

**ANALISIS PERIODE ULANG GEMPA BUMI MENGGUNAKAN  
METODE MAKSIMUM LIKELIHOOD  
(Studi Kasus: Zona Sesar Jawa Barat)**

**SKRIPSI**

Oleh:  
**AULIA SINTA RAHMATULLOH**  
**NIM.17640014**



**PROGRAM STUDI FISIKA  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM  
MALANG  
2022**

**ANALISIS PERIODE ULANG GEMPA BUMI MENGGUNAKAN  
METODE MAKSIMUM LIKELIHOOD  
(Studi Kasus: Zona Sesar Jawa Barat)**

**SKRIPSI**

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

**Oleh:  
AULIA SINTA RAHMATULLOH  
NIM.17640014**

**PROGRAM STUDI FISIKA  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM  
MALANG  
2022**

## HALAMAN PERSETUJUAN

ANALISIS PERIODE ULANG GEMPA BUMI MENGGUNAKAN METODE  
MAKSIMUM LIKELIHOOD  
(Studi Kasus: Zona Sesar Jawa Barat)

### SKRIPSI

Oleh:  
Aulia Sinta Rahmatulloh  
NIM.17640014

Telah Diperiksa dan Disetujui untuk Diuji  
Pada tanggal, 23 Desember 2022

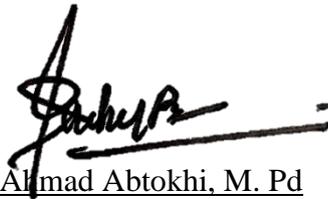
Menyetujui,

Pembimbing I



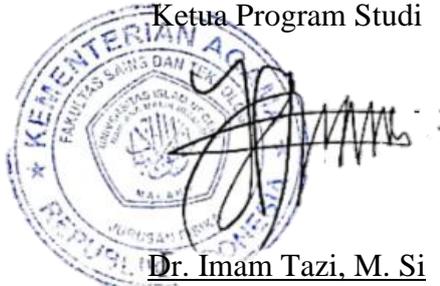
Ahmad Luthfin, S.Si., M.Si  
NIP.19860504 201903 1 009

Pembimbing II



Ahmad Abtokhi, M. Pd  
NIP. 1976003 200312 1 004

Mengetahui,  
Ketua Program Studi



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

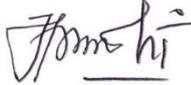
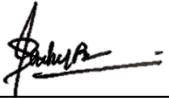
## HALAMAN PENGESAHAN

ANALISIS PERIODE ULANG GEMPA BUMI MENGGUNAKAN METODE  
MAKSIMUM LIKELIHOOD  
(Studi Kasus: Zona Sesar Jawa Barat)

### SKRIPSI

Oleh:  
Aulia Sinta Rahmatulloh  
NIM.17640014

Telah Diperiksa di Depan Penguji Skripsi dan  
Dinyatakan Diterima sebagai Gelar Sarjana (S.Si)  
Tanggal: 23 Desember 2022

|                      |   |   |
|----------------------|---|---|
| Penguji Utama :      | <u>Drs. Abdul Basid, M.Si</u><br>NIP. 19650504 199003 1 003     |  |
| Ketua Penguji :      | <u>Irjan, M.Si</u><br>NIP. 19691231 200604 1 003                |  |
| Sekretaris Penguji : | <u>Ahmad Luthfin, S.Si., M.Si</u><br>NIP. 19860504 201903 1 009 |  |
| Anggota Penguji :    | <u>Ahmad Abtokhi, M. Pd</u><br>NIP. 1976003 200312 1 004        |  |

Mengesahkan,  
Ketua Program Studi



Dr. Imam Tazi, M.Si  
NIP. 19740730 200312 1 00

## PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : AULIA SINTA RAHMATULLOH  
NIM : 17640014  
Program Studi : FISIKA  
Fakultas : SAINS DAN TEKNOLOGI  
Judul Penelitian : ANALISIS PERIODE ULANG GEMPA BUMI  
MENGUNAKAN METODE MAKSIMUM  
LIKELIHOOD (STUDI KASUS: ZONA SESAR JAWA  
BARAT)

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 Desember 2022  
Yang Membuat Pernyataan



Aulia Sinta Rahmatulloh  
NIM. 17640014

## MOTTO

إِنَّ مَعَ الْعُسْرِ يُسْرًا

“sesungguhnya beserta kesulitan itu ada kemudahan.”

## **HALAMAN PERSEMBAHAN**

Segala puji dan syukur kepada Allah SWT  
Sholawat serta salam tertuju kepada Nabi Muhammad SAW

Skripsi ini saya persembahkan untuk:

Orang tua terbaik saya se dunia, Ayah Toha dan Mama Novi  
Adik – adik saya dan Nenek saya  
To me, Terima kasih sudah bertahan sampai di titik ini  
Kamu hebat

## KATA PENGANTAR

*Assalamua'alaikum Wr. Wb.*

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT yang senantiasa memberikan rahmat, taufiq dan hidayah-Nya. Sholawat serta salam senantiasa tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW yang telah menuntun manusia menuju zaman zakiyyah, yakni Addinul Islam Wal Iman sehingga penulis dapat menyelesaikan proposal skripsi yang berjudul “ **Analisis Periode Ulang Gempa Bumi Menggunakan Metode Maksimum Likelihood (Studi Kasus: Zona Sesar Jawa Barat)**”. Skripsi ini ditulis dalam rangka menyelesaikan tugas akhir/skripsi yang adalah salah satu syarat menyelesaikan pendidikan Strata Satu (S1) Departemen Fisika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Maulana Malik Ibrahim Malang.

Penulis menyadari bahwa banyak pihak yang telah berpartisipasi dan membantu dalam menyelesaikan penulisan skripsi ini. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan skripsi. Ucapan terimakasih penulis sampaikan kepada:

1. Prof.Dr.H.M. Zainuddin, MA selaku Rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
2. Dr. Sri Harini, M.Si selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Dr. Imam Tazi, M.Si selaku Ketua Program Studi Fisika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang

4. Ahmad Luthfin, S. Si., M.Si selaku Dosen Pembimbing yang senantiasa memberikan ilmu pengetahuan, motivasi dan meluangkan waktu untuk membimbing penulis selama proses penyusunan skripsi dengan baik.
5. Dr.H.M. Tirono, M.Si selaku Dosen wali yang senantiasa memberikan bimbingan, pengarahan, motivasi dan ilmu pengetahuan.
6. Segenap dosen, Laboran dan Admin Program Studi Fisika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang yang senantiasa memberikan pengarahan dan ilmu pengetahuan.
7. Ayah, Mama, adik serta keluarga di rumah yang selalu memberi doa dan dukungan, baik riil maupun materiil selama proses penelitian.
8. Teman-teman angkatan 2017 yang senantiasa memberi semangat dan dukungan kepada penulis.
9. Semua pihak yang secara langsung maupun tidak langsung memberikan dukungan dalam penulisan skripsi ini.

Dalam penyusunan skripsi ini, penulis menyadari bahwa masih terdapat banyak kekurangan dan kekeliruan. Untuk itu, penulis mengharapkan segala kritik dan saran yang bersifat membangun. Demikian yang dapat penulis sampaikan, semoga skripsi ini dapat bermanfaat dan menambah pengetahuan bagi orang lain.

Malang, November 2022

Penulis

## DAFTAR ISI

|  |             |
|--|-------------|
| <b>COVER</b> .....   | <b>i</b>    |
| <b>HALAMAN JUDUL</b> .....   | <b>ii</b>   |
| <b>HALAMAN PERSETUJUAN</b> .....                                   | <b>iii</b>  |
| <b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....                                    | <b>iv</b>   |
| <b>PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN</b> .....                           | <b>v</b>    |
| <b>MOTTO</b> .....   | <b>vi</b>   |
| <b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....                                   | <b>vii</b>  |
| <b>KATA PENGANTAR</b> .....  | <b>viii</b> |
| <b>DAFTAR ISI</b> .....  | <b>x</b>    |
| <b>DAFTAR GAMBAR</b> .....   | <b>xii</b>  |
| <b>DAFTAR TABEL</b> .....  | <b>xiii</b> |
| <b>LAMPIRAN</b> .....  | <b>xiv</b>  |
| <b>ABSTRAK</b> .....   | <b>xv</b>   |
| <b>ABSTRACT</b> .....  | <b>xvi</b>  |
| مستخلص البحث .....   | <b>xvii</b> |
| <br>   |             |
| <b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....                                     | <b>1</b>    |
| 1.1 Latar Belakang .....   | 1           |
| 1.2 Rumusan Masalah .....  | 8           |
| 1.3 Tujuan Penelitian .....  | 8           |
| 1.4 Batasan Masalah .....  | 9           |
| 1.5 Manfaat Penelitian .....                                       | 9           |
| <br>   |             |
| <b>BAB II DASAR TEORI</b> .....                                    | <b>11</b>   |
| 2.1 Struktur Geologi Jawa Barat .....                              | 11          |
| 2.2 Gempa Bumi .....   | 15          |
| 2.3 Parameter Gempa Bumi .....                                     | 22          |
| 2.4 Parameter Keaktifan Gempa Bumi .....                           | 24          |
| 2.5 Hubungan Frekuensi dan Magnitudo .....                         | 25          |
| 2.6 Metode Maksimum Likelihood .....                               | 26          |
| 2.7 Standar Deviasi .....  | 29          |
| 2.8 Indeks Seismisitas .....                                       | 29          |
| 2.9 Periode Ulang Gempa Bumi .....                                 | 31          |
| <br>   |             |
| <b>BAB III METODE PENELITIAN</b> .....                             | <b>33</b>   |
| 3.1 Waktu dan Tempat Penelitian .....                              | 33          |
| 3.2 Alat dan Bahan .....   | 33          |
| 3.3 Pensortiran Data .....   | 34          |
| 3.4 Pengolahan data .....  | 34          |
| 3.5 Analisis Data .....  | 35          |
| 3.6 Interpretasi Data .....  | 35          |
| 3.7 Diagram Alir Penelitian .....                                  | 36          |
| <br>   |             |
| <b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....                           | <b>37</b>   |
| 4.1 Pembagian wilayah .....  | 37          |
| 4.2 Hubungan frekuensi – magnitudo dan kedalaman – magnitudo ..... | 38          |

|   |           |
|---|-----------|
| 4.3 Perhitungan $b$ value menggunakan metode likelihood ..... | 47        |
| 4.4 Perhitungan $a$ value menggunakan formula wekner .....    | 49        |
| 4.5 Indeks seismisitas.....                                   | 50        |
| 4.6 Probabilitas kejadian gempa bumi .....                    | 51        |
| <b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>                       | <b>71</b> |
| 5.1 Kesimpulan .....  | 71        |
| 5.2 Saran .....   | 72        |
| <b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>                                   | <b>73</b> |
| <b>LAMPIRAN.....</b>  | <b>75</b> |

## DAFTAR GAMBAR

|   |    |
|---|----|
| Gambar 2.1 Mekanisme sumber gempa memperlihatkan mekanisme gempabumi yang menjadi sumber gempa bumi tektonik. Garis tebal vertical menunjukkan pecahan atau sesar pada bagian bumi yang padat (Sunarjo dkk., 2012)..... | 17 |
| Gambar 2.2 Jenis-jenis Pergerakan Lempeng. A. Divergent. B. Convergent....  | 19 |
| Gambar 2.3 <i>Gravity Fault</i> .....   | 19 |
| Gambar 2.4 <i>Trust Fault</i> .....   | 20 |
| Gambar 2.5 <i>Strike Slip Fault</i> .....   | 20 |
| Gambar 2.6 <i>Oblique Slip Fault</i> .....  | 20 |
| Gambar 4.1 Peta Seismisitas Provinsi Jawa Barat.....  | 37 |
| Gambar 4.2 Distribusi Magnitudo Berdasarkan Frekuensi.....  | 39 |
| Gambar 4.3 Distribusi Magnitudo Berdasarkan Kedalaman .....   | 39 |
| Gambar 4.4 Distribusi Magnitudo Berdasarkan Frekuensi.....  | 40 |
| Gambar 4.5 Distribusi Magnitudo Berdasarkan Kedalaman .....   | 41 |
| Gambar 4.6 Distribusi Magnitudo Berdasarkan Frekuensi.....  | 42 |
| Gambar 4.7 Distribusi Magnitudo Berdasarkan Kedalaman .....   | 42 |
| Gambar 4.8 Distribusi Magnitudo Berdasarkan Frekuensi.....  | 43 |
| Gambar 4.9 Distribusi Magnitudo Berdasarkan Kedalaman .....   | 44 |
| Gambar 4.10 Distribusi Magnitudo Berdasarkan Frekuensi.....   | 45 |
| Gambar 4.11 Distribusi Magnitudo Berdasarkan Kedalaman .....  | 45 |
| Gambar 4.12 Distribusi Magnitudo Berdasarkan Frekuensi.....   | 46 |
| Gambar 4.13 Distribusi Magnitudo Berdasarkan Kedalaman .....  | 46 |
| Gambar 4.14 Peta periode ulang gempa bumi $M \geq 3$ SR.....  | 66 |
| Gambar 4.15 Peta periode ulang gempa bumi $M \geq 4$ SR.....  | 67 |
| Gambar 4.16 Peta periode ulang gempa bumi $M \geq 5$ SR.....  | 68 |

## DAFTAR TABEL

|  |    |
|--|----|
| Tabel 2.1 Skala intensitas gempa bumi BMKG Sumber: (BMKG)<br><a href="https://www.bmkg.go.id/gempabumi/skala-mmi.bmkg">https://www.bmkg.go.id/gempabumi/skala-mmi.bmkg</a> ..... | 24 |
| Tabel 3.2 Tabel pengambilan data .....   | 34 |
| Tabel 4.1 Pembagian Wilayah Penelitian.....  | 38 |
| Tabel 4.2 hasil perhitungan nilai $b$ seluruh wilayah penelitian.....  | 47 |
| Tabel 4.3 Nilai $a$ seluruh wilayah penelitian .....   | 49 |
| Tabel 4.4 Perhitungan parameter seismik dan indeks seismisitas $M \geq 3.0$ SR   | 50 |
| Tabel 4.5 Nilai probabilitas terjadinya gempa bumi magnitudo $\geq 3$ SR.....  | 51 |
| Tabel 4.6 Nilai probabilitas terjadinya gempa bumi magnitudo $\geq 4$ SR.....  | 52 |
| Tabel 4.7 Nilai probabilitas terjadinya gempa bumi magnitudo $\geq 5$ SR.....  | 53 |
| Tabel 4.8 Nilai probabilitas terjadinya gempa bumi magnitudo $\geq 3$ SR.....  | 54 |
| Tabel 4.9 Nilai probabilitas terjadinya gempa bumi magnitudo $\geq 4$ SR.....  | 55 |
| Tabel 4.10 Nilai probabilitas terjadinya gempa bumi magnitudo $\geq 5$ SR.....   | 56 |
| Tabel 4.11 Nilai probabilitas terjadinya gempa bumi magnitudo $\geq 3$ SR.....   | 56 |
| Tabel 4.12 Nilai probabilitas terjadinya gempa bumi magnitudo $\geq 4$ SR.....   | 57 |
| Tabel 4.13 Nilai probabilitas terjadinya gempa bumi magnitudo $\geq 5$ SR.....   | 58 |
| Tabel 4.14 Nilai probabilitas terjadinya gempa bumi magnitudo $\geq 3$ SR.....   | 58 |
| Tabel 4.15 Nilai probabilitas terjadinya gempa bumi magnitudo $\geq 4$ SR.....   | 59 |
| Tabel 4.16 Nilai probabilitas terjadinya gempa bumi magnitudo $\geq 5$ SR.....   | 60 |
| Tabel 4.17 Nilai probabilitas terjadinya gempa bumi magnitudo $\geq 3$ SR.....   | 61 |
| Tabel 4.18 Nilai probabilitas terjadinya gempa bumi magnitudo $\geq 4$ SR.....   | 62 |
| Tabel 4.19 Nilai probabilitas terjadinya gempa bumi magnitudo $\geq 5$ SR.....   | 62 |
| Tabel 4.20 Nilai probabilitas terjadinya gempa bumi magnitudo $\geq 3$ SR.....   | 63 |
| Tabel 4.21 Nilai probabilitas terjadinya gempa bumi magnitudo $\geq 4$ SR.....   | 64 |
| Tabel 4.22 Nilai probabilitas terjadinya gempa bumi magnitudo $\geq 5$ SR.....   | 64 |

## LAMPIRAN

|   |    |
|---|----|
| Lampiran 1 Data Gempa Bumi .....  | 76 |
| Lampiran 2 Tabel Periode Ulang Gempa Bumi.....                          | 82 |
| Lampiran 3 Langkah pengolahan data (contoh wilayah 3).....              | 87 |
| Lampiran 4 Langkah membuat peta seismistas menggunakan arcgis 10.3 .... | 93 |

## ABSTRAK

Sinta, Aulia Rahmatulloh. 2022. **Analisis Periode Ulang Gempa Bumi Menggunakan Metode Maksimum Likelihood (Studi kasus: Zona Sesar Jawa Barat)**. Skripsi. Program studi Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Pembimbing: (I) Ahmad Luthfin, S.Si., M.Si (II) Ahmad Abtokhi, M.Pd

---

**Kata Kunci:** Probabilitas, Periode ulang gempa bumi, *Maksimum Likelihood*

Struktur geologi yang berkembang di Jawa Barat pada dasarnya dipengaruhi oleh aktivitas tumbukan Lempeng Indo-Australia yang menunjam di bawah Lempeng Eurasia. Akibat dari adanya aktivitas tumbukan lempeng ini Jawa Barat menjadi kawasan yang rawan terjadi gempa bumi. Ini dikarenakan wilayah tersebut dekat dengan jalur cincin api dan adanya beberapa sesar aktif yang melewati daerah tersebut, seperti Sesar Cimandiri, Sesar Baribis dan Sesar Lembang. Informasi tentang periode ulang gempa bumi menjadi hal yang cukup penting bagi masyarakat yang tinggal di wilayah rawan gempa bumi seperti di zona sesar Provinsi Jawa Barat, sehingga hasil gambaran aktivitas gempa bumi dari penelitian ini diharapkan dapat digunakan untuk mengurangi efek kerusakan dari gempa bumi tersebut. Pada penelitian ini dilakukan analisis periode ulang gempa bumi menggunakan metode maksimum likelihood dengan membagi wilayah penelitian menjadi 6 wilayah. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa wilayah 2 merupakan wilayah yang memiliki risiko terjadi gempa cukup tinggi, dan wilayah 5 merupakan daerah dengan risiko gempa yang rendah.

## ABSTRACT

Sinta, Aulia Rahmatulloh. 2022. **Earthquake Return Period Analysis Using the Maximum Likelihood Method (Case study: West Java Fault Zone)**. Thesis. Department of Physics, Faculty of Science and Technology, State Islamic University of Maulana Malik Ibrahim Malang. Advisor: (I) Ahmad Luthfin, S.Si., M.Si (II) Ahmad Abtokhi, M.Pd

---

**Keywords:** Probability, Earthquake Return Period, *Maksimum Likelihood*

The geological structure that developed in West Java was influenced by the collision activity of the Indo-Australian Plate subducting under the Eurasian Plate. As a result of this plate collision activity, West Java is an area prone to earthquakes. This is because the area is close to the ring of fire and several active faults pass through the area, such as the Cimandiri Fault, Baribis Fault, and Lembang Fault. Information about the return period of earthquakes is quite important for people who live in earthquake-prone areas such as in the fault zone of West Java Province so the results of the description of earthquake activity from this study are expected to be used to reduce the damage effects of the earthquake. In this study, an analysis of the earthquake return period was carried out using the maximum likelihood method by dividing the study area into 6 regions. The results obtained show that region 2 is an area that has a fairly high risk of an earthquake occurring, and region 5 is an area with low earthquake risk.

## مستخلص البحث

أولاً ، سننتا رحمةالله. 2022. تحليل فترة عودة الزلزال باستخدام طريقة الاحتمال الأقصى (دراسة حالة: منطقة صدع جاوة الغربية). البحث الجامعي. قسم الفيزياء، كلية العلوم والتكنولوجيا، جامعة مولانا مالك ابراهيم مالانج. المشرفة (1): احمد لطفن، الماجستير. المشرف (2): احمد عبطكي، الماجستير. التعليم.

---

الكلمات المفتاحية: الاحتمال، فترة عودة الزلزال ، أقصى احتمال

تأثر الهيكل الجيولوجي الذي تطور في جاوة الغربية بنشاط تصادم الصفيحة الهندية الأسترالية التي تنغمس تحت الصفيحة الأوراسية. نتيجة لهذا النشاط تصادم لوحة ، جاوة الغربية هي منطقة عرضة للزلازل. وذلك لأن المنطقة قريبة من حلقة النار والعديد من الأعطال النشطة تمر عبر المنطقة ، مثل خطأ سيمانديري، خطأ باربييس و خطأ ليمبانج. تعتبر المعلومات حول فترة عودة الزلازل مهمة جداً للأشخاص الذين يعيشون في المناطق المعرضة للزلازل مثل منطقة الصدع في مقاطعة جاوة الغربية ، لذلك من المتوقع استخدام نتائج وصف نشاط الزلزال من هذه الدراسة لتقليل آثار الضرر من الزلزال. في هذه الدراسة ، تم إجراء تحليل لفترة عودة الزلزال باستخدام طريقة الاحتمال الأقصى عن طريق تقسيم منطقة الدراسة إلى 6 مناطق. تظهر النتائج التي تم الحصول عليها أن المنطقة 2 هي منطقة ذات مخاطر عالية إلى حد ما لحدوث زلزال ، والمنطقة 5 هي منطقة ذات مخاطر منخفضة للزلازل

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Geologi Jawa Barat adalah salah satu daerah di Pulau Jawa yang mempunyai daya tarik tersendiri. Aktifitas geologi yang telah berlangsung selama berjuta-juta tahun lalu di wilayah ini menghasilkan berbagai jenis batuan mulai dari batuan sedimen, batuan beku (ekstrusif dan intrusif) dan batuan metamorfik dengan umur yang beragam (Hilmi & Haryanto, 2008).

Struktur geologi yang berkembang di Jawa Barat pada dasarnya dipengaruhi oleh aktivitas tumbukan Lempeng Indo-Australia yang menunjam di bawah Lempeng Eurasia. Akibat dari adanya aktivitas tumbukan lempeng ini menghasilkan elemen tektonik utama di Jawa Barat berupa palung, busur luar non vulkanik, cekungan depan busur, jalur magmatisma, cekungan belakang busur dan Paparan Sunda.

Daerah Selatan Jawa Barat adalah kawasan yang rawan terjadi gempa bumi. Ini dikarenakan daerah tersebut dekat dengan jalur cincin api dan adanya beberapa sesar aktif yang melewati daerah tersebut, seperti Sesar Cimandiri, Sesar Baribis dan Sesar Lembang. Daerah ini adalah wilayah Kepulauan Indonesia yang letaknya berada pada zona pertemuan antara lempeng Eurasia dan Indo-Australia yang bergerak ke utara bertumbukan dengan lempeng Eurasia yang relatif diam (Haryanto, 2006).

Provinsi Jawa Barat tercatat sebagai daerah yang paling aktif kejadian gempa bumi di Pulau Jawa, berdasarkan data sebaran aktivitas gempa di pulau Jawa sejak 2019 tampak wilayah Jawa Barat adalah kawasan dengan seismisitas

paling aktif, aktivitas gempa di Jawa Barat tidak hanya terjadi di zona megathrust saja tetapi frekuensi aktivitas gempa kerak dangkal (*shallow crustal earthquake*) akibat aktivitas sesar aktif juga sangat tinggi. Data BMKG menunjukkan sejak Januari 2020 sampai Juli 2020 sudah terjadi lebih dari 35 aktivitas gempa di Jawa Barat yang guncangannya dirasakan masyarakat. Selain itu gempa bumi juga terjadi di wilayah Sukabumi dengan magnitudo 2,8. Episenter terletak pada koordinat 7,02 LS dan 106,96 BT. Tepatnya di darat pada jarak 10 kilometer arah tenggara Kota Sukabumi pada kedalaman 9 km. memperhatikan lokasi episenter dan kedalaman hiposenternya tampak bahwa gempa yang terjadi adalah jenis gempa kerak dangkal (*shallow crustal earthquake*) di zona Sesar Cimandiri (Salsabella & Rahmawati, 2014).

Dari sekian banyak ayat yang terdapat dalam al-Qur'an, ada sekitar 750 ayat yang menjelaskan tentang kejadian alam semesta dan berbagai fenomena alam lainnya termasuk hakikat berjalannya gunung yang dikenal dengan ayat kauniyah, yang mana menuntut manusia untuk mengkaji dalam tentang ayat itu guna mengungkap rahasia kebesaran penciptaan Allah di alam semesta dan menambah kualitas keimanan manusia. Allahu ta'ala berfirman :

ثُمَّ شَفَقْنَا الْأَرْضَ شَفَقًا

Artinya :

"kemudian Kami belah bumi dengan sebaik-baiknya," (QS. `Abasa: 26)

Sebuah ayat singkat namun berisi gambaran yang sangat luas dan mencakup pemaparan tentang suatu konsep pengetahuan tentang keadaan bumi kita sekarang. Teori tersebut dikenal dengan Teori Pangaea, biasa disebut Pangea atau Pangaea (dalam bahasa Yunani Kuno, *pan* berarti "keseluruhan, seluruh"

dan *gaia* berarti "bumi"). Pangea berarti benua raksasa pada zaman Paleozoikum dan Mesozoikum kira-kira 250 juta tahun yang lalu. Benua raksasa ini akhirnya terpecah menjadi beberapa potong benua atau lempeng yang selanjutnya menyebar ke seluruh permukaan bumi seperti sekarang.

Teori Pangea pertama kali dicetuskan oleh Alfred Wegener seorang Ilmuwan Jerman baru pada tahun 1920 dalam bukunya "*The Origin of Continents and sea*" (Entstehung Die Kontinente und der Ozeane). Buku menunjukkan bahwa superbenua Pangaea memainkan peran kunci pembentukan benua dan samudra (Muhlis, 2019).

Di antara yang termasuk ayat-ayat kauniyah dalam al-qur'an adalah hakikat gunung berjalan. Hakikat ini dijelaskan dalam firmanNya:

وَتَرَى الْجِبَالَ تَحْسَبُهَا جَامِدَةً وَهِيَ تَمُرُّ مَرَّ السَّحَابِ ۗ صُنْعَ اللَّهِ الَّذِي أَتَقَنَ كُلَّ شَيْءٍ ۗ إِنَّهُ  
خَبِيرٌ بِمَا تَفْعَلُونَ

Artinya :

"Dan kamu lihat gunung-gunung itu, kamu sangka dia tetap di tempatnya, padahal ia berjalan sebagai jalannya awan. (Begitulah) perbuatan Allah yang membuat dengan kokoh tiap-tiap sesuatu; sesungguhnya Allah Maha Mengetahui apa yang kamu kerjakan." (An-Naml/27 :88)

Bagi riset yang dicoba oleh Alferd Wegener kalau pada dini mulanya daratan itu menyatu, hendak namun hadapi perpindahan silih menghindari ke arah yang berbeda- beda. Riset yang dicoba oleh Wegener ini baru teruji hakikatnya sehabis dekat 50 tahun dari kematiannya oleh para pakar geologi yang melaporkan kalau pada dini mulanya permukaan bumi ini adalah satu kesatuan yang setelah itu dinamakan dengan Pangaea, yang mana daratan ini terletak di kutub selatan.

Sehabis sebagian tahun lamanya, Pangaea ini hadapi pemisahan yang mana tiap- tiap bergerak kearah yang bertentangan serta membentuk 2 daratan raksasa ialah daratan Gondwana yang terdiri dari Afrika, Australia, Antartika serta India. Sebaliknya daratan yang kedua adalah daratan Laurasia yang mana daratan ini meliputi Eropa, Amerika utara serta Asia kecuali India. Sepanjang 150 tahun sehabis terpisahnya 2 daratan Gondwana serta Laurasia ini, 2 daratan ini dibagi jadi daratan- daratan yang lebih kecil lagi.

