peluang terjadinya gempabumi pada suatu waktu tertentu. Menentukan nilai risiko gempabumi sangat penting dalam merancang bangunan agar kuat dalam menghadapi gempa. Jika kita mengasumsikan bahwa distribusi interval waktu mengikuti pola eksponensial e^{-NT} , maka peluang terjadinya gempabumi dengan magnitudo lebih besar dari M selama periode T adalah seperti berikut:

$$P(M, T) = (1 - e^{-N_1(M)T}) \quad (2.6)$$

Kita dapat menghitung akumulasi jumlah gempa dengan magnitudo M tertentu setiap tahun dengan mengambil rata-rata tahunan seperti berikut:

$$N_1^{(M)} = N_1^{(M \geq 4, 0)} \cdot 10^{-2b} \quad (2.7)$$

Dengan nilai yang telah ditemukan untuk $N_1^{(M)}$, kita bisa menghitung periode ulang dari gempabumi. Periode ulang adalah kondisi dimana daerah penelitian ini memiliki potensi energi besar yang tersimpan dan diprediksi akan berpeluang terjadi gempa. Selain itu, Periode ulang gempabumi adalah waktu rata-rata antara dua gempabumi dengan magnitudo tertentu pada suatu wilayah. Yang bisa ditentukan dengan menggunakan rumus :

$$\theta = \frac{1}{N_1 M} \quad (2.8)$$

Dimana :

$P(M, T)$ = Probabilitas gempa dengan magnitudo M dan periode T

$N_1^{(M)}$ = Jumlah kumulatif gempa dengan magnitudo tertentu

θ = Periode ulang gempa

2.8 Metode Maksimum Likelihood

RA Fisher (1890–1962) adalah orang pertama yang membuat sejarah metode probabilitas maksimum. Metode Maksimum kemungkinan dapat digunakan untuk menghitung harga parameter a dan b . Fungsi probabilitas dalam kerangka model statistik adalah sebagai berikut: probabilitas bahwa nilai parameter yang digunakan untuk menghasilkan pengamatan adalah sebanding dengan probabilitas bahwa nilai parameter tersebut menghasilkan hasil yang diamati (Prasetyo, dkk, 2019).

Metode maksimum likelihood adalah pendekatan yang berfokus pada pengoptimalan fungsi kemungkinan dan unggul dalam estimasi parameter aktivitas gempa bumi secara statistik. Metode Maximum Likelihood adalah metode yang digunakan untuk memperkirakan parameter dari distribusi probabilitas yang paling mungkin terjadi pada suatu data. Metode ini dapat digunakan untuk analisis probabilitas dan periode ulang gempa bumi dengan mengikuti langkah-langkah yang telah ditentukan. Jika fungsi distribusi probabilitas $f(x, \theta)$ tergantung pada parameter θ , maka fungsi probabilitas yang sesuai dengannya dapat dijelaskan sebagai berikut (Linda, dkk, 2019):

$$P(x, \theta) = f(x_1, \theta), f(x_2, \theta) \dots f(x_n, \theta) \quad (2.9)$$

Estimasi maksimum likelihood untuk θ didefinisikan sebagai nilai dari fungsi probabilitas maksimum $P(x_1, \theta)$ yang sesuai dengan perhitungan yang dilakukan. Proses ini melibatkan turunan dari $\log P(x_1, \theta)$ yang biasanya digunakan untuk mendapatkan nilai maksimum dari θ , yaitu (Linda dkk., 2019) :

$$\frac{\partial \rho}{\partial \theta} = 0 \quad (2.10)$$

Metode ini dapat digunakan untuk mengatasi masalah yang berkaitan dengan korelasi antara magnitudo dan frekuensi gempa bumi. Fungsi distribusi probabilitas M dapat diungkapkan dalam bentuk berikut (Linda dkk., 2019) :

$$f(M, b') = b' e^{-b' [\sum_{i=1}^n M_1 - NM_0]} \quad (2.11)$$

Yang mana $b' = b \ln 10$, sesuai dengan fungsi likelihood dibawah ini :

$$P = (b')^N e^{-b' [\sum_{i=1}^n M_1 - NM_0]} \quad (2.12)$$

Dari keterkaitan ini, diperoleh estimasi maksimum likelihood untuk parameter b yang dapat dirumuskan seperti berikut:

$$b = \frac{\log e}{\bar{M} - M_0} \quad (2.13)$$

Perhitungan nilai magnitudo rata-ratanya dapat dilakukan dengan menggunakan rumus berikut:

$$\bar{M} = \frac{\sum_i^n M_i \cdot n_i}{\sum n} \quad (2.14)$$

Dimana :

\bar{M} = Magnitudo rata-rata data gempa

b = parameter tingkat kerapuhan batuan

M_i = Magnitudo data ke- i

N_i = Jumlah magnitudo data ke- i

N = Banyaknya data gempa

M_0 = Magnitudo minimum data gempa

$$e = 2.71828$$

$$\log = 0.4343$$

Jika kita memiliki probabilitas sebesar 95%, maka Utsu (1965) menentukan bahwa batas atas dan batas bawah untuk nilai parameter b yang diestimasi dengan metode ini adalah sebagai berikut:

$$b = b \left(1 + \frac{1.960}{\sqrt{N}} \right) \text{ dan } b = b \left(1 - \frac{1.960}{\sqrt{N}} \right) \quad (2.15)$$

bersesuaian dengan nilai a yang diperhitungkan dari hubungan frekuensi kumulatif untuk $M \geq M_0$ adalah :

$$\hat{a} = \log N (M \geq M_0) + \log(b \ln 10) + M_0 \cdot b \quad (2.16)$$

Dimana :

\hat{a} = Parameter yang menyatakan tingkat seismisitas suatu daerah

N = Jumlah kumulatif data yang digunakan

M = Magnitudo dari data gempabumi

b = Estimasi tingkat kerapuhan batuan

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dimulai pada bulan Agustus 2023. Penelitian ini berada di wilayah Provinsi Jawa Barat dengan menggunakan data gempa yang terjadi pada periode Januari 1953 hingga Agustus 2023.

3.2 Jenis Penelitian

Data gempabumi sekunder dikumpulkan dari BMKG (<https://repogempa.bmkg.go.id/eventcatalog>) dan data dari situs online USGS (<https://usgs.gov/>) yang mencatat gempa dengan magnitudo minimum 4 SR dan kedalaman antara 0 hingga 40 km. Wilayah penelitian dibatasi oleh koordinat geografis $106^{\circ} 74'$ - $108^{\circ} 76'$ BT dan $5^{\circ} 85'$ - $8^{\circ} 13'$ LS. Data dikumpulkan dari periode Januari 1953 hingga Agustus 2023, mencakup sekitar tujuh puluh tahun terakhir, dengan tingkat kejadian setiap 10 tahun, 30 tahun, 50 tahun, 70 tahun dan 100 tahun.

3.3 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam proses pengolahan data adalah:

1. Laptop
2. Software (Microsoft Word 2019 dan Microsoft Excel 2019)
3. *Software Arc View Ver. 10.8*

Bahan yang digunakan dalam studi ini terdiri dari data sekunder yang berasal dari catatan seismograf yang diperoleh dari Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) (<https://repogempa.bmkg.go.id/eventcatalog>) dan data dari

situs online United States Geological Survey (USGS) (<https://usgs.gov/>) dari Januari 1953 hingga Agustus 2023.

3.4 Pengambilan Data

Data sekunder yang digunakan mencakup catatan seismograf yang berasal dari lembaga USGS dan BMKG. Data ini mencakup informasi terkait zona sesar, termasuk waktu terjadinya gempa, koordinat lintang dan bujur, kedalaman, serta magnitudo gempa (dengan magnitudo lebih dari 4 SR).

Tabel 3. 1 Tabel Pengambilan Data

Date	Origin Time	Lat	Lon	Depth (km)	Mag (SR)	Keterangan

3.5 Pensortiran Data

Data gempabumi disortir berdasarkan kriteria berikut:

- a. Data gempabumi yang dianalisis berasal dari BMKG dan USGS, dengan syarat bahwa magnitudonya minimal mencapai 4 SR dan kedalamannya berkisar antara 0 hingga 40 km.
- b. Area yang menjadi fokus penelitian dibatasi oleh koordinat geografis antara $106^{\circ} 74'$ - $108^{\circ} 76'$ BT dan $5^{\circ} 85'$ - $8^{\circ} 13'$ LS.
- c. Sumber data gempa berlangsung selama kurang lebih tujuh puluh tahun, yaitu dari Januari 1953 hingga Agustus 2023.

3.6 Pengolahan dan Analisis Data

Langkah-langkah yang diikuti dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Data mengenai peristiwa gempa yang mencakup koordinat, magnitudo, dan kedalaman dimasukkan ke dalam program MS Excel.
2. Data tersebut kemudian diplot menggunakan perangkat lunak ArcView Ver. 10.8 dengan mengelompokkan data berdasarkan lokasi episenter, sehingga dapat dianalisis sebaran gempabumi di Provinsi Jawa Barat dari tahun 1953 hingga 2023.
3. Menganalisis penyebaran gempabumi di Provinsi Jawa Barat untuk membagi wilayah penelitian.
4. Konversikan magnitudo gempabumi ke dalam magnitudo momen (M_w)

