

KARAKTERISTIK GELOMBANG GEMPA BERSUMBER
CRUST DAN INTERFACE
(STUDI KASUS: ZONA *FAULT* DAN *SUBDUCTION* PULAU SUMATRA)

TUGAS AKHIR

*Tugas Akhir Ini Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar
Sarjana Pada Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik
Universitas Negeri Padang*



Oleh:

ALIF AHMAD AL SHALEH

NIM. 21323053

**PROGRAM STUDI S1 TEKNIK SIPIL
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI PADANG**

2025

HALAMAN PERSETUJUAN

PERSETUJUAN SKRIPSI

KARAKTERISTIK GELOMBANG GEMPA BERSUMBER CRUST DAN INTERFACE

(STUDI KASUS: ZONA FAULT DAN SUBDUCTION PULAU SUMATRA)

Nama : Alif Ahmad Al Shaleh
Nim : 21323053
Prodi : S1 Teknik Sipil
Departemen : Teknik Sipil
Fakultas : Teknik

Padang, 26 Mei 2025

Disetujui Oleh
Dosen Pembimbing



Prof. Rusnardi Rahmat Putra, S.T., M.T., Ph.D.Eng.
NIP. 19760923200912101

Mengetahui

Ketua Departemen Teknik Sipil
Fakultas Teknik UNP



Ir. Faizal Ashar, S.T., M.T., Ph.D.
NIP. 197501032003121001

HALAMAN PENGESAHAN

PENGESAHAN SKRIPSI

KARAKTERISTIK GELOMBANG GEMPA BERSUMBER *CRUST* DAN *INTERFACE*

(STUDI KASUS: ZONA FAULT DAN SUBDUCTION PULAU SUMATRA)

Nama : Alif Ahmad Al Shaleh

Nim : 21323053

Prodi : S1 Teknik Sipil

Departemen : Teknik Sipil

Fakultas : Teknik

Telah berhasil dipertahankan dihadapan Tim Penguji dan dinyatakan Lulus sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Program Studi S1 Teknik Sipil, Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang.

Padang, 26 Mei 2025

Tim Penguji

Nama

Tanda Tangan

1. Ketua : Prof. Rusnardi Rahmat Putra, S.T., M.T., Ph.D.Eng.

1.

2. Anggota : Dr.Eng. Ir. Eka Juliafad, S.T., M.Eng.

2.

3. Anggota : Prima Zola, S.T., M.T.

3.

HALAMAN PERSEMBAHAN

“DI PERSEMBAHKAN KEPADA ORANG TUA”

MOTTO

“SEGALA BANTUAN, PADA AHKIRNYA BERSANDAR PADA DIRI SENDIRI”

SURAT PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS NEGERI PADANG
FAKULTAS TEKNIK
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
Jl. Prof Dr. Hamka Kampus UNP Air Tawar Padang 25171
Telp. (0751) 7059996, FT: (0751) 7055644, 445118 Fax. 7055644
E-mail: info@ft.unp.ac.id

SURAT PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

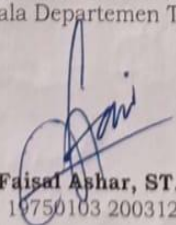
Nama : Alif Ahmad A Shaleh
NIM/TM : 21323053 / 2021
Program Studi : SI Teknik Sipil
Departemen : Teknik Sipil
Fakultas : FT UNP

Dengan ini menyatakan, bahwa Skripsi/Tugas Akhir/Proyek Akhir saya dengan judul Karakteristik Gelombang Gempa Badumber Crust dan interface (studi kasus: Zona Fault Dan Subduction pulau Sumatera)

Adalah benar merupakan hasil karya saya dan bukan merupakan plagiat dari karya orang lain. Apabila suatu saat terbukti saya melakukan plagiat maka saya bersedia diproses dan menerima sanksi akademis maupun hukum sesuai dengan hukum dan ketentuan yang berlaku, baik di institusi UNP maupun di masyarakat dan negara.

Demikianlah pernyataan ini saya buat dengan penuh kesadaran dan rasa tanggung jawab sebagai anggota masyarakat ilmiah.

Diketahui oleh,
Kepala Departemen Teknik Sipil


Ir. Faisal Ashar, ST., MT., Ph.D
NIP. 19750103 200312 1 001

Saya yang menyatakan,



Alif Ahmad A Shaleh

BIODATA

A. Data Diri

Nama : Alif Ahmad Al Shaleh
Tempat/tanggal lahir : Padang/ 02 Oktober 2003
Agama : Islam
Jenis Kelamin : Laki Laki
Golongan darah : -
Anak ke : 1 (Satu)
Jumlah saudara : 4 (Empat)
Nama ayah : Nofvi Rizal
Nama ibu : Arliza
Alamat : Komp. Agro Griya Lestari Blok M.21
Email : alifahmadalshaleh96@gmail.com



B. Riwayat Pendidikan

SD : SD Kartika 1-11 Padang
SMP : SMP Islam Al Azhar
SMA/SMK sederajat : MAN 2 Kota Padang
Universitas : Universitas Negeri Padang

C. Tugas Akhir

Judul : Karakteristik Gelombang Gempa Bersumber Crust
Dan Interface
Tanggal Sidang : 26 Mei 2025

ABSTRAK

Alif Ahmad Al Shaleh, 2025. KARAKTERISTIK GELOMBANG GEMPA BERSUMBER CRUST DAN INTERFACE.

