

**ANALISIS JENIS SESAR MENGGUNAKAN METODE
SEISMOTEKTONIK BERBASIS DATA SEISMISITAS DAN *DIGITAL
ELEVATION MODEL (DEM)* DI WILAYAH NTB**

SKRIPSI

Oleh:

MAHARANI NUR FARADILA
NIM. 220604110053



**PROGRAM STUDI FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2026**

HALAMAN JUDUL

**ANALISIS JENIS SESAR MENGGUNAKAN METODE
SEISMOTEKTONIK BERBASIS DATA SEISMISITAS DAN *DIGITAL
ELEVATION MODEL (DEM)* DI WILAYAH NTB**

SKRIPSI

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

**Oleh :
MAHARANI NUR FARADILA
NIM. 220604110053**

**PROGRAM STUDI FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2026**

HALAMAN PERSETUJUAN

ANALISIS JENIS SESAR MENGGUNAKAN METODE SEISMOTEKTONIK
BERBASIS DATA SEISMISITAS DAN *DIGITAL ELEVATION MODEL* (DEM)
DI WILAYAH NTB

SKRIPSI

Oleh:

MAHARANI NUR FARADILA

NIM. 220604110053

Telah Diperiksa dan Disetujui untuk Diuji
Pada tanggal, 24 Juni 2026

Pembimbing I



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

Pembimbing II



Utiya Hikmah, M.Si.
NIP. 19880605 202321 2 054

Mengetahui,
Ketua Program Studi



Farid Samsu Hananto, S.Si., M.T.
NIP. 19740513 200312 1 001

HALAMAN PENGESAHAN

ANALISIS JENIS SESAR MENGGUNAKAN METODE SEISMOTEKTONIK
BERBASIS DATA SEISMISITAS DAN *DIGITAL ELEVATION MODEL* (DEM)
DI WILAYAH NTB

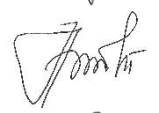
SKRIPSI

Oleh:

MAHARANI NUR FARADILA

NIM. 220604110053

Telah Dipertahankan Di Depan Dewan Penguji
Dan Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)
Pada Tanggal 29 Juni 2026

Penguji Utama	:	<u>Irjan, M.Si.</u> NIP. 19691231 200604 1 003	
Ketua Penguji	:	<u>Khusnul Yakin, M.Si., Ph.D.</u> NIP. 19910103 201903 1 009	
Sekretaris Penguji	:	<u>Ahmad Luthfin, M.Si.</u> NIP. 19860504 201903 1 009	
Anggota Penguji	:	<u>Utiya Hikmah, M.Si.</u> NIP. 19880605 202321 2 054	

Mengesahkan,
Ketua Program Studi



Farid Samsu Hananto, S.Si., M.T.
NIP. 19740513 200312 1 001

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : MAHARANI NUR FARADILA

NIM : 220604110053

Jurusan : FISIKA

Fakultas : SAINS DAN TEKNOLOGI

Judul Penelitian : Analisis Jenis Sesar Menggunakan Metode Seismotektonik

Berbasis Data Seismisitas Dan *Digital Elevation Model*

(DEM) Di Wilayah NTB

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa hasil penelitian saya ini tidak terdapat unsur-unsur penjiplakan karya penelitian atau karya ilmiah yang pernah dilakukan atau dibuat oleh orang lain, kecuali yang tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka. Apabila ternyata hasil penelitian ini terbukti terdapat unsur-unsur jiplakan maka saya bersedia untuk menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Malang, 25 Juni 2026

Yang Membuat pernyataan



Maharani Nur Faradila

NIM. 220604110053

MOTTO

“ Maka sesungguhnya bersama kesulitan pasti ada kemudahan. Maka apabila engkau telah selesai (dari suatu urusan), tetaplah bekerja keras (untuk urusan yang lain).

Dan hanya kepada-Nyalah engkau berharap.”

(QS. Al-Insyirah, 6-8)

“ Pelan pasti ku kabulkan s’gala catatan harapanmu tentang masa depan, tentang masa terang kebul jalan kuterjang”

(Perunggu-Gemilang)

“ Jika bukan karena Allah yang memampukan. Mungkin aku sudah lama menyerah”

HALAMAN PERSEMBAHAN

Dengan penuh rasa syukur ke hadirat Allah SWT atas limpahan rahmat, kasih, dan kekuatan-Nya yang senantiasa mengiringi setiap langkah dalam perjalanan ini, karya sederhana ini dengan tulus dan kerendahan hati saya persembahkan kepada:

1. Cinta pertama dan pintu surgaku, Papa & Mamaku. Terima kasih, atas setiap tetes keringat dalam setiap langkah pengorbanan dan kerja keras yang dilakukan untuk penulis mencapai gelar ini, mengusahakan untuk penulis baik-baik saja walau berada jauh dari pandangan kalian. Terima kasih sudah menjadi tempat keluh kesah jikalau semua merasa tidak berpihak dengan penulis. Terima kasih, atas doa yang selalu menyertai penulis dalam segala situasi, semangat yang tak kunjung henti yang selalu di berikan, cinta kasih sayang yang selalu memberikan kehangatan disetiap penulis merasa lelah. Kalau untuk mendeskripsikan kalian, tidak akan pernah cukup dalam satu skripsi ini. Semoga penulis tumbuh seperti apa yang kalian doakan dan impikan. Hidup lebih lama ya papa & mamaku agar senantiasa doa kalian memelukku.
2. Teruntuk adikku yang paling aku sayangi, terima kasih sudah hadir didunia ini selalu membawakan keceriaanmu dikala lelah, menjadi sahabat penulis, yang selalu memberikan doa tulus untuk penulis, memberikan cinta kasih dan sayang yang selalu tulus. Gelar ini ku persembahkan untukmu supaya kamu bisa terbang lebih tinggi dari kakakmu.
3. Untuk grup aasexy terima kasih sudah menemani penulis dari maba walau di akhir-akhir perkuliahan kita tampak berjalan sendiri-sendiri. Sukses selalu terima kasih sudah mewarnai hidup penulis.

4. Untuk Wasilatul Khoirin & Salma Amirotus Aljay, penulis banyak mengucapkan terima kasih sudah selalu menyediakan pundak disetiap penulis merasa sendiri. Terima kasih, sudah selalu membuat penulis tertawa lepas dan melepaskan beban yang berat. Semoga langkah kalian selalu ditemani takdir yang bersahabat dan harapan yang tak pernah lelah berjalan.
5. Rasa syukur mendalam penulis sampaikan kepada Tsabitah Rahmah Azzahro & Faliza Berliani yang hadir dihidup penulis disaat masa-masa terpuruknya. Terima kasih selalu memeluk penulis, selalu memberikan doa, memberikan semangat dan selalu meyakinkan bahwa penulis tidak pernah sendirian. Semoga semesta mempertemukan jiwa-jiwa yang hangat untuk setiap perjalananmu.
6. Kepada seseorang yang tak kalah penting kehadirannya, Mohammad Rizal Hakiki terima kasih telah menjadi bagian dari perjalanan hidup saya. Terima kasih atas kasih sayang yang selalu menenangkan saya, yang selalu bersedia memberikan pundaknya untuk saya, doa & dukunganmu menjadi alasan saya untuk tetap kuat. Semoga perjalanan kita selalu bersama.
7. *Last but not least*, anak perempuan pertama dan harapan orang tuanya, Maharani Nur Faradila. Ya, diri saya sendiri. Apresiasi sebesar-besarnya untuk diri sendiri yang telah berjuang tanpa henti. Terima kasih telah bekerja keras dan bertahan sejauh ini. Untuk setiap malam yang dihabiskan dalam kelelahan, setiap pagi yang disambut dengan kekhawatiran, namun tetap dijalani dan berhasil dilalui. Terima kasih kepada hati yang tetap ikhlas, meski banyak hal yang terjadi di luar prediksi. Terima kasih kepada jiwa yang tetap kuat, meski berkali-kali hampir menyerah karena kondisi. Terima kasih

kepada raga yang terus melangkah, meski lelah menghadapi tekanan tapi tetap diperjuangkan. Teruslah belajar dan mensyukuri nikmat yang Tuhan berikan. Tetap semangat untuk terus berusaha, berbahagialah dimanapun kamu berada. Penulis berdoa agar langkah kecilmu selalu diperkuat, dikelilingi orang-orang baik dan hebat, serta mimpimu satu persatu akan terjawab. Aamiin.

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Skripsi ini disusun sebagai bagian dari pemenuhan beban studi untuk mata kuliah Skripsi Fisika di Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Penyusunan skripsi ini tentu tidak terlepas dari dukungan dan bantuan berbagai pihak, oleh karena itu penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan dan motivasi selama proses ini. Ucapan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. Hj. Ilfi Nur Diana, M.Si, CAHRM., CRMP selaku Rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
2. Dr. Agus Mulyono, M.Kes selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Bapak Farid Samsu Hananto, S.Si., M.T. selaku Ketua Program Studi Fisika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
4. Bapak Ahmad Luthfin, M.Si dan Ibu Utiya Hikmah, M.Si sebagai dosen pembimbing yang memotivasi penulis dan meluangkan waktu untuk membimbing dengan baik selama menyusun skripsi.
5. Seluruh dosen Program Studi Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim.
6. Ayah, Ibu, Adik, dan keluarga besar yang senantiasa memberikan doa, dukungan, dan semangat dalam setiap aspek perjalanan ini.

7. Seluruh mahasiswa geofisika angkatan 2022 dan teman teman penulis atas kebersamaan, dukungan, serta motivasi yang telah diberikan selama masa studi ini. Kehadiran dan semangat kalian menjadi bagian penting dalam perjalanan ini. Semoga kebersamaan ini terus terjalin dan membawa manfaat bagi kita semua.

8. Semua pihak yang telah membantu penulis saat membutuhkan bantuan.

Semoga Allah SWT membalas kebaikan mereka semua. Penulis sadar bahwa skripsi ini masih jauh dari kata sempurna maka dari itu penulis mohon kritik dan saran yang membangun supaya tulisan ini bisa menjadi lebih baik lagi. Penulis berharap semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat dan tambahan ilmu kepada para pembaca Amiin Ya Rabbal Alamiin.

Malang, 25 Juni 2026
Yang Membuat pernyataan

Maharani Nur Faradila
NIM. 220604110053

DAFTAR ISI

COVER.....	i
HALAMAN JUDUL.....	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN.....	v
MOTTO.....	vi
HALAMAN PERSEMBAHAN	vii
KATA PENGANTAR	x
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR TABEL	xv
ABSTRAK.....	xvi
ABSTRACT	xvii
مستخلص البحث	xviii
 BAB I PENDAHULUAN	 1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	7
1.3. Tujuan.....	7
1.4. Batasan Masalah	7
1.5. Manfaat	7
1.5.1. Manfaat bagi Penulis.....	8
1.5.2. Manfaat Bagi Masyarakat.....	8
1.5.3. Manfaat Bagi Peneliti Selanjutnya	8
 BAB II KAJIAN PUSTAKA.....	 9
2.1. Sesar (<i>Fault</i>)	9
2.2. Geologi Wilayah Nusa Tenggara Barat (NTB)	13
2.2.1. Kondisi Topografi.....	14
2.2.2. Kondisi Stratigrafi Regional	15
2.3. Tektonik Regional Indonesia.....	16
2.4. Gempa Bumi Tektonik	18
2.5. Seismotektonik	21
2.6. Tensor Momen Gempa Bumi	23
2.7. Mekanisme Fokus Gempa (<i>Focal Mechanism</i>).....	24
2.8. <i>Digital Elevation Model</i> (DEM).....	26
 BAB III METODE PENELITIAN.....	 29
3.1. Lokasi Penelitian	29
3.2. Alat dan Bahan Penelitian	29
3.3. Jenis Data.....	29
3.4. Prosedur Pelaksanaan Penelitian	30
3.4.1. Pengumpulan Data	30
3.4.2. Pengolahan Data	33
3.5. Diagram Alir.....	39

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	40
4.1. Kondisi Tektonik Regional NTB.....	40
4.2. Distribusi Seismisitas Wilayah Nusa Tenggara Barat (NTB)	42
4.3. Analisis Mekanisme Fokus Gempa Bumi Wilayah Nusa Tenggara Barat (NTB).....	46
4.4. Analisis <i>Fault Fracture Density</i> (FFD).....	49
4.5. Analisis Keterkaitan FFD dengan Sebaran Episenter Gempa dan Mekanisme Fokus.....	52
4.6. Kajian Keislaman	55
BAB V PENUTUP	59
5.1. Kesimpulan.....	59
5.2. Saran	60
DAFTAR PUSTAKA	61
LAMPIRAN	66

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Jenis-jenis sesar (Anderson, 1951).....	9
Gambar 2.2 Peta Sebaran Sesar di Wilayah NTB.....	12
Gambar 2.3 Peta Geologi Wilayah Nusa Tenggara Barat.....	14
Gambar 2.4 Peta Indonesia (Tim Pusat Studi Gempa Nasional, 2017).	20
Gambar 3.1 Lokasi Penelitian.....	30
Gambar 3.2 Akses Data USGS Earthquakes Catalog.....	31
Gambar 3.3 Halaman Website USGS Earthquakes Catalog.....	31
Gambar 3.4 Website Global Centroid Momen	32
Gambar 3.5 Akses Usgs EarthExplorer	32
Gambar 3.6 Diagram Alir Penelitian	39
Gambar 4.1 Peta Tektonik Wilayah NTB.....	40
Gambar 4.2 Peta Sebaran Episenter Wilayah NTB	43
Gambar 4.3 Peta Mekanisme Fokus Gempa.....	46
Gambar 4.4 Peta Fault Fracture Density (FFD).....	50
Gambar 4.5 Peta Overlay FFD, Episenter Gempa, Mekanisme Fokus, dan Zona Tektonik Nusa Tenggara Barat	53

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Riwayat Kejadian Gempa Di Lokasi Penelitian Tahun 2023.	20
Tabel 4.1 Koordinat Representatif Zona Back Arc Trust	41
Tabel 4.2 Koordinat Representatif Zona Penunjaman	42
Tabel 4.3 Data Awal Seismisitas Wilayah NTB Sebelum Pengolahan	42
Tabel 4.4 Tabel Data Seismitas Hasil Olahan.....	44
Tabel 4.5 Data Mentah Momen Tensor	46
Tabel 4.6 Nilai Parameter Gempa Setelah Data diolah.....	47
Tabel 4.7 Hasil Pengelompokkan Jenis Sesar.....	48

ABSTRAK

Faradila, Maharani Nur. 2026. **Analisis Jenis Sesar Menggunakan Metode Seismotektonik Berbasis Data Seismitas dan *Digital Elevation Model* (DEM) di Wilayah NTB**. Skripsi. Program Studi Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Pembimbing: (I) Ahmad Luthfin M.Si (II) Utiya Hikmah M.Si.

Kata Kunci: Seismotektonik, Seismisitas, *Digital Elevation Model* (DEM), Mekanisme Fokus, Sesar, Nusa Tenggara Barat.

Wilayah Nusa Tenggara Barat (NTB) merupakan kawasan tektonik aktif yang dipengaruhi oleh subduksi Lempeng Indo-Australia di bagian selatan dan sistem *Back Arc Thrust* di bagian utara, sehingga memiliki aktivitas kegempaan dan struktur sesar yang kompleks. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi jenis sesar, menganalisis karakter pergerakan sesar, serta mengetahui keterkaitan pola *Fault Fracture Density* (FFD) terhadap lokasi sesar di wilayah NTB. Data yang digunakan berupa data gempa bumi tektonik periode 2014–2024 dengan magnitudo $\geq$ Mw 4,0, data mekanisme fokus dari Global CMT, serta data DEM sebagai dasar analisis morfologi permukaan. Metode yang digunakan meliputi pemetaan sebaran episenter, analisis mekanisme fokus berdasarkan parameter *strike*, *dip*, dan *rake*, serta overlay antara FFD, episenter, dan mekanisme fokus. Hasil penelitian menunjukkan bahwa jenis sesar di wilayah NTB didominasi oleh sesar *oblique* sebanyak 30 kejadian, diikuti sesar naik sebanyak 8 kejadian dan sesar normal sebanyak 5 kejadian. Dominasi sesar *oblique* menunjukkan bahwa deformasi wilayah NTB dipengaruhi oleh kombinasi gaya kompresi, geser, dan penyesuaian kerak akibat interaksi zona subduksi Indo-Australia dan sistem *Back Arc Thrust*. Hasil *overlay* menunjukkan bahwa zona FFD tinggi tidak selalu berimpit dengan lokasi episenter maupun mekanisme fokus, sehingga FFD tidak secara langsung menentukan lokasi sesar aktif, tetapi berperan sebagai data pendukung untuk menginterpretasikan zona lemah, kerapatan rekahan, dan kelurusan morfologi permukaan. Dengan demikian, penentuan jenis dan karakter sesar tetap didasarkan pada data mekanisme fokus, sedangkan FFD digunakan untuk memperkuat interpretasi struktur permukaan.