Tabel 3. 2 Tabel Konversi Magnitudo Gempabumi

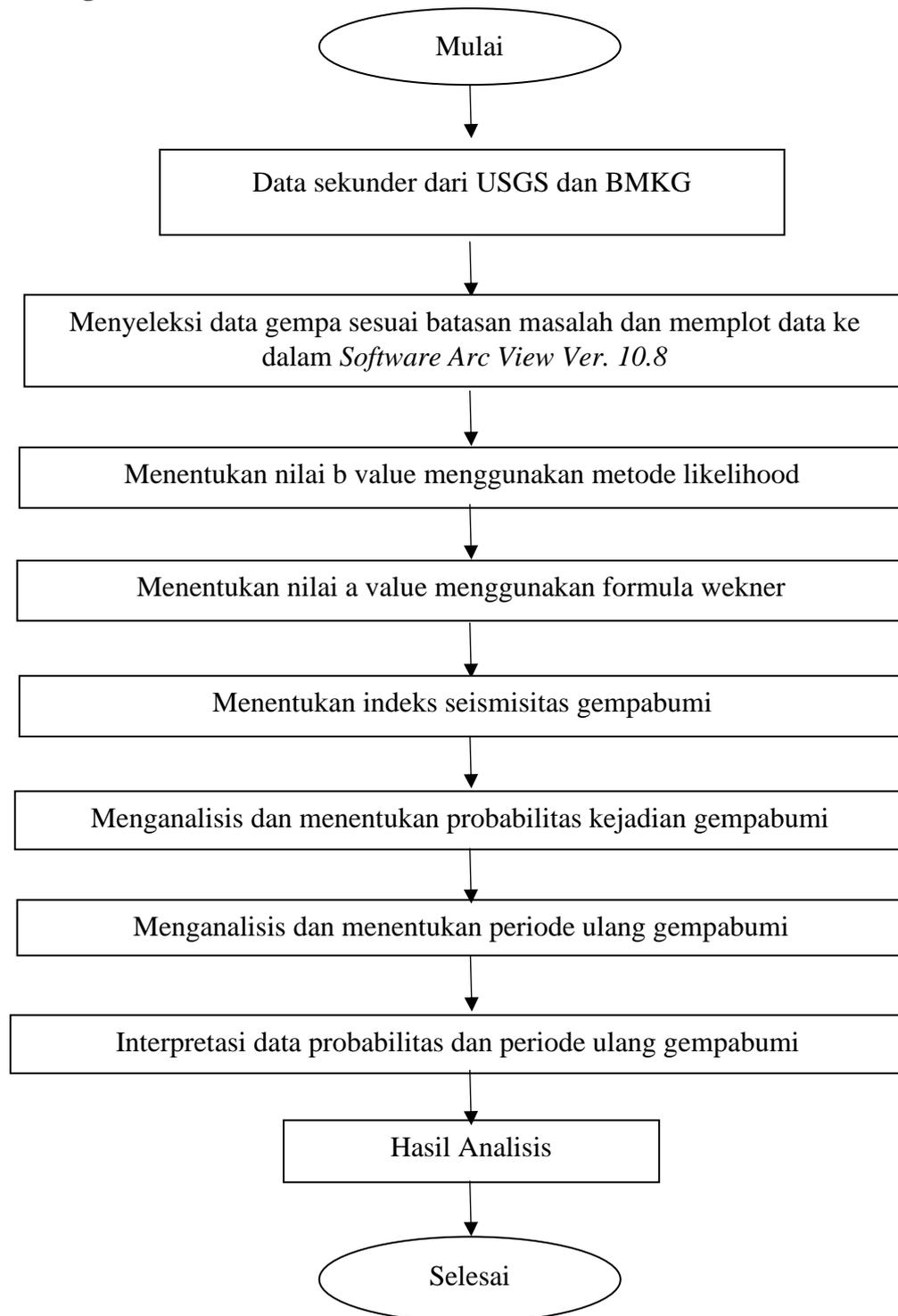
$M_w = 0,143M_s^2 - 1,051 M_s + 7,285$
$MW = 0,114mb^2 - 0,556mb + 5,560$
$M_w = 0,787M_g - 1,537$
$mb = 0,125 M_L^2 - 0,389ML - 3,51$
$M_L = 0,717M_D + 1,003$

5. Membuat kelas interval magnitudo dilakukan untuk mengelompokkan jumlah gempabumi dan mengidentifikasi hubungan antara frekuensi atau jumlah gempabumi.
6. Menghitung nilai a dan b hasil dengan menggunakan metode likelihood di persamaan (2.16) dan (2.14).
7. Menentukan probabilitas dari kejadian gempabumi menggunakan persamaan (2.6) dan periode ulang menggunakan persamaan (2.8).
8. Menganalisis hasil perhitungan probabilitas dari kejadian gempabumi dan periode ulang gempabumi berdasarkan interval magnitudo.

3.7 Interpretasi Data

Interpretasi data terkait probabilitas dan periode ulang gempa bumi terjadinya gempa bumi.

3.7 Diagram Alir

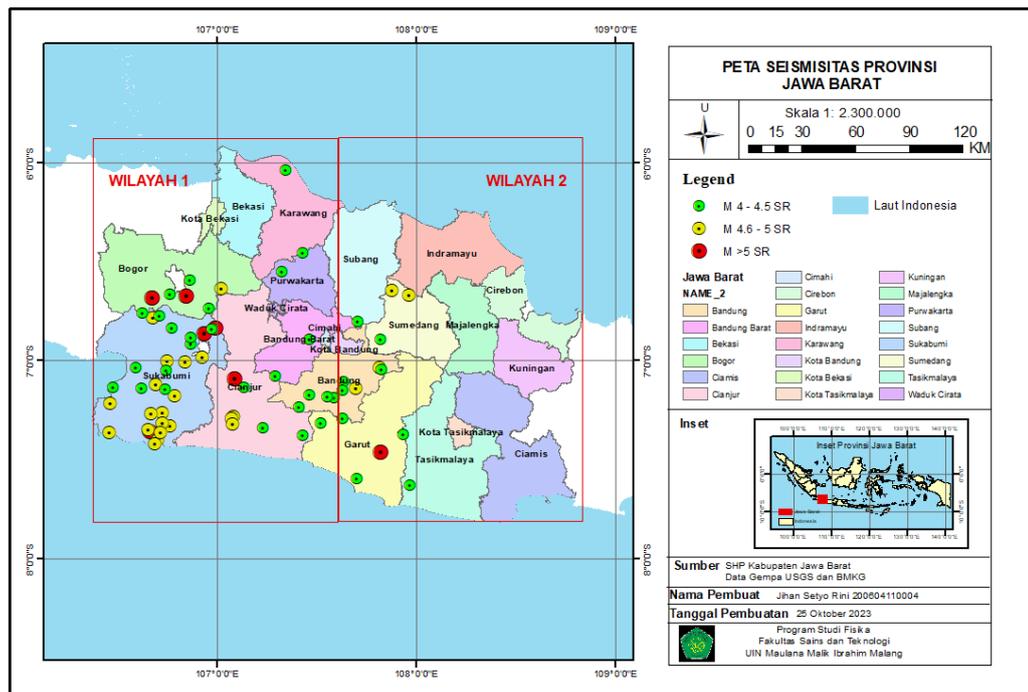


BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pembagian wilayah

Daerah Jawa Barat menjadi zona yang rentan terhadap gempa bumi karena wilayah tersebut terletak di sepanjang jalur cincin api dan dilalui oleh beberapa sesar aktif, termasuk Sesar Cimandiri, Sesar Baribis, dan Sesar Lembang. Menurut data yang dikumpulkan dari situs USGS dan BMKG, tercatat sebanyak 68 kejadian gempa dengan magnitudo $M \geq 4$ SR. Data tersebut kemudian dipetakan menggunakan *software* ArcGIS, menghasilkan peta seismisitas sebagaimana pada gambar 4.1.



Gambar 4. 1 Peta Seismisitas Provinsi Jawa Barat

Pada peta wilayah penelitian, terdapat dua bagian utama yang dapat dibedakan. Wilayah pertama mencakup daerah Bogor, Cianjur, Bekasi, Depok, Sukabumi, dan Purwakarta, dengan total 53 titik episenter. Sementara itu, wilayah kedua mencakup daerah Bandung, Cimahi, Subang, Garut, Majalengka, Sumedang,

Indramayu, Cirebon, Banjar, Tasikmalaya, Ciamis, dan Kuningan, dengan jumlah titik episenter sebanyak 15.

Tabel 4. 1 Pembagian Wilayah Penelitian

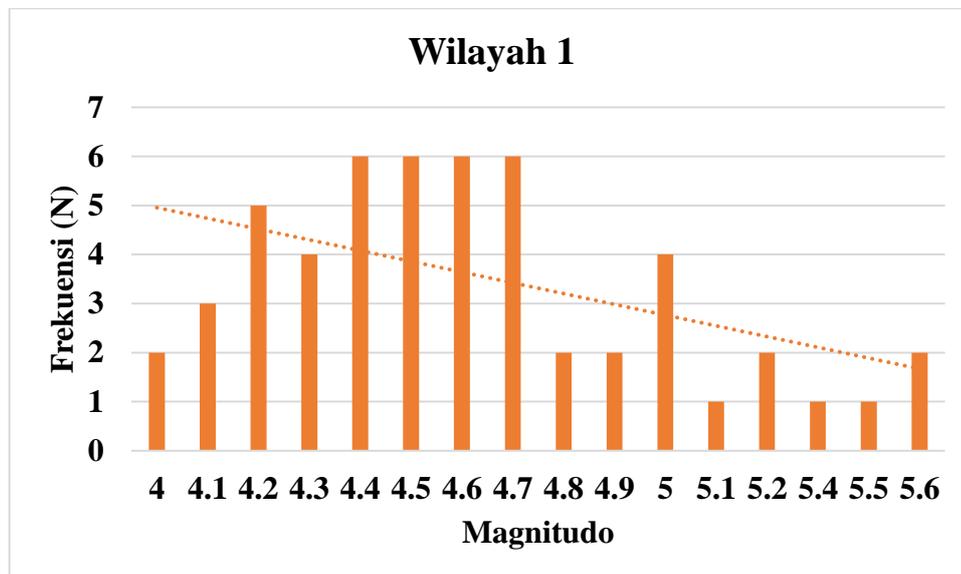
Wilayah	Batas Koordinat
Wilayah 1	5.792 LS – 106.375 BT dan 7.836 LS – 106.349 BT
Wilayah 2	5.775 LS – 107.586 BT dan 7.845 LS – 107.578 BT

4.2 Hubungan frekuensi- magnitudo dan magnitudo-kedalaman

Adapun data penelitian secara rinci dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Wilayah 1

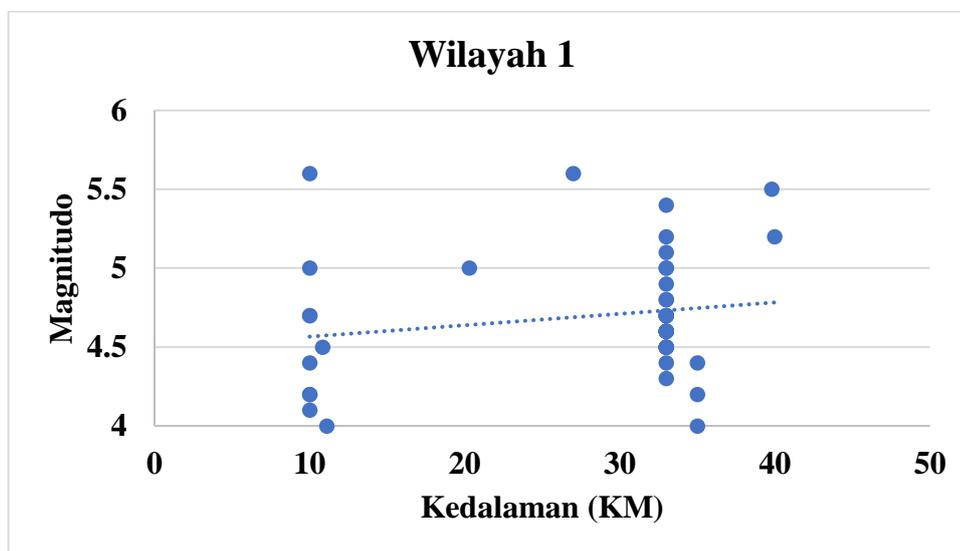
Dalam rentang waktu 70 tahun mulai dari tahun 1953 hingga 2023 di wilayah 1 dengan rentang koordinat 5.792 LS - 106.375 BT hingga 7.836 LS - 106.349 BT, terdapat sebanyak 53 kejadian gempabumi dengan magnitudo $M \geq 4$ SR.



