

**SKRIPSI GEOFISIKA**

**ANALISIS SEISMISITAS DAN PERCEPATAN TANAH  
MAKSIMUM BERDASARKAN DATA GEMPA BUMI TAHUN  
2000-2020 PADA WILAYAH SULAWESI SELATAN**

**Disusun dan diajukan oleh**

**SADILAH**

**H221 16 003**



**DEPARTEMEN GEOFISIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR  
2021**

**HALAMAN JUDUL**

**ANALISIS SEISMISITAS DAN PERCEPATAN TANAH  
MAKSIMUM BERDASARKAN DATA GEMPA BUMI TAHUN  
2000-2020 PADA WILAYAH SULAWESI SELATAN**



*Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains  
pada Departemen Geofisika  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Universitas Hasanuddin*

**Disusun dan Diajukan Oleh:**

**SADILAH**

**H221 16 003**

**DEPARTEMEN GEOFISIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR**

**2021**

**HALAMAN PENGESAHAN**

**ANALISIS SEISMISITAS DAN PERCEPATAN TANAH MAKSIMUM  
BERDASARKAN DATA GEMPA BUMI TAHUN 2000-2020 PADA  
WILAYAH SULAWESI SELATAN**

Disusun dan diajukan oleh:

**SADILAH**

**H22116003**

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian Program Sarjana Program Studi Geofisika Fakultas Matematika dan Ilmu Penegtauhan Alam Universitas Hasanuddin

Pada tanggal 24 Desember 2021


Dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,


**Pembimbing Utama**

**Pembimbing Pertama**

  
**Ir. Bambang Harimej Soeprapto, M.Si**  
NIP. 196105011991031003

  
**Muh. Fawzy Ismullah, S.Si, MT**  
NIP. 199111092019031010

**Ketua Departemen Geofisika,**

  
**Dr. Muh. Allmuddin Hamzah, M.Eng**  
NIP. 196709291993031003

## PERNYATAAN KEASLIAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Karya tulis saya, skripsi ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik (Sarjana) di Universitas Hasanuddin.
2. Karya tulis ini adalah murni gagasan, rumusan dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain, kecuali arahan tim pembimbing dan masukan tim penelaah/penguji.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis dan dipublikasikan orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan dicantumkan di dalam daftar pustaka.
4. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh karena karya ini, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi.

Makassar, 24 Desember 2021

Penulis



Sadilah

## ABSTRAK

Pulau Sulawesi termasuk ke dalam daerah dengan seismisitas tinggi salah satunya wilayah Sulawesi Selatan karena berada pada titik tumbukan antara Lempeng Asia, Lempeng Pasifik, dan Lempeng Australia. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis seismisitas dan percepatan tanah maksimum pada wilayah Sulawesi Selatan. Data penelitian menggunakan data sekunder yang diperoleh BMKG Wilayah IV berupa data gempa bumi dari tahun 2000-2020 sebanyak 2062 *event*. Metode yang digunakan dalam penelitian ini Metode *Least Square* dan Metode *Likelihood*. Hasil analisis yang diperoleh dari Metode *Least Square* dengan nilai *b-value* berkisar 0,003-0,046 dan nilai *a-value* berkisar 0,014-0,071 sedangkan untuk Metode *Likelihood* diperoleh nilai *b-value* berkisar 0,106-0,334 dan nilai *a-value* berkisar 0,398-1,248. Nilai periode ulang gempa pada wilayah Sulawesi Selatan dari Metode *Least Square* berkisar 0,1 tahun (36 hari)-2,1 tahun (766 hari) sedangkan untuk Metode *Likelihood* berkisar 2,6 tahun (912 hari)-3,2 tahun (1131 hari). Selain itu nilai percepatan tanah maksimum berkisar 0,7-25,1 gal pada wilayah Sulawesi Selatan. Hal ini sesuai dengan kondisi tektonik daerah Sulawesi Selatan yang diakibatkan sesar aktif di zona Sesar Matano, Sesar Saddang dan Sesar Walanae. Pergerakan pada lempeng tektonik yang cukup aktif pada sesar tersebut memicu terjadinya gempa di wilayah Sulawesi Selatan. Hasil dari penelitian ini diharapkan menjadi bagian dari upaya mitigasi potensi dan bahaya gempa bumi pada wilayah Sulawesi Selatan.

