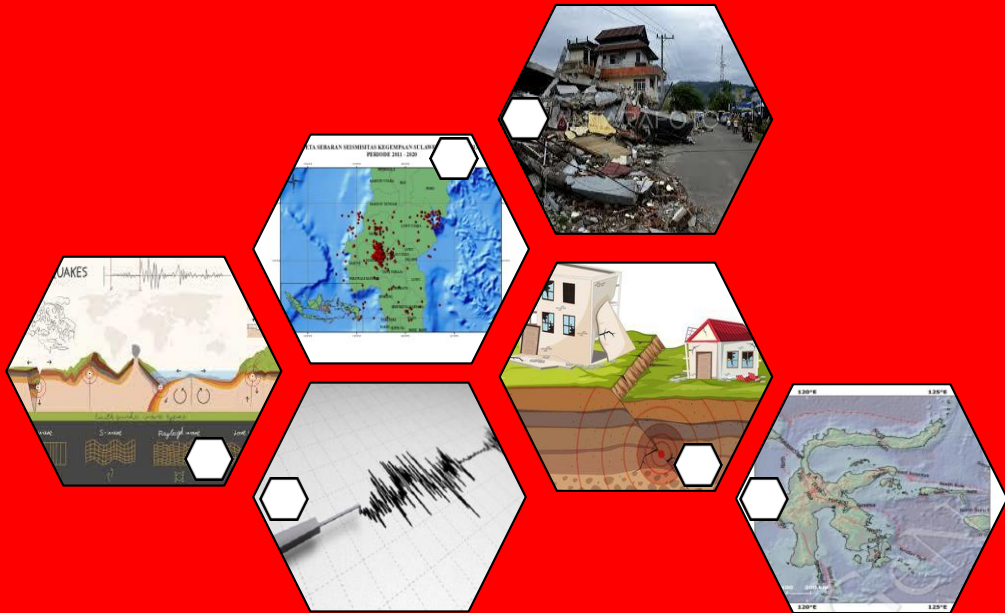


ANALISIS PERCEPATAN TANAH MAKSIMUM (*PEAK GROUND ACCELERATION*) DI DAERAH SULAWESI BAGIAN BARAT DENGAN MENGGUNAKAN METODE MC. GUIRRE & METODE DONOVAN



DEWI ANGRAINI

H061171009

DEPARTEMEN GEOFISIKA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

2024



**ANALISIS PERCEPATAN TANAH MAKSIMUM (PEAK GROUND
ACCELERATION) DI DAERAH SULAWESI BAGIAN BARAT DENGAN
MENGUNAKAN METODE MC. GUIRRE & METODE DONOVAN**

**DEWI ANGRAINI
H061171009**



**PROGRAM STUDI GEOFISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2024**

**ANALISIS PERCEPATAN TANAH MAKSIMUM (PEAK GROUND
ACCELERATION) DI DAERAH SULAWESI BAGIAN BARAT DENGAN
MENGUNAKAN METODE MC. GUIRRE & METODE DONOVAN**

DEWI ANGRAINI

H061171009

Skripsi

Sebagai salah satu syarat mencapai gelar sarjana

Program Studi Geofisika

Pada

**DEPARTEMEN GEOFISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2024**

SKRIPSI**ANALISIS PERCEPATAN TANAH MAKSIMUM (PEAK GROUND ACCELERATION) DI DAERAH SULAWESI BAGIAN BARAT DENGAN MENGGUNAKAN METODE MC. GUIRRE & METODE DONOVAN**


DEWI ANGRAINI
H061 17 1009

Skripsi,

telah dipertahankan di depan Panitia Ujian Sarjana Program Studi Geofisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin pada 28 Agustus 2024 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan pada

Program Studi Geofisika
Departemen Geofisika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Hasanuddin
Makassar
2024

Mengesahkan:
Pembimbing tugas akhir,


Dr. Muhammad Hamza, S.Si. MT
NIP. 196912311997021002

Mengetahui:
Ketua Departemen


Dr. Muh. Alimuddin Hamzah Asseqaf, M.Eng.
NIP. 19709291993031003

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI DAN PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa, skripsi berjudul "Analisis Percepatan Tanah Maksimum (Peak Ground Acceleration) di Daerah Sulawesi Bagian Barat dengan Menggunakan Metode Mc. Guirre & Metode Donovan" adalah benar karya saya dengan arahan dari pembimbing utama Dr. Muhammad Hamza. S.Si. MT dan pembimbing pertama Muhammad Fawzy Ismullah M., S.Si., M.T. Karya ilmiah ini belum diajukan dan tidak sedang diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka skripsi ini. Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan skripsi ini adalah karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut berdasarkan aturan yang berlaku.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta (hak ekonomis) dari karya tulis saya berupa skripsi ini kepada Universitas Hasanuddin.

Makassar, 28 Agustus 2024



DEWI ANGRAINI
NIM. H061 17 1009

UCAPAN TERIMA KASIH

Alhamdulillah Rabbil 'Aalamiin, puji syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah SWT, atas segala berkah, rahmat, dan karunia-nya yang telah memberikan ilmu pengetahuan, pengalaman, kekuatan, kesehatan, kesabaran, dan kesempatan kepada penulis sehingga mampu menyelesaikan skripsi yang berjudul “Analisis Percepatan Tanah Maksimum (*Peak Ground Acceleration*) di Daerah Sulawesi Bagian Barat dengan Metode Mc. Guirre & Metode Donovan”. Shalawat serta salam senantiasa turunkan kepada junjungan dan teladan umat manusia, Baginda Rasulullah SAW, beserta para keluarga dan sahabat yang senantiasa membawa kebaikan. Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi syarat dalam menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Program Studi Geofisika, Departemen Geofisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Hasanuddin.

Melalui kesempatan ini, penulis menyampaikan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu semasa penulis berjuang menuntut ilmu di perguruan tinggi dan semua pihak yang membantu kelancaran penelitian skripsi ini. Penulis mengucapkan terima kasih yang teramat mendalam serta penghargaan setinggi-tingginya kepada Orang Tua saya Ayahanda **Irwan** dan Ibunda **Jayanti** yang telah memberikan dorongan yang kuat baik motivasi, dukungan, bantuan berupa materil maupun non materil, serta doanya yang tidak pernah putus selama penulis menjalani studi hingga akhir penulisan tugas akhir ini. Semoga menjadi langkah awal untuk membuat ayah dan ibu bahagia dan bangga. Penulis menyadari bahwa dalam penyelesaian skripsi ini tidak dapat terselesaikan tanpa adanya bantuan, dukungan, bimbingan, motivasi, serta nasehat dari berbagai pihak. Oleh karena dengan ketulusan dan kerendahan hati penulis mengucapkan terimakasih sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak **Prof. Dr. Ir. Jamaluddin Jompa, M.Sc** selaku Rektor Universitas Hasanuddin beserta seluruh jajarannya, serta Bapak **Dr. Eng. Amiruddin, M.Si** selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam beserta jajarannya.
2. Bapak **Dr. Muh. Alimuddin Hamzah, M.Eng** selaku Ketua Departemen Geofisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin.
3. Bapak **Dr. Muh. Hamzah Syahrudin, S.Si, MT** selaku pembimbing utama dan Bapak **Muhammad Fawzy Ismullah M., S.Si.,M.T.** selaku pembimbing pertama yang dengan sabar, tulus, dan ikhlas meluangkan banyak waktu di tengah kesibukan dan prioritasnya untuk membimbing dan memberi masukan serta motivasi dalam penulisan skripsi.
4. Bapak **Dr. Erfan Syamsuddin, M.Si** dan Bapak **Andi Muh. Pramatadie, ST, M.Eng, Ph.D** selaku dosen penguji yang telah meluangkan waktunya untuk memberikan masukan dan kritikan yang membangun terhadap

penyempurnaan penulisan skripsi ini.