Gambar 4. 2 Distribusi Magnitudo Berdasarkan Frekuensi Kejadian Gempabumi Wilayah 1

Dari gambar 4.2, wilayah 1 mencakup 26 episenter gempabumi dengan magnitudo antara 4 - 4.5 SR, 20 episenter gempabumi dengan magnitudo 4.6 - 5 SR, dan terdapat 7 episenter gempabumi dengan magnitudo 5.1 - 5.6 SR. Perbedaan

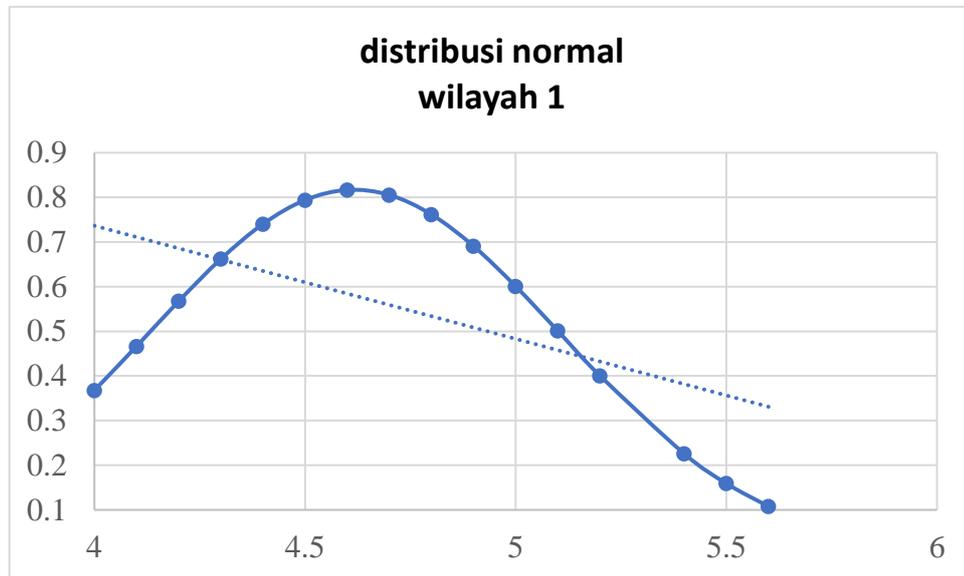
jumlah episenter ini dipengaruhi oleh karakteristik struktur gempa yang beragam, dimana gempa terjadi ketika energinya mencapai tingkat tertentu.



Gambar 4. 3 Distribusi Magnitudo Berdasarkan Kedalaman Gempabumi Wilayah 1

Berdasarkan pada gambar 4.3, kedalaman episenter gempabumi untuk magnitudo M 4 - 4.5 SR berkisar antara 10 - 35 km. Sementara itu, untuk magnitudo M 4.6 - 5 SR, kedalamannya berada dalam rentang 10 - 33 km, dan untuk magnitudo M 5 - 5.6, kedalaman mencapai 10 - 40 km. Pada gambar 4.3 terlihat beberapa kejadian gempa dengan magnitudo yang berbeda namun memiliki kedalaman yang sama, seperti M 4 SR dengan kedalaman 11 km dan 35 km; M 4.1 SR dengan kedalaman 10 km; M 4.2 SR dengan kedalaman 10 km dan 35 km; M 4.3 SR dengan kedalaman 33 km; M 4.4 SR dengan kedalaman 10 km, 33 km, dan 35 km; M 4.5 SR dengan kedalaman 10.84 km, dan ada 5 titik dengan kedalaman 33 km; M 4.6 SR dengan kedalaman 33 km ada 6 titik; M 4.7 SR dengan kedalaman 10 km ada 2 titik, dan 33 km ada 4 titik; M 4.8 SR dengan kedalaman 33 km ada 2 titik; M 4.9 SR dengan kedalaman 33 km; M 5 SR dengan kedalaman 10 km, satu titik dengan kedalaman 20.3 km, dan dua titik dengan kedalaman 33 km; M 5.1 dengan

kedalaman 33 km; M 5.2 SR dengan kedalaman 33 km dan 39.33 km; M 5.4 dengan kedalaman 33 km; M 5.5 SR dengan kedalaman 39.8 km; dan M 5.6 SR dengan kedalaman 10 km dan 27 km.

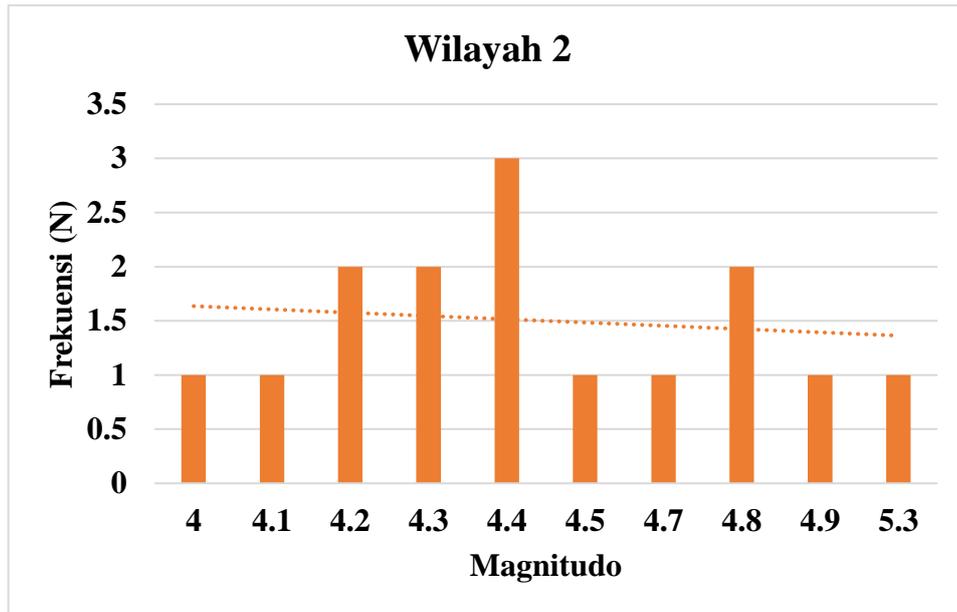


Gambar 4. 4 Distribusi Normal Gempabumi Wilayah 1

Berdasarkan grafik distribusi normal wilayah 1 diatas menunjukkan bahwa gempa yang terjadi dibawah rata-rata, dengan rata-rata pada wilayah 1 adalah 4.6, sehingga gempa yang dibawah rata-rata akan lebih sering terjadi dibandingkan yang berada di atas rata-rata.

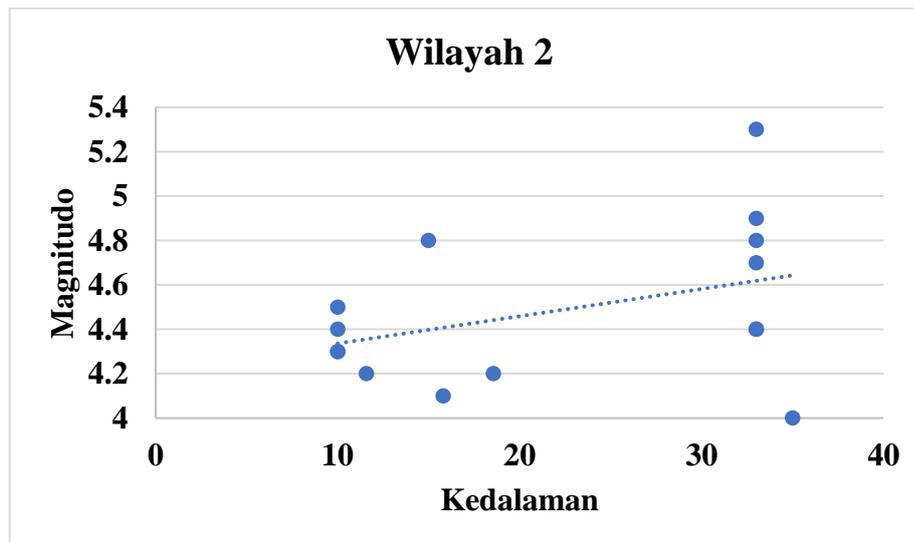
2. Wilayah 2

Dalam rentang waktu 70 tahun mulai dari tahun 1953 – 2023 di wilayah 2 dengan koordinat 5.775 LS – 107.586 BT dan 7.845 LS – 107.578 BT, terdapat sebanyak 15 kejadian gempabumi dengan magnitudo $M \geq 4$ SR.



