

**REALISASI PROGRAM BERBASIS MATLAB UNTUK MENENTUKAN
PARAMETER FISIS GEMPA BUMI STUDI KASUS: GEMPA
SUMATERA**

(Skripsi)

Oleh

NURFAIZ FATHURRAHMAN YASIEN

1715051040



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2023**

**REALISASI PROGRAM BERBASIS MATLAB UNTUK MENENTUKAN
PARAMETER FISIS GEMPA BUMI STUDI KASUS: GEMPA
SUMATERA**

Oleh

NURFAIZ FATHURRAHMAN YASIEN

Skripsi

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

Pada

**Jurusan Teknik Geofisika
Fakultas Teknik Universitas Lampung**



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2023**

ABSTRAK

REALISASI PROGRAM BERBASIS MATLAB UNTUK MENENTUKAN PARAMETER FISIS GEMPA BUMI STUDI KASUS: GEMPA SUMATERA

Oleh

Nurfaiz Fathurrahman Yasien

Gempa bumi adalah peristiwa bergetarnya bumi akibat adanya pelepasan energi didalam bumi. Parameter sumber gempa bumi diantaranya adalah waktu terjadi gempa (*origin time*), episenter, hiposenter, dan magnitudo. Hiposenter merupakan salah satu parameter gempa yang sangat penting. Dari informasi hiposenter dapat diperkirakan penyebab terjadinya gempa disuatu daerah. Hiposenter dapat ditentukan secara manual maupun menggunakan program komputer. Dalam penelitian ini, dalam menentukan hiposenter digunakan metode *Grid Search 3 Dimensi* dengan menggunakan perangkat lunak *MATLAB*. Metode *Grid Search* dilakukan dengan membuat sebuah area *grid* yang diduga sebagai pusat gempa bumi, titik *grid* dengan nilai eror terkecil diduga sebagai sumber gempa bumi. Pada penelitian ini menggunakan 1 *event* gempa bumi dan 5 stasiun pencatat mendapatkan hasil posisi hiposenter pada lintang 2.4432° LU dan 99.4542° BT dengan kedalaman 11.4959 km dan waktu terjadi gempa pada pukul 19:28:38. Hasil tersebut dibandingkan dengan data gempa bumi yang disediakan oleh IRIS, sehingga didapatkan selisih sebesar 0.3601° LU dan 0.5413° BT dengan selisih kedalaman sebesar 1.6191 km dan selisih waktu terjadinya gempa selama 1 detik.

Kata kunci: gempa bumi, hiposenter, *matlab*, *grid search*, IRIS

ABSTRACT

REALIZATION OF MATLAB-BASED PROGRAM FOR DETERMINING EARTHQUAKE PHYSICAL PARAMETERS CASE STUDY: SUMATRA EARTHQUAKE

By

Nurfaiz Fathurrahman Yasien

An earthquake is an event in which the Earth shakes due to the release of energy within the Earth. Some of the earthquake source parameters include the occurrence time (origin time), epicenter, hypocenter, and magnitude. The hypocenter is a crucial earthquake parameter. From hypocenter information, the cause of an earthquake in a particular area can be estimated. The hypocenter can be determined manually or using computer programs. In this research, the 3-Dimensional Grid Search method is employed to determine the hypocenter using MATLAB software. The Grid Search method involves creating a grid area suspected to be the epicenter, and the grid point with the smallest error value is considered as the source of the earthquake. In this study, one earthquake event and five recording stations were used to obtain the hypocenter position at latitude 2.4432° N and longitude 99.4542° E, with a depth of 11.4959 km, and the earthquake occurred at 19:28:38. These results were compared with earthquake data provided by IRIS, revealing a difference of 0.3601° N in latitude and 0.5413° E in longitude, with a depth difference of 1.6191 km and a time difference of 1 second for the occurrence of the earthquake.

Keywords: earthquake, hypocenter, matlab, grid search, IRIS

Judul Skripsi

: **REALISASI PROGRAM BERBASIS MATLAB
UNTUK MENENTUKAN PARAMETER FISIS
GEMPA BUMI STUDI KASUS: GEMPA
SUMATERA**

Nama Mahasiswa

: **Nurfaiz Fathurrahman Yasien**

Nomor Pokok Mahasiswa : 1715051040

Program Studi

: Teknik Geofisika

Fakultas

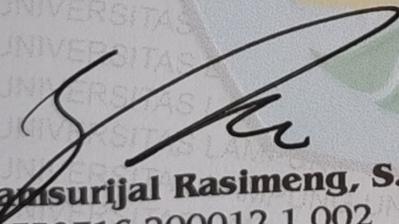
: Teknik

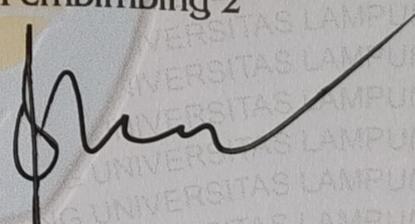
MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing

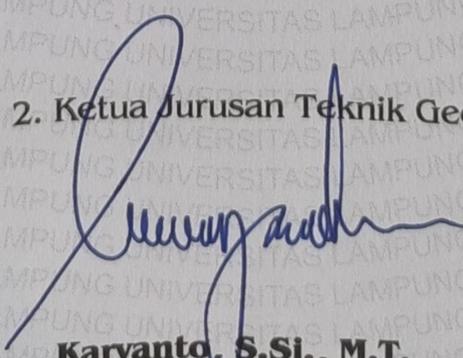
Pembimbing 1

Pembimbing 2


Ir. Syamsurijal Rasimeng, S.Si., M.Si.
NIP 19730716 200012 1 002


Dr. Alimuddin, S.Si., M.Si.
NIP 19720626 200012 1 001

2. Ketua Jurusan Teknik Geofisika


Karyanto, S.Si., M.T.
NIP 19691230 199802 1 001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua

: **Ir. Syamsurijal Rasimeng, S.Si., M.Si.**

Sekretaris

: **Dr. Alimuddin, S.Si., M.Si.**

Anggota

: **Dr. Ir. Nandi Haerudin, S.Si., M.Si., IPM.**

2. Dekan Fakultas Teknik

Dr. Eng. Ir. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc.

NIP 19750928 200112 1 002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **31 Mei 2023**

PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa skripsi yang saya tulis ini bukan merupakan karya dari orang lain melainkan berdasarkan pemikiran saya sendiri, sebagai syarat memperoleh gelar sarjana. Adapun kutipan tertentu dalam penulisan skripsi ini terdapat karya atau pendapat orang lain yang ditulis menurut sumbernya sebagaimana disebutkan dalam daftar pustaka secara jelas sesuai dengan norma, kaidah, dan etika penulisan.

Apabila pernyataan ini tidak benar maka saya bersedia dikenakan sanksi sesuai dengan hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, Juni 2023



Nurfaiz
Nurfaiz Fathurrahman Yasien
1715051040

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Kabupaten Subang, Jawa Barat pada tanggal 19 Juni 2000, sebagai anak pertama dari tiga bersaudara, anak dari Bapak Ayub dan Ibu Kurniasih. Penulis beralamat di Dusun Krajan Desa Sukahaji RT 04 / RW 02, Kecamatan Ciasem, Kabupaten Subang, Provinsi Jawa Barat. Penulis beragama Islam dan berkebangsaan Indonesia. Pendidikan yang pernah ditempuh oleh penulis yaitu Sekolah Dasar di MI Ash-Sholahiyah di Kecamatan Banyusari, Karawang, diselesaikan tahun 2011, pendidikan Sekolah Menengah Pertama di MTs Libaasut Taqwa Kecamatan Banyusari, Karawang, diselesaikan tahun 2014, dan pendidikan Sekolah Menengah Atas di SMA Negeri 5 Karawang, diselesaikan pada tahun 2017. Kemudian penulis melanjutkan pendidikan kejenjang yang lebih tinggi yaitu dengan menempuh pendidikan di Perguruan Tinggi Negeri Universitas Lampung melalui jalur SBMPTN sebagai penerima beasiswa Bidikmisi.

Pada tahun 2021 penulis melakukan Kerja Praktik di Laboratorium Pengolahan dan Pemodelan Data Geofisika mengenai pembuatan Aplikasi *Filter Windowing* untuk Data HVSR. Pada tahun 2022, penulis melakukan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Pekon Sumbermulyo, Kecamatan Sumberejo, Kabupaten Tanggamus. Hingga pada akhir studi penulis menyelesaikan pendidikan sarjana teknik pada tanggal 31 Mei 2023 dengan judul skripsi “**REALISASI PROGRAM BERBASIS MATLAB UNTUK MENENTUKAN PARAMETER FISIS GEMPA BUMI STUDI KASUS: GEMPA SUMATERA**”.

PERSEMBAHAN

Dengan penuh rasa syukur, saya persembahkan skripsi ini kepada:

Allah Subhanahu Wa Ta'ala.

Atas berkat rahmat dan hidayah serta karunia-Nya penulis mampu menyelesaikan skripsi ini.

Kedua Orang Tuaku Tercinta

Bapak Ayub M. Yasien

Ibu Kurniasih

Terima kasih atas semua doa-doa yang tak henti dipanjatkan, atas kasih sayang yang tak henti dicurahkan, atas segala pengorbanan yang dilakukan, atas Ridha yang diberikan.

Keluarga Besar Bani Wasdi dan Bani Yasien

Terima kasih atas doa-doa, ridha, kasih sayang serta dukungan yang tak henti-hentinya diberikan.

Adik-adik Tersayang

Athaya Zulfa Zein Yasien

Keiysa Rifqa Labiba Yasien

Terima kasih karena telah menjadi penyemangat dalam melanjutkan impian.

Teknik Geofisika Universitas Lampung 2017

Terima kasih atas semua yang telah kalian berikan untuk Saya dan atas semua yang telah kalian terima dari Saya.

MOTTO

“Tidak ada kesuksesan tanpa kerja keras. Tidak ada keberhasilan tanpa kebersamaan. Tidak ada kemudahan tanpa doa”

“Be yourself, and never surrender”

“Don't do your best, but give your best!”

Nurfaiz Fathurrahman Yasien

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis haturkan atas kehadiran Allah SWT, karena berkat rahmat dan hidayah-Nya penyusunan Skripsi dengan judul “**REALISASI PROGRAM BERBASIS MATLAB UNTUK MENENTUKAN PARAMETER FISIS GEMPA BUMI STUDI KASUS: GEMPA SUMATERA**” telah selesai dengan sebaik-baiknya. Terima kasih penulis sampaikan kepada semua pihak yang telah terlibat secara langsung maupun tidak langsung dalam penyusunan skripsi ini. Penulis pun menyadari mungkin masih terdapat kekurangan di dalam penulisan Skripsi ini, sehingga sangat diharapkan kritik dan saran yang membangun. Semoga semua yang tertulis di dalam laporan ini dapat memberikan manfaat kepada siapa pun, baik kalangan umum maupun akademisi untuk kemajuan ilmu pengetahuan.