Gempa yang berasal dari zona subduksi dan Patahan Sumatra memiliki karakteristik tertentu. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis karakteristik gelombang gempa yang bersumber dari zona kerak (*crust*) dan zona antarmuka (*interface*) di wilayah Pulau Sumatra. Berdasarkan data akselerasi tanah yang direkam oleh sensor akselerograf pada periode 2008-2018 yang terpasang di lima lokasi. Sebanyak 52 gempa crust dianalisis terdiri dari EQ1-EQ52 dan 24 gempa interface terdiri dari EQ-EQ24.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa gempa zona kerak (*crust*) memiliki nilai PGA rata-rata 7 Gal untuk komponen horizontal dan 6 Gal untuk komponen vertikal, kandungan frekuensi rata-rata 3,2 dengan periode rata-rata 0,5 detik untuk komponen horizontal dan 3,6 Hz dengan periode rata-rata 0,6 detik untuk komponen vertikal. Nilai PSA rata-rata 0,0253 g memiliki amplitudo tinggi dengan periode dominan 0,3 detik. Parameter *arias intensity* rata-rata 0,0015 m/s untuk komponen horizontal dan 0,0016 m/s untuk komponen vertikal.

Gempa zona antarmuka (*interface*) memiliki nilai PGA rata-rata 11 Gal untuk komponen horizontal dan 12 Gal untuk komponen vertikal, kandungan frekuensi rata-rata 3,5 dengan periode rata-rata 0,5 detik untuk komponen horizontal dan 4 Hz dengan periode rata-rata 0,6 detik untuk komponen vertikal. Nilai PSA rata-rata 0,0415 g memiliki amplitudo tinggi dengan periode dominan 0,4 detik. Parameter *arias intensity* rata-rata 0,0041 m/s untuk komponen horizontal dan 0,0042 m/s untuk komponen vertikal.

Kata Kunci: Gempa *Crust*, Gempa *Interface*, *Peak Ground Acceleration*, Frekuensi, *Arias Intensity*

ABSTRACT

Alif Ahmad Al Shaleh, 2025. KARAKTERISTIK GELOMBANG GEMPA BERSUMBER CRUST DAN INTERFACE.

The earthquakes originating from the subduction zone and the Sumatra Fault exhibit specific characteristics. This study aims to analyze the characteristics of seismic waves originating from the crustal zone and the interface zone in the Sumatra region. Based on ground acceleration data recorded by accelerograph sensors from 2008 to 2018 at five locations, a total of 52 crustal earthquakes (EQ1–EQ52) and 24 interface earthquakes (EQ1–EQ24) were analyzed.

The results indicate that crustal earthquakes have an average PGA (Peak Ground Acceleration) of 7 Gal for the horizontal component and 6 Gal for the vertical component. The average frequency content is 3.2 Hz with an average period of 0.5 seconds for the horizontal component, and 3.6 Hz with an average period of 0.6 seconds for the vertical component. The average PSA (Pseudo Spectral Acceleration) is 0.0253 g, with high amplitude at a dominant period of 0.3 seconds. The average Arias intensity is 0.0015 m/s for the horizontal component and 0.0016 m/s for the vertical component.

Interface earthquakes exhibit an average PGA of 11 Gal for the horizontal component and 12 Gal for the vertical component. The average frequency content is 3.5 Hz with an average period of 0.5 seconds for the horizontal component, and 4 Hz with an average period of 0.6 seconds for the vertical component. The average PSA is 0.0415 g, with high amplitude at a dominant period of 0.4 seconds. The average Arias intensity is 0.0041 m/s for the horizontal component and 0.0042 m/s for the vertical component.

Keyword: *Crustal Earthquake, Interface Earthquake, Peak Ground Acceleration, Frequency, Arias Intensity*

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis ucapkan ke hadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, karunia, dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Karakteristik Gelombang Gempa Bersumber *crust* dan *Interface*”.

Skripsi ini dibuat untuk memenuhi persyaratan dalam menyelesaikan pendidikan sarjana pada Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang. Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari arahan dan bimbingan dari berbagai pihak. Untuk itu, penulis menyampaikan rasa terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Rusnardi Rahmat Putra, S.T., M.T., Ph.D.Eng., selaku dosen pembimbing skripsi dan dosen pembimbing akademik yang telah memberikan waktu untuk membimbing, mengarahkan, dan memberi nasihat dalam menyelesaikan skripsi ini.
2. Ibu Dr.Eng. Ir. Eka Juliafad, S.T., M.Eng., selaku dosen penguji I yang telah memberikan ilmu dan saran dalam menyelesaikan skripsi ini.
3. Ibu Prima Zola, S.T., M.T., selaku dosen penguji II yang telah memberikan ilmu dan saran dalam menyelesaikan skripsi ini.
4. Bapak Faishal Ashar, S.T., M.T., Ph.D., selaku Ketua Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.
5. Bapak/Ibu dosen beserta staf Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.
6. Kedua orang tua dan penulis yang telah mendidik, memotivasi, dan selalu memberikan dukungan selama pengerjaan skripsi ini.
7. Rekan-rekan di Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang atas semangat, ide, dan kerja sama selama masa perkuliahan.
8. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu yang telah dengan tulus memberikan doa dan bantuan, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.