5. Bapak/Ibu **Dosen Program Studi Geofisika** yang telah mendidik dan memberikan ilmunya kepada penulis selama proses perkuliahan. Serta kepada **Staf dan Pegawai Departemen Geofisika** yang telah membantu dalam proses administrasi.
6. Teman seperjuangan seangkatan Geofisika 2017 (**Adhe, Ainun, Ajeng, Albar, Aldo, Ale', Ano, Andika, Angga, Aul, Aya, Bintang, Dandung, Danti, Daya, Desha, Dicky, Esi, Eki, Epi, Faishal, Fajar, Farid, Faqih, Firman, Gufa, Hikmah, Illa, Indra, Jefri, Karmila, Khalis, Khusnul, Melsi, Mifta, Mirna, Nea, Nia, Reza, Rina, Riri, Sindi, Syakirah, Tsaqif, Titien, Ucha, Unia, Firman, Yusrin, Zahari**) terima kasih atas segala cerita dan kesan yang terukir selama kuliah. Semoga perjuangan dan perjalanan yang dilalui menjadi saksi atas kesuksesan kita kelak.
7. Teman yang selalu menemani sampai akhir **Sri Wahyunia, Farid, Firman, Adi, Hikma, Syakira** dan **Ainun**
8. Teman Healing ku yang selalu jalan tanpa tau tujuan **Nurul, Hilda, Ewwing** dan **Alwi**
9. Warga **Sekret Generation (Kak Manna, Kak Hera, Ila, Ilaa, Dani, dan Cica)** yang telah mendukung penulis untuk menyelesaikan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih banyak kekurangan dan jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, kritik dan saran yang bersifat membangun sangat penulis harapkan untuk memperbaiki kekurangan yang ada. Penulis berharap semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca dan penulis.

Penulis,

Dewi Angraini

ABSTRAK

DEWI ANGRAINI. **Analisis Percepatan Tanah Maksimum (*Peak Ground Acceleration*) di Daerah Sulawesi Bagian Barat dengan Menggunakan Metode Mc. Guirre & Metode Donovan**

Latar Belakang. Percepatan Tanah maksimum (PGA) adalah nilai percepatan terbesar pada permukaan tanah yang pernah terjadi di suatu wilayah akibat gempa bumi. Percepatan tanah maksimum merupakan indikator percepatan tanah yang terjadi di suatu tempat akibat gempa bumi dan dapat diketahui melalui dua cara yaitu *accelerograph* dan melalui pendekatan empiris. Informasi tentang nilai percepatan tanah maksimum dan pola sebarannya merupakan sesuatu yang penting diketahui dalam perencanaan serta pembangunan infrastruktur tahan gempa bumi. Dengan mengetahui sebaran atau variasi nilai percepatan tanah maksimum di suatu wilayah, maka dapat dipetakan lokasi-lokasi yang rawan mengalami kerusakan ketika terjadi gempa bumi. **Tujuan.** Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan nilai percepatan tanah maksimum untuk wilayah Sulawesi bagian Barat periode 2011-2020 dan membandingkan hasil dari pendekatan empiris antara metode Mc. Guirre dan metode Donovan. **Metode.** Penelitian ini menggunakan metode Mc. Guirre dan Metode Donovan. Dalam penelitian ini dilakukan analisis perhitungan data gempa bumi dan membuat peta sebaran nilai percepatan tanah maksimum. **Hasil dan Kesimpulan.** Pada tahun 2011 hingga 2020, besar pergerakan tanah berdasarkan pola percepatan tanah maksimum menyatakan bahwa Sulawesi Bagian Barat memiliki percepatan tanah maksimum yang berbeda-beda selama sepuluh tahun terakhir (2011 – 2020). Besarnya nilai Percepatan tanah maksimum untuk daerah Sulawesi bagian Barat pada tahun 2011-2020 yaitu dengan menggunakan metode Mc. Guirre dan Metode Donovan, nilai terbesar terjadi pada tahun 2015 dengan magnitudo 5.06 kedalaman 10 km yang terletak di titik latitude gempa bumi -2.42 dengan longitude gempa bumi 119.42 mendapatkan nilai percepatan tanah maksimum Mc. Guirre sebesar 118.04 gal dan Donovan sebesar 124.16 gal. Berdasarkan hasil perhitungan nilai PGA Maksimum untuk wilayah Sulawesi Bagian Barat dengan menggunakan metode Mc. Guirre dan metode Donovan memiliki pola yang relatif sama.

Kata Kunci: PGA, Mc. Girre, Donovan dan Gempabumi

ABSTRACT

Dewi Angraini. **Peak Ground Acceleration Analysis in West Sulawesi Region Using Mc. Guirre Method & Donovan Method.**

Background. Maximum Ground Acceleration (GPA) is the largest acceleration value on the ground surface that has ever occurred in an area due to an earthquake. Maximum ground acceleration is an indicator of ground acceleration that occurs in a place due to an earthquake and can be known in two ways, namely accelerograph and through an empirical approach. Information about the maximum ground acceleration value and its distribution pattern is something important to know in the planning and development of earthquake-resistant infrastructure. By knowing the distribution or variation of the maximum ground acceleration value in an area, locations that are prone to damage when an earthquake occurs can be mapped.

Purpose. This study aims to obtain the maximum ground acceleration value for the West Sulawesi region for the period 2011-2020 and compare the results of the empirical approach between the Mc. Guirre method and the Donovan method.

Method. This study uses the Mc. Guirre method and the Donovan method. In this study, an analysis of earthquake data calculations was carried out and a map of the distribution of maximum ground acceleration values was created.

Results and Conclusions. In 2011 to 2020, the magnitude of land movement based on the maximum ground acceleration pattern states that West Sulawesi has had different maximum ground accelerations over the past ten years (2011 - 2020). The magnitude of the maximum ground acceleration value for the West Sulawesi region in 2011-2020, namely using the Mc. Guirre method and the Donovan method, the largest value occurred in 2015 with a magnitude of 5.06 at a depth of 10 km located at the earthquake latitude point of -2.42 with an earthquake longitude of 119.42, getting the maximum ground acceleration value of Mc. Guirre of 118.04 gal and Donovan of 124.16 gal. Based on the results of calculating the Maximum PGA value for the West Sulawesi region using the Mc. Guirre method and the Donovan method have relatively the same pattern.

Keywords: PGA, Mc. Girre, Donovan and Earthquake.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
PERNYATAAN PENGAJUAN.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI.....	iv
UCAPAN TERIMA KASIH.....	v
ABSTRAK.....	vi
DAFTAR ISI.....	vii
BAB I PENDAHULUAN	10
1.1 Latar Belakang	10
1.2 Tujuan dan Manfaat	13
1.3 Landasan Teori	13
1.3.1 Kondisi Geologi dan Tektonik Sulawesi Barat.....	13
1.3.2 Gempabumi	16
1.3.3 <i>Magnitude</i> Gempabumi.....	17
1.3.4 Intensitas Gempabumi	19
1.3.5 Teori Percepatan Tanah Maksimum.....	21
1.3.6 Metode Interpolasi Kriging	24
BAB II	25
METODE PENELITIAN	25
2.1 Jenis dan Sumber Data	25
2.2 Lokasi Penelitian	25
2.3 Metodologi Penelitian.....	26
2.4 Metode Analisis Data	26
2.5 Bagan Alir Penelitian.....	28
BAB III	29
HASIL DAN PEMBAHASAN	29
3.1 Hasil Perhitungan Nilai Percepatan Tanah Maksimum (PGA)	29
3.2 Peta Sebaran Nilai Percepatan Tanah Maksimum (PGA)	31
BAB IV	35
PENUTUP	35
4.1 Kesimpulan.....	35

DAFTAR TABEL

Nomor Urut

1. Skala Intensitas Gempabumi BMKG (SIG-BMKG).....	21
2. Pembagian Intensitas (MMI) berdasarkan Nilai Percepatan Tanah.....	26
3. Data Hasil dari Katalog Gempabumi di <i>repogempa.bmkg.go.id</i>	28
4. Nilai Percepatan Tanah Maksimum Per Tahun.....	35
5. Perbandingan Nilai PGA.....	38

DAFTAR GAMBAR

1. Gambar 1. Peta Sesar Aktif di Pulau Sulawesi yang Terangkum dalam Peta Gempa Nasional 2017.....	12
2. Gambar 2. Pembagian Peta Geologi Sulawesi.....	15
3. Gambar 3. Peta Geologi Daerah Sulawesi Bagian Barat.....	17
4. Gambar 4. Mekanisme Awal Deformasi yang Mengakibatkan Gempabumi.....	18
5. Gambar 5. Ilustrasi Percepatan Tanah Maksimum.....	25
6. Gambar 6. Ilustrasi Jarak Episenter dan Jarak Hiposenter.....	26
7. Gambar 7. Peta Seismisitas Kegempaan Sulawesi Bagian Barat Periode 2011-2020.....	29
8. Gambar 8. Peta Lokasi Sulawesi Bagian Barat.....	30
9. Gambar 9. Peta Sebaran Seismisitas Kegempaan Sulawesi Bagian Barat Periode 2011-2020.....	33
10. Gambar 10. Peta Grid Sulaawesi Bagian Barat.....	34
11. Gambar 11. Peta Sebaran Nilai Percepatan Tanah Maksimum Wilayah Sulawesi Bagian Barat Metode Mc. Guirre.....	36
12. Gambar 12. Peta Sebaran Nilai Percepatan Tanah Maksimum Wilayah Sulawesi Bagian Barat Metode Donovan.....	37