Bandar Lampung, Juni 2023

Penulis,

Nurfaiz Fathurrahman Yasien

SANWACANA

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT. yang senantiasa memberikan pertolongan, berkat, dan kemurahan-Nya kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan Skripsi ini. Skripsi ini berjudul **“REALISASI PROGRAM BERBASIS MATLAB UNTUK MENENTUKAN PARAMETER FISIS GEMPA BUMI STUDI KASUS: GEMPA SUMATERA”**. terselesaikannya penyusunan Skripsi ini tidak lepas dari bantuan dan kerja sama berbagai pihak. Penulis mengucapkan banyak-banyak terima kasih kepada:

1. Keluarga besar Bani Wasdi dan Bani Yasien yang selalu senantiasa mendukung penulis sehingga dapat menyelesaikan penyusunan skripsi ini.
2. Bapak Karyanto, S.Si., M.T. selaku ketua Jurusan Teknik Geofisika Universitas Lampung.
3. Bapak Ir. Syamsurijal Rasimeng S.Si, M.Si. selaku dosen pembimbing pertama.
4. Bapak Dr. Alimuddin, S.Si. M.Si selaku dosen pembimbing kedua sekaligus sebagai pembimbing akademik.
5. Bapak Dr. Ir. Nandi Haerudin, S.Si, M.Si., IPM. selaku dosen penguji Tugas Akhir.
6. Dosen-dosen Jurusan Teknik Geofisika Universitas Lampung yang saya hormati, terima kasih untuk semua ilmu yang diberikan.
7. Ayah-ku tercinta, Mama-ku tersayang yang selalu memberikan doa, semangat dan dukungan dalam bentuk apapun.
8. Kedua orang tua tercinta serta adik tersayang yang selalu menjadi kebanggaan hidup penulis Bapak Ayub, Ibu Kurniasih, teteh Zulfa, dan dede Echa.

9. Teman-teman Srigala Terakhir, Nico, Madi, Baho, Fajri, Bagus, Bima, Ito, Tajar, Fathur, Ryas, Gede, Adief, Baco yang selalu menemani dan membantu penulis untuk menyelesaikan skripsi ini.
10. Teman-teman Teknik Geofisika 2017 yang telah memberikan motivasi dan membantu dalam penyusunan skripsi ini.
11. Serta semua pihak yang terlibat, penulis mengucapkan banyak terima kasih.

Demikian skripsi ini disusun dengan sebaik-baiknya, harapan penulis agar skripsi ini dapat berguna bagi pembaca. Dalam penulisan skripsi ini tidak terlepas dari kekurangan, oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun agar menjadi lebih baik lagi kedepannya.

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK	ii
ABSTRACT	iii
PERSETUJUAN	iv
PENGESAHAN	v
PERNYATAAN	vi
RIWAYAT HIDUP	vii
PERSEMBAHAN	viii
MOTTO	ix
KATA PENGANTAR	x
SANWACANA	xi
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL	xvii
I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Tujuan Penelitian	2
1.3. Batasan Masalah	3
1.4. Manfaat Penelitian	3
II. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1. Lokasi Daerah Penelitian	4

2.2. Geologi Regional Daerah Penelitian.....	5
2.3. Tektonik Pulau Sumatera.....	6
2.4. Kegempaan Pulau Sumatera.....	7
III. TEORI DASAR.....	9
3.1. Gempa Bumi.....	9
3.2. Gelombang Seismik.....	10
3.2.1. Gelombang Badan.....	11
3.2.2. Gelombang Permukaan.....	12
3.3. Magnitudo Gempa Bumi.....	13
3.4. Parameter Sumber Gempa Bumi.....	15
3.5. Metode Penentuan Episenter.....	17
3.6. Matlab.....	20
IV. METODOLOGI PENELITIAN.....	21
4.1. Tempat dan Waktu Penelitian.....	21
4.2. Jadwal Kegiatan.....	22
4.3. Alat dan Bahan.....	23
4.4. Prosedur Penelitian.....	23
4.5. Diagram Alir.....	26
4.6. Algoritma Program.....	27
V. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	29
5.1. Data <i>Timeseries</i>	29
5.2. Hasil dan Pembahasan.....	30
VI. KESIMPULAN.....	46
6.1. Kesimpulan.....	46
6.2. Saran.....	46
DAFTAR PUSTAKA	

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Peta daerah penelitian	4
2. Peta geologi regional Pulau Sumatera.....	5
3. Peta tektonik Indonesia	6
4. Peta tektonik lempeng Indo-Australia.....	7
5. Proses terjadinya gempa bumi	9
6. Jenis pergerakan gerakan gelombang seismik di lapisan dan permukaan bumi 11	
7. Penjalaran gelombang primer	12
8. Penjalaran gelombang sekunder.....	12
9. Gelombang <i>Rayleigh</i>	13
10. Gelombang <i>Love</i>	13
11. Diagram Wadati	16
12. Episenter dan hiposenter	17
13. Penentuan episenter metode lingkaran.....	18
14. Penentuan episenter metode <i>geiger</i>	19
15. Perhitungan episenter metode <i>gird search</i>	20
16. Diagram alir	26
17. Algoritma program.....	28
18. Data penelitian yang digunakan	29
19 Perbandingan data manual dengan program.	30
20. Tampilan awal program	31
21. Pembatasan stasiun gempa bumi.....	32
22. Jendela pengunduhan data	33
23. Hasil <i>picking</i> pada stasiun COCO.....	34

24. Hasil <i>picking</i> pada stasiun PALK	34
25. Hasil <i>picking</i> pada stasiun KAPI.....	35
26. Hasil <i>picking</i> pada stasiun QIZ	35
27. Hasil <i>picking</i> pada stasiun CHTO	36
28. Plot T_p vs $T_s - T_p$	37
29. Plot T_p vs $T_p - T_s$ pada Excel.....	38
30. Perhitungan hiposenter secara regional menggunakan metode <i>Grid Search</i> ..	39
31. Iterasi ke-2 perhitungan <i>Grid Search</i>	40
32. Iterasi ke-3 perhitungan <i>Grid Search</i>	40
33. Iterasi ke-4 perhitungan <i>Grid Search</i>	41
34. Iterasi ke-5 perhitungan <i>Grid Search</i>	41
35. Posisi hiposenter gempa bumi hasil perhitungan <i>Grid Search</i>	42
36. Posisi hiposenter gempa bumi hasil perhitungan <i>Grid Search</i> tampak samping	42
37. Posisi hiposenter gempa bumi hasil perhitungan <i>Grid Search</i> tampak atas ...	43
38. RMS error setiap iterasi	43
39. Peta lokasi hiposenter.....	45

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Jadwal kegiatan penelitian	22
2. Data stasiun gempa yang digunakan	23
3. Parameter pengunduhan data	32
4. Tabel perhitungan waktu tiba gelombang	37
5. Tabel perbandingan posisi hiposenter IRIS dengan relokasi	44

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Kepulauan Indonesia terletak diantara pertemuan 3 lempeng utama dunia yaitu lempeng Australia, Eurasia, dan Pasifik. Lempeng Eurasia dan Australia bertumbukan di lepas pantai barat Pulau Sumatera, lepas pantai selatan pulau Jawa, lepas pantai Selatan kepulauan Nusa Tenggara, dan berbelok ke arah utara ke perairan Maluku sebelah selatan. Antara lempeng Australia dan lempeng Pasifik bertumbukan di sekitar Papua. Sementara itu, ketiga lempeng tersebut bertemu di sekitar Sulawesi. Itulah sebabnya pulau-pulau yang berada disekitar pertemuan dari 3 lempeng tersebut sering terjadi bencana gempa bumi (Murtianto, 2010).

Pulau Sumatera merupakan salah satu wilayah yang mempunyai tatanan tektonik yang cukup unik karena Pulau Sumatera memiliki dua kondisi geologi yang mempengaruhi aktivitas seismik dan kondisi tektonik di Pulau Sumatera, yaitu zona subduksi dan zona sesar Sumatera. Kedua zona tersebut yang menyebabkan pulau Sumatera sangat rawan terhadap bencana gempa bumi.

Gempa bumi adalah getaran bumi. Gempa bumi dapat terjadi oleh peristiwa tanah longsor, benturan meteorit, letusan gunung api, ledakan bom, dan banyak penyebab lainnya. Namun umumnya mereka disebabkan oleh gerakan mendadak kerak Bumi di sepanjang bidang patahan (Abott, 2004). Patahan adalah retakan pada bumi yang membatasi antara dua blok batuan ketika mengalami pergeseran terhadap batuan lainnya. Pergerakan itu dapat dipicu karena batuan mendapatkan tekanan tektonis oleh interaksi dari lempeng-lempeng litosfer, sedikit demi sedikit terakumulasi hingga gaya *stress* tersebut menjadi semakin besar dan mampu menggeser batuan di sepanjang bidang patahan. Pergeseran tersebut terjadi secara

tiba-tiba, menghempaskan gelombang kejutnya ke segala arah yang kemudian dikenal sebagai peristiwa gempa bumi (Husein, 2016).

Hiposenter merupakan salah satu parameter yang sangat penting di dalam bidang seismik. Berdasarkan informasi dari hiposenter dapat diperkirakan penyebab terjadinya gempa pada suatu daerah yang dapat berupa aktivitas tektonik seperti sesar atau aktivitas vulkanik. Untuk menentukan hiposenter dapat menggunakan beberapa metode, diantaranya metode untuk penentuan hiposenter dapat menggunakan metode inversi dan metode *Grid Search*.

Penentuan lokasi hiposenter gempa bumi telah banyak diterapkan dan dikembangkan melalui berbagai macam metode. Salah satu diantaranya yaitu menggunakan metode *Grid Search*. Metode *Grid Search* merupakan pengembangan dari solusi inversi non-linier dengan menggunakan pendekatan global.

Matlab adalah bahasa pemrograman yang dikhususkan untuk pemrograman, komputasi numerik dan visualisasi. Penelitian ini menggunakan *software* matlab untuk pengolahan data gempa bumi.

Wibisono dkk (2021) telah melakukan penelitian tentang penentuan episenter dan hiposenter gempa bumi di daerah Antelope Valley, California dengan hasil yang didapatkan posisi hiposenter relokasi berada pada lintang $38,627^{\circ}$ LU, bujur $119,788^{\circ}$ BB dan kedalaman 18 Km. Sedangkan berdasarkan data USGS, hiposenter gempa berada pada lintang $38,508^{\circ}$ LU, bujur $119,500^{\circ}$ BB dan kedalaman 7,5 km.

1.2. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Membuat program berbasis *matlab* untuk menentukan parameter fisis gempa bumi.
2. Menerapkan program tersebut pada kasus kegempaan di wilayah Sumatera.

1.3. Batasan Masalah

Dalam pelaksanaan penelitian tugas akhir ini terbatas pada data yang digunakan merupakan data gempa bumi yang diunduh pada situs *IRIS* untuk menentukan parameter fisis gempa bumi menggunakan *Matlab* menggunakan metode *Grid Search* dengan hasil *error* terkecil.

1.4. Manfaat Penelitian

Diharapkan program yang dibuat dalam penelitian ini dapat memberikan informasi yang relevan mengenai peristiwa gempa bumi yang terjadi di daerah Sumatera.