Skripsi ini masih jauh dari kata sempurna, baik dalam penulisan maupun pembahasan dari studi kasus yang diangkat. Oleh karena itu, penulis mengharapkan saran dan kritik membangun dari pembaca agar lebih baik di masa yang akan datang. Penulis berharap skripsi ini dapat memberikan manfaat kepada pembaca dan masyarakat pada umumnya.

Padang, 20 Mei 2025

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN PERSETUJUAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iv
MOTTO	v
SURAT PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT	vi
BIODATA	vii
ABSTRAK	viii
ABSTRACT	ix
KATA PENGANTAR.....	x
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL	xix
DAFTAR LAMPIRAN	xx
BAB 1 PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Identifikasi Masalah.....	6
C. Batasan Masalah.....	6
D. Rumusan Masalah	6
E. Tujuan Penelitian	6
F. Manfaat Penelitian	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	8
A. Landasan Teori.....	8
1. Gempa Bumi.....	8
2. Identifikasi Sumber Gempa	10
3. Patahan (Fault).....	12

4. Gelombang Seismik.....	15
5. Parameter Gempa.....	19
6. <i>Strong Ground Motion</i>	27
7. Parameter <i>Strong Ground Motion</i>	30
8. <i>Fast Fourier Transform</i> (FFT).....	36
B. Penelitian Relevan	38
C. Kerangka Konseptual	39
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	41
A. Jenis Penelitian	41
B. Tempat dan Waktu Penelitian	41
C. Data Penelitian	42
E. Teknik Pengumpulan Data.....	43
F. Prosedur Penelitian	45
G. Diagram Alir Penelitian	48
BAB IV HASIL PENELITIAN	49
A. Identifikasi Gempa.....	49
B. Hasil Analisis Data.....	57
1. <i>Acceleration</i>	57
2. <i>Velocity</i>	61
3. Displacement	64
4. Kandungan Frekuensi.....	79
5. <i>Arias Intensity</i>	97
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	105
A. Kesimpulan	105
B. Saran	106

DAFTAR PUSTAKA	107
LAMPIRAN	109

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Peta Pergerakan Lempeng Tektonik di Indonesia.....	1
Gambar 2. Peta Pergerakan Lempeng Tektonik di Sumatra	3
Gambar 3. Divergen (a), Konvergen (b), dan Transform (c)	8
Gambar 4. pemodelan mekanisme sumber gempa.....	10
Gambar 5. Ilustrasi Interface/Megathrust Pada Zona Subduksi.....	11
Gambar 6. Sumber Segmen Gempa di Sumatra	12
Gambar 7. Geometri Bidang Fault	13
Gambar 8. Normal Fault.....	14
Gambar 9. Reverse fault.....	14
Gambar 10. Left Lateral Strike-Slip Fault dan	15
Gambar 11. Oblique-Slip Fault	15
Gambar 12. Mekanisme perambatan gelombang Primer (P-wave).....	17
Gambar 13. Mekanisme Rambatan Gelombang Sekunder	18
Gambar 14. Mekanisme Rambatan Gelombang rayleigh (R-Wave).....	19
Gambar 15. Mekanisme rambatan gelombang love (L-wave).....	19
Gambar 16. Hiposenter dan Episenter Gempa	20
Gambar 17. Hubungan Magnitudo dengan Rentang Frekuensi	25
Gambar 18. Akselerograf dan Seismograf	29
Gambar 19. Rekaman Riwayat Waktu Strong Ground Motion.....	30
Gambar 20. Fourier Spectra	33
Gambar 21. Respon Spectra.....	34
Gambar 22. Grafik Arias Intensity	36
Gambar 23. Fast Fourier Transformation	38
Gambar 24. Kerangka konseptual	40
Gambar 25. Titik Lokasi Akselerograf.....	42
Gambar 26. Spesifikasi Teknis Sensor Akselerograf	43
Gambar 27. Diagram Alir.....	48
Gambar 28. Out Put Data Waveform.....	49
Gambar 29. Tampilan Search Katalog Gempa Bumi USGS	50

Gambar 30. Peta Sebaran Episenter Gempa dari Sensor Akselerograf	50
Gambar 31. Kedalaman Gempa	51
Gambar 32. Peta Episenter Crust dan Interface	51
Gambar 33. Distribusi Data Berdasarkan Magnitudo dan Jarak Hiposente	57
Gambar 34. Distribusi Data Berdasarkan Kedalaman dan Jarak Hiposenter.....	57
Gambar 35. Time History Akselerasi Crust EQ5	58
Gambar 36. Time History Akselerasi Crust EQ21	58
Gambar 37. Time History Akselerasi Crust EQ27	58
Gambar 38. Time History Akselerasi Crust EQ49	59
Gambar 39. Time History Akselerasi Crust EQ52	59
Gambar 40. Time History Akselerasi Interface EQ1	59
Gambar 41. Time History Akselerasi Interface EQ2	60
Gambar 42. Time History Akselerasi Interface EQ9	60
Gambar 43. Time History Akselerasi Interface EQ14	60
Gambar 44. Time History Akselerasi Interface EQ22	61
Gambar 45. Time History Kecepatan Crust EQ5	61
Gambar 46. Time History Kecepatan Crust EQ21	62
Gambar 47. Time History Kecepatan Crust EQ27	62
Gambar 48. Time History Kecepatan Crust EQ49	62
Gambar 49. Time History Kecepatan Crust EQ52	63
Gambar 50. Time History Kecepatan Interface EQ1	63
Gambar 51. Time History Kecepatan Interface EQ2	63
Gambar 52. Time History Kecepatan Interface EQ9	64
Gambar 53. Time History Kecepatan Interface EQ14	64
Gambar 54. Time History Kecepatan Interface EQ22	64
Gambar 55. Time History Perpindahan Crust EQ5.....	65
Gambar 56. Time History Perpindahan Crust EQ21.....	65
Gambar 57. Time History Simpangan Crust EQ27	65
Gambar 58. Time History Simpangan Crust EQ49	66
Gambar 59. Time History Simpangan Crust EQ52	66