**Kata Kunci:** *a-value*, *b-value*, *least Square*, *likelihood* dan percepatan tanah maksimum.

## **ABSTRACT**

*Sulawesi Island is included in an area with high seismicity, one of which is South Sulawesi because it is located at the point of collision between the Asian Plate, the Pacific Plate and the Australian Plate. The purpose of this study was to analyze the maximum seismicity and ground acceleration in the South Sulawesi region. The research data uses secondary data obtained by BMKG Region IV in the form of earthquake data from 2000-2020 as many as 2062 events. The method used in this research is the Least Square Method and the Likelihood Method. The analysis results obtained from the Least Square Method with b-values ranging from 0.003-0.046 and a-values ranging from 0.014-0.071 while for the Likelihood Method the b-values ranged from 0.106-0.334 and a-values ranging from 0.398-1.248. The value of the earthquake return period in the South Sulawesi region from the Least Square Method ranges from 0.1 years (36 days) to 2.1 years (766 days) while the Likelihood Method ranges from 2.6 years (912 days) to 3.2 years (1131 days). In addition, the maximum ground acceleration value ranges from 0.7-25.1 gal in the South Sulawesi region. This is in accordance with the tectonic conditions of the South Sulawesi area caused by active faults in the Matano Fault, Saddang Fault and Walanae Fault zones. The movement of the tectonic plate which is quite active on the fault triggers an earthquake in the South Sulawesi region. The results of this study are expected to be part of efforts to mitigate the potential and danger of an earthquake in the South Sulawesi region.*

**Keywords:** *a-value, b-value, least square, likelihood and maximum ground acceleration*

## KATA PENGANTAR



Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan nikmat kesehatan dan kesempatan kepada penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul ” **Analisis Seismisitas dan Percepatan Tanah Maksimum Berdasarkan Data Gempa Bumi Tahun 2000-2020 pada Wilayah Sulawesi Selatan**” sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh Gelar Sarjana Sains dalam bidang studi Geofisika pada Program Strata-1 Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin.

Penulis menyampaikan terima kasih yang teristimewa, dan setulus-tulusnya kepada kedua orang tua tercinta, Ayahanda **Drs.La Hade**, Ibunda tercinta **Dra.Salmiati** dan saudaraku **Kak Kiki** yang telah segenap hati dan jiwanya mencurahkan kasih sayangnya serta doanya yang tiada henti-hentinya demi kebaikan, keberhasilan, dan kebahagiaan penulis sehingga penulis bisa menjadi orang seperti sekarang ini. Ayahanda dan ibunda senantiasa bekerja keras demi membiayai penulis hingga dapat menyelesaikan pendidikan dan penyusunan skripsi ini, serta mengusahakan dan memberikan yang terbaik kepada penulis hingga penulis memiliki bekal yang mampu digunakan untuk melanjutkan pendidikan dan penyelesaian skripsi demi hasil yang terbaik.

Penulis juga menyadari sepenuhnya, dalam penyusunan skripsi ini tidak lepas dari tantangan dan hambatan namun berkat pertolongan dari Allah SWT dan

dukungan, bantuan serta doa dari berbagai pihak sehingga penyelesaian skripsi ini dapat terwujud. Oleh karena itu penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang tulus serta penghargaan setinggi-tingginya kepada:

1. Bapak **Dr. Eng. Amiruddin, S.Si., M.Si** selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Hasanuddin.
2. Bapak **Dr. Muh. Alimuddin Hamzah, M.Eng** selaku Ketua Departemen Geofisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Hasanuddin.
3. Bapak **Ir. Bambang Harimei Soeprapto, M.Si.**, sebagai pembimbing utama penulis, yang telah banyak meluangkan waktu selama penulis melakukan penelitian. Terima kasih atas ilmu, arahan, dan dorongan motivasi kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan penelitian ini.
4. Bapak **Muhammad Fawzy Ismullah, S.Si, MT.**, sebagai pembimbing pertama yang telah meluangkan waktu untuk membimbing penulis. Terima kasih atas arahan, bimbingan, ilmu, nasihat dan dorongan motivasi kepada penulis.
5. Bapak **Dr. Ir. Muh. Altin Massinai, MT.Surv, IPM** dan Bapak **Dr. Erfan Syamsuddin, M.Si** sebagai tim penguji dalam melaksanakan seminar proposal, hasil dan skripsi geofisika yang telah banyak memberikan masukan dan saran yang membangun demi kesempurnaan skripsi ini.
6. Bapak **Prof. Dr. Dadang Ahmad S, M.Eng** selaku Penasehat Akademik yang telah memberikan nasehat dan arahan kepada penulis selama masa kuliah.