II. TINJAUAN PUSTAKA

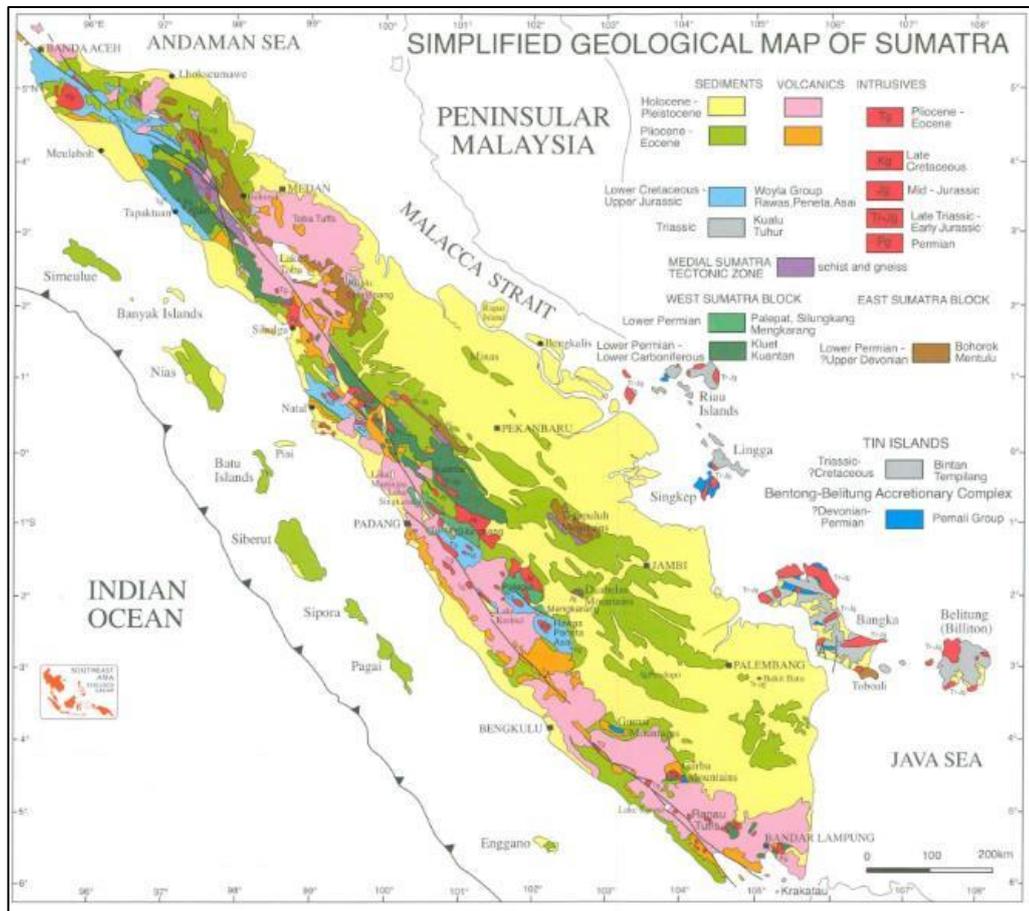
2.1. Lokasi Daerah Penelitian

Lokasi penelitian yang ditunjukkan pada **Gambar 1** terletak pada wilayah Sumatera dengan koordinat $6^{\circ}0'0''$ LU- $6^{\circ}0'0''$ LS dan $95^{\circ}0'0''$ BT- $107^{\circ}0'0''$ BT yang ditandai dengan kotak berwarna kuning. Secara geografis bagian utara berbatasan dengan Teluk Benggala, Malaysia dan Singapura. Bagian selatan berbatasan dengan Selat Sunda dan Kepulauan Mentawai. Bagian timur berbatasan dengan Selat Malaka dan Pulau Kalimantan, sedangkan bagian barat berbatasan dengan Samudra Hindia dan India.



Gambar 1. Peta daerah penelitian

2.2. Geologi Regional Daerah Penelitian



Gambar 2. Peta geologi regional Pulau Sumatera (modifikasi dari Stephenson dan Aspden, 1982)

Pulau Sumatera terletak di lempeng benua Eurasia yang ditekan ke arah utara oleh lempeng Indo-Australia dengan kecepatan 7,1 cm/tahun. Lempeng Indo Australia menyusup masuk ke lempeng Eurasia dengan sudut lebih kurang 45°. Penyusupan itulah yang menyebabkan terbentuknya gugusan Pegunungan Bukit Barisan di sepanjang Pulau Sumatera. Di samping itu, sejajar dengan Bukit Barisan terbentuk pula Sumatera *Fault System* atau lebih dikenal dengan Patahan Semangko, karena berawal dari Teluk Semangko.

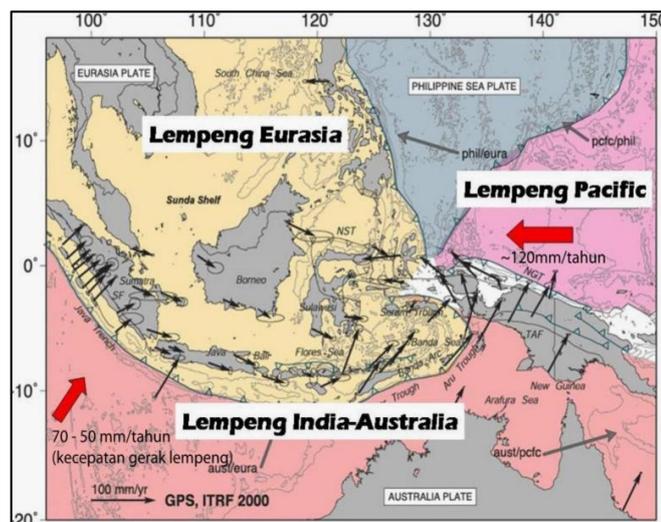
Di sepanjang pantai barat Sumatera sampai ke Patahan Semangko di punggung Bukit Barisan hingga sepanjang Pulau Sumatera merupakan kawasan

gempa bumi yang sangat aktif dan telah banyak memakan korban harta benda maupun nyawa manusia.

2.3. Tektonik Pulau Sumatera

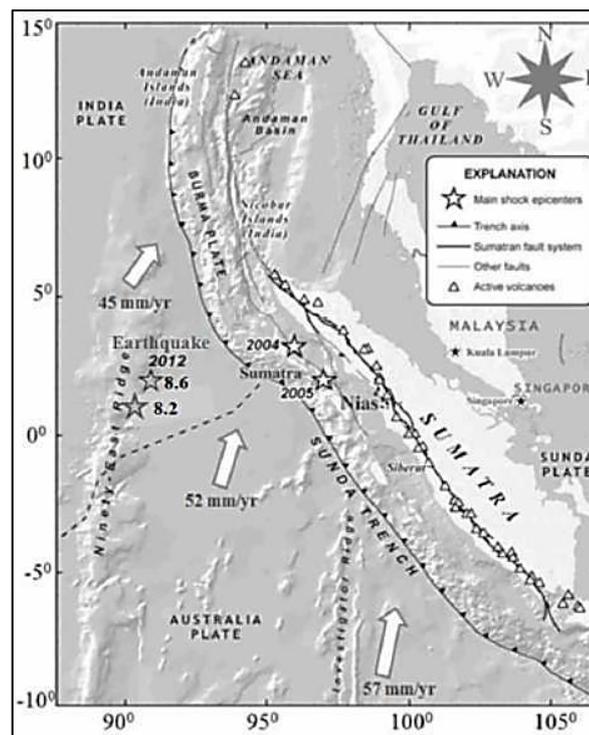
Pulau Sumatera terletak pada daerah zona tektonik aktif. Selain ditunjukkan oleh adanya zona penunjaman lempeng di bagian barat pulau, juga terdapat jalur sesar aktif dan rentetan gunung api aktif dari ujung utara Pulau Sumatera sampai daerah Selat Sunda. Pulau Sumatera terpotong oleh sesar aktif Sumatera (Semangko) dan merupakan sesar aktif terpanjang yang terdapat di Indonesia. Daerah sepanjang sesar ini merupakan daerah yang lemah dan rawan gempa. Tektonik di Sumatera terbentuk oleh Lempeng Samudra Hindia yang menunjam dari arah barat atau barat daya ke dalam Pulau Sumatera di bagian timur. Secara umum kondisi Sumatera terbentuk oleh deretan kepulauan lepas di sebelah baratnya (Pulau Mentawai, Pulau Nias dan sebagainya) yang tersusun oleh batuan sedimen (Naryanto, 1997).

Penyusupan lempeng benua membentuk sistem busur subduksi Sumatera. Lempeng benua tersebut berumur tua dan juga tebal meliputi busur vulkanik, kapur dan tersier. Di sepanjang pantai barat Sumatera inilah merupakan jalur subduksi. Akibat dari adanya jalur subduksi tersebut menjadikan sebagian besar wilayah Sumatera ini khususnya Sumatera bagian Selatan sangat rentan terhadap adanya bahaya bencana alam gempa bumi. Peta tektonik kepulauan Indonesia ditunjukkan pada **Gambar 3**.



Gambar 3. Peta tektonik Indonesia (Irsyam, dkk., 2010)

Akibat tumbukan lempeng terbentuklah patahan-patahan di Sumatera yang disebut Sesar Sumatera dan juga Sesar Mentawai. Sesar besar yang memanjang dari utara Pulau Sumatera (Aceh) sampai Selat Sunda di sebelah selatan, disebut sebagai Sesar Sumatera, atau Sesar Semangko. Panjang dari sesar tersebut mencapai 1650 km, dan merupakan salah satu sesar terpanjang di Indonesia. Sesar Sumatera merupakan sesar aktif jenis *transcurrent* dengan gerakan geser kanan (Naryanto, 1997). Sedangkan Sesar Mentawai yang terletak dilaut berada di antara cekungan muka dan zona prismatic akresi di bagian barat Pulau Sumatera (Hidayati dkk., 2010). Sesar Sumatera memiliki aktivitas yang cukup tinggi, sementara itu aktivitas pada Sesar Mentawai hanya sebagiannya saja yang memiliki aktivitas yang cukup tinggi (Mustafa, 2010). Pertemuan antara Lempeng India dan Lempeng Australia terus bergerak dengan kecepatan relatif (45 mm/tahun, 52 mm/tahun, dan 57 mm/tahun (McCaffrey, 2009) yang ditunjukkan pada **Gambar 4**.



Gambar 4. Peta tektonik lempeng Indo-Australia (McCaffrey, 2009)

2.4. Kegempaan Pulau Sumatera

Di daerah lingkungan tektonik lempeng, kegempaan di Sumatera dapat dibagi menjadi dua zona tektonik utama, penunjaman kerak samudra dan tepian kerak

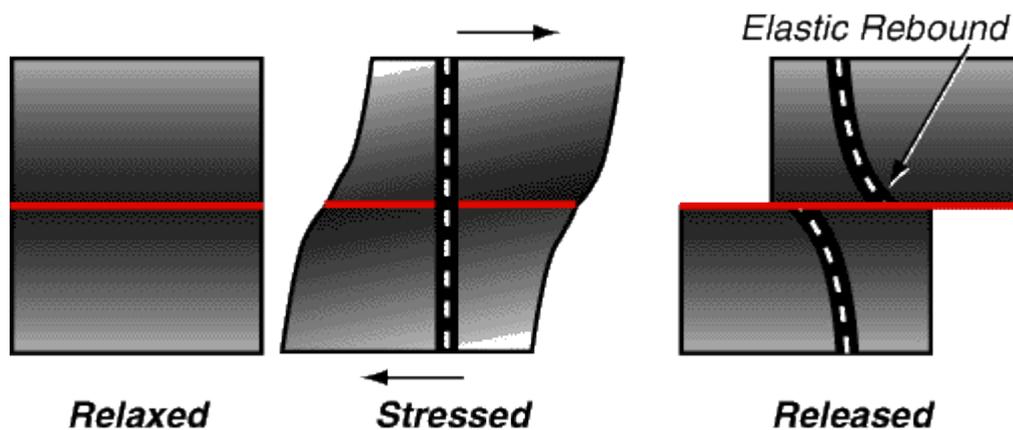
samudra. Aktivitas kegempaan pada Sesar Sumatra pada kedalaman dangkal kurang dari 30 km. Gempa yang terjadi di Sumatera tidak bisa dipisahkan dengan Sesar Sumatra. Sesar tersebut merupakan zona yang lemah, sehingga mudah mengalami geser apabila terjadi suatu guncangan. Gempa yang paling banyak terjadi mempunyai episenter di perairan laut barat Sumatera. Di Sumatera bagian utara gempa dengan skala $6 \leq M \leq 6,9$ banyak terjadi di daratan. Gempa di Sumatera paling banyak terjadi di bagian selatan dan Selat Sunda (Naryanto, 1997).