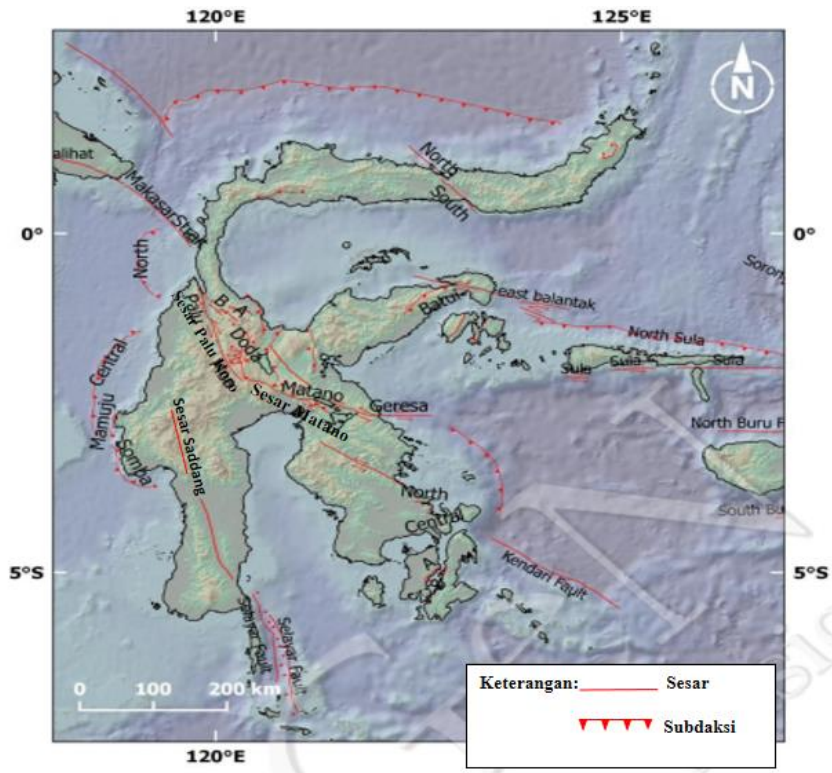
BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Daerah Sulawesi merupakan bagian dari Indonesia Timur yang memiliki tatanan tektonik yang rumit. Pada Pulau Sulawesi terdapat sesar yang dimensinya cukup besar dan memiliki tingkat keaktifan yang tinggi, sesar ini dikenal dengan nama Sesar Palu Koro. Selain dari Sesar Palu Koro terdapat beberapa sesar lainnya seperti Sesar Poso, Sesar Matano, Sesar Lawanopo, Sesar Walanae, Sesar Gorontalo, Sesar Batui, Sesar Tolo, Sesar Makassar, Sesar Saddang dan Sesar Kaluku seperti yang terlihat pada gambar 1. Sesar-sesar yang melintasi Sulawesi Barat terdiri dari (Massinai dkk., 2014):

1. Sesar Palu-Koro, di bagian timur Sulawesi Barat memanjang dari Palu ke arah selatan tenggara melalui Sulawesi Selatan/Barat bagian utara memotong Sesar Matano menuju ke selatan teluk Bone sampai laut Banda
2. Sesar Saddang, memanjang dari pesisir pantai mamuju memotong diagonal melintasi daerah Sulawesi Barat dan Sulawesi Selatan bagian tengah dan bagian selatan

Hal ini menjadikan Sulawesi termasuk dalam wilayah rawan terjadi gempa bumi (Massinai dkk., 2014).



Gambar 1. Peta Sesar Aktif di Pulau Sulawesi yang Terangkum dalam Peta Gempa Nasional 2017

Wilayah Sulawesi Barat merupakan zona gempa bumi yang bersumber dari pemekaran dasar laut di Selat Makassar. Aktivitas seismotektonik di wilayah ini juga disebabkan oleh sesar – sesar di daratan di antaranya Sesar Saddang, Sesar Kaluku, dan di bagian timur wilayah ini terdapat Sesar Palu Koro. Aktivitas seismisitas didominasi oleh gempa bumi dangkal (kedalaman kurang dari 60 km) dan gempa bumi menengah (kedalaman 60 – 300 km). Gempa bumi menengah disebabkan oleh aktivitas pemekaran dasar laut di Selat Makassar. Salah satu pengaruh aktivitas seismik adalah percepatan dan kecepatan tanah yang berpotensi terhadap kerusakan bangunan bila nilai tersebut tinggi (Massinai dkk., 2014).

Sulawesi Barat adalah salah satu provinsi di Indonesia yang terletak di antara tumbukan Lempeng Pasifik, Benua Asia dan Australia. Tumbukan lempeng Pasifik, Benua Asia dan Australia menyebabkan bagian barat dan bagian timur pulau Sulawesi menyatu. Selain itu, tumbukan tersebut juga memicu terbentuknya jalur gunung api dalam peta Geologi Sulawesi Barat, Sesar Palu Koro yang berarah ke barat laut Tenggara, serta muncul beberapa sesar – sesar sekunder yang mengarah Barat-Timur di wilayah kabupaten Mamuju dan Majene. Sesar tersebut yang melintang di sepanjang wilayah Mamuju sampai Majene memiliki mekanisme pergerakan keatas (*thrust fault*) yang identik dengan aktivitas pergerakan cukup sering dan menjadi penyebab banyaknya kejadian gempa bumi di wilayah tersebut.

Di Sulawesi Barat, telah terjadi beberapa kali gempa bumi besar yang diikuti bencana tsunami. Deretan bencana tersebut terjadi pada tahun 1967 dengan M 6.3, tahun 1969 dengan M 6.9, tahun 1984 dengan M 6.7 dan yang terbaru pada tahun 2021 dengan kekuatan M 6.2 pada kedalaman 10 km. Rangkaian bencana tersebut ada yang terjadi di titik yang sama dan menelan korban jiwa, tetapi upaya mitigasi yang dilakukan belum maksimal (Fajriani dkk., 2022).

Gempabumi merupakan salah satu bentuk bencana alam yang terjadi secara alami diakibatkan oleh pergeseran lapisan tanah. Menurut BMKG (2012) sumber gempabumi dapat berupa dinamika bumi (tektonik), aktivitas gunung api (vulkanik), meteor jatuh, longsor yang terjadi di bawah muka air laut. Gempabumi banyak menimbulkan kerusakan sejumlah bangunan maupun korban jiwa. Selain itu, gempabumi juga menimbulkan efek yang terjadi pada wilayah yang mengalami guncangan gempabumi. Guncangan gempabumi dapat mengakibatkan pergeseran permukaan tanah (Habriansyah dkk., 2021).

Tingginya aktivitas kegempaan mempengaruhi nilai percepatan tanah maksimum di Sulawesi bagian Barat. Percepatan tanah maksimum (PGA) adalah nilai percepatan tanah terbesar pada permukaan tanah yang pernah terjadi di suatu wilayah akibat gempabumi. Nilai percepatan tanah maksimum dinyatakan dalam satuan gal yang merupakan satuan dari percepatan gelombang seismik yakni $1 \text{ gal} = 0.01 \text{ m/s}^2$ (Hutasoit dkk., 2021).

Percepatan tanah maksimum merupakan indikator percepatan tanah yang terjadi di suatu tempat akibat gempabumi dan dapat diketahui melalui dua cara yaitu *accelerograph* dan melalui pendekatan empiris. Adapun metode percepatan tanah maksimum secara empiris yang digunakan dalam penelitian ini yaitu Donovan (Donovan, 1971) dan Mc. Guirre (Mc. Guirre, 1978). Informasi tentang nilai percepatan tanah maksimum dan pola sebarannya merupakan sesuatu yang penting diketahui dalam perencanaan serta pembangunan infrastruktur tahan gempa bumi. Dengan mengetahui sebaran atau variasi nilai percepatan tanah maksimum di suatu wilayah, maka dapat dipetakan lokasi-lokasi yang rawan mengalami kerusakan ketika terjadi gempa bumi (Kapojos dkk., 2015).

Studi tentang resiko gempa bumi berdasarkan nilai PGA telah dilakukan oleh beberapa peneliti pada beberapa wilayah di lengan Utara Sulawesi. Kapojos dkk., (2015) mengatakan bahwa dengan menghitung PGA menggunakan metode rumus empiris didapatkan hasil analisis yang menunjukkan bahwa perubahan yang sama terhadap jarak. Nilai percepatan tanah maksimum menurut Donovan lebih tinggi dibandingkan dari rumus Esteva. Perbandingan dengan data akselerograf mengindikasikan bahwa rumusan Esteva lebih cocok digunakan dalam mengestimasi PGA di semenanjung utara Pulau Sulawesi. Pasau dkk., (2018) menganalisis PGA akibat adanya gempa bumi di kota Manado, dengan melakukan perhitungan percepatan tanah maksimum metode Donovan dan Mc. Guirre. Hasil analisis menunjukkan bahwa besar PGA di Kota Manado menggunakan metode Donovan sekitar 42.12 gal sampai dengan 51.82 gal sedangkan menggunakan metode Mc. Guirre diperoleh nilai percepatan tanah maksimum sekitar 59.13 gal sampai dengan 73.53 gal (Marimimis dkk., 2020).