ABSTRACT

Faradila, Maharani Nur. 2026. **Analysis of Fault Types Using Seismotectonic Methods Based on Seismicity Data and Digital Elevation Models (DEM) in the West Nusa Tenggara (NTB)**. Thesis. Physics Department, Faculty of Science and Technology, Maulana Malik Ibrahim State Islamic University, Malang. Advisor. Pembimbing: (I) Ahmad Luthfin M.Si (II) Utiya Hikmah M.Si,

Kata Kunci: Seismotectonics, Seismicity, *Digital Elevation Model* (DEM), Focal Mechanism, Fault, West Nusa Tenggara.

West Nusa Tenggara (NTB) is an active tectonic region influenced by the subduction of the Indo-Australian Plate in the south and the Back Arc Thrust system in the north, resulting in high seismic activity and complex fault structures. This study aims to identify fault types, analyze fault movement characteristics, and determine the relationship between Fault Fracture Density (FFD) patterns and fault locations in the NTB region. The data used include tectonic earthquake data from 2014–2024 with magnitudes of $\geq M_w 4.0$, focal mechanism data from Global CMT, and Digital Elevation Model (DEM) data as the basis for surface morphology analysis. The methods include epicenter distribution mapping, focal mechanism analysis based on strike, dip, and rake parameters, and overlay analysis between FFD, epicenters, and focal mechanisms. The results show that fault types in the NTB region are dominated by oblique faults with 30 events, followed by thrust faults with 8 events and normal faults with 5 events. The dominance of oblique faults indicates that deformation in the NTB region is influenced by a combination of compressional forces, shear movement, and crustal adjustment due to the interaction between the Indo-Australian subduction zone and the Back Arc Thrust system. The overlay results show that high FFD zones do not always coincide with epicenter locations or focal mechanisms, indicating that FFD does not directly determine the location of active faults, but serves as supporting data for interpreting weak zones, fracture density, and surface morphological lineaments. Therefore, the determination of fault types and movement characteristics is primarily based on focal mechanism data, while FFD is used to strengthen the interpretation of surface structures.

مستخلص البحث

فراديلا، مهراڤي نور. 2026. تحليل أنواع الصدوع باستخدام المنهج السيزموتكتوني اعتمادًا على بيانات الزلزالية ونموذج الارتفاع الرقمي (DEM) في منطقة نوسا تنجارا الغربية (NTB). البحث الجامعي. قسم الفيزياء، كلية العلوم والتكنولوجيا، جامعة مولانا مالك إبراهيم الإسلامية الحكومية مالانج. المشرف الأول: أحمد لطفين، الماجستير. المشرفة الثانية: أوتيا حكمة، الماجستير.

الكلمات المفتاحية: السيزموتكتونية، الزلزالية، نموذج الارتفاع الرقمي (DEM)، آلية البؤرة الزلزالية، الصدع، نوسا تنجارا الغربية.

منطقة تكتونية نشطة تتأثر باندساس الصفيحة الهندية الأسترالية في الجزء الجنوبي ونظام الدفع القوسي (NTB) عدّ منطقة نوسا تنجارا الغربية في الجزء الشمالي، مما يؤدي إلى نشاط زلزالي مرتفع وبنية صدعية معقدة. يهدف هذا البحث إلى تحديد أنواع (Back Arc Thrust) الخلفي ومواقع (Fault Fracture Density/FFD) الصدوع، وتحليل خصائص حركة الصدوع، ومعرفة العلاقة بين نمط كثافة الصدوع والكسور وبيانات $M_w \geq 4.0$ استخدمت الدراسة بيانات الزلازل التكتونية خلال الفترة 2014–2024 بمقدار زلزالي NTB الصدوع في منطقة كأساس لتحليل المورفولوجيا السطحية. اعتمدت الطريقة (DEM) وبيانات نموذج الارتفاع الرقمي، Global CMT آلية البؤرة الزلزالية من FFD بالإضافة إلى تحليل التراكب بين dip rake و strike على رسم توزيع مراكز الزلازل، وتحليل آلية البؤرة الزلزالية بناءً على معاملات تهيمن عليها الصدوع المائلة بعدد 30 حدثًا، تليها صدوع NTB ومراكز الزلازل وآلية البؤرة الزلزالية. أظهرت النتائج أن أنواع الصدوع في منطقة يتأثر بمزيج NTB الدفع بعدد 8 أحداث، ثم الصدوع العادية بعدد 5 أحداث. وتشير هيمنة الصدوع المائلة إلى أن التشوه التكتوني في منطقة من قوى الضغط والحركة القصية وتكيف القشرة الأرضية نتيجة التفاعل بين منطقة اندساس الصفيحة الهندية الأسترالية ونظام الدفع القوسي العالية لا تتطابق دائمًا مع مواقع مراكز الزلازل أو آلية البؤرة الزلزالية، مما يدل على أن FFD الخلفي. كما أظهرت نتائج التراكب أن مناطق لا يحدد مباشرة مواقع الصدوع النشطة، بل يعمل كبيانات داعمة لتفسير مناطق الضعف وكثافة الكسور والخطيات المورفولوجية السطحية FFD لتعزيز تفسير البنية FFD وبذلك، فإن تحديد أنواع الصدوع وخصائص حركتها يعتمد أساسًا على بيانات آلية البؤرة الزلزالية، في حين يُستخدم السطحية.

BAB I

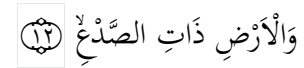
PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Indonesia adalah negara yang terletak di antara tiga lempeng tektonik utama dunia, yaitu Lempeng Indo-Australia, Lempeng Eurasia, dan Lempeng Pasifik. Ketiga lempeng ini saling bergerak dan berinteraksi secara aktif di wilayah Nusantara, yang menjadikan Indonesia sebagai salah satu wilayah dengan tingkat kegempaan tertinggi di dunia (Irsyam et al., 2020). Kegempaan terjadi akibat pelepasan energi yang dipicu oleh gesekan antar lempeng yang terjadi secara tiba-tiba sehingga sulit untuk diprediksi (Setiawan & Setiawan, 2015); (Tehseen et al., 2020). Aktivitas pergerakan dari lempeng-lempeng ini menunjukkan keberadaan zona subduksi yang menjadi pemicu aktivitas gempa tektonik.

Pergerakan dan interaksi tektonik antar lempeng di kerak bumi memicu terbentuknya struktur geologi seperti sesar atau patahan. Sesar atau patahan merupakan struktur geologi yang terbentuk karena adanya pergeseran lapisan bumi dari posisi semula. Sesar dibedakan menjadi dua jenis, yaitu sesar aktif dan sesar non-aktif. Sesar aktif adalah patahan yang masih terus bergerak, sedangkan sesar pasif adalah patahan yang tidak menunjukkan aktivitas pergerakan. Sesar non-aktif dapat mengalami reaktivasi jika dipengaruhi oleh aktivitas atau gaya eksternal. Oleh karena itu, keberadaan sesar non-aktif tetap perlu dikhawatirkan secara rutin (Minardi et al., 2014).

Dalam Al Qur'an telah banyak menjelaskan tentang segala sesuatu mengenai kejadian-kejadian alam, salah satunya yaitu fenomena sesar. Firman Allah SWT. Q.S. at- Tariq [86]:12.



Artinya:

“Dan bumi yang mempunyai belahan (retakan).”

Ayat ini menggambarkan bumi sebagai suatu entitas yang menjalani proses pembelahan atau rekahan. Kata *aş-şad'* (الصَّدْع) dalam bahasa Arab secara mendasar bermakna terbelah, terretak, atau terpisah karena adanya gaya atau tekanan eksternal. Makna *linguistik* ini menunjukkan bahwa bumi dipandang sebagai objek yang mengalami transformasi struktur fisik, bukan sebagai massa yang diam dan tidak mengalami perubahan.

Dari perspektif ilmu kebumihan kontemporer, gambaran bumi yang mengalami rekahan selaras dengan konsep dinamika kerak bumi, di mana aktivitas tektonik memicu terbentuknya rekahan dan zona sesar. Gerakan lempeng tektonik menghasilkan akumulasi tegangan yang akhirnya dilepaskan melalui rekahan di kerak bumi, yang bisa memicu gempa bumi dan modifikasi bentuk permukaan. Oleh karena itu, ayat tersebut dapat disinkronkan sebagai representasi fenomena alam berupa menandakan bahwa deformasi kerak bumi dan aktivitas tektonik masih terus berlangsung secara aktif di bagian utara NTB (Soleh, 2018).

Menurut penafsiran Ibnu Katsir, frasa *dhātīş-şad'* diartikan sebagai bumi yang terbelah dan merekah, sehingga memungkinkan pertumbuhan tanaman dan munculnya udara dari dalam tanah. Ibnu Katsir menjelaskan bahwa rekahan bumi merupakan bukti kekuasaan Allah dalam mengelola kehidupan di bumi. Proses pembelahan ini menunjukkan bahwa bumi mengalami transformasi alami yang telah ditentukan oleh Allah sebagai sarana kelangsungan hidup makhluk.

Menurut Ath-Thabari dan Al-Qurthubi menafsirkan *aş-şad'* sebagai kejadian pembelahan bumi yang konkret dan berulang karena faktor-faktor alam seperti

turunnya hujan, perkembangan vegetasi, serta modifikasi struktur permukaan bumi. Al-Qurthubi menegaskan bahwa bumi bukanlah objek yang statis, melainkan terus mengalami evolusi sebagai bagian dari sunnatullah. Penafsiran ini secara konseptual sejalan dengan pandangan geologi kontemporer tentang pendinginan kerak bumi dan pembentukan rekahan struktural seperti sesar.

Nusa Tenggara Barat (NTB) salah satu daerah di Indonesia yang punya tingkat kegiatan gempa bumi yang cukup tinggi. Dari segi tektonik, wilayah ini dipengaruhi oleh interaksi antara proses penunjaman Lempeng Indo-Australia di bagian selatan, dan ada sistem patahan aktif di daratan dan sekitar busur belakang. Karena kondisi tektonik seperti itu, NTB sering kali terjadi gempa bumi yang dangkal sampai menengah, yang bisa menimbulkan kerusakan parah. Tingginya aktivitas gempa ini menunjukkan wilayah NTB masih dalam fase tektonik yang hidup dan terus berubah (Hall, 2012).

Menurut data Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG), gempa bumi di daerah NTB sering terjadi setiap tahunnya, dengan kebanyakan gempa yang skalanya kecil sampai sedang. Kebanyakan gempa ini terjadi di kedalaman yang tidak terlalu dalam, dan biasanya terkait sangat sama dengan patahan aktif yang ada di lapisan kerak bumi bagian atas. Pola gempa seperti ini menunjukkan bahwa selain pengaruh dari proses penunjaman lempeng di skala regional, patahan-patahan lokal juga ikut andil sebagai pemicu gempa di NTB (BMKG., 2024).

Pendekatan seismotektonik itu salah satu cara yang sering digunakan untuk meidentifikasi keberadaan dan karakteristik sesar, dengan cara menganalisis hubungan antara kegiatan gempa bumi sama struktur geologi di sekitarnya. Metode

ini menggunakan data seismisitas seperti distribusi titik gempa, kedalaman sumber gempa, kekuatan gempa, plus mekanisme fokus pusatnya. Dari analisis mekanisme fokus, dapat diperoleh informasi mengenai jenis pergerakan sesar, seperti sesar naik, sesar normal, maupun sesar geser mendatar. Dengan demikian, pendekatan ini tidak hanya mampu mengidentifikasi keberadaan sesar, tetapi juga menentukan jenis sesar dan karakter pergerakannya (Yeats et al., 1997).

Selain data seismik, data topografi berupa *Digital Elevation Model (DEM)* juga dimanfaatkan sebagai data pendukung dalam interpretasi sesar aktif. Data DEM memungkinkan analisis kelurusan morfologi, perbedaan elevasi, serta pola bentang alam yang berkaitan dengan aktivitas tektonik. Integrasi antara data seismisitas, mekanisme fokus gempa, dan DEM memberikan pendekatan yang lebih komprehensif karena mampu menghubungkan aktivitas gempa bawah permukaan dengan ekspresi geomorfologi di permukaan. Pendekatan ini dinilai efektif untuk wilayah dengan kompleksitas tektonik tinggi seperti Nusa Tenggara Barat (Keller & Pinter, 2002).

Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa pendekatan seismotektonik efektif dalam mengidentifikasi sesar aktif dan menentukan karakter pergerakannya. (Hutchings & Mooney, 2021) melakukan kajian seismisitas Indonesia secara regional dengan mengintegrasikan data gempa bumi dan mekanisme fokus, dan menyimpulkan bahwa pola sebaran gempa dangkal sangat berkaitan dengan sistem sesar aktif dan zona deformasi intraplate. Hasil penelitian tersebut menegaskan bahwa analisis seismisitas dan mekanisme fokus dapat digunakan untuk memahami dinamika tektonik aktif di wilayah Indonesia, termasuk kawasan Nusa Tenggara Barat.

Penelitian lain yang secara spesifik membahas wilayah Bali–Nusa Tenggara dilakukan oleh (McCaffrey & Nabelek, 1987) yang mengkaji mekanisme sumber gempa dan deformasi kerak di sepanjang busur Sunda bagian tengah. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa aktivitas gempa di wilayah Bali hingga Flores tidak hanya dipengaruhi oleh subduksi Lempeng Indo-Australia, tetapi juga oleh sistem sesar naik busur belakang (*back-arc thrust*) yang aktif. Temuan tersebut menunjukkan bahwa sumber gempa di wilayah NTB bersifat kompleks dan melibatkan lebih dari satu mekanisme tektonik.

Beberapa penelitian terdahulu telah menunjukkan implementasi analisis seismisitas dan *focal mechanism* untuk mengidentifikasi sesar aktif dan karakter sesar di Indonesia. Misalnya, penelitian mengenai pola seismisitas pada kawasan Sesar Opak-Oyo di Yogyakarta pada tahun 2017 menunjukkan bahwa distribusi episenter gempa memberikan indikasi aktivitas sesar aktif dengan nilai parameter seismik tertentu. Distribusi episenter yang dominan pada sisi timur dan tenggara jalur sesar tersebut mengindikasikan konsentrasi seismisitas yang dapat berhubungan dengan deformasi kerak lokal.

Berdasarkan tinjauan terhadap penelitian-penelitian terdahulu tersebut, dapat disimpulkan bahwa integrasi data seismisitas, focal mechanism, dan data topografi merupakan pendekatan yang komprehensif dalam kajian sesar aktif. Namun, kajian seismotektonik yang secara khusus difokuskan pada wilayah NTB dengan integrasi data seismisitas, mekanisme fokus gempa, dan data DEM masih relatif terbatas. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk menentukan jenis dan karakter pergerakannya di wilayah NTB menggunakan pendekatan seismotektonik yang didukung oleh data *Digital Elevation Model* (DEM). Dengan

demikian, penelitian ini difokuskan pada identifikasi jenis sesar berdasarkan analisis seismisitas, mekanisme fokus gempa, serta dukungan data topografi (DEM), sehingga diperoleh interpretasi yang lebih komprehensif mengenai karakter struktur geologi di wilayah Nusa Tenggara Barat (Pike et al., 2009).

Penelitian ini dipilih karena wilayah Nusa Tenggara Barat (NTB) merupakan kawasan dengan tingkat aktivitas tektonik yang tinggi dan kompleks, namun masih memiliki keterbatasan kajian detail mengenai keberadaan dan karakter sesar aktif, khususnya yang dikaji melalui pendekatan seismotektonik. Aktivitas gempa bumi yang sering terjadi di wilayah ini menunjukkan bahwa proses deformasi kerak masih berlangsung, sehingga diperlukan penelitian yang mampu mengidentifikasi sumber gempa secara lebih mendalam. Pendekatan seismotektonik yang memanfaatkan data seismisitas dan mekanisme fokus gempa dipandang tepat karena mampu memberikan informasi tidak hanya mengenai lokasi sesar aktif, tetapi juga jenis dan arah pergerakannya, yang sangat penting dalam kajian kebencanaan dan mitigasi risiko gempa bumi (Hutchings & Mooney, 2021).