Berdasarkan data yang dikumpulkan oleh BMKG, selama periode tahun 2009 hingga tahun 2018 telah terjadi sekitar 5937 gempa yang mengguncang pulau Sumatera, dan 36% diantaranya termasuk dalam gempa berkekuatan besar. Selain itu, selama 20 tahun terakhir menunjukkan bahwa gempa dengan skala besar sering terjadi di pulau Sumatera. Beberapa gempa skala besar yang menimbulkan kerusakan bahkan menelan korban jiwa yaitu gempa Mentawai yang terjadi pada tahun 2010 dengan kekuatan gempa 7.7 M, gempa Nias yang terjadi pada tahun 2005 dengan kekuatan 8.6 M, dan gempa Aceh pada tahun 2004 yang menelan korban jiwa sebanyak 250.000 dan memicu terjadinya gempa dan tsunami di beberapa negara tetangga yaitu Thailand, Sri Lanka, dan India (Metrikasari dan Choiruddin, 2020).

III. TEORI DASAR

3.1. Gempa Bumi

Gempa bumi adalah peristiwa bergetarnya bumi yang diakibatkan oleh pelepasan energi di dalam bumi yang terjadi secara tiba-tiba yang ditandai dengan adanya patahan pada lapisan batuan di kerak bumi yang disebabkan oleh adanya deformasi batuan. Deformasi batuan sendiri diakibatkan oleh adanya tekanan dan tarikan secara terus menerus pada lapisan bumi sehingga terjadi pengumpulan energi dan pada suatu saat batuan tersebut tidak mampu lagi menahan pergerakan tersebut dan terjadilah pelepasan energi yang disebut dengan gempa bumi. Akumulasi energi penyebab terjadinya gempa bumi tersebut dihasilkan oleh adanya gerakan pada lempeng-lempeng tektonik. Energi ini kemudian dipancarkan ke segala arah yang berupa gelombang gempa sehingga efeknya dapat dirasakan sampai ke permukaan bumi. Semakin besar energi yang dilepaskan maka semakin kuat gempa bumi yang terjadi (Sunarjo, 2012).



Gambar 5. Proses terjadinya gempa bumi (Adzkie, 2010)

Menurut Fulki (2011) gempa bumi adalah gejala alam yang disebabkan oleh pelepasan energi regangan elastis batuan yang disebabkan oleh deformasi batuan yang berada di litosfer. Gempa bumi juga salah satu hal yang dapat memunculkan penjalaran gelombang seismik. Dalam deformasi batuan terdapat adanya tarikan (*strain*) dan tekanan (*stress*) pada lapisan bumi. Pada tarikan ataupun tekanan yang terjadi secara terus menerus menyebabkan batuan mencapai batas maksimum dan mulai terjadi pergeseran dan kemudian terjadi patahan secara tiba – tiba. Energi *stress* yang tersimpan kemudian akan dilepaskan dalam bentuk getaran yang biasa disebut gempa bumi.

Gempa bumi dapat diklasifikasikan berdasarkan sumber terjadinya, sebagai berikut:

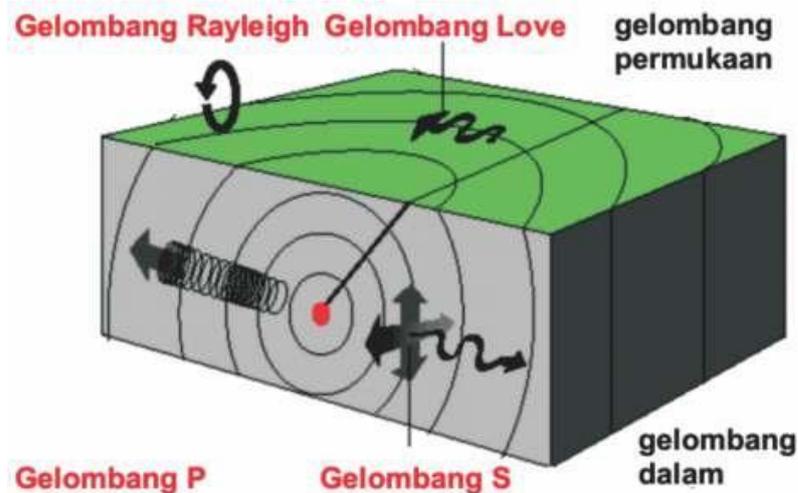
- a. Gempa bumi runtuh (*Collapse Earthquake*) merupakan gempa bumi yang disebabkan karena runtuhnya lubang yang berada di dalam bumi, seperti gua, tambang dan sebagainya.
- b. Gempa vulkanik (*Volcanic Earthquake*) merupakan gempa bumi yang berasal dari aktivitas gunung api yang menyebabkan magma bergerak ke luar.
- c. Gempa tektonik (*Tectonic Earthquake*) merupakan gempa bumi yang disebabkan oleh aktivitas lempeng tektonik karena perlipatan kerak bumi, pembentukan pegunungan dan sebagainya.
- d. Gempa buatan (*Artificial Earthquake*) merupakan gempa bumi yang disebabkan oleh adanya aktivitas manusia.

(Ibrahim dan Subardjo, 2005)

3.2. Gelombang Seismik

Gelombang seismik merupakan gelombang-gelombang yang merambat di dalam bumi dan di permukaan bumi. Gelombang seismik berasal dari suatu sumber seismik, misalkan gempa, ledakan (proses kimia atau nuklir), erupsi gunung api, dan longsor. Getaran gempa menimbulkan gelombang gempa bumi yang menjalar ke seluruh lapisan bumi. Gelombang seismik secara ringkas dapat dijelaskan terdiri dari 2 jenis, yaitu gelombang yang merambat di permukaan (*surface waves*) dan di kedalaman interior (*body waves*) (Haerudin dkk, 2019).

Berdasarkan teori elastisitas dan deformasi elemen medium serta konsep *displacement* potensial, maka pada media homogen isotropik, transfer energi dapat di transmisikan dalam dua tipe dengan kecepatan penjalaran yang berbeda, tergantung pada konstanta-konstanta elastik media yang dilewatinya. Disamping itu, transfer energi dapat terjadi baik melalui media perlapisan didalam bumi maupun melalui media perlapisan di permukaan bumi (Telford dkk, 1976).



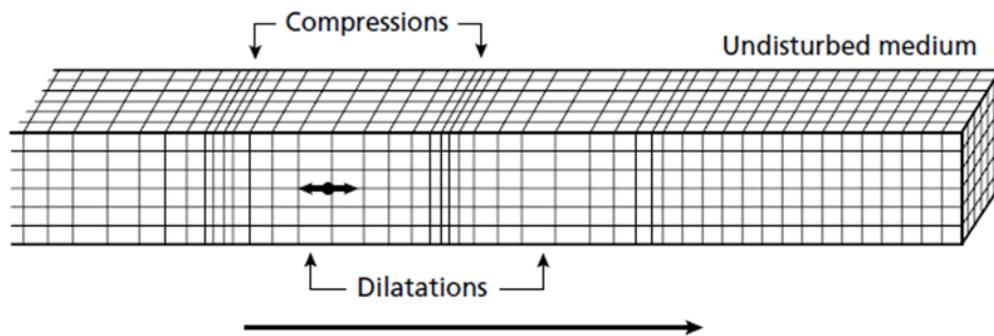
Gambar 6. Jenis pergerakan gerakan gelombang seismik di lapisan dan permukaan bumi (Sunarjo dkk, 2012).

3.2.1. Gelombang Badan

Gelombang badan atau *body waves* mempunyai dua macam gelombang, yakni gelombang P (*primary/longitudinal*) dan S (*secondary/transversal*). Gelombang P merupakan gelombang primer yang merambat lebih cepat dan datang pertama kali serta lebih tajam (kandungan frekuensinya lebih tinggi). Kecepatan gelombang P dalam kerak bumi sekitar 1.8 sampai 7 km/detik, dan periodenya terletak antara 5 sampai 10 ms. Sedangkan tipe gelombang yang kedua, yaitu gelombang S yang merupakan gelombang transversal/sekunder, dimana gelombang ini datang setelah gelombang P dan ditandai dengan amplitudo yang lebih besar dari gelombang P dan kandungan frekuensinya lebih rendah, periodenya berkisar antara 11 sampai 13 ms (Haerudin dkk, 2019).

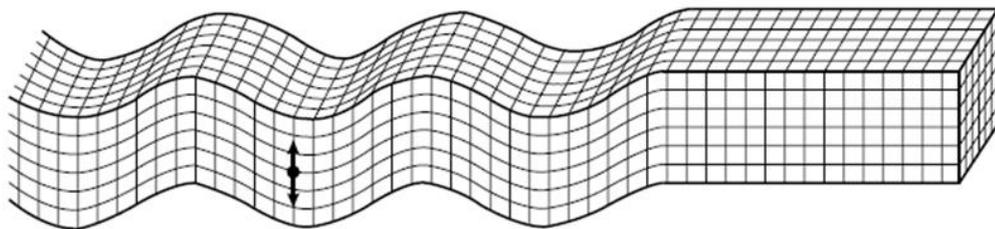
Gelombang Primer disebut juga gelombang kompresi, gelombang longitudinal, gelombang dilatasi atau gelombang irotasional. Gelombang ini

menginduksi gerakan partikel media dalam arah paralel terhadap arah penjarangan gelombang.



Gambar 7. Penjarangan gelombang primer (Kearey dkk, 2002).

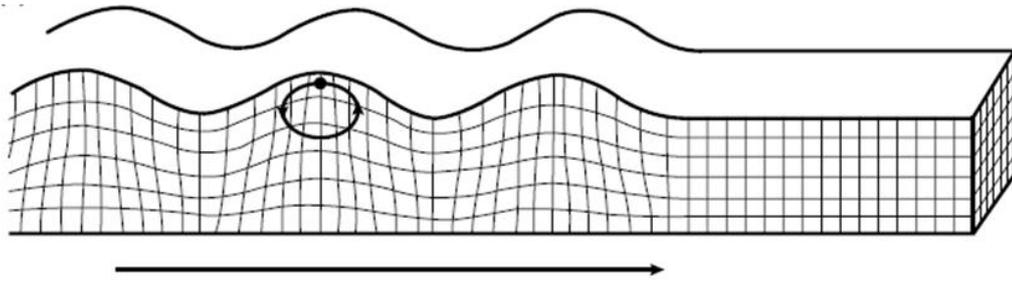
Gelombang S disebut juga sebagai gelombang *shear*, gelombang transversal, atau gelombang rotasi. Gelombang ini menyebabkan gerakan partikel media dalam arah *tangensial* terhadap arah penjarangan gelombang.