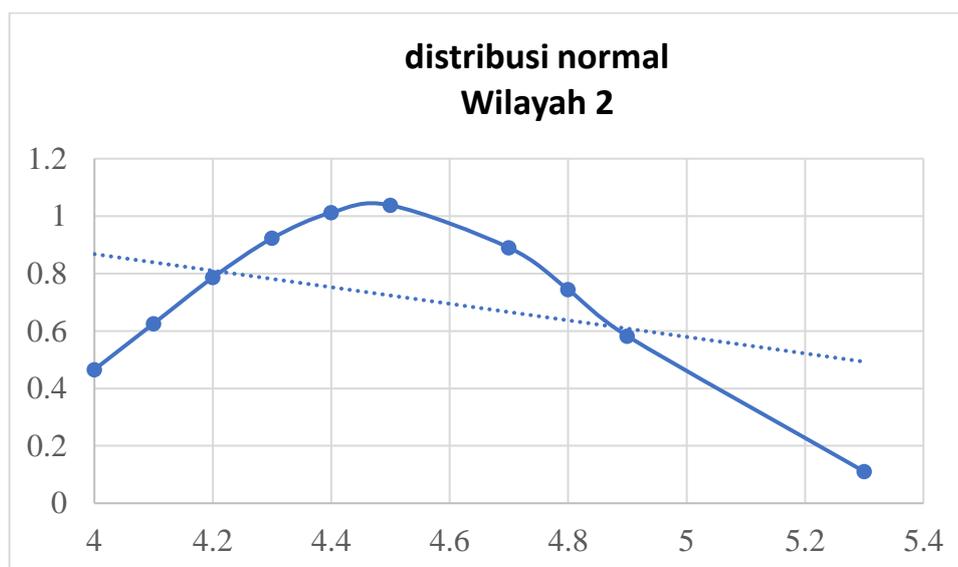
Gambar 4. 5 Distribusi Magnitudo Berdasarkan Frekuensi Kejadian Gempabumi Wilayah 2

Berdasarkan pada gambar 4.4 wilayah 2 mencakup 10 episenter gempabumi dengan magnitudo 4 – 4.5 SR, 5 episenter gempabumi dengan magnitudo 4.6 – 5.3 SR. Perbedaan jumlah episenter ini dipengaruhi oleh karakteristik struktur gempa yang beragam, dimana gempa terjadi ketika energinya mencapai tingkat tertentu.



Gambar 4. 6 Distribusi Magnitudo Berdasarkan Kedalaman Gempabumi Wilayah 2

Berdasarkan pada gambar 4.5, kedalaman episenter gempabumi untuk magnitudo M 4 - 4.5 SR berkisar antara 10 - 35 km. Sementara itu, untuk magnitudo M 4.6 - 5.3 SR, kedalamannya berada dalam rentang 15 - 33 km. Pada gambar 4.5 terdapat beberapa peristiwa gempa dengan magnitudo yang berbeda namun memiliki kedalaman yang sama, seperti M 4 SR dengan kedalaman 35 km; M 4.1 SR dengan kedalaman 15.8 km; M 4.2 SR dengan kedalaman 10 km, 11.576 km, dan 18.56 km; M 4.3 SR dengan kedalaman 10 km dengan 2 titik; M 4.4 SR dengan kedalaman 10 km, dan 33 km dengan 2 titik; M 4.5 SR dengan kedalaman 10 km; M 4.7 SR dengan kedalaman 33 km; M 4.8 SR dengan kedalaman 15 km, dan 33 km; M 4.9 SR dengan kedalaman 33 km; serta M 5.3 SR dengan kedalaman 33 km.



Gambar 4. 7 Distribusi Normal Gempabumi Wilayah 2

Berdasarkan grafik distribusi normal wilayah 2 diatas menunjukkan bahwa gempa yang terjadi dibawah rata-rata, dengan rata-rata pada wilayah 2 adalah 4.48 , sehingga gempa yang dibawah rata-rata akan lebih sering terjadi dibandingkan yang berada di atas rata-rata.

4.3 Perhitungan b value menggunakan metode likelihood

Untuk mendapatkan gambaran yang lebih rinci tentang perhitungan nilai b value dengan menggunakan metode maksimum likelihood, dapat dilihat dalam tabel berikut:

Tabel 4. 2 Hasil perhitungan nilai b seluruh wilayah penelitian

Wilayah	Jumlah $\bar{M}_x N$	Jumlah N	M_o	\bar{M}	Nilai b
Wilayah 1	244.7	53	4	4.61698	0.7039
Wilayah 2	67.3	15	4	4.48667	0.8924

Secara teoretis, nilai b merupakan parameter tektonik yang mencerminkan kondisi lingkungan geologi suatu wilayah. Nilai b dipengaruhi oleh karakteristik tektonik dan tingkat stres atau sifat material dari area tersebut. Nilai b memiliki peran penting dalam menentukan tingkat kerapuhan batuan melalui penggunaan persamaan (2.14). Menurut Scholz (1968), nilai parameter seismotektonik yang rendah dapat menunjukkan tingkat stres (tekanan) yang tinggi, sementara nilai yang tinggi mungkin mengindikasikan tingkat stres yang rendah..

Hubungan nilai b ini terkait dengan magnitudo gempa di suatu wilayah. Oleh karena itu, nilai b yang rendah menunjukkan bahwa batuan di daerah tersebut memiliki tingkat kerapuhan yang rendah dan mampu menahan tekanan besar. Di sisi lain, nilai b yang tinggi dapat mengindikasikan bahwa batuan tersebut kurang tahan terhadap tekanan yang kecil. Beberapa pakar meyakini bahwa nilai b bersifat konstan dan memiliki rentang sekitar 1, walaupun hasil perhitungan dapat bervariasi karena perbedaan nilai data dan metode perhitungan yang digunakan.

Jika diperhatikan dari data pada tabel 4.2, hasil perhitungan nilai b untuk seluruh wilayah penelitian menunjukkan bahwa nilai b masing-masing wilayah berada dalam rentang antara 0,70 hingga 0,90. Terlihat bahwa nilai b pada wilayah

2 lebih tinggi dibandingkan dengan wilayah 1, dengan nilai b sebesar 0,8924 untuk wilayah 2 dan 0,7039 untuk wilayah 1. Wilayah 1 merupakan wilayah yang rentan terhadap bencana gempa, dan di dalamnya terdapat patahan aktif seperti Sesar Citarik. Sesar ini memiliki karakteristik mengikuti jalur Sungai Citarik, memotong Pulau Jawa dari barat (Samudra Hindia) hingga ke Laut Jawa, melintasi pantai tenggara Teluk Pelabuhan Ratu, Kota Pelabuhan Ratu, Sungai Citarik, Bogor, perbatasan Bekasi dan Jakarta.

4.4 Perhitungan \hat{a} value menggunakan formula wekner

Tabel 4. 3 Hasil perhitungan nilai b seluruh wilayah penelitian

Wilayah	\hat{a}
Wilayah 1	4.7491669
Wilayah 2	5.057966

Nilai \hat{a} dalam hubungan Gutenberg-Richter merupakan parameter spasial yang digunakan untuk mengidentifikasi sifat kegempaan suatu wilayah. Besarnya nilai \hat{a} bergantung pada faktor-faktor seperti periode waktu, luas wilayah, dan jumlah kejadian gempa di area observasi. Parameter \hat{a} mengindikasikan tingkat aktivitas seismik suatu wilayah dan dapat dihitung menggunakan persamaan (2.16). Semakin tinggi nilai \hat{a} , semakin tinggi aktivitas seismik di daerah tersebut.

Nilai \hat{a} merupakan parameter seismik yang dipengaruhi oleh berbagai data dan luas wilayah penelitian. Semakin tinggi nilai kerapuhan batuan, semakin tinggi nilai keaktifan seismiknya. Nilai \hat{a} berkorelasi positif dengan tingkat keaktifan seismik. Seperti terlihat dalam tabel 4.3, nilai \hat{a} di seluruh wilayah penelitian menunjukkan bahwa nilai \hat{a} masing-masing wilayah berada dalam kisaran antara 4.74 hingga 5.05. Dari hasil perhitungan, nilai \hat{a} wilayah 2 lebih tinggi dibandingkan dengan wilayah 1, dengan nilai \hat{a} sebesar 5.057966 untuk wilayah 2

dan 4.7491669 untuk wilayah 1. Ini mengindikasikan bahwa wilayah 2 merupakan daerah dengan tingkat keaktifan seismik yang lebih tinggi, karena semakin besar nilai \hat{a} semakin aktif aktivitas seismik di daerah tersebut.

4.5 Indeks seismisitas

Indeks seismisitas mengacu pada jumlah frekuensi kumulatif gempabumi per tahun berdasarkan magnitudo. Dalam perhitungan indeks seismisitas dengan magnitudo $M > 4$ SR, nilai \hat{a}' dan \hat{a}'_1 untuk mendapatkan nilai indeks seismisitas melalui persamaan (2.3) dan (2.4). Agar hasil perhitungan indeks seismisitas lebih jelas, silakan lihat tabel berikut:

Tabel 4. 4 Perhitungan parameter seismik dan indeks seismisitas $M \geq 4$ SR

Wilayah	\hat{a}'	\hat{a}'_1	$N_1(M)$
Wilayah 1	4.53992113	2.69482309	0.7571
Wilayah 2	4.74568	2.900582	0.0767

Indeks Seismisitas merupakan standarisasi dari jumlah gempabumi per tahun, yang dihitung menggunakan persamaan (2.2). Daerah yang memiliki nilai periode ulang rendah atau indeks seismisitas yang tinggi cenderung menjadi daerah rawan gempa. Hasil perhitungan indeks seismisitas per tahun untuk dua wilayah dengan magnitudo lebih besar atau sama dengan 4.0 SR adalah 0.0767 dan 0.7571. Wilayah 1 memiliki indeks seismisitas yang lebih tinggi dibandingkan dengan wilayah lainnya, yakni sebesar 0.7571. Meskipun demikian, jika diperhatikan dari data perhitungan, wilayah ini memiliki frekuensi gempa yang lebih tinggi dibandingkan dengan wilayah 2.

Hal ini terjadi karena wilayah 1 dilalui oleh patahan aktif, yaitu Sesar Cimandiri, yang membentang dari Teluk Pelabuhan Ratu ke arah timur melalui

Lembah Cimandiri, Cipatat - Rajamandala, Gunung Tangkuban Prahur Burangrang, dan diperkirakan melanjut ke arah timur laut menuju Subang. Sementara itu, wilayah 2 memiliki indeks seismisitas yang lebih rendah daripada wilayah 1, yaitu sebesar 0.0767.