7. Bapak dan Ibu dosen yang telah memberikan ilmu serta bimbingan selama perkuliahan.
8. Bapak dan Ibu Staf Fakultas MIPA dan Staf Departemen Geofisika terkhusus **Pak Anto** dan **Pak Putra** yang telah memberikan pelayanan dan bantuan kepada penulis dalam proses administrasi.
9. Bapak dan Ibu Staf Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) Wilayah IV Makassar khususnya kepada **Pak Kahar, Pak Yustinus, Mba Kiki** yang telah memberikan ilmu serta bimbingan selama proses penyelesaian data skripsi ini
10. Bapak dan Ibu Staf **Badan Penelitian dan Pengembangan Energi dan Sumber Daya Mineral (LEMIGAS) EKSPLORASI 1** terima kasih atas arahan, bimbingan, motivasi dan ilmu yang diberikan selama Kuliah Praktek.
11. Terima kasih untuk patner skripsi penulis **Dewi Ainun Jariah** yang selalu setia menemani dalam penyusunan skripsi. Dan terima kasih untuk **Nurlina** telah hadir menjadi saksi lika-liku dunia kampusku. Terima kasih atas masukan dan motivasinya.
12. Teman-teman **Bushido XI UKM Karate-Do Universitas Hasanuddin, Andi Faried, Dian, Sandi, Erwin, Uga** terima kasih sudah memberi semangat kepada penulis selama penulis menyelesaikan penelitian ini. Semoga kalian diberikan kemudahan dalam segala hal dan sehat selalu.
13. Teman-teman Cewek **Dewi, Mappi, Mira, Wasti** terima kasih telah kebersamai masa perkuliahan hingga penyelesaian tugas akhir ini.
14. Teman-teman **Geofisika Unhas Angkatan 2016 (16NEOUS)** terima kasih

telah memberikan cerita indah selama masa perkuliahan.

15. Teman-teman **KKN Gelombang 103** Desa Patani Kecamatan Mappakasunggu Kabupaten Takalar **Kak Nurul, Kak Lutfi, Kak Ade, Reza, Rehan** terima kasih telah memberi semangat kepada penulis.

16. Dan terima kasih untuk diri sendiri yang telah kuat dan sabar melewati semua ujian perkuliahan sampai dengan detik ini. Kamu hebat!!

Terlalu banyak orang yang berjasa kepada penulis selama menempuh pendidikan di Universitas Hasanuddin sehingga tidak sempat dan tidak muat bila dicantumkan semua. Penulis mohon maaf kepada mereka yang namanya tidak sempat tercantum dan kepada mereka tanpa terkecuali, penulis mengucapkan banyak terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya semoga bernilai ibadah dan amal jaryah. Amin

Semoga Allah swt memberikan balasan yang berlipat ganda kepada semuanya. Penulis menyadari skripsi ini tidak luput dari berbagai kekurangan, maka dari itu penulis mengharapkan saran dan kritik yang membangun demi kesempurnaan dan perbaikan sehingga akhirnya skripsi ini dapat memberikan manfaat khususnya kepada penulis sendiri serta bagi bidang pendidikan dan masyarakat.

**Makassar, 24 Desember 2021**

**Sadilah**

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN SAMPUL</b> .....	<b>i</b>
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	<b>ii</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....	<b>iii</b>
<b>PERNYATAAN KEASLIAN</b> .....	<b>iv</b>
<b>ABSTRAK</b> .....	<b>v</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>vi</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>vii</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>xi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xv</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xv</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
I.1 Latar Belakang.....	1
I.2 Ruang Lingkup Penelitian .....	3
I.3 Rumusan Masalah.....	3
I.4 Tujuan Penelitian .....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>5</b>
II.1 Gempa bumi .....	5
II.2 Magnitudo .....	6

II.3 Aturan Sturgess .....	7
II.4 Metode Penentuan Tingkat Seismisitas.....	8
II.4.1 Metode <i>Least Square</i> (Regresi Linear).....	8
II.4.2 Metode <i>Likelihood</i> .....	10
II.5 Konstanta <i>a-value</i> .....	11
II.6 Konstanta <i>b-value</i> .....	11
II.7 Indeks Seismisitas .....	12
II.8 Periode Ulang .....	13
II.9 Percepatan Tanah Maksimum .....	13
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>15</b>
III.1 Waktu dan Tempat Penelitian .....	15
III.2 Perangkat dan Data Penelitian .....	15
III.3 Pengolahan Data.....	15
III.3.1 Menghitung dengan Metode <i>Least Square</i> .....	15
III.3.2 Menghitung dengan Metode <i>Likelihood</i> .....	16
III.3.3 Membandingkan Tingkat Seismisitas .....	16
III.3.4 Menghitung Indeks Seismisitas dan Periode Ulang Gempa Bumi ....	16
III.3.5 Menghitung Percepatan Tanah Maksimum .....	16
III.4 Bagan Alir Penelitian .....	17
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>18</b>

IV. 1 Hasil Penelitian .....	18
IV.1.1 Perhitungan dengan Menggunakan Metode <i>Least Square</i> .....	18
IV.1.2 Perhitungan dengan Menggunakan Metode <i>Likelihood</i> .....	20
IV.1.3 Perbandingan Tingkat Seismisitas pada Wilayah Sulawesi Selatan dengan Menggunakan Metode <i>Least Square</i> dan Metode <i>Likelihood</i> .....	21
IV.1.4 Perhitungan Indeks Seismisitas dan Periode Ulang Gempa pada Metode <i>Least Square</i> dan Metode <i>Likelihood</i> .....	23
IV.2 Pembahasan.....	27
<b>BAB V PENUTUP .....</b>	<b>30</b>
V.1 Kesimpulan .....	30
V.2 Saran.....	30
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>31</b>