Gambar 8. Penjarangan gelombang sekunder (Kearey dkk, 2002).

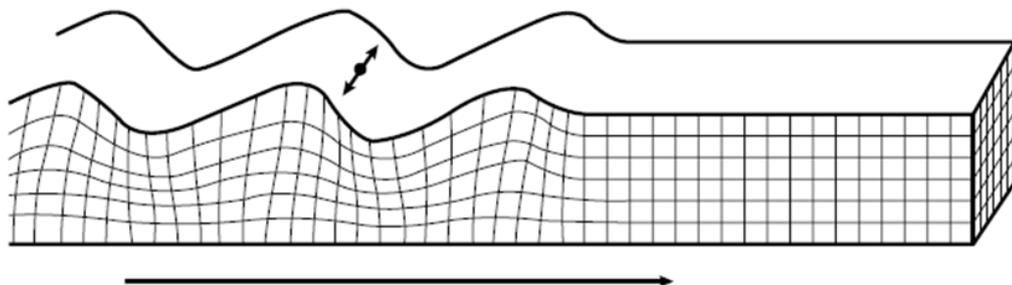
3.2.2. Gelombang Permukaan

Gelombang permukaan merupakan salah satu gelombang seismik. Gelombang ini ada pada batas permukaan medium. Jenis dari gelombang permukaan ada dua yaitu gelombang Rayleigh dan gelombang Love. Gelombang Rayleigh yang ditunjukkan oleh **Gambar 9** merupakan gelombang permukaan yang gerakan partikel medianya merupakan kombinasi gerakan partikel yang disebabkan oleh gelombang P dan S. Orbit gerakan partikelnya merupakan gerakan eliptis dengan sumbu mayor elips tegak lurus dengan permukaan dan arah penjarannya (Telford dkk, 1976).



Gambar 9. Gelombang Rayleigh (Kearey dkk, 2002).

Gelombang *love* seperti pada **Gambar 10** merupakan gelombang transversal yang arah rambat partikelnya bergetar terhadap arah penjalarannya.



Gambar 10. Gelombang Love (Kearey dkk, 2002).

3.3. Magnitudo Gempa Bumi

Magnitudo gempa adalah ukuran kekuatan gempa yang menyatakan besarnya energi seismik yang dipancarkan oleh sumber gempa. Besaran ini akan berharga sama, meskipun dihitung dari tempat yang berbeda. Konsep “magnitudo gempa bumi” sebagai skala kekuatan relatif hasil dari pengukuran fase amplitudo. Magnitudo dikemukakan pertama kali oleh K.Wadati dan C.Richter sekitar tahun 1930 (Lay dan Terry, 1995).

Suatu harga magnitudo diperoleh sebagai hasil analisis tipe gelombang seismik tertentu (berupa rekaman getaran tanah yang tercatat paling besar) dengan memperhitungkan koreksi jarak stasiun pencatat ke episenter. Skala yang sering digunakan untuk menyatakan magnitudo gempa adalah skala *richter* (*Richter Scale*). Selain skala *richter* ada beberapa magnitudo yang dikenal dalam kajian gempa bumi. Adapun jenis-jenis magnitudo yang umum digunakan yaitu:

a. Magnitudo Lokal (ML)

Richter pertamakali memperkenalkan magnitudo lokal diawal tahun 1960 dengan menggunakan data kejadian gempa bumi di daerah California yang direkam oleh seismograf Woods Anderson. Menurutnya, dengan mengetahui jarak dari episenter ke seismograf, dan mengukur amplitudo maksimum dari sinyal yang tercatat di seismograf dapat dilakukan pendekatan untuk mengetahui besarnya gempa bumi yang terjadi.

b. Magnitudo *Body* (Mb)

Karena keterbatasan penggunaan magnitudo lokal pada jarak tertentu, sehingga dikembangkannya tipe magnitudo baru yang bisa digunakan secara lebih luas. Salah satunya adalah magnitudo *body* (Mb). Tipe magnitudo ini didefinisikan berdasarkan catatan amplitudo dari gelombang P yang menjalar melalui bagian dalam bumi.

c. Magnitudo Permukaan (Ms)

Selain magnitudo *body* dikembangkan pula magnitudo permukaan (Ms). Magnitudo tipe ini didapatkan sebagai hasil pengukuran terhadap gelombang permukaan. Untuk jarak $\Delta > 600$ km seismogram periode panjang dari gempa bumi dangkal didominasi oleh gelombang permukaan. Gelombang ini biasanya mempunyai periode sekitar 20 sekon. Amplitudo gelombang permukaan sangat tergantung pada jarak Δ dan kedalaman sumber gempa bumi. Gempa bumi dalam tidak menghasilkan gelombang permukaan. Sehingga Ms tidak memerlukan koreksi kedalaman.

d. Magnitudo *Moment* (Mw)

Kekuatan gempa bumi sangat berkaitan dengan energi yang dilepaskan oleh sumber gempa bumi. Pelepasan energi ini berbentuk gelombang yang merambat ke permukaan dan bagian dalam bumi. Dalam perambatannya, energi ini mengalami pelemahan karena gangguan dari batuan yang dilewatinya, sehingga energi yang sampai pada stasiun pencatat kurang menggambarkan energi gempa bumi di hiposenter. Berdasarkan teori elastik *rebound* diperkenalkan istilah momen seismik. Momen seismik ini dapat

diestimasi dari dimensi pergeseran bidang sesar atau dari analisis karakteristik gelombang gempa bumi yang direkam di stasiun pencatat.

e. Magnitudo Durasi (MD)

Magnitudo Durasi (*Duration Magnitudo*) adalah fungsi dari total seluruh durasi dari sinyal seismik. Magnitudo durasi sangat berguna dalam kasus sinyal yang memiliki amplitudo yang sangat besar (*off-scale*) yang mengaburkan jangkauan dinamis sistem pencatat, sehingga memungkinkan terjadinya kesalahan pembacaan apabila dilakukan estimasi menggunakan ML.

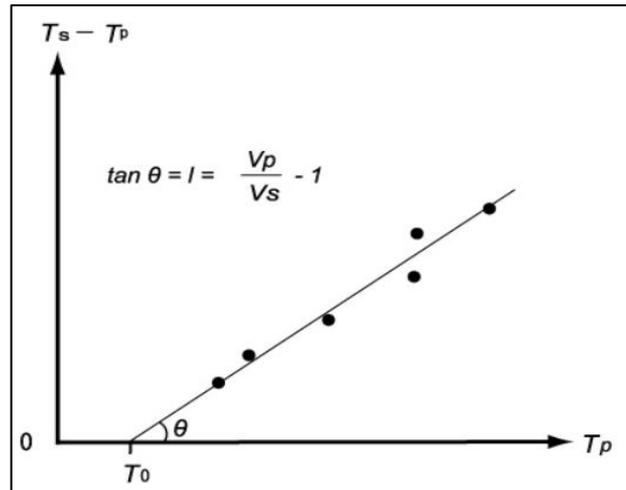
(Lay dan Terry, 1995)

3.4. Parameter Sumber Gempa Bumi

Informasi seismik yang berkaitan dengan kejadian kegempaan dapat berupa rekaman sinyal berbentuk gelombang, yang kemudian diproses secara manual atau non manual akan menjadi data yang kemudian dapat dibaca. Informasi berupa data tersebut selanjutnya akan mengalami proses pengumpulan, pengolahan dan juga analisis sehingga nantinya menjadi suatu parameter gempa bumi. Parameter-parameter gempa bumi tersebut meliputi:

1. Waktu terjadinya gempa (*Origin Time*)

Waktu terjadinya gempa bumi atau *origin time* adalah waktu dimana terjadinya pelepasan energi pertama kali pada lempeng tektonik bumi yang mengalami tekanan akibat tumbukan ataupun gesekan yang dinyatakan dalam hari, tanggal, bulan, tahun, jam, menit, detik dalam satuan UTC (*Universal Time Coordinated*). Pada umumnya, *Origin time* dapat ditentukan menggunakan diagram wadati yaitu pada perpotongan garis T_p ketika $T_s - T_p$ sama dengan nol yang ditunjukkan pada **Gambar 11**.



Gambar 11. Diagram Wadati (Hurukawa, 2008)

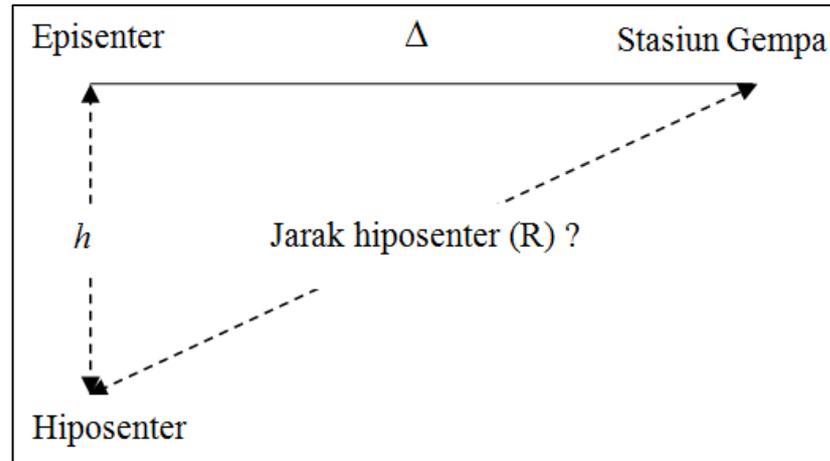
Dimana T_p adalah waktu tiba gelombang P, T_s adalah waktu tiba gelombang S, T_0 adalah *origin time*, V_p adalah kecepatan gelombang P dan V_s adalah kecepatan gelombang S.

2. Episenter

Episenter adalah titik gempa yang berada di permukaan bumi yang berada tepat di atas atau di bawah kejadian lokal yang memengaruhi permukaan bumi. Episenter terletak di atas permukaan bumi, tepat di atas lokasi gempa. Episenter berlawanan dengan hiposenter yang merupakan pusat gempa dan yang terjadi di dalam bumi (Walker dan Wood, 2008).

3. Hiposenter

Hiposenter merupakan fokus gempa atau pusat gempa yang berada didalam bumi. Hiposenter dapat dicari dengan menggunakan gelombang seismik (gelombang primer dan gelombang sekunder). Hiposenter dapat dihasilkan karena adanya tekanan yang berasal dari dalam bumi yang membuat lapisan bumi mengalami pergetaran (Bulo dkk., 2020). Penentuan hiposenter merupakan salah satu parameter gempa bumi yang penting (Kurniawan dan Saputri, 2019). Dalam melakukan penentuan parameter gempa bumi, maka diperlukan ketelitian sehingga dapat menentukan kualitas data yang baik serta memberikan informasi yang akurat kepada masyarakat. Salah satu cara yang digunakan yaitu dengan menentukan hiposenter gempa (Shohaya dkk., 2014).