Metode Mc. Guirre dan Donovan sering digunakan untuk menghitung nilai percepatan tanah maksimum (PGA) karena kedua metode ini memberikan estimasi yang akurat berdasarkan data seismik dan geologi lokal. Sulawesi merupakan wilayah dengan aktivitas seismik yang signifikan karena terletak di pertemuan beberapa lempeng tektonik. Metode Mc. Guirre dan Metode Donovan dirancang untuk mempertimbangkan karakteristik seismik dan geologi spesifik dari suatu daerah yang membuat kedua metode ini cocok untuk wilayah dengan aktivitas seismik yang tinggi. Metode Mc. Guirre sering menggunakan data dari berbagai gempabumi dan studi seismik untuk mengembangkan model yang mengaitkan karakteristik gempabumi dengan parameter gempabumi seperti *magnitude* dan jarak. Metode Mc. Guirre berfokus antara kedalaman 9 – 70 Km. Dengan sebagian besar kedalaman 10 Km. Metode Mc. Guirre dapat mengecualikan rekaman yang menunjukkan amplifikasi tanah yang signifikan tetapi tidak membedakan antara lokasi batuan dan tanah (Douglas, 2021).

Besar nilai PGA atau suatu wilayah menggambarkan tingkat resiko gempabumi di wilayah tersebut terhadap gempabumi. Semakin besar nilai PGA suatu wilayah berarti semakin besar bahaya dan resiko gempabumi yang mungkin terjadi. Percepatan tanah adalah faktor utama yang mempengaruhi konstruksi bangunan dan menimbulkan momen gaya yang terdistribusikan merata di titik-titik bangunan, sehingga percepatan tanah merupakan titik tolak perhitungan bangunan tahan gempabumi (Marimis dkk., 2020).

Pada penelitian ini memiliki rumusan masalah yang akan menjadi aspek dalam penelitian ini, yaitu berapa nilai percepatan tanah maksimum untuk daerah Sulawesi bagian Barat pada tahun 2011-2020? Dan bagaimana perbandingan hasil pendekatan rumus empiris antara metode Mc. Guirre dan metode Donovan? selain itu penelitian memiliki batasan mencakup beberapa hal, seperti data yang digunakan dalam penelitian ini berupa data sekunder yang diperoleh dari katalog gempabumi yang diakses di repogempa.bmkg.go.id di BMKG Klas I Tangerang yang meliputi parameter *hipocenter* dan *magnitude* dari 01 Januari 2011 – 30 September 2020 dengan batas wilayah 2.13° -4.02° LS dan 118.56° - 120.71° BT menggunakan metode Mc. Guirre dan metode Donovan.

1.2 Tujuan dan Manfaat

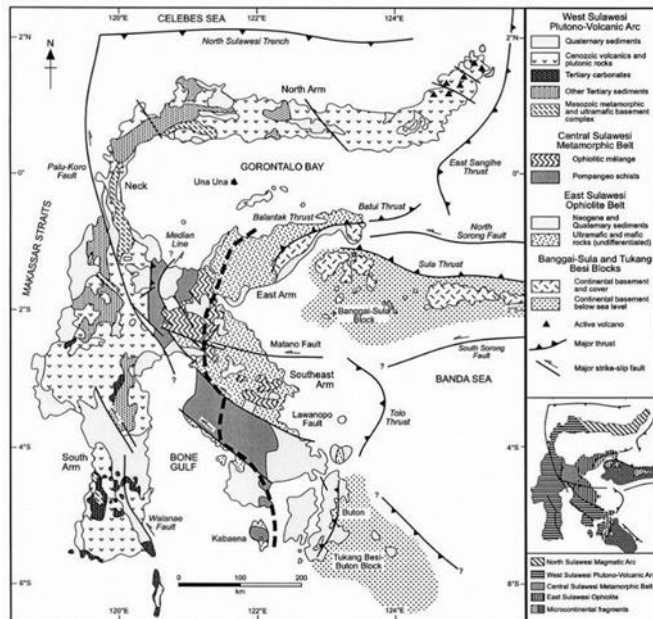
Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan nilai percepatan tanah maksimum untuk wilayah Sulawesi bagian Barat periode 2011-2020 dan membandingkan hasil dari pendekatan empiris antara metode Mc. Guirre dan metode Donovan.

1.3 Landasan Teori

1.3.1 Kondisi Geologi dan Tektonik Sulawesi Barat

Peta geologi Sulawesi Barat disebut sebagai busur vulkanik yang terdiri atas Lengan Selatan Sulawesi, Bagian tengah, Leher Sulawesi, dan Lengan Utara Sulawesi. Batuan dasar dari Sulawesi Tengah bagian barat dan leher Sulawesi terdiri dari batuan metamorf pra – Tersier. Peta Geologi Sulawesi Barat didominasi oleh batuan gunungapi dan batuan plutonik Miosen yang membentuk jalur gunungapi Tersier

yang disebut juga Busur Gunungapi Sulawesi Barat (Syaeful, 2019).



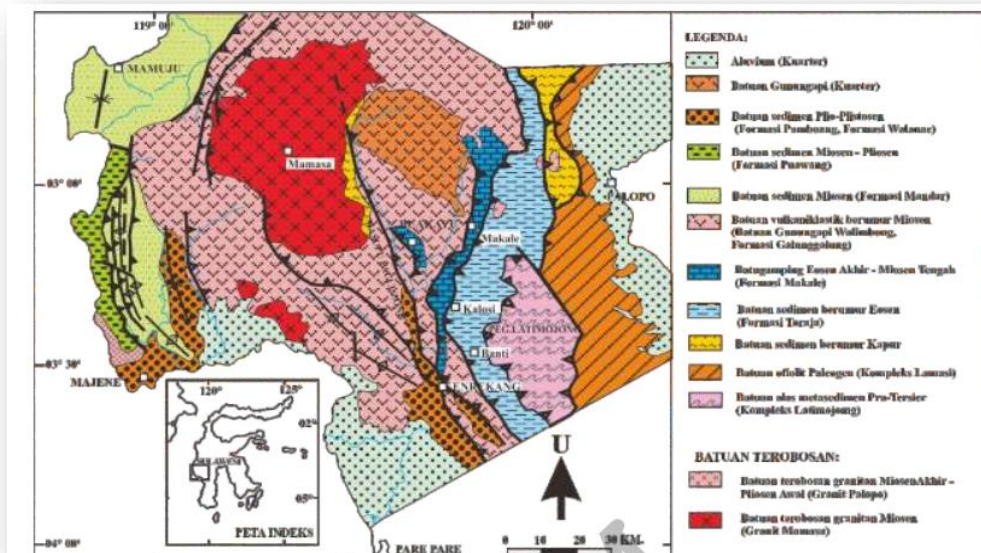
Gambar 2. Pembagian Peta Geologi Sulawesi (Syaeful, 2019)

Di daerah ini terdapat dua lajur Lipatan – Sesar Naik Majene dan Lajur Lipatan – Sesar Naik Kalosi. Di daerah ini juga dijumpai pluton granit yang besar, kompleks ofiolit (Lamasi), serta batuan alas malihan Pra- Tersier Latimojong. Berdasarkan data *isotope Rb-Sr, Nd-Sm, dan U-Pb*, dan data geokimia batuan induk dari batuan beku Miosen adalah himpunan kerak dan mantel litosfer berumur Proterozoik Akhir sampai Paleozoik Awal yang terpanaskan dan meleleh karena tumbukan benua – benua, yakni kerak benua yang berasal dari Lempeng Australia tertunjamkan di bawah ujung timur Daratan Sunda (Zakaria dan Sidarto, 2015).