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 4. 1</b>	Grafik Nilai <i>b-value</i> dan <i>a-value</i> pada Metode <i>Least Square</i> .....	22
<b>Gambar 4. 2</b>	Grafik Nilai <i>b-value</i> dan <i>a-value</i> pada Metode <i>Likelihood</i> .....	22
<b>Gambar 4. 3</b>	Grafik intensitas gempa bumi .....	25
<b>Gambar 4. 4</b>	Grafik Percepatan Tanah Maksimum TP 1 .....	26
<b>Gambar 4. 5</b>	Grafik Percepatan Tanah Maksimum TP 2 .....	26

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 4. 1</b> Analisis keseluruhan nilai <i>a-value</i> dan <i>b-value</i> pada Metode <i>Least Square</i> .....	19
<b>Tabel 4. 2</b> Perhitungan Magnitudo rata-rata dan Magnitudo minimum .....	20
<b>Tabel 4. 3</b> Analisis keseluruhan dari nilai <i>a-value</i> dan <i>b-value</i> pada Metode <i>Likelihood</i> .....	20
<b>Tabel 4. 4</b> Perbandingan nilai <i>a-value</i> dan nilai <i>b-value</i> kedua metode.....	21
<b>Tabel 4. 5</b> Hasil Analisis Indeks Seismisitas Metode <i>Least Square</i> dan Metode <i>Likelihood</i> .....	23
<b>Tabel 4. 6</b> Hasil Analisis Periode Ulang gempa Metode <i>Least Square</i> dan Metode <i>Likelihood</i> .....	24

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **I.1 Latar Belakang**

Indonesia adalah daerah yang memiliki seismitas tinggi dikarenakan terletak pada batas pertemuan empat lempeng besar tektonik yang aktif yakni Lempeng Eurasia, Lempeng Indo-Australia, Lempeng Pasifik, dan satu lempeng mikro yaitu Lempeng Filipina. Keberadaan ini membuat Indonesia baik di darat maupun di laut menjadi daerah yang rawan bencana alam seperti gempa-gempa tektonik bahkan tsunami. Berdasarkan kajian seismotektonik Pulau Sulawesi sangat labil karena dilintasi patahan kerak bumi Lempeng pasifik dan merupakan titik tumbukan antara Lempeng Asia, Lempeng Australia dan Lempeng Pasifik (Katili, 1973).

Gerakan lempeng tersebut akan mengalami perlambatan akibat gesekan dari selubung bumi. Perlambatan gerak itu menyebabkan penumpukan energi di zona subduksi dan zona sesar. Akibatnya di zona-zona itu terjadi tekanan, tarikan dan geseran. Pada saat batas elastisitas lempeng terlampaui, maka terjadilah patahan batuan yang diikuti oleh lepasnya energi secara tiba-tiba. Proses ini menimbulkan getaran partikel ke segala arah yang disebut gelombang gempa bumi.

Menurut Sunarjo (2012), gempa bumi merupakan peristiwa getaran atau guncangan yang terjadi pada permukaan bumi yang dihasilkan oleh percepatan energi yang dilepaskan, energi ini menyebar ke segala arah dari pusat sumbernya. Peristiwa ini akan mempengaruhi bentuk dan struktur muka tanah yang merupakan akumulasi partikel mineral yang lemah ikatan antar partikelnya.



Sehingga, tanah tersebut akan lebih mudah dapat berubah akibat adanya tekanan yang disebabkan oleh gempa bumi. Adapun metode yang digunakan untuk menentukan tingkat seismisitas di suatu daerah yaitu Metode *Least Square* dan *Likelihood* serta beberapa metode lainnya. Metode *Least Square* mempunyai pengertian suatu analisis tentang hubungan, yaitu seberapa jauh hubungan antara variabel bebas (*independent variable*) dan variabel tidak bebas /terikat (*dependent variable*). Metode *Least Square* (Regresi Linear) juga disebut sebagai suatu analisis statistik yang memanfaatkan hubungan antara dua variabel atau lebih. Sedangkan Metode *Likelihood* adalah suatu metode yang digunakan untuk memecahkan beberapa masalah tentang statistik seismologi yaitu tentang periode ulang gempa bumi.

Sebelumnya telah dilakukan penelitian oleh Hariani (2018) tentang karakteristik tektonik dan periode ulang gempa bumi pada sesar matano di Sulawesi Selatan. Metode yang di gunakan untuk penentuan tingkat seimisitas di wilayah Sulawesi Selatan yaitu Metode *Likelihood* dan Metode *Least Square*. Kedua metode tersebut diperoleh region yang berbeda dan dapat disimpulkan bahwa sesar matano yang memiliki seismisitas yang tinggi atau daerah rawan gempa dan tingkat kerapuan batumannya tinggi.