Selain itu, penelitian ini juga dipilih karena integrasi data seismik dengan data topografi berupa *Digital Elevation Model (DEM)* dinilai mampu memberikan gambaran yang lebih komprehensif mengenai hubungan antara aktivitas gempa bawah permukaan dan ekspresi morfologi di permukaan. Pemanfaatan data terbuka dan perangkat lunak yang relatif mudah diakses menjadikan penelitian ini realistis untuk dilakukan dalam skala penelitian akademik, sekaligus memiliki kontribusi ilmiah dan praktis. Dengan demikian, hasil penelitian diharapkan dapat melengkapi kajian tektonik regional Bali–NTB serta menjadi referensi tambahan bagi penelitian lanjutan dan upaya mitigasi bencana gempa bumi di wilayah tersebut (Keller &

Pinter, 2002)

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan Latar belakang yang telah diuraikan, maka penelitian ini memiliki rumusan masalah sebagai berikut:

1. Apa saja jenis sesar yang terdapat di wilayah NTB
2. Bagaimana karakter pergerakan sesar di wilayah NTB?
3. Bagaimana keterkaitan pola Fault Fracture Density (FFD) terhadap lokasi sesar di wilayah NTB?

1.3. Tujuan

Tujuan dilakukan penelitian ini sebagai berikut:

1. Untuk mengidentifikasi jenis sesar di wilayah NTB.
2. Untuk mengetahui karakter pergerakan sesar di wilayah NTB.
3. Untuk mengetahui keterkaitan pola Fault Fracture Density (FFD) terhadap lokasi sesar di wilayah NTB.

1.4. Batasan Masalah

Agar penelitian ini lebih terarah dan fokus pada tujuan yang ingin dicapai, maka ditetapkan beberapa batasan masalah sebagai berikut:

1. Wilayah penelitian dibatasi pada kawasan NTB sesuai dengan batas administrasi dan cakupan data yang tersedia.
2. Data gempa bumi yang digunakan periode 2014-2024.
3. Gempa bumi yang dianalisis dibatasi pada gempa tektonik dengan magnitudo tertentu ($\geq M_w 4,0$) dan kedalaman dangkal hingga menengah.

1.5. Manfaat

Manfaat dilakukannya penelitian ini yaitu:

1.5.1. Manfaat bagi Penulis

Penelitian ini memberikan manfaat bagi penulis sebagai sarana untuk meningkatkan pemahaman mengenai konsep tektonik aktif dan penerapan metode seismotektonik dalam mengidentifikasi sesar aktif serta menentukan jenis pergerakannya. Selain itu, penelitian ini melatih penulis dalam mengolah dan menginterpretasikan data seismisitas, mekanisme fokus gempa, dan data topografi menggunakan perangkat lunak pemetaan, sehingga dapat meningkatkan kemampuan analisis dan keterampilan teknis yang berguna dalam bidang geofisika dan kebencanaan.

1.5.2. Manfaat Bagi Masyarakat

Bagi masyarakat, khususnya yang berada di wilayah Bali dan Nusa Tenggara Barat, penelitian ini diharapkan dapat menambah pengetahuan mengenai potensi keberadaan sesar aktif dan aktivitas gempa bumi di wilayah sekitarnya. Informasi yang dihasilkan dapat meningkatkan kesadaran masyarakat terhadap risiko bencana gempa bumi, sehingga mendorong kesiapsiagaan dan upaya mitigasi yang lebih baik dalam menghadapi potensi bahaya gempa di masa mendatang.

1.5.3. Manfaat Bagi Peneliti Selanjutnya

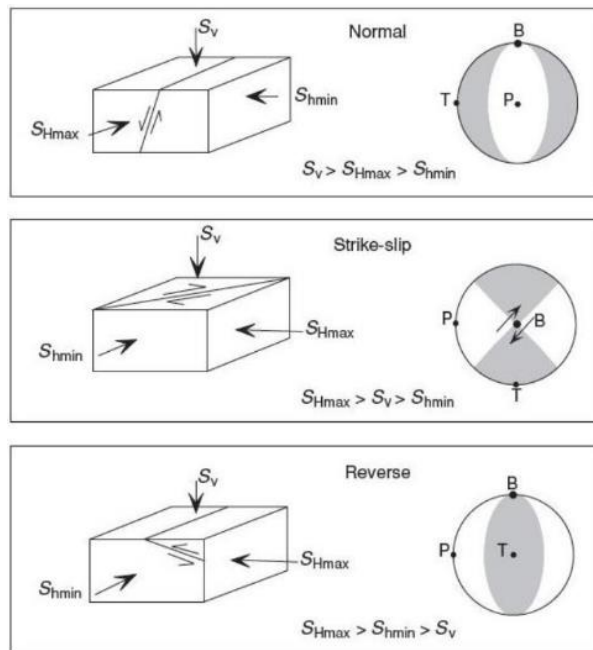
Penelitian ini dapat menjadi referensi dan bahan pembandingan bagi penelitian selanjutnya yang berkaitan dengan kajian sesar aktif, seismotektonik, dan pemanfaatan data seismik serta data topografi. Metode dan hasil penelitian ini dapat dikembangkan lebih lanjut dengan penambahan data, metode, atau wilayah kajian yang berbeda, sehingga dapat memperkaya kajian tektonik dan kebencanaan di Indonesia.

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

2.1. Sesar (*Fault*)

Sesar adalah bidang retak atau patahan di kerak bumi yang ditandai oleh pergeseran relatif antara dua bagian batuan karena pengaruh gaya tektonik. Pergeseran ini terjadi ketika tekanan yang diberikan pada batuan melampaui kekuatan batuan itu sendiri, sehingga menghasilkan deformasi yang bersifat permanen. Pembentukan sesar sangat terkait dengan dinamika gerakan lempeng tektonik, seperti penunjaman, tabrakan, atau geseran lateral antar lempeng. Oleh sebab itu, sesar menjadi salah satu komponen struktural utama yang menunjukkan tingkat aktivitas tektonik di suatu wilayah (Anderson, 1951).



Gambar 2.1 Jenis-jenis sesar (Anderson, 1951)

Menurut Anderson (1951) jenis- jenis sesar dapat diklasifikasikan menjadi tiga jenis yaitu :

a. Sesar normal (*normal fault*)

Sesar normal dicirikan oleh gerakan blok batuan yang *hanging wall* turun relatif terhadap *footwall*. Jenis sesar ini muncul karena adanya gaya tarik (ekstensional) yang mempengaruhi kerak bumi, yang pada akhirnya membuat kerak memanjang dan menipis. Keadaan ini biasanya terjadi di wilayah tektonik yang mengalami regangan, seperti area rift atau bagian belakang zona subduksi. Gerakan sesar normal sering kali menghasilkan pembentukan lembah runtutan (*graben*) dan ketinggian struktural (*horst*), yang merupakan fitur morfologi khas dari daerah yang mengalami peregangan.

b. Sesar naik (*Reverse / Thrust Fault*)

Sesar naik, dicirikan oleh gerakan *hanging wall* yang naik relatif terhadap *footwall* karena pengaruh gaya tekan (kompresional). Jenis sesar ini berkembang saat kerak bumi mengalami pemendekan dari tekanan horizontal yang intens, seperti di area tabrakan lempeng atau zona subduksi. Apabila bidang sesar memiliki kemiringan yang datar, maka disebut sebagai sesar dorong (*thrust fault*). Sesar naik memainkan peran krusial dalam proses pembentukan pegunungan dan sering kali menjadi pemicu gempa bumi hebat akibat penumpukan tegangan yang signifikan.

c. Sesar geser mendatar (*Strike-Slip Fault*)

Sesar geser mendatar, menunjukkan gerakan blok batuan yang utamanya horizontal dan paralel dengan arah jurus sesar. Jenis sesar ini muncul karena adanya gaya geser yang bekerja sejalan dengan permukaan bumi, tanpa mengakibatkan kenaikan atau penurunan yang berarti pada blok batuan. Sesar geser mendatar

dibagi menjadi sesar geser kanan (*dekstral*) dan sesar geser kiri (*sinistral*), berdasarkan arah pergerakannya. Di Indonesia, sesar geser mendatar adalah tipe sesar yang sering dijumpai dan kerap menjadi penyebab gempa bumi dangkal yang destruktif.

d. Sesar *Oblique* (*Oblique Fault*)

Sebagian besar kejadian gempa pada wilayah penelitian menunjukkan mekanisme sesar *oblique* yang ditandai oleh nilai *rake* yang berada di antara mekanisme sesar naik dan sesar normal. Nilai tersebut menunjukkan bahwa pergerakan sesar tidak berlangsung secara vertikal maupun horizontal secara murni, melainkan merupakan kombinasi keduanya. Kondisi ini mengindikasikan bahwa deformasi kerak bumi di wilayah NTB dikontrol oleh kombinasi gaya kompresi dan gaya geser yang bekerja secara bersamaan. Variasi nilai *strike* menunjukkan bahwa orientasi bidang sesar berkembang mengikuti kompleksitas struktur geologi regional, sedangkan nilai *dip* yang umumnya sedang hingga curam menunjukkan bahwa proses deformasi terjadi pada bidang sesar aktif. Dominasi sesar *oblique* dalam penelitian ini mencerminkan kompleksitas tektonik NTB yang dipengaruhi oleh interaksi antara proses subduksi di bagian selatan dan aktivitas *Flores Back Arc Thrust* di bagian utara. Kombinasi kedua sistem tektonik tersebut menghasilkan pola pergerakan sesar yang lebih kompleks dibandingkan mekanisme sesar tunggal.

Menurut Wallace (1986), sesar dapat diklasifikasikan berdasarkan tingkat aktivitas tektoniknya menjadi dua kelompok utama, yaitu :

a. Sesar aktif

Sesar aktif adalah sesar yang masih mengalami pergerakan pada masa geologi sekarang atau berpotensi untuk bergerak kembali di masa mendatang. Menurut

Wallace (1986), sesar dikategorikan sebagai aktif apabila menunjukkan bukti aktivitas tektonik muda, seperti kejadian gempa bumi dangkal yang berulang, pergeseran lapisan batuan muda, serta deformasi permukaan yang masih jelas. Sesar aktif merupakan sumber utama gempa bumi tektonik yang berbahaya bagi wilayah sekitarnya.

b. Sesar tidak aktif

Sesar tidak aktif adalah sesar yang terbentuk pada masa geologi lampau dan tidak lagi menunjukkan bukti pergerakan pada kondisi tektonik saat ini. Menurut Wallace (1986), sesar jenis ini tidak berasosiasi dengan kejadian gempa bumi modern dan umumnya telah mengalami stabilisasi dalam jangka waktu geologi yang panjang. Akibatnya, sesar tidak aktif tidak lagi menjadi sumber utama gempa bumi.



Gambar 2.2 Peta Sebaran Sesar di Wilayah NTB
(Kementrian ESDM., 2025).

Berdasarkan peta distribusi sesar, Pulau Lombok dan Pulau Sumbawa dilintasi oleh beberapa sesar yang umumnya berorientasi barat–timur hingga barat laut–tenggara, yang terkait dengan sistem Flores *Back-Arc Thrust*. Sistem *Flores Back Arc Thrust* merupakan sistem sesar naik () yang terbentuk akibat gaya

kompresi regional sebagai respons terhadap penunjaman Lempeng Indo-Australia di bawah Lempeng Eurasia. Sistem sesar ini menjadi salah satu sumber utama aktivitas gempa bumi di wilayah Nusa Tenggara Barat termasuk serangkaian gempa Lombok pada tahun 2018. Adanya sesar mendatar aktif ini menandakan bahwa pembekuan kerak bumi masih terus berlangsung secara aktif di bagian utara NTB ((McCaffrey & Nabelek, 1987)).

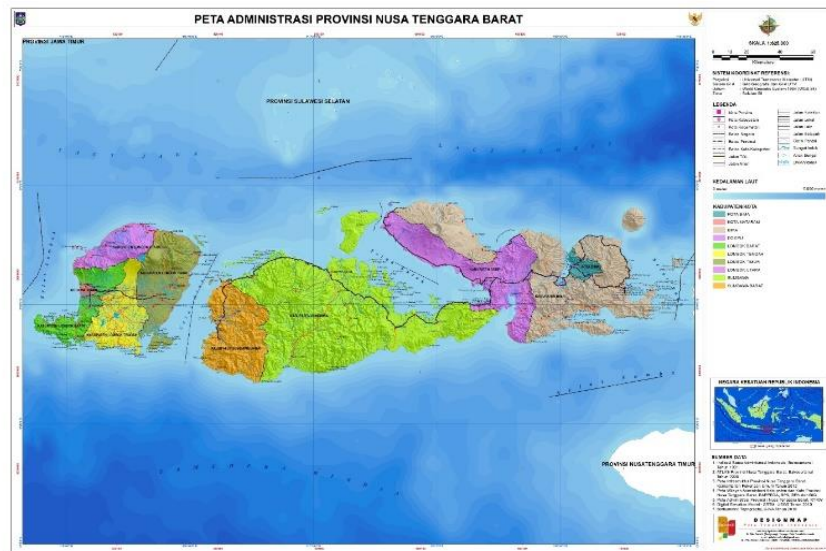
Peta juga menunjukkan adanya sesar-sesar daratan yang berorientasi miring hingga hampir vertikal terhadap arah busur, yang berfungsi sebagai sesar geser mendatar dan sesar normal setempat. Sesar-sesar tersebut berfungsi sebagai penyesuaian struktur yang terjadi oleh kombinasi gaya kompresi regional dan respon kerak lokal terhadap proses subduksi (Hall, 2012a).

Menurut (Hutchings & Mooney, 2021), penggabungan informasi seismisitas, pusat mekanisme gempa, dan ekspresi morfologi permukaan dari data DEM mendukung untuk menentukan karakteristik dan jenis gerakan sesar aktif di NTB, yang memiliki kompleksitas tektoniknya yang tinggi.

2.2. Geologi Wilayah Nusa Tenggara Barat (NTB)

Secara geografis, Provinsi Nusa Tenggara Barat (NTB) terletak pada koordinat sekitar $8^{\circ}00' - 9^{\circ}30' \text{ LS}$ dan $115^{\circ}45' - 119^{\circ}15' \text{ BT}$, meliputi Pulau Lombok, Pulau Sumbawa, serta pulau-pulau kecil di sekitarnya. Wilayah ini di sebelah barat berbatasan dengan Provinsi Bali yang dipisahkan oleh Selat Lombok, di sebelah timur berbatasan dengan Provinsi Nusa Tenggara Timur (NTT) yang dipisahkan oleh Selat Sape, di bagian utara berbatasan dengan Laut Flores, dan di bagian selatan berbatasan langsung dengan Samudra Hindia. Posisi geografis tersebut menempatkan NTB pada zona tektonik aktif Busur Sunda–Banda, yang

dipengaruhi oleh subduksi Lempeng Indo-Australia di selatan serta aktivitas sesar busur belakang di utara, sehingga wilayah ini memiliki tingkat kerawanan gempa bumi yang relatif tinggi (Hall, 2012a).



Gambar 2.3 Peta Geologi Wilayah Nusa Tenggara Barat

2.2.1. Kondisi Topografi

Wilayah Nusa Tenggara Barat (NTB) memiliki variasi elevasi yang kontras, mulai dari dataran rendah pesisir hingga daerah pegunungan dengan ketinggian lebih dari 3.000 meter di atas permukaan laut. Pulau Lombok didominasi oleh bentang alam vulkanik yang berpusat pada Gunung Rinjani (± 3.726 mdpl), sedangkan Pulau Sumbawa memiliki topografi bergelombang hingga bergunung dengan beberapa kompleks gunung api seperti Tambora. Variasi topografi ini mencerminkan pengaruh kuat aktivitas vulkanisme dan tektonik yang masih berlangsung, sehingga NTB menunjukkan relief yang relatif terjal dan tidak merata (Hamilton & U.S. Govt. Print. Off., 1979).