Model tektonik ini menyatakan bahwa Selat Makassar ditafsirkan merupakan cekungan daratan-muka (*foreland basin*) di kedua sisi dari daratan Sunda dan Lempeng Australia. Sementara itu, obduksi kerak samudera (Kompleks Lamasi) pra-Eosen ke Sulawesi Barat terjadi pada Oligosen Akhir sampai Miosen. Busur magmatik Sulawesi Barat yang berumur Miosen Akhir dianggap sebagai hasil tumbukan benua – benua, berbeda dengan model sebelumnya yang menyatakan busur tersebut terkait dengan tumbukan kerak Samudera dengan benua, atau samudera dengan samudera. Daerah Majene-Mamuju sampai Palopo dapat dibagi menjadi tiga dominan tektonik utama yang membujur Utara – Selatan. Ketiga dominan tersebut mulai dari lajur lipatan – Sesar naik aktif, lajur vulkano- plutonik, dan lajur batuan ofiolit (Kompleks Lamasi). Bukti dari wilayah daratan yang menunjukkan bahwa Selat Makassar telah mengalami fase kompresi adalah ditemukannya lajur lipatan dan sesar-naik di Sulawesi Barat, yaitu lajur lipatan dan Sesar-Naik Kalosi dan lajur lipatan dan Sesar-Naik Majene di sebelah baratnya, yang

kedua – duanya memiliki arah kecondongan struktur ke arah timur (Zakaria dan Sidarto, 2015).

Pada Kapur, di sebelah timur Mandala Sulawesi Timur terdapat tunjaman landai. Selama proses penunjaman Mandala Sulawesi Timur ini bergerak ke barat, dan terjadi pengendapan tepi benua. Pada Kapur Akhir – Tersier Awal terjadi tumbukan dengan Mandala Sulawesi Barat. Akibat tunjaman ini endapan tepi kontinen termalihkan menjadi Kompleks Pompangeo dan Batugamping Malih dan terbentuk Sesar Naik Poso serta Sesar Naik Wekuji. Kemudian terjadi tumbukan mikrokontinen yang merupakan pecahan Benua Australia dengan Ofiolit mengakibatkan pengaktifan kembali tumbukan yang ada dan terbentuknya Sesar Matano. Setelah tumbukan ini terjadi depresi Poso yang diakibatkan oleh gaya pelepasan. Di bagian Utara depresi diendapkan Formasi Poso dan Formasi Puna, sedangkan di bagian selatan terbentuk Danau Poso. Pada Eosen Tengah diduga terjadi bukaan Selat Makassar (fase ekstensi) seperti dikemukakan oleh beberapa penulis, sementara pada Miosen hingga sekarang terjadi fase kompresi yang mengakibatkan terjadinya lajur lipatan dan sesar naik di Sulawesi Barat (lajur lipatan dan Sesar naik Kalosi dan Majene) yang memiliki arah kecondongan struktur ke barat (Zakaria dan Sidarto, 2015).



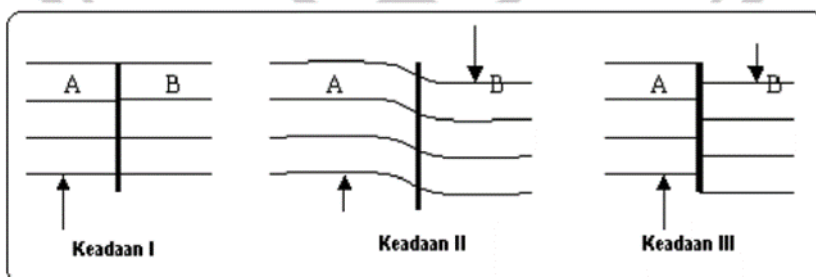
Gambar 3. Peta Geologi Daerah Sulawesi Bagian Barat (Zakaria dan Sidarto, 2015).

1.3.2 Gempabumi

Gempabumi merupakan guncangan pada permukaan bumi akibat pelepasan energi secara tiba – tiba yang ditandai dengan patahnya lapisan batuan pada kerak bumi. Akumulasi energi penyebab terjadinya gempabumi dihasilkan dari pergerakan lempeng – lempeng tektonik. Energi yang dihasilkan dipancarkan ke segala arah berupa gelombang gempabumi sehingga efeknya dapat dirasakan sampai ke permukaan. Tempat energi gempabumi terlepas akan menyebabkan gempabumi dinamakan fokus gempabumi (*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. Bila dua buah lempeng bertumbukan maka pada daerah batas antara dua lempeng akan terjadi tegangan. Apabila tegangan telah sedemikian besar sehingga melampaui kekuatan kulit bumi tersebut di daerah terlemah. Kulit bumi yang patah tersebut akan melepaskan energi atau tegangan sebagian atau seluruhnya untuk kembali ke keadaan semula. Peristiwa pelepasan energi ini disebut gempabumi. Untuk terjadinya gempabumi diperlukan syarat – syarat sebagai berikut (Putri, 2018):

1. Pembangunan stres
2. Pelepasan Stress
3. Gerakan relatif dari kerak bumi

Menurut teori patahan (*fracture theory*) bahwa waktu terjadi gempabumi akan dilepaskan sejumlah energi tertentu akibat patahan yang terjadi dengan tiba- tiba dan dipancarkan gelombang seismik yang dapat di rekam oleh Seismograph. Kekuatan gempabumi yang akan terjadi tergantung dari besar energi yang disimpan di dalam kerak bumi.



Gambar 4. Mekanisme Awal Deformasi yang Mengakibatkan Gempabumi (Simanjuntak dan Olymphina, 2017)

Pada Gambar 4 memperlihatkan mekanisme awal deformasi yang mengakibatkan gempabumi. Garis vertikal menunjukkan pecahan atau sesar pada bagian bumi yang padat. Pada keadaan I menunjukkan suatu lapisan batuan yang belum mengalami perubahan bentuk geologi. Pada tahap ini akumulasi stress akibat dinamika energi

belum merubah bentuk geologi dari lapisan batuan. Keadaan II menunjukkan suatu lapisan batuan dengan akumulasi stress dimana telah mengalami perubahan bentuk geologi. Untuk daerah A mendapat stress ke atas, sedangkan daerah B mendapat stress ke bawah. Proses ini berlangsung hingga stress yang terakumulasi pada lapisan ini cukup besar yang mengakibatkan gesekan antara daerah A dan daerah B. Bila lapisan batuan tidak mampu menahan stress, maka akan terjadi pergerakan atau perpindahan permukaan tanah akibat energi yang dilepaskan secara tiba – tiba oleh batuan yang ada dibawah permukaan bumi. Selanjutnya pada keadaan III menunjukkan lapisan batuan yang patah akibat pergerakan lapisan batuan. Manifestasi dari getaran lapisan batuan yang patah dengan energi yang menjalar melalui badan dan permukaan bumi berupa gelombang seismik. Penyebaran energi gempabumi dapat besar atau kecil tergantung dari karakteristik batuan yang ada dan besarnya stress yang dikandung oleh suatu batuan pada suatu daerah. Pada suatu batuan yang rapuh (batuan heterogen), stress yang dikandung tidak begitu besar karena langsung diepaskan melalui gempabumi mikro. Sedangkan untuk batuan yang lebih kuat (batuan homogen), gempabumi kecil jarang terjadi karena stress yang dikandung tidak langsung dilepaskan melainkan disimpan hingga pas suatu saat batuan tersebut tidak mampu lagi menahan stress, maka terjadi pelepasan energi secara tiba – tiba ke segala arah (Simanjuntak dan Olymphina, 2017).

1.3.3 *Magnitude* Gempabumi

Magnitude gempabumi adalah sebuah besaran yang menyatakan besarnya energi seismik yang dipancarkan oleh sumber gempabumi. Besaran ini akan berharga sama, meskipun dihitung dari tempat yang berbeda. Konsep “*Magnitude* Gempabumi” sebagai skala kekuatan relatif hasil dari pengukuran fase amplitudo dikemukakan pertama kali oleh K. Wadati dan C. Richter sekitar tahun 1930. Dewasa ini terdapat empat jenis *magnitude* yang umum digunakan yaitu: *magnitude* lokal, *magnitude body*, *magnitude* permukaan dan *magnitude* Gempabumi (Deni dkk., 2020).