Penelitian lain dilakukan oleh Aqzkiah (2010) tentang perhitungan b-value menggunakan Metode *Likelihood* untuk daerah Sumatera Barat. Berdasarkan hasil perhitungan didapat nilai b untuk gempa dangkal dari ke-10 wilayah penelitian berkisar antara 0,58 – 1,11 dan nilai a yang didapat sangat bervariasi dengan standar deviasi sekitar 0,04 – 0,22. Hal ini menunjukkan bahwa sebagian besar

wilayah penelitian mempunyai keaktifan kegempaan yang cukup tinggi di wilayah tersebut.

Berdasarkan hal-hal tersebut, ada beberapa parameter yang perlu dikaji untuk mengetahui tingkat resiko bencana gempa bumi yang terjadi pada suatu wilayah, maka penulis mengambil judul “**Analisis Seismisitas dan Percepatan Tanah Maksimum Berdasarkan Data Gempa bumi tahun 2000-2020 pada Wilayah Sulawesi Selatan**”.

## **I.2 Ruang Lingkup Penelitian**

Analisis yang diteliti pada penelitian ini adalah aktivitas daerah pengamatan (*a-value*) dan sifat batuan setempat (*b-value*) dengan menggunakan Metode *Least Square* dan Metode *Likelihood*, dan menghitung percepatan tanah maksimum pada wilayah Sulawesi Selatan. Data yang digunakan adalah data sekunder yang di dapat dari Badan Meterologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) Wilayah IV Makassar dan situs Badan Meterologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG). Data tersebut merupakan data gempa mulai dari tahun 2000-2020 dengan periode 20 tahun terakhir.

## **I.3 Rumusan Masalah**

Berdasarkan uraian di atas maka akan dirumuskan pokok permasalahan dalam studi ini adalah sebagai berikut:

1. Seberapa besar nilai *a-value*, *b-value* serta periode ulang gempa bumi dengan menggunakan Metode *Least Square* dan Metode *Likelihood* pada wilayah Sulawesi Selatan?

2. Bagaimana nilai percepatan tanah maksimum pada wilayah Sulawesi Selatan?

#### **I.4 Tujuan Penelitian**

Tujuan yang akan diteliti pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui nilai *a-value*, *b-value* serta periode ulang gempa bumi dengan menggunakan Metode *Least Square* dan Metode *Likelihood* pada wilayah Sulawesi Selatan.
2. Mengetahui nilai percepatan tanah maksimum pada wilayah Sulawesi Selatan.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **II.1 Gempa bumi**

Gempa bumi adalah getaran atau serentetan getaran dari kulit bumi yang bersifat tidak abadi atau sementara dan kemudian menyebar ke segala arah. Gempa bumi juga merupakan getaran asli dari dalam bumi, bersumber di dalam bumi, dan kemudian merambat ke permukaan bumi akibat rekahan bumi yang pecah dan bergeser keras. Penyebab dari gempa bumi tersebut antara lain adanya aktivitas tektonik, maupun aktivitas vulkanik (Timbuleng dkk., 2020).

Tempat energi gempa bumi terlepas akan menyebabkan gempa bumi dinamakan fokus gempa bumi (*earthquake fokus*). Kenyataan bahwa sumber gempa berasal dari gerak sesar, maka fokus gempa tidak merupakan satu titik, melainkan satu daerah yang membentang beberapa kilometer. Fokus gempa terletak di kedalaman yang disebut juga hiposenter di bawah permukaan. Untuk mengidentifikasi pusat gempa umumnya dilakukan dari episenter, titik permukaan bumi tegak lurus di atas fokus. Dalam menentukan fokus perlu diketahui lokasi episenter dan kedalamannya (Abdullah dkk., 2006).

Menurut Sedayu (2010) gempa bumi berdasarkan kedalamannya hiposentrumnya dibagi menjadi tiga yaitu :

1. Gempa bumi dangkal (kedalaman 0 - 60 km). Gempa bumi dangkal yang terjadi di daratan biasanya berasosiasi dengan patahan-patahan besar yang bergeser akibat pergerakan lempeng. Gempa bumi dangkal memiliki daya

rusak konstruksi yang sangat kuat. Hal ini disebabkan jarak hiposenter relatif dekat dengan permukaan sehingga getaran gempa terasa sangat kuat dipermukaan. Sedangkan gempa bumi dangkal yang terjadi di laut bisa mengakibatkan tsunami bila kekuatan gempa 6.