2.2.2. Kondisi Stratigrafi Regional

a. Satuan Batuan Pra-Tersier

Satuan batuan Pra-Tersier di wilayah Nusa Tenggara Barat umumnya tersingkap terbatas dan berperan sebagai batuan dasar (*basement*). Satuan ini terdiri atas batuan *metamorf* dan batuan beku berumur Mesozoikum yang terbentuk sebelum berkembangnya sistem busur vulkanik Sunda–Banda. Keberadaan batuan Pra-Tersier ini menunjukkan bahwa wilayah NTB telah mengalami sejarah tektonik yang panjang sebelum aktivitas subduksi modern berlangsung, meskipun singkapannya relatif jarang dan umumnya tertutup oleh satuan yang lebih muda (Hamilton & U.S. Govt. Print. Off., 1979).

b. Satuan Batuan Tersier

Satuan Tersier di NTB didominasi oleh batuan sedimen laut dan vulkanik yang terbentuk selama *Kala Paleogen* hingga *Neogen*. Endapan sedimen seperti batupasir, batulempung, dan batugamping berkembang sebagai hasil sedimentasi di cekungan laut dangkal hingga laut dalam. Pada Kala Neogen, aktivitas vulkanisme mulai meningkat dan menghasilkan satuan vulkanik dan vulkanoklastik yang luas. Menurut (Hall, 2012b), perkembangan satuan Tersier di Nusa Tenggara mencerminkan fase awal pembentukan busur Sunda yang berkaitan erat dengan subduksi Lempeng Indo-Australia.

c. Formasi Vulkanik *Neogen–Plistosen*

Formasi vulkanik berumur *Neogen* hingga *Plistosen* merupakan satuan yang paling luas penyebarannya di NTB. Satuan ini tersusun atas lava *andesit–basalt*, breksi vulkanik, tuf, dan endapan *piroklastik* yang berasal dari aktivitas gunung api busur Sunda. Di Pulau Lombok dan Sumbawa, satuan

ini membentuk pegunungan vulkanik utama dan menjadi penyusun dominan morfologi regional. Aktivitas vulkanik yang intens pada periode ini juga berkontribusi terhadap pembentukan struktur sesar akibat proses tektonik yang masih aktif (Carlile & Mitchell, 1994)

d. Formasi Gunung Api Kwartir

Satuan Kwartir di NTB didominasi oleh produk gunung api muda yang masih aktif hingga saat ini, seperti Gunung Rinjani di Lombok dan Gunung Tambora di Sumbawa. Formasi ini tersusun atas lava muda, breksi piroklastik, tuf, dan endapan lahar yang umumnya belum terkonsolidasi dengan baik. Keberadaan satuan Kwartir ini menandakan bahwa aktivitas magmatisme dan tektonik di wilayah NTB masih berlangsung hingga zaman sekarang dan berasosiasi erat dengan aktivitas gempa bumi dangkal (Self et al., 1984).

e. Endapan Aluvial dan Endapan Permukaan

Endapan aluvial merupakan satuan termuda yang berkembang di wilayah NTB, terutama di dataran rendah, lembah sungai, dan daerah pesisir. Satuan ini tersusun atas pasir, lanau, lempung, dan kerikil hasil proses pelapukan, erosi, dan sedimentasi dari satuan batuan yang lebih tua. Endapan aluvial sering menjadi indikator tidak langsung aktivitas tektonik, karena deformasi atau pergeseran pada endapan ini dapat mencerminkan pengaruh sesar aktif di bawahnya. Oleh karena itu, satuan aluvial juga memiliki peran penting dalam kajian seismotektonik dan mitigasi bencana (Keller & Pinter, 2002)

2.3. Tektonik Regional Indonesia

Indonesia adalah negara yang terletak di antara tiga lempeng tektonik utama

dunia, yaitu Lempeng Indo-Australia, Lempeng Eurasia, dan Lempeng Pasifik. Ketiga lempeng ini saling bergerak dan berinteraksi secara aktif di wilayah Nusantara, yang menjadikan Indonesia sebagai salah satu wilayah dengan tingkat kegempaan tertinggi di dunia (Tim Pusat Studi Gempa Nasional, 2017). Kegempaan terjadi akibat pelepasan energi yang dipicu oleh gesekan antar lempeng yang terjadi secara tiba-tiba sehingga sulit untuk diprediksi (Setiawan & Setiawan, 2015); (Tehseen et al., 2020). Aktivitas pergerakan dari lempeng- lempeng ini menunjukkan keberadaan zona subduksi yang menjadi pemicu aktivitas gempa tektonik.

Menurut (Hamilton & U.S. Govt. Print. Off., 1979), konfigurasi tektonik Indonesia dikontrol oleh subduksi Lempeng Indo-Australia ke bawah Lempeng Eurasia di sepanjang Busur Sunda, yang membentang dari Sumatra, Jawa, Bali, hingga Nusa Tenggara, dan menjadi sumber utama aktivitas gempa bumi serta gunung api di wilayah ini. Kondisi tektonik Indonesia juga dipengaruhi oleh adanya sistem sesar aktif regional dan busur belakang (*back-arc*). Menurut (Hall, 2012b), terjadinya tektonik di Indonesia tidak hanya berlangsung di zona subduksi, tetapi juga berkembang di daratan melalui pembentukan sesar geser mendatar, sesar naik, dan sesar normal sebagai respon terhadap gaya tektonik regional. Keberadaan sistem sesar besar seperti Sesar Sumatra, Sesar Palu-Koro, dan Flores *Back-Arc Thrust* menunjukkan bahwa terjadinya kerak di Indonesia bersifat menyebar dan rumit. Proses ini menghasilkan pola seismisitas dangkal hingga menengah yang sangat terkait dengan aktivitas sesar aktif di daratan dan laut.

Menurut (McCaffrey, 2009), kebanyakan gempa bumi dangkal di Indonesia diatur oleh sistem sesar aktif yang terbentuk sebagai respons terhadap penyesuaian

akibat penunjaman miring dan gerakan lateral lempeng. Hal ini didukung oleh penelitian (Hutchings & Mooney, 2021) yang menunjukkan bahwa pola seismisitas di Indonesia bagian tengah dan timur, termasuk wilayah Nusa Tenggara, menggambarkan pengaruh kombinasi antara penunjaman dan aktivitas sesar di belakang busur. Oleh karena itu, pengetahuan tentang tektonik regional Indonesia merupakan dasar dalam penelitian sesar aktif dan pengurangan risiko gempa bumi.

2.4. Gempa Bumi Tektonik

Gempa bumi tektonik adalah jenis gempa yang terjadi akibat pelepasan energi elastik yang telah terkumpul di dalam lapisan kerak bumi, sebagai reaksi terhadap gerakan lempeng tektonik atau kegiatan sesar yang aktif. Saat tekanan yang diberikan pada batuan melampaui daya tahan batuan itu sendiri, maka akan terjadi retakan atau pergeseran mendadak yang memicu gelombang seismik (Shearer, P. M., 2009). Menurut (Scholz, 2002) gempa bumi tektonik berperan sebagai cara utama untuk melepaskan tekanan di kerak bumi dan menjadi faktor utama penyebab gempa di area dengan aktivitas tektonik intens, seperti wilayah subduksi dan daerah yang terpengaruh sesar aktif.

Dalam Al Qur'an telah banyak menjelaskan tentang segala sesuatu mengenai kejadian-kejadian alam, salah satunya yaitu Gempa bumi. Firman Allah SWT. Q.S. Az-Zalzalah: 1-2 :

إِذَا زُلْزِلَتِ الْأَرْضُ زِلْزَالَهَا ۖ وَأَخْرَجَتِ الْأَرْضُ أَثْقَالَهَا ۖ

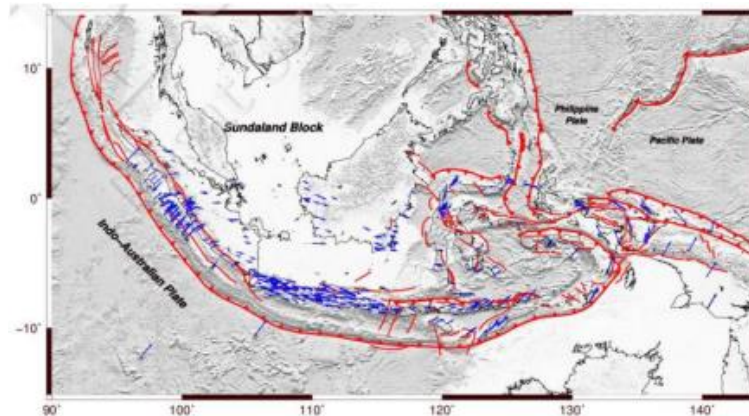
"Apabila bumi digoncangkan dengan guncangan yang dahsyat, dan bumi telah mengeluarkan beban-beban berat (yang dikandung)nya," (QS. Az-Zalzalah: 1–2).

Ayat tersebut menjelaskan bahwa bumi dapat mengalami guncangan yang dahsyat sebagai bentuk kekuasaan Allah SWT. Dalam perspektif ilmu pengetahuan, gempa bumi merupakan fenomena alam yang terjadi akibat pelepasan energi di

dalam bumi yang dipicu oleh aktivitas tektonik, seperti pergerakan lempeng dan sesar. Fenomena gempa bumi menunjukkan bahwa bumi terus mengalami proses dan perubahan yang berlangsung secara alami. Melalui pengkajian fenomena tersebut, manusia dapat memperoleh pengetahuan mengenai dinamika bumi sekaligus mengambil hikmah dari tanda-tanda kebesaran Allah SWT yang terdapat di alam semesta.

Pemahaman tersebut juga diperkuat oleh hadis Rasulullah SAW yang diriwayatkan oleh Imam Bukhari, yaitu: "Tidak akan terjadi hari kiamat hingga banyak terjadi pembunuhan dan banyak terjadi gempa bumi" (HR. Bukhari No. 1036). Hadis ini menunjukkan bahwa gempa bumi merupakan salah satu fenomena yang memiliki makna penting dalam kehidupan manusia. Oleh karena itu, Islam mendorong umatnya untuk memperhatikan, mempelajari, dan mengambil pelajaran dari setiap peristiwa alam yang terjadi. Melalui kajian ilmiah terhadap fenomena gempa bumi, manusia dapat memahami proses yang terjadi di bumi sekaligus meningkatkan keimanan dan rasa syukur atas kebesaran Allah SWT yang menciptakan alam semesta dengan segala keteraturannya.

Gempa tektonik merupakan salah satu gempa yang rawan terjadi di Indonesia, hal ini di latar belakang oleh kondisi tektonik Indonesia yang berada pada pertemuan lempeng besar dunia dan beberapa lempeng kecil (*microblocks*). Empat lempeng utama yang mengelilingi Indonesia yaitu Lempeng Indo-Australia, Lempeng Pasifik, Lempeng Eurasia, dan Lempeng Laut Filipina seperti yang ditampilkan pada gambar 2.4 (Tim Pusat Studi Gempa Nasional, 2017)



Gambar 2.4 Peta Indonesia (Tim Pusat Studi Gempa Nasional, 2017).

Gerakan tumbukan antar lempeng-lempeng yang ada di Indonesia yang dibarengi gerakan regangan dan tegangan menyebabkan energi potensial terakumulasi. Apabila daerah tumbukan ini sudah tidak mampu menampung tekanan maka timbulah pelepasan energi potensial dan terjadi dislokasi bagian lempeng. Sehingga terjadilah guncangan di permukaan tanah yang dapat dirasakan oleh seluruh elemen di bumi, peristiwa ini disebut dengan gempa tektonik (Tim Pusat Studi Gempa Nasional, 2022). Berikut riwayat kejadian gempa bumi di wilayah penelitian pada tahun 2023 :

Tabel 2.1 Riwayat Kejadian Gempa Di Lokasi Penelitian Tahun 2023.

Latitude	Longitude	Depth	Mag
-80.386	117.694	13.866	4.1
-81.309	1.180.737	10	4.7
-81.194	1.181.201	10	4.6
-8.322	1.167.424	10	4.5
-8.225	1.167.872	10	4.4
-82.436	1.164.398	9.045	4.3
-83.519	1.168.558	10	4.3
-82.445	1.167.356	12.174	4.9
-81.979	1.158.285	9.015	4.6
-80.635	1.178.628	11.298	4.4

Berdasarkan analisis data gempa pada table 2.1 di wilayah penelitian di Provinsi Nusa Tenggara Barat (NTB), dapat disimpulkan bahwa daerah ini

memiliki aktivitas seismik yang cukup signifikan, ditunjukkan oleh dominasi gempa dangkal dengan kedalaman kurang dari 20 km dan magnitudo berkisar antara 4,1 hingga 4,9. Kondisi ini mencerminkan pengaruh sistem tektonik aktif, baik akibat interaksi zona subduksi di selatan Busur Sunda–Banda maupun keberadaan sesar-sesar lokal yang berkembang di wilayah NTB. Gempa dangkal dengan magnitudo di atas 4,0 berpotensi dirasakan oleh masyarakat dan dapat menimbulkan dampak terhadap infrastruktur, terutama apabila terjadi di dekat kawasan permukiman, sehingga diperlukan kajian lanjutan untuk mendukung upaya mitigasi dan pengurangan risiko bencana gempa bumi di wilayah ini.

Dalam kajian seismotektonik, gempa bumi tektonik dianalisis dengan menggunakan parameter seismik seperti posisi episenter, kedalaman hiposenter, magnitudo, serta mekanisme fokus gempa (England, 2003). Berdasarkan (Aki & Richards, 2002), analisis mekanisme fokus memberikan informasi tentang arah bidang patahan dan vektor gaya tektonik yang berpengaruh pada sumber gempa. Penggabungan parameter seismik ini membantu peneliti memahami keterkaitan antara kejadian gempa bumi dan struktur geologi yang memengaruhinya, sehingga bisa dimanfaatkan untuk menemukan sesar aktif dan mengklasifikasikan jenis gerakannya.

2.5 Seismotektonik

Seismotektonik merupakan cabang ilmu geofisika yang mempelajari keterkaitan antara aktivitas gempa bumi dan struktur tektonik yang mengontrolnya. Pendekatan ini bertujuan untuk memahami mekanisme deformasi kerak bumi melalui analisis seismisitas, distribusi spasial dan temporal gempa bumi, serta hubungan antara kejadian gempa dengan struktur geologi seperti sesar dan zona subduksi. Menurut Yeats et al., (1997), seismotektonik menjadi dasar penting dalam kajian gempa bumi karena mampu menghubungkan proses tektonik aktif

dengan manifestasi seismik yang teramati di permukaan bumi.

Dalam analisis seismotektonik, seismisitas digunakan sebagai parameter utama untuk mengidentifikasi zona deformasi aktif. Pola sebaran episenter gempa bumi yang membentuk kelurusan atau klaster tertentu sering diinterpretasikan sebagai indikasi keberadaan sesar aktif. Menurut Frohlich & Westbrook, (2001) pemetaan mekanisme fokus gempa pada peta seismisitas dapat memberikan gambaran mengenai orientasi bidang patahan dan arah tegangan utama yang bekerja di suatu wilayah. Data seismisitas yang memuat parameter gempa berupa koordinat episenter, kedalaman hiposenter, magnitudo momen (M_w), dan waktu kejadian gempa. Distribusi spasial episenter dianalisis untuk mengenali pola klaster dan kelurusan (linear alignment) sebagai representasi zona deformasi aktif (Olebetse et al., 2020). Sebaran gempa dangkal yang membentuk pola linier menunjukkan keberadaan bidang sesar aktif pada kerak bumi bagian atas (Scholz, 2002).

Selain analisis seismisitas, seismotektonik juga melibatkan kajian mekanisme fokus gempa untuk menentukan jenis dan karakter pergerakan sesar. Menurut Aki & Richards, (2002) mekanisme fokus menggambarkan orientasi bidang patahan dan arah slip yang terjadi pada sumber gempa, dengan parameter strike, dip, dan rake dianalisis untuk mengklasifikasikan tipe sesar menjadi sesar normal, sesar naik (thrust), atau sesar geser mendatar (strike-slip).