Gambar 60. Time History Simpangan Interface EQ1	66
Gambar 61. Time History Simpangan Interface EQ2	67
Gambar 62. Time History Simpangan Interface EQ9	67
Gambar 63. Time History Simpangan Interface EQ14	67
Gambar 64. Time History Simpangan Interface EQ22	68
Gambar 65. Distribusi Nilai PGA Crust	77
Gambar 66. Distribusi Nilai PGV Crust	77
Gambar 67. Distribusi Nilai PGD Crust	77
Gambar 68. Distribusi Nilai PGA Interface	78
Gambar 69. Distribusi Nilai PGV Interface	78
Gambar 70. Distribusi Nilai PGD Interface	78
Gambar 71. Fourier Spektrum Crust EQ5	79
Gambar 72. Fourier Spektrum Crust EQ21	79
Gambar 73. Fourier Spektrum Crust EQ27	80
Gambar 74. Fourier Spektrum Crust EQ49	80
Gambar 75. Fourier Spektrum Crust EQ52	80
Gambar 76. Fourier Spektrum Interface EQ1	81
Gambar 77. Fourier Spektrum Interface EQ2	81
Gambar 78. Fourier Spektrum Interface EQ9	81
Gambar 79. Fourier Spektrum Interface EQ14	82
Gambar 80. Fourier Spektrum Interface EQ22	82
Gambar 81. Distribusi Nilai Frequency Crust	91
Gambar 82. Distribusi Nilai Frequency Crust Komponen x.....	91
Gambar 83. Distribusi Nilai Frequency Crust Komponen y.....	91
Gambar 84. Distribusi Nilai Frequency Crust Komponen z.....	92
Gambar 85. Distribusi Nilai Frequency Interface	92
Gambar 86. Distribusi Nilai Frequency Interface Komponen x.....	92
Gambar 87. Distribusi Nilai Frequency Interface Komponen y	93
Gambar 88. Distribusi Nilai Frequency Interface Komponen z.....	93
Gambar 89. Respon Spektrum Crust Komponen X.....	94

Gambar 90. Respon Spektrum Crust Komponen Y	95
Gambar 91. Respon Spektrum Crust Komponen Z	95
Gambar 92. Respon Spektrum Interface Komponen X.....	95
Gambar 93. Respon Spektrum Interface Komponen Y	96
Gambar 94. Respon Spektrum Interface Komponen Z	96
Gambar 95. Arias Intensity Crust Komponen X.....	97
Gambar 96. Arias Intensity Crust Komponen Y.....	97
Gambar 97 Arias Intensity Crust Komponen Z.....	98
Gambar 98. Arias Intensity Interface Komponen X	98
Gambar 99. Arias Intensity Interface Komponen Y.....	98
Gambar 100. Arias Intensity Interface Komponen Z.....	99

DAFTAR TABEL

Table 1. Korelasi Konversi Skala Magnitudo Wilayah Indonesia	24
Table 2. Modified Mercalli Intensity	25
Table 3. Hubungan Antara Magnitude dan Intensitas Gempa	27
Table 4. Perbedaan Seismograf dan Akselerograf	28
Table 5. Lokasi Detail Akselerograf	41
Table 6. Parameter dan Formulasi Ground Motion	47
Table 7. Parameter Gempa Crust	52
Table 8. Parameter Gempa Interface	55
Table 9. Karakteristik Amplitude Gempa Crustal	68
Table 10. Karakteristik Amplitude Gempa Interface	74
Table 11. Karakteristik Kandungan Frekuensi Gempa Crustal	82
Table 12. Karakteristik Kandungan Frekuensi Gempa Interface	88
Table 13. Arias Intensity Crust	100
Table 14. Arias intensity Interface	102

DAFTAR LAMPIRAN

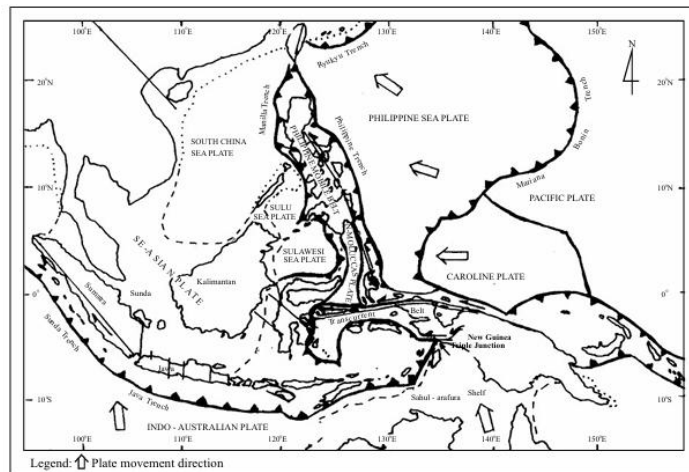
Lampiran 1. Identifikasi Gempa Berdasarkan Katalog USGS	109
---	-----