2. Gempa bumi dalam (kedalaman 60 – 300 km). Gempa dalam terjadi pada kedalaman dibawah kerak bumi. Sehingga digolongkan sebagai gempa-gempa yang mungkin tidak berasosiasi dengan penampakan patahan di permukaan.
3. Gempa bumi sangat dalam ( $> 300$  km). Gempa sangat dalam relatif sering terjadi. Namun karena berada pada kedalaman dibawah 300 km maka manusia tidak bisa merasakan getarannya. Gempa sangat dalam merupakan gempa-gempa yang disebabkan oleh pergerakan kerak benua.

## **II.2 Magnitudo**

Magnitudo adalah parameter gempa bumi yang berkaitan dengan besarnya energi yang dilepaskan oleh sumber gempa bumi berdasarkan pengukuran amplitudo gelombang gempa. Jenis-jenis magnitudo gempa bumi yaitu (Ferdian, 2008):

### **a. Magnitudo Lokal (ML)**

Pada tahun 1935, Charles F. Richter dengan menggunakan seismometer WoodAnderson mendefinisikan skala magnitudo untuk gempa dangkal dan gempa lokal (jarak episentral lebih kecil dari 600 km) di Selatan California. Skala magnitudo yang didefinisikan oleh Richter ini dikenal sebagai magnitudo lokal dan merupakan skala magnitudo yang pertama. Magnitudo

lokal suatu gempa ditentukan berdasarkan data amplitudo maksimum dari gelombang gempa yang terekam pada seismograf jenis Wood-Anderson.

b. Magnitudo *body* ( $M_b$ )

Magnitudo *body* merupakan skala magnitudo yang didasarkan pada amplitudo beberapa cycles pertama dari gelombang P, tidak terlalu dipengaruhi oleh kedalaman fokus.

c. Magnitudo Momen ( $M_w$ )

Magnitudo momen merupakan magnitudo yang didasarkan pada momen gempa, pengukuran langsung dari bidang patahan yang pecah (rupture zone) pada zona patahan aktif.

### II.3 Aturan Sturges

Menurut pendapat Yuni (2021), distribusi frekuensi adalah pengelompokan objek ke dalam kelompok-kelompok berbentuk a-b, yang disebut juga dengan kelas interval. Urutan kelas interval ini disusun mulai dari nilai data terkecil hingga nilai data terbesar. Untuk membuat daftar distribusi frekuensi terdapat beberapa hal yang perlu dilakukan :

- a. Menentukan rentang, yaitu data terbesar dikurangi data terkecil.
- b. Menentukan banyak kelas interval yang diperlukan berdasarkan aturan sturges, banyak kelas dapat diambil berdasarkan rumus:

$$K = 1 + (3,3) \log n \quad (2.1)$$

Keterangan :

K : Banyak kelas

n : Jumlah pengamatan

Menentukan panjang kelas interval, menggunakan rumus :

$$P = \frac{\text{Rentang (data terbesar - data terkecil)}}{\text{Banyak kelas}} \quad (2.2)$$

## **II.4 Metode Penentuan Tingkat Seismisitas**

Penentuan tingkat seismisitas di suatu daerah dapat digunakan dua metode yaitu Metode *Least Square* dan Metode *Likelihood*. Metode *Least Square (Regresi Linear)* disebut sebagai suatu analisis statistik yang memanfaatkan hubungan antara dua variabel atau lebih. Sedangkan Metode *Likelihood* adalah suatu metode yang digunakan untuk memecahkan beberapa masalah tentang statistik seismologi yaitu tentang periode ulang gempa bumi.

### **II.4.1 Metode *Least Square* (Regresi Linear)**

Menurut pendapat Rusdin (2009) Metode *Least Square* merupakan suatu metode yang dapat menganalisis seberapa jauh hubungan antara variabel bebas dan variabel terikat. Metode ini juga dapat disebut sebagai suatu analisis statistik yang memanfaatkan hubungan antara dua variabel atau lebih yang memiliki tingkat galat yang kecil. Sehingga untuk mengetahui seberapa jauh hubungan antar variabel maka digunakan satu variabel bebas dan satu variabel terikat. Salah satu metode ini digunakan untuk data-data yang mempunyai hubungan korelasi linier.