Pendekatan seismotektonik umumnya dikombinasikan dengan data geologi dan geomorfologi untuk memperoleh interpretasi yang lebih komprehensif. Sebagai pendukung interpretasi struktur permukaan, digunakan data *Digital Elevation Model* (DEM) yang diperoleh melalui platform USGS EarthExplorer. DEM diolah

menjadi peta hillshade dan slope untuk menampilkan kelurusan morfologi, gawir sesar, serta perbedaan elevasi antar blok batuan (Keller & Pinter, 2002). Analisis berbasis DEM mendukung interpretasi struktur aktif melalui pengenalan kelurusan morfologi dan variasi relief permukaan (Burbank & Anderson, 2011). Dalam penelitian ini, pendekatan seismotektonik digunakan secara khusus untuk mengklasifikasikan jenis sesar berdasarkan parameter mekanisme fokus gempa yang dikombinasikan dengan pola sebaran seismisitas dan interpretasi morfologi dari data DEM (Aki & Richards, 2002).

2.6 Tensor Momen Gempa Bumi

Tensor momen gempa bumi (*momen tensor*) merupakan representasi matematis sumber gempa yang menggambarkan bagaimana deformasi batuan di zona sumber menghasilkan radiasi gelombang seismik. Secara fisik, tensor momen tidak hanya memuat ukuran sumber gempa, tetapi juga pola radiasi serta orientasi deformasi yang terjadi selama proses patahan. Oleh sebab itu, tensor momen memberikan informasi yang lebih kaya daripada magnitudo saja dan menjadi parameter dasar dalam kajian sumber gempa modern (Ekström et al., 2012).

Secara matematis, tensor momen dinyatakan dalam bentuk matriks simetris tiga dimensi yang terdiri atas enam komponen independen, yaitu M_{rr} , M_{tt} , M_{pp} , M_{rt} , M_{rp} , dan M_{tp} . Keenam komponen tersebut menggambarkan kondisi deformasi pada sumber gempa dalam sistem koordinat tiga dimensi. Nilai-nilai tensor momen diperoleh melalui proses inversi data gelombang seismik yang direkam oleh jaringan seismograf. Hasil inversi tersebut kemudian digunakan untuk menentukan orientasi sumber gempa dan karakteristik deformasi yang terjadi pada saat pelepasan energi berlangsung (Dziiewonski et al., 1981).

Dalam kajian seismologi, tensor momen memiliki peranan penting karena menjadi dasar dalam penentuan mekanisme fokus gempa. Melalui proses dekomposisi tensor momen dapat diperoleh parameter strike, dip, dan rake yang menggambarkan orientasi bidang sesar dan arah pergerakan batuan selama gempa terjadi. Parameter strike menunjukkan arah jurus bidang sesar, dip menunjukkan besar kemiringan bidang sesar terhadap bidang horizontal, sedangkan rake menunjukkan arah pergeseran relatif pada bidang sesar. Berdasarkan kombinasi ketiga parameter tersebut, jenis sesar dapat diinterpretasikan menjadi sesar normal, sesar naik, sesar geser mendatar, maupun sesar oblique (Lay & Wallace, 1995).

Pada penelitian ini, data tensor momen diperoleh dari katalog Global Centroid Moment Tensor (GCMT) yang menyediakan informasi sumber gempa berdasarkan hasil inversi gelombang seismik global. Data tersebut kemudian digunakan untuk memperoleh parameter mekanisme fokus gempa yang selanjutnya diinterpretasikan untuk menentukan jenis dan karakteristik sesar di wilayah Nusa Tenggara Barat. Dengan demikian, tensor momen menjadi dasar utama dalam analisis mekanisme fokus gempa dan interpretasi kondisi tektonik pada wilayah penelitian.

Informasi yang diperoleh dari tensor momen kemudian dapat direpresentasikan dalam bentuk mekanisme fokus gempa (*focal mechanism*) yang menggambarkan orientasi bidang patahan dan arah pergerakan batuan selama proses gempa berlangsung. Oleh karena itu, analisis mekanisme fokus menjadi salah satu metode yang penting dalam kajian seismotektonik untuk mengidentifikasi jenis dan karakteristik sesar.

2.7 Mekanisme Fokus Gempa (*Focal Mechanism*)

Mekanisme fokus gempa merupakan metode dalam seismologi yang

digunakan untuk menggambarkan orientasi bidang patahan dan arah pergerakan batuan pada sumber gempa bumi. Informasi yang diperoleh dari mekanisme fokus mencakup parameter *strike*, *dip*, dan *rake*, yang secara bersama-sama merepresentasikan geometri dan jenis pergerakan sesar yang memicu terjadinya gempa. Menurut Aki dan Richards (2002), mekanisme fokus memberikan gambaran fisik mengenai bagaimana energi dilepaskan di dalam kerak bumi akibat pergeseran tiba-tiba pada bidang sesar, sehingga menjadi komponen penting dalam kajian seismotektonik (Aki & Richards, 2002).

Dalam metode seismotektonik, analisis mekanisme fokus gempa digunakan untuk melengkapi interpretasi sebaran episenter sehingga karakter dan arah pergerakan sesar dapat dijelaskan secara lebih jelas. Sebaran episenter yang membentuk pola memanjang pada peta terlebih dahulu dianalisis untuk mengenali kemungkinan jalur sesar, kemudian data mekanisme fokus digunakan untuk mengetahui orientasi bidang patahan melalui parameter *strike*, *dip*, dan *rake*. Arah *strike* menunjukkan orientasi umum bidang sesar, sedangkan nilai *rake* menggambarkan arah pergeseran yang terjadi saat gempa. Apabila orientasi *strike* searah dengan tren kelurusan episenter, maka interpretasi jalur sesar menjadi lebih terdefinisi karena posisi gempa di permukaan dan arah pergerakan di bawah permukaan saling mendukung (Ekström et al., 2012). Selain itu, pola nilai *rake* yang dominan dalam suatu klaster gempa memberikan gambaran mengenai jenis gaya yang bekerja, apakah kompresi, ekstensi, atau geser lateral, sehingga kondisi tegangan regional dan dinamika deformasi kerak di wilayah penelitian dapat dipahami secara lebih menyeluruh (England, 2003).

Di wilayah Nusa Tenggara Barat yang kondisi tektoniknya cukup kompleks,

analisis mekanisme fokus membantu membedakan gempa yang berasal dari sesar dangkal di kerak bumi dengan gempa yang bersumber dari zona subduksi atau sistem busur belakang (Hutchings & Mooney, 2021). Dengan melihat arah dan tipe pergerakan pada sumber gempa, dapat diketahui apakah gempa tersebut berhubungan langsung dengan aktivitas sesar lokal atau merupakan bagian dari proses tektonik yang lebih dalam dan regional. Karena itu, mekanisme fokus tidak digunakan secara terpisah, tetapi menjadi bagian penting dalam metode seismotektonik untuk memahami jenis pergerakan sesar, arah gaya yang bekerja, serta dinamika deformasi yang sedang berlangsung di wilayah penelitian.

2.8 *Digital Elevation Model (DEM)*

Dalam kajian tektonik dan seismotektonik, DEM dimanfaatkan untuk mengidentifikasi ekspresi permukaan dari struktur geologi aktif, seperti gawir sesar, kelurusan topografi, dan perbedaan elevasi antar blok batuan. Teknik turunan DEM seperti peta kemiringan lereng (*slope*), arah lereng (*aspect*), dan *hillshade* sering digunakan untuk memperjelas fitur morfologi yang sulit diamati secara langsung di lapangan. Menurut (Keller & Pinter, 2002) analisis berbasis DEM sangat efektif untuk mendeteksi indikasi aktivitas sesar aktif, khususnya di wilayah dengan tutupan vegetasi yang lebat atau akses lapangan yang terbatas.

Digital Elevation Model (DEM) merupakan representasi data ketinggian permukaan bumi dalam bentuk digital yang digunakan untuk menggambarkan variasi topografi suatu wilayah secara kuantitatif. Dalam kajian tektonik dan seismotektonik, DEM berperan dalam menampilkan bentuk lahan, perbedaan elevasi, serta pola morfologi yang berkaitan dengan aktivitas struktur geologi aktif (Coblentz et al., 2014) Data elevasi yang tersusun dalam grid memungkinkan

analisis spasial yang Selain digunakan untuk menampilkan variasi elevasi, DEM dapat diolah menjadi peta hillshade untuk memperjelas bentuk morfologi permukaan. Hasil hillshade kemudian digunakan dalam analisis *Fault Fracture Density* (FFD) untuk mengidentifikasi zona yang memiliki tingkat kerapatan rekahan yang berbeda. Distribusi rekahan tersebut dapat digunakan sebagai informasi pendukung dalam interpretasi struktur geologi dan aktivitas tektonik di suatu wilayah. Analisis hillshade dengan variasi arah pencahayaan mampu memperjelas kenampakan morfologi seperti perbedaan relief, lereng terjal, dan kelurusan topografi yang berkaitan dengan keberadaan struktur geologi. Oleh karena itu, pemanfaatan DEM melalui pengolahan hillshade dan analisis FFD dapat membantu mengidentifikasi zona yang berpotensi mengalami deformasi serta mendukung interpretasi struktur aktif pada wilayah penelitian (Keller & Pinter, 2002; Burbank & Anderson, 2011).

Dalam konteks penelitian ini di wilayah Nusa Tenggara Barat, hasil pengolahan DEM dianalisis untuk melihat kesesuaian antara pola kelurusan morfologi dengan distribusi episenter gempa. Apabila pola tersebut menunjukkan arah yang relatif konsisten, maka hal ini dapat mengindikasikan adanya kontrol struktur geologi terhadap aktivitas seismik di wilayah tersebut. Oleh karena itu, analisis DEM menjadi bagian pendukung dalam interpretasi struktur aktif yang diidentifikasi melalui data seismisitas dan mekanisme fokus (Ji & Reicherter, 2025).

Fault Fracture Density (FFD) merupakan analisis kerapatan kelurusan atau rekahan permukaan yang diperoleh dari hasil interpretasi data *Digital Elevation Model* (DEM), khususnya melalui pengolahan *hillshade* dan *lineament*. Nilai FFD

yang tinggi menunjukkan bahwa suatu wilayah memiliki kerapatan kelurusan morfologi yang lebih besar, sehingga dapat diinterpretasikan sebagai zona lemah atau zona yang mengalami intensitas rekahan lebih tinggi. Namun, nilai FFD tinggi tidak selalu menunjukkan keberadaan sesar aktif, karena kelurusan yang terekam pada DEM dapat dipengaruhi oleh rekahan lama, pola aliran sungai, lereng terjal, perbedaan litologi, aktivitas vulkanik, maupun proses erosi. Oleh karena itu, interpretasi FFD perlu dikaitkan dengan data seismisitas dan mekanisme fokus agar tidak terjadi kesalahan dalam menafsirkan zona rekahan permukaan sebagai sesar aktif.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1. Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian berada di Provinsi Nusa Tenggara Barat (NTB) yang secara geografis terletak pada koordinat sekitar 8°00'–9°30' Lintang Selatan dan 115°45'–119°15' Bujur Timur, dengan luas wilayah $\pm 20.153 \text{ km}^2$. Wilayah ini meliputi Pulau Lombok dan Pulau Sumbawa beserta pulau-pulau kecil di sekitarnya. Secara geografis, NTB di sebelah barat berbatasan dengan Provinsi Bali yang dipisahkan oleh Selat Lombok, di sebelah timur berbatasan dengan Provinsi Nusa Tenggara Timur (NTT) yang dipisahkan oleh Selat Sape, di bagian utara berbatasan dengan Laut Flores, dan di bagian selatan berbatasan langsung dengan Samudra Hindia.

3.2. Alat dan Bahan Penelitian

Alat dan bahan yang di gunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Perangkat Keras (*hardware*)
Perangkat keras yang digunakan berupa laptop.
2. Perangkat Lunak (*Software*) antara lain :
 - a. Microsoft Excel 2021
 - b. ArcGIS 10.8
 - c. GMT (Generic Mapping Tools)
 - d. Google Earth Pro

3.3. Jenis Data

Sumber data yang digunakan dalam penelitian ini adalah sumber data sekunder. Sumber data sekunder merupakan sumber data yang didapatkan secara tidak langsung atau data yang sudah ada dari instansi resmi, sehingga tidak

memerlukan pengambilan data langsung di lapangan. Data yang digunakan meliputi Data Seismitas yang dapat diperoleh di website USGS – Earthquake Catalog (<https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/search>), Data Focal Mechanism yang dapat diperoleh di website (<https://www.globalcmt.org/CMTfiles.html>), dan Data *Digital Elevation Model* (DEM) yang dapat diperoleh di website (<https://earthexplorer.usgs.gov>).

3.4. Prosedur Pelaksanaan Penelitian

3.4.1. Pengumpulan Data

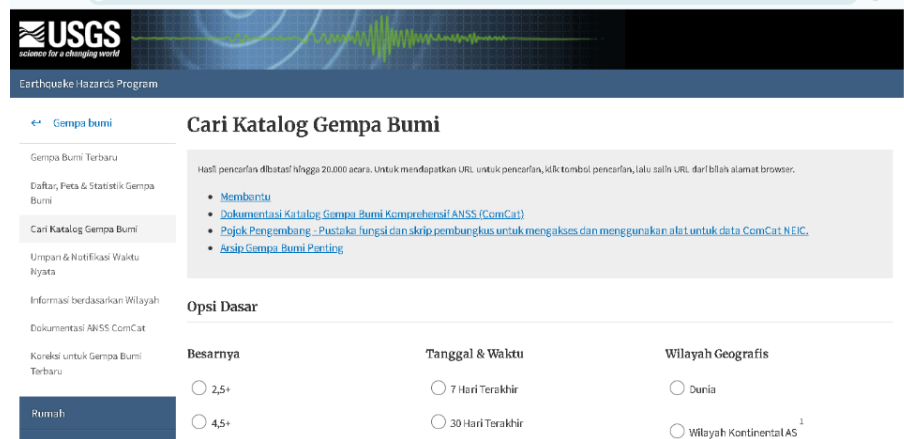
Penelitian ini menggunakan data sekunder dengan memanfaatkan Data Seismitas, Data Focal Mechanism, dan Data *Digital Elevation Model* (DEM). Adapun tahapan pengumpulan data sebagai berikut:

1. Menentukan cakupan wilayah penelitian dengan bantuan Google Earth Pro.



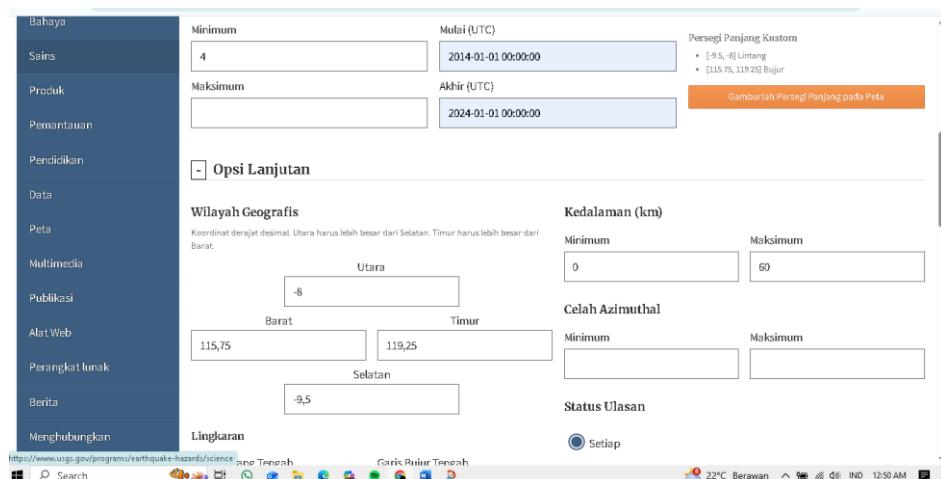
Gambar 3.1 Lokasi Penelitian

2. Mengakses website USGS untuk mengunduh data seismitas, data yang diambil meliputi informasi lokasi episenter, kedalaman hiposenter, magnitudo, dan waktu kejadian gempa periode 2014-2024 di website USGS – Earthquake Catalog (<https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/search>).



Gambar 3.3 Halaman *Website USGS Earthquakes Catalog*

3. Kemudian data diseleksi berdasarkan batas wilayah penelitian, rentang waktu sesuai yang diperlukan, serta magnitudo untuk menganalisis sesar aktif.