Gambar 12. Episenter dan hiposenter (Saputri dan Pujiastuti, 2020).

4. Magnitudo

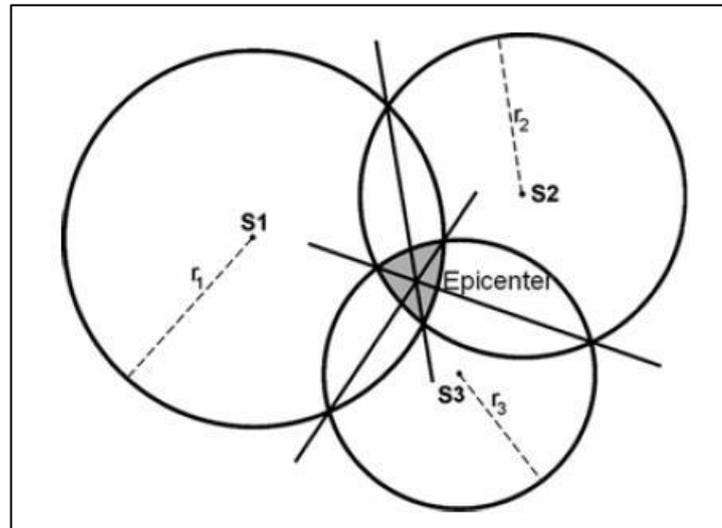
Magnitudo merupakan ukuran kekuatan gempa bumi, yaitu parameter gempa yang mengukur besarnya energi gempa bumi yang dilepaskan dari sumbernya. Jadi pengukuran magnitudo yang dilakukan di berbagai tempat yang berbeda harus menghasilkan nilai yang sama walaupun gempa yang dirasakan di tempat-tempat tersebut tentu berbeda. Magnitudo ini menjadi parameter yang digunakan sebagai tolak ukur kuat atau tidaknya gempa bumi yang terjadi. Satuan magnitudo yang dipakai adalah Skala Richter.

3.5. Metode Penentuan Episenter

Penentuan lokasi sumber gempa bumi memerlukan data waktu tiba gelombang seismik sekurang – kurangnya yaitu 4 data waktu tiba gelombang P. Sedangkan penentuan magnitudo gempa bumi memerlukan pengukuran amplitudo dan periode atau lamanya gelombang tersebut tercatat di suatu stasiun seismik. Selain itu juga diperlukan data posisi (letak koordinat) stasiun pencatat yang digunakan dan model kecepatan gelombang seismik. Episenter gempa dapat di tentukan secara manual menggunakan metode lingkaran, dan juga dapat ditentukan menggunakan program komputer yaitu dengan metode *Geiger* dan *Grid Search*. Metode tersebut dijabarkan sebagai berikut:

1. Metode Lingkaran

Dalam metode lingkaran, data yang digunakan adalah data waktu tiba gelombang P dan S dengan minimal menggunakan tiga stasiun pencatat S_1 , S_2 , dan S_3 yang dapat dibuat masing-masing lingkaran dengan pusat stasiun dan jari r_1 , r_2 , dan r_3 yang ditunjukkan pada **Gambar 13**.



Gambar 13. Penentuan episenter metode lingkaran (Amelia dari Bormann, 2019)

Jarak hiposenter dari masing-masing stasiun dapat dihitung dengan formula Omori:

$$D = k \times T_{sp} \quad (1)$$

Dimana k adalah konstanta Omori dan T_{sp} adalah selisih waktu tiba gelombang P dan S.

$$k = \frac{v_p}{\frac{v_p}{v_s} - 1} \quad (2)$$

Dimana:

V_p : kecepatan gelombang P

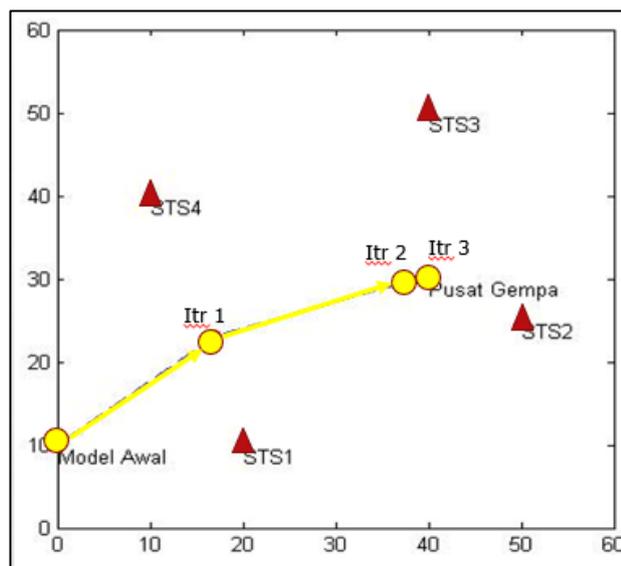
V_s : kecepatan gelombang S

D: Jarak episenter

2. Metode Geiger

Metode geiger membutuhkan data waktu tiba gelombang P dan atau gelombang S. diasumsikan yang digunakan adalah bumi terdiri dari lapisan datar yang homogen isotropik, sehingga ketika waktu tiba gelombang gempa bumi yang diakibatkan pemantulan dan pembiasan untuk setiap lapisan dapat dihitung.

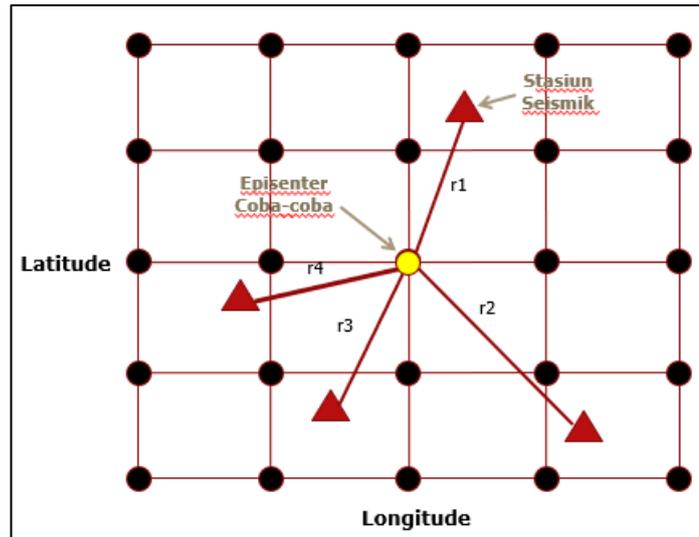
Konsep dasar metode Geiger ini adalah perhitungan waktu tiba gelombang seismik merupakan persamaan non-linier, sehingga tidak bisa dilakukan perhitungan inversi secara langsung. Untuk itu dibutuhkan pendekatan linier dalam menyelesaikan permasalahan Inversi non-linier. Dan juga diperlukan lokasi awal sumber gempa bumi coba-coba yang cukup dekat dengan lokasi sumber gempa bumi sebenarnya.



Gambar 14. Penentuan epsienter metode geiger (Dewi dari BMKG, 2018)

3. Metode *Grid Search*

Metode *Grid Search* dilakukan dengan membuat *grid* dalam ruang di suatu area yang diduga menjadi lokasi sumber gempa bumi. Titik-titik *grid* (ditunjukkan titik warna hitam) adalah hiposenter coba-coba, yang ditunjukkan pada **Gambar 15**. Titik *grid* yang memiliki nilai kesalahan minimum (*minimum error*) merupakan lokasi yang diduga sebagai sumber gempa bumi.



Gambar 15. Perhitungan episenter metode *grid search* (Dewi dari BMKG, 2018)

3.6. Matlab

MATLAB merupakan singkatan dari *Matrix Laboratory*, adalah bahasa pemrograman yang dikembangkan oleh The Mathwork Inc. Bahasa pemrograman ini bersifat *extensible*, yang artinya seorang pengguna dapat menulis fungsi baru untuk ditambahkan pada *library*. *Matlab* mampu menyelesaikan masalah perhitungan dalam bentuk matriks. *Matlab* merupakan perangkat lunak yang digunakan untuk pemrograman, analisis, dan komputasi teknis dan matematis yang berbasis matriks. *Matlab* diperkenalkan oleh Cleve Moler pada tahun 1970, saat itu *matlab* dirancang untuk menyelesaikan masalah persamaan aljabar linear. Seiring berjalannya waktu, program ini terus dikembangkan baik itu dari segi fungsi atau performanya dalam komputasi. Selain itu *matlab* juga dapat diintegrasikan dengan aplikasi dan Bahasa pemrograman eksternal lainnya seperti C, Java, Net, dan Microsoft Excel (Tjolleng, 2017).

IV. METODOLOGI PENELITIAN

4.1. Tempat dan Waktu Penelitian

Tempat dan waktu penelitian ini adalah:

Tempat : Laboratorium Pengolahan dan Pemodelan Data Geofisika,
Jurusan Teknik Geofisika, Fakultas Teknik, Universitas
Lampung

Alamat : Jl. Prof. Dr. Ir. Sumantri Brojonegoro No.1, Gedong Meneng,
Kecamatan Rajabasa, Kota Bandar Lampung, Lampung 35145

Tanggal : 1 Oktober 2022 – 21 Mei 2023

4.2. Jadwal Kegiatan

Adapun jadwal kegiatan penelitian yang dilakukan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

Tabel 1. Jadwal kegiatan penelitian

No	Kegiatan	Okt	Nov	Desember				Jan	Feb	Maret				April	Mei				
				1	2	3	4			1	2	3	4		1	2	3	4	
1	Studi Literatur																		
2	Penyusunan Laporan Usul																		
3	Bimbingan Usul																		
4	Seminar Usul																		
5	Penyusunan Laporan Hasil																		
6	Bimbingan Hasil																		
7	Seminar Hasil																		
8	Bimbingan Komprehensif																		
9	Ujian Komprehensif																		

4.3. Alat dan Bahan

Adapun alat dan bahan yang digunakan selama penelitian berlangsung adalah sebagai berikut:

1. Perangkat Keras

Perangkat keras yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebuah laptop yang digunakan untuk pengolahan data gempa bumi.

2. Perangkat Lunak

Perangkat lunak yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Matlab 2022a* yang digunakan untuk mengolah data gempa bumi.

3. Data Penelitian

Data penelitian yang digunakan merupakan data gempa bumi yang berada di Pulau Sumatera pada tanggal 30 September 2022 yang diunduh dari *Webstie IRIS* dengan rincian data sebagai berikut:

Tabel 2. Data stasiun gempa yang digunakan

Stasiun	Latitude	Longitude	Tanggal	Waktu
COCO	-12.19	96.83	30-Sep-2022	19:30:00-19:42:00
PALK	7.27	80.7	30-Sep-2022	19:30:00-19:42:00
KAPI	-5.01	119.75	30-Sep-2022	19:30:00-19:42:00
QIZ	19.03	109.84	30-Sep-2022	19:30:00-19:42:00
CHTO	18.81	98.94	30-Sep-2022	19:30:00-19:42:00

Sumber: *IRIS Earthquake*

Dari 5 stasiun yang digunakan merupakan stasiun pencatat gempa terdekat dengan lokasi gempa bumi yang memiliki data yang lengkap untuk dilakukan pengolahan. Indonesia sendiri memiliki banyak stasiun yang terdaftar pada IRIS, namun hanya stasiun KAPI saja yang memiliki data yang lengkap dan masih merekam data sampai dengan saat ini.