BAB 1

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Secara geografis, Indonesia terletak di antara 6° Lintang Utara - 11° Lintang Selatan serta dan 95° Bujur Timur - 141° Bujur Timur. Indonesia merupakan salah satu dari beberapa negara yang berada dikawasan zona seismik Asia Tenggara, dan Indonesia merupakan salah satu negara yang memiliki aktivitas seismik teraktif di dunia (Husna *et al.*, 2022). Kondisi tektonik Indonesia yang terletak di persimpangan antara pertemuan lempeng besar dunia serta beberapa lempeng kecil atau *microblocks* (Bird, 2003), mejadikan wilayah ini sangat rentan terhadap berbagai kejadian gempa bumi. Indonesia dikelilingi oleh empat lempeng utama, yaitu Lempeng Benua Eurasia, Lempeng Samudra Indo-Australia, Lempeng Laut Filipina, dan Lempeng Samudra Pasifik. Pertemuan lempeng lempeng tersebut menjadikan Indonesia menjadi cincin api (*ring of-fire*) Seperti pada gambar 1.



Gambar 1. Peta Pergerakan Lempeng Tektonik di Indonesia
(Sumber: VersTappen, 2010)

Gempa Bumi adalah getaran atau guncangan yang disebabkan adanya pergeseran pelat yang di rasakan di permukaan bumi yang berasal dari dalam struktur bumi (Maniago, 1988). Gempa bumi terjadi ketika energi yang tersimpan di dalam bumi, biasanya dalam bentuk tekanan dan tegangan pada

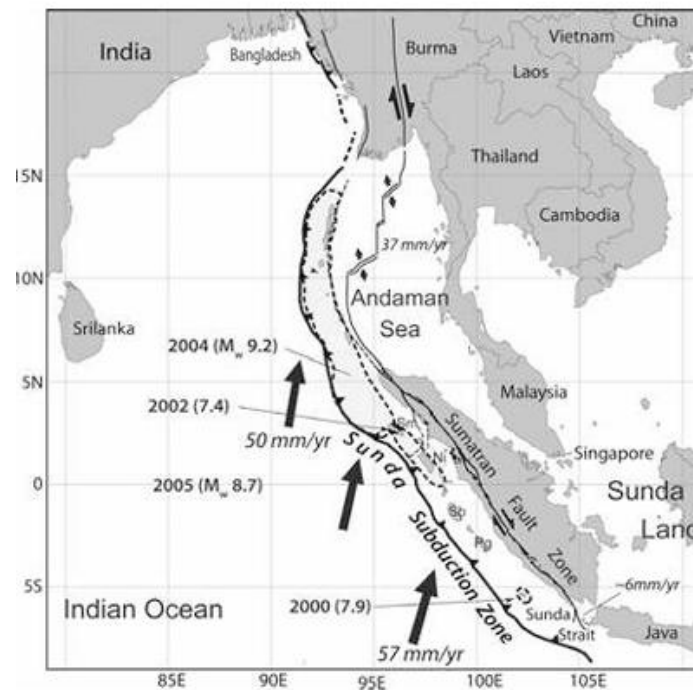
batuan, terlepas secara tiba-tiba. Energi ini disebarkan ke permukaan bumi melalui gelombang gempa bumi (seismik). Dengan kata lain gempa bumi adalah suatu gerakan tiba-tiba atau suatu rangkaian gerakan tanah yang berasal dari suatu daerah terbatas dan menyebar dari titik tersebut ke segala arah (Sunarjo *et al.*, 2012).

Menurut Kementrian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM), 6 dari 25 wilayah yang rawan gempa bumi di Indonesia berada di Pulau Sumatera diantaranya yaitu Aceh, Jambi, Bengkulu, Lampung, Sumatera Barat, dan Sumatera Utara. Menurut Pusat Studi Gempa Nasional (2017) Pulau Sumatra adalah bagian dari Lempeng Eurasia yang bergerak dan berinteraksi secara konvergen dengan Lempeng Indo-Australia. Tempat dimana dua lempeng ini bertemu membentuk palung yang disebut zona tumbukan (*subduction zone*). Palung ini mengakomodasikan pergerakan lempeng Indo-Australia yang bergerak ke arah utara terhadap lempeng Eurasia ke arah selatan. Pergerakan Lempeng indo-australia bergerak dengan kecepatan pergeseran sekitar 72,55 mm/tahun (Ashar, 2020).

Pulau Sumatra merupakan salah satu wilayah tektonik aktif dunia karena adanya pergerakan Lempeng Indo-Australia dan Eurasia yang sering menghasilkan gempa pada zona subduksi (McCaffery, 2009). Tumbukan antara Lempeng Indo-Australia dengan Lempeng Eurasia di bagian Barat Pulau Sumatra menciptakan sejumlah segmen sesar di darat Pulau Sumatra yang dikenal dengan nama *The Great Sumatran Fault* (Bellier *et al.*, 1997) yang lebih populer disebut Sesar Sumatra.