Gambar 3.2 Akses Data *USGS Earthquakes Catalog*

4. Mengakses *website Global Centroid Moment Tensor (Global CMT)* untuk mengunduh data *focal mechanism*, lalu dipilih sesuai dengan lokasi kejadian gempa di wilayah penelitian di *website* (<https://www.globalcmt.org/CMTfiles.html>).

Global CMT Catalog Search

Search form

If you use CMT results in published work, please provide an appropriate citation; see [here](#) for information on how to cite the catalog. Thanks!

Enter parameters for CMT catalog search. All constraints are 'AND' logic.

Date constraints: catalog starts in 1976 and goes through present
There are several methods to choose date ranges--use the radio buttons to select which method you want to use

Starting Date:			Ending Date:		
☒ Year:	2014	Month: 1	Day: 1	☒ Year:	2024
☐ Year:	1976	Julian Days:	1	☐ Year:	1976
			☐ Number of days:	1	Including starting day

Magnitude constraints: catalog includes moderate to large earthquakes only
(see note on calculation of magnitudes)

Moment magnitude: 0 ≤ Mw ≤ 4

Surface wave magnitude: 0 ≤ Ms ≤ 10

Body wave magnitude: 0 ≤ mb ≤ 10

Location constraints:

Latitude: (degrees) from -8 to 9.5 Must be between -90 and 90

Longitude: (degrees) from 115.75 to 119.25 Must be between -180 and 180

Depth: (kilometers) from 0 to 60

Gambar 3.4 Website Global Centroid Momen

5. Data yang digunakan dipilih berdasarkan kejadian gempa yang berada di wilayah Nusa Tenggara Barat, memiliki rentang waktu sesuai periode penelitian tahun 2014–2024, memiliki magnitudo $\geq M_w 4,0$.
6. Data tersebut mencakup informasi parameter sumber gempa berupa lokasi kejadian, kedalaman, magnitudo, komponen momen tensor, serta parameter mekanisme fokus yang digunakan untuk interpretasi jenis sesar.
7. Mengakses website USGS untuk mengunduh data *Digital Elevation Model* (DEM) di website (<https://earthexplorer.usgs.gov>).

Penjelajah Bumi Kelola Kriteria Pembentahan Sistem (1) Keranjang Barang (0) Membantu Masukan Keluar [maharani.r...]

Kriteria Pencarian Kumpulan Data Kriteria Tambahan Hasil

1. Masukkan Kriteria Pencarian

Untuk mempersempit area pencarian Anda: ketik alamat atau nama tempat, masukkan koordinat atau klik peta untuk menentukan area pencarian Anda (untuk alat peta tingkat lanjut, lihat dokumentasi bantuan), dan/atau pilih rentang tanggal.

Pengkode Geografis Unggahan GeoJSON/KML/Shapefile

Pilih Metode Geocoding: Alamat/Tempat (Google)

Alamat/Tempat (Google): Nusa Tenggara Barat, Indonesia

Klik pada Alamat/Tempat untuk menampilkan lokasi di peta dan menambahkan koordinat ke Kontrol Area yang Diminati.

Nomor	Alamat/Tempat	Lintang	Garis bujur
1	Nusa Tenggara Barat, Indonesia	-8.6529	117.3616

Polygon Lingkaran Area yang telah ditentukan sebelumnya

Ringkasan Kriteria Pencarian (Tampilan) Hapus Kriteria Pencarian

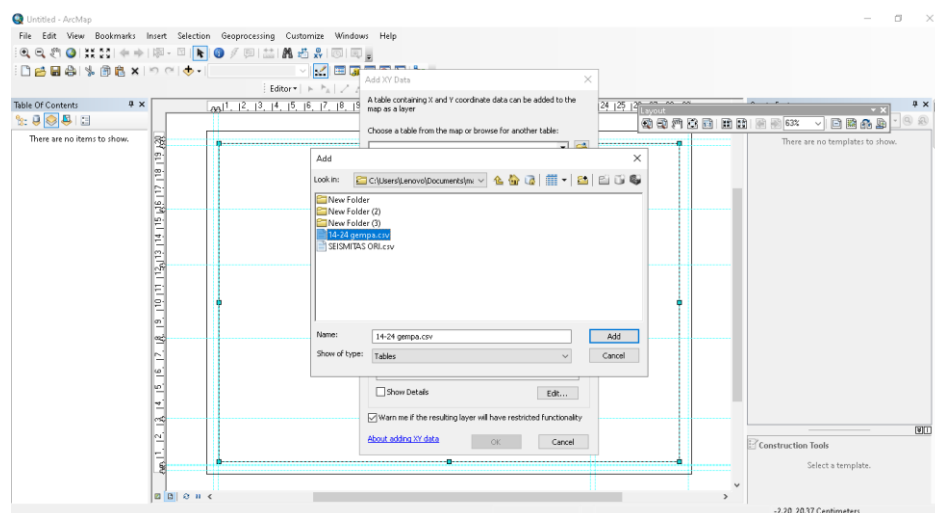
Map showing the search area in Nusa Tenggara Barat, Indonesia, with coordinates 44° 56' 58" LU, 107° 40' 20" BAR.

Gambar 3.5 Akses Usgs EarthExplorer

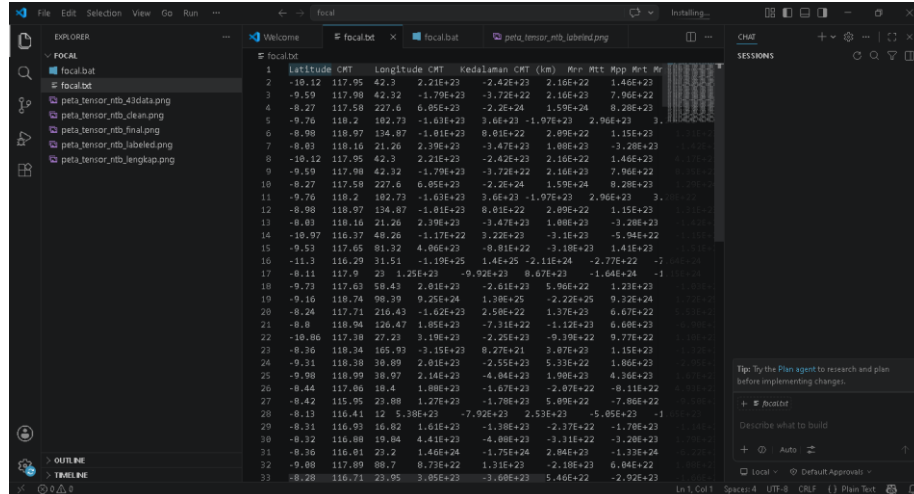
3.4.2. Pengolahan Data

Pengolahan data dalam penelitian ini dilakukan secara bertahap dengan menggunakan Data Seismitas, Data Focal Mechanism, dan Digital Elevation Model (DEM) untuk mengidentifikasi sesar aktif dan menentukan jenis sesar berdasarkan pendekatan seismotektonik. Adapun tahapan pengolahan data yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Data seismitas yang sudah diunduh di seleksi menggunakan perangkat lunak (*Microsoft Excel*) untuk memilih data berdasarkan batas wilayah penelitian, rentang waktu tertentu, dan besar magnitudo yang digunakan ($M_w \geq 4,0$).
2. Data sudah selesai diseleksi kemudian disiapkan dalam format tabel yang berisi koordinat, bujur, kedalaman dan besar magnitudo dengan bentuk file CSV.
3. Lalu data hasil seleksi dalam format tabel diolah ke dalam perangkat lunak ArcGIS 10.8 dengan cara memvisualkannya sebagai titik berdasarkan koordinat geografis.



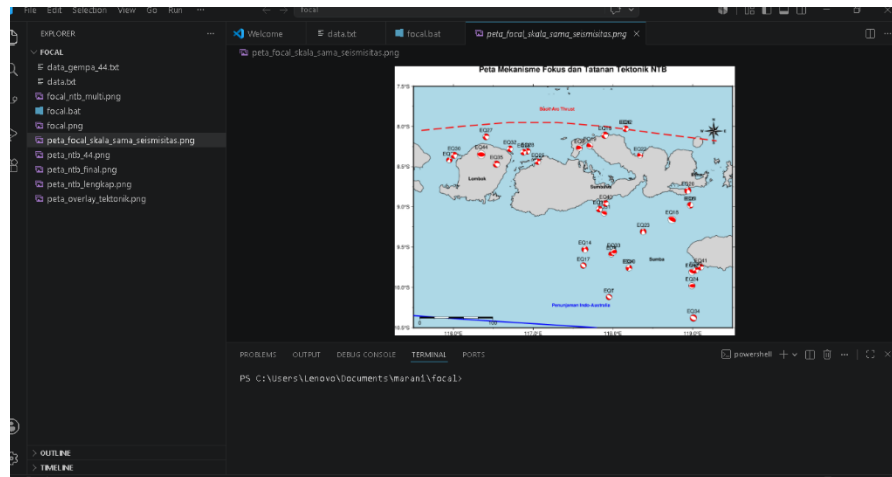
8. Data moment tensor yang terdiri atas komponen Mrr, Mtt, Mpp, Mrt, Mrp, dan Mtp diolah menggunakan perangkat lunak Generic Mapping Tools (GMT) dengan format dokumen txt.



	Latitude	Longitude	Depth (km)	Mrr	Mtt	Mpp	Mrt	Mrp	Mtp	Strike
1	-10.12	117.95	42.3	2.21E+23	-2.42E+23	2.10E+22	1.40E+23	-1.40E+23	-1.40E+23	-1.40E+23
2	-9.59	117.98	42.32	-1.79E+23	-3.72E+22	2.10E+23	7.96E+22	-7.96E+22	-7.96E+22	-7.96E+22
3	-8.27	117.58	227.6	6.88E+23	-2.2E+24	1.59E+24	8.28E+23	-8.28E+23	-8.28E+23	-8.28E+23
4	-9.76	118.2	182.73	-1.83E+23	3.6E+23	-1.97E+23	2.96E+23	-2.96E+23	-2.96E+23	-2.96E+23
5	-8.98	118.97	134.87	-1.81E+23	8.81E+22	2.89E+22	1.15E+23	-1.15E+23	-1.15E+23	-1.15E+23
6	-8.03	118.16	21.26	2.39E+23	-3.47E+23	1.88E+23	-3.28E+23	3.28E+23	3.28E+23	3.28E+23
7	-8.03	118.16	21.26	2.39E+23	-3.47E+23	1.88E+23	-3.28E+23	3.28E+23	3.28E+23	3.28E+23
8	-8.03	118.16	21.26	2.39E+23	-3.47E+23	1.88E+23	-3.28E+23	3.28E+23	3.28E+23	3.28E+23
9	-8.19	117.98	42.32	-1.79E+23	-3.72E+22	2.10E+23	7.96E+22	-7.96E+22	-7.96E+22	-7.96E+22
10	-8.27	117.58	227.6	6.88E+23	-2.2E+24	1.59E+24	8.28E+23	-8.28E+23	-8.28E+23	-8.28E+23
11	-9.76	118.2	182.73	-1.83E+23	3.6E+23	-1.97E+23	2.96E+23	-2.96E+23	-2.96E+23	-2.96E+23
12	-8.98	118.97	134.87	-1.81E+23	8.81E+22	2.89E+22	1.15E+23	-1.15E+23	-1.15E+23	-1.15E+23
13	-8.03	118.16	21.26	2.39E+23	-3.47E+23	1.88E+23	-3.28E+23	3.28E+23	3.28E+23	3.28E+23
14	-8.03	118.16	21.26	2.39E+23	-3.47E+23	1.88E+23	-3.28E+23	3.28E+23	3.28E+23	3.28E+23
15	-8.03	118.16	21.26	2.39E+23	-3.47E+23	1.88E+23	-3.28E+23	3.28E+23	3.28E+23	3.28E+23
16	-9.53	117.65	81.32	4.86E+23	-8.81E+22	-3.1E+23	-5.94E+22	5.94E+22	5.94E+22	5.94E+22
17	-11.3	116.29	31.51	-1.19E+25	1.4E+25	-2.11E+24	-2.77E+22	-7.77E+22	-7.77E+22	-7.77E+22
18	-8.11	117.9	23	1.25E+23	-0.92E+23	8.67E+23	-1.64E+24	-1.64E+24	-1.64E+24	-1.64E+24
19	-9.73	117.63	58.43	2.81E+23	-2.61E+23	5.98E+22	1.23E+23	-1.23E+23	-1.23E+23	-1.23E+23
20	-9.16	118.24	98.39	9.22E+24	1.38E+25	-2.22E+25	8.22E+24	-8.22E+24	-8.22E+24	-8.22E+24
21	-8.24	117.71	216.43	-1.62E+23	2.58E+22	1.37E+23	6.87E+22	-6.87E+22	-6.87E+22	-6.87E+22
22	-8.8	118.94	126.47	1.85E+23	-7.31E+22	-1.12E+23	6.68E+22	-6.68E+22	-6.68E+22	-6.68E+22
23	-10.86	117.38	27.23	3.19E+23	-2.25E+23	-9.39E+22	9.77E+22	-9.77E+22	-9.77E+22	-9.77E+22
24	-8.36	118.34	165.93	-3.15E+23	8.27E+21	3.87E+23	1.15E+23	-1.15E+23	-1.15E+23	-1.15E+23
25	-9.21	118.38	38.09	2.91E+23	-2.55E+23	5.33E+22	1.86E+23	-1.86E+23	-1.86E+23	-1.86E+23
26	-9.88	118.99	38.97	2.14E+23	-4.84E+23	1.98E+23	4.36E+22	-4.36E+22	-4.36E+22	-4.36E+22
27	-8.44	117.86	18.4	1.88E+23	-1.67E+23	-2.87E+22	-8.11E+22	8.11E+22	8.11E+22	8.11E+22
28	-8.42	115.95	23.88	1.27E+23	-1.78E+23	5.89E+22	-7.86E+22	7.86E+22	7.86E+22	7.86E+22
29	-8.13	116.41	12	5.38E+23	-7.92E+23	2.53E+23	-5.85E+23	5.85E+23	5.85E+23	5.85E+23
30	-8.21	116.93	16.82	1.61E+23	-1.83E+23	-2.37E+22	-1.78E+23	1.78E+23	1.78E+23	1.78E+23
31	-8.32	116.88	19.84	4.41E+23	-4.88E+23	-3.31E+22	-3.28E+23	3.28E+23	3.28E+23	3.28E+23
32	-8.36	116.81	23.2	1.46E+24	-1.75E+24	2.84E+23	-1.33E+24	1.33E+24	1.33E+24	1.33E+24
33	-9.88	117.89	88.7	8.73E+22	1.31E+23	-2.18E+23	6.84E+22	-6.84E+22	-6.84E+22	-6.84E+22
34	-8.28	116.71	23.95	3.85E+23	-3.68E+23	5.48E+22	-2.92E+23	2.92E+23	2.92E+23	2.92E+23

9. Dari hasil pengolahan tersebut diperoleh parameter strike, dip, dan rake yang digunakan untuk menentukan jenis sesar (normal, naik, geser, maupun oblique) serta karakter pergerakannya di wilayah penelitian.
10. Kemudian, data divisualisasikan dalam bentuk simbol mekanisme fokus (beacball) menggunakan perangkat lunak Generic Mapping Tools (GMT) untuk memudahkan pembacaan arah dan jenis pergerakan gempa.

11. Lalu, dihasilkan peta mekanisme fokus gempa yang selanjutnya dianalisis dengan mempertimbangkan pola sebaran episenter yang telah diperoleh sebelumnya.