Magnitude gempabumi merupakan skala kekuatan relatif gempabumi hasil dari pengukuran fase amplitude. Momen Skala *magnitude* terdiri dari *magnitude surface* (*Ms*), *magnitude lokal* (*ML*), *magnitude body* (*mb*), dan *magnitude momen* (*Mw*). Pada penelitian ini hanya menggunakan *Ms* sehingga data gempabumi dengan skala yang berbeda perlu dikonversi. Terdapat perbedaan pada penggunaan *magnitude* gempabumi sebagai salah satu parameter perhitungan dalam analisis percepatan tanah menggunakan metode M.C Guirre dan metode Donovan. Sebagai pengganti dari satu kolerasi skala gempabumi untuk wilayah Indonesia (Wisnu, 2020).

a. *Magnitude* Lokal (ML)

Magnitude lokal pertama kali diperkenalkan oleh Richter (1969) berdasarkan pengamatan gempabumi di California Selatan yang direkam menggunakan

seismograf Wood Anderson. Secara umum magnitudo lokal dirumuskan pada persamaan (Ulfa, 2018) (1.1):

$$Ml = \log A + 3 \log \Delta - 2.92 \quad (1)$$

Dengan Ml adalah *magnitudo* lokal, A adalah amplitudo maksimum getaran tanah (μm) dan Δ adalah jarak episenter dengan stasiun pengamat (km), $\Delta < 600$ km.

b. *Magnitudo Bodi (Mb)*

Magnitudo bodi berdasarkan amplitudo gelombang P yang menjalar melalui bagian dalam bumi. Dalam prakteknya, amplitudo yang dipakai adalah amplitudo gerakan tanah maksimum (dalam mikron) yang diukur pada 3 gelombang yang pertama dari gelombang P (seismogram periode pendek, komponen vertikal), dan periodenya adalah periode gelombang yang mempunyai amplitudo maksimum tersebut. Sudah tentu rumus yang dipakai untuk menghitung Mb ini dapat digunakan di semua tempat (universal). Tapi perlu dicatat bahwa faktor koreksi untuk setiap tempat (stasiun gempa) akan berbeda satu sama lain. *Magnitudo* ini digunakan untuk menghitung kekuatan gempa-gempa dalam di tuliskan pada persamaan (Ulfa, 2018) (1.2):

$$Mb = \log\left(\frac{A}{T}\right) + f(\Delta, h) + c \quad (2)$$

Dengan Mb adalah *magnitudo* bodi, A adalah amplitudo gelombang P (μm), T adalah periode (sekon), $f(\Delta, h)$ adalah fungsi jarak dan kedalaman dan c adalah koreksi stasiun

c. *Magnitudo Bodywave (mb)*

Magnitudo gempabumi yang diperoleh berdasarkan amplitudo gelombang badan (P atau S) disimpulkan dengan mb . *Magnitudo* ini didefinisikan sebagai *magnitudo* yang didasarkan catatan amplitudo dari gelombang P yang menjalar melalui bagian dalam bumi (Lay. T and Wallace T.C) dalam prakteknya di (USA), amplitudo yang dipakai adalah amplitudo gerakan tanah maksimum dalam mikron yang diukur pada 3 gelombang yang pertama dari gelombang P (seismogram periode pendek), dan periode gelombang yang mempunyai amplitudo maksimum tersebut. Sudah tentu rumus yang dipakai untuk menghitung mb ini dapat digunakan di semua tempat (stasiun gempabumi) akan berbeda satu sama lain. *Magnitudo* gelombang badan diperkenalkan oleh Gutenberg dan Richter (Fauzi, 2010).

$$Mb = \log\left(\frac{\alpha}{T}\right) + Q(h, \Delta) \quad (3)$$

Dengan α adalah amplitudo getaran (πm), T adalah periode getaran (detik) serta $Q(h, \Delta)$ adalah koreksi jarak Δ dan h yang didapatkan dari pendekatan empiris. Di Indonesia sendiri, khususnya BMKG dalam melakukan perhitungan *magnitudo*, biasanya menggunakan perhitungan *magnitudo* lokal dan body. Sehingga diperlukan

adanya konversi *magnitude*, baik *magnitude* lokal ataupun *magnitude body* ke *magnitude* permukaan. Hubungan ketiga *magnitude* ini telah dibuat oleh Gutenberg, yaitu (Fauzi, 2010):

$$Mb = 0.56Ms + 2.9$$

$$Mb = 1.7 + 0.8ML - ML^2 \quad (4)$$

Sehingga didapatkan hubungan ML dan Mb untuk mencari Ms yaitu (Fauzi, 2010):

$$Ms = \frac{0.8ML - 0.01ML^2 - 1.2}{0.56}$$

$$Ms = \frac{Mb - 2.9}{0.56} \quad (5)$$

1.3.4 Intensitas Gempabumi

Ukuran besarnya gempabumi yang paling dahulu digunakan adalah intensitas gempabumi. Besarnya energi yang dilepaskan oleh sumber gempabumi dinamakan *magnitude*. Tingkat besar kecilnya gempabumi dapat dihitung melalui alat pencatat gempabumi yaitu seismograf. Satuan besarnya gempabumi (energi yang dilepaskan) biasanya dipergunakan. Menurut Gutenberg & Richter terdapat hubungan antara nilai percepatan tanah maksimum (PGA) dengan skala intensitas gempabumi (dalam MMI). Intensitas gempabumi menyatakan kekuatan gempabumi yang dirasakan di suatu tempat (di permukaan) dan ditentukan dari efek langsung goncangan gempabumi, misalnya terhadap tofografi, bangunan dan sebagainya. Besarnya nilai percepatan tanah maksimum dan intensitas sangat bergantung pada besarnya *magnitude* gempabumi, jarak dari sumber gempabumi dan faktor dari geologi daerah terkena gempabumi, sehingga nilainya relatif berbeda-beda di setiap daerah. Identifikasi tingkat dampak yang terjadi akibat gempabumi disampaikan dalam warna yang berbeda. Sebagai identifikasi warna yang berlaku pada umumnya bahwa tingkat dampak paling besar dan paling berbahaya direpresentasikan dengan warna merah. Warna merah dalam skala intensitas gempabumi dinyatakan untuk skala lima yaitu kerusakan berat. Kerusakan sedang dan ringan dengan skala empat dan tiga berturut-turut disampaikan dalam warna jingga dan kuning. Warna hijau adalah representasi dari skala dua sebagai tingkat dampak bahwa gempabumi tersebut dirasakan oleh banyak orang tetapi tidak menyebabkan kerusakan. Pada tingkat di mana gempabumi tidak dirasakan kecuali oleh beberapa orang pada situasi khusus yaitu dengan skala satu disampaikan dengan warna putih. Untuk validasi data guncangan berupa PGA dengan data observasi kerusakan di lapangan secara spasial, studi ini telah melakukan modifikasi pada *shakemap* terkait skala warna. Skala *shakemap* telah dilaksanakan di BMKG sejak tahun 2011. Skala warna pada *shakemap* yang digunakan selama ini adalah berdasarkan pada skala MMI. Skala tersebut dimodifikasi dengan skala intensitas yang diusulkan dalam studi ini seperti

yang ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Skala Intensitas Gempabumi BMKG (SIG-BMKG) (Muzli dkk., 2016)

Skala SIG-BMKG	Warna	Deskripsi Sederhana	Deskripsi Rinci	Skala MMI	PGA (gal)
I	Putih	Tidak dirasakan (<i>Not Felt</i>)	Tidak dirasakan atau dirasakan hanya oleh beberapa orang tetapi terekam oleh alat	I-II	<2.9
II	Hijau	Dirasakan (<i>Felt</i>)	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 (<i>Slight Damage</i>)	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 (<i>Moderate damage</i>)	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 (<i>Heavy Damage</i>)	Sebagian besar dinding bangunan permanen roboh. Struktur bangunan mengalami kerusakan berat. Rel kereta api melengkung	IX-XII	>564

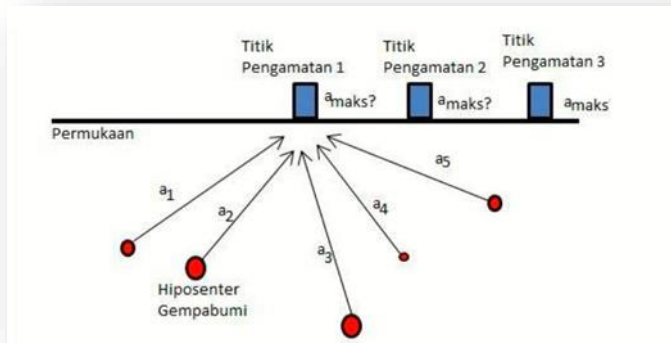
1.3.5 Teori Percepatan Tanah Maksimum

Percepatan tanah adalah parameter yang menyatakan perubahan kecepatan mulai dari keadaan diam sampai pada kecepatan tertentu. Pada percepatan tanah terbagi menjadi dua yaitu percepatan tanah maksimum dan percepatan tanah minimum. Percepatan tanah maksimum merupakan nilai percepatan pergerakan tanah terbesar yang terjadi pada suatu tempat akibat gempa bumi yang dihitung dari titik pengamat atau titik peneliti pada permukaan bumi. Sedangkan untuk percepatan tanah minimum merupakan nilai percepatan pergerakan tanah yang terkecil. Nilai percepatan tanah maksimum yang dihitung berdasarkan *magnitude* dan jarak sumber gempa bumi yang pernah terjadi terhadap titik perhitungan, serta nilai periode dominan tanah daerah tersebut (Saputra dkk., 2019).