Aktivitas tektonik di daerah Sumatra dipengaruhi oleh dua sumber tektonik, yaitu *crustal fault* dan *subduction*. Kedua sumber tektonik tersebut dapat mengakibatkan terjadinya gempa yang datang secara tiba-tiba tanpa adanya waktu yang tidak dapat ditentukan. Patahan Sumatra atau zona subduksi menghasilkan tingkat gempa tahunan yang tinggi dan banyak gempa besar yang terjadi di kedalaman dangkal. Menurut katalog terbaru mengenai gempa dari Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) (2023)

Pulau Sumatra telah terjadi beberapa gempa signifikan di pulau Sumatra yaitu gempa mentawai Sumatra barat dengan *magnitude* 6,9 dengan kedalaman 23 km pada tanggal 25 april 2023 yang menyebabkan kerusakan infrastruktur yang signifikan. Beberapa contoh gempa lainya yaitu gempa Padang Sidempuan Sumatra utara dengan magnitudo 6,2 yang terjadi pada 3 April 2023.



Gambar 2. Peta Pergerakan Lempeng Tektonik di Sumatra
(Sumber: Natawidjaja dan Triyoso, 2007)

Gempa bumi kerak dangkal (*shallow crustal earthquake*) merupakan zona dengan kedalaman kurang dari 30 km yang terkait dengan sumber gempa yang disebabkan oleh dengan aktivitas sesar di dalam kerak bumi (Soehaimi, 2008). *Shallow crustal earthquake* ini juga terjadi sampai di daerah *stable plate continent* yang bukan daerah *fault* (Pawirodikromo, 2012). Gempa bumi yang terjadi pada patahan kerak dangkal (*shallow crustal fault*) menghasilkan gelombang seismik yang dapat mentransfer energi dengan efisiensi tinggi ke permukaan, Hal ini sering menyebabkan gerakan tanah yang lebih kuat dibandingkan gempa yang lebih dalam. Menurut Kramer (1996) menyebutkan bahwa karakteristik gempa dangkal membuat amplitudo gelombang lebih besar, sehingga menghasilkan dampak yang signifikan di wilayah dekat

permukaan. Gempa bumi kerak dangkal (*shallow crustal earthquake*) sering kali memiliki kandungan frekuensi lebih tinggi atau memiliki periode yang lebih pendek dibandingkan dengan gempa zona subduksi (Pawirodikromo, 2012). Hal ini disebabkan oleh energi frekuensi tinggi yang dihasilkan gempa lebih cepat *teratenuasi* (melemah) saat bergerak melalui lapisan kerak bumi sehingga tidak merambat jauh dari sumbernya. Selain itu, Gempa bumi kerak dangkal (*shallow crustal earthquake*) juga cenderung memiliki durasi yang singkat karena energi frekuensi tinggi gempa ini menghilang lebih cepat dibandingkan dengan energi frekuensi rendah yang menjadi karakteristik gempa yang lebih dalam atau gempa zona subduksi (Lay dan Wallace, 1995).

Gempa antarmuka (*Interface*) merupakan Gempa yang terjadi pada zona kontak patahan (*fault*) dan batas lempeng *plate* (*boundaries*). Gempa *Interface* memiliki Frekuensi kejadian (*occurence*) lebih sering, patahan gempa umumnya lebih Panjang, episenter umumnya lebih dalam dan magnitudo gempa umumnya lebih besar (Pawirodikromo, 2012). Gempa antarmuka (*interface*) terjadi pada zona subduksi yang disebabkan oleh pertemuan antara dua jenis lempeng, yaitu lempeng samudera dengan lempeng benua, atau lempeng samudera dengan lempeng samudera. Kertapati (2006) menyebutkan gempa antarmuka (*Interface*) atau lebih dikenal dengan *megathrust*, gempa ini memiliki sudut tukik yang landai dan gempa ini terjadi di zona subduksi dengan kedalaman antara 30 – 50 km.

Gempa yang memiliki kandungan frekuensi rendah (zona subduksi) cenderung akan mengakibatkan kerusakan besar pada bangunan frekuensi rendah (fleksibel/bertingkat banyak) dan gempa dengan kandungan frekuensi tinggi (*shallow crustal fault*) cenderung akan mengakibatkan kerusakan besar pada bangunan frekuensi tinggi (kaku/bertingkat rendah) (Faizah, 2015). Konstruksi bangunan bertingkat rendah umumnya lebih banyak di Sumatra sehingga akan lebih rentan terhadap gempa patahan. Menurut Erdik dan Durukal (2004), gempa bumi yang terjadi di zona subduksi (*Interface*)

menghasilkan tingkat guncangan tanah dengan atenuasi yang lebih lambat dibandingkan dengan gempa bumi yang berlangsung di area *shallow crustal*.

Rekaman gempa di area *crust* dan *Interface* diperoleh dari instrumen akselerograf yang dipasang di berbagai stasiun pemantauan. Basis data akselerogram yang memuat rekaman gempa dari seluruh dunia, seperti *Pacific Earthquake Engineering Research Center* (PEER), menyediakan data yang dapat diakses melalui situs web mereka. Data tersebut umumnya dikumpulkan oleh institusi besar seperti *United States Geological Survey* (USGS), *California Geological Survey Strong Motion Instrumentation Program* (CGSSMIP), dan *Central Weather Bureau of Taiwan* (CWB).

Untuk wilayah Indonesia, menurut Pusat Studi Gempa Nasional (2017), pencatatan data gempa bumi di zona kerak (*crust*) dan zona antarmuka (*Interface*) baru mulai dilakukan secara intensif setelah 2010 oleh BMKG dan beberapa stasiun regional. Sayangnya, hingga saat ini belum tersedia basis data terpusat untuk rekaman akselerogram tersebut, yang menghambat aksesibilitas data untuk penelitian maupun publik. Hal ini mengakibatkan terbatasnya studi tentang karakteristik gempa pada zona kerak (*crust*) dan antarmuka (*Interface*) di Indonesia.