4.4. Prosedur Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan membuat program menggunakan *matlab*, versi matlab yang digunakan adalah *Matlab 2022a*, dengan tahapan sebagai berikut:

1. Pembuatan Program

Program ini dibuat menggunakan *App Designer* pada perangkat lunak *Matlab R2022a*. Program yang dibuat telah didesain sedemikian rupa untuk memudahkan pengguna saat menggunakan program ini.

2. *Compile* Program

Setelah program selesai dibuat kemudian program di *compile* menggunakan *Matlab Runtime*, sehingga program *matlab* yang telah dibuat menjadi sebuah program *desktop* yang dapat di-*install* seperti program *desktop* pada umumnya, tujuannya agar pengguna yang ingin menggunakan program ini tidak perlu lagi memiliki atau meng-*install matlab* pada perangkat komputer.

3. Menjalankan Program

Program ini terhubung langsung dengan *Web Service* pada situs *IRIS Earthquake*, sehingga memerlukan koneksi internet. Maka dari itu sebelum menjalankan program pastikan terlebih dahulu koneksi internet telah tersedia.

a. Pembatasan Stasiun

Sebelum melakukan pengunduhan data, dilakukan terlebih dahulu pengambilan data stasiun dengan membatasi koordinat stasiun, tahap ini bertujuan untuk memuat stasiun yang ingin digunakan dengan memasukkan koordinat Latitude dan Longitude pada kolom yang tersedia.

b. Pengunduhan Data

Data penelitian ini diunduh dari situs *IRIS Earthquake* pada *Matlab* menggunakan *Web Service* yang telah disediakan, data yang diunduh merupakan data *time series*. Dalam tahap ini beberapa parameter harus diinput, seperti nama stasiun, *network*, *channel*, waktu, dan durasi data yang ingin diambil.

c. *Picking* Waktu Tiba Gelombang P dan S

Tahap ini dilakukan untuk mendapatkan waktu tiba gelombang P dan S yang kemudian digunakan untuk menghitung *origin time* untuk dapat melakukan perhitungan *grid search*.

d. Perhitungan Diagram Wadati

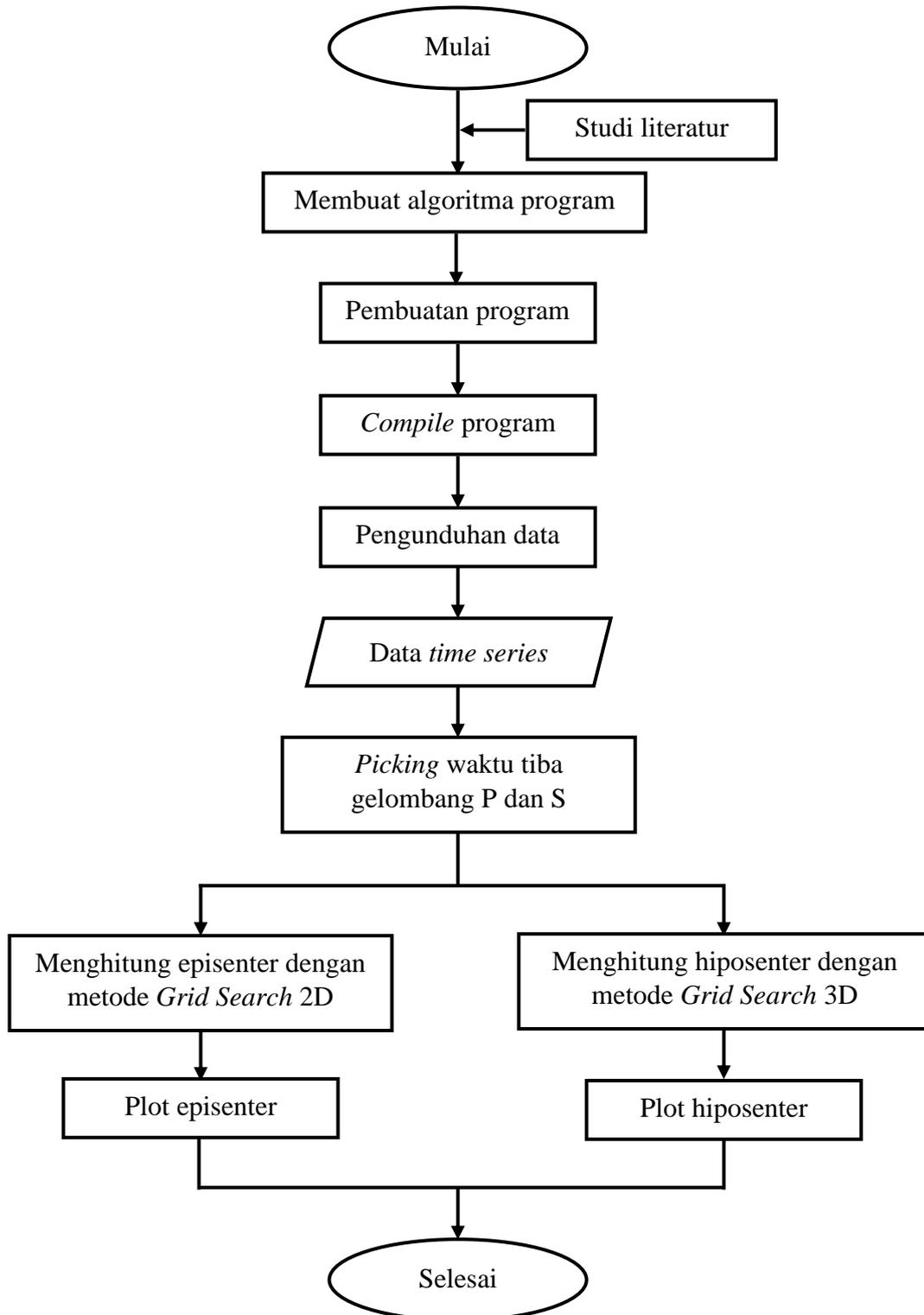
Diagram Wadati merupakan salah satu cara untuk menentukan waktu terjadinya gempa bumi (*origin time*). Diagram Wadati memerlukan data selisih nilai waktu tiba gelombang P dan S yang didapatkan dari hasil *picking* serta mengasumsikan bahwa bumi merupakan medium yang homogen.

e. Menghitung Hiposenter

Dalam penelitian ini untuk menghitung hiposenter digunakan metode *Grid Search*. Metode *Grid Search* merupakan pengembangan dari metode *neighborhood* yang dikembangkan oleh Sambridge (1999).

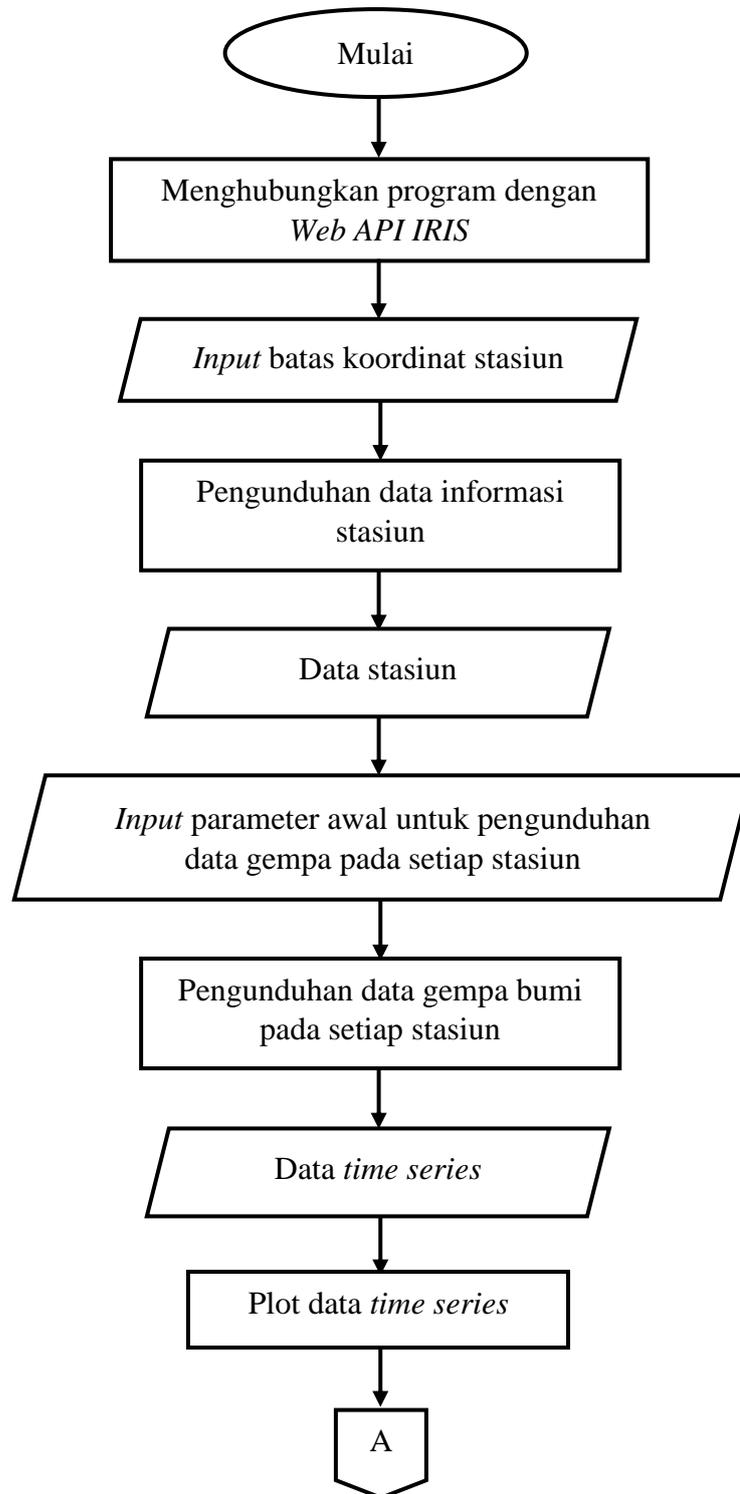
Setiap *grid* yang telah selesai dihitung oleh program akan ditinjau nilai kesalahannya. Jika nilai kesalahan baru lebih kecil dari sebelumnya maka nilai kesalahan tersebut menjadi nilai batasnya. Perhitungan ini akan terus berlangsung sampai semua *grid* selesai dihitung dan mendapatkan nilai RMS (*root mean square*) terkecilnya.