Percepatan tanah permukaan di suatu tempat yang disebabkan oleh getaran seismik bergantung pada perambatan gelombang seismik dan karakteristik lapisan tanah (alluvial deposit) di tempat tersebut. Sifat-sifat lapisan tanah ditentukan oleh periode dominan tanah dari lapisan tanah tersebut bila ada getaran seismik. Periode getaran seismik dan periode dominan tanah akan mempengaruhi besarnya percepatan pergerakan batuan dasar dan permukaan. Gempa bumi menghasilkan nilai percepatan tanah akibat percepatan gelombang yang sampai ke permukaan bumi. Percepatan tanah maksimum (PGA) adalah parameter penting dalam menggambarkan kekuatan getaran gempa bumi. Pengukuran dan perhitungan percepatan tanah yang diakibatkan oleh gempa bumi sangat dibutuhkan, dengan mengetahui nilai percepatan tanah maksimum, maka dapat mengetahui daerah mana yang rawan terhadap gempa bumi (Marlisa dkk., 2016).

Parameter getaran gelombang gempa bumi yang dicatat oleh seismograph umumnya adalah simpangan kecepatan atau *velocity* dalam satuan kine (cm/dt). Selain kecepatan tentunya parameter yang lain seperti simpangan (dalam satuan mikrometer) dan percepatan (dalam satuan gal cm/dt^2) juga dapat ditentukan. Parameter percepatan gelombang seismik (percepatan tanah) merupakan salah satu parameter yang penting dalam seismologi teknik. Besar kecilnya percepatan tanah menunjukkan resiko gempa bumi yang perlu diperhitungkan sebagai bagian dalam perencanaan bangunan tahan gempa bumi (Saputra dkk., 2019).

Percepatan tanah maksimum dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti besarnya *magnitude*, kedalaman hiposenter, jarak episenter dan juga jenis batuan penyusun lapisan tanah atau tingkat kepadatan lapisan tanah. Percepatan tanah maksimum berbanding lurus dengan *magnitude*. Sehingga semakin besar *magnitude* maka semakin besar pula nilai percepatan tanah maksimum yang dihasilkan. Sedangkan hubungan antara percepatan tanah maksimum dengan jarak episenter, kedalaman hiposenter, dan kepadatan lapisan tanah ialah berbanding terbalik. Skema percepatan tanah maksimum yang disebabkan oleh getaran seismik gempa bumi pada suatu daerah atau titik pengamatan dapat dilihat pada Gambar 5 (Saputra dkk., 2019).



Gambar 5. Ilustrasi Percepatan Tanah Maksimum (Saputra dkk, 2019)

Meskipun gempa bumi yang kuat tidak sering terjadi tetapi tetap sangat membahayakan kehidupan manusia. Salah satu hal yang penting dalam penelitian seismologi adalah mengetahui kerusakan akibat getaran gempa bumi terhadap bangunan-bangunan di setiap tempat. Hal ini diperlukan untuk menyesuaikan kekuatan bangunan yang akan dibangun di daerah tersebut. Oleh sebab itu, untuk keperluan bangunan tahan gempa bumi nilai percepatan tanah dapat dihitung dengan cara pendekatan menggunakan data historis gempa bumi. Beberapa formula empiris PGA antara lain metode Donovan, Esteva, Murphy- O'Brein, Gutenberg-Richter, Mc. Guirre R.K., Kanai, Kawasumi dan lain-lain. Formula-formula empiris tersebut ditentukan berdasarkan suatu kasus gempa bumi pada suatu tempat tertentu, dengan memperhitungkan karakteristik sumber gempa buminya, kondisi geologi dan geotekniknya (Saputra dkk., 2019).

Jarak episenter dapat ditentukan dengan formula empiris, yaitu (Saputra dkk., 2019):

$$\Delta^2 = (X_2 - X_1)^2 + (Y_2 - Y_1)^2 \quad (6)$$

Keterangan:

Δ = jarak episenter (km)

X_1 = Lintang episenter gempa bumi

X_2 = Lintang daerah perhitungan

Y_1 = Bujur episenter gempa bumi

Y_2 = Bujur daerah perhitungan

Setelah jarak episenter diketahui, maka dihitung jarak konversi hiposenter dengan persamaan (Saputra dkk., 2019):

$$R = \sqrt{\Delta^2 + h^2} \quad (7)$$

Keterangan:

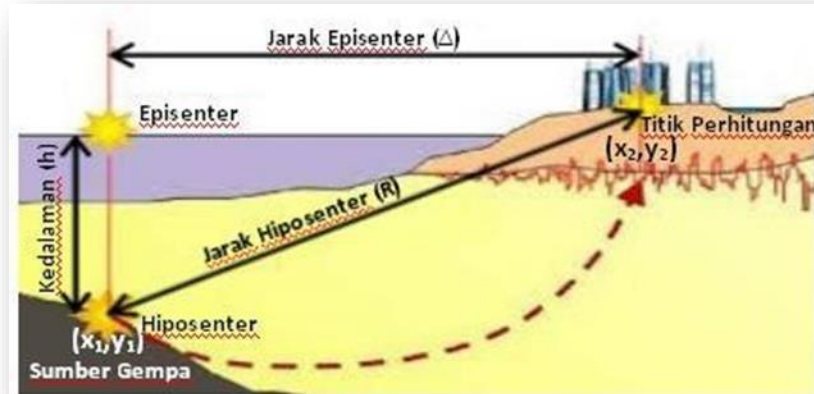
R = Jarak hiposenter (km)

Δ = jarak episenter (km)

h = kedalaman

Setiap gempa bumi yang terjadi akan menimbulkan satu nilai percepatan tanah pada

suatu tempat (*site*). Nilai percepatan tanah yang diperhitungkan pada perencanaan bangunan adalah nilai percepatan tanah maksimum. Untuk lebih jelasnya mengenai jarak episenter dan jarak hiposenter dapat dilihat pada ilustrasi Gambar 6 (Saputra dkk., 2019).



Gambar 6. Ilustrasi Jarak Episenter dan Jarak Hiposenter (Saputra dkk., 2019)
Model percepatan tanah pada permukaan secara empiris Mc. Guirre R.K. (1963) ditulis sebagai berikut (Saputra dkk., 2019):

$$\alpha = \frac{472.3 \times 10^{0.278Ms}}{(R+25)^{1.301}} \quad (8)$$

Keterangan:

α = percepatan tanah permukaan (gal)

M_s = Magnetudo gelombang permukaan (SR)

R = jarak hiposenter

Model percepatan tanah pada permukaan secara empiris Donovan ditulis sebagai berikut (Saputra dkk., 2019):

$$\alpha = \frac{1080 \times \exp^{0.5Ms}}{(R+25)^{1.32}} \quad (9)$$

Keterangan:

α = percepatan tanah permukaan (gal)

M_s = Magnetudo gelombang permukaan (SR)

R = jarak hiposenter

Untuk mendapatkan data intensitas, berdasarkan Beca Carter Hollings & Ferner Ltd bekerjasama dengan *The Indonesian Counterparty Team* telah meluncurkan “*Seismic Zone for Building Construction in Indonesia*” yang membagi wilayah Indonesia kedalam 6 zona tingkat bahaya gempabumi seperti pada tabel 2.

Tabel 2. Pembagian Intensitas (MMI) berdasarkan Nilai Percepatan Tanah (Ary dkk., 2019)

Zona	Percepatan Tanah Maksimum (gal)	Intensitas (MMI)
1	>323,4	>IX
2	245- 323,4	VIII – IX
3	196- 245	VII – VIII
4	127- 196	VI- VII
5	32,9- 127	V – VI
6	<32,9	V

1.3.6 Metode Interpolasi Kriging

Interpolasi adalah metode untuk mendapatkan data berdasarkan beberapa data yang telah diketahui. Dalam pemetaan, interpolasi adalah proses estimasi nilai pada wilayah yang tidak disampel atau diukur, sehingga terbuatlah peta atau sebaran nilai pada seluruh wilayah, dalam melakukan interpolasi sudah pasti dihasilkan error yang dihasilkan sebelum melakukan interpolasi bisa dikarenakan kesalahan menentukan metode sampling data, kesalahan dalam pengukuran dan kesalahan dalam analisis di laboratorium.