Terdapat lima stasiun akselerograf yang dipasang di wilayah Sumatra Barat sejak tahun 2008 oleh *Engineers Without Borders Japan* (EWWBJ), yang mencakup empat lokasi di Kota Padang dan satu di Bukittinggi. Stasiun-stasiun ini menyediakan data selama kejadian gempa, yang sangat berharga untuk analisis zona kerak (*crust*) dan antarmuka (*interface*). Rekaman akselerograf ini dapat digunakan untuk menghitung parameter seperti amplitudo, frekuensi dominan, periode, intensitas Arias, serta karakteristik rambatan gelombang pada kedua zona tersebut. Di zona kerak (*crust*), data ini membantu memetakan dinamika gempa di wilayah dangkal, sedangkan untuk zona antarmuka (*interface*), informasi ini penting untuk memahami propagasi gelombang seismik dari subduksi, seperti pada interaksi Lempeng Indo-Australia dan Lempeng Eurasia.

Berdasarkan pembahasan latar belakang yang telah uraikan, Penulis tertarik untuk melakukan sebuah penelitian yang dengan judul **“KARAKTERISTIK GELOMBANG GEMPA BERSUMBER CRUST DAN INTERFACE”**.

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan penjelasan latar belakang yang telah diuraikan di atas, berikut identifikasi masalah yang didapat adalah sebagai berikut.

1. Gempa yang bersumber *crust* dan *Interface* di daerah Patahan Sumatra memiliki kedalaman dangkal dan lebih dekat dengan perkotaan yang padat penduduk sehingga risiko kerusakannya tinggi.
2. Konstruksi bangunan bertingkat rendah (frekuensi tinggi) lebih banyak di Sumatra sehingga lebih rentan terhadap gempa patahan (frekuensi tinggi).
3. Terbatasnya akses terhadap rekaman gempa di Indonesia sehingga belum banyak studi tentang karakteristik gempa.

C. Batasan Masalah

Dalam penelitian ini, ditentukan beberapa batasan masalah yang perlu diperhatikan sebagai berikut.

1. Gempa yang dianalisis hanya bersumber dari daerah Patahan Sumatra untuk *crustal* dan *Interface*.
2. Data gelombang gempa menggunakan rekaman gempa tahun 2008-2018 yang diperoleh dari sensor akselerograf yang ada di Sumatra Barat.

D. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang dan batasan masalah yang telah dijelaskan sebelumnya, permasalahan dalam penelitian ini dapat dirumuskan, yaitu bagaimana karakteristik gelombang gempa bersumber *crust* dan *interface*.

E. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui karakteristik gelombang gempa yang bersumber *crust* dan *interface* dari daerah Patahan Sumatra.

F. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang diharapkan dari penelitian ini antara lain.

1. Penelitian ini dapat mengetahui karakteristik gelombang gempa untuk *crustal* dan *Interface*.
2. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi signifikan, menjadi referensi bagi para peneliti dan berbagai upaya untuk mitigasi bencana gempa di daerah yang berpotensi mengalami gempa.
3. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi referensi dalam perencanaan bangunan tahan gempa dan analisis risiko seismik di daerah dekat sumber gempa.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan data rekaman gempa yang diperoleh dari sensor akselerograf yang berada di Sumatra Barat selama periode 2008 – 2018, dilakukan studi untuk menganalisis karakteristik gelombang gempa bersumber *crust* dan *interface* gempa-gempa yang terjadi dikelompokkan berdasarkan kedalaman. Hasil analisis riwayat waktu *strong ground motion* dalam domain waktu dan frekuensi memberikan sejumlah kesimpulan .

1. Gempa *crust* komponen x memiliki rata-rata Frekuensi 3,2 Hz dengan standar deviasi $\pm 2,3$ pada periode rata-rata 0,56 detik dengan standar deviasi $\pm 0,5$. Komponen y memiliki rata-rata Frekuensi 3,6 Hz dengan standar deviasi $\pm 3,5$ pada periode rata-rata 0,6 detik dengan standar deviasi $\pm 0,5$. Komponen z memiliki rata-rata Frekuensi 3,2 Hz dengan standar deviasi $\pm 4,2$ pada periode rata-rata 0,25 detik dengan standar deviasi $\pm 0,24$.
2. Gempa *interface* komponen x memiliki rata-rata Frekuensi 3,5 Hz dengan standar deviasi $\pm 2,8$ pada periode rata-rata 0,57 detik dengan standar deviasi $\pm 0,53$. Komponen y memiliki rata-rata Frekuensi 4 Hz dengan standar deviasi $\pm 3,8$ pada periode rata-rata 0,6 detik dengan standar deviasi $\pm 0,53$. Komponen z memiliki rata-rata Frekuensi 3,5 Hz dengan standar deviasi $\pm 4,3$ pada periode rata-rata 1,6 detik dengan standar deviasi $\pm 2,4$.
3. Nilai *arias intensity* gempa *crust* berada pada, komponen x 0,002 – 3,3 cm/s dengan rata-rata 0,15 cm/s, komponen y 0,003 – 3,6 cm/s dengan rata-rata 0,16 cm/s, komponen z 0,002 – 0,32 cm/s dengan rata-rata 0,06 cm/s, sementara nilai *arias intensity* gempa *interface* berada pada komponen x 0,004 – 6,9 cm/s dengan rata-rata 0,41 cm/s, komponen y 0,003 – 6,3 cm dengan rata-rata 0,42 cm/s, komponen z 0,001 – 2,2 cm/s dengan rata-rata 0,14 cm/s.