4.6 Probabilitas kejadian gempabumi

Peluang terjadinya gempabumi yang dapat menyebabkan kerusakan di suatu wilayah dalam periode waktu tertentu dikenal sebagai probabilitas kejadian gempabumi. Nilai probabilitas kejadian gempabumi dapat dimanfaatkan sebagai langkah mitigasi dalam perancangan struktur bangunan yang lebih mampu menghadapi getaran akibat gempabumi, dan ini dihitung menggunakan persamaan (2.6). Untuk informasi lebih detail, silakan lihat tabel berikut::

1. Wilayah 1

Tabel 4. 5 Nilai probabilitas terjadinya gempabumi magnitudo ≥ 4 SR

Magnitudo	Indeks Seismisitas	Probabilitas				
		10 Tahun	30 Tahun	50 Tahun	70 Tahun	100 Tahun
4	0.742857143	26%	59%	77%	87%	95%
4.1	0.631704793	22%	53%	72%	83%	92%
4.2	0.537183965	19%	48%	66%	78%	88%
4.3	0.456806115	17%	42%	60%	72%	84%
4.4	0.388455055	14%	38%	54%	66%	79%
4.5	0.330331239	12%	33%	48%	60%	73%
4.6	0.280904382	11%	29%	43%	54%	67%
4.7	0.238873176	9%	25%	38%	49%	61%
4.8	0.203131021	8%	22%	34%	43%	55%

Magnitudo	Indeks Seismisitas	Probabilitas				
		10 Tahun	30 Tahun	50 Tahun	70 Tahun	100 Tahun
4.9	0.1727369	7%	19%	29%	38%	50%

Berdasarkan tabel 4.5 menunjukkan bahwasannya kemungkinan terjadinya gempabumi wilayah 1 pada magnitudo 4 SR periode 10 tahun kedepan sebesar 26%, periode 30 tahun kedepan sebesar 59%, periode 50 tahun kedepan sebesar 77%, periode 70 tahun kedepan sebesar 87%, periode 100 tahun kedepan sebesar 95%, begitupula seterusnya.

Tabel 4. 6 Nilai probabilitas terjadinya gempabumi magnitudo ≥ 5 SR

Magnitudo	Indeks Seismisitas	Probabilitas				
		10 Tahun	30 Tahun	50 Tahun	70 Tahun	100 Tahun
5	0.742857143	6%	16%	25%	34%	44%
5.1	0.631704793	5%	14%	22%	29%	39%
5.2	0.537183965	4%	12%	19%	26%	35%
5.4	0.456806115	3%	9%	14%	19%	26%
5.5	0.388455055	3%	8%	12%	17%	23%
5.6	0.330331239	2%	6%	10%	14%	20%

Berdasarkan tabel 4.6 menunjukkan bahwasannya kemungkinan terjadinya gempabumi wilayah 1 pada magnitudo 5 SR periode 10 tahun kedepan sebesar 6%, periode 30 tahun kedepan sebesar 16% , periode 50 tahun kedepan sebesar 25%, periode 70 tahun kedepan sebesar 34%, periode 100 tahun kedepan sebesar 44%, begitupula seterusnya.

2. Wilayah 2

Tabel 4. 7 Nilai probabilitas terjadinya gempabumi magnitudo ≥ 4 SR

Magnitudo	Indeks Seismisitas	Probabilitas				
		10 Tahun	30 Tahun	50 Tahun	70 Tahun	100 Tahun
4	0.242857143	3%	10%	16%	22%	30%
4.1	0.19774757	3%	8%	13%	18%	25%
4.2	0.161016888	2%	7%	11%	15%	21%
4.3	0.131108758	2%	6%	9%	12%	17%
4.4	0.106755922	2%	5%	7%	10%	14%
4.5	0.086926512	1%	4%	6%	8%	12%
4.7	0.057633209	1%	2%	4%	6%	8%
4.8	0.046928111	1%	2%	3%	5%	7%
4.9	0.038211435	1%	2%	3%	4%	5%

Berdasarkan tabel 4.7 menunjukkan bahwasannya kemungkinan terjadinya gempabumi wilayah 2 pada magnitudo 4 SR periode 10 tahun sebesar 3% kedepan, periode 30 tahun kedepan sebesar 10%, periode 50 tahun kedepan sebesar 16%, periode 70 tahun kedepan sebesar 22%, periode 100 tahun kedepan sebesar 30%, begitupula seterusnya.

Tabel 4. 8 Nilai probabilitas terjadinya gempabumi magnitudo ≥ 5 SR

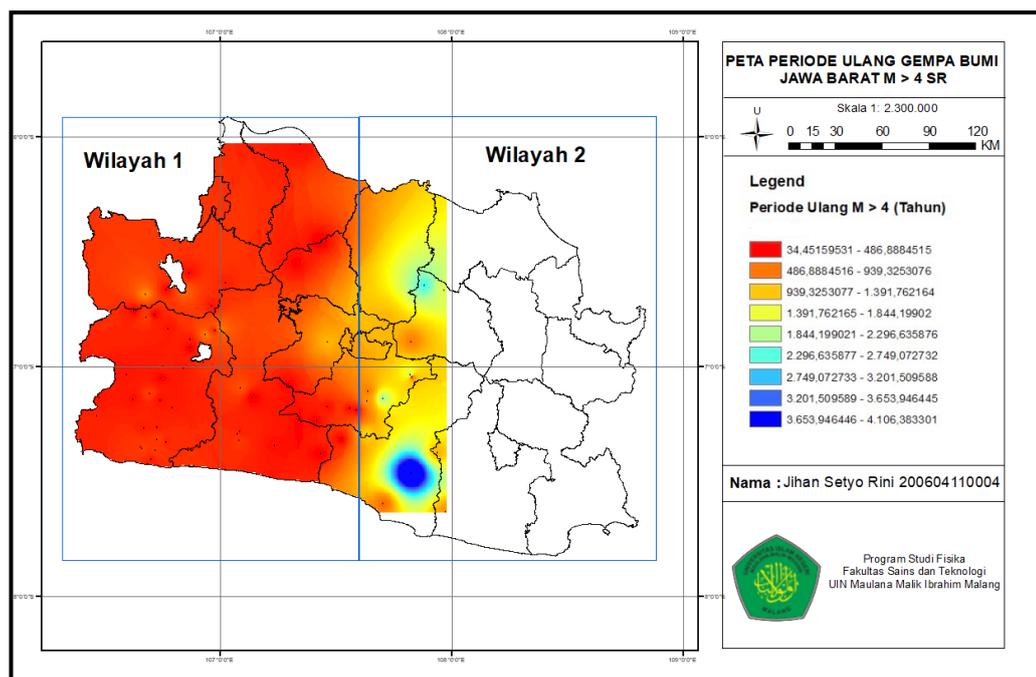
Magnitude	Indeks Seismisitas	Probabilitas				
		10 Tahun	30 Tahun	50 Tahun	70 Tahun	100 Tahun
5.3	0.016797105	0%	1%	1%	2%	2%

Berdasarkan tabel 4.8 menunjukkan bahwasannya kemungkinan terjadinya gempabumi wilayah 2 pada magnitudo 5 SR periode 10 tahun kedepan sebesar 0%,

periode 30 tahun kedepan sebesar 1%, periode 50 tahun kedepan sebesar 1%, periode 70 tahun kedepan sebesar 2%, periode 100 tahun kedepan sebesar 2%.

4.7 Periode ulang gempabumi

Periode ulang gempabumi digunakan untuk menentukan kemungkinan terjadinya kembali gempabumi dengan magnitudo tertentu di suatu wilayah, dan dihitung menggunakan persamaan (2.8). Wilayah dengan periode ulang yang pendek dianggap sebagai wilayah yang rentan terhadap gempabumi. Secara umum, periode kembalinya yang singkat sering dikaitkan dengan tingginya aktivitas gempabumi di suatu area penelitian. Untuk informasi lebih rinci, dapat dilihat pada gambar 4.2.



Gambar 4. 8 Peta Periode Ulang Gempabumi $M \geq 4$ SR

Nilai periode ulangnya gempabumi pada dua wilayah penelitian dengan magnitudo $M \geq 4$ SR berkisar antara 34 hingga 4111 tahun. Seperti yang terlihat pada peta daerah Bekasi, Bogor, Karawang, Sukabumi, Cianjur, Purwakarta, dan

Bandung Barat, dominan ditandai dengan warna merah yang menunjukkan periode ulangnya yang singkat. Sementara itu, pada daerah Subang, Indramayu, Sumedang, Bandung, dan Tasikmalaya, beberapa wilayah ditandai dengan warna merah, sementara yang lainnya memiliki warna coklat dan kuning, menunjukkan periode kembalinya yang singkat hingga menengah. Di daerah Garut, dominan ditandai dengan warna biru dan coklat, yang mencerminkan periode ulangnya yang lebih panjang.

Tabel 4. 9 Nilai periode ulang gempabumi wilayah 1

Magnitudo	Nilai Periode Ulang Gempabumi (Tahun)
4	34
4	34
4.1	40
4.1	40
4.1	40
4.2	47
4.2	47
4.2	47
4.2	47
4.2	47
4.3	55
4.3	55
4.3	55
4.3	55
4.4	65
4.4	65
4.4	65
4.4	65
4.4	65

Magnitudo	Nilai Periode Ulang Gempabumi (Tahun)
4.4	65
4.5	76
4.5	76
4.5	76
4.5	76
4.5	76
4.5	76
4.5	76
4.6	89
4.6	89
4.6	89
4.6	89
4.6	89
4.6	89
4.6	89
4.7	105
4.7	105
4.7	105
4.7	105
4.7	105
4.7	105
4.7	105
4.8	124
4.8	124
4.9	145
4.9	145
5	171
5	171
5	171
5	171
5.1	201
5.2	236

Magnitudo	Nilai Periode Ulang Gempabumi (Tahun)
5.2	236
5.4	327
5.5	384
5.6	452
5.6	452

Tabel 4. 10 Nilai periode ulang gempabumi wilayah 2

Magnitudo	Nilai Periode Ulang Gempabumi (Tahun)
4	284
4.1	349
4.2	429
4.2	429
4.3	527
4.3	527
4.4	647
4.4	647
4.4	647
4.5	794
4.7	1198
4.8	1471
4.8	1471
4.9	1807
5.3	4111

Dari hasil perhitungan dapat diamati bahwa tingkat risiko gempa yang tinggi terjadi pada nilai periode ulangnya yang singkat, khususnya pada magnitudo 4 SR, yang memiliki rentang tahun periode ulang paling singkat yaitu 34 tahun pada wilayah 1. Hal ini disebabkan karena magnitudo tersebut terletak di wilayah Cianjur

dan Sukabumi, yang merupakan area dengan sejumlah intensitas gempa yang signifikan selama 70 tahun periode pengambilan data penelitian. Sementara itu, untuk nilai periode ulang terpanjang terjadi pada magnitudo 5,3 SR yaitu 4111 tahun pada wilayah 2. Hal ini disebabkan oleh magnitudo tersebut yang terletak di wilayah Garut, di mana daerah ini memiliki intensitas gempa yang relatif sedikit selama 70 tahun periode pengambilan data penelitian.