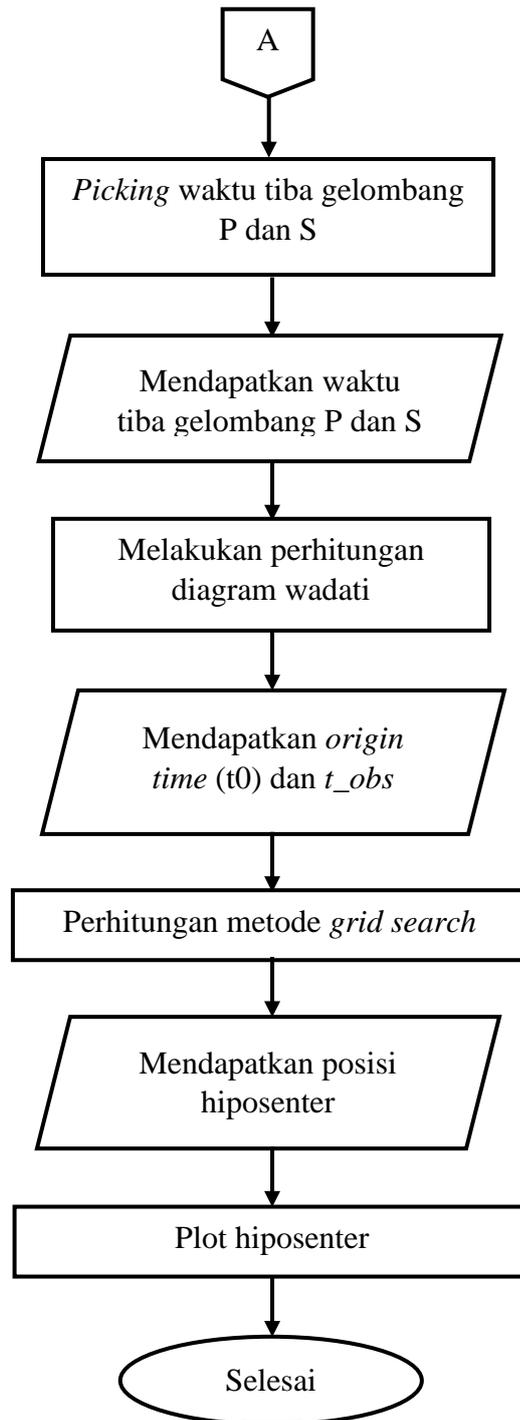
4.5. Diagram Alir



Gambar 16. Diagram alir

4.6. Algoritma Program





Gambar 17. Algoritma program

VI. KESIMPULAN

6.1. Kesimpulan

Adapun kesimpulan yang didapat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Program yang telah dibuat dapat digunakan untuk menentukan parameter fisis gempa bumi seperti waktu tiba gelombang P dan S, episenter, dan hiposenter menggunakan metode *Grid Search* dengan memanfaatkan *Web Service* yang telah disediakan oleh *IRIS Earthquake* untuk melakukan pengunduhan data gempa bumi.
2. Pada penentuan posisi hiposenter menggunakan metode *Grid Search* terdapat selisih posisi hiposenter antara hasil perhitungan dengan IRIS sebesar 0.3601° LU dan 0.5413° BT dengan selisih kedalaman sebesar 1.6191 km dan selisih waktu terjadinya gempa selama 1 detik.

6.2. Saran

Adapun saran dari penelitian ini adalah perlunya dilakukan pengembangan lebih lanjut dikarenakan pada saat melakukan perhitungan dengan menggunakan metode *Gird Search*, *matrix* yang diperlukan cukup besar sehingga penggunaan *memory* yang cukup besar juga, serta perlu dilakukan penyesuaian kembali untuk perhitungan yang digunakan, agar mendapatkan hasil yang lebih akurat. Maka dari itu perlu pengembangan lanjutan agar program ini dapat digunakan lebih efisien, lebih ringan, dan lebih akurat.

DAFTAR PUSTAKA

- Abott, P. L. 2004. *Natural Disasters, 4th edition*. McGraw Hill Higher Education, Boston.
- Adzkia, M. 2010. Perhitungan *b-value* menggunakan metode likelihood untuk daerah Sumatera Barat dan sekitarnya. *Skripsi*. Fakultas Sains dan Teknologi UIN Syarif Hidayatullah. Jakarta.
- Amelia, V. 2019. Relokasi Hiposenter Gempabumi Wilayah Sumatera Barat Menggunakan Metode *Coupled Velocity-Hypocenter*. *Skripsi*. Universitas Lampung.
- Arimuko, A., Wibawa, A. S. W., dan Firmansyah, A. 2019. Analisis Perbandingan Penentuan Hiposentrum Menggunakan Metode *Grid Search*, *Geiger*, dan *Random Search*: Studi Kasus pada Letusan Gunung Sinabung 2017. *DIFFRACTION: Journal for Physics Education and Applied Physics*. Vol. 1, No. 2.
- Bulo, D., Djayus, Supriyanto, dan Hendrawanto, B. 2020. Penentuan Titik *Epicenter* Dan *Hypocenter* Serta Parameter Magnitude Gempabumi Berdasarkan Data Seismogram. *Jurnal Geosains Kutai Basin*. Vol. 3, No. 1. Balikpapan.
- Dewi, F., C. 2018. Relokasi Hiposenter Gempabumi Wilayah Sumatera Bagian Selatan Menggunakan Metode *Double-Difference* (HYPODD). *Skripsi*. Universitas Lampung.
- Fulki, A. 2011. Analisis Parameter Gempa, B Value dan PGA di Daerah Papua. *Skripsi*. Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah. Jakarta.

- Haerudin, N., Alami, F., dan Rustadi. 2019. *Mikroseismik, Mikrotremor dan Microearthquake Dalam Ilmi Kebumihan*. Pustaka Media. Lampung.
- Hidayati, S. 2010. *Pengenalan Seismologi Gunungapi, Diklat Pelaksana Pemula Pengamat Gunungapi Baru*. Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi. Bandung.
- Hidayati, S., Sumaryono, dan Eka, S., 2010. Tsunami Mentawai 25 Oktober 2010. *Bulletin Vulkanologi dan Bencana Geologi*, Vol. 5 No. 3: 1-11.
- Hurukawa, N. 2008. Practical Analyses of Local Earthquakes. *International Institute of Seismology and Earthquake Engineering (IISEE)*. Tsukuba, Japan.
- Husein, S. 2016. Bencana Gempabumi. *Departemen Teknik Geologi, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada*.
- Ibrahim, G. dan Subardjo. 2005. *Pengetahuan Seismologi*. Badan Meteorologi dan Geofisika. Jakarta.
- Irsyam, M., Sengara, W., Aldiamar, F., Widianoro, S., Triyoso, W., Hilman, D., Kertapati, E., Meilano, I., Suhardjono, Asrusifak, dan Ridwan, M., 2010. *Ringkasan Hasil Studi Tim Revisi Peta Gempabumi Indonesia 2010*. Kementerian Pekerjaan Umum.
- Kearey, P., Brooks, M., dan Hill, I. 2002. *An Introduction to Geophysical Exploration Third Edition*. Blackwell Science Ltd.
- Kurniawan, S. E., dan Saputri, F. 2019. Relokasi Hiposenter Gempabumi Donggala Tahun 2018 Menggunakan Metode *Hyporelocate*. *Jurnal Meteorologi Klimatologi dan Geofisika*. Vol. 6, No.1.
- Lay, T., dan Terry, C. W. 1995. *Modern Global Seismology*, London. *Academic Press United California*.
- Metrikasari, R., dan Choiruddin, A. 2020. Pemodelan Risiko Gempa Bumi di Pulau Sumatera Menggunakan Model *Inhomogeneous Neyman-Scott Cox Process*. *Jurnal Sains Dan Seni Its*. Vol. 9, No. 2

- Murtianto, H. 2010. Potensi Kerusakan Gempa Bumi Akibat Pergerakan Patahan Sumatera di Sumatera Barat Dan Sekitarnya. *Jurnal Goografi Gea*. Vol. 10, No. 1.
- McCaffrey, R., 2009. The Tectonic Framework of the Sumatran Subduction Zone. *Annu. Rev. Earth Planet. Sci.*, 37, 345–366.
- Mustafa, B., 2010. Analisis Gempa Nias dan Gempa Sumatera Barat dan Kesamaannya yang Tidak Menimbulkan Tsunami. *Jurnal Ilmu Fisika (JIF)*. Vol. 2 No. 1.
- Naryanto, H. S. 1997. Kegempaan di Daerah Sumatra. *Alami*. Vol. 2, No. 3.
- Nurrochman, A., dan Rasimeng, S. 2020. Perbandingan Penggunaan Matlab dan Python Dalam Penentuan Episenter Gempa; Studi Kasus Gempa Laut Banda 06 Mei 2020. *JIFP (Jurnal Ilmu Fisika dan Pembelajarannya)*. Vol. 4, No. 2.
- Pangaribuan, M. A., Rasimeng, S., Karyanto, dan Rudianto. 2019. Analisis Pendugaan Bahaya Kegempaan Di Batuan Dasar Untuk Wilayah Lampung Menggunakan Metode PSHA. *Jurnal Geofisika Eksplorasi*. Vol. 5, No. 3.
- Rasimeng, S., Alimuddin, Rustadi, Sinambela, R., Z., Mandang, I., Bakri, S., dan Zaenudin, A. 2020. Hypocenter dimension of 7.5 mw Palu earthquake using fractal approach. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*. Vol. 575, No. 012161.
- Rasimeng, S., Suharno, dan Helmi, M. 2022. Fractal Dimension Analysis and Earthquake Repeated Period Estimation in the Southern Part of Sumatra Subduction Zone (Bengkulu-Lampung-Sunda Segment). *Indonesian Journal on Geoscience*. Vol. 9, No. 3.
- Riyanti A., dan Rasimeng, S. 2019. Analisis Zona Bahaya Gempabumi Berdasarkan Metode Deterministik Dan Pendekatan Geomorfologi Kota Padang Sumatera Barat. *Jurnal Geofisika Eksplorasi*. Vol. 5, No. 1.
- Saputri, D., dan Pujiastuti, D. 2020. Analisis Kecocokan Nilai Percepatan Tanah Pulau Lombok Berdasarkan Perhitungan Empiris dengan Data Percepatan

- Tanah dari Akselerograf di Stasiun Mataram. *Jurnal Fisika Unand*. Vol. 9, No. 1.
- Shohaya, J. N., Madlazim, dan Rahmawati, E..2014. Model Kecepatan 1-D Gelombang P dan Relokasi Hiposenter Gempa Bumi di Bengkulu Menggunakan Metode *Coupled Velocity Hipocenter*. *Jurnal Fisika*. Vol. 3, No. 02. Surabaya.
- Sunarjo, M. T. 2012. *Gempa Bumi Indonesia*. Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika. Jakarta.
- Sunarjo, M. T., Gunawan, dan Probadi, S. 2012. *Gempabumi Edisi Populer*. Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika. Jakarta.
- Telford, W. M., Geldart, L. P., Sheriff, R. E., dan Keys, D. A. 1976. *Applied Geophysics*. Cambridge University Press. London.
- Tjolleng, A. 2017. *Pengantar Pemrograman MATLAB*. PT. Elex Media Komputindo. Jakarta.
- Walker, P., dan Wood, E. 2008. *Hands-On General Science Activities with Real-Life Applications*. Jossey-Bass, San Francisco.
- Wibisono, A. H., Ahadi, R. W., Al Ghifari, S., Dani, I., dan Rasimeng, S. 2021. Penentuan Episentrum dan Hiposentrum Gempa Bumi Menggunakan Metode Grid Search di Antelope Valley, California. *Jurnal Geocelbes*. Vol. 5, No. 2.
- Yuliawati, W. S., Rasimeng, S., dan Karyanto. 2019. Pengolahan Data Mikrotremor Berdasarkan Metode HVSR Dengan Menggunakan Matlab. *Jurnal Geofisika Eksplorasi*. Vol. 5, No. 1.