B. Saran

1. Hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai acuan dalam merancang bangunan tahan gempa, khususnya untuk struktur yang rentan terhadap frekuensi, getaran pada periode dominan yang teridentifikasi.
2. Penelitian ini dapat dilanjutkan dengan memperluas cakupan wilayah, menggunakan data yang lebih banyak, serta memperbarui rentang waktu pengamatan agar lebih relevan dengan kondisi terkini.
3. Perawatan dan penambahan jumlah sensor akselerograf dapat membantu mendapatkan data yang lebih akurat

DAFTAR PUSTAKA

- Afnimar, (2009). Seismologi. Edisi Pertama. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika. (2024). "Skala MMI (Modified Mercalli Intensity)". Diambil pada tanggal 20 Desember 2024 dari <https://www.bmkg.go.id/gempabumi/skala-mmi.bmkg>.
- Bird, P. (2003). *An Updated Digital Model Of Plate Boundaries. Agu And The Geochemical Society*, 4(3).
- Choiruddin, R. M. (2020). Pemodelan Risiko Gempa Bumi di Pulau . *Jurnal Sains dan Seni ITS*, 9(2)2337-3520.
- Febrian Fitryanik Susanta, C. P. (2019). Geovisual Analytics of Spatio-Temporal Earthquake Data in Indonesia. *JGISE*, 2(2),185-194.
- Gupta, Sushil. (2006). "Indian Nuclear Society (INS)- Technical Courses for Industry Seismic Design of Industrial Structures, Equipment and Piping Systems". Mumbai: Directorate of Engineering.
- Huang, D., G. Wang & F. Jin. (2018). "Effectiveness of Pile Reinforcement in Liquefied Ground". *Journal of Earthquake Engineering*, 24(8),1-23.
- Husein, S. (2016). Bencana Gempabumi . *DRR Action Plan Workshop: Strengthened Indonesian resilience: reducing risk from disasters*.
- kayal, J. (2008). *Microearthquake Seismology and Seismotectonics of South Asia*. new Mexico: Springer.
- Kertapati, E. (2006). Aktivitas Gempa Bumi di Indonesia Perspektif Regional Pada Karakteristik Gempa Bumi Merusak. Pusat Survei Geologi: Bandung.
- Kiswiranti, D. (2019). *seismologi (Dasar-dasar Seismologi dan Apilikasinya)*. Yogyakarta: 2019.
- Kramer, S. L. (1996). *"Geotechnical Earthquake Engineering"*. New Jersey: Prentice Hall, Inc.
- Lailatul Husna Lubis, A. A. (2022). Aktivitas Seismisitas Di Wilayah Sumatera Bagian Utara . *Jurnal Kumparan Fisika*, 5(2),91-98.
- Lawang, K. A. (2023). *Metode Penelitian kuantitatif*. Aceh: Yayasan Penerbit Muhammad Zaini.

- Lay, T. & T. C. Wallace. (1995). *"Modern Global Seismology"*. San Diego: Academic Press.
- Liland, K. H. (2011). "Customized Baseline Correction". *Journal of Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems*, 109(1). Hlm. 51-56.
- McCaffrey, R. (2009). *"The Tectonic Framework of the Sumatran Subduction Zone"*. *Journal of Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, 37, 345-366.
- Meilano, i. (2024). *Geodesi Gempabumi*. Bandung: ITB Press.
- Natawidjaja, D. H., & Triyoso, W. (2007). *"The Sumatran Fault Zone-from Source to Hazard"*. *Journal of Earthquake and Tsunami*, 1(1), 21-47.
- Pawirodikromo, w. (2012). *Seismologi & Rekayasa Gempa*. Yogyakarta: Pustaka Belajar.
- Purbandini, P. (2017). Analisis Bahaya Kegempaan di Wilayah Malang . *Jurnal Sains Dan Seni ITS*, 6(2).
- Pusat Studi Gempa Nasional. (2017). "Peta Sumber dan Bahaya Gempa Indonesia Tahun 2017". Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat
- Putra, R. R. (2020). *Manajemen Bencana*. Padang: UNP Press.
- Santosa, B. J. (2008). Struktur Kecepatan Gelombang S Di Bawah Indonesia. *Makara, Sains*, 12(2), 134-145.
- Sentosa, r. s. (2014). Analisi Pola Bidang Sesar Pada Zona Subduksi Di Wilayah Selatan Pulau Sumatera Dari Event Gempa Pada Tahun 2011-2014. *Jurnal teknik Pomits*, 3(2).
- Siswanto, a. b. (2018). *REKAYASA GEMPA*. Yogyakarta: K-Media.
- Soehaimi, A. (2008). Seismotektonik dan Potensi Kegempaan Wilayah Jawa . *Jurnal Geologi Indonesia*, 3(4)227-240.
- Thompson, G.R. & Turk, J. (1997). *Introduction to physical Geology (Second Edition)*. Inggris: Brooks Cole.
- Zakaria, Z. (2007). APLIKASI TEKTONIK LEMPENG. *Bulletin of Scientific*, 5(2), 123-131.