Data yang terdiri atas dua atau lebih variabel dapat saling berhubungan. Hubungan yang diperoleh biasanya dinyatakan dalam persamaan matematik yang menyatakan hubungan fungsional antara variabel-variabelnya. Hubungan fungsional antara satu variabel bebas dengan variabel tidak bebas disebut analisis regresi tunggal. Sedangkan hubungan fungsional yang lebih dari satu variabel

disebut analisis regresi ganda. Adapun rumus umum persamaan regresi linear sebagai berikut (Sari dkk., 2012) :

$$Y = a + bX \quad (2.3)$$

Keterangan :

- Y : Variabel tidak bebas
- X : Variabel bebas
- a : Konstanta
- b : Koefisien arah regresi linear

Nilai-nilai a dan b dapat dihitung dengan menggunakan rumus di bawah ini :

$$b = \frac{n\sum(Xi.Yi) - (\sum Xi).(\sum Yi)}{(n\sum Xi^2) - (\sum Xi)^2} \quad (2.4)$$

sedangkan nilai a yaitu:

$$a = \frac{\sum Yi - b\sum Xi}{n} \quad (2.5)$$

Agar dapat diketahui tingkat keterpengaruhan variabel terikat dari variabel bebas maka dapat diperlukan nilai dari koefisien korelasi. Pengertian dari analisis korelasi adalah suatu analisis untuk mengetahui kuat tidaknya hubungan yang terjadi antara variabel bebas (X) dan variabel terikat (Y). Kuat tidaknya hubungan kedua variabel yang berbeda ini diukur dengan koefisien korelasi. Adapun rumus yang dapat digunakan untuk mencari koefisien korelasi sebagai berikut :

$$r = \frac{n\sum(Xi.Yi) - (\sum Xi).(\sum Yi)}{\sqrt{(n\sum Xi^2 - (\sum Xi)^2).(n\sum Yi^2 - (\sum Yi)^2)}} \quad (2.6)$$

Keterangan :

- n : Banyaknya kelas magnitudo
- Xi : Titik tengah dari kelas magnitudo ke-i



$Y_i$  : Logaritma dari frekuensi gempa untuk kelas magnitudo ke- $i$

Hubungan empiris antara frekuensi-magnitudo gempa bumi sudah merupakan hubungan dasar dari statistik seismologi. Jumlah gempa ( $N$ ) dengan magnitudo ( $M$ ) dapat dinyatakan dengan persamaan berikut (Ghassabian dkk., 2018) :

$$\text{Log } N = a - bM \quad (2.7)$$

Keterangan:

$N$  : Jumlah gempa.

$a$  : Suatu tetapan yang besarnya tergantung pada perioda, luas daerah dan aktivitas daerah pengamatan.

$b$  : Parameter seismotektonik suatu daerah dimana terjadi gempa bumi dan tergantung dari sifat batuan setempat.

$M$  : Magnitudo

#### II.4.2 Metode *Likelihood*

Nilai *a-value* dan *b-value* dapat dihitung juga dengan menggunakan rumus *Likelihood*, dan dapat digunakan pula untuk memecahkan beberapa masalah tentang statistik seismologi. Menurut Gutenberg and Richter (1944) dalam kajian analisis aktivitas gempa untuk tingkat seismisitas dan tektonik digunakan rumus fungsi *Likelihood* sebagai berikut:

$$b = \frac{\log e}{M - M_0} \quad (2.8)$$

Keterangan :

$b$  :Konstanta parameter tektonik (*b-value*)

$M$  :Magnitudo rata-rata

$M_0$  :Magnitudo minimum

$e$  :0,4343

Sedangkan nilai *a-value* dapat dicari dengan hubungan frekuensi kumulatif bersesuaian dengan nilai *a-value* yang diperhitungkan dari hubungan frekuensi kumulatif  $m \geq m_0$  adalah :

$$a = \log N + \log (b \ln 10) + M_0 b \quad (2.9)$$

Dipergunakan nilai pengamatan dari  $N (M_0)$ , di peroleh nilai yang sesuai dengan distribusi magnitudo yang nyata.

### **II.5 Konstanta *a-value***

Nilai ini menunjukkan keaktifan seismik. Keaktifan seismik juga dipengaruhi oleh tingkat kerapuhan batuan. Menyatakan tingkat seismisitas di suatu daerah yang sedang diamati, dan nilai ini tergantung dari periode pengamatan, luas daerah pengamatan; seismisitas di daerah tersebut. Makin besar nilai *a-value* di suatu daerah berarti daerah tersebut memiliki aktivitas seismik yang tinggi, sebaliknya untuk nilai *a-value* yang kecil berarti aktivitas seismiknya rendah (Rusdin, 2009).

### **II.6 Konstanta *b-value***

Nilai *b-value* erat sekali hubungannya dengan tektonik daerah yang sedang diamati dimana terjadi gempa bumi dan tergantung dari sifat batuan setempat, maka nilai *b-value* dapat menunjukkan tingkat kerapuhan batuan. Makin besar nilai *b-value* berarti makin besar pula tingkat kerapuhan batuan. Untuk memahami proses yang mengontrol gempa besar memerlukan pengetahuan mengenai karakteristik seismotektonik dan variasi spasialnya. Pada umumnya

nilai *b-value* secara global yang diperoleh di berbagai wilayah aktif gempa adalah satu. Secara regional, perubahan nilai *b-value* dipercaya berbanding terbalik dengan perumahan *stress* (Bufe, 1970).