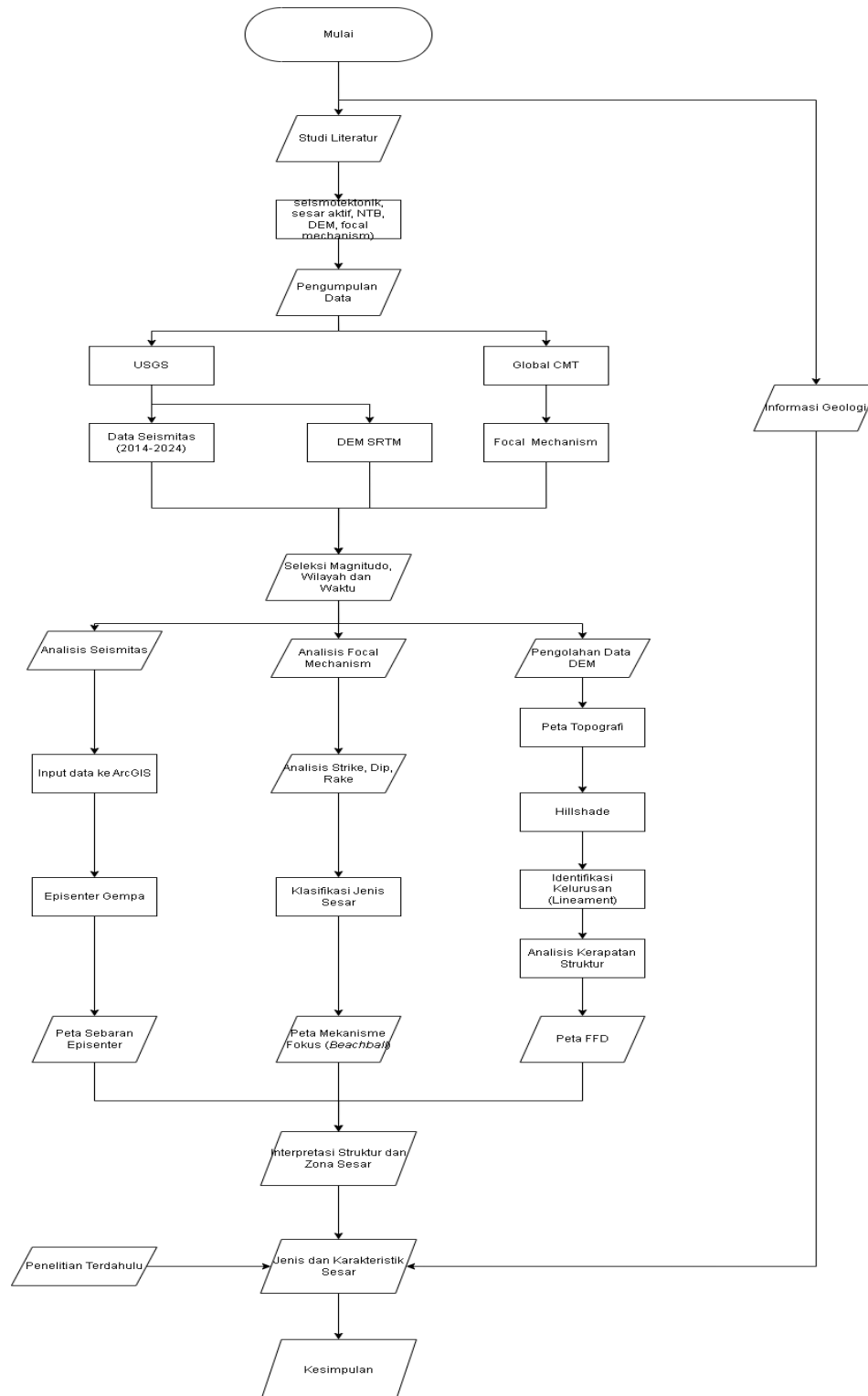
12. Kemudian, menganalisis untuk mengidentifikasi karakteristik sesar untuk mengetahui arah pergerakan sesar, jenis pergeseran yang terjadi saat gempa, serta memahami kecenderungan gaya yang bekerja di wilayah NTB berdasarkan tipe mekanisme fokus gempa yang dominan.
13. Data *Digital Elevation Model* (DEM) yang telah diunduh dari USGS EarthExplorer dalam format raster (.tif) diimpor ke dalam perangkat lunak ArcGIS 10.8. Selanjutnya dilakukan proses pemotongan (clip) sesuai batas wilayah penelitian sehingga hanya mencakup wilayah Nusa Tenggara Barat (NTB).
14. Lalu, data DEM hasil clip kemudian diolah menjadi peta topografi dengan menampilkan variasi elevasi permukaan wilayah penelitian. Peta topografi digunakan untuk mengidentifikasi kondisi morfologi, perbedaan ketinggian, pola relief, serta kenampakan bentang alam yang berkembang di wilayah NTB.

15. Data DEM yang telah diolah kemudian ditransformasikan menjadi peta hillshade menggunakan ArcGIS 10.8. Peta hillshade digunakan untuk memperjelas kenampakan relief permukaan, perbedaan elevasi, serta pola kelurusan morfologi yang berpotensi berasosiasi dengan struktur geologi.
16. Lalu, dilakukan identifikasi dan digitasi kelurusan morfologi (*lineament*) secara visual. Kelurusan yang teridentifikasi diasumsikan sebagai indikasi keberadaan sesar, rekahan, maupun zona lemah yang berkembang akibat aktivitas tektonik.
17. Hasil digitasi kelurusan morfologi kemudian dikonversi menjadi data vektor (polyline) dan digunakan sebagai data masukan dalam analisis *Fault Fracture Density* (FFD).
18. Analisis FFD dilakukan untuk menghitung tingkat kerapatan kelurusan struktur pada setiap satuan area tertentu sehingga diperoleh distribusi zona dengan kerapatan struktur rendah, sedang, dan tinggi.
19. Lalu, hasil analisis *Fault Fracture Density* (FFD) kemudian divisualisasikan dalam bentuk peta FFD yang menunjukkan distribusi tingkat kerapatan struktur di wilayah penelitian.
20. Zona dengan nilai FFD tinggi diinterpretasikan sebagai wilayah yang memiliki intensitas rekahan atau struktur geologi yang lebih berkembang dibandingkan zona dengan nilai FFD rendah.
21. Selanjutnya, hasil pengolahan data seismisitas, mekanisme fokus gempa, peta topografi, dan peta *Fault Fracture Density* (FFD) dianalisis secara terpadu untuk mengetahui hubungan antara aktivitas kegempaan, karakteristik

mekanisme fokus gempa, kondisi morfologi wilayah, dan distribusi kerapatan struktur geologi di wilayah penelitian.

22. Hasil analisis seismisitas digunakan untuk mengidentifikasi pola persebaran episenter gempa bumi, distribusi kedalaman hiposenter, serta zona aktivitas seismik yang dominan di wilayah penelitian.
23. Lalu, data momen tensor yang telah diperoleh kemudian digunakan untuk menghasilkan parameter mekanisme fokus gempa berupa strike, dip, dan rake. Parameter tersebut selanjutnya dianalisis untuk menentukan orientasi bidang sesar, arah pergerakan sumber gempa, serta mengidentifikasi jenis sesar yang berkembang di wilayah penelitian, seperti sesar normal, sesar naik, sesar geser mendatar, maupun sesar oblique.
24. Hasil analisis topografi dan *Fault Fracture Density* (FFD) digunakan untuk mengidentifikasi kondisi morfologi wilayah, pola struktur geologi, serta zona-zona yang memiliki tingkat kerapatan struktur tinggi yang berpotensi berasosiasi dengan keberadaan sesar.
25. Selanjutnya dilakukan interpretasi hubungan antara pola sebaran gempa bumi, mekanisme fokus gempa, kondisi topografi, dan distribusi *Fault Fracture Density* (FFD) untuk memperoleh gambaran mengenai karakteristik struktur geologi yang berkembang di wilayah penelitian.
26. Berdasarkan hasil interpretasi seluruh data tersebut, dilakukan penentuan jenis sesar dan karakteristik pergerakannya di wilayah Nusa Tenggara Barat (NTB).
27. Tahap akhir, klasifikasikan jenis sesar berdasarkan jenis pergerakannya, seperti sesar normal, sesar naik, atau sesar geser mendatar.

3.5. Diagram Alir



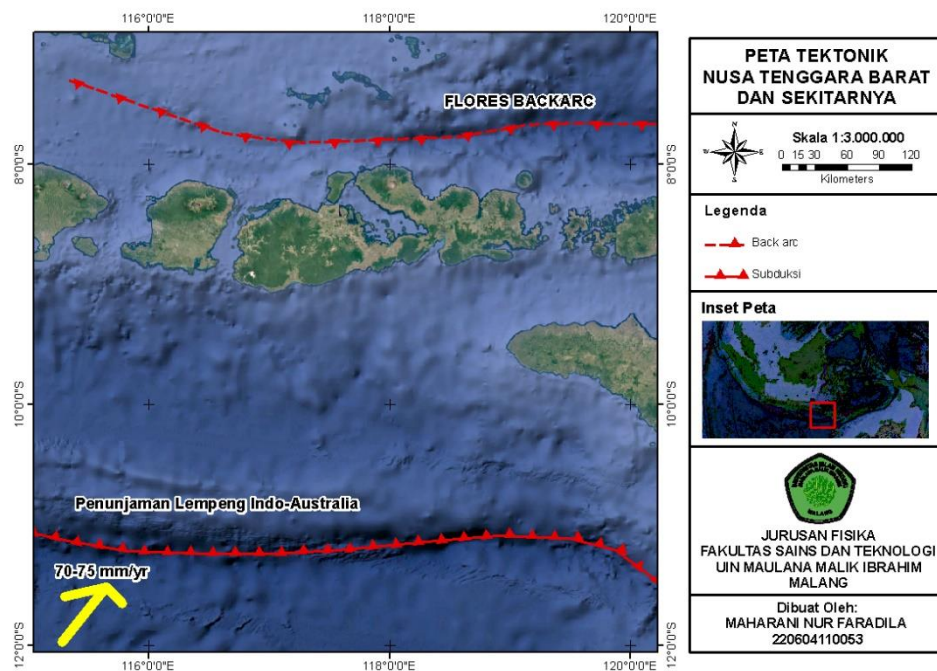
Gambar 3.6 Diagram Alir Penelitian

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Kondisi Tektonik Regional NTB

Peta tektonik regional Nusa Tenggara Barat dan sekitarnya ditampilkan dalam penelitian ini untuk memberikan gambaran awal mengenai kondisi tektonik yang mengontrol aktivitas kegempaan dan deformasi struktur di daerah penelitian. Peta ini digunakan sebagai data pendukung dalam menginterpretasikan hasil seismisitas, focal mechanism, dan *Fault Fracture Density*, sehingga pola sebaran gempa, mekanisme sesar, serta kerapatan rekahan dapat dikaitkan dengan sistem tektonik regional yang bekerja di wilayah Nusa Tenggara Barat.



Gambar 4.1 Peta Tektonik Wilayah NTB

Berdasarkan peta tektonik regional, wilayah Nusa Tenggara Barat berada pada zona tektonik aktif yang dipengaruhi oleh dua sistem utama, yaitu zona subduksi di bagian selatan dan *Flores Backarc* di bagian utara. Zona subduksi di selatan menunjukkan adanya proses penunjaman Lempeng Indo-Australia ke

bawah busur Sunda-Banda. Lempeng Indo-Australia bergerak relatif ke arah utara hingga utara-timur laut dengan kecepatan sekitar 70–75 mm/tahun. Pergerakan ini menghasilkan gaya kompresi regional yang berperan terhadap pembentukan struktur geologi, deformasi kerak, serta aktivitas kegempaan di wilayah Nusa Tenggara. Kondisi tersebut sejalan dengan penelitian geodetik berbasis GPS yang menjelaskan bahwa wilayah Indonesia bagian selatan mengalami konvergensi aktif akibat pergerakan Lempeng Australia terhadap zona Sunda-Banda (Bock et al., 2003).

Untuk memperjelas posisi kedua zona tektonik utama tersebut, berikut ditampilkan koordinat representatif zona Flores Back Arc di bagian utara NTB dan zona penunjaman Lempeng Indo-Australia di bagian selatan NTB. Koordinat ini digunakan sebagai acuan untuk menunjukkan letak relatif struktur tektonik terhadap wilayah Lombok, Sumbawa, Dompu, hingga Bima.

Tabel 4.1 Koordinat Representatif Zona Back Arc Trust

Nama Tempat	Koordinat Pendekatan
Utara Lombok	116.10°E, 8.10°S
Utara Lombok Timur / Selat Alas	116.65°E, 8.20°S
Utara Pulau Moyo / Sumbawa Besar	117.55°E, 8.20°S
Utara Tambora–Dompu	118.40°E, 8.05°S
Utara Bima / Sape	119.10°E, 8.05°S

Berdasarkan tabel tersebut, zona Flores Back Arc berada di utara NTB dan memanjang dari utara Lombok hingga utara Bima. Selain zona tersebut, wilayah NTB juga dipengaruhi oleh zona penunjaman Lempeng Indo-Australia di bagian selatan, yang koordinatnya ditampilkan pada tabel 4.2.

Tabel 4. 2 Koordinat Representatif Zona Penunjaman

Nama Tempat	Koordinat Pendekatan
Selatan Lombok	116.10°E, 10.85°S
Selatan Sumbawa Barat / Taliwang	116.90°E, 10.95°S
Selatan Sumbawa	117.70°E, 10.90°S
Selatan Dompu / Hu'u	118.45°E, 10.75°S
Selatan Bima / Sape	119.20°E, 10.65°S

Berdasarkan kedua tabel tersebut, wilayah NTB dipengaruhi oleh dua sistem tektonik utama, yaitu Flores Back Arc di bagian utara dan zona penunjaman Lempeng Indo-Australia di bagian selatan. Kedua zona ini menjadi faktor penting yang mengontrol aktivitas tektonik dan kegempaan di wilayah penelitian, sehingga perlu ditampilkan sebagai dasar dalam menganalisis pola seismisitas dan mekanisme fokus pada pembahasan selanjutnya

4.2. Distribusi Seismisitas Wilayah Nusa Tenggara Barat (NTB)

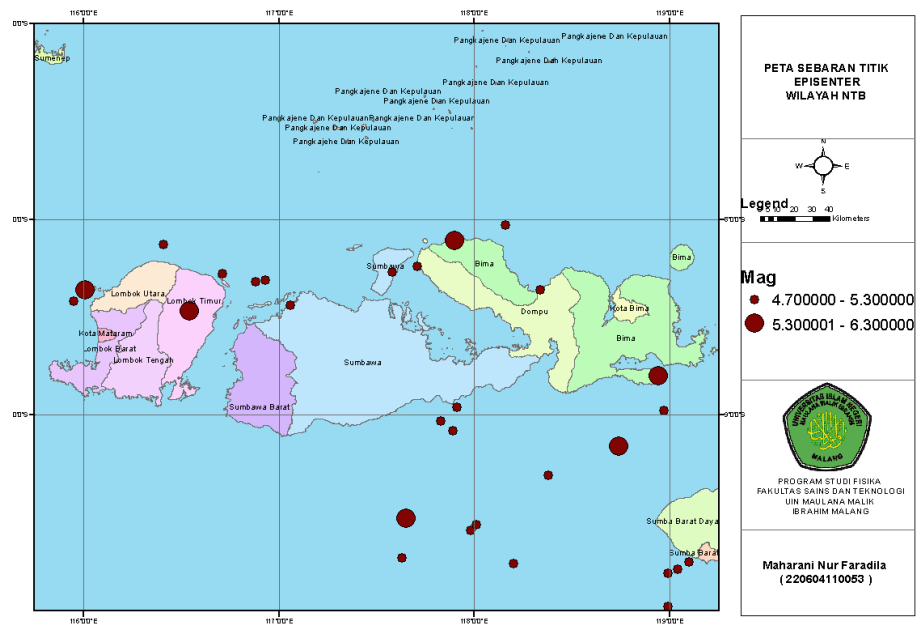
Data seismisitas yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data gempa bumi tektonik wilayah Nusa Tenggara Barat yang telah diseleksi berdasarkan batas wilayah penelitian, periode kejadian, magnitudo, dan kedalaman gempa. Data awal yang digunakan terdiri atas informasi koordinat episenter berupa longitude dan latitude, kedalaman gempa, serta magnitudo. Data tersebut kemudian disusun dalam bentuk tabel sebelum dilakukan pengolahan spasial menggunakan perangkat lunak ArcGIS.

Tabel 4.3 Data Awal Seismisitas Wilayah NTB Sebelum Pengolahan

Longitude	Latitude	Depth	Magnitudo
117.95	-10.12	42.3	4.8
117.98	-9.59	42.3	4.7
117.58	-8.27	227.6	5.2
118.2	-9.76	102.7	5.1
118.97	-8.98	134.9	5.1
118.16	-8.03	21.26	5.1
117.95	-10.12	42.3	4.8
117.98	-9.59	42.32	4.7

117.58	-8.27	227.6	5.2
118.2	-9.76	102.73	5.1

Berdasarkan peta sebaran titik episenter di wilayah Nusa Tenggara Barat dengan koordinat 116° – $117,5^{\circ}$ Bujur Timur dan 8° – 9° Lintang Selatan, terlihat bahwa aktivitas kegempaan tidak tersebar merata, kepadatan titik gempa tertinggi berada di wilayah Pulau Lombok, khususnya di bagian timur laut (Lombok Utara dan Lombok Timur) seperti yang ditunjukkan pada peta sebaran gambar 4.2.