Berdasarkan hasil dari nilai a dan b pada wilayah 1 lebih kecil daripada wilayah 2, sehingga wilayah 1 menghasilkan nilai indeks seismisitas (frekuensi gempa) yang lebih tinggi daripada wilayah 2, karena pada wilayah 1 sering terjadi gempabumi dan nilai probabilitas pada wilayah 1 akan lebih besar daripada wilayah 2 serta nilai periode ulang pada wilayah 1 lebih singkat daripada wilayah 2, begitupula sebaliknya.

4.8 Kajian Keislaman

Gempabumi adalah guncangan atau getaran yang dihasilkan oleh aktivitas tektonik. Gempabumi terjadi karena pelepasan energi yang dihasilkan oleh tekanan yang disebabkan oleh lempengan yang bergerak, Berdasarkan keterangan diatas, Allah berfirman dalam Q.S. al-Zalزالah (99): 1 ,

إِذَا زُلْزِلَتِ الْأَرْضُ زُلْزَالَهَا

Artinya : “Apabila bumi diguncangkan dengan guncangan yang dahsyat.” (Q.S. al-Zalزالah (99): 1).

Karena semakin berkembangnya zaman dan teknologi, manusia mulai meneliti penyebab adanya gempabumi. Q.S. Ali Imran (3): 190 menjelaskan bahwasannya manusia diberi keistimewaan oleh Allah SWT berupa akal guna

mengetahui dan menganalisis probabilitas dan periode ulang gempa bumi. Q.S. Ali Imran (3): 190,

أَنَّ فِي خَلْقِ السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضِ وَاخْتِلَافِ اللَّيْلِ وَالنَّهَارِ لَآيَاتٍ لِأُولِي الْأَلْبَابِ

Artinya : *Sesungguhnya dalam penciptaan langit dan bumi, dan pergantian malam dan siang terdapat tanda-tanda (kebesaran Allah) bagi orang yang berakal. (Q.S. Ali-Imran (3): 190)*

Menurut Akhmad Alim dalam bukunya, memaparkan bahwa kata (الآبَاب) dalam Bahasa arab adalah bentuk jamak dari (أَبَاب) yang berarti akal, penggunaan kata (أَبَاب) dalam Bahasa arab sendiri berarti bagian termurni, terpenting dan terbaik dari sesuatu. Dalam tafsir ilmi Kemenag, Q.S. Ali Imran (3): 190 menyatakan bahwa mengajak manusia untuk memikirkan bagaimana penciptaan langit dan bumi, bagaimana kejadiannya sungguh merupakan peristiwa yang sangat menakjubkan. Allah juga memerintahkan manusia untuk memikirkan peristiwa pergantian siang dan malam, apa manfaat yang dapat diperoleh, serta bagaimana kita harus bersikap dan berbuat. Semua itu merupakan fenomena alam serta tanda-tanda kekuasaan dan kebesaran-Nya. Hal ini juga ditegaskan oleh Ibnu Kasir bahwa terdapat keunggulan yang nyata bagi manusia yang berakal yakni bijaksana dan memiliki pemahaman mendalam terhadap berbagai hal, tidak seperti individu yang kekurangan pemahaman dan keterbatasan ekspresi yang tidak mampu memahami (Pratama, 2019).

Allah SWT berfirman dalam Q.S. ar-Rum (30): 41,

ظَهَرَ الْفُسَادُ فِي الْبَرِّ وَالْبَحْرِ بِمَا كَسَبَتْ أَيْدِي النَّاسِ لِيُذِيقَهُمْ بَعْضَ الَّذِي عَمِلُوا لَعَلَّهُمْ

يَرْجِعُونَ

Artinya : *“Telah tampak kerusakan di darat dan di laut disebabkan karena karena perbuatan tangan manusia; Allah menghendaki agar mereka merasakan sebagian dari (akibat) perbuatan mereka, agar mereka kembali (ke jalan yang benar)..”* Q.S. ar-Rum (30): 41.

Menurut Tafsir Ilmi Kemenag menjelaskan bahwa untuk tidak berbuat kerusakan di bumi, kerusakan tersebut pada gilirannya akan berbalik kepada keberadaan manusia sendiri. Banyak contoh bagaimana kerusakan yang diakibatkan oleh ulah manusia yang kemudian berbalik menjadi bencana (Lajnah Pentashihan Mushaf Al-Qur'an, 2018). Contohnya bencana gempa bumi yang menyebabkan banyaknya kerusakan bangunan dan korban jiwa, sehingga perlu adanya analisis probabilitas dan periode ulang yang dapat meminimalisir dampak-dampak dari gempa bumi.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari hasil analisis data gempabumi dari Januari 1953 - Agustus 2023 dengan menggunakan metode maksimum likelihood untuk Provinsi Jawa Barat dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Probabilitas terjadinya gempabumi dengan magnitudo $M \geq 4$ SR di wilayah 1 mencapai nilai tertinggi pada periode 10 tahun sebesar 26%, pada periode 30 tahun sebesar 59%, pada periode 50 tahun sebesar 77%, pada periode 70 tahun sebesar 87%, dan pada periode 100 tahun sebesar 95%. Sebaliknya, probabilitas terjadinya gempabumi dengan magnitudo $M \geq 5$ SR di wilayah 2 mencapai nilai terendah pada periode 10 tahun sebesar 0%, pada periode 30 tahun sebesar 1%, pada periode 50 tahun sebesar 1%, pada periode 70 tahun sebesar 2%, dan pada periode 100 tahun sebesar 2%.
2. Periode ulang gempabumi yang paling singkat terjadi di wilayah 1 dengan magnitudo $M \geq 4$ SR, yaitu sekitar 34 tahun. Semakin tinggi intensitas gempa, maka nilai periode ulangnya akan semakin kecil. Sementara itu, periode ulangnya gempabumi yang paling panjang terdapat di wilayah 2 dengan magnitudo $M \geq 4$ SR, mencapai 4111 tahun. Fenomena ini terkait dengan fakta bahwa wilayah 2 memiliki intensitas gempa yang lebih rendah dibandingkan dengan wilayah 1 dalam konteks penelitian ini, sehingga nilai periode ulangnya semakin kecil seiring dengan semakin sedikit atau jarangya intensitas gempa yang terjadi.

5.2 Saran

1. Diperlukan penelitian tambahan yang mempertimbangkan variabel-variabel lain seperti faktor geologi lokal dan aspek-aspek lainnya.
2. Diperlukan penelitian baru dengan menggunakan metode yang berbeda untuk mengetahui akurasi metode dengan mencari perbandingan dua metode atau lebih.
3. Mengingat bahwa Jawa Barat merupakan wilayah dengan aktivitas seismik yang tinggi akibat keberadaan zona sesar yang aktif, disarankan agar pembangunan dirancang sesuai dengan teknik bangunan tahan gempa sebagai upaya mitigasi untuk meminimalisir kerugian materiil yang timbul akibat bencana alam gempabumi.

DAFTAR PUSTAKA

- Afryan, S. (2017). *Implementasi Kebijakan Peraturan Bupati Bandung Nomor 53 Tahun 2010 Tentang Rincian Tugas, Fungsi dan Tata Kerja Badan Penanggulangan Bencana Daerah Kabupaten Bandung dalam Manajemen Bencana*. Skripsi Administrasi Publik Universitas Islam Negeri Sunan Gunung Djati Bandung.
- Arizqi Ihsan Pratama. (2019). Konsep Ulil Albab Dalam Al-Quran Dan Relevansinya Terhadap Pendidikan Modern. *The Annual Conference on Islamic Education and Social Science, [S.l.]*, v. 1, n. 2, p. 222-234, Dec. 2019. ISSN 2685-5119., V 1 no 2 (Vol 1 No 2 (2019): Islamisasi Ilmu Pengetahuan di Era Revolusi Industri 4.0), 222–234. <http://pkm.uika-bogor.ac.id/index.php/ACIEDSS/article/view/505>
- Budiman, A. (2011). Analisis Periode Ulang Dan Aktivitas Kegempaan Pada Daerah Sumatera Barat Dan Sekitarnya. *Jurnal Ilmu Fisika | Universitas Andalas*, 2, 55–61. <https://doi.org/https://doi.org/10.25077/jif.3.2.55-61.2011>
- Deni Bulu et al. (2020). Penentuan Titik Epicenter Dan Hypocenter Serta Parameter Magnitude Gempa Bumi Berdasarkan Data Seismogram. *Jurnal Geosains Kutai Basin* 3, 3.
- Dewi Wahyuni, Putroue Keumala Intan, & N. H. (2020). Analisis Seismotektonik dan Periode Ulang Gempa Bumi pada Wilayah Jawa Timur Menggunakan Relasi Gutenberg–Richter. *Jurnal Algebra*, 1, 22–32. <http://journalsaintek.uinsby.ac.id/mhs/index.php/algebra/article/view/9>
- Elnashai, S.A dan Shano, D. L. (2008). *Fundamental of Earthquake Engeneering*. Wiley.
- Ghulsyani, M. (1993). *Filsafat Sains Menurut al-Quran*. Mizan.
- Hamilton W. (1973). Tectonic of the Indonesian Region. *Bulletin of the Geological Society of Malaysia*, 6, 3–10.
- Handayani, L., Permana, H., & Gaffar, E. Z. (2012). Segmentasi tektonik aktif pada Lempeng Mikro Sumatra Bagian Utara (Aceh) ditinjau dari sebaran episenter gempa bumi. *Jurnal Lingkungan Dan Bencana Geologi*, 2, 71–77.
- Hariani. (2018). Karakteristik Tektonik dan Periode Ulang Gempa Bumi pada Sesar Matano Sulawesi Selatan. *Skripsi Fisika Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar*.
- Hartini, E. . (2009). *Buku Pintar Gempa*. Diva Press.
- Jafari, M. A. (2010). Statistical Prediction of the Next Great Earthquake Around Tehran, Iran. *Journal of Geodynamics*, 1, 14–18.
- Kusumawati, N. A. R. (2020). Analisis Periode Ulang Gempa Bumi Sebagai Mitigasi Bencana Menggunakan Metode Likelihood Berdasarkan Data Gempa Yogyakarta. *Jurnal Fisika*. <http://lib.unnes.ac.id/id/eprint/38968>
- Lajnah Pentashihan Mushaf Al-Qur'an. (2018). *Penciptaan Bumi*.