Berkenaan dengan hakikat gunung berjalan yang diakibatkan oleh pergerakan kerak bumi, ini baru ditemui oleh ilmuwan geologi atas penelitiannya pada awal abad ke-20. Dimana mereka menjelaskan bahwa kerak serta bagian terluar dari magma, yang mempunyai ketebalan dekat 100 kilometer dibagi atas sebagian susunan yang dinamakan dengan lempengan. Terdapat dekat 6 lempengan utama serta pula lempengan - lempengan kecil, yang bagi teori lempeng tektonik, lempengan tersebut bergerak pada permukaan bumi yang bawa daratan serta pula bawah lautan bersamanya. Pergerakan daratan tersebut sudah diukur dengan kecepatan 1- 5 centimeter pertahun, lempengan- lempengan itu terus bergerak sehingga menimbulkan pada pergantian pada letak geografis bumi dengan lama- lama tiap tahun, salah satu contohnya adalah Samudra Atlantik jadi lebih lebar (Muhlis, 2019).

Metode *maksimum likelihood* adalah salah satu metode yang dapat digunakan untuk menghitung parameter keaktifan gempa bumi. Metode ini mempunyai keunggulan, di mana dalam menghitung secara statistik nilai parameter keaktifan gempa bumi, kelas interval magnitudo dapat diatur sedemikian rupa untuk

menghindari kekosongan magnitudo pada kelas interval tertentu (Lumintang dkk., 2015).

Penelitian tentang periode ulang kejadian gempa bumi menggunakan metode *Likelihood* sebelumnya pernah dilakukan oleh Budiman dkk (2011) yang berjudul Analisis Periode Ulang Dan Aktivitas Kegempaan Pada Daerah Sumatera Barat Dan sekitarnya. Penelitian tersebut menggunakan data gempa bumi dengan magnitudo sama atau besar dari 5,0 Skala Richter dan kedalaman 0-300 km pada periode tahun 1973-2010 yang bersumber dari *USGS (United State Geological Service)*. Tingkat keaktifan gempa bumi (nilai a dan b) dan nilai periode ulang dihitung menggunakan metode *Likelihood*. Dari perhitungan aktivitas kegempaan untuk keempat daerah diperoleh nilai a berkisar dari 6,70 sampai 7,13 dan nilai b berkisar dari 0,94 sampai 1,01. Hal ini menunjukkan bahwa keempat daerah penelitian mempunyai aktivitas kegempaan yang relatif hampir sama. Dari perhitungan periode ulang, magnitudo 5,0-6,5 SR memadai dijadikan acuan dalam memperkirakan perulangan gempa untuk keempat daerah penelitian. Tetapi untuk gempa-gempa besar (daerah I gempa besar dari 7,5 SR, daerah II gempa besar dari 6,5 SR, daerah III dan IV gempa besar dari 7,0 SR), diperkirakan tidak akan terjadi karena mengingat keempat daerah adalah daerah dengan aktivitas kegempaan yang cukup tinggi karena terletak di daerah dan sekitar zona subduksi (Budiman, 2011).

Penelitian selanjutnya oleh Fidia, dkk (2018) yang berjudul Korelasi Tingkat Seismisitas dan Periode Ulang Gempa Bumi di Kepulauan Mentawai dengan Menggunakan Metode *Guttenberg-Richter*. Penelitian ini menggunakan data

gempa bumi dengan magnitudo sama atau besar dari 5 Skala Richter dan kedalaman 0-100 km untuk periode 1914-2015. Data ini bersumber dari katalog *ISC (International Seismological Centre)* dan BMKG Padang Panjang. Tingkat keaktifan gempa bumi dihitung dengan menggunakan metode *Likelihood*, sedangkan nilai periode ulang gempa dihitung dengan menggunakan metode *Gutenberg-Richter*. Berdasarkan hasil perhitungan, diperoleh nilai  $b$  sebesar 0,8372 dan nilai  $a$  sebesar 6,8094 serta nilai indeks seismisitas untuk magnitudo 5-8 berkisar antara 2,1580-0,0066. Hal ini menunjukkan bahwa daerah penelitian mempunyai tingkat keaktifan kegempaan yang tinggi. Untuk magnitudo 5-8 diperoleh nilai periode ulang antara 0,4633-150,5033 tahun. Secara umum dapat disimpulkan bahwa daerah Kepulauan Mentawai mempunyai tingkat seismisitas tinggi dan rawan bencana gempa bumi. Hal ini dibuktikan dengan tingginya tingkat keaktifan gempa dan nilai periode ulang yang singkat (Fidia dkk., 2018).

Kemudian penelitian menggunakan metode *likelihood* lainnya dilakukan oleh Dewi Wahyuni, dkk (2020) yang berjudul Analisis Seismotektonik dan Periode Ulang Gempa Bumi pada Wilayah Jawa Timur Menggunakan Relasi *Gutenberg – Richter*. Penelitian ini memakai analisis seismotektonik dan periode ulang gempa bumi pada wilayah Jawa Timur dengan relasi *Gutenberg-Richter*. Penelitian ini menggunakan metode *Maximum Likelihood* dan formula *Wekner* untuk mendapatkan nilai tingkat seismik ( $\alpha$ ), nilai tingkat kerapuhan batuan ( $b$ ), probabilitas, dan periode ulang gempa bumi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui wilayah yang mempunyai kerentanan terhadap terjadinya gempa bumi sebagai upaya mitigasi bencana di Jawa Timur. Hasil analisa data pada

penelitian gempa bumi untuk wilayah Jawa Timur dapat disimpulkan bahwa Periode ulang gempa bumi untuk 8 wilayah mempunyai periode ulang yang berbeda beda, wilayah I mempunyai periode ulang 6 tahun, wilayah II mempunyai periode ulang 29 tahun, wilayah III mempunyai periode ulang 5 tahun, wilayah IV mempunyai periode ulang 14 tahun, wilayah V mempunyai periode ulang 445 tahun, wilayah VI mempunyai periode ulang 83 tahun, wilayah VII mempunyai periode ulang 180 tahun, wilayah VIII mempunyai periode ulang 157 tahun. Wilayah III adalah wilayah yang mempunyai risiko terjadi gempa cukup tinggi, dan wilayah V adalah daerah dengan risiko gempa yang rendah. Karena wilayah III adalah daerah lautan, maka daerah daratan yang berpotensi merasakan dampak dari gempa di wilayah III adalah wilayah VII yang meliputi daerah Bangkalan, Gresik, Jember, Lamongan, Lumajang, Malang, Mojokerto, Probolinggo, Sampang, Sidoarjo, Surabaya, dan Batu (Dewi Wahyuni dkk., 2020).

Minimnya pengetahuan masyarakat tentang mitigasi bencana khususnya gempa bumi, dan relatif tingginya tingkat kegempaan di wilayah Provinsi Daerah Jawa Barat, sehingga penulis bermaksud untuk melakukan analisis tentang periode ulang gempa bumi di zona sesar Wilayah Jawa Barat dengan menggunakan data kegempaan di masa lalu wilayah tersebut.

Penelitian ini menggunakan data gempa bumi dengan mengambil data dari situs *USGS Earthquake* dan katalog BMKG dengan ketentuan magnitudo minimum 3 SR dan kedalaman 0-300 km. Wilayah penelitian dibatasi dengan titik koordinat 5°50'- 7°50' LS hingga 104°8' - 108°41' BT. Data gempa yang

dijadikan sumber data mulai dari Januari 1999 – Desember 2020 kurang lebih 21 tahun terakhir.

Informasi tentang periode ulang gempa bumi menjadi hal yang cukup penting bagi masyarakat yang tinggal di wilayah rawan gempa bumi seperti di zona sesar Provinsi Jawa Barat, sehingga hasil gambaran aktivitas gempa bumi dari penelitian ini diharapkan dapat digunakan untuk mengurangi efek kerusakan dari gempa bumi tersebut. Gempa bumi yang selama ini terjadi sangat merugikan masyarakat. Bangunan, harta benda, bahkan nyawa hilang dalam sekejap karena kurangnya kesadaran masyarakat terhadap pentingnya mitigasi bencana gempa bumi. Walaupun manusia tidak dapat menghindari suatu bencana, namun dengan adanya upaya mitigasi dapat meminimalisir korban jiwa dan kerugian harta benda yang terjadi akibat dari gempa bumi tersebut.

### **1.2 Rumusan Masalah**

1. Bagaimana probabilitas gempa bumi di zona sesar wilayah Jawa Barat?
2. Bagaimana periode ulang gempa bumi di zona sesar wilayah Jawa Barat?

### **1.3 Tujuan Penelitian**

1. Untuk mengetahui probabilitas gempa bumi di zona sesar wilayah Jawa Barat
2. Untuk mengetahui periode ulang gempa bumi di zona sesar wilayah Jawa Barat

#### 1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Data gempa bumi yang digunakan adalah data sekunder yang diperoleh dari situs USGS dan BMKG dengan ketentuan magnitudo minimum 3 SR dan kedalaman 0-30 km. Cakupan area penelitian dibatasi dengan titik koordinat 5°50' - 7°50' LS hingga 104°8' - 108°41' BT. Data gempa yang dijadikan sumber data mulai dari Januari 1970 – Desember 2020 kurang lebih 50 tahun terakhir.
2. Parameter yang terukur dalam penelitian ini adalah periode ulang, indeks seismisitas, probabilitas kejadian gempa bumi, pergerakan lempeng (a-value) dan parameter tektonik (b-value).
3. Periode ulang yang dihitung yaitu pada Magnitudo lebih besar dari 5 ( $M \geq 5$ ).
4. Probabilitas kejadian gempa bumi dengan rentang waktu 10 tahun, 30 tahun, 50 tahun dan 100 tahun.

#### 1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diambil dari penelitian ini antara lain:

1. Segi Akademik
  - a. Memberikan pengetahuan tentang pengolahan data dan metode untuk mengetahui periode ulang gempa bumi.
  - b. Menambah pemahaman tentang metode likelihood.
  - c. Memperkaya kajian penelitian yang bisa digunakan sebagai referensi penelitian selanjutnya tentang periode ulang gempa bumi di zona sesar wilayah Jawa Barat.

## 2. Segi Masyarakat

Sebagai informasi tentang periode ulang gempa bumi di zona sesar guna mitigasi bencana menggunakan metode likelihood berdasarkan data gempa Jawa Barat. Informasi tentang periode ulang gempa bumi menjadi hal yang cukup penting bagi masyarakat yang hidup di wilayah rawan gempa bumi seperti di Provinsi Jawa Barat, sehingga hasil gambaran aktivitas gempa bumi dari penelitian ini diharapkan dapat digunakan dengan baik untuk mereduksi efek dari gempa bumi tersebut.

## **BAB II**

### **DASAR TEORI**

#### **2.1 Struktur Geologi Jawa Barat**

Struktur geologi yang tumbuh di Jawa Barat pada dasarnya dipengaruhi oleh kegiatan tumbukan Lempeng Indo-Australia yang menunjam di dasar Lempeng Eurasia. Akibat dari terdapatnya kegiatan tumbukan lempeng ini menciptakan elemen tektonik utama di Jawa Barat berbentuk palung, busur luar non vulkanik, cekungan depan busur, jalan magmatisma, cekungan balik busur serta Paparan Sunda. Sebagian cerminan tiap- tiap elemen tektonik pada dikala ini, dari selatan ke utara, adalah sebagai berikut(Haryanto, 2006) :

1. Palung (Trench) berada di selatan Pulau Jawa. Di daerah ini Lempeng Samudra Hindia Australia menyusup ke bawah Lempeng Asia.
2. Busur luar non vulkanic terdiri atas batuan melange yang tersesarkan secara intensif. Terletak di bawah permukaan laut di selatan Pulau Jawa.
3. Cekungan Depan Busur (Outer arc basin) yang terletak antara Busur luar non vulkanik dengan Pulau Jawa. Di daerah ini terbentuk lapisan sedimen terdiri atas bahan vulkanik dan sedimen asal vulkanik dengan batugamping terumbu.
4. Busur Magmatik dijumpai di daratan Pulau Jawa, membentang relatif barat-timur.

5. Cekungan Belakang Busur (Back arc basin) posisinya berada diantara Jalur magmatik dengan Paparan Sunda.
6. Paparan Sunda adalah inti benua, terdiri atas batuan sedimen dan kristalin yang telah termalihkan.

Struktur Pulau Jawa sudah banyak dipelajari oleh para periset baik bersumber pada informasi gambar hawa, riset lapangan, citra satelit, informasi magnetik, informasi style berat ataupun informasi seismik. Bersumber pada bermacam berbagai riset itu dan informasi dari pemboran migas, bisa disimpulkan kalau pada dasarnya di pulau Jawa terdapat 3(tiga) arah kelurusan struktur yang dominan. Tiap- tiap ketiga pola struktur tersebut adalah Pola Meratus, Pola Sunda serta Pola Jawa. Dari sekian banyak sesar yang tumbuh di Jawa Barat, terdapat 3 jalan sesar yang terekam di permukaan, ialah Sesar Cimandiri, Sesar Baribis serta Sesar Lembang (Haryanto, 2006) :

- a. Sesar Cimandiri

Sesar Cimandiri adalah sesar paling tua (umur Kapur), membentang mulai dari Teluk Pelabuhan ratu menerus ke timur melalui Lembah Cimandiri, Cipatat-Rajamandala, Gunung Tangkuban prahu Burangrang dan diduga menerus ke timur laut menuju Subang. Secara keseluruhan, jalur sesar ini berarah timurlaut-baratdaya dengan jenis sesar mendatar hingga oblique (miring). Oleh Martodjojo dan Pulunggono (1986), sesar ini dikelompokan sebagai Pola Meratus.

Sesar Cimandiri di segmen Cipatat, menyebabkan batuan dari Formasi Citarum dan Formasi Rajamandala terlipat kuat sehingga bidang perlapisan batuan di kedua formasi tersebut umumnya di atas  $50^\circ$ . Di Sungai Cibogo, Rajamandala, kemiringan bidang lapisan batuan ada yang mencapai  $80^\circ$  hingga  $90^\circ$  bahkan di beberapa segmen telah mengalami pembalikan.

Jalur sesar Cimandiri di segmen Rajamandala, berarah timurlaut baratdaya. Arah jalur sesar ini ternyata relative sejajar dengan arah umum jurus perlapisan batuan. Dengan memperhatikan hubungan sudut jalur sesar dengan bidang perlapisan batuanya, maka dapat disimpulkan bahwa Sesar Cimandiri pada segmen Rajamandala dipengaruhi oleh komponen gerak naik atau jenis sesarnya termasuk ke dalam jenis sesar naik.

#### b. Sesar Baribis

Sesar Baribis adalah sesar utama di utara Jawa Barat. Diketahui dibagian utara dijumpai adanya kelurusan regional yang arahnya baratlaut tenggara. Arah kelurusan ini selanjutnya menerus ke arah tenggara. Di daerah Kadipaten, yaitu tepat-nya di Desa Baribis, ditemukan sejumlah bidang sesar dan struktur sesar minor yang memotong tubuh batu-gamping. Ukuran bidang sesar tersebut relatif besar, dengan arah jurus dan sudut kemiringan bidangnya berkisar antara  $N 280^\circ E - N 300^\circ E / 30^\circ - 45^\circ$ , pitch berkisar antara  $60^\circ - 89^\circ$ . Seluruh bidang sesar naik tersebut menunjukkan pergerakan naik. Indikasi sesar Baribis yang jejak-nya dapat diamati

di lapangan adalah ditemukannya singkapan batuan dari Formasi Kaliwangu (Pliosen) dan Formasi Citalang (Pliosen-Plistosen), dengan kemiringan lapisan batuan yang cukup besar, yaitu diatas  $50^{\circ}$  bahkan di beberapa lokasi pengamatan seperti yang dijumpai di Sungai Cibayawak, kemiringan lapisan batuan mendekati  $80^{\circ}$ . Selanjutnya pada tubuh batuan yang terlipat kuat ini dijumpai sejumlah sesar minor, seperti yang dijumpai di Sungai Cibayawak, Sungai Cipelang, Sungai Cipanas dan Sungai Cikandung. Besarnya kemiringan lapisan batuan dan ditemukannya sejumlah sesar minor tersebut diyakini sebagai akibat adanya tektonik kompresi yang cukup kuat. Tektonik inilah sebagai penyebab terbentuknya Sesar Baribis di sepanjang jalur tersebut.

#### c. Sesar Lembang

Sesar Lembang yang letaknya di utara Bandung, membentang sepanjang kurang lebih 30 km dengan arah barat-timur. Sesar ini berjenis sesar normal (sesar turun) dimana blok bagian utara relatif turun membentuk morfologi pedataran (pedataran Lembang), sedangkan foot wall yang berada di bagian selatan membentuk jalur perbukitan berarah barat-timur.

Gawir sesar Lembang dapat diamati dengan baik di daerah Cibodas yaitu sekitar 3 km ke arah timur dari Maribaya. Di lokasi ini tampak jelas bahwa gawir sesar Lembang terdiri atas beberapa bidang yang menangga (steep fault). Walaupun gawir sesarnya berkembang baik tetapi tidak ditemukan adanya jejak-jejak

pergeseran berupa cermin sesar. Salah satu bukti adanya jalur sesar di lokasi ini adalah berkembangnya struktur kekar pada batuan beku andesitik dengan intensitas yang sangat tinggi.

## **2.2 Gempa Bumi**

Pada hakekatnya gempa bumi adalah getaran atau serentetan getaran dari kulit bumi yang bersifat tidak abadi/ sementara dan kemudian menyebar ke segala arah. Gempa bumi juga adalah hentakan besar yang terjadi sekaligus akibat penimbunan energi elastik atau strain dalam waktu yang lama secara kontinuitas akibat dari adanya proses pergerakan lempeng benua dan samudera. Sesungguhnya, kulit bumi bergetar secara kontinu walaupun relatif sangat kecil. Getaran tersebut tidak dikatakan sebagai gempa bumi karena sifat getarannya terus menerus, sedangkan gempa bumi mempunyai waktu awal dan akhir terjadinya sangat jelas(Nandi, 2006).

Gempa bumi dapat terjadi oleh peristiwa letusan gunung api, benturan meteorit, tanah longsor, ledakan bom, dan banyak lagi penyebab lainnya; namun umumnya mereka disebabkan oleh gerakan mendadak kerak Bumi di sepanjang bidang patahan (Abott, 2004).

Karakteristik khas Indonesia yang secara geografis terletak di antara 2 lempeng daratan serta 2 lempeng samudra menjadikannya salah satu Negeri dengan kemampuan bencana terbanyak di dunia. Salah satu antara lain kemampuan tersebut tercantum gempa bumi. Secara universal gempa bumi dimaksud dengan terdapatnya gerakan serta guncangan bumi dari kondisi lebih dahulu yang secara lahir tenang mengarah gerakan yang seketika mengguncang serta membolak- balikkan bumi. Perihal tersebut menampilkan

kalau gempa bumi terjalin sebab terdapatnya sebab- sebab alamiyah ataupun kerap diucap dengan sebab- sebab yang bertabiat membumi serta‘ alamiyyah (tahtiyat-‘ alamiyyah). Dalam peristiwa terbentuknya gempa bumi memanglah tidak seluruhnya bersumber dari kesalahan manusia serta ataupun sebab murka Allah, hendak namun gempa bumi itu tiba dapat pula sebab telah ialah kehendak dari Allah, dengan seizin- Nya sesuatu bencana dapat terjalin kapan juga serta dimana juga dan tanpa diduga-duga. Allah swt. berfirman(Suhardiman dkk., 2021) :

فَأَخَذَتْهُمُ الرَّجْفَةُ فَأَصْبَحُوا فِي دَارِهِمْ جِثْمِينَ

Terjemahannya :

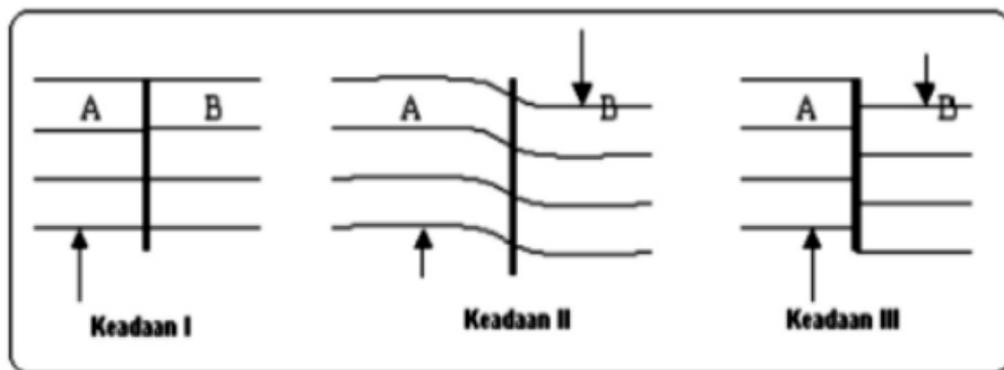
*“Lalu datang gempa menimpa mereka, dan mereka pun mati bergelimpangan di dalam reruntuhan rumah mereka.” (QS al-A’raf/7: 78)*

Bersumber pada ayat di atas, menarangkan menimpa azab Allah yang diturunkan kepada mereka berbentuk gempa dahsyat yang menggoncangkan bumi bagaikan gempa besar yang menghancurkan seluruh bangunan sehingga mereka seluruhnya binasa. Peristiwa gempa bumi hendak memunculkan banyak korban jiwa. Perihal tersebut bisa menampilkan kalau masih minimnya pengetahuan serta pengetahuan warga tentang gempa bumi. Warga sangat butuh buat mengenali apa saja faktor - faktor terbentuknya bencana alam ataupun mitigasinya. Salah satu metode penangkalan ataupun mitigasinya dengan mengenali pola periode ulang gempa bumi.

Suatu blok batuan yang mengalami tekanan akan memberikan response berupa gerak/pergerakkan terhadap batuan yang lain. Untuk batuan yang elastik seperti batulempung dan napal bila mendapatkan tekanan maka tidak langsung patah tetapi terlipat lebih dahulu, baru setelah kekuatan tekanan

tersebut melebihi dari nilai elastisitasnya maka batuan tersebut akan patah. Untuk batuan yang mempunyai nilai elastisitasnya rendah seperti breksi, konglomerat, batugamping sangat sulit mengalami perlipatan, sehingga bila mengalami tekanan yang melebihi batas elastisitasnya maka batuan tersebut akan patah, mengikuti bidang rekahannya yang baru yang disebut sebagai sesar (Gambar 2.1). Ada 2 (dua) syarat yang harus dipenuhi dalam proses gempa bumi tektonik (Hidayat & Santoso, 1997) :

1. Tegangan elastik pada suatu masa batuan harus perlahan-lahan terkumpul dan menerus.
2. Batuan dapat menahan energi tegangan elastik secara perlahan-lahan dalam perubahan bentuk pada 1020-1025 ergs, sebagai contohnya adalah bom atom Hiroshima yang mempunyai energi 8 x 1020 ergs.



Gambar 2.1 Mekanisme sumber gempa memperlihatkan mekanisme gempabumi yang menjadi sumber gempa bumi tektonik. Garis tebal vertical menunjukkan pecahan atau sesar pada bagian bumi yang padat (Sunarjo dkk., 2012)

Pada Gambar 2.1 terlihat keadaan I menunjukkan suatu lapisan yang belum terjadi perubahan bentuk geologi. Karena di dalam bumi terjadi gerakan

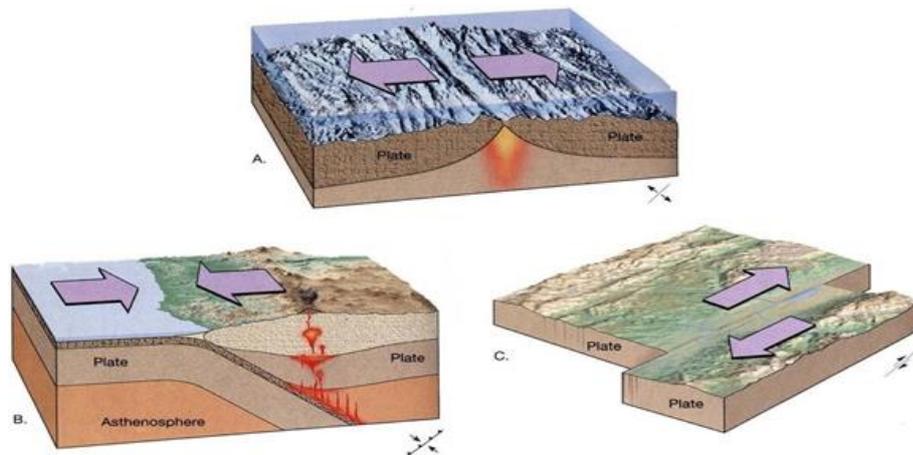
yang terus-menerus, maka akan terdapat tekanan (stress) yang akan terakumulasi dan merubah bentuk geologi dari lapisan batuan.

Keadaan II menunjukkan suatu lapisan batuan telah mendapat tekanan (stress) dimana telah terjadi perubahan geologi. Untuk daerah A mendapat stress ke atas, sedang daerah B mendapat tekanan (stress) ke bawah. Proses ini berjalan terus sampai stress yang terjadi di daerah ini cukup besar untuk merubahnya menjadi gesekan antara daerah A dan daerah B. Lama kelamaan karena lapisan batuan sudah tidak mampu lagi untuk menahan stress, maka akan terjadi suatu pergerakan yang tiba-tiba sehingga terjadilah patahan. Peristiwa pergerakan yang tiba-tiba ini dinamakan gempa bumi.

Pada keadaan III menunjukkan lapisan batuan yang sudah patah karena adanya pergerakan gempa bumi tersebut. Gerakan perlahan-lahan patahan ini akan berjalan terus sehingga seluruh proses di atas akan terulang dan sebuah gempabumi akan terjadi lagi setelah beberapa waktu lamanya, demikian seterusnya. Teori Reid ini dikenal dengan nama "Elastic Rebound Theory" (Sunarjo dkk., 2012).

Ada tiga jenis pergerakan lempeng tektonik yaitu,

1. Saling menjauhi (divergent).
2. Saling mendekati dan bertubrukan (convergent).
3. Saling berpapasan (transform).



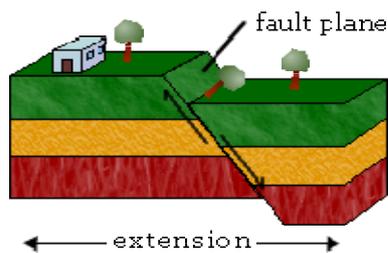
Gambar 2.2 Jenis-jenis Pergerakan Lempeng. A.Divergent. B.Convergent.

Selain disebabkan oleh pergerakan lempeng tektonik, mekanisme gempa bumi juga sangat erat kaitannya dengan patahan. Secara umum pergerakan dasar patahan (fault) adalah sebagai berikut :

a. *Dip Slip Fault* (Patahan Miring), dapat dibedakan menjadi dua, yaitu :

- *Gravity Fault* (Patahan Turun)

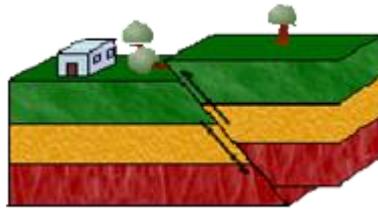
Yaitu blok atas bergerak relatif terhadap blok dibawahnya. Hal ini disebabkan oleh gaya kompresi dan umumnya mempunyai sudut  $450 < \alpha < 900$ .



Gambar 2.3 *Gravity Fault*

- *Trust Fault* (Patahan Naik)

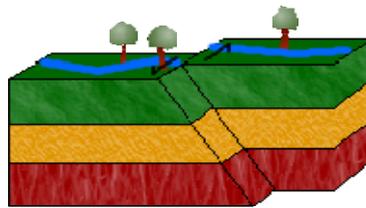
Yaitu pergeseran blok dimana salah satu blok bergerak relatif terhadap blok yang lainnya, sehingga pergerakannya naik. Hal ini karena adanya gaya tension, umumnya mempunyai sudut  $00 < \alpha < 450$ .