Gambar 4.2 Peta Sebaran Episenter Wilayah NTB

Berdasarkan peta sebaran titik episenter di wilayah Nusa Tenggara Barat dengan koordinat 116° – $117,5^{\circ}$ Bujur Timur dan 8° – 9° Lintang Selatan, terlihat bahwa aktivitas kegempaan tidak tersebar merata, kepadatan titik gempa tertinggi berada di wilayah Pulau Lombok, khususnya di bagian timur laut (Lombok Utara dan Lombok Timur) seperti yang ditunjukkan pada peta sebaran gambar 4.2.

Peta sebaran titik episenter gempa bumi ini digunakan dalam penelitian untuk mengetahui pola distribusi aktivitas seismik di wilayah Nusa Tenggara Barat (NTB) secara spasial. Berdasarkan peta, sebaran episenter tidak tersebar merata, tetapi

cenderung muncul di sekitar Pulau Lombok bagian utara dan timur, wilayah Sumbawa hingga Bima, serta beberapa titik di bagian selatan NTB. Pola tersebut menunjukkan bahwa aktivitas kegempaan di NTB dipengaruhi oleh kondisi tektonik yang kompleks, terutama keberadaan *Flores Back Arc Thrust* di bagian utara, zona subduksi Lempeng Indo-Australia di bagian selatan, serta kemungkinan aktivitas sesar lokal di sekitar wilayah penelitian. Kegunaan peta ini dalam penelitian adalah sebagai dasar awal untuk mengidentifikasi zona seismisitas aktif, melihat hubungan antara persebaran gempa dengan struktur tektonik regional, serta mendukung analisis lanjutan berupa mekanisme fokus gempa dan interpretasi sesar.

Setelah data seismisitas divisualisasikan dalam bentuk peta, data hasil pengolahan kemudian disajikan kembali dalam bentuk tabel untuk menunjukkan koordinat episenter, kedalaman, dan magnitudo gempa yang digunakan dalam analisis.

Tabel 4.4 Tabel Data Seismitas Hasil Olahan

No.	Longitude	Latitude	Kedalaman (km)	Magnitudo	Klasifikasi Kedalaman
1	117.95	-10.12	42.3	4.8	Dangkal
2	117.98	-9.59	42.3	4.7	Dangkal
3	117.58	-8.27	227.6	5.2	Menengah
4	118.2	-9.76	102.7	5.1	Menengah
5	118.97	-8.98	134.9	5.1	Menengah
6	118.16	-8.03	21.26	5.1	Dangkal
7	117.95	-10.12	42.3	4.8	Dangkal
8	117.98	-9.59	42.32	4.7	Dangkal
9	117.58	-8.27	227.6	5.2	Menengah
10	118.2	-9.76	102.73	5.1	Menengah
11	118.97	-8.98	134.87	5.1	Menengah

Berdasarkan tabel 4.4 hasil pengolahan, setiap kejadian gempa memiliki nilai magnitudo dan kedalaman yang berbeda-beda. Perbedaan magnitudo tersebut penting untuk diperhatikan karena dapat menunjukkan besar kecilnya energi yang

dilepaskan saat gempa terjadi. Oleh karena itu, setelah data ditampilkan dalam bentuk peta, sebaran titik episenter dapat dianalisis lebih lanjut berdasarkan besar magnitudonya.

Berdasarkan peta, gempa yang terjadi di wilayah NTB memiliki magnitudo sekitar M 4,0 hingga M 6,3. Rentang magnitudo ini digunakan karena sudah cukup menggambarkan aktivitas kegempaan yang berhubungan dengan proses tektonik di daerah penelitian. Gempa dengan magnitudo menengah hingga besar digunakan karena lebih mampu menunjukkan aktivitas tektonik utama di wilayah penelitian. Hal ini disebabkan karena magnitudo berkaitan dengan besarnya energi yang dilepaskan saat terjadi gempa, sehingga gempa dengan magnitudo lebih besar umumnya lebih mudah menggambarkan zona tektonik aktif, seperti sesar, *Flores Back Arc Thrust*, maupun zona subduksi (Lay & Wallace, 1995; Stein & Wysession, 2003).

Selain magnitudo, kedalaman gempa juga penting untuk mengetahui karakter sumber gempanya. Gempa dangkal umumnya berkaitan dengan aktivitas sesar aktif di kerak bumi dan guncangannya lebih berpengaruh di permukaan, sedangkan gempa dengan kedalaman menengah hingga dalam sering berhubungan dengan proses penunjaman lempeng pada zona subduksi (Scholz, 2002; Stein & Wysession, 2003). Pada wilayah NTB, aktivitas seismik juga dipengaruhi oleh keberadaan *Flores Back Arc Thrust* yang berkembang di bagian utara Lombok hingga Sumbawa, sehingga struktur ini menjadi salah satu faktor penting dalam menjelaskan tingginya aktivitas gempa di wilayah tersebut (McCaffrey & Nabelek, 1987).

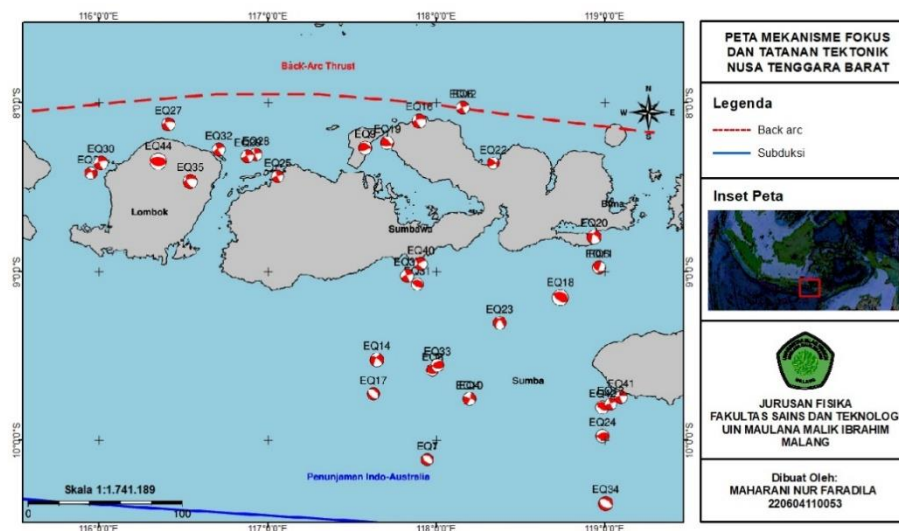
4.3. Analisis Mekanisme Fokus Gempa Bumi Wilayah Nusa Tenggara Barat (NTB)

Data awal yang digunakan dalam penelitian ini memuat informasi koordinat gempa, kedalaman, magnitudo, dan parameter sumber gempa. Data tersebut menjadi dasar dalam pembuatan peta mekanisme fokus dan pengolahan nilai strike, dip, serta rake. Rincian data mentah yang digunakan dalam penelitian ini disajikan pada tabel 4.5.

Tabel 4.5 Data Mentah Momen Tensor

Latitude CMT	Longitude CMT	Kedalaman CMT (km)	Mrr	Mtt	Mpp	Mrt	Mrp	Mtp
-10.12	117.95	42.3	2.21E+23	-2.42E+23	2.16E+22	1.46E+23	4.17E+21	1.01E+22
-9.59	117.98	42.32	-1.79E+23	-3.72E+22	2.16E+23	7.96E+22	8.35E+22	-9.59E+22
-8.27	117.58	227.6	6.05E+23	-2.2E+24	1.59E+24	8.28E+23	1.29E+24	1.21E+24
-9.76	118.2	102.73	-1.63E+23	3.6E+23	-1.97E+23	2.96E+23	3.28E+22	2.96E+22
-8.98	118.97	134.87	-1.01E+23	8.01E+22	2.09E+22	1.15E+23	1.31E+23	4.86E+22

Data CMT yang telah dikumpulkan kemudian diolah menjadi peta mekanisme fokus. Peta ini digunakan untuk mengetahui persebaran kejadian gempa sekaligus karakter pergerakan sumber gempanya melalui simbol *beachball*. Hasil peta mekanisme fokus wilayah NTB ditampilkan pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3 Peta Mekanisme Fokus Gempa

Berdasarkan peta mekanisme fokus, kejadian gempa di wilayah NTB tersebar

di sekitar Lombok, Sumbawa, Bima, hingga bagian selatan yang mendekati Sumba. Sebaran *beachball* menunjukkan bahwa aktivitas gempa tidak hanya terkonsentrasi di daratan, tetapi juga berada di laut bagian utara dan selatan NTB. Gempa di bagian utara cenderung berhubungan dengan jalur *Back-Arc Thrust*, sedangkan gempa di bagian selatan berkaitan dengan zona penunjaman Indo-Australia. Pola ini menunjukkan bahwa wilayah NTB dipengaruhi oleh dua sistem tektonik utama, yaitu tekanan kompresi dari *Back-Arc Thrust* di utara dan proses subduksi di bagian selatan.

Untuk memperjelas interpretasi mekanisme fokus pada peta, setiap kejadian gempa kemudian dianalisis berdasarkan nilai *strike*, *dip*, dan *rake*. Parameter *strike* menunjukkan arah jurus bidang sesar, *dip* menunjukkan kemiringan bidang sesar, sedangkan *rake* menunjukkan arah pergerakan sesar. Hasil pengolahan nilai *strike*, *dip*, dan *rake* disajikan pada tabel 4.7

Tabel 4.6 Nilai Parameter Gempa Setelah Data diolah

No. Gempa	Longitude (°E)	Latitude (°S)	Strike (°)	Dip (°)	Rake (°)	Jenis Mekanisme Sesar
EQ1	117.95	-10.12	87	23	52	Sesar Naik Oblique (<i>Thrust Oblique</i>)
EQ2	117.98	-9.59	264	34	-95	Sesar Normal (<i>Normal Fault</i>)
EQ3	117.58	-8.27	104	18	84	Sesar Naik (<i>Thrust Fault</i>)

Hasil pengolahan tersebut menghasilkan parameter *strike*, *dip*, dan *rake* yang digunakan untuk menggambarkan orientasi bidang sesar serta arah pergerakan yang terjadi pada sumber gempa. Parameter-parameter tersebut selanjutnya digunakan

sebagai dasar dalam menentukan jenis sesar yang berkembang di wilayah penelitian. Nilai strike, dip, dan rake hasil pengolahan data moment tensor disajikan pada tabel 4.6.

Berdasarkan hasil nilai strike, dip, dan rake pada tabel 4.6, mekanisme gempa di wilayah penelitian cenderung didominasi oleh sesar normal hingga *oblique normal*, meskipun jumlahnya tidak berbeda jauh dengan sesar naik atau *oblique thrust*. Dominasi ini terlihat dari banyaknya nilai rake negatif yang menunjukkan pergerakan blok batuan relatif turun. Kondisi tersebut mengindikasikan adanya pengaruh deformasi pada zona penunjaman di bagian selatan NTB. Di sisi lain, beberapa kejadian gempa juga menunjukkan mekanisme sesar naik atau *oblique thrust* yang berkaitan dengan gaya kompresi, terutama pada wilayah yang berasosiasi dengan jalur *Back-Arc Thrust*. Hal ini menunjukkan bahwa kondisi tektonik NTB bersifat kompleks karena dipengaruhi oleh proses subduksi dan kompresi busur belakang.

Untuk memperjelas interpretasi mekanisme fokus pada peta, setiap kejadian gempa dianalisis berdasarkan parameter strike, dip, dan rake. Strike digunakan untuk mengetahui arah jurus bidang sesar, dip menunjukkan kemiringan bidang sesar, sedangkan rake menjadi parameter utama untuk menentukan arah pergerakan dan jenis sesarnya. Berdasarkan nilai rake tersebut, mekanisme gempa kemudian dikelompokkan menjadi sesar normal, sesar naik, dan sesar oblique. Hasil pengelompokan jenis sesar di wilayah penelitian disajikan pada tabel 4.7.

Tabel 4.7 Hasil Pengelompokkan Jenis Sesar

Koordinat	Beachball	Jenis sesar	Jumlah
		Normal <i>fault</i> (sesar turun)	5

8° – 12° LS dan 115° – 120° BT		<i>Reverse fault</i> (sesar naik)	8
		<i>Oblique Fault</i>	30

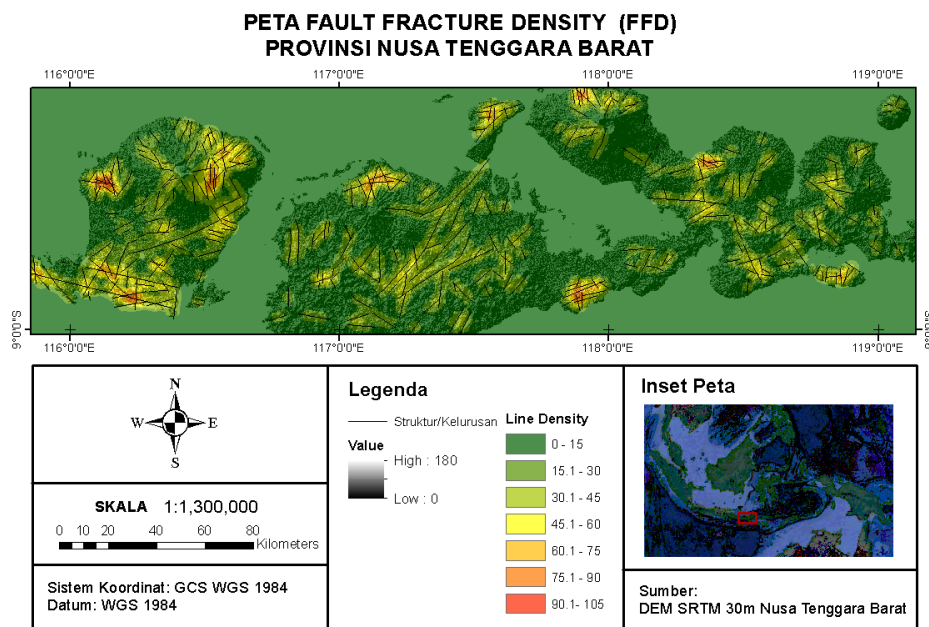
Berdasarkan Tabel 4.7, jenis mekanisme fokus gempa di wilayah penelitian didominasi oleh *oblique fault* sebanyak 30 kejadian. Sementara itu, jenis *reverse fault* atau sesar naik berjumlah 8 kejadian, dan *normal fault* atau sesar turun berjumlah 5 kejadian. Dominasi *oblique fault* menunjukkan bahwa pergerakan sesar di wilayah Nusa Tenggara Barat tidak hanya bergerak secara vertikal, tetapi juga memiliki komponen pergerakan mendatar. Hal ini menandakan bahwa deformasi tektonik di wilayah penelitian bersifat kompleks karena dipengaruhi oleh interaksi antara zona penunjaman Lempeng Indo-Australia di bagian selatan dan aktivitas *Back-Arc Thrust* di bagian utara. Dengan demikian, mekanisme gempa di NTB cenderung didominasi oleh pergerakan miring atau oblique, yang mencerminkan kombinasi antara gaya kompresi, tarikan, dan pergeseran pada zona tektonik aktif.

Hasil pengelompokan jenis sesar ini memperlihatkan bahwa gempa di wilayah NTB tidak hanya menunjukkan lokasi kejadian, tetapi juga menggambarkan arah pergerakan batuan saat gempa terjadi. Pola tersebut menunjukkan bahwa kondisi tektonik NTB cukup kompleks karena dipengaruhi oleh penunjaman Lempeng Indo-Australia di bagian selatan dan aktivitas *Back-Arc Thrust* di bagian utara.

4.4. Analisis Fault Fracture Density (FFD)

Peta *Fault Fracture Density* (FFD) ditampilkan dalam penelitian ini untuk

melengkapi hasil analisis seismisitas dan mekanisme fokus gempa. Peta seismisitas digunakan untuk mengetahui sebaran kejadian gempa, sedangkan mekanisme