- Linda, Ihsan, N., & Palloan, P. (2019). Analisis Distribusi Spasial Dan Temporal Seismotektonik Berdasarkan Nilai B-VALUE Dengan Menggunakan Metode Likelihood Di Pulau JAWA. *Jurnal Sain Dan Pendidikan Fisika (JSPF)*, 16–31.
- Lumintang, V. G., Pasau, G., & Tongkukut, seni H. J. (2015). *Analysis of Seismikity Level and Rocks Fragility Level in North Maluku*.
- Muhammad Makmum Abha. (2013). *Gempa Bumi dalam al-Quran*. 1, 20–21.
- Muhlis, M. (2019). *Hakikat Gunung Berjalan dalam Al-Quran (Studi Komparatif atas Penafsiran Surah an-Naml Ayat: 88 dalam Kitab Mafatih al-Ghaib Karya Fakhruddin al-Razi dan Tafsir al-Azhar Karya Buya Hamka)*. 3(1), 1–25. <https://ejournal.idia.ac.id/index.php/el-warogoh%0AHAKIKAT>
- Naryanto, H. S., & W. (2005). Kajian dan Analisis Potensi Bencana Tsunami, Konfigurasi Pantai serta Mitigasi Bencana di Pantai Selatan Jawa Timur: Belajar dari Pengalaman Bencana Tsunami Banyuwangi Tahun 1994. *Jurnal Alami*, 2, 37–47.
- Palupi, Indriati Retno., & Raharjo, W. (2020). Study Automatic Picking Waktu Tiba Gelombang P dan S dengan Menggunakan Spektogram pada Obspy Python. *Jurnal Teori Dan Aplikasi Fisika*, 8.
- Pasau, G., & Tanauma, A. (2011). Pemodelan Sumber Gempa di Wilayah Sulawesi Utara Sebagai Upaya Mitigasi Bencana Gempa Bumi. *Jurnal Ilmiah Sains*, 2, 202–209.
- Prasetyo, R. A., Hamzah, A., & Muzambiq, S. (2019). Analisa Data Seismisitas Menggunakan Metode Maximum Likelihood untuk Mitigasi Gempabumi Kota Sibolga. *Jurnal Teknik Informatika Unika St. Thomas*, 1, 108–116.
- Priadi, R., & Arifin, J. (2017). Penentuan Nilai B-Value Untuk Identifikasi Kerentanan Batuan Dengan Mempertimbangkan Nilai Slowness Pada Wilayah Pidie Jaya. *Jurnal Fisika*, 3, 84–88.
- Rahmawati, N. H. (2014). Hubungan b value dengan Frekuensi Kejadian dan Magnitudo Gempa Bumi Menggunakan Metode Gutenberg-Richter di Sulawesi Tengah Periode 2008—2014. *Jurnal Fisika*, 3, 84–88.
- Saltykov, V. A., Kugaenko, Y. A., Kravchenko, N. M., & Konovalova, A. A. (2013). A parametric representation of Kamchatka seismikity over time. *Journal of Volcanology and Seismology*, 1, 58–75. <https://doi.org/https://doi.org/10.1134/S0742046313010065>
- Shohaya, J.N, Chasanah U, Mutiarani A, Wahyuni L, & M. (2013). Survey dan Analisis Seismisitas Wilayah Jawa Timur Berdasarkan Data Gempa sebagai Upaya Mitigasi Bencana Gempa Bumi. *Jurnal Penelitian Fisika Dan Penerapannya*, 3.
- Sunarjo, M Taufik Gunawan, and S. P. (2012). *Gempabumi Edisi Populer*. Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika.

LAMPIRAN

Lampiran 1 Data Gempabumi

Date	Time	Latitude	Longitude	depth	Magnitude
09/02/1975	00:45:24	-6.686	106.677	27	5.6
10/02/1982	00:17:52	-6.863	106.936	39.8	5.5
10/02/1982	00:19:48	-7.265	106.726	33	4.6
27/01/1987	00:25:00	-7.268	106.67	33	4.6
17/02/1989	17:42:50	-7.365	106.46	33	4.7
15/03/1989	00:42:47	-7.374	107.937	33	4.4
30/07/1989	00:55:37	-7.322	107.081	33	4.9
13/04/1990	00:17:04	-7.12	106.695	33	5
03/06/1990	00:50:35	-7.424	106.688	33	4.7
30/01/1991	00:17:03	-7.317	106.729	33	5
11/07/1992	00:25:55	-7.35	106.656	33	4.9
05/09/1995	00:32:38	-7.33	106.768	33	4.7
07/05/1996	00:23:00	-7.035	106.595	33	4.5
27/08/1996	00:41:46	-7.292	107.075	33	4.8
10/02/1997	00:00:21	-7.178	106.79	33	4.6
30/08/1997	00:15:56	-7.403	106.702	33	4.6
15/10/1997	00:03:33	-6.636	107.023	10	4.7
16/09/1998	00:17:44	-6.801	107.707	33	4.4
19/06/1999	00:56:18	-7.284	107.083	33	4.6
13/07/1999	00:52:47	-7.094	107.088	33	5.2
22/07/1999	00:25:08	-6.982	106.926	33	4.8
05/06/2000	00:43:24	-7.359	106.664	33	5.1
12/07/2000	00:10:43	-6.675	106.845	33	5.4
24/09/2000	00:55:10	-6.647	107.881	33	4.9
10/10/2000	00:59:15	-6.736	106.963	33	4.5
25/10/2000	00:42:23	-7.464	107.823	33	5.3
07/11/2000	00:53:27	-7.14	107.701	33	4.8
20/12/2000	00:45:30	-6.665	106.766	33	4.3
16/03/2001	00:59:40	-7.008	106.84	33	4.6
06/12/2001	00:59:39	-7.137	106.479	33	4.5
26/01/2002	00:03:54	-6.883	106.869	33	4.5
20/01/2003	00:19:22	-7.216	106.466	33	4.7
23/01/2003	00:21:22	-6.835	106.774	33	4.5
11/07/2003	00:19:29	-6.669	107.964	33	4.7
03/11/2003	00:57:32	-6.593	106.867	33	4.4
02/02/2005	00:55:18	-7.037	107.819	15	4.8
15/04/2005	00:06:08	-6.892	107.464	10	4.4
16/03/2006	00:43:10	-7.366	106.72	20.3	5
17/07/2006	00:00:57	-6.55	107.328	10	4.3
18/08/2006	00:22:25	-7.632	107.973	10	4.3

Date	Time	Latitude	Longitude	depth	Magnitude
19/09/2006	00:08:32	-7.147	106.74	35	4.4
30/10/2006	00:00:28	-7.001	106.754	10	4.7
16/12/2006	00:40:13	-6.034	107.346	35	4.4
31/12/2006	00:22:55	-7.078	107.293	30	4.3
20/10/2007	00:50:17	-7.142	106.624	10	4.4
28/02/2008	00:30:13	-7.05	106.746	35	4.2
19/05/2008	00:08:44	-7.135	107.138	35	4
20/06/2008	00:55:10	-7.046	107.826	35	4
11/10/2008	00:24:14	-6.775	106.716	10	4.1
27/10/2010	00:49:00	-7.176	107.464	10	4.4
31/10/2011	00:25:06	-7.343	107.233	35	4.4
06/05/2013	00:12:02	-7.597	107.703	15.8	4.1
08/10/2014	00:46:45	-7.3775	107.4323	10	4.2
28/11/2014	00:06:01	-7.3152	107.5222	1.41	4.1
23/02/2016	00:53:31	-7.1841	107.5574	12.93	4.3
05/11/2016	00:44:14	-7.1888	107.5887	10	4.2
18/07/2017	00:58:16	-7.1082	107.6362	18.56	4.2
10/03/2020	00:18:04	-6.7852	106.6813	10	5
01/11/2020	00:34:11	-7.1501	107.6332	10	4.3
15/03/2022	00:53:21	-7.2364	107.4156	13.9	4.2
13/11/2022	00:41:12	-6.4552	107.4333	12.035	4.1
21/11/2022	00:21:07	-6.836	106.9968	10	5.6
23/01/2023	00:45:01	-6.8426	106.9767	10.84	4.5
27/01/2023	00:00:35	-6.892	107.8236	11.576	4.2
01/02/2023	00:57:20	-7.2931	107.6331	10	4.5
29/03/2023	00:34:43	-6.9179	106.8713	11.11	4
02/07/2023	00:53:34	-6.75852	106.628	10	4.1

Lampiran 2 Langkah Pengolahan data (Contoh wilayah 2)

date	Time	Latitude	longitude	depth	mag
20/06/2008	55:09.9	-7.046	107.826	35	4
06/05/2013	12:01.9	-7.597	107.703	15.8	4.1
18/07/2017	58:16.4	-7.1082	107.6362	18.56	4.2
27/01/2023	00:35.3	-6.892	107.8236	11.576	4.2
18/08/2006	22:24.9	-7.632	107.973	10	4.3
01/11/2020	34:11.0	-7.1501	107.6332	10	4.3
15/03/1989	42:47.5	-7.374	107.937	33	4.4
16/09/1998	17:44.2	-6.801	107.707	33	4.4
15/04/2005	06:07.8	-6.892	107.464	10	4.4
01/02/2023	57:20.4	-7.2931	107.6331	10	4.5
11/07/2003	19:29.1	-6.669	107.964	33	4.7
07/11/2000	53:26.5	-7.14	107.701	33	4.8
02/02/2005	55:18.2	-7.037	107.819	15	4.8
24/09/2000	55:10.4	-6.647	107.881	33	4.9
25/10/2000	42:22.6	-7.464	107.823	33	5.3

1. Menentukan magnitudo minimum dan magnitudo rata-rata (Linda dkk,2020)

$$\bar{M} = \frac{\sum_i^n M_i \cdot n_i}{\sum n}$$

Dimana :

\bar{M} = Magnitudo rata-rata data gempa

M_i = Magnitudo data ke-i

N_i = Jumlah magnitudo data ke-i

N = Banyaknya data gempa

e = 2.71828

\log = 0.4343

M	N	M X N	M rata-rata
4	1	4	4.48667
4.1	1	4.1	
4.2	2	8.4	
4.3	2	8.6	
4.4	3	13.2	
4.5	1	4.5	
4.7	1	4.7	
4.8	2	9.6	
4.9	1	4.9	
5.3	1	5.3	
	15	67.3	

2. Menghitung nilai b menggunakan persamaan (Linda dkk, 2020)

$$b = \frac{\log e}{\bar{M} - M_0}$$

Dimana :

b = Parameter tingkat kerapuhan batuan

M_0 = Magnitudo minimum data gempa

e = 2.71828

\log = 0.4343

$$\bar{M} = 4.48667; M_0 = 4; \log e = 0.4343; N = 15$$

$$b = \frac{\log e}{\bar{M} - M_0}$$

$$b = \frac{0.4343}{4.48667 - 4}$$

$$b = 0.8924$$

P	Q
Mag Minimum	4
Mag Rata-rata	4.48667
Log e	0.4343
N	15
b	0.8924

3. Menghitung nilai a menggunakan persamaan (Linda dkk, 2020)

$$\hat{a} = \log N (M \geq M_0) + \log(b \ln 10) + M_0 \cdot b$$

Dimana :