Metode Kriging adalah estimasi stochastic yang mirip dengan *Invers Distance Weighted (IDW)* dimana menggunakan kombinasi linear dari weight untuk perkiraan nilai diantara sampel data. Metode ini ditemukan oleh D.L. Krige untuk memperkirakan nilai dari bahan tambang. Asumsi dari metode ini adalah jarak dan orientasi antara sampel data menunjukkan korelasi spasial yang penting dalam hasil interpoasi (ESRI, 1996). Metode Kriging sangat banyak menggunakan sistem komputer dalam perhitungan. Kecepatan perhitungan tergantung dari banyaknya sampel data yang digunakan untuk cakupan dari wilayah yang diperhitungkan Tidak seperti IDW, Kriging memberikan ukuran error dan confidence. Metode ini menggunakan semivariogram yang mempresentasikan perbedaan spasial dan nilai diantara semua pasangan sampel data. Semivariogram juga menunjukkan bobot (weight) yang digunakan dalam interpolasi (Pramono, 2008).

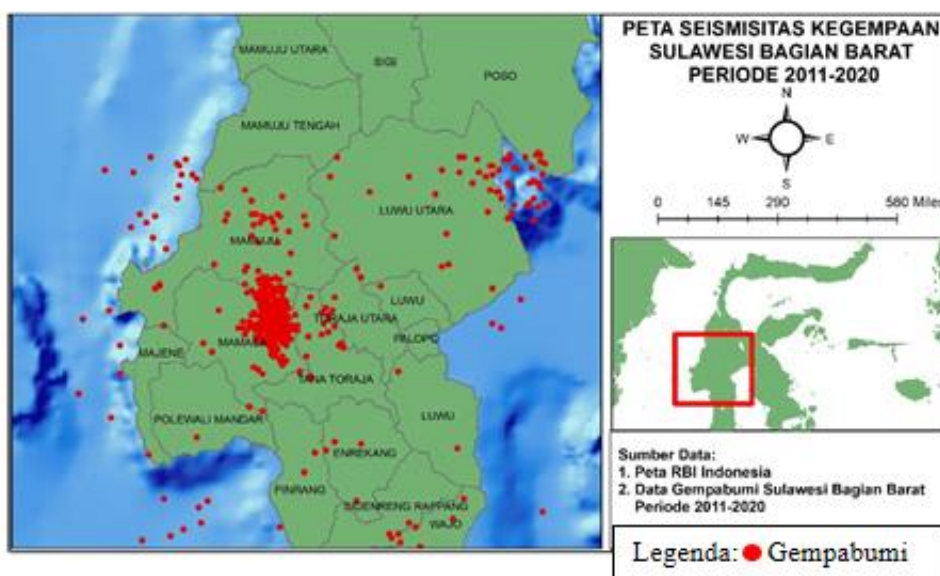
Diasumsikan bahwa estimasi kuantitas tertentu Σ_0 dapat diperoleh sebagai kombinasi linear dari data yang diketahui, diukur pada "t" (Pramono, 2008).

$$\Sigma_0 = \sum_{i=1}^n \lambda_i Z_i \quad (10)$$

BAB II METODE PENELITIAN

2.1 Jenis dan Sumber Data

Penelitian ini menggunakan data gempabumi Sulawesi bagian Barat dengan batas wilayah 2.13° - 4.02° LS dan 118.56° - 120.71° BT. yang diperoleh dari katalog gempabumi yang di akses di repogempa.bmkg.go.id di BMKG Klas I Tangerang yang meliputi parameter hiposenter dan *magnitude* dari 01 Januari 2011- 30 September 2020. Dengan *magnitude* ≥ 3 diperoleh sebanyak 581 kejadian gempabumi.



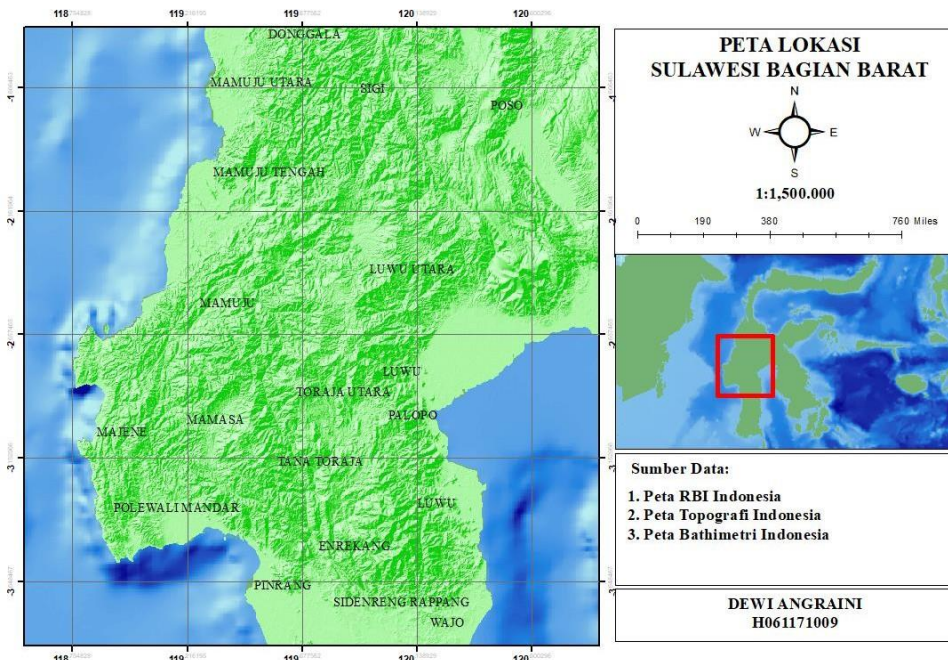
Gambar 7. Peta Seismisitas Kegempaan Sulawesi Bagian Barat Periode 2011-2020

Contoh data yang diperoleh dari katalog gempabumi yang di akses di repogempa.bmkg.go.id dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Data Hasil dari Katalog Gempabumi di repogempa.bmkg.go.id

Date	20-10-2020
Time	19:10:15
Latitude	-2.87
Longitude	119.46
Depth	10 km

2.2 Lokasi Penelitian



Gambar 8. Peta Lokasi Sulawesi Bagian Barat

2.3 Metodologi Penelitian

Terdapat dua metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu metode Mc. Guirre dan Metode Donovan.

2.4 Metode Analisis Data

Dalam melakukan analisis data diperlukan beberapa perangkat lunak berupa *Ms. Word 2013*, *Ms. Excel 2013*, *ArcGIS 10.3*, *Global Mapper*, dan *Notepad++*. Adapun proses analisis data yang dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menyusun data historis gempa bumi pada daerah Sulawesi bagian Barat periode 2011 – 2020 berdasarkan waktu kejadian, kedalaman, latitude, longitude, dan *magnitude* dengan batas wilayah 2.13° - 4.02° LS dan 118.56° - 120.71° BT dengan *magnitude* 3 – 9.
2. Menkonversi *magnitude* tipe MLv (*magnitude* lokal yang dihitung pada komponen vertikal) ke Ms seperti pada persamaan persamaan 5
3. Membuat grid untuk membagi wilayah penelitian menjadi beberapa grid dengan ukuran 15x11 Km menggunakan *Global Mapper* (Syifa'uddin, 2016).
4. Menghitung jarak episenter dengan Persamaan 6
5. Menghitung jarak hiposenter dengan Persamaan 7
6. Menghitung nilai percepatan tanah maksimum pada setiap titik grid dengan menggunakan rumusan empiris Mc. Guirre, RK pada Persamaan 8

7. Mengambil nilai maksimum pada tiap tiap grid sehingga diperoleh nilai percepatan tanah maksimum pada tempat itu.
8. Ploting latitude dan longitude pengamat dan hasil percepatan tanah maksimum di software ArcGIS 10.3.
9. Menghitung nilai percepatan tanah maksimum pada setiap titik grid dengan menggunakan rumusan empiris Donovan pada Persamaan 9
10. Lakukan proses yang berulang seperti pada proses 7 dan 8.

Setelah melakukan analisis perhitungan data, selanjutnya melakukan prosedur pembuatan peta. Pada tahap awal ialah menyimpan file hasil analisis dengan menggunakan word 97– 2003 Dokumen kemudian save. Lalu buka *software* ArcGIS 10.3 kemudian lembar kerja baru masukkan peta dasar Indonesia selanjutnya lakukan *select features* setelah itu pilih wilayah penelitian yang akan digunakan setelah itu export data ok. Lalu input nilai PGA dengan mengubah Z file jadi maksimum. Pilih *Arc Toolbox* kemudian pilih *Spatial Analyst Tools* lalu *Interpolation*, *Kriging*, *input sheet event* dan mengubah Z value field menjadi Maksimum kemudian pilih *Environments setting*, *Procesing Extant*, *Same as layer eksport output*. Lakukan *Raster analysis*, *Mask Export ouput* kemudian pilih ok. Mengatur layout peta seperti legenda dan lain lainnya sesuai dengan keinginan.

2.5 Bagan Alir Penelitian