Gambar 2.4 *Thrust Fault*

b. *Strike Slip Fault* (Patahan Menjurus)

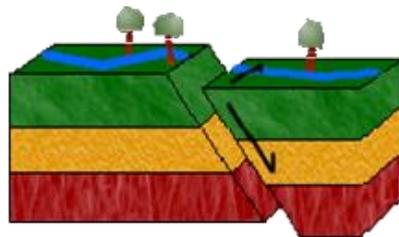
yaitu pergerakan blok secara lateral (horizontal/vertikal) baik searah jarum jam ataupun berlawanan dengan arah jarum jam. Pada umumnya sudutnya  $\alpha$  mendekati  $90^\circ$ .



Gambar 2.5 *Strike Slip Fault*

c. *Oblique Slip Fault* (Patahan Miring/mencong)

yaitu pergerakan blok sebagai akibat dari Dip Slip Fault dan Strike Slip Fault.



Gambar 2.6 *Oblique Slip Fault*

Menurut Handayani dkk. (2012) Gempa bumi berdasarkan kedalamannya dibagi menjadi tiga yaitu:

1. Gempa bumi dangkal (kedalaman 0 - 60 km)

Gempa bumi dangkal yang terjadi di daratan biasanya berhubungan dengan patahan-patahan besar yang bergeser atau bergerak akibat pergerakan lempeng. Gempa bumi dangkal mempunyai daya rusak konstruksi yang sangat kuat. Hal ini dikarenakan jarak hiposenter cukup dekat dengan permukaan sehingga getaran gempa akan terasa sangat kuat dipermukaan. Walaupun skala gempanya hanya mempunyai amplitudo 4 - 5 SR namun dapat membuat kerusakan pada bangunan. Sedangkan gempa bumi dangkal yang terjadi di laut dapat mengakibatkan terjadinya tsunami apabila memiliki kekuatan gempa 6 SR.

## 2. Gempa bumi menengah (kedalaman 60 –300 km)

Bumi terdiri dari tiga lapisan utama yaitu crust, mantle dan core. Crust atau lithosfer adalah lapisan yang paling terluar dari bumi berbentuk padat dengan ketebalan lapisan mencapai 100 km. Lithosfer terdiri dari kerak bumi dan bagian atas selubung. Gempa- gempa dalam terjadi pada kedalaman dibawah kerak bumi. Sehingga digolongkan sebagai gempa-gempa yang mungkin tidak berasosiasi dengan penampakan patahan di permukaan. Namun gempa-gempa ini masih dapat diperkirakan mekanisme terjadinya.

## 3. Gempa bumi dalam (> 300 km)

Gempa sangat dalam ini sebenarnya relatif sering terjadi. Namun karena berada pada kedalaman dibawah 300 km maka manusia tidak bisa merasakan getarannya. Gempa sangat dalam adalah gempa-gempa yang disebabkan oleh pergerakan kerak benua. Terjadinya gempa bumi biasanya diiringi oleh beberapa macam guncangan, diantaranya :

### 1. Foreshock, Deretan guncangan yang terjadi sebelum gempa bumi.

2. Aftershock, Deretan guncangan yang terjadi setelah gempa bumi. Dapat terjadi selama berbulan – bulan.
3. Swarm, Sejumlah besar guncangan kecil tanpa ada gempa bumi utama.

### **2.3 Parameter Gempa Bumi**

Parameter gempa bumi adalah informasi yang berkaitan dengan kejadian gempa bumi. Parameter gempa bumi adalah acuan nilai besaran dan letak kejadian suatu gempa bumi. Besaran gempa bumi adalah suatu ukuran kekuatan yang dihitung berdasarkan data dari alat perekam gempa atau seismograf (Nia Shohaya dkk., 2013).

Parameter gempa bumi meliputi waktu kejadian (origin time), lokasi episenter, kedalaman sumber gempa bumi, dan magnitudo (Sari dkk., 2012) :

- a. Waktu kejadian gempa bumi (origin time) adalah waktu terlepasnya akumulasi tegangan (stress) yang berbentuk penjalaran gelombang gempa bumi dan dinyatakan dalam hari, tanggal, bulan, tahun, jam, menit, dan detik dalam satuan UTC (Universal Time Coordinate). Kedalaman sumber gempa tersebut bervariasi mulai dari dangkal, menengah dan dalam batasan harganya tergantung dari kondisi tektonik setempat.
- b. Episenter adalah titik di permukaan bumi yang adalah refleksi tegak lurus dari hiposenter atau fokus gempa bumi. Lokasi episenter dibuat dalam sistem koordinat kartesian bola bumi atau sistem koordinat geografis dan dinyatakan dalam derajat lintang dan bujur.
- c. Hiposenter adalah pusat terjadinya gempabumi di bawah permukaan bumi, lokasi hiposenter ditunjukkan dengan koordinat dan kedalaman.

- d. Magnitudo adalah ukuran kekuatan gempa bumi yang menggambarkan 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 gempa bumi adalah ukuran gempa bumi yang pertama kali digunakan untuk menyatakan besar gempa bumi sebelum manusia dapat mengukur besarnya gempa bumi dengan alat. Ukuran ini dapat diketahui dengan cara melakukan pengamatan langsung efek gempa bumi terhadap manusia, struktur bangunan dan lingkungan pada suatu lokasi tertentu.

Intensitas gempa bumi dinyatakan dalam skala Mercally yang biasa disebut MMI (Modified Mercally Intensity). Skala gempa bumi MMI bersifat kualitatif, skala intensitas ini sangat subjektif dan bergantung pada lokasi di mana gempa terjadi. Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) menetapkan skala intensitas gempa bumi terbaru yang disesuaikan dengan wilayah Indonesia seperti dijelaskan pada Tabel 2.1.

| 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.   | 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     |

Tabel 2.1 Skala intensitas gempa bumi BMKG Sumber: (BMKG)  
<https://www.bmkg.go.id/gempabumi/skala-mmi.bmkg>

## 2.4 Parameter Keaktifan Gempa Bumi

### 1. Parameter Seismik (nilai $\alpha$ )

Nilai  $\alpha$  menunjukkan keaktifan seismik pada suatu daerah. Keaktifan seismik juga dipengaruhi oleh tingkat kerapuhan batuan. Menurut (Pasau, Guntur dan Tanauma, 2011) tingkat seismisitas pada suatu daerah yang sedang diamati bergantung dari periode pengamatan, luas daerah pengamatan, dan seismisitas pada daerah tersebut.

Semakin besar nilai  $\alpha$  pada suatu daerah berarti daerah tersebut mempunyai aktivitas seismik yang tinggi, sebaliknya untuk nilai  $\alpha$  yang rendah berarti aktivitas seismiknya juga rendah (Saltykov dkk., 2013).

### 2. Parameter Tektonik (nilai b)

Secara teori b-value adalah parameter keadaan tektonik suatu daerah di mana terjadi gempa bumi tergantung dari sifat batuan setempat dan berdasarkan hasil penelitian para ahli sebelumnya menyatakan bahwa nilai b

yang tinggi mempunyai tingkat kerapuhan batuan yang tinggi dan daya tahan batuan terhadap stress rendah, sedangkan b-value yang kecil berarti kecil pula tingkat kerapuhan batumannya dan daya tahan batuan terhadap stress besar (Priadi & Arifin, 2017). Banyak ahli mengatakan bahwa nilai b bergantung pada karakter tektonik dan tingkat stress atau struktur material suatu wilayah (Rachmawati dkk., 2014)

Nilai b adalah parameter tektonik suatu daerah, dimana terjadi gempa bumi dan tergantung dari sifat batuan setempat. Dengan kata lain nilai b adalah parameter tektonik yang menunjukkan jumlah relatif dari getaran yang kecil hingga besar. Nilai b secara teoritis tidak bergantung pada periode pengamatan, tetapi hanya bergantung pada sifat tektonik dari gempa bumi sehingga dapat dianggap sebagai suatu parameter karakteristik suatu gempa bumi untuk daerah tektonik aktif.

## **2.5 Hubungan Frekuensi dan Magnitudo**

Hubungan frekuensi dan magnitudo menggambarkan distribusi katalog bagaimana hubungan dan jumlah magnitudo gempa. Seismisitas (Aktivitas Seismik) dapat digunakan untuk mengartikan geografi gempabumi, terutama magnitudo atau energi dan distribusinya di atas dan di bawah permukaan bumi. Kata seismisitas dihubungkan dengan pekerjaan Gutenberg Richter (1954) yang klasik. Seismisitas adalah ukuran untuk membandingkan aktivitas seismik suatu daerah dengan daerah lain. Untuk mengetahui distribusi zona-zona gempa aktif atau pola aktivitas kegempaan berdasarkan analisa hubungan fekuensi magnitudo dapat diperoleh dengan

cara menggambarkan pola sebaran parameter-parameter seismisitas (Linda dkk., 2019).

Metode analisis statistika yang biasa dilakukan yaitu dengan menganalisis logaritma jumlah gempa yang terjadi di suatu wilayah pada waktu tertentu sebagai fungsi dari magnitudo. Rumus empiris yang biasa digunakan adalah rumus yang diturunkan oleh Gutenberg dan Richter (Dewi Wahyuni dkk., 2020):

$$\log N(M) = \alpha - bM \quad (2.1)$$

Dimana :

$N(M)$  = Jumlah gempa bumi pada suatu wilayah dengan magnitudo  $M$

$\alpha$  = Tetapan yang besarnya bergantung pada periode, luas daerah, dan aktivitas daerah pengamatan

$b$  = Parameter seismotektonik suatu wilayah gempa bumi dan bergantung sifat batuan setempat

## 2.6 Metode Maksimum Likelihood

Sejarah metode Maksimum *Likelihood* pertama kali dikemukakan oleh R.A. Fisher (1890 – 1962). Harga parameter  $a$  dan  $b$  dapat dihitung dengan menggunakan Metode Maksimum *likelihood*. Fungsi *likelihood* adalah fungsi dari parameter model statistik, yang didefinisikan sebagai berikut: *likelihood* dari suatu penentuan nilai parameter ditentukan suatu hasil yang diamati adalah sama dengan probabilitas dari hasil pengamatan yang ditentukan nilai parameter tersebut (Prasetyo dkk., 2019).

Metode maksimum *likelihood* mempunyai keunggulan untuk menghitung secara statistik nilai parameter keaktifan gempa bumi. Metode *Maximum Likelihood* adalah metode yang memaksimumkan fungsi likelihood. Metode *likelihood* adalah suatu metode statistic yang sangat sesuai untuk memecahkan beberapa masalah tentang seismologi. Bila suatu fungsi distribusi probabilitas  $f(x, \theta)$  bergantung pada parameter  $\theta$ , bersesuaian dengan fungsi *likelihood*, didefinisikan sebagai berikut (Linda dkk., 2019) :

$$P(x, \theta) = f(x_1, \theta), f(x_2, \theta) \dots f(x_n, \theta) \quad (2.2)$$

Bahwa estimasi maksimum likelihood dari  $\theta$  adalah nilai fungsi maksimum  $P(x_1, \theta)$  untuk perhitungan yang bersesuaian. Penurunan dari log  $P(x_1, \theta)$  yang umumnya untuk mendapatkan nilai maksimum dari  $\theta$ ,

yaitu (Linda dkk., 2019) :

$$\frac{\partial p}{\partial \theta} = 0 \quad (2.3)$$

metode ini dipergunakan untuk masalah hubungan antara frekuensi gempa bumi dan magnitudo. Suatu fungsi distribusi probabilitas  $M$  dapat ditulis kedalam bentuk (Linda dkk., 2019) :

$$f(M, b') = b' e^{-b(M-M_0)}; M \geq M_0 \quad (2.4)$$

Dengan  $b' = b \ln 10$ , bersesuaian dengan fungsi likelihood yang ditunjukkan sebagai berikut :

$$P = (b')^N e^{-b'[\sum_{i=1}^n M_i - NM_0]} \quad (2.5)$$

Dari hubungan ini diperoleh bahwa estimasi maksimum *likelihood* dari  $b$  yang ditunjukkan sebagai berikut :

$$b = \frac{\log e}{\bar{M} - M_0} \quad (2.6)$$

Adapun perhitungan nilai magnitudo rata-ratanya menggunakan persamaan berikut:

$$\bar{M} = \frac{\sum_i^n M_i \cdot n_i}{\sum n} \quad (2.7)$$

Dimana :

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

$e$  = 2.71828

$\log$  = 0.4343

Bila diberikan probabilitas untuk 95%. Batas atas dan batas bawah dari nilai  $b$  yang didapatkan menggunakan metode ini adalah menurut Utsu (1965):

$$b = b \left( 1 + \frac{1.960}{\sqrt{N}} \right) \text{ dan } b = b \left( 1 - \frac{1.960}{\sqrt{N}} \right) \quad (2.8)$$

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

$$\hat{\alpha} = \log N (M \geq M_0) + \log(b \ln 10) + M_0 \cdot b \quad (2.9)$$

dimana :

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

$N$  = Jumlah kumulatif data yang digunakan

$M$  = Magnitudo dari data gempabumi

$b$  = Estimasi tingkat kerapuhan batuan

## 2.7 Standar Deviasi

Untuk mengetahui simpangan perhitungan  $b$  value digunakan simpangan baku (standar deviasi). Standar deviasi adalah ukuran penyebaran yang paling banyak digunakan. Mayoritas nilai data cenderung berada dalam suatu deviasi standar dari rata-rata, dan hanya sebagian kecil saja yang terletak diluar dari rata-rata standar deviasinya. Adapun standar deviasi untuk metode likelihood maksimum didefinisikan sebagai berikut :

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}{N}} \quad (2.10)$$

Dimana :

$\sigma_x$  = Standar deviasi dari suatu populasi

$\bar{x}$  = Rata-rata dari suatu populasi

$x_i$  = Nilai dari data (variable  $x$ )

$N$  = banyaknya data  $x$  dalam suatu populasi

## 2.8 Indeks Seismisitas

Seismisitas pada saat ini dinyatakan sebagai suatu sistem data serasi yang dapat memberikan suatu gambaran atau informasi secara sistematis tentang karakteristik dan aktivitas gempa bumi pada suatu daerah dalam jangka waktu tertentu. Informasi itu dapat berupa suatu bentuk persamaan empiris, peta, grafik dan tabel. Informasi tentang tingkat seismisitas suatu daerah

tidak lepas dari kevalidan data yang dianalisis serta kurun waktu yang digunakan untuk analisis (Nia Shohaya dkk., 2013).

Dari hubungan frekuensi-magnitudo dapat diperkirakan jumlah terjadinya gempa bumi rata-rata pertahun yang mempunyai magnitudo  $>M$  pada setiap daerah penelitian. Kita anggap jumlah gempa bumi dengan  $M \geq 0.0$  dan  $M \geq 3.0$  dalam penelitian sebagai indeks seismisitas untuk satu daerah. Harga rata-rata  $a$  dan  $a'$  dapat dihitung dengan membagi jumlah magnitudo gempa seluruhnya ( $n(M)$ ) dan jumlah magnitudo gempa kumulatif ( $N(M)$ ) dengan periode pengamatan  $T$ , maka didapat (Budiman, 2011) :

$$N_1(M) = 10^{(\hat{\alpha}'_1 - bM)} \quad (2.11)$$

dengan

$$\hat{\alpha}' = \hat{a} - \log(b \ln 10) \quad (2.12)$$

$$\hat{\alpha}'_1 = \hat{\alpha}' - \log T \quad (2.13)$$

dimana :

$N_1(M)$  = Indeks seismisitas

$\hat{a} \hat{\alpha}' \hat{\alpha}'_1 b$  = Parameter-parameter untuk mendapatkan indeks seismisitas

$T$  = Waktu (lama pengamatan dalam satuan tahun)

Dari persamaan diatas dapat dihitung jumlah gempa rata-rata per tahun dengan  $M \geq 0.0$  dan  $M \geq 3.0$  yaitu :

$$N_1(M \geq 3.0) 10^{\hat{\alpha}'_1 - 3.0b} \quad (2.14)$$

Dimana :

$N_1(M \geq 3.0)$  : jumlah gempa rata-rata pertahun dengan  $M \geq 3.0$

Jadi  $N_1(M \geq 0.0)$  dan  $N_1(M \geq 3.0)$  adalah suatu indeks seismisitas dari daerah tertentu.

## 2.9 Periode Ulang Gempa Bumi

Metode yang biasa digunakan untuk memprediksi gempa adalah seismogeological, statistic analysis of seismicity, correlation analysis dan metode precursor (Ismail, 1989). Ada juga metode geokimia yaitu melihat kandungan logam dalam tanah. Salah satu dari metode statistic analysis of seismicity adalah periode ulang. Salah satu dari metode statistic analysis of seismicity adalah periode ulang.

Probabilitas gempa bumi adalah kemungkinan terjadinya gempa bumi pada kurun waktu tertentu. Nilai risiko gempa sangat berguna untuk perancangan suatu bangunan tahan gempa. Jika distribusi interval waktu dianggap mengikuti bentuk eksponensial  $e^{-NT}$ , maka kemungkinan gempa bumi terjadi dengan magnitudo lebih besar dari M selama periode T adalah

$$P(M, T) = (1 - e^{-N_1(M)T}) \quad (2.15)$$

Rata-rata tahunan kumulatif jumlah gempa dengan M tertentu dapat dicari dengan :

$$N_1^{(M)} = N_1^{(M \geq 3.0)} \cdot 10^{-2b} \quad (2.16)$$

Dengan diperoleh  $N_1(M)$  dapat dihitung nilai periode ulang dari gempa bumi, yaitu :

$$\theta = \frac{1}{N_1 M} \quad (2.17)$$

Dimana :

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

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

$\theta$  = Periode ulang gempa

## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

#### **3.1 Waktu dan Tempat Penelitian**

Penelitian ini menggunakan data gempa bumi dengan mengambil data sekunder dari situs USGS Earthquake dan BMKG dengan ketentuan magnitudo minimum 3 SR dan kedalaman 0-30 km. Wilayah penelitian dibatasi dengan titik koordinat 5°50' - 7°50' LS hingga 104°8' - 108°41' BT. Data gempa yang dijadikan sumber data mulai dari Januari 1970 – Desember 2020 kurang lebih 50 tahun terakhir. Dengan nilai probabilitas kejadian gempa bumi dengan rentang waktu 10 tahun, 30 tahun, 50 tahun dan 100 tahun.

#### **3.2 Alat dan Bahan**

Alat yang digunakan dalam penelitian terdiri dari :

- a. Laptop
- b. Program Microsoft excel 2010
- c. Program software Arcgis 10.3

Bahan yang digunakan adalah data hasil rekaman seisograf (data sekunder) yang diperoleh dari situs ([earthquake.USGS .gov](http://earthquake.USGS.gov)) United State Geological Survey (USGS) dan BMKG dari tanggal 01 januari 1970 sampai 31 desember 2020.

#### **3.1 Pengambilan Data**

Data yang digunakan adalah data hasil rekaman seismograf yang diperoleh dari situs USGS dan BMKG berupa data sekunder yang meliputi

wilayah zona sesar berdasarkan data waktu kejadian gempa, lintang, bujur, kedalaman ( $> 0-30$  km), dan magnitudo ( $\geq 3$  SR).

Tabel 3.2 Tabel pengambilan data

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

### 3.3 Pensortiran Data

Data gempa bumi disortir berdasarkan batasan berikut :

- a. Data gempa bumi yang digunakan adalah data sekunder yang diperoleh dari situs USGS dan BMKG dengan ketentuan magnitudo minimum 3 SR dan kedalaman 0-30 km.
- b. Cakupan area penelitian dibatasi dengan titik koordinat  $5^{\circ}50'$ -  $7^{\circ}50'$  LS hingga  $104^{\circ}8'$  -  $108^{\circ}41'$  BT.
- c. Data gempa yang dijadikan sumber data mulai dari Januari 1970 – Desember 2020 kurang lebih 50 tahun terakhir.

### 3.4 Pengolahan data

- 1) Menginput data event gempa berupa data koordinat, magnitudo, dan kedalaman ke dalam program MS. Excel.
- 2) Memplot data dari program Excel ke dalam software ArGIS 10.3 dengan membagi data berdasarkan sebaran episenter untuk mengetahui sebaran gempa bumi di Wilayah Jawa Barat periode 1970-2020.
- 3) Membagi daerah penelitian dengan melihat penyebaran gempa bumi yang terjadi pada daerah Jawa Barat.

- 4) Konversi jenis magnitudo gempabumi ke Magnitudo Momen (Mw)  
tabel 2.3

Tabel 3.3 Tabel konversi magnitudo gempa bumi

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

- 5) Menentukan hubungan frekuensi atau jumlah gempa bumi dengan cara membuat kelas interval magnitudo dengan jumlah gempa bumi.
- 6) Menghitung nilai  $\alpha$  dan  $b$  dengan metode likelihood yaitu menggunakan persamaan (2.9) dan (2.6).
- 7) Menentukan probabilitas kejadian gempa bumi dengan menggunakan persamaan (2.15) dan periode ulang dengan menggunakan persamaan (2.17).

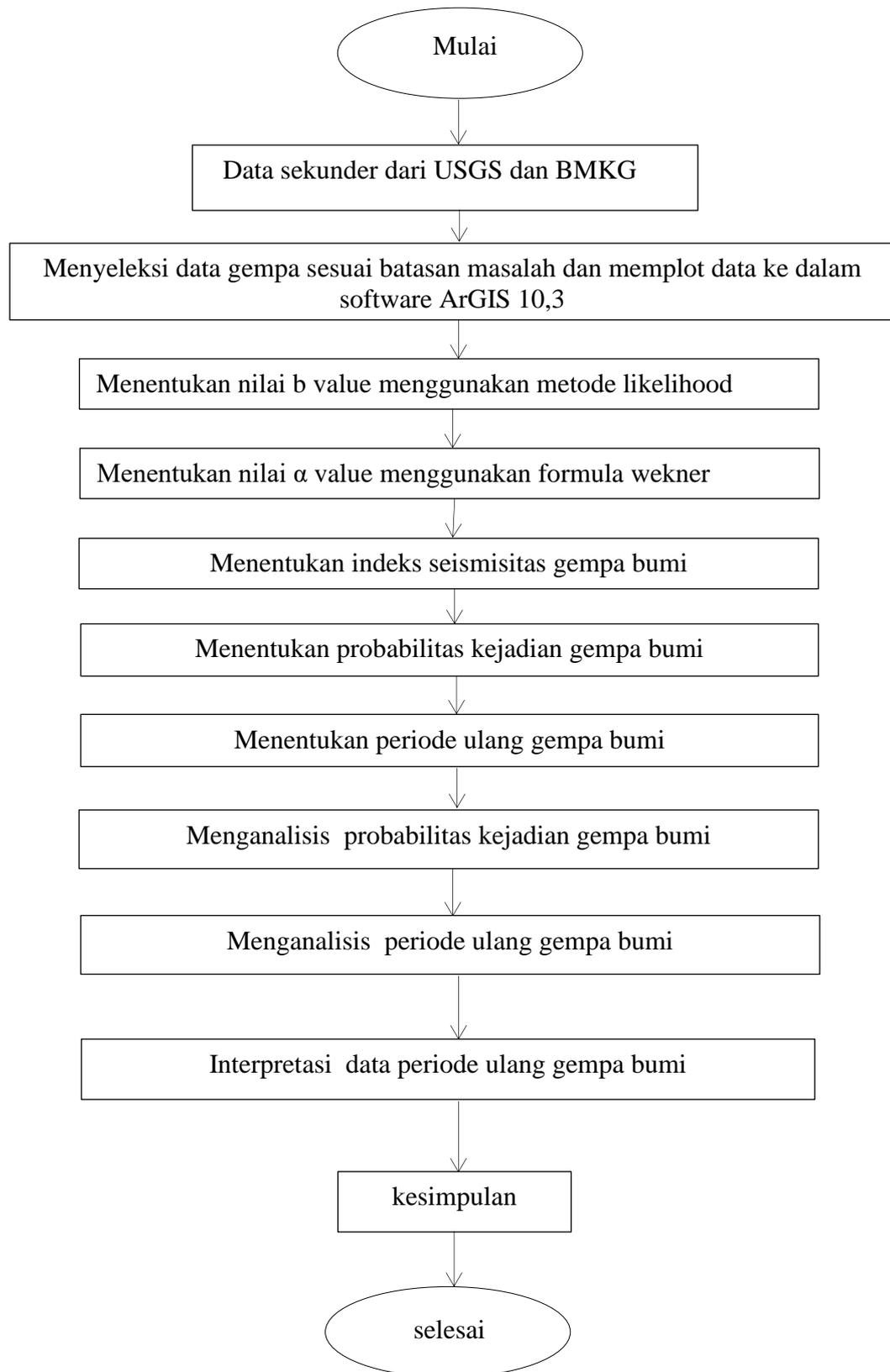
### 3.5 Analisis Data

Hasil perhitungan probabilitas kejadian gempa bumi dan periode ulang gempa bumi dianalisis berdasarkan interval magnitudo.

### 3.6 Interpretasi Data

Interpretasi data periode ulang gempa dan probabilitas kejadian gempa bumi.

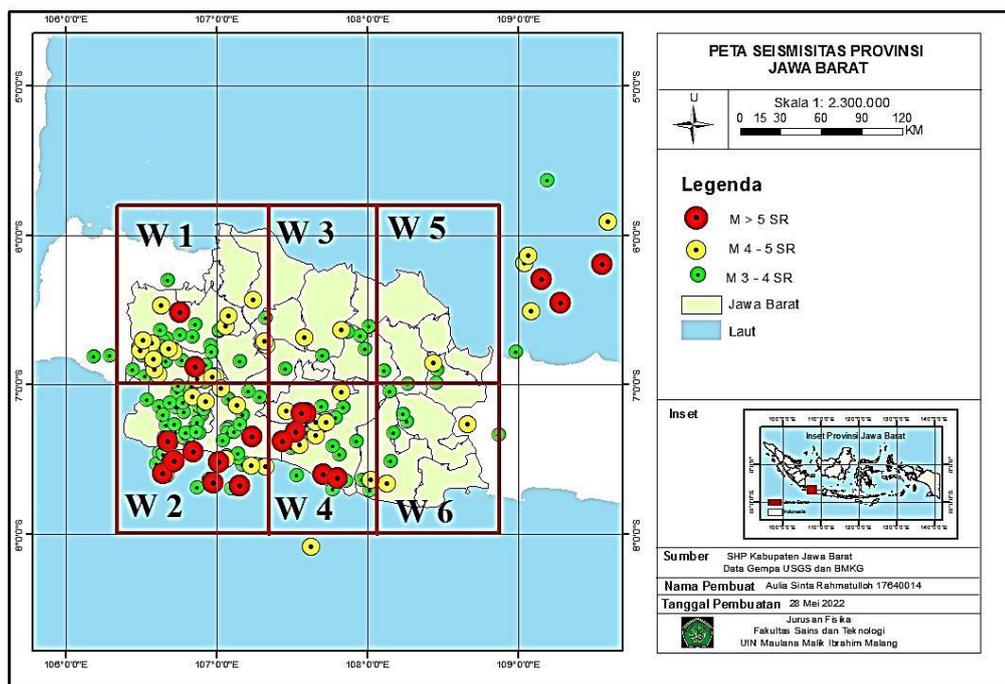
### 3.7 Diagram Alir Penelitian



## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Pembagian wilayah

Daerah Selatan Jawa Barat adalah kawasan yang rawan terjadi gempa bumi. Ini dikarenakan daerah tersebut dekat dengan jalur cincin api dan adanya beberapa sesar aktif yang melewati daerah tersebut, seperti Sesar Cimandiri, Sesar Baribis dan Sesar Lembang. Banyaknya data gabungan dari situs *USGS* dan *BMKG* yaitu sekitar 175 *event* gempa dengan besaran magnitudo  $M \geq 3$  SR. Dari data tersebut diplot kedalam *software ArcGIS* sehingga dihasilkan peta seismisitas seperti gambar dibawah ini.



Gambar 4.1 Peta Seismisitas Provinsi Jawa Barat

Seperti yang terlihat pada peta wilayah penelitian dibagi menjadi 6, wilayah 1 meliputi Wilayah 1 meliputi daerah Bekasi, Depok, Bogor, Karawang dengan jumlah titik episenter gempa bumi sebanyak 64 titik. Wilayah 2

Sukabumi, Cianjur dengan jumlah titik episenter gempa bumi sebanyak 50 titik. Wilayah 3 Subang, Karawang, Purwakarta, Cimahi dengan jumlah titik episenter gempa bumi sebanyak 12 titik. Wilayah 4 Bandung, Garut, Sumedang dengan jumlah titik episenter gempa bumi sebanyak 37 titik. Wilayah 5 Indramayu, Majalengka, Kuningan, Cirebon dengan jumlah titik episenter gempa bumi sebanyak 7 titik. Wilayah 6 Tasikmalaya, Ciamis, Banjar, Pangandaran dengan jumlah titik episenter gempa bumi sebanyak 7 titik.

Tabel 4.1 Pembagian Wilayah Penelitian

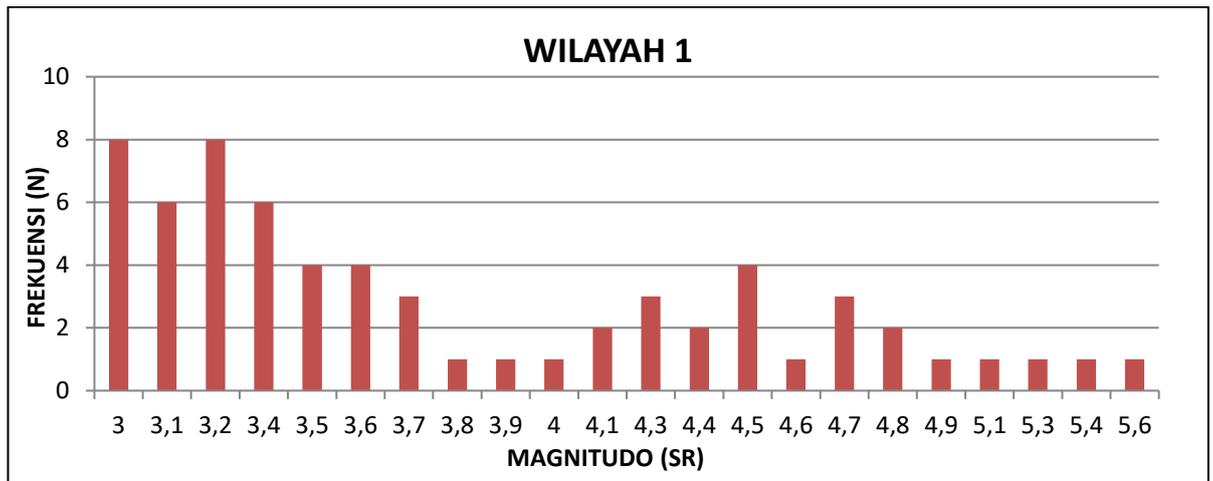
| Wilayah   | Batas Koordinat                                  |
|-----------|--|
| Wilayah 1 | 5.812 LS – 106.348 BT dan 7.00 LS – 107.338 BT   |
| Wilayah 2 | 7.00 LS – 106.348 BT dan 8.00 LS – 107.338 BT    |
| Wilayah 3 | 5.749 LS – 107.338 BT dan 7.00 LS – 108.057 BT   |
| Wilayah 4 | 7.00 LS – 107.338 BT dan 8.00 LS – 108.057 BT    |
| Wilayah 5 | 5 5.803 LS – 108.057 BT dan 7.00 LS – 108.872 BT |
| Wilayah 6 | 7.00 LS – 108.057 BT dan 8.00 LS – 108.872 BT    |

#### 4.2 Hubungan frekuensi – magnitudo dan kedalaman – magnitudo

Adapun data penelitian secara rinci dapat dijelaskan sebagai berikut :

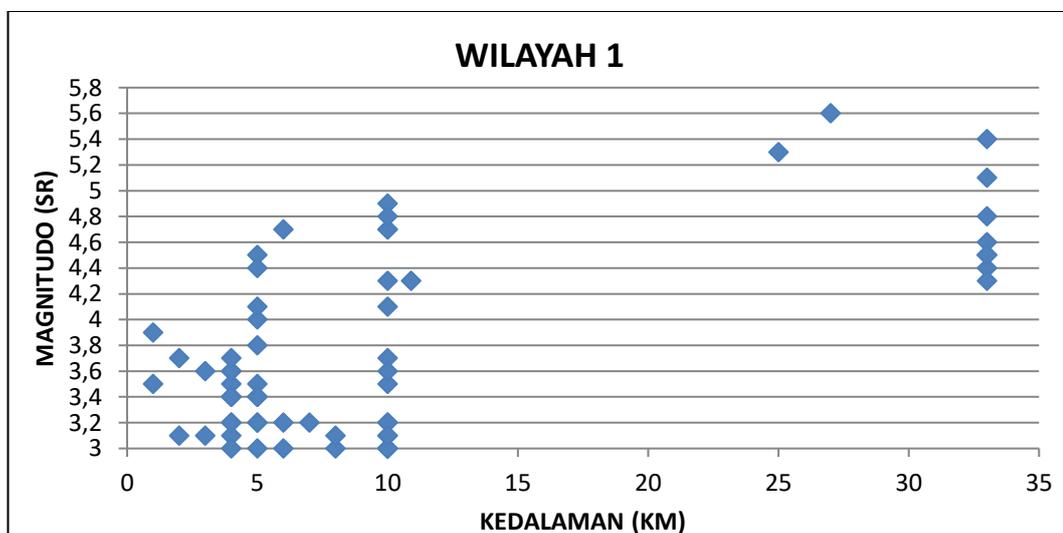
##### 1. Wilayah 1

Selama periode 50 tahun yaitu tahun 1970 – 2020 untuk wilayah 1 5.812 LS – 106.348 BT dan 7.00 LS – 107.338 BT, tercatat 64 titik kejadian gempa bumi untuk skala  $M \geq 3$  SR.



Gambar 4.2 Distribusi Magnitudo Berdasarkan Frekuensi Kejadian Wilayah 1

Berdasarkan gambar 4.2 wilayah 1 memiliki 41 titik gempa bumi dengan magnitudo 3 SR – 3.9 SR, kemudian 18 titik gempa bumi dengan magnitudo 4 SR – 4.9 SR dan 5 titik gempa bumi dengan magnitudo 5 SR – 5.6 SR.



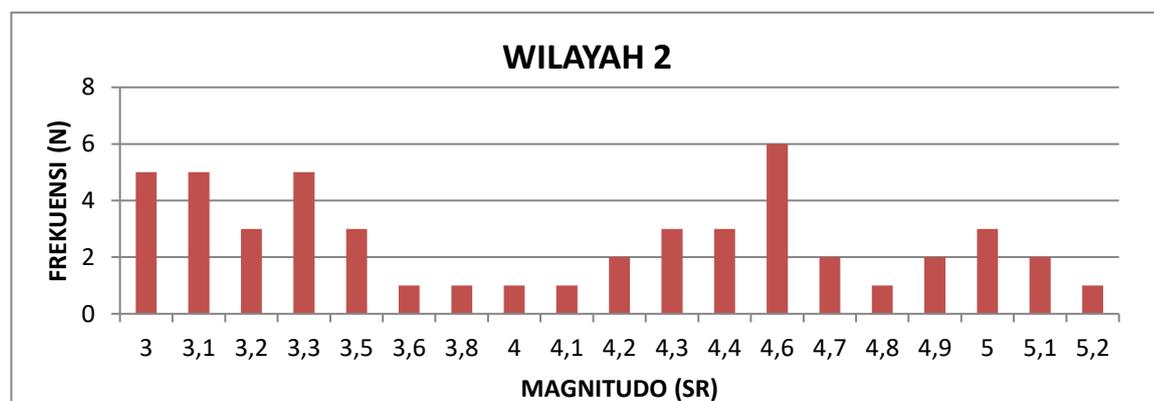
Gambar 4.3 Distribusi Magnitudo Berdasarkan Kedalaman Gempa Bumi Wilayah 1

Berdasarkan gambar 4.3 kedalaman gempa untuk magnitudo 3.0 SR – 4.9 SR berada pada kedalaman 0 – 10 km. Sedangkan, gempa dengan magnitudo 5.1 SR – 5.6 SR berada pada kedalaman 27 – 33 km. Pada gambar 4.3

mempunyai beberapa magnitudo dengan kedalaman yang sama yaitu, M 3 SR dengan kedalaman 10 km terdapat 4 titik; M 3.1 SR dengan kedalaman 10 km terdapat 2 titik; M 3.2 SR dengan kedalaman 4 km, 5 km dan 10 km terdapat masing - masing 2 titik; M 3.4 SR dengan kedalaman 4 km dan 5 km terdapat masing – masing 3 titik; M 3.6 SR dengan kedalaman 4 km terdapat 2 titik; M 4.5 SR dengan kedalaman 33 km terdapat 3 titik; dan M 4.7 SR dengan kedalaman 10 km terdapat 2 titik. Hal ini mengakibatkan titik – titik tersebut menempel menjadi 1 titik sehingga titik yang ditampilkan pada gambar 4.3 menjadi lebih sedikit.

## 2. Wilayah 2

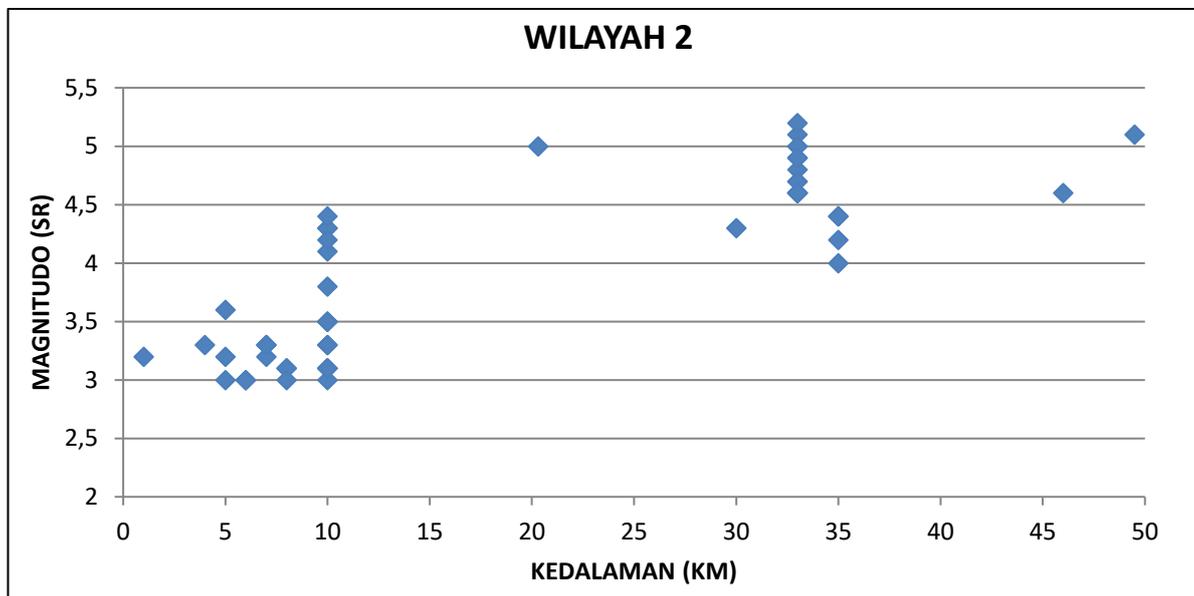
Selama periode 50 tahun yaitu tahun 1970 – 2020 untuk wilayah 2 dengan koordinat 7.00 LS – 106.348 BT dan 8.00 LS – 107.338 BT, tercatat terjadi 50 kejadian gempa bumi untuk skala  $M \geq 3$  SR.



Gambar 4.4 Distribusi Magnitudo Berdasarkan Frekuensi Kejadian Wilayah 2

Berdasarkan gambar 4.4 wilayah 2 memiliki 23 titik gempa bumi dengan magnitudo 3 SR – 3.8 SR, kemudian 21 titik gempa bumi dengan

magnitudo 4 SR – 4.9 SR dan 6 titik gempa bumi dengan magnitudo 5 SR – 5.6 SR.



Gambar 4.5 Distribusi Magnitudo Berdasarkan Kedalaman Gempa Bumi Wilayah 2

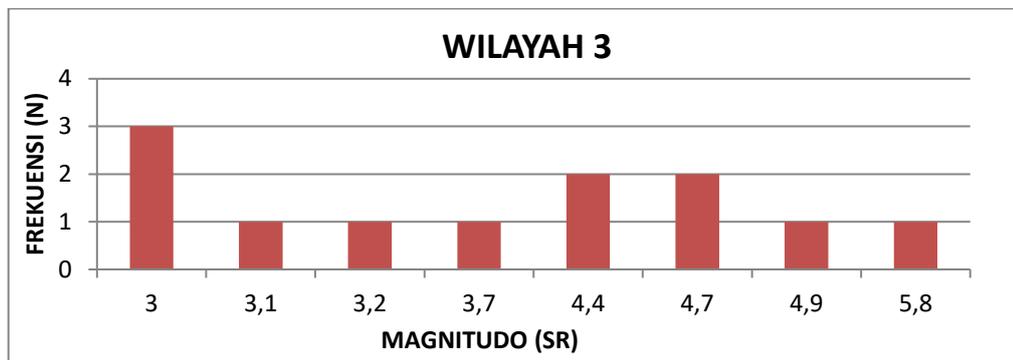
Berdasarkan gambar 4.5 gempa dengan magnitudo 3.0 SR – 4.3 SR berada pada kedalaman 0 – 10 km. Sedangkan, gempa dengan magnitudo 4.0 SR – 5.1 SR berada pada kedalaman 30 – 50 km.

Pada gambar 4.5 mempunyai beberapa magnitudo dengan kedalaman yang sama yaitu, M 3 SR dengan kedalaman 6 km terdapat 2 titik; M 3.1 SR dengan kedalaman 8 km terdapat 2 titik dan kedalaman 10 km terdapat 3 titik; M 3.3 SR dengan kedalaman 10 km terdapat 2 titik; M 3.5 SR dengan kedalaman 10 km terdapat 3 titik; M 4.3 SR dengan kedalaman 10 km terdapat 2 titik; M 4.4 SR dengan kedalaman 35 km terdapat 2 titik; dan M 4.6 SR dengan kedalaman 33 km terdapat 5 titik; M 4.7 SR dengan kedalaman terdapat 2 titik; M 4.9 SR dengan kedalaman 33 km terdapat 2 titik; dan M 5 SR dengan kedalaman 33 km terdapat 2 titik. Hal ini, mengakibatkan titik –

titik tersebut menempel menjadi 1 titik sehingga titik yang ditampilkan pada gambar 4.3 menjadi lebih sedikit.

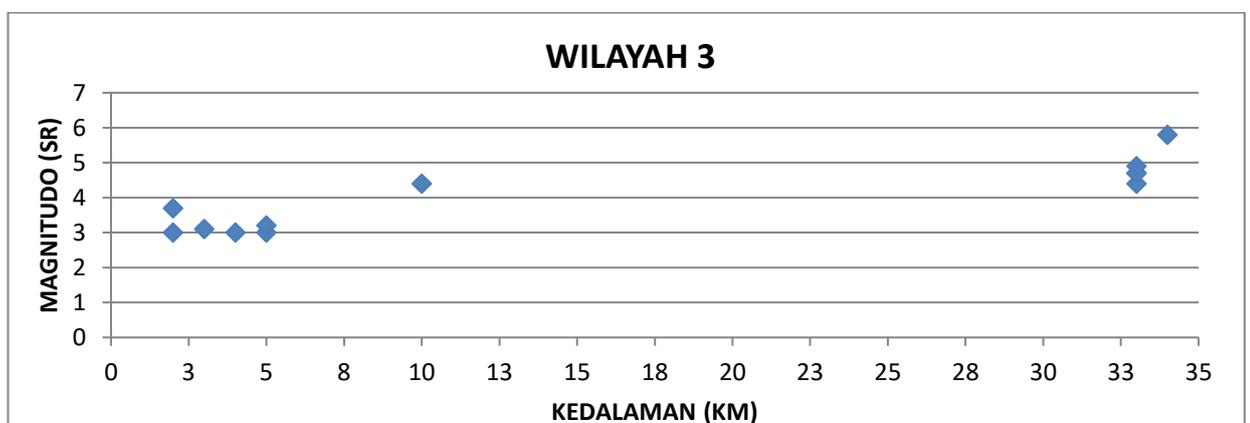
### 3. Wilayah 3

Selama periode 50 tahun yaitu tahun 1970 – 2020 untuk wilayah 3 5.749 LS – 107.338 BT dan 7.00 LS – 108.057 BT, tercatat 12 kejadian gempa bumi untuk skala  $M \geq 3$  SR.



Gambar 4.6 Distribusi Magnitudo Berdasarkan Frekuensi Kejadian Wilayah 3

Berdasarkan gambar 4.6 wilayah 2 memiliki 6 titik gempa bumi dengan magnitudo 3 SR – 3.7 SR, kemudian 5 titik gempa bumi dengan magnitudo 4 SR – 4.9 SR dan 1 titik gempa bumi dengan magnitudo 5.8 SR.

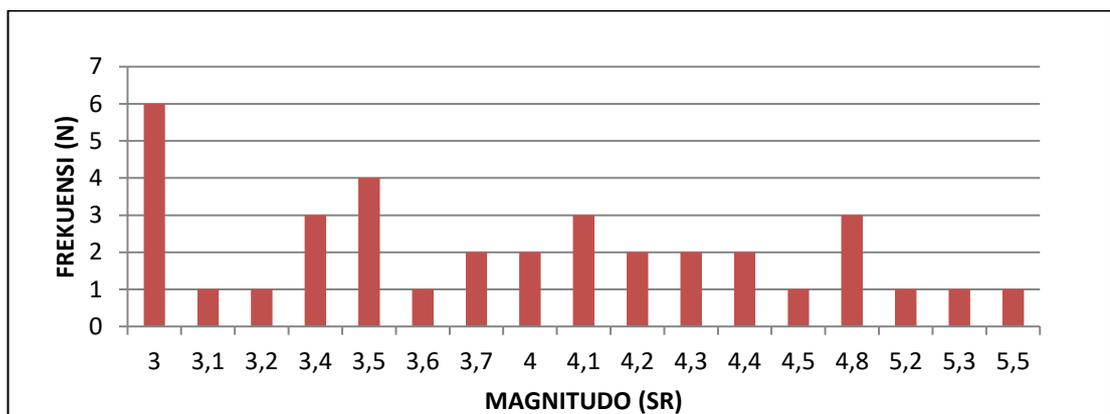


Gambar 4.7 Distribusi Magnitudo Berdasarkan Kedalaman Gempa Bumi Wilayah 3

Berdasarkan gambar 4.7 gempa dengan magnitudo 3.0 SR – 4.0 SR berada pada kedalaman 0 – 10 km. Sedangkan, gempa dengan magnitudo 4.0 SR – 4.9 SR berada pada kedalaman 33 km. Pada wilayah 3 mempunyai 2 magnitudo dengan kedalaman yang sama yaitu, M 4.7 SR dengan kedalaman 33 km terdapat 2 titik dan titik tersebut menempel yang mengakibatkan jumlah data yang ditampilkan pada gambar menjadi lebih sedikit.

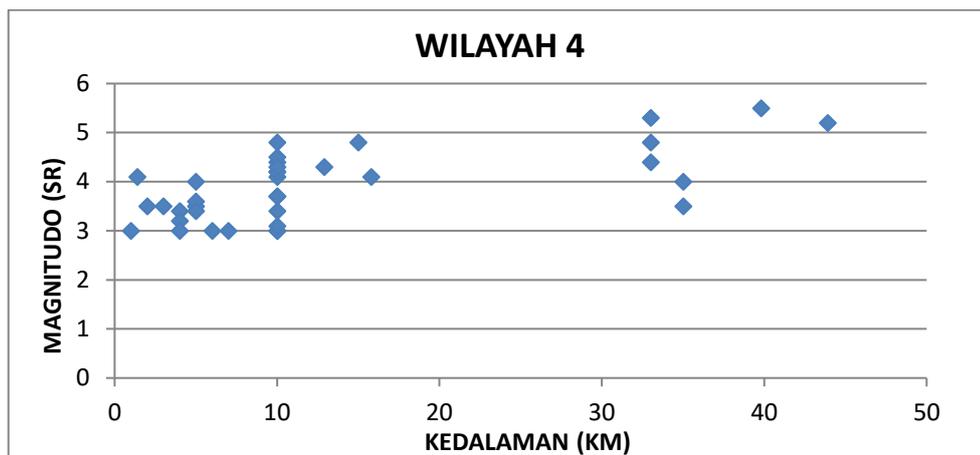
#### 4. Wilayah 4

Selama periode 50 tahun yaitu tahun 1970 – 2020 untuk wilayah 4 7.00 LS – 107.338 BT dan 8.00 LS – 108.057 BT, tercatat 37 kejadian gempa bumi untuk skala  $M \geq 3$  SR.



Gambar 4.8 Distribusi Magnitudo Berdasarkan Frekuensi Kejadian Wilayah 4

Berdasarkan gambar 4.8 wilayah 4 memiliki 18 titik gempa bumi dengan magnitudo 3 SR – 3.7 SR, kemudian 13 titik gempa bumi dengan magnitudo 4 SR – 4.8 SR dan 3 titik gempa bumi dengan magnitudo 5.2 SR – 5.5 SR.



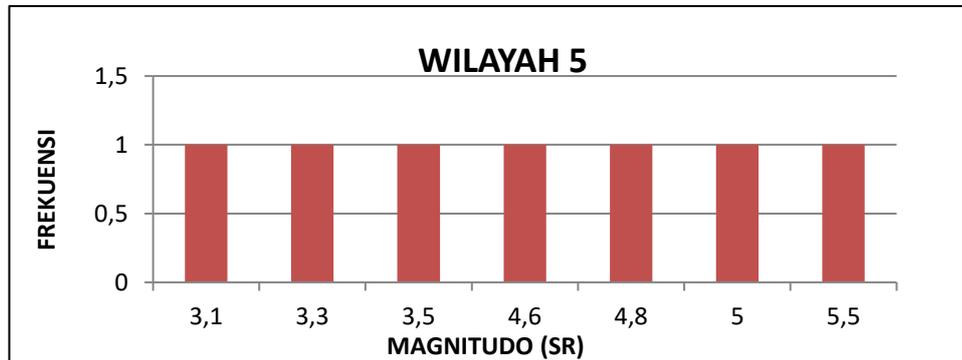
Gambar 4.9 Distribusi Magnitudo Berdasarkan Kedalaman Gempa Bumi Wilayah 4

Berdasarkan gambar 4.9 gempa dengan magnitudo 3.0 SR – 5.0 SR berada pada kedalaman 0 – 16 km. Sedangkan, gempa dengan magnitudo 5.0 SR – 5.5 SR berada pada kedalaman 33 – 44 km.

Pada gambar 4.9 mempunyai beberapa magnitudo dengan kedalaman yang sama yaitu, M 3 SR dengan kedalaman 10 km terdapat 2 titik; M 3.7 SR dengan kedalaman 10 km terdapat 2 titik; M 4.2 SR dengan kedalaman 10 km terdapat 3 titik. Hal ini mengakibatkan titik – titik tersebut menempel menjadi 1 titik sehingga titik – titik tersebut menjadi lebih sedikit.

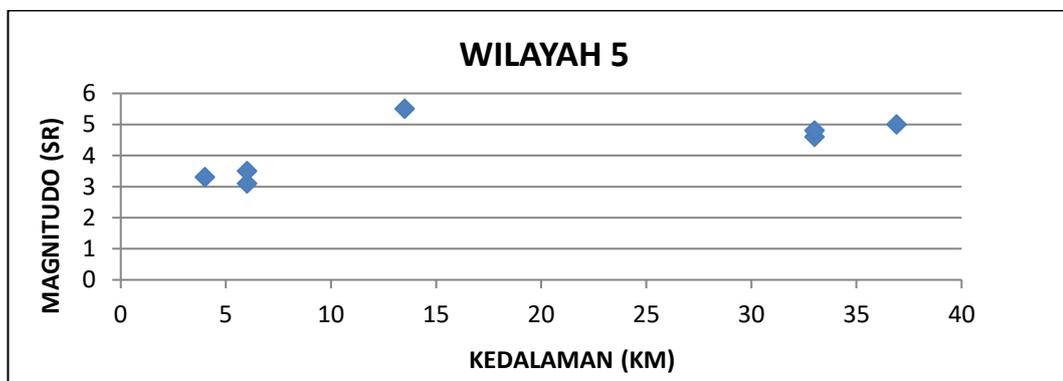
#### 5. Wilayah 5

Selama periode 50 tahun yaitu tahun 1970 – 2020 untuk wilayah 5 5.803 LS – 108.057 BT dan 7.00 LS – 108.872 BT, tercatat 7 kejadian gempa bumi untuk skala  $M \geq 3$  SR.



Gambar 4.10 Distribusi Magnitudo Berdasarkan Frekuensi Kejadian Wilayah 5

Berdasarkan gambar 4.10 gempa dengan M 3.1 SR – 3.5 SR memiliki 3 titik gempa bumi, kemudian 2 titik gempa bumi dengan magnitude 4 SR – 4.8 SR dan 2 titik gempa bumi dengan magnitude 5 SR – 5.5 SR.

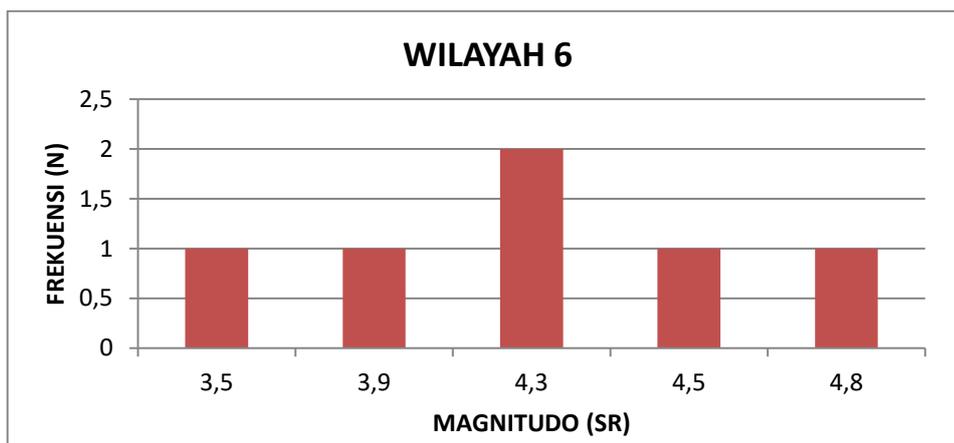


Gambar 4.11 Distribusi Magnitudo Berdasarkan Kedalaman Gempa Bumi Wilayah 5

Berdasarkan kedalaman gempanya tercatat untuk gempa dengan magnitudo 3.1 SR – 3.5 SR berada pada kedalaman 4 – 6 km. Sedangkan gempa dengan magnitudo 4.6 SR – 4.8 SR berada pada kedalaman 33 km juga gempa dengan magnitudo 5 SR berada pada kedalaman 36.9 km dan 5.5 SR berada pada kedalaman 13.5 km.

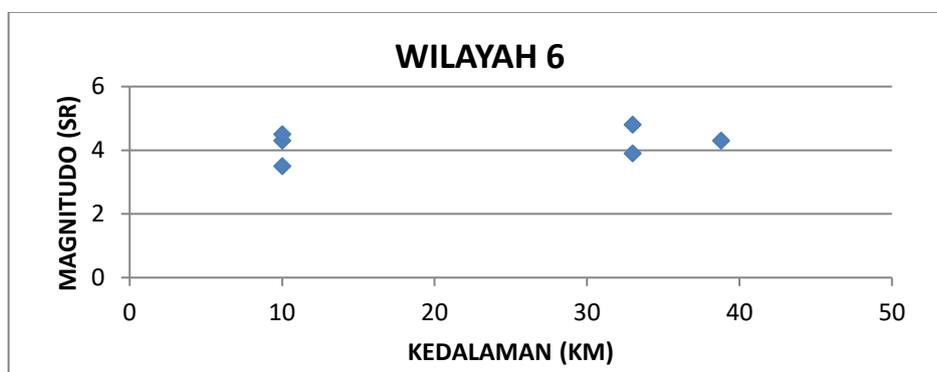
## 6. Wilayah 6

Selama periode 50 tahun yaitu tahun 1970 – 2020 untuk wilayah 6 7.00 LS – 108.057 BT dan 8.00 LS – 108.872 BT, tercatat 6 kejadian gempa bumi untuk skala  $M \geq 3$  SR.



Gambar 4.12 Distribusi Magnitudo Berdasarkan Frekuensi Kejadian Wilayah 6

Berdasarkan frekuensi gempanya untuk skala  $M$  3.5 SR – 3.9 SR masing – masing sebanyak 1 kali sedangkan gempa dengan magnitudo 4.3 SR terjadi sebanyak 2 kali. Dan untk magnitudo 4.5 SR dan 4.8 SR masing – masing 1 kali.



Gambar 4.13 Distribusi Magnitudo Berdasarkan Kedalaman Gempa Bumi Wilayah 6

Berdasarkan kedalaman gempanya tercatat untuk gempa dengan magnitudo 3.5 – 4.3 SR berada pada kedalaman 10 km. Sedangkan gempa dengan magnitudo 3.9 – 4.8 SR berada pada kedalaman 33 - 39 km.

Dari 6 wilayah tersebut wilayah 1 dan 2 mempunyai intensitas gempa yang paling tinggi, dapat diketahui melalui jumlah titik-titik gempa yang lebih banyak dibandingkan dengan wilayah lainnya. Kemudian, disusul oleh wilayah 4, 5 dan 6. Nilai sebaran magnitudo gempa bumi untuk area penelitian, di dominasi titik warna hijau dengan nilai magnitudo 3.0 – 4.0 SR.

#### 4.3 Perhitungan *b* value menggunakan metode likelihood

Untuk lebih jelas hasil Perhitungan *b* value menggunakan metode maksimum likelihood dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 4.2 hasil perhitungan nilai *b* seluruh wilayah penelitian

| Wilayah   | Jumlah $\bar{M} \times N$ | Jumlah N | $M_0$ | $\bar{M}$ | Nilai <i>b</i> |
|-----------|---------------------------|----------|-------|-----------|----------------|
| Wilayah 1 | 222.9                     | 60       | 3     | 3.715     | 0.60741258     |
| Wilayah 2 | 199.1                     | 50       | 3     | 3.982     | 0.44226069     |
| Wilayah 3 | 42.1                      | 11       | 3     | 3.8272727 | 0.52497802     |
| Wilayah 4 | 140.5                     | 36       | 3     | 3.9027777 | 0.48107076     |
| Wilayah 5 | 25                        | 6        | 3     | 4.1666666 | 0.40715625     |
| Wilayah 6 | 25.3                      | 6        | 3     | 4.2166666 | 0.606          |

Secara teori nilai *b* adalah parameter tektonik yang meliputi kondisi lingkungan geologi. Nilai *b* bergantung pada karakteristik tektonik dan tingkat stress atau struktur material dari suatu wilayah. Nilai *b* digunakan untuk mencari nilai tingkat kerapuhan batuan menggunakan persamaan (2.6) Menurut pendapat Scholz (1968) bahwa nilai parameter seismotektonik apabila nilainya rendah maka berhubungan dengan tingkat

stress (tekanan) yang tinggi, sedangkan apabila nilainya tinggi maka tingkat stress (tekanan) nya rendah.

Nilai  $b$  ini jika dihubungkan dengan magnitudo gempa suatu wilayah maka akan menyatakan tingkat kerapuhan batuan wilayah tersebut. Hal ini berarti nilai  $b$  yang rendah menandakan bahwa tingkat kerapuhan batuan pada daerah tersebut rendah dan daya tahan batuan terhadap tekanan besar. Sedangkan nilai  $b$  yang tinggi menunjukkan bahwa tingkat kerapuhan batuan yang tinggi dan daya tahan terhadap tekanan yang kecil. Beberapa ahli berpendapat bahwa nilai  $b$  konstan dan mempunyai nilai dikisaran 1, meskipun terdapat perbedaan hasil dikarenakan nilai data dan metode perhitungan yang digunakan berbeda.

Jika diperhatikan dari tabel 4.2 hasil perhitungan nilai  $b$  seluruh wilayah penelitian menjelaskan nilai  $b$  masing – masing wilayah berkisar antara 0,40 s/d 0,60. Dari hasil perhitungan nilai  $b$  terbesar berada di wilayah 1 yaitu 0.60741258 dan wilayah dengan  $b$  terkecil pada wilayah 5 yaitu 0.40715625. Wilayah 1 adalah wilayah yang rawan terhadap bencana gempa dan di wilayah ini juga dilewati oleh patahan aktif yaitu Sesar Citarik, sesar ini memiliki ciri - ciri mengikuti kelurusan Sungai Citarik. Sesar ini memotong Pulau Jawa di bagian barat, yang memanjang dari Samudra Hindia, pantai bagian tenggara Teluk Pelabuhan ratu, Kota Pelabuhan ratu, Sungai Citarik, Bogor, perbatasan Bekasi dan Jakarta, dan menerus ke Laut Jawa.

#### 4.4 Perhitungan $\hat{a}$ value menggunakan formula wekner

Tabel 4.3 Nilai  $\hat{a}$  seluruh wilayah penelitian

| Wilayah   | $\hat{a}$   |
|-----------|-------------|
| Wilayah 1 | 3.745600636 |
| Wilayah 2 | 3.033158259 |
| Wilayah 3 | 2.698195709 |
| Wilayah 4 | 3.043451614 |
| Wilayah 5 | 2.011824567 |
| Wilayah 6 | 3.043351711 |

Nilai  $\hat{a}$  dalam relasi Gutenberg-Richter adalah parameter ruang untuk menentukan karakteristik kegempaan di suatu wilayah. Besarnya nilai  $\hat{a}$  bergantung pada periode, luas, dan jumlah gempa yang terjadi di daerah pengamatan. Parameter  $\hat{a}$  menyatakan tingkat seismitas suatu daerah untuk mendapatkannya menggunakan persamaan (2.9). Semakin besar nilai  $\hat{a}$ , maka semakin aktif seismik di daerah tersebut.

Nilai  $\hat{a}$  adalah parameter seismik yang dipengaruhi oleh banyak data dan luas daerah penelitian. Semakin tinggi nilai kerapuhan batuan maka semakin tinggi pula nilai keaktifan seismiknya. Nilai  $\alpha$  berbanding lurus dengan keaktifan seismik.

Dapat dilihat pada tabel 4.3 nilai  $\hat{a}$  seluruh wilayah penelitian menjelaskan nilai  $\hat{a}$  masing – masing wilayah penelitian berkisar antara 2,01 – 3,74. Dari hasil perhitungan nilai  $\hat{a}$  terbesar berada pada wilayah 1 yaitu 3.745600636 dan nilai  $\hat{a}$  terkecil berada pada wilayah 5 yaitu 2.011824567. Hal ini menunjukkan wilayah 1 adalah daerah yang mempunyai keaktifan seismik tinggi karena semakin besar nilai  $\hat{a}$ , maka semakin aktif seismik di daerah tersebut.

#### 4.5 Indeks seismisitas

Indeks seismisitas adalah jumlah frekuensi komulatif gempa bumi pertahun berdasarkan magnitudo. Pada perhitungan indeks seismisitas dengan  $M \geq 3.0$  SR, nilai  $\hat{a}'$  dan  $\hat{a}'_1$  digunakan untuk mendapatkan nilai indeks seismisitas dengan persamaan (2.12) dan (2.13). Agar lebih jelas hasil perhitungan indeks seismisitas dapat dilihat pada tabel berikut ini :

Tabel 4.4 Perhitungan parameter seismik dan indeks seismisitas  $M \geq 3.0$  SR

| Wilayah   | $\hat{a}'$  | $\hat{a}'_1$ | $N_1(M)$    |
|-----------|-------------|--------------|-------------|
| Wilayah 1 | 3.600389013 | 1.600389013  | 0.036586939 |
| Wilayah 2 | 3.025752082 | 1.025752082  | 0.065230186 |
| Wilayah 3 | 2.616326751 | 0.616326751  | 0.009804753 |
| Wilayah 4 | 2.999514808 | 0.999514808  | 0.039279049 |
| Wilayah 5 | 1.346506624 | -0.653493376 | 0.002045151 |
| Wilayah 6 | 2.89915125  | 0.89915125   | 0.007398629 |

Indeks seismisitas adalah normalisasi dari jumlah gempa bumi per tahun. Nilai indeks seismisitas didapatkan dengan menggunakan persamaan (2.11). Daerah dengan nilai periode ulang rendah atau indeks seismisitas tinggi adalah daerah rawan gempa. Hasil perhitungan indeks seismisitas pertahun untuk 6 wilayah dengan  $M \geq 3.0$  SR berkisar antara 0.0020 s/d 0.065. Dimana untuk wilayah 2 mempunyai indeks seismisitas lebih tinggi dibandingkan dengan wilayah lainnya yaitu sebesar 0.065230186. Namun jika diperhatikan dari data yang dihitung wilayah ini mempunyai frekuensi gempa yang lebih kecil dibandingkan wilayah 1.

Hal ini dikarenakan pada wilayah 2 dilewati oleh patahan aktif yakni Sesar Cimandiri yang membentang mulai dari Teluk Pelabuhan ratu menerus ke timur melalui Lembah Cimandiri, Cipatat - Rajamandala,

Gunung Tangkuban prahu Burangrang dan diduga menerus ke timur laut menuju Subang. Sedangkan untuk wilayah 5 mempunyai indeks seismisitas lebih kecil dari wilayah lainnya yaitu sebesar 0.002045151.

#### 4.6 Probabilitas kejadian gempa bumi

Probabilitas kejadian gempa bumi adalah kemungkinan terjadinya gempa bumi yang merusak pada suatu wilayah dalam kurun waktu tertentu. Nilai dari probabilitas kejadian gempa bumi dapat digunakan sebagai upaya mitigasi dalam perencanaan pembuatan bangunan yang lebih tahan terhadap guncangan gempa bumi menggunakan persamaan (2.15). Untuk mengetahui lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel berikut :

##### 1. Wilayah 1

Tabel 4.5 Nilai probabilitas terjadinya gempa bumi magnitudo  $\geq 3$  SR

| Magnitudo | Indeks seismisitas gempa | Probabilitas |          |          |           |
|-----------|--------------------------|--------------|----------|----------|-----------|
|           |                          | 10 tahun     | 30 tahun | 50 tahun | 100 tahun |
| 3         | 0.048911115              | 39%          | 77%      | 91%      | 99%       |
| 3.1       | 0.546062664              | 35%          | 73%      | 88%      | 99%       |
| 3.2       | 0.037941033              | 32%          | 68%      | 85%      | 98%       |
| 3.4       | 0.029431388              | 25%          | 59%      | 77%      | 95%       |
| 3.5       | 0.025921584              | 23%          | 54%      | 73%      | 93%       |
| 3.6       | 0.022830337              | 20%          | 50%      | 68%      | 90%       |
| 3.7       | 0.020107733              | 18%          | 45%      | 63%      | 87%       |
| 3.8       | 0.01770981               | 16%          | 41%      | 59%      | 83%       |
| 3.9       | 0.015597849              | 14%          | 37%      | 54%      | 79%       |

Untuk menghitung resiko gempa bumi diambil periode  $T = 10, 30, 50,$  dan 100 tahun. Nilai probabilitas kejadian gempa bumi untuk wilayah 1 dengan  $M \geq 3$  SR menunjukkan magnitudo 3,0 SR mempunyai probabilitas gempa yang paling tinggi yakni, 39% untuk 10 tahun; 77%

untuk 30 tahun; 91% untuk 50 tahun dan 99% untuk 100 tahun. Sedangkan magnitudo 3,9 mempunyai nilai probabilitas yang paling rendah yakni, 14% untuk 10 tahun; 37% untuk 30 tahun; 54% untuk 50 tahun dan 79% untuk 100 tahun. Dari hasil tabel ini dapat disimpulkan bahwa nilai probabilitas kejadian gempa bumi untuk  $M \geq 3$  SR kemungkinannya akan semakin berkurang apabila magnitudo gempanya semakin besar. Selain itu, nilai probabilitasnya juga semakin meningkat seiring dengan bertambahnya jumlah tahun.

Tabel 4.6 Nilai probabilitas terjadinya gempa bumi magnitudo  $\geq 4$  SR

| Magnitudo | Indeks seismisitas gempa | Probabilitas |          |          |           |
|-----------|--------------------------|--------------|----------|----------|-----------|
|           |                          | 10 tahun     | 30 tahun | 50 tahun | 100 tahun |
| 4.0       | 0.013737747              | 13%          | 34%      | 50%      | 75%       |
| 4.1       | 0.012099468              | 11%          | 30%      | 45%      | 70%       |
| 4.3       | 0.009385726              | 9%           | 25%      | 37%      | 61%       |
| 4.4       | 0.008266443              | 8%           | 22%      | 34%      | 56%       |
| 4.5       | 0.007280638              | 7%           | 20%      | 31%      | 52%       |
| 4.6       | 0.006412395              | 6%           | 17%      | 27%      | 47%       |
| 4.7       | 0.005647693              | 5%           | 16%      | 25%      | 43%       |
| 4.8       | 0.004974184              | 5%           | 14%      | 22%      | 39%       |
| 4.9       | 0.004380994              | 4%           | 12%      | 20%      | 35%       |

Nilai probabilitas kejadian gempa bumi untuk wilayah 1 dengan  $M \geq 4$  SR menunjukkan magnitudo 4,0 SR mempunyai probabilitas gempa yang paling tinggi yakni, 13% untuk 10 tahun; 34% untuk 30 tahun; 50% untuk 50 tahun dan 75% untuk 100 tahun. Sedangkan magnitudo 4,9 SR mempunyai nilai probabilitas yang paling rendah yakni, 4% untuk 10 tahun; 12% untuk 30 tahun; 20% untuk 50 tahun dan 35% untuk 100 tahun. Dari hasil tabel ini dapat disimpulkan bahwa nilai probabilitas

kejadian gempa bumi untuk  $M \geq 4$  SR kemungkinannya akan semakin berkurang apabila magnitudo gempanya semakin besar. Selain itu, nilai probabilitasnya juga semakin meningkat seiring dengan bertambahnya jumlah tahun.

Tabel 4.7 Nilai probabilitas terjadinya gempa bumi magnitudo  $\geq 5$  SR

| Magnitudo | Indeks seismisitas gempa | Probabilitas |          |          |           |
|-----------|--------------------------|--------------|----------|----------|-----------|
|           |                          | 10 tahun     | 30 tahun | 50 tahun | 100 tahun |
| 5.0       | 0.003858544              | 4%           | 11%      | 18%      | 32%       |
| 5.1       | 0.003398398              | 3%           | 10%      | 16%      | 29%       |
| 5.3       | 0.002636185              | 3%           | 8%       | 12%      | 23%       |
| 5.4       | 0.00232181               | 2%           | 7%       | 11%      | 21%       |
| 5.6       | 0.00180106               | 2%           | 5%       | 9%       | 16%       |

Nilai probabilitas kejadian gempa bumi untuk wilayah 1 dengan  $M \geq 5$  SR menunjukkan magnitudo 5,0 SR mempunyai probabilitas gempa yang paling tinggi yakni, 4% untuk 10 tahun; 11% untuk 30 tahun; 18% untuk 50 tahun dan 32% untuk 100 tahun. Sedangkan magnitudo 5,6 SR mempunyai nilai probabilitas yang paling rendah yakni, 2% untuk 10 tahun; 5% untuk 30 tahun; 9% untuk 50 tahun dan 16% untuk 100 tahun. Dari hasil tabel ini dapat disimpulkan bahwa nilai probabilitas kejadian gempa bumi untuk  $M \geq 5$  kemungkinannya akan semakin berkurang apabila magnitudo gempanya semakin besar. Selain itu, nilai probabilitasnya juga semakin meningkat seiring dengan bertambahnya jumlah tahun.

## 2. Wilayah 2

Tabel 4.8 Nilai probabilitas terjadinya gempa bumi magnitudo  $\geq 3$  SR

| Magnitude | Indeks seismisitas gempa | Probabilitas |          |          |           |
|-----------|--------------------------|--------------|----------|----------|-----------|
|           |                          | 10 tahun     | 30 tahun | 50 tahun | 100 tahun |
| 3         | 0.065230186              | 48%          | 86%      | 96%      | 100%      |
| 3.1       | 0.058914548              | 45%          | 83%      | 95%      | 100%      |
| 3.2       | 0.053210395              | 41%          | 80%      | 93%      | 100%      |
| 3.3       | 0.048058522              | 38%          | 76%      | 91%      | 99%       |
| 3.5       | 0.039202907              | 32%          | 69%      | 86%      | 98%       |
| 3.6       | 0.035407251              | 30%          | 65%      | 83%      | 97%       |
| 3.8       | 0.028882851              | 25%          | 58%      | 76%      | 94%       |

Nilai probabilitas kejadian gempa bumi untuk wilayah 2 dengan  $M \geq 3$  SR menunjukkan magnitudo 3,0 SR mempunyai probabilitas gempa yang paling tinggi yakni, 48% untuk 10 tahun; 86% untuk 30 tahun; 96% untuk 50 tahun dan 100% untuk 100 tahun. Sedangkan magnitudo 3,8 SR mempunyai nilai probabilitas yang paling rendah yakni, 25% untuk 10 tahun; 58% untuk 30 tahun; 76% untuk 50 tahun dan 94% untuk 100 tahun. Nilai ini lebih tinggi dibandingkan dengan nilai untuk magnitudo yang sama pada wilayah 1. Dari hasil tabel ini dapat disimpulkan bahwa nilai probabilitas kejadian gempa bumi untuk  $M \geq 3$  SR kemungkinannya akan semakin berkurang apabila magnitudo gempanya semakin besar. Selain itu, nilai probabilitasnya juga semakin meningkat seiring dengan bertambahnya jumlah tahun.

Tabel 4.9 Nilai probabilitas terjadinya gempa bumi magnitudo  $\geq 4$  SR

| Magnitudo | Indeks seismisitas gempa | Probabilitas |          |          |           |
|-----------|--------------------------|--------------|----------|----------|-----------|
|           |                          | 10 tahun     | 30 tahun | 50 tahun | 100 tahun |
| 4.0       | 0.023560686              | 21%          | 51%      | 69%      | 91%       |
| 4.1       | 0.021279521              | 19%          | 47%      | 65%      | 88%       |
| 4.2       | 0.019219221              | 17%          | 44%      | 62%      | 85%       |
| 4.3       | 0.017358401              | 16%          | 41%      | 58%      | 82%       |
| 4.4       | 0.015677747              | 15%          | 38%      | 54%      | 79%       |
| 4.6       | 0.012788851              | 12%          | 32%      | 47%      | 72%       |
| 4.5       | 0.007280638              | 7%           | 20%      | 31%      | 75%       |
| 4.7       | 0.011550624              | 11%          | 29%      | 44%      | 68%       |
| 4.8       | 0.010432283              | 10%          | 27%      | 41%      | 65%       |
| 4.9       | 0.009422221              | 9%           | 25%      | 38%      | 61%       |

Nilai probabilitas kejadian gempa bumi untuk wilayah 2 dengan  $M \geq 4$  SR menunjukkan magnitudo 4,0 SR mempunyai probabilitas gempa yang paling tinggi yakni, 21% untuk 10 tahun; 51% untuk 30 tahun; 69% untuk 50 tahun dan 91% untuk 100 tahun. Sedangkan magnitudo 4,9 SR mempunyai nilai probabilitas yang paling rendah yakni, 9% untuk 10 tahun; 25% untuk 30 tahun; 38% untuk 50 tahun dan 61% untuk 100 tahun. Nilai ini lebih tinggi dibandingkan dengan nilai untuk magnitudo yang sama pada wilayah 1. Dari hasil tabel ini dapat disimpulkan bahwa nilai probabilitas kejadian gempa bumi untuk  $M \geq 4$  SR kemungkinannya akan semakin berkurang apabila magnitudo gempanya semakin besar. Selain itu, nilai probabilitasnya juga semakin meningkat seiring dengan bertambahnya jumlah tahun.

Tabel 4.10 Nilai probabilitas terjadinya gempa bumi magnitudo  $\geq 5$  SR

| Magnitude | Indeks seismisitas gempa | Probabilitas |          |          |           |
|-----------|--------------------------|--------------|----------|----------|-----------|
|           |                          | 10 tahun     | 30 tahun | 50 tahun | 100 tahun |
| 5.0       | 0.008509954              | 8%           | 23%      | 35%      | 57%       |
| 5.1       | 0.007686014              | 7%           | 21%      | 32%      | 54%       |
| 5.2       | 0.006941848              | 7%           | 19%      | 29%      | 50%       |

Nilai probabilitas kejadian gempa bumi untuk wilayah 2 dengan  $M \geq 5$  SR menunjukkan magnitudo 5,0 SR mempunyai probabilitas gempa yang paling tinggi yakni, 8% untuk 10 tahun; 23% untuk 30 tahun; 35% untuk 50 tahun dan 57% untuk 100 tahun. Sedangkan magnitudo 5,2 SR mempunyai nilai probabilitas yang paling rendah yakni, 7% untuk 10 tahun; 19% untuk 30 tahun; 29% untuk 50 tahun dan 50% untuk 100 tahun. Nilai ini lebih tinggi dibandingkan dengan nilai untuk magnitudo yang sama pada wilayah 1. Dari hasil tabel ini dapat disimpulkan bahwa nilai probabilitas kejadian gempa bumi untuk  $M \geq 5$  SR kemungkinannya akan semakin berkurang apabila magnitudo gempanya semakin besar. Selain itu, nilai probabilitasnya juga semakin meningkat seiring dengan bertambahnya jumlah tahun.

### 3. Wilayah 3

Tabel 4.11 Nilai probabilitas terjadinya gempa bumi magnitudo  $\geq 3$  SR

| Magnitude | Indeks seismisitas gempa | Probabilitas |          |          |           |
|-----------|--------------------------|--------------|----------|----------|-----------|
|           |                          | 10 tahun     | 30 tahun | 50 tahun | 100 tahun |
| 3.0       | 0.014638397              | 14%          | 36%      | 52%      | 77%       |
| 3.1       | 0.013234227              | 12%          | 33%      | 48%      | 73%       |
| 3.2       | 0.011964749              | 11%          | 30%      | 45%      | 70%       |
| 3.7       | 0.007226514              | 7%           | 19%      | 30%      | 51%       |

Nilai probabilitas kejadian gempa bumi untuk wilayah 3 dengan  $M \geq 3$  SR menunjukkan magnitudo 3,0 SR mempunyai probabilitas gempa yang paling tinggi yakni, 14% untuk 10 tahun; 36% untuk 30 tahun; 52% untuk 50 tahun dan 77% untuk 100 tahun. Sedangkan magnitudo 3,7 SR mempunyai nilai probabilitas yang paling rendah yakni, 7% untuk 10 tahun; 19% untuk 30 tahun; 30% untuk 50 tahun dan 51% untuk 100 tahun. Nilai ini lebih rendah dibandingkan dengan nilai untuk magnitudo yang sama pada wilayah 1 dan 2. Dari hasil tabel ini dapat disimpulkan bahwa nilai probabilitas kejadian gempa bumi untuk  $M \geq 3$  SR kemungkinannya akan semakin berkurang apabila magnitudo gempanya semakin besar. Selain itu, nilai probabilitasnya juga semakin meningkat seiring dengan bertambahnya jumlah tahun.

Tabel 4.12 Nilai probabilitas terjadinya gempa bumi magnitudo  $\geq 4$  SR

| Magnitudo | Indeks seismisitas gempa | Probabilitas |          |          |           |
|-----------|--------------------------|--------------|----------|----------|-----------|
|           |                          | 10 tahun     | 30 tahun | 50 tahun | 100 tahun |
| 4.4       | 0.003567501              | 4%           | 10%      | 16%      | 30%       |
| 4.7       | 0.002636205              | 3%           | 8%       | 12%      | 23%       |
| 4.9       | 0.002154712              | 2%           | 6%       | 10%      | 19%       |

Nilai probabilitas kejadian gempa bumi untuk wilayah 3 dengan  $M \geq 4$  SR menunjukkan magnitudo 4,4 SR mempunyai probabilitas gempa yang paling tinggi yakni, 4% untuk 10 tahun; 10% untuk 30 tahun; 16% untuk 50 tahun dan 30% untuk 100 tahun. Sedangkan magnitudo 4,9 SR mempunyai nilai probabilitas yang paling rendah yakni, 2% untuk 10 tahun; 6% untuk 30 tahun; 10% untuk 50 tahun dan 19% untuk 100 tahun. Nilai ini lebih rendah dibandingkan dengan nilai untuk magnitudo yang

sama pada wilayah 1 dan 2. Dari hasil tabel ini dapat disimpulkan bahwa nilai probabilitas kejadian gempa bumi untuk  $M \geq 4$  SR kemungkinannya akan semakin berkurang apabila magnitudo gempanya semakin besar. Selain itu, nilai probabilitasnya juga semakin meningkat seiring dengan bertambahnya jumlah tahun.

Tabel 4.13 Nilai probabilitas terjadinya gempa bumi magnitudo  $\geq 5$  SR

| Magnitude | Indeks seismisitas gempa | Probabilitas |          |          |           |
|-----------|--------------------------|--------------|----------|----------|-----------|
|           |                          | 10 tahun     | 30 tahun | 50 tahun | 100 tahun |
| 5.8       | 0.00086943               | 1%           | 3%       | 4%       | 8%        |

Probabilitas kejadian gempa bumi untuk wilayah 3 dengan  $M \geq 5$  SR hanya mempunyai 1 kejadian gempabumi dalam 50 tahun pengambilan data dengan magnitudo 5,8 SR mempunyai probabilitas gempa yakni, 1% untuk 10 tahun; 3% untuk 30 tahun; 4% untuk 50 tahun dan 8% untuk 100 tahun.

#### 4. Wilayah 4

Tabel 4.14 Nilai probabilitas terjadinya gempa bumi magnitudo  $\geq 3$  SR

| Magnitude | Indeks seismisitas gempa | Probabilitas |          |          |           |
|-----------|--------------------------|--------------|----------|----------|-----------|
|           |                          | 10 tahun     | 30 tahun | 50 tahun | 100 tahun |
| 3         | 0.040054076              | 33%          | 70%      | 87%      | 98%       |
| 3.1       | 0.035889212              | 30%          | 66%      | 83%      | 97%       |
| 3.2       | 0.032157415              | 27%          | 62%      | 80%      | 96%       |
| 3.4       | 0.025817582              | 23%          | 54%      | 72%      | 92%       |
| 3.5       | 0.023133043              | 21%          | 50%      | 69%      | 90%       |
| 3.6       | 0.020727646              | 19%          | 46%      | 65%      | 87%       |
| 3.7       | 0.018572364              | 17%          | 43%      | 60%      | 84%       |

Nilai probabilitas kejadian gempa bumi untuk wilayah 4 dengan  $M \geq 3$  SR menunjukkan magnitudo 3,0 SR mempunyai probabilitas gempa

yang paling tinggi yakni, 14% untuk 10 tahun; 36% untuk 30 tahun; 52% untuk 50 tahun dan 77% untuk 100 tahun. Sedangkan magnitudo 3,7 SR mempunyai nilai probabilitas yang paling rendah yakni, 17% untuk 10 tahun; 43% untuk 30 tahun; 60% untuk 50 tahun dan 84% untuk 100 tahun. Nilai ini lebih rendah dibandingkan dengan nilai untuk magnitudo yang sama pada wilayah 1 dan 2 tetapi lebih tinggi dibandingkan dengan nilai probabilitas pada wilayah 3. Dari hasil tabel ini dapat disimpulkan bahwa nilai probabilitas kejadian gempa bumi untuk  $M \geq 3$  SR kemungkinannya akan semakin berkurang apabila magnitudo gempanya semakin besar. Selain itu, nilai probabilitasnya juga semakin meningkat seiring dengan bertambahnya jumlah tahun.

Tabel 4.15 Nilai probabilitas terjadinya gempa bumi magnitudo  $\geq 4$  SR

| Magnitudo | Indeks seismisitas gempa | Probabilitas |          |          |           |
|-----------|--------------------------|--------------|----------|----------|-----------|
|           |                          | 10 tahun     | 30 tahun | 50 tahun | 100 tahun |
| 4.0       | 0.01336038               | 13%          | 33%      | 49%      | 74%       |
| 4.1       | 0.011971154              | 11%          | 30%      | 45%      | 70%       |
| 4.2       | 0.010726382              | 10%          | 28%      | 42%      | 66%       |
| 4.3       | 0.009611042              | 9%           | 25%      | 38%      | 62%       |
| 4.4       | 0.008611676              | 8%           | 23%      | 35%      | 58%       |
| 4.5       | 0.007716225              | 7%           | 21%      | 32%      | 54%       |
| 4.8       | 0.005550812              | 5%           | 15%      | 24%      | 43%       |

Nilai probabilitas kejadian gempa bumi untuk wilayah 4 dengan  $M \geq 4$  SR menunjukkan magnitudo 4,0 SR mempunyai probabilitas gempa yang paling tinggi yakni, 13% untuk 10 tahun; 33% untuk 30 tahun; 49% untuk 50 tahun dan 74% untuk 100 tahun. Sedangkan magnitudo 4,8 SR mempunyai nilai probabilitas yang paling rendah yakni, 5% untuk 10

tahun; 15% untuk 30 tahun; 24% untuk 50 tahun dan 43% untuk 100 tahun. Nilai ini lebih rendah dibandingkan dengan nilai untuk magnitudo yang sama pada wilayah 1 dan 2 tetapi lebih tinggi dibandingkan dengan nilai probabilitas pada wilayah 3. Dari hasil tabel ini dapat disimpulkan bahwa nilai probabilitas kejadian gempa bumi untuk  $M \geq 4$  SR kemungkinannya akan semakin berkurang apabila magnitudo gempanya semakin besar. Selain itu, nilai probabilitasnya juga semakin meningkat seiring dengan bertambahnya jumlah tahun.

Tabel 4.16 Nilai probabilitas terjadinya gempa bumi magnitudo  $\geq 5$  SR

| Magnitudo | Indeks seismisitas gempa | Probabilitas |          |          |           |
|-----------|--------------------------|--------------|----------|----------|-----------|
|           |                          | 10 tahun     | 30 tahun | 50 tahun | 100 tahun |
| 5.2       | 0.003577877              | 4%           | 10%      | 16%      | 30%       |
| 5.3       | 0.003205845              | 3%           | 9%       | 15%      | 27%       |
| 5.5       | 0.002573813              | 3%           | 7%       | 12%      | 23%       |

Nilai probabilitas kejadian gempa bumi untuk wilayah 4 dengan  $M \geq 5$  SR menunjukkan magnitudo 5,2 SR mempunyai probabilitas gempa yang paling tinggi yakni, 4% untuk 10 tahun; 10% untuk 30 tahun; 16% untuk 50 tahun dan 30% untuk 100 tahun. Sedangkan magnitudo 5,5 SR mempunyai nilai probabilitas yang paling rendah yakni, 3% untuk 10 tahun; 7% untuk 30 tahun; 12% untuk 50 tahun dan 23% untuk 100 tahun. Nilai ini lebih rendah dibandingkan dengan nilai untuk magnitudo yang sama pada wilayah 1 dan 2 tetapi lebih tinggi dibandingkan dengan nilai probabilitas pada wilayah 3. Dari hasil tabel ini dapat disimpulkan bahwa nilai probabilitas kejadian gempa bumi untuk  $M \geq 5$  kemungkinannya akan semakin berkurang apabila magnitudo gempanya semakin besar.

Selain itu, nilai probabilitasnya juga semakin meningkat seiring dengan bertambahnya jumlah tahun.

#### 5. Wilayah 5

Tabel 4.17 Nilai probabilitas terjadinya gempa bumi magnitudo  $\geq 3$  SR

| Magnitudo | Indeks seismisitas gempa | Probabilitas |          |          |           |
|-----------|--------------------------|--------------|----------|----------|-----------|
|           |                          | 10 tahun     | 30 tahun | 50 tahun | 100 tahun |
| 3.1       | 0.000514052              | 1%           | 2%       | 3%       | 5%        |
| 3.3       | 0.000371199              | 0%           | 1%       | 2%       | 4%        |
| 3.5       | 0.000268045              | 0%           | 1%       | 1%       | 3%        |

Nilai probabilitas kejadian gempa bumi untuk wilayah 5 dengan  $M \geq 3$  SR menunjukkan magnitudo 3,1 SR mempunyai probabilitas gempa yang paling tinggi yakni, 1% untuk 10 tahun; 2% untuk 30 tahun; 3% untuk 50 tahun dan 5% untuk 100 tahun. Sedangkan magnitudo 3,5 SR mempunyai nilai probabilitas yang paling rendah yakni, 0% untuk 10 tahun; 1% untuk 30 tahun; 1% untuk 50 tahun dan 3% untuk 100 tahun. Nilai ini lebih rendah dibandingkan dengan nilai untuk magnitudo yang sama pada wilayah 1,2,3 dan 4. Dari hasil tabel ini dapat disimpulkan bahwa nilai probabilitas kejadian gempa bumi untuk  $M \geq 3$  SR kemungkinannya akan semakin berkurang apabila magnitudo gempanya semakin besar. Selain itu, nilai probabilitasnya juga semakin meningkat seiring dengan bertambahnya jumlah tahun.

Tabel 4.18 Nilai probabilitas terjadinya gempa bumi magnitudo  $\geq 4$  SR

| Magnitude | Indeks seismisitas gempa | Probabilitas |          |          |           |
|-----------|--------------------------|--------------|----------|----------|-----------|
|           |                          | 10 tahun     | 30 tahun | 50 tahun | 100 tahun |
| 4.6       | 4.47206E-05              | 0.004%       | 0.013%   | 0.022%   | 0.044%    |
| 4.8       | 3.22929E-05              | 0.003%       | 0.011%   | 0.018%   | 0.037%    |

Nilai probabilitas kejadian gempa bumi untuk wilayah 5 dengan  $M \geq 4$  SR menunjukkan magnitudo 4,6 SR mempunyai probabilitas gempa yang paling tinggi yakni, 0.004% untuk 10 tahun; 0.013% untuk 30 tahun; 0.022% untuk 50 tahun dan 0.044% untuk 100 tahun. Sedangkan magnitudo 4,8 SR mempunyai nilai probabilitas yang paling rendah yakni, 0.003% untuk 10 tahun; 0.011% untuk 30 tahun; 0.018% untuk 50 tahun dan 0.037% untuk 100 tahun. Nilai ini lebih rendah dibandingkan dengan nilai untuk magnitudo yang sama pada wilayah 1,2,3 dan 4. Dari hasil tabel ini dapat disimpulkan bahwa nilai probabilitas kejadian gempa bumi untuk  $M > 4$  kemungkinannya akan semakin berkurang apabila magnitudo gempanya semakin besar. Selain itu, nilai probabilitasnya juga semakin meningkat seiring dengan bertambahnya jumlah tahun.

Tabel 4.19 Nilai probabilitas terjadinya gempa bumi magnitudo  $\geq 5$  SR

| Magnitude | Indeks seismisitas gempa | Probabilitas |          |          |           |
|-----------|--------------------------|--------------|----------|----------|-----------|
|           |                          | 10 tahun     | 30 tahun | 50 tahun | 100 tahun |
| 5.0       | 2.33189E-05              | 0.003%       | 0.009%   | 0.015%   | 0.030%    |
| 5.5       | 1.03325E-05              | 0.001%       | 0.005%   | 0.009%   | 0.019%    |

Nilai probabilitas kejadian gempa bumi untuk wilayah 5 dengan  $M \geq 4$  SR menunjukkan magnitudo 5,0 SR mempunyai probabilitas gempa yang paling tinggi yakni, 0.003% untuk 10 tahun; 0.009% untuk 30 tahun;

0.015% untuk 50 tahun dan 0.030% untuk 100 tahun. Sedangkan magnitudo 4,8 SR mempunyai nilai probabilitas yang paling rendah yakni, 0.001% untuk 10 tahun; 0.005% untuk 30 tahun; 0.009% untuk 50 tahun dan 0.019% untuk 100 tahun. Nilai ini lebih rendah dibandingkan dengan nilai untuk magnitudo yang sama pada wilayah 1,2,3 dan 4. Dari hasil tabel ini dapat disimpulkan bahwa nilai probabilitas kejadian gempa bumi untuk  $M \geq 5$  SR kemungkinannya akan semakin berkurang apabila magnitudo gempanya semakin besar. Selain itu, nilai probabilitasnya juga semakin meningkat seiring dengan bertambahnya jumlah tahun.

#### 6. Wilayah 6

Tabel 4.20 Nilai probabilitas terjadinya gempa bumi magnitudo  $\geq 3$  SR

| Magnitude | Indeks seismisitas gempa | Probabilitas |          |          |           |
|-----------|--------------------------|--------------|----------|----------|-----------|
|           |                          | 10 tahun     | 30 tahun | 50 tahun | 100 tahun |
| 3.5       | 0.006045012              | 6%           | 17%      | 26%      | 45%       |
| 3.9       | 0.00381985               | 4%           | 11%      | 17%      | 32%       |

Nilai probabilitas kejadian gempa bumi untuk wilayah 6 dengan  $M \geq 3$  SR menunjukkan magnitudo 3,5 SR mempunyai probabilitas gempa yang paling tinggi yakni, 6% untuk 10 tahun; 17% untuk 30 tahun; 26% untuk 50 tahun dan 45% untuk 100 tahun. Sedangkan magnitudo 3,9 SR mempunyai nilai probabilitas yang paling rendah yakni, 4% untuk 10 tahun; 11% untuk 30 tahun; 17% untuk 50 tahun dan 32% untuk 100 tahun. Nilai ini lebih rendah dibandingkan dengan nilai untuk magnitudo yang sama pada wilayah 1, 2 dan 4. Dari hasil tabel ini dapat disimpulkan bahwa nilai probabilitas kejadian gempa bumi untuk  $M > 3$  SR kemungkinannya akan semakin berkurang apabila magnitudo gempanya

semakin besar. Selain itu, nilai probabilitasnya juga semakin meningkat seiring dengan bertambahnya jumlah tahun.

Tabel 4.21 Nilai probabilitas terjadinya gempa bumi magnitudo  $\geq 4$  SR

| Magnitude | Indeks seismisitas gempa | Probabilitas |          |          |           |
|-----------|--------------------------|--------------|----------|----------|-----------|
|           |                          | 10 tahun     | 30 tahun | 50 tahun | 100 tahun |
| 4.3       | 0.002413768              | 2%           | 7%       | 11%      | 21%       |
| 4.5       | 0.001918758              | 2%           | 6%       | 9%       | 17%       |
| 4.8       | 0.0013599                | 1%           | 4%       | 7%       | 13%       |

Nilai probabilitas kejadian gempa bumi untuk wilayah 6 dengan  $M \geq 4$  SR menunjukkan magnitudo 4,3 SR mempunyai probabilitas gempa yang paling tinggi yakni, 2% untuk 10 tahun; 7% untuk 30 tahun; 11% untuk 50 tahun dan 21% untuk 100 tahun. Sedangkan magnitudo 4,8 SR mempunyai nilai probabilitas yang paling rendah yakni, 1% untuk 10 tahun; 4% untuk 30 tahun; 7% untuk 50 tahun dan 13% untuk 100 tahun. Nilai ini lebih rendah dibandingkan dengan nilai untuk magnitudo yang sama pada wilayah 1,2 dan 4. Dari hasil tabel ini dapat disimpulkan bahwa nilai probabilitas kejadian gempa bumi untuk  $M \geq 4$  SR kemungkinannya akan semakin berkurang apabila magnitudo gempanya semakin besar. Selain itu, nilai probabilitasnya juga semakin meningkat seiring dengan bertambahnya jumlah tahun.

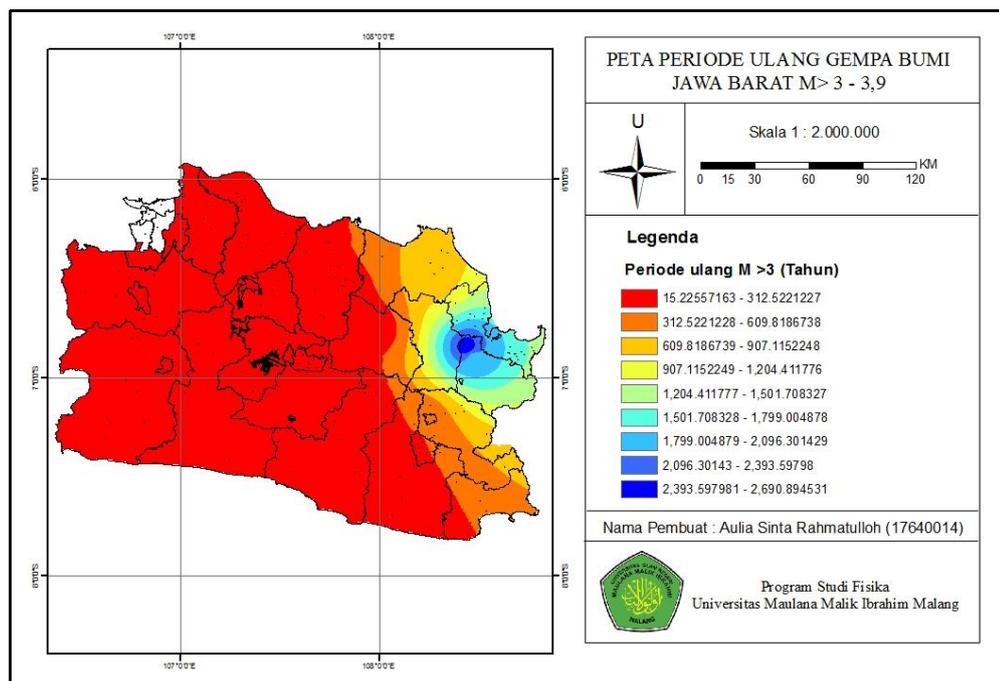
Tabel 4.22 Nilai probabilitas terjadinya gempa bumi magnitudo  $\geq 5$  SR

| Magnitude | Indeks seismisitas gempa | Probabilitas |          |          |           |
|-----------|--------------------------|--------------|----------|----------|-----------|
|           |                          | 10 tahun     | 30 tahun | 50 tahun | 100 tahun |
| 5.3       | 0.000766158              | 1%           | 2%       | 4%       | 7%        |

Nilai probabilitas kejadian gempa bumi untuk wilayah 6 dengan  $M \geq 5$  SR hanya mempunyai 1 kejadian gempa bumi dalam 50 tahun pengambilan data dengan magnitudo 5,3 SR mempunyai probabilitas gempa yang paling tinggi yakni, 1% untuk 10 tahun; 2% untuk 30 tahun; 4% untuk 50 tahun dan 7% untuk 100 tahun.

#### **4.7 Periode ulang gempa bumi**

Periode ulang gempa bumi digunakan untuk menentukan terjadinya kembali gempa bumi dengan magnitudo tertentu di suatu wilayah menggunakan persamaan (2.17). Pada daerah dengan periode ulang yang rendah dapat dikatakan sebagai daerah yang rawan gempa bumi. Pendeknya periode ulang yang terjadi biasanya berhubungan dengan aktivitas gempa bumi yang tinggi dalam suatu daerah penelitian. Untuk mengetahui lebih jelasnya dapat dilihat pada peta berikut :

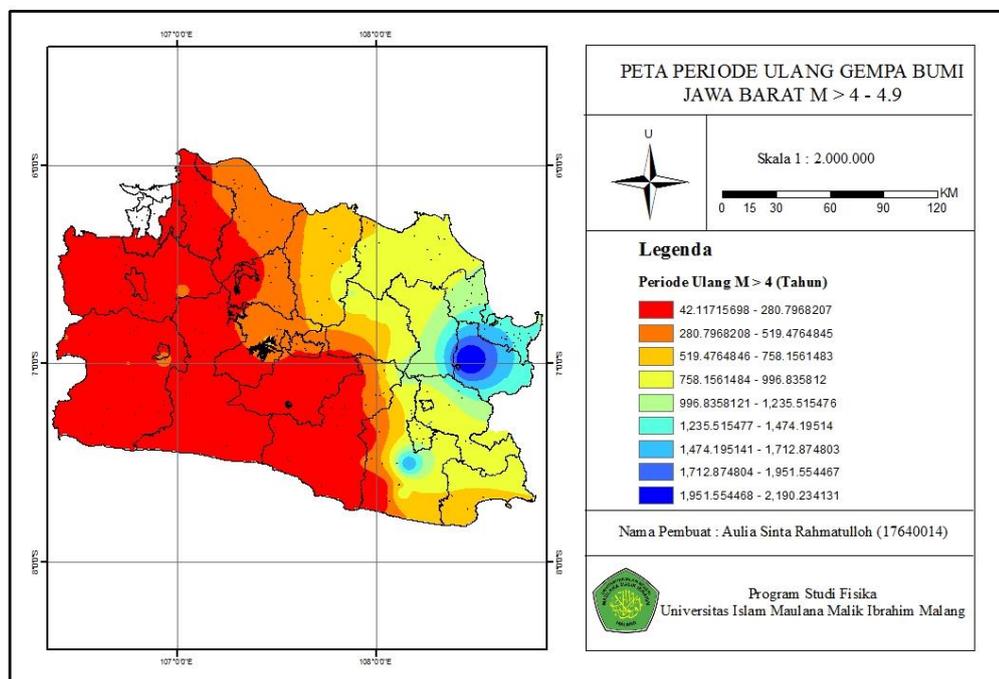


Gambar 4.14 Peta periode ulang gempa bumi  $M \geq 3$  SR

Nilai periode ulang pada 6 wilayah penelitian dengan  $M \geq 3 - 3,9$  SR berkisar antara 15 sampai dengan 2694 tahun. Seperti yang terlihat pada peta daerah Bekasi, Depok, Bogor, Karawang, Sukabumi, Cianjur, Subang, Purwakarta, Cimahi, Bandung, Garut, Sumedang di dominasi warna merah dengan nilai periode ulang yang singkat. Untuk daerah Tasikmalaya, Ciamis, Banjar, Pangandaran terdapat sebagian wilayah yang berwarna merah kemudian sebagian lainnya berwarna coklat dan kuning dengan nilai periode ulang singkat sampai menengah. Sedangkan, untuk daerah Indramayu, Majalengka, Kuningan, Cirebon didominasi warna biru dan coklat dengan nilai periode ulang yang panjang.

Dari hasil perhitungan dapat dilihat bahwa tingkat resiko gempa yang tinggi terdapat pada nilai periode ulang yang singkat yaitu pada magnitudo 3 SR karena memiliki kisaran tahun periode ulang yang paling singkat yakni, antara 15

sampai 68 tahun. Sedangkan, untuk nilai periode ulang terpanjang berada pada magnitudo 3,1 SR yaitu 1945 tahun dan magnitudo 3,3 SR dengan periode ulang 2694 tahun. Hal ini dikarenakan magnitudo tersebut berada pada daerah Indramayu, Majalengka, Kuningan, Cirebon dimana daerah ini adalah daerah dengan jumlah intensitas gempa yang sedikit dalam 50 tahun pengambilan data penelitian.

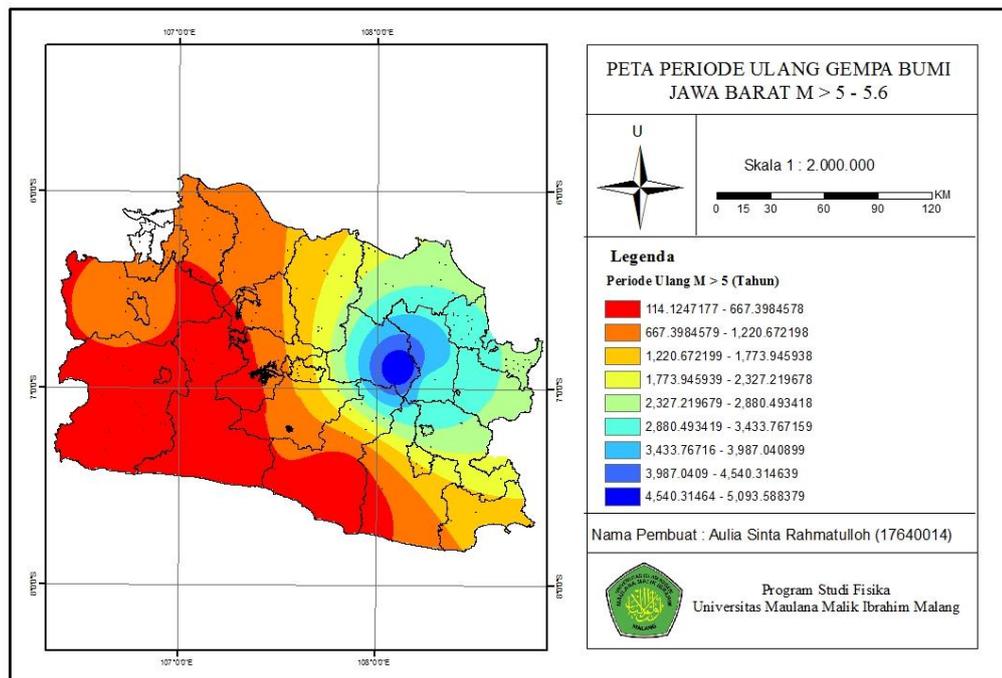


Gambar 4.15 Peta periode ulang gempa bumi  $M \geq 4$  SR

Nilai periode ulang pada 6 wilayah penelitian dengan  $M \geq 4 - 4,9$  SR berkisar antara 42 sampai dengan 2191 tahun. Seperti yang terlihat pada peta daerah Bekasi, Depok, Bogor, Karawang, Sukabumi, Cianjur, Bandung, Garut, Sumedang di dominasi warna merah dengan nilai periode ulang yang singkat. Untuk daerah Subang, Purwakarta, Cimahi terdapat sebagian wilayah yang berwarna merah kemudian sebagian lainnya berwarna coklat dan kuning dengan

nilai periode ulang singkat sampai menengah. Sedangkan, daerah Tasikmalaya, Ciamis, Banjar, Pangandaran, Indramayu, Majalengka, Kuningan, Cirebon didominasi warna coklat, kuning dan biru dengan nilai periode ulang yang panjang.

Ini karena pada daerah Bekasi, Depok, Bogor, Karawang, Sukabumi, Cianjur, Bandung, Garut, Sumedang mempunyai intensitas gempa yang singkat, dan juga pada daerah ini dipengaruhi adanya sesar cimandiri. Kemudian Pada daerah Tasikmalaya, Ciamis, Banjar, Pangandaran, Indramayu, Majalengka, Kuningan, Cirebon mempunyai intensitas gempa paling lama diantara daerah penelitian yang lain, ini berhubungan dengan semakin jarang intensitas suatu gempa maka nilai periode ulangnya semakin panjang.



Gambar 4.16 Peta periode ulang gempa bumi  $M \geq 5$  SR

Nilai periode ulang pada 6 wilayah penelitian dengan  $M \geq 5 - 5,6$  SR berkisar antara 114 sampai dengan 5095 tahun. Seperti yang terlihat pada peta

Daerah Bekasi, Depok, Bogor, Karawang sebagian wilayah didominasi warna merah dan sebagian wilayah lainnya didominasi warna oren dengan nilai periode ulang yang singkat ke menengah. Untuk Daerah Sukabumi, Cianjur didominasi warna merah dengan nilai periode ulang yang singkat. Untuk Daerah Bandung, Garut, Sumedang, Subang, Purwakarta, Cimahi terdapat sebagian wilayah yang berwarna merah, oren dan coklat kemudian sebagian lainnya berwarna kuning dan biru dengan nilai periode ulang singkat ke menengah sampai menengah ke panjang. Sedangkan, daerah Tasikmalaya, Ciamis, Banjar, Pangandaran, Indramayu, Majalengka, Kuningan, Cirebon didominasi warna coklat, kuning dan biru dengan nilai periode ulang yang panjang.

Dari nilai – nilai hasil penelitian tersebut mengingatkan kita bahwa Allah menciptakan alam semesta ini didesain sedemikian rupa agar manusia dapat memanfaatkannya dengan baik serta tidak lupa untuk senantiasa menjaga kelestariannya dan tidak berbuat kerusakan. Hal ini tercantum dalam Al – Qur’an Surat Al – Baqarah ayat 60 :

إِذِ اسْتَسْقَىٰ مُوسَىٰ لِقَوْمِهِ فَقُلْنَا اضْرِبْ بِعَصَاكَ الْحَجَرَ ۗ فَانفَجَرَتْ مِنْهُ اثْنَتَا عَشْرَةَ عَيْنًا ۗ قَدْ عَلِمَ كُلُّ أُنَاسٍ مَّشْرَبَهُمْ ۗ كُلُوا وَاشْرَبُوا مِن رِّزْقِ اللَّهِ وَلَا تَعْتُوا فِي الْأَرْضِ مُفْسِدِينَ ﴿٦٠﴾

Yang artinya :

“...dan (ingatlah) ketika Musa memohon air untuk kaumnya, lalu Kami berfirman: “Pukullah batu itu dengan tongkatmu,” lalu memancarlah daripadanya dua belas mata air. sungguh tiap-tiap suku telah mengetahui tempat minumnya (masing-masing). Makan dan minumlah rezeki (yang diberikan) Allah, dan janganlah kamu berkeliaran di muka bumi dengan berbuat kerusakan....” (QS. Al Baqarah : 60)

Dari ayat di atas dapat diketahui bahwa Allah memberikan rezeki kepada manusia yang disediakan-Nya di bumi ini. Manusia hanya tinggal

mencari tahu bagaimana memanfaatkan apa yang ada di muka bumi ini untuk memenuhi kebutuhannya dengan catatan bahwa manusia tidak merusaknya

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Dari hasil analisis data gempa dari tahun 1970 – 2020 dengan menggunakan metode maksimum likelihood untuk daerah Jawa Barat dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Probabilitas terhadap kejadian gempa terbesar pada wilayah 2 dengan  $M \geq 3$  SR untuk periode 10 tahun sebesar 48% ; 30 tahun 86%; 50 tahun 96% dan 100 tahun sebesar 100%. Probabilitas terhadap kejadian gempa terkecil berada pada wilayah 5 dengan  $M \geq 3$  SR untuk periode 10 tahun sebesar 1% ; 30 tahun sebesar 2% ;50 tahun sebesar 3% dan 100 tahun sebesar 5%.
2. Periode ulang gempa bumi tersingkat berada pada wilayah 2 dengan  $M \geq 3$  SR sebesar 15 tahun. Hal ini disebabkan wilayah 2 berada pada zona sesar cimandiri yang berkorelasi dengan aktivitas gempa akibat sesar tersebut. Semakin sering intensitas gempa bumi semakin besar nilai perulangannya. Periode ulang gempa bumi terlama berada pada wilayah 5 dengan  $M \geq 3$  SR sebesar 1945 tahun. Hal ini disebabkan wilayah 5 mempunyai intensitas gempa yang sedikit dibandingkan dengan wilayah lainnya dalam penelitian, berhubungan dengan nilai periode ulangnya karena semakin jarang atau sedikit intensitas gempa bumi semakin kecil nilai perulangannya.

## 5.2 Saran

1. Perlu dilakukan penelitian lanjutan dengan mempertimbangkan faktor lain seperti faktor geologi setempat dan sebagainya.
2. Mengingat daerah Jawa Barat adalah daerah dengan aktifitas seismik akibat zona sesar yang aktif, disarankan agar pembangunan dirancang sesuai teknik bangunan tahan gempa sebagai upaya mitigasi untuk meminimalisir kerugian yang timbul akibat bencana gempa.

## DAFTAR PUSTAKA

- Budiman, A. (2011). Analisis Periode Ulang Dan Aktivitas Kegempaan Pada Daerah Sumatera Barat Dan Sekitarnya. *Jurnal Ilmu Fisika | Universitas Andalas*, 3(2), 55–61. <https://doi.org/10.25077/jif.3.2.55-61.2011>
- Dewi Wahyuni, Putroue Keumala Intan, & Novita Hendrastuti. (2020). Analisis Seismotektonik dan Periode Ulang Gempa Bumi pada Wilayah Jawa Timur Menggunakan Relasi Gutenberg–Richter. *Jurnal Algebra*, 1(1 SE-), 22–32. <http://journalsaintek.uinsby.ac.id/mhs/index.php/algebra/article/view/9>
- Fidia, R., Pujiastuti, D., & Sabarani, A. (2018). Korelasi Tingkat Seismisitas dan Periode Ulang Gempa Bumi di Kepulauan Mentawai dengan Menggunakan Metode Guttenberg–Richter. *Jurnal Fisika Unand*, 7(1), 84–89. <https://doi.org/10.25077/jfu.7.1.84-89.2018>
- 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*, 3(2), 71–77. <http://jlbj.geologi.esdm.go.id/index.php/jlbj/article/view/37>
- Haryanto, I. (2006). Struktur Geologi Paleogen Dan Neogen. *Bulletin of Scientific Contribution*, 4(1), 88–95.
- Hidayat, N., & Santoso, E. W. (1997). Gempa Bumi Dan Mekanismenya. In *Alami* (Vol. 2, pp. 50–52).
- Hilmi, F., & Haryanto, I. (2008). Pola Struktur Regional Jawa Barat. *Bulletin of Scientific Contribution*, 57–66.
- 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)*, 15(April), 16–31.
- Lumintang, V. G., Pasau, G., & Tongkukut, seni H. J. (2015). *Analysis of Seismikity Level and Rocks Fragility Level in North Maluku*.
- Muhlis, M. (2019). *HAKIKAT GUNUNG BERJALAN DALAM AL-QUR'AN (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. <http://ejournal.idia.ac.id/index.php/el-warqoh%0AHAKIKAT>
- Nandi, S. P. (2006). Gempa Bumi. *Wikipedia*, 1–6. [http://id.wikipedia.org/wiki/Gempa\\_bumi](http://id.wikipedia.org/wiki/Gempa_bumi)

- Nia Shohaya, J., Chasanah, U., Mutiarani, A., Wahyuni P, L., & Madlazim, M. (2013). Survey Dan Analisis Seismisitas Wilayah Jawa Timur Berdasarkan Data Gempa Bumi Periode 1999-2013 Sebagai Upaya Mitigasi Bencana Gempa Bumi. *Jurnal Penelitian Fisika Dan Aplikasinya (JPFA)*, 3(2), 18. <https://doi.org/10.26740/jpfa.v3n2.p18-27>
- Pasau, Guntur dan Tanauma, A. (2011). Pemodelan Sumber Gempa Di Wilayah Sulawesi Utara Earthquake Source Modeling of North Sulawesi Region As. *Jurnal Ilmiah Sains*, 11(2).
- 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*, 4(1), 108–116.
- Priadi, R., & Arifin, J. (2017). *Penentuan Nilai B-Value Untuk Identifikasi Kerentanan Batuan Dengan Mempertimbangkan Nilai Slowness Pada Wilayah Pidie Jaya*. 1(7), 9–15.
- Rachmawati, N. H., Fisika, J., Matematika, F., Alam, P., Surabaya, U. N., Pulau, T., & Indo-, P. (2014). *Hubungan B Value Dengan Frekuensi Kejadian Dan Magnitudo Gempa Bumi Menggunakan Metode Gutenberg-Richter Di Sulawesi Tengah Periode 2008-2014*. 03, 84–88.
- Salsabella, Y., & Rahmawati, E. (2014). *Penentuan Model Kecepatan 1D Gelombang P , Koreksi Stasiun Dan Relokasi Hiposenter Gempa Bumi Di Jawa Barat Dengan Metode Coupled Velocity-Hypocenter*. 03, 89–95.
- Saltykov, V. A., Kugaenko, Y. A., Kravchenko, N. M., & Konovalova, A. A. (2013). A parametric representation of Kamchatka seismicity over time. *Journal of Volcanology and Seismology*, 7(1), 58–75. <https://doi.org/10.1134/S0742046313010065>
- Sari, A. W., Jasruddin, & Ihsan, N. (2012). Analisis Rekahan Gempa Bumi dan Gempa Bumi Susulan dengan Menggunakan Metode Omori. *Sains Dan Pendidikan Fisika*, 8(3), 263–268.
- Suhardiman, Hafid, E., & Widyawati. (2021). *PENGEMBANGAN BULETIN MITIGASI GEMPA BUMI Development of Bulletin Mitigation of the Integrated Earthquake Ayat-*. 1(1), 102–112. <https://doi.org/10.24252/al-khazini.v1i1.20964>
- Sunarjo, Gunawan, M. T., & Pribadi, S. (2012). *Gempabumi Edisi Populer*.

# LAMPIRAN

## Lampiran 1 Data Gempa Bumi

| <b>Tanggal</b> | <b>Jam (WIB)</b> | <b>Lintang</b> | <b>Bujur</b> | <b>Kedalaman</b> | <b>Magnitudo</b> | <b>Lokasi</b>                          |
|----------------|------------------|----------------|--------------|------------------|------------------|--|
| 2020-05-16     | 00:16:04         | -7.14          | 106.92       | 1                | 3.2              | 24 km BD kota Sukabumi Jabar           |
| 2019-08-21     | 03:06:16         | -6.77          | 106.52       | 1                | 3.9              | 24 km BL Kab. Sukabumi-Jabar           |
| 2019-08-13     | 21:20:09         | -6.8           | 106.51       | 1                | 3.5              | 31 km BD Kab-Bogor-Jabar               |
| 1/21/2019      | 10:53:42         | -7.24          | 107.55       | 1                | 3                | 14 km BD kab. Bandung – Jabar          |
| 2021-03-19     | 07:06:50         | -7.64          | 107.96       | 2                | 3.5              | 35 km BD kab. Tasikmalaya -<br>Bandung |
| 2020-10-19     | 23:15:59         | -7.24          | 107.73       | 2                | 3                | 18 km BD Kab. Garut – Jabar            |
| 2020-03-11     | 21:41:33         | -6.72          | 107.31       | 2                | 3.7              | 22 Km Timur Laut Kab Cianjur jabar     |
| 2020-03-06     | 18:27:18         | -8.08          | 107.63       | 2                | 3.7              | 80 Km BD Garut – Jabar                 |
| 2019-10-18     | 21:58:34         | -6.75          | 106.49       | 2                | 3.1              | 30 km BL Kab-Bogor-Jabar               |
| 2018-04-06     | 05:27:43         | -6.96          | 106.87       | 3                | 3.1              | 7 km Barat Daya Kota Sukabumi-Jabar    |
| 2009-09-18     | 23:18:32         | -7.4           | 107.55       | 3                | 3.5              | Java, Indonesia                        |
| 2008-10-11     | 03:36:54         | -6.76          | 106.68       | 3                | 3.6              | Java, Indonesia                        |
| 2021-07-31     | 06:09:42         | -6.94          | 106.99       | 4                | 3.1              | 6 km Tenggara Kota-Sukabumi-Jabar      |
| 2021-07-23     | 00:14:52         | -7.26          | 108.67       | 4                | 3.7              | 19 km TimurLaut Kota Banjar – Jabar    |
| 2021-07-09     | 19:29:23         | -7.24          | 107.72       | 4                | 3.4              | 19 Km BD Kab Garut – Jabar             |
| 2020-09-04     | 13:30:52         | -7.11          | 106.93       | 4                | 3.3              | 20 Km Selatan Kota Sukabumi – Jabar    |
| 2020-08-19     | 17:02:30         | -7.34          | 107.66       | 4                | 3.2              | 21 Km BL Garut Jabar                   |
| 2020-08-09     | 02:16:22         | -6.61          | 107.06       | 4                | 3                | 24 Km BL Cianjur – Jabar               |
| 2020-03-16     | 00:40:41         | -6.73          | 107.33       | 4                | 3.2              | 22 Km BD kab.Purwakarta – Jabar        |
| 2020-01-15     | 03:16:07         | -6.71          | 107.32       | 4                | 3.6              | 21 km BD Kab. Purwakarta               |
| 2019-12-10     | 12:54:22         | -6.54          | 107.08       | 4                | 3.2              | 22 km BD Kab-Bekasi-Jabar              |

|            |          |       |        |   |     |   |
|------------|----------|-------|--------|---|-----|---|
| 2019-10-26 | 17:50:05 | -6.93 | 106.61 | 4 | 3.7 | 35 Km BD kota Sukabumi – Jabar            |
| 2019-08-21 | 05:31:22 | -6.76 | 106.52 | 4 | 3.4 | 25 km BL Kab. Sukabumi-Jabar              |
| 2019-08-19 | 23:10:47 | -6.85 | 106.58 | 4 | 3.4 | 30 km Barat Laut Kab Sukabumi –<br>Jabar  |
| 2019-08-19 | 22:10:47 | -6.85 | 106.58 | 4 | 3.4 | 30 km BL Kab - Sukabumi – Jabar           |
| 2019-08-13 | 21:24:22 | -6.75 | 106.49 | 4 | 3   | 26 km BD Kab-Bogor-Jabar                  |
| 2019-01-15 | 12:16:37 | -6.47 | 106.63 | 4 | 3.5 | 20 km BD Kab Bogor Jawa Barat             |
| 2018-10-01 | 03:23:08 | -6.85 | 108.44 | 4 | 3.3 | 15 km Barat Laut Kuningan-Jabar           |
| 2018-08-17 | 15:19:05 | -7.25 | 107.66 | 4 | 3   | 17 Km Tenggara Kab.bandung-Jabar          |
| 2018-07-19 | 17:27:54 | -6.68 | 107.58 | 4 | 3   | 20 km Tenggara Purwakarta – Jabar         |
| 2018-06-23 | 23:30:01 | -6.72 | 106.57 | 4 | 3.6 | 19 km Barat Daya kab Bogor Jabar          |
| 2021-06-05 | 12:47:42 | -6.95 | 106.97 | 5 | 3   | 5 km Tenggara Kota Sukabumi – jabar       |
| 2021-04-23 | 04:47:33 | -6.63 | 107.83 | 5 | 3.2 | 10 Km Tenggara Kab Subang – Jabar         |
| 2020-11-01 | 21:34:09 | -7.2  | 107.6  | 5 | 4   | 21 km tenggara kab. Bandung – Jabar       |
| 2020-09-27 | 16:23:14 | -7.02 | 107.03 | 5 | 3.4 | 15 Km Tenggara kota - Sukabumi -<br>Jabar |
| 2020-06-26 | 20:34:52 | -7.25 | 107.73 | 5 | 3.5 | 17 km Tenggara Kab-Bandung-Jabar          |
| 2020-02-26 | 23:41:48 | -6.43 | 107.24 | 5 | 3.2 | 10 Km Tenggara Kab. Bekasi – Jabar        |
| 2019-08-23 | 23:00:02 | -6.77 | 106.49 | 5 | 3.2 | 28 km BD Kab. Bogor-Jabar                 |
| 2019-08-23 | 11:10:59 | -6.7  | 106.51 | 5 | 4   | 101 Km BD Kab. Bogor                      |
| 2019-08-21 | 11:24:05 | -6.9  | 106.59 | 5 | 3.4 | 37 Km BL Sukabumi Jabar                   |
| 2019-08-21 | 03:28:57 | -6.83 | 106.58 | 5 | 3.5 | 34 km BD kab. Bogor – Jabar               |
| 2019-07-16 | 03:01:00 | -6.76 | 107.99 | 5 | 3   | 9 km TL Sumedang-Jabar                    |
| 2019-04-07 | 12:37:19 | -7.35 | 106.78 | 5 | 3.6 | 32 Km Tenggara kab Sukabumi Jabar         |
| 2018-08-20 | 23:10:31 | -6.94 | 106.53 | 5 | 3.4 | 44 km Barat Daya Kab.Bogor Jabar          |

|            |          |       |        |   |     |  |
|------------|----------|-------|--------|---|-----|--|
| 2018-06-23 | 21:10:07 | -6.75 | 106.57 | 5 | 3.2 | 22 km Barat Daya Bogor Jabar             |
| 2018-05-01 | 08:57:19 | -7.32 | 106.84 | 5 | 3.2 | 44 km Barat Daya Kota Sukabumi-<br>Jabar |
| 2018-04-27 | 14:57:21 | -7.28 | 106.86 | 5 | 3   | 39 km Barat Daya Kota Sukabumi-<br>Jabar |
| 2013-12-18 | 21:14:30 | -6.88 | 106.85 | 5 | 4.5 | 8 km Barat Laut Sukabumi, Jawa Barat     |
| 2012-06-20 | 20:09:07 | -7.62 | 107.8  | 5 | 3.6 | 56 km baratdaya Tasikmalaya, Jabar       |
| 2009-11-07 | 02:40:12 | -7.28 | 107.59 | 5 | 3.4 | Java, Indonesia                          |
| 2021-04-07 | 05:27:52 | -7.26 | 107.71 | 6 | 3   | 21 km BD Kab-Garut-Jabar                 |
| 2020-11-17 | 23:21:36 | -6.9  | 108.47 | 6 | 3.1 | 8 km BaratLaut Kab. Kuningan – Jabar     |
| 2018-05-05 | 02:15:45 | -7.2  | 106.91 | 6 | 3   | 30 km BaratDaya Kota Sukabumi -<br>Jabar |
| 2018-05-02 | 18:11:18 | -6.79 | 106.7  | 6 | 3.2 | 24 km BaratDaya Kota Bogor – Jabar       |
| 2018-04-30 | 14:19:49 | -7.33 | 106.83 | 6 | 3   | 46 km Barat Daya Kota Sukabumi-<br>Jabar |
| 2021-06-20 | 23:12:00 | -7.04 | 107.22 | 7 | 3.3 | 25 km Tenggara Kab. Cianjur – Jabar      |
| 2019-02-02 | 12:06:24 | -6.8  | 106.65 | 7 | 3.2 | 27 Km tenggara kab. Bogor-Jabar          |
| 2018-10-19 | 08:19:49 | -7.2  | 107.18 | 7 | 3.2 | 41 kmTenggara Kota Sukabumi              |
| 2018-05-26 | 18:30:34 | -7.16 | 106.92 | 7 | 3.3 | 25 km BaratDaya Kota Sukabumi<br>Jabar   |
| 2018-04-26 | 06:24:45 | -7.32 | 107.61 | 7 | 3   | 20 km Barat daya Kab-Bandung Barat       |
| 2019-08-19 | 08:13:12 | -6.77 | 106.53 | 8 | 3   | 24 km Barat Laut Kab Sukabumi -<br>Jabar |
| 2018-07-07 | 11:14:49 | -6.9  | 106.45 | 8 | 3.1 | 43 km Barat daya Kab. Bogor – Jabar      |
| 2018-05-27 | 03:52:02 | -7.2  | 106.89 | 8 | 3.1 | 30 km BaratDaya Kota Sukabumi<br>Jabar   |

|            |          |       |        |    |     |  |
|------------|----------|-------|--------|----|-----|--|
| 2018-04-28 | 14:37:04 | -7.25 | 106.88 | 8  | 3.1 | 36 km Barat Daya Kota Sukabumi-Jabar   |
| 2018-04-03 | 14:39:13 | -7.14 | 106.89 | 8  | 3   | 21 km Barat Daya Kota Sukabumi-Jabar   |
| 2019-08-21 | 09:01:19 | -6.77 | 106.51 | 9  | 3.1 | 28 Km BD Kab. Bogor-Jabar              |
| 2021-06-05 | 21:52:00 | -6.84 | 107.16 | 10 | 3   | 3 km Tenggara Kab Cianjur - Jabar      |
| 2021-01-11 | 19:35:05 | -6.78 | 106.97 | 10 | 3.2 | 16 Km TL Kota Sukabumi - Jabar         |
| 2020-08-09 | 18:52:42 | -6.63 | 107.02 | 10 | 3.5 | 25 km BaratLaut Kab. Cianjur - Jabar   |
| 2020-07-22 | 14:11:23 | -6.8  | 106.3  | 10 | 3.5 | 61 Km BD Bogor - Jabar                 |
| 2020-03-10 | 17:18:05 | -6.89 | 106.62 | 10 | 5   | 13 km TL Kab-Sukabumi-Jabar            |
| 2020-03-10 | 17:09:19 | -6.89 | 106.61 | 10 | 3.2 | 25 km BL Sukabumi-Jabar                |
| 2019-12-19 | 16:59:55 | -7.27 | 107.6  | 10 | 3   | 15 Km BD Kab.Bandung                   |
| 2019-11-29 | 23:31:08 | -7.33 | 108.88 | 10 | 3.2 | 38 Km TL Kota Banjar - Jabar           |
| 2019-11-29 | 02:39:02 | -7.32 | 108.18 | 10 | 3.5 | 38 Km TL Kota Banjar - Jabar           |
| 2019-08-21 | 20:49:58 | -6.76 | 106.51 | 10 | 3.3 | 25 Km BL Kab. Sukabumi-Jabar           |
| 2019-08-19 | 09:44:11 | -6.78 | 106.53 | 10 | 3.1 | 25 km BL Kab-Bogor-Jabar               |
| 2019-08-13 | 02:05:19 | -6.76 | 106.52 | 10 | 3   | 29 km BD kab. Bogor - Jabar            |
| 2019-02-11 | 13:08:50 | -7.27 | 107.71 | 10 | 4.1 | 17 Km Tenggara Kab. Bandung            |
| 2018-10-31 | 23:03:00 | -6.84 | 106.67 | 10 | 3.1 | 30 km BaratDaya kota Bogor - Jabar     |
| 2018-09-07 | 07:52:28 | -7.41 | 107.78 | 10 | 3.4 | 10 km Timur Laut Garut Jabar           |
| 2018-08-23 | 10:01:28 | -6.3  | 106.68 | 10 | 4.3 | 126 km Barat Daya Pesisirbarat-Lampung |
| 2018-07-07 | 18:50:14 | -6.81 | 106.19 | 10 | 3   | 28 km Tenggara Lebak-Banten            |
| 2018-07-05 | 01:45:24 | -7.25 | 107.73 | 10 | 3.7 | 17 km Tenggara Kab. Bandung - Jabar    |
| 2018-05-26 | 03:15:00 | -7.32 | 106.84 | 10 | 4.3 | 44 km BaratDaya Kota Sukabumi          |

|            |          |       |        |    |     |                                      |
|------------|----------|-------|--------|----|-----|--------------------------------------|
|            |          |       |        |    |     | Jabar                                |
| 2018-05-01 | 16:12:57 | -7.34 | 106.82 | 10 | 3   | 47 km Barat Daya Kota Sukabumi-Jabar |
| 2018-05-01 | 06:29:45 | -7.33 | 106.83 | 10 | 3.5 | 46 km Barat Daya Kota Sukabumi-Jabar |
| 2018-05-01 | 06:22:37 | -7.32 | 106.89 | 10 | 3.5 | 43 km Barat Daya Kota Sukabumi-Jabar |
| 2018-04-30 | 04:13:18 | -7.32 | 106.8  | 10 | 4.3 | 45 km Barat Daya Kota Sukabumi-Jabar |
| 2018-04-27 | 11:21:40 | -7.31 | 106.87 | 10 | 4.1 | 36 km Barat Daya Cianjur-Jabar       |
| 2018-02-14 | 13:58:24 | -7.16 | 106.92 | 10 | 3.5 | 25 km Barat Daya kota Sukabumi-Jabar |
| 2018-01-13 | 22:56:59 | -7.31 | 107.12 | 10 | 3.1 | 47 km Tenggara kota-Sukabumi         |
| 2017-11-22 | 04:22:38 | -6.7  | 106.65 | 10 | 3.7 | 16 km Tenggara Kab. Bogor-Jawa Barat |
| 2017-09-27 | 18:23:17 | -7.1  | 106.54 | 10 | 3.1 | 47 km BaratDaya Kota Sukabumi-Jabar  |
| 2017-09-15 | 21:24:38 | -6.74 | 106.64 | 10 | 3   | 20 km tenggara Kab. Bogor-Jabar      |
| 2017-09-04 | 07:14:15 | -7.2  | 107.62 | 10 | 3   | 7 km BaratDaya Kab.Bandung-Jabar     |
| 2017-08-27 | 08:06:32 | -7.46 | 107.15 | 10 | 3.1 | 63 km BaratDaya Kab.Bandung-Jabar    |
| 2017-07-30 | 18:38:41 | -6.63 | 106.63 | 10 | 3.6 | 8 Km Tenggara Kab Bogor -Jabar       |
| 2017-07-18 | 12:58:15 | -7.22 | 107.8  | 10 | 3.7 | 21 Km BaratDaya Kab. Bandung         |
| 2017-06-26 | 19:20:23 | -6.74 | 106.52 | 10 | 3   | 24 km Barat Daya Kab Bogor-Jabar     |
| 2017-05-03 | 08:39:59 | -7.37 | 107.05 | 10 | 3.3 | 50 km Tenggara Sukabumi - Jabar      |
| 2017-04-30 | 09:03:44 | -7.26 | 107.16 | 10 | 4.2 | 44 km Tenggara kota Sukabumi - Jabar |
| 2017-04-07 | 22:19:16 | -7.2  | 106.65 | 10 | 3.3 | 43 Barat Daya Kota Sukabumi - Jabar  |

|            |          |       |        |    |     |  |
|------------|----------|-------|--------|----|-----|--|
| 2017-03-16 | 19:54:08 | -7.15 | 107.85 | 10 | 3.1 | 25 Km TimurLaut Garut-Jabar            |
| 2017-02-15 | 04:47:55 | -7.12 | 106.78 | 10 | 3.8 | 21 Km Baratdaya Kota Sukabumi<br>Jabar |

## Lampiran 2 Tabel Periode Ulang Gempa Bumi

Tabel Nilai periode ulang gempa bumi magnitudo  $\geq 3$  SR

| Magnitude | nilai periode ulang gempa bumi (Tahun) |
|-----------|--|
| 3         | 27                                     |
| 3         | 27                                     |
| 3         | 27                                     |
| 3         | 27                                     |
| 3         | 27                                     |
| 3         | 27                                     |
| 3         | 27                                     |
| 3         | 27                                     |
| 3         | 27                                     |
| 3         | 15                                     |
| 3         | 15                                     |
| 3         | 15                                     |
| 3         | 15                                     |
| 3         | 15                                     |
| 3         | 68                                     |
| 3         | 68                                     |
| 3         | 68                                     |
| 3         | 25                                     |
| 3         | 25                                     |
| 3         | 25                                     |
| 3         | 25                                     |
| 3         | 25                                     |
| 3         | 25                                     |
| 3         | 25                                     |
| 3,1       | 23                                     |
| 3,1       | 23                                     |
| 3,1       | 23                                     |
| 3,1       | 23                                     |
| 3,1       | 23                                     |
| 3,1       | 23                                     |
| 3,1       | 23                                     |
| 3,1       | 17                                     |
| 3,1       | 17                                     |
| 3,1       | 17                                     |
| 3,1       | 17                                     |
| 3,1       | 17                                     |
| 3,1       | 17                                     |
| 3,1       | 76                                     |
| 3,1       | 28                                     |
| 3,1       | 1945                                   |
| 3,2       | 26                                     |
| 3,2       | 26                                     |
| 3,2       | 26                                     |

|     |      |
|-----|------|
| 3,2 | 26   |
| 3,2 | 26   |
| 3,2 | 26   |
| 3,2 | 26   |
| 3,2 | 26   |
| 3,2 | 19   |
| 3,2 | 19   |
| 3,2 | 19   |
| 3,2 | 84   |
| 3,2 | 31   |
| 3,3 | 21   |
| 3,3 | 21   |
| 3,3 | 21   |
| 3,3 | 21   |
| 3,3 | 21   |
| 3,3 | 2694 |
| 3,4 | 34   |
| 3,4 | 34   |
| 3,4 | 34   |
| 3,4 | 34   |
| 3,4 | 34   |
| 3,4 | 34   |
| 3,4 | 40   |
| 3,4 | 40   |
| 3,4 | 40   |
| 3,5 | 55   |
| 3,5 | 55   |
| 3,5 | 55   |
| 3,5 | 55   |
| 3,5 | 25   |
| 3,5 | 25   |
| 3,5 | 25   |
| 3,5 | 44   |
| 3,5 | 44   |
| 3,5 | 44   |
| 3,5 | 44   |
| 3,5 | 781  |
| 3,5 | 271  |
| 3,6 | 63   |
| 3,6 | 63   |
| 3,6 | 63   |
| 3,6 | 63   |
| 3,6 | 28   |

|     |     |
|-----|-----|
| 3,6 | 49  |
| 3,7 | 73  |
| 3,7 | 73  |
| 3,7 | 73  |
| 3,7 | 238 |
| 3,7 | 55  |
| 3,7 | 55  |
| 3,8 | 84  |
| 3,8 | 35  |
| 3,9 | 96  |
| 3,9 | 474 |

Tabel Nilai periode ulang gempa bumi magnitudo  $\geq 4$  SR

| Magnitude | nilai periode ulang gempa bumi (Tahun) |
|-----------|--|
| 4         | 110                                    |
| 4         | 42                                     |
| 4         | 77                                     |
| 4         | 77                                     |
| 4.1       | 127                                    |
| 4.1       | 127                                    |
| 4.1       | 45                                     |
| 4.1       | 86                                     |
| 4.1       | 86                                     |
| 4.1       | 86                                     |
| 4.2       | 52                                     |
| 4.2       | 52                                     |
| 4.2       | 96                                     |
| 4.2       | 96                                     |
| 4.3       | 168                                    |
| 4.3       | 168                                    |
| 4.3       | 58                                     |
| 4.3       | 58                                     |
| 4.3       | 58                                     |
| 4.3       | 96                                     |
| 4.3       | 96                                     |
| 4.3       | 829                                    |
| 4.3       | 829                                    |
| 4.4       | 194                                    |
| 4.4       | 194                                    |
| 4.4       | 64                                     |
| 4.4       | 64                                     |
| 4.4       | 64                                     |

|     |      |
|-----|------|
| 4.4 | 554  |
| 4.4 | 554  |
| 4.4 | 120  |
| 4.4 | 120  |
| 4.5 | 223  |
| 4.5 | 223  |
| 4.5 | 223  |
| 4.5 | 223  |
| 4.5 | 134  |
| 4.5 | 1096 |
| 4.6 | 256  |
| 4.6 | 78   |
| 4.6 | 78   |
| 4.6 | 78   |
| 4.6 | 78   |
| 4.6 | 78   |
| 4.6 | 78   |
| 4.6 | 2191 |
| 4.7 | 295  |
| 4.7 | 295  |
| 4.7 | 295  |
| 4.7 | 87   |
| 4.7 | 87   |
| 4.7 | 796  |
| 4.7 | 796  |
| 4.8 | 339  |
| 4.8 | 96   |
| 4.8 | 187  |
| 4.8 | 187  |
| 4.8 | 187  |
| 4.8 | 1665 |
| 4.9 | 106  |
| 4.9 | 106  |
| 4.9 | 1014 |

Tabel Nilai periode ulang gempa bumi magnitudo  $\geq 5$  SR

| Magnitude | nilai periode ulang gempa bumi (Tahun) |
|-----------|--|
| 5         | 448                                    |
| 5         | 117                                    |
| 5         | 117                                    |
| 5         | 117                                    |
| 5         | 3188                                   |

|     |      |
|-----|------|
| 5.1 | 130  |
| 5.1 | 130  |
| 5.2 | 114  |
| 5.2 | 291  |
| 5.3 | 325  |
| 5.4 | 784  |
| 5.5 | 406  |
| 5.5 | 5095 |
| 5.6 | 1037 |

## Lampiran 3 Langkah pengolahan data (contoh wilayah 3)

| Tanggal    | Jam (WIB) | Lintang | Bujur   | Kedalaman | Magnitudo | Lokasi                              |
|------------|-----------|---------|---------|-----------|-----------|-------------------------------------|
| 2020-10-19 | 23:15:59  | -7.24   | 107.73  | 2         | 3         | 18 km BD Kab. Garut - Jabar         |
| 2018-07-19 | 17:27:54  | -6.68   | 107.58  | 4         | 3         | 20 km Tenggara Purwakarta - Jabar   |
| 2019-07-16 | 03:01:00  | -6.76   | 107.99  | 5         | 3         | 9 km TL Sumedang-Jabar              |
| 2018-04-06 | 05:27:43  | -6.96   | 106.87  | 3         | 3.1       | 7 km Barat Daya Kota Sukabumi-Jabar |
| 2021-04-23 | 04:47:33  | -6.63   | 107.83  | 5         | 3.2       | 10 Km Tenggara Kab Subang - Jabar   |
| 2020-03-06 | 18:27:18  | -8.08   | 107.63  | 2         | 3.7       | 80 Km BD Garut - Jabar              |
| 2005 4 15  | 2:06:07   | -6.892  | 107.464 | 10        | 4.4       | Java, Indonesia                     |
| 1998 9 16  | 17:17:44  | -6.801  | 107.707 | 33        | 4.4       | Java, Indonesia                     |
| 2003 7 11  | 0:19:29   | -6.669  | 107.964 | 33        | 4.7       | Java, Indonesia                     |
| 1974 4 21  | 20:24:24  | -6.605  | 108.021 | 33        | 4.7       | Java, Indonesia                     |
| 2000 9 24  | 0:55:10   | -6.647  | 107.881 | 33        | 4.9       | Java, Indonesia                     |

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

$$\bar{M} = \frac{\sum_i^n M_i N_i}{\sum N}$$

dimana :

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

$M_i$  = Magnitudo data ke-I

$N_i$  = Jumlah magnitudo data ke-i

$N$  = Banyaknya data gempa

$e = 2.71828$

$\log = 0.4343$

| D15 |                  | fx =C22/B22 |              |                |
|-----|------------------|-------------|--------------|----------------|
|     | A                | B           | C            | D              |
| 13  |                  |             |              |                |
| 14  | <b>Magnitudo</b> | <b>N</b>    | <b>M X N</b> | <b>M rata2</b> |
| 15  | 3                | 3           | 9            | 3.827273       |
| 16  | 3.1              | 1           | 3.1          |                |
| 17  | 3.2              | 1           | 3.2          |                |
| 18  | 3.7              | 1           | 3.7          |                |
| 19  | 4.4              | 2           | 8.8          |                |
| 20  | 4.7              | 2           | 9.4          |                |
| 21  | 4.9              | 1           | 4.9          |                |
| 22  |                  | 11          | 42.1         |                |

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

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

Dimana :

$\hat{b}$  = Estimasi tingkat kerapuhan batuan

$M_0$  = Magnitudo minimum dari data gempa

$$e = 2.71828$$

$$\log e = 0.4343$$

$$\bar{M} = 3.175; M_0 = 3; \text{Log } e = 0.4343; N = 60$$

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

$$\hat{b} = \frac{0.4343}{(3.175 - 3)}$$

$$= 0.52$$

| H18 |                   | $f_x$ | =H16/(H15-H14) |
|-----|-------------------|-------|----------------|
|     | F                 | G     | H              |
| 13  |                   |       |                |
| 14  | magnitudo minimum |       | 3              |
| 15  | magnitudo rata2   |       | 3.827272727    |
| 16  | log e             |       | 0.4343         |
| 17  | N                 |       | 11             |
| 18  | b                 |       | 0.524978022    |

3. Menghitung nilai a menggunakan persamaan (Dewi Wahyuni et al., 2020)

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

Dimana :

$\hat{a}$  = Estimasi tingkat kerapuhan batuan

$N$  = Banyaknya data gempa

$M_0$  = Magnitudo minimum dari data gempa

$\hat{b}$  = Estimasi tingkat kerapuhan batuan

$$\hat{a} = \log 11 + \log(0.52 * 2.3) + 3 * 0.52$$

$$\hat{a} = 1.041 + 0.077 + 1.56$$

$$\hat{a} = 2.69$$

| H19 |                   | fx = LOG(H17)+LOG(H18*2.3)+(H14*H18) |             |
|-----|-------------------|--------------------------------------|-------------|
|     | F                 | G                                    | H           |
| 13  |                   |                                      |             |
| 14  | magnitudo minimum |                                      | 3           |
| 15  | magnitudo rata2   |                                      | 3.827272727 |
| 16  | log e             |                                      | 0.4343      |
| 17  | N                 |                                      | 11          |
| 18  | b                 |                                      | 0.524978022 |
| 19  | a                 |                                      | 2.698195709 |

4. Menghitung nilai  $\hat{a}'$  dan  $\hat{a}'_1$  menggunakan persamaan (Dewi Wahyuni dkk., 2020)

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

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

Dimana :

$\hat{b}$  = Estimasi tingkat kerapuhan batuan

$\hat{a}$   $\hat{a}'$   $\hat{a}'_1$  = Parameter-parameter untuk mendapatkan harga indeks seismitas

T = Waktu (lama pengamatan dalam satuan tahun)

$$\hat{a}' = 2.69 - \log(0.52 * 2.3)$$

$$\hat{a}' = 2.69 - 0.077$$

$$\hat{a}' = 2.61$$

$\alpha'$

| H20 |                   | fx = H19-LOG(H18*2.3) |             |
|-----|-------------------|-----------------------|-------------|
|     | F                 | G                     | H           |
| 13  |                   |                       |             |
| 14  | magnitudo minimum |                       | 3           |
| 15  | magnitudo rata2   |                       | 3.827272727 |
| 16  | log e             |                       | 0.4343      |
| 17  | N                 |                       | 11          |
| 18  | b                 |                       | 0.524978022 |
| 19  | a                 |                       | 2.698195709 |
| 20  | a'                |                       | 2.616326751 |

$$\hat{a}'_1 = 2.61 - 2$$

$$\hat{a}'_1 = 0.61$$

$\alpha'1$

| H21 |                   | $f_x$ | =H20-LOG(100) |
|-----|-------------------|-------|---------------|
|     | F                 | G     | H             |
| 13  |                   |       |               |
| 14  | magnitudo minimum |       | 3             |
| 15  | magnitudo rata2   |       | 3.827272727   |
| 16  | log e             |       | 0.4343        |
| 17  | N                 |       | 11            |
| 18  | b                 |       | 0.524978022   |
| 19  | a                 |       | 2.698195709   |
| 20  | a'                |       | 2.616326751   |
| 21  | a'1               |       | 0.616326751   |

5. Menghitung nilai indeks seismisitas menggunakan persamaan (Dewi Wahyuni dkk., 2020)

$$N_1(M) = 10^{\widehat{a}'_1 - \widehat{b}M}$$

Dimana:

$N_1(M)$  = Indeks seismitas

$\widehat{a}'_1$  = Parameter untuk mendapatkan harga indeks seismitas

$M$  = Magnitudo dari data gempa

$$N_1(M) = 10^{0.61 - 0.52 \cdot 5}$$

$$N_1(M) = 0.0098$$

| H22 |                    | $f_x$ | =10^(H21-5*H18) |
|-----|--------------------|-------|-----------------|
|     | F                  | G     | H               |
| 13  |                    |       |                 |
| 14  | magnitudo minimum  |       | 3               |
| 15  | magnitudo rata2    |       | 3.827272727     |
| 16  | log e              |       | 0.4343          |
| 17  | N                  |       | 11              |
| 18  | b                  |       | 0.524978022     |
| 19  | a                  |       | 2.698195709     |
| 20  | a'                 |       | 2.616326751     |
| 21  | a'1                |       | 0.616326751     |
| 22  | indeks seismisitas |       | 0.009804753     |

$$N_1(M) = N_1(M \geq 5) * 10^{-2 \cdot 0.52}$$

$$N_1(M) = 0.0098 * 0.091$$

$$N_1(M) = 0.00087$$

$N(M)$

| H25 |                    | $f_x$ | $=H22*10^{(-2*H18)}$ |
|-----|--------------------|-------|----------------------|
|     | F                  | G     | H                    |
| 13  |                    |       |                      |
| 14  | magnitudo minimum  |       | 3                    |
| 15  | magnitudo rata2    |       | 3.827272727          |
| 16  | log e              |       | 0.4343               |
| 17  | N                  |       | 11                   |
| 18  | b                  |       | 0.524978022          |
| 19  | a                  |       | 2.698195709          |
| 20  | a'                 |       | 2.616326751          |
| 21  | a'1                |       | 0.616326751          |
| 22  | indeks seismisitas |       | 0.009804753          |
| 23  | batas atas         |       |                      |
| 24  | batas bawah        |       |                      |
| 25  | $N(M)$             |       | 0.000873938          |

6. Menghitung probabilitas kejadian gempa bumi menggunakan persamaan (Dewi Wahyuni dkk., 2020)

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

Dengan

$$N(M) = N_1(M).10^{-2\hat{b}}$$

Dimana :  $\theta$

$P$  = Probabilitas keajdian gempa bumi

$M$  = Magnitudo dari data gempa

$N(M)$  = Indeks seismitas

$\hat{b}$  = Estimasi tingkat kerapuhan batuan

$$P(M, T) = 1 - e^{0.00087*10}$$

$$P(M, T) = 0.008701$$

T = 10 Tahun

| H27 |                     | $f_x$ | $=1-EXP(-H25*10)$ |
|-----|---------------------|-------|-------------------|
|     | F                   | G     | H                 |
| 26  | T=10 tahun          |       |                   |
| 27  | $P=(M,T)=P(5,0;10)$ |       | 0.008701302       |

$$P(M, T) = 1 - e^{0.00087*30}$$

$$P(M, T) = 0.02587$$

T = 30 Tahun

| H29 |                   | fx =1-EXP(-H25*30) |             |
|-----|-------------------|--------------------|-------------|
|     | F                 | G                  | H           |
| 28  | T=30 tahun        |                    |             |
| 29  | P=(M,T)=P(5,0;30) |                    | 0.025877427 |

$$P(M, T) = 1 - e^{0.00087 \cdot 50}$$

$$P(M, T) = 0.0427$$

T = 50 Tahun

| H31 |                   | fx =1-EXP(-H25*50) |             |
|-----|-------------------|--------------------|-------------|
|     | F                 | G                  | H           |
| 30  | T=50 tahun        |                    |             |
| 31  | P=(M,T)=P(5,0;50) |                    | 0.042755943 |

$$P(M, T) = 1 - e^{0.00087 \cdot 50}$$

$$P(M, T) = 0.0427$$

T = 100 Tahun

| H34 |                    | fx =1-EXP(-H25*100) |             |
|-----|--------------------|---------------------|-------------|
|     | F                  | G                   | H           |
| 33  | T= 100 tahun       |                     |             |
| 34  | P=(M,T)=P(5,0;100) |                     | 0.083683816 |

7. Menghitung periode ulang gempa bumi menggunakan persamaan (Dewi Wahyuni dkk., 2020)

$$\theta = \frac{1}{N(M \geq M_0)}$$

dimana :

$\theta$  = Periode ulang gempa bumi

$N(M \geq M_0)$  = Rata-rata jumlah komulatif gempa bumi

$$\theta = \frac{1}{0.00087}$$

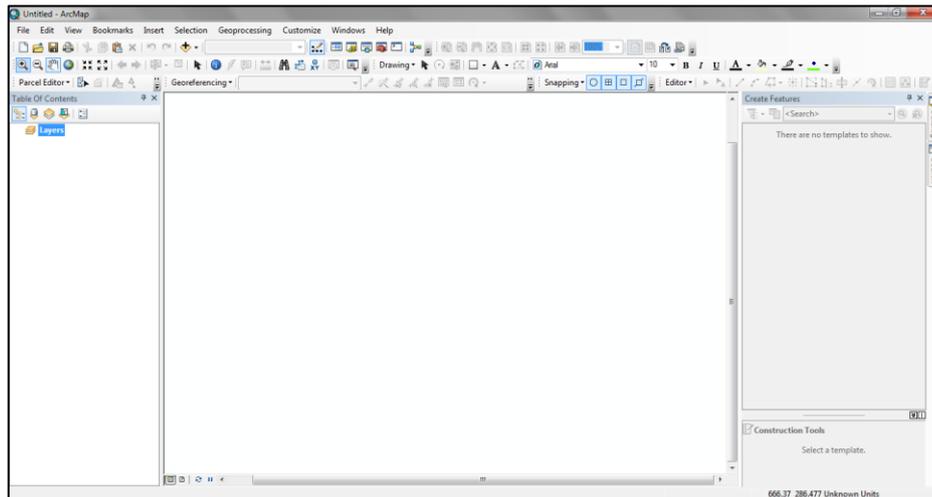
$$\theta = 1144.246$$

## Periode ulang

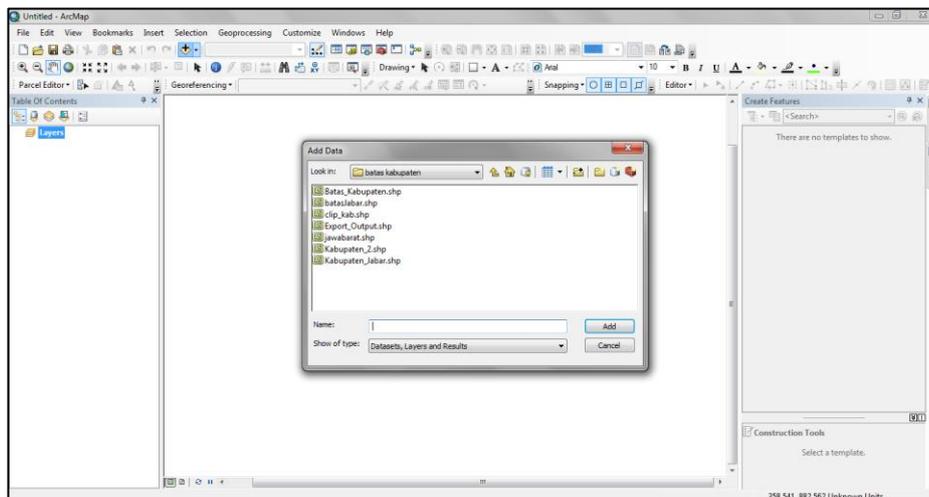
| H32 |                     | $f_x$ | $=1/H25$    |
|-----|---------------------|-------|-------------|
|     | F                   | G     | H           |
| 25  | $N(M)$              |       | 0.000873938 |
| 26  | T=10 tahun          |       |             |
| 27  | $P=(M,T)=P(5,0;10)$ |       | 0.008701302 |
| 28  | T=30 tahun          |       |             |
| 29  | $P=(M,T)=P(5,0;30)$ |       | 0.025877427 |
| 30  | T=50 tahun          |       |             |
| 31  | $P=(M,T)=P(5,0;50)$ |       | 0.042755943 |
| 32  | $\Theta=1/N1(3,0)$  |       | 1144.246    |

## Lampiran 4 Langkah membuat peta seismistas menggunakan arcgis 10.3

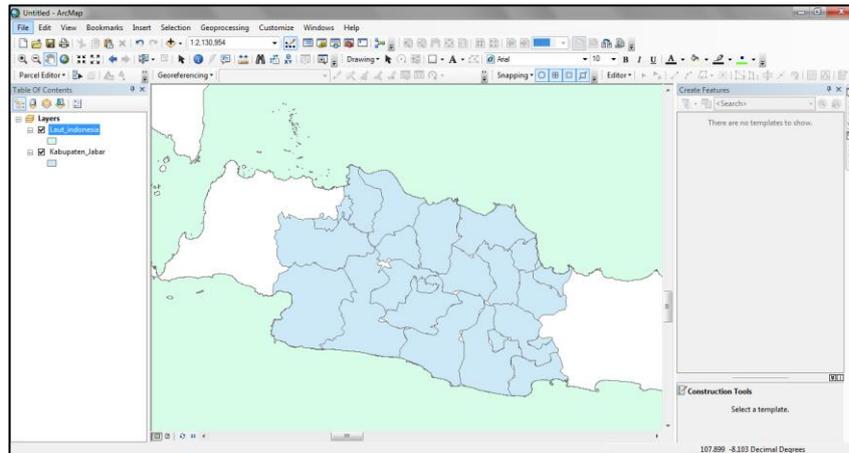
## 1. buka software arcgis 10.3



## 2. add data yang akan digunakan sebagai peta dasar



3. seperti ini tampilan setelah memasukkan data

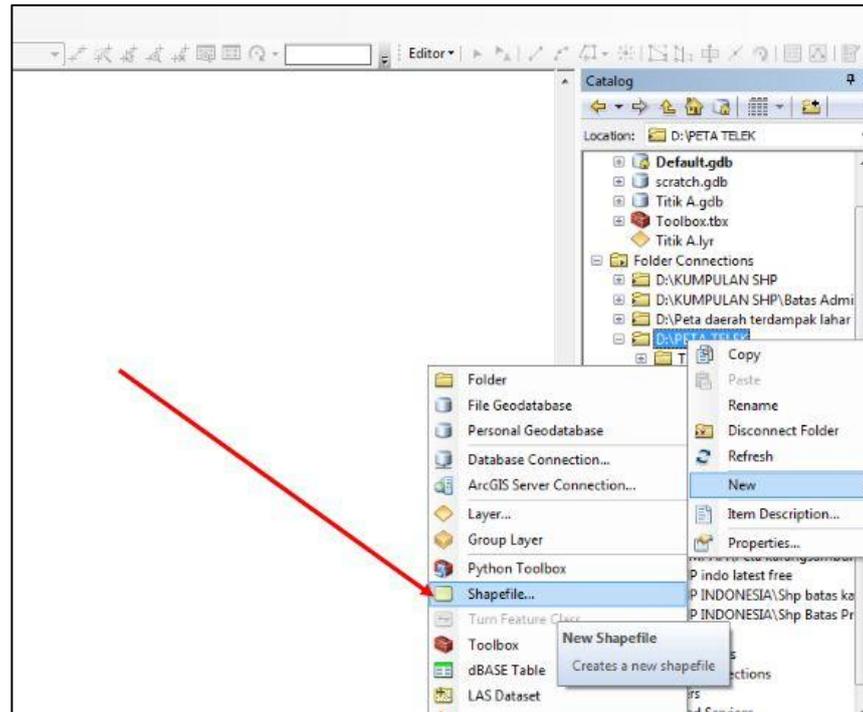


4. memasukkan data excel berupa koordinat titik gempa

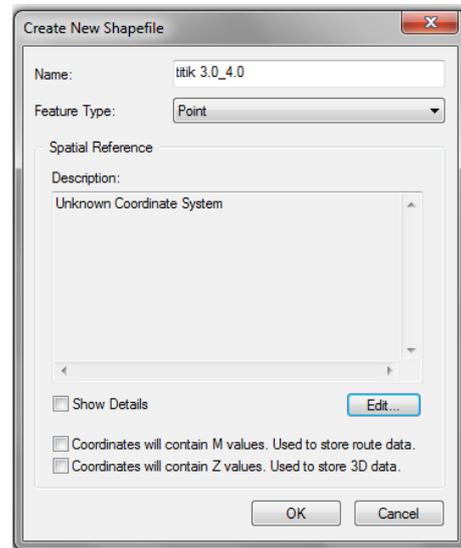
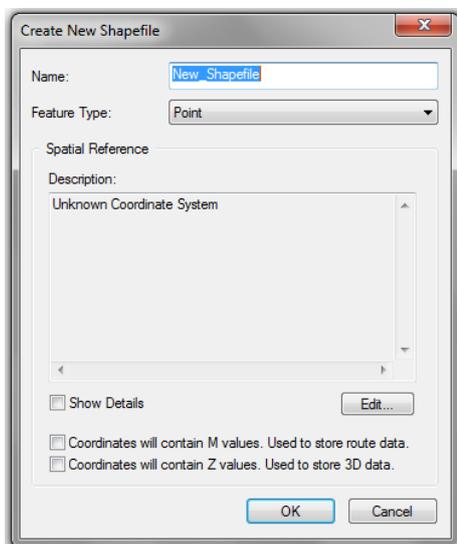
- siapkan data excel berupa latitude, longitude, magnitudo gempa dan kategori skala magnitudo gempanya

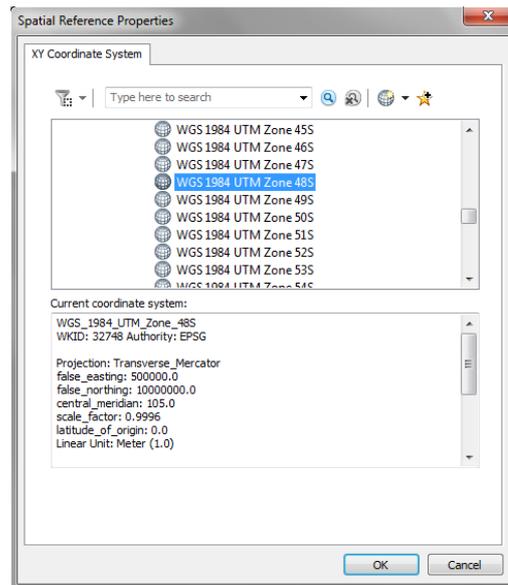
|    | A       | B      | C         | D | E | F         | G         | H     | I | J | K | L | M | N | O | P | Q | R |
|----|---------|--------|-----------|---|---|-----------|-----------|-------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1  |         |        |           |   |   |           |           |       |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 2  | Lintang | Bujur  | Magnitudo |   |   | 3.0 - 4.0 | 4.1 - 5.0 | > 5.0 |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 3  | -4.72   | 107.31 | 2.7       |   |   |           |           |       |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 4  | -6.43   | 107.24 | 3.2       |   |   |           |           |       |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 5  | -7.2    | 106.91 | 3         |   |   |           |           |       |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 6  | -6.76   | 106.68 | 3.6       |   |   |           |           |       |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 7  | -6.94   | 106.99 | 3.1       |   |   |           |           |       |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 8  | -6.61   | 107.06 | 3         |   |   |           |           |       |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 9  | -6.71   | 107.31 | 3.2       |   |   |           |           |       |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 10 | -6.71   | 107.32 | 3.6       |   |   |           |           |       |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 11 | -6.54   | 107.08 | 3.2       |   |   |           |           |       |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 12 | -6.47   | 106.63 | 3.5       |   |   |           |           |       |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 13 | -6.72   | 106.57 | 3.6       |   |   |           |           |       |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 14 | -6.95   | 106.97 | 3         |   |   |           |           |       |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 15 | -7.02   | 107.03 | 3.4       |   |   |           |           |       |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 16 | -6.7    | 106.51 | 4         |   |   |           |           |       |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 17 | -6.88   | 106.85 | 4.5       |   |   |           |           |       |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 18 | -6.84   | 107.16 | 3         |   |   |           |           |       |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 19 | -6.78   | 106.97 | 3.2       |   |   |           |           |       |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 20 | -6.63   | 107.02 | 3.5       |   |   |           |           |       |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 21 | -6.7    | 106.65 | 3.7       |   |   |           |           |       |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 22 | -6.74   | 106.64 | 3         |   |   |           |           |       |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 23 | -6.63   | 106.63 | 3.6       |   |   |           |           |       |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 24 | -6.8    | 106.51 | 3.5       |   |   |           |           |       |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 25 | -6.75   | 106.65 | 3.1       |   |   |           |           |       |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |

- kemudian membuat shapefile untuk titik gempa, buka katalog
- klik folder yang tempat menyimpan shapefile, klik kanan>new>shapefile

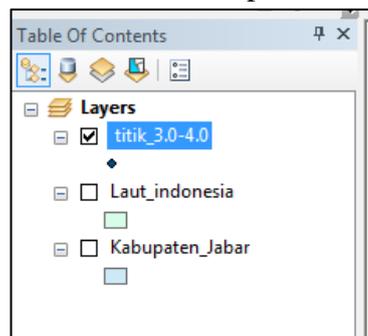


- kemudian akan muncul tampilan seperti ini, ubah nama> feature type pilih point>description> edit pilih koordinat wgs 84> ok lanjutkan membuat shapefile untuk skala yang lain.

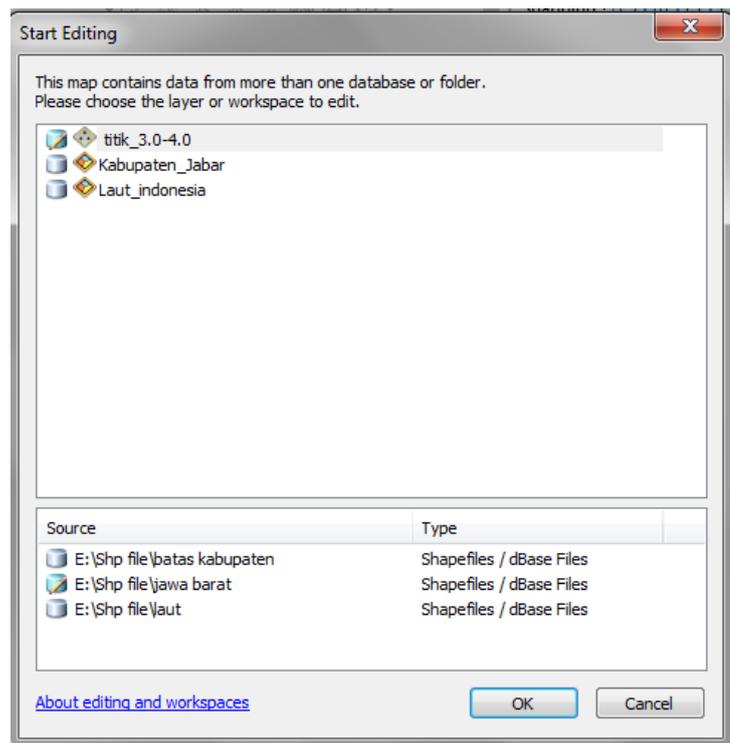




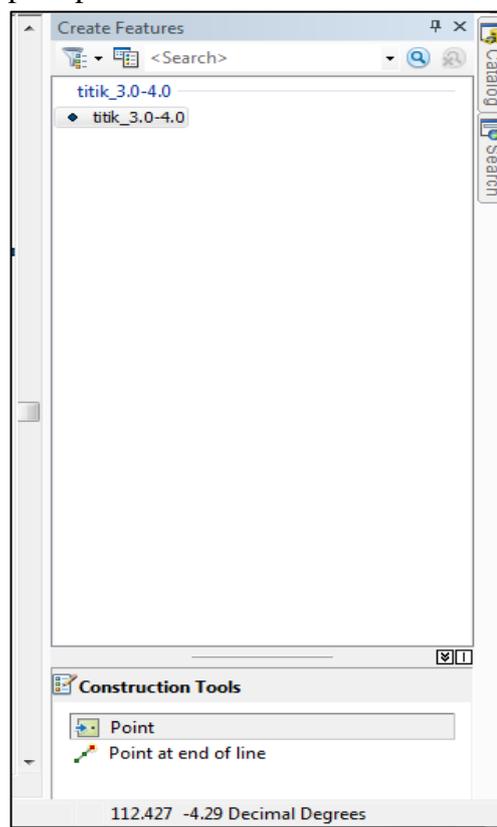
- kemudian data shapefile akan muncul seperti ini



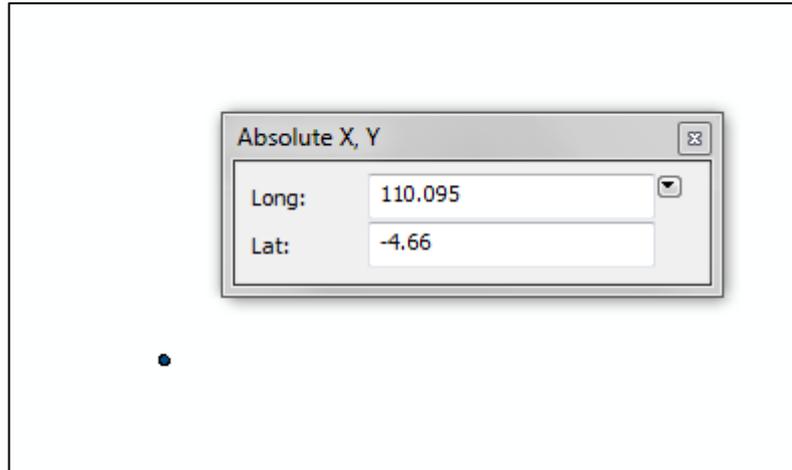
- kemudian klik editor>start editing akan muncul tampilan seperti ini
- lalu pilih titik\_3.0-4.0> ok.



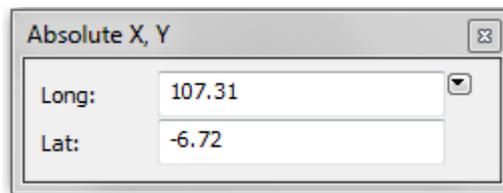
- kemudian akan muncul menu create features, klik titik\_3.0-4.0> pilih point



- kemudian klik kanan pada data view pilih absolute x,y



- masukkan longitude dan latitude gempa yang masuk skala 3.0-4.0 lalu enter



- lanjutkan untuk semua magnitudo gempa, setelah selesai klik stop editing>save.
- setelah semua titiknya dimasukkan akan seperti gambar dibawah ini

5. tambahkan inset dan legenda