## II.7 Indeks Seismisitas

Menurut Supranto (2003) dari waktu pengamatan dan distribusi magnitudo gempa, dapat diketahui perkiraan jumlah rata-rata pertahun gempa bumi dan magnitudo lebih besar dari magnitudo  $M_0$ . Untuk analisis tersebut yang dipergunakan hanya data-data yang bersesuaian untuk gempa bumi tanpa gempa susulan dan gempa *swarm*. Parameter yang dihitung sebagai indeks seismisitas akan memberikan kemungkinan mengenai perkiraan aktivitas gempa pada suatu daerah. Oleh karena itu untuk mengetahui kemungkinan terjadinya sedikitnya satu kali terjadinya gempa yang besar di suatu daerah yang diperkirakan dalam jangka waktu tertentu. Jadi hal ini mengarah pada peramalan secara statistik, dimana ditinjau kepentingannya dari segi teknik atau perencanaan pada suatu daerah.

Indeks seismisitas gempa dengan magnitudo menggambarkan total kejadian gempa bumi rata-rata pertahun dan dapat ditentukan berdasarkan persamaan berikut (Peter, 1965) :

$$N1 (M \geq M_0) = 10^{(a - \log(b \ln 10) - \log \Delta T)} \quad (2.10)$$

Keterangan:

- |                      |  |
|----------------------|--|
| $N (M \geq M_0)$     | : Indeks seismisitas untuk magnitudo     |
| $M \geq M_0$ a dan b | : Konstanta hubungan frekuensi-magnitudo |
| M                    | : Magnitudo                              |
| $\Delta t$           | : Interval waktu pengamatan              |

## II.8 Periode Ulang

Gempa bumi yang pernah terjadi di suatu daerah tertentu dapat diperkirakan kapan waktu terjadinya gempa bumi dengan kekuatan yang sama akan terulang lagi, sehingga dapat ditekan sekecil mungkin kerusakan yang mungkin terjadi. Untuk mendapatkan peluang terjadinya gempa bumi dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut (Supranto, 2003) :

$$\theta(M \geq M_0) = \frac{1}{N_1(M \geq M_0)} \quad (2.11)$$

Keterangan :

$\theta(M \geq M_0)$  : Periode ulang gempa untuk magnitudo

$M \geq M_0$   $N_1(M \geq M_0)$  : Indeks seismisitas untuk magnitudo  $M \geq M_0$

## II.9 Percepatan Tanah Maksimum

Percepatan adalah parameter yang menyatakan perubahan kecepatan mulai dari keadaan diam sampai pada kecepatan tertentu. Pada bangunan yang berdiri di atas tanah memerlukan kestabilan tanah agar bangunan tetap stabil. Percepatan getaran tanah maksimum adalah nilai percepatan getaran tanah terbesar yang pernah terjadi di suatu tempat yang diakibatkan oleh gelombang gempa bumi. Nilai percepatan tanah maksimum dihitung berdasarkan magnitudo dan jarak sumber gempa yang pernah terjadi terhadap titik perhitungan, serta nilai periode dominan tanah daerah tersebut. Menurut Boatwright et al. (2001) Percepatan Tanah Maksimum atau *Peak Ground Velocity* (PGA) adalah nilai percepatan tanah terbesar pada permukaan yang pernah terjadi di suatu wilayah dalam periode waktu tertentu akibat getaran gempa.

Percepatan tanah atau PGA merupakan sebuah gangguan yang perlu dikaji untuk setiap kejadian gempa bumi pada suatu wilayah. Dampak terparah yang pernah dialami suatu wilayah gempa bumi dapat dipahami dengan menggunakan data percepatan tanah atau PGA. Efek primer gempa bumi adalah keadaan struktur bangunan, baik yang berupa bangunan perumahan rakyat, gedung bertingkat, fasilitas umum, dan infrastruktur lainnya yang diakibatkan oleh getaran yang ditimbulkan (Massinai dkk., 2013).

Adapun persamaan empiris yang menghubungkan antara PGA dan intensitas gempa bumi (Massinai dkk., 2016) :

$$PGA = \exp\left(\frac{I-0,72}{2}\right) \quad (2.12)$$

Dengan :

$$I = I_0 \exp^{-b\Delta} \quad (2.13)$$

Keterangan :

$\Delta$  : Jarak episenter

$b$  : 0,00051

$I_0$  : Intensitas sumber gempa

$I$  : Intensitas pada jarak episenter (titik pengamatan)

Sebaran nilai PGA diperoleh dari hasil perhitungan data katalog gempa bumi pada grid sampel titik PGA. Melalui grid dengan nilai PGA, dapat dilakukan interpretasi secara langsung dengan mengoverlaykan pada peta bentuk lahan, atau untuk keperluan interpretasi lebih besar dapat dilakukan interpolasi dari titik-titik tersebut.