\hat{a} = Parameter yang menyatakan tingkat seismisitas suatu daerah

N = Jumlah kumulatif data yang digunakan

M = Magnitudo dari data gempabumi

b = Estimasi tingkat kerapuhan batuan

$$\hat{a} = \log 15 + \log(0.8924 \times 2.3) + 4 \times 0.8924$$

$$\hat{a} = 5.05797$$

O	P	Q
1	Mag Minimum	4
2	Mag Rata-rata	4.48667
3	Log e	0.4343
4	N	15
5	b	0.8924
6	a	5.05797

4. Menghitung nilai \hat{a}' dan \hat{a}'_1 menggunakan persamaan (Budiman, 2011)

$$\hat{a}' = \hat{a} - \log(b \ln 10)$$

$$\hat{a}'_1 = \hat{a}' - \log T$$

Dimana :

b = Estimasi tingkat kerapuhan batuan

$\hat{a}, \hat{a}', \hat{a}'_1$ = Parameter untuk memperoleh indeks seismisitas

T = Waktu (lamanya pengamatan dalam satuan tahun)

$$\hat{a}' = \hat{a} - \log (b \ln 10)$$

$$\hat{a}' = 5.05797 - \log(0.8924 \times 2.3)$$

$$\hat{a}' = 4.74568$$

O	P	Q
1	Mag Minimum	4
2	Mag Rata-rata	4.48667
3	Log e	0.4343
4	N	15
5	b	0.8924
6	a	5.05797
7	a'	4.74568

$$\hat{a}'_1 = \hat{a}' - \log T$$

$$\hat{a}'_1 = 4.74568 - \log 70$$

$$\hat{a}'_1 = 2.90058$$

O	P	Q
1	Mag Minimum	4
2	Mag Rata-rata	4.48667
3	Log e	0.4343
4	N	15
5	b	0.8924
6	a	5.05797
7	a'	4.74568
8	a'1	2.90058

5. Menghitung nilai indeks seismisitas menggunakan persamaan (Budiman, 2011)

$$N_1(M) = 10^{(\hat{a}'_1 - bM)}$$

Dimana :

$N_1(M)$ = Indeks Seismisitas

b = Estimasi tingkat kerapuhan batuan

\hat{a}'_1 = Parameter untuk memperoleh indeks seismisitas

M = Magnitudo dari data gempa

$$N_1(M) = 10^{(\hat{a}'_1 - bM)}$$

$$N_1(M) = 0.076699$$

	P	Q
1	Mag Minimum	4
2	Mag Rata-rata	4.486666667
3	Log e	0.4343
4	N	15
5	b	0.89239726
6	a	5.057966364
7	a'	4.7456803
8	a'1	2.90058226
9	Indeks Seismisitas	0.076699863

$$N_1(M) = N_1(M \geq 4.0)10^{-2*0.89}$$

$$N_1(M) = 0.00125$$

	P	Q
2	Mag Rata-rata	4.486666667
3	Log e	0.4343
4	N	15
5	b	0.89239726
6	a	5.057966364
7	a'	4.7456803
8	a'1	2.90058226
9	Indeks Seismisitas	0.076699863
10	N (M)	0.001258926

6. Menghitung probabilitas kejadian gempabumi menggunakan persamaan

$$P(M, T) = (1 - e^{-N_1(M)T})$$

Dengan :

$$N_1(M) = N_1(M \geq 4,0) \cdot 10^{-2b}$$

Dimana :

P = Probabilitas keajdian gempabumi

M = Magnitudo dari data gempa

$N(M)$ = Indeks seismitas

b = Estimasi tingkat kerapuhan batuan

$$P(M, T) = 1 - e^{0.076699863*10}$$

$$P(M, T) = 0.012510343$$

T = 10 Tahun

Q12		=1-EXP(-Q10*10)	
	P	Q	
11	T=10 tahun		
12	P=(M,T)=P(4,0;10)		0.012510343

$$P(M, T) = 1 - e^{0.076699863 \cdot 30}$$

$$P(M, T) = 0.0307073461$$

T = 30 Tahun

Q14		=1-EXP(-Q10*30)	
	P	Q	
13	T=30 tahun		
14	P=(M,T)=P(4,0;30)		0.037063461

$$P(M, T) = 1 - e^{0.076699863 \cdot 50}$$

$$P(M, T) = 0.0$$

T = 50 Tahun

Q16		=1-EXP(-Q10*50)	
	P	Q	
15	T=50 tahun		
16	P=(M,T)=P(4,0;50)		0.061006085

$$P(M, T) = 1 - e^{0.076699863 \cdot 70}$$

$$P(M, T) = 0.0$$

T = 70 Tahun

Q18		=1-EXP(-Q10*70)	
	P	Q	
17	T=70 Tahun		
18	P=(M,T)=P(4,0;70)		0.084353396

$$P(M, T) = 1 - e^{0.076699863 \cdot 100}$$

$$P(M, T) = 0.0$$

T = 100 Tahun

Q21		=1-EXP(-Q10*100)
	P	Q
20	T= 100 tahun	
21	P=(M,T)=P(4,0;100)	0.118290428

7. Menghitung periode ulang gempa bumi menggunakan persamaan

$$\theta = \frac{1}{N_1 M}$$

Dimana :

$N_1^{(M)}$ = Jumlah kumulatif gempa dengan magnitudo tertentu

θ = Periode ulang gempa

$$\theta = \frac{1}{0.076699863}$$

$$\theta = 794.3281097$$

Periode Ulang

Q19		=1/Q10
	P	Q
10	N (M)	0.001258926
11	T=10 tahun	
12	P=(M,T)=P(4,0;10)	0.012510343
13	T=30 tahun	
14	P=(M,T)=P(4,0;30)	0.037063461
15	T=50 tahun	
16	P=(M,T)=P(4,0;50)	0.061006085
17	T=70 Tahun	
18	P=(M,T)=P(4,0;70)	0.084353396
19	$\Theta=1/N1(3,0)$	794.3281097

11/2023 9:36 AM



KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG

Jalan Gajayana Nomor 50, Telepon (0341)551354, Fax. (0341) 572533 Website: <http://www.uin-malang.ac.id> Email: info@uin-malang.ac.id

JURNAL BIMBINGAN SKRIPSI/TESIS/DISERTASI

IDENTITAS MAHASISWA

NIM : 200604110004
 Nama : JIHAN SETYO RINI
 Fakultas : SAINS DAN TEKNOLOGI
 Jurusan : FISIKA
 Dosen Pembimbing 1 : Drs. ABDUL BASID, M.Si
 Dosen Pembimbing 2 : Dr. UMAIYATUS SYARIFAH, MA
 Judul Skripsi/Tesis/Disertasi : Analisis Probabilitas dan Periode Ulang Gempabumi di Provinsi Jawa Barat Menggunakan Metode Maksimum Likelihood

IDENTITAS BIMBINGAN

No	Tanggal Bimbingan	Nama Pembimbing	Deskripsi Proses Bimbingan	Tahun Akademik	Status
1	07 September 2023	Drs. ABDUL BASID, M.Si	Memberikan arahan untuk melanjutkan ujian seminar proposal	Ganjil 2023/2024	Sudah Dikoreksi
2	11 Oktober 2023	Drs. ABDUL BASID, M.Si	Memberikan koreksi terkait revisi seminar proposal dan juga persiapan ujian komprehensif	Ganjil 2023/2024	Sudah Dikoreksi
3	30 Oktober 2023	Drs. ABDUL BASID, M.Si	Konsultasi proses pengerjaan bab IV	Ganjil 2023/2024	Sudah Dikoreksi
4	08 November 2023	Drs. ABDUL BASID, M.Si	Konsultasi final bab IV untuk siap diujikan di seminar hasil	Ganjil 2023/2024	Sudah Dikoreksi
5	09 November 2023	Drs. ABDUL BASID, M.Si	Perbaikan bab IV	Ganjil 2023/2024	Sudah Dikoreksi
6	13 November 2023	Dr. UMAIYATUS SYARIFAH, MA	Konsultasi terkait integrasi yang akan di tulis di teks skripsi	Ganjil 2023/2024	Sudah Dikoreksi
7	14 November 2023	Drs. ABDUL BASID, M.Si	Pemantapan persiapan Seminar Hasil	Ganjil 2023/2024	Sudah Dikoreksi
8	15 November 2023	Drs. ABDUL BASID, M.Si	Persiapan Seminar hasil	Ganjil 2023/2024	Sudah Dikoreksi
9	17 November 2023	Drs. ABDUL BASID, M.Si	Konsultasi revisi seminar hasil	Ganjil 2023/2024	Sudah Dikoreksi
10	20 November 2023	Drs. ABDUL BASID, M.Si	Revisi seminar hasil	Ganjil 2023/2024	Sudah Dikoreksi
11	21 November 2023	Drs. ABDUL BASID, M.Si	Revisi seminar hasil (distribusi normal)	Ganjil 2023/2024	Sudah Dikoreksi
12	23 November 2023	Dr. UMAIYATUS SYARIFAH, MA	revisi hasil penulisan integrasi	Ganjil 2023/2024	Sudah Dikoreksi
13	24 November 2023	Dr. UMAIYATUS SYARIFAH, MA	Perbaikan integrasi di Bab IV	Ganjil 2023/2024	Sudah Dikoreksi

Telah disetujui
Untuk mengajukan ujian Skripsi/Tesis/Desertasi

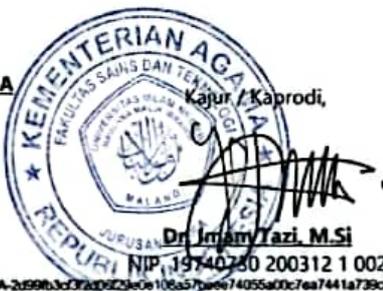
Dosen Pembimbing 2


Dr. UMAIYATUS SYARIFAH, MA
 NIP. 19820925 200901 2 005

Malang, 27 November 2023

Dosen Pembimbing 1


Drs. ABDUL BASID, M.Si
 NIP. 19650504 199003 1 003



Dr. Imam Tazi, M.Si

NIP. 19740730 200312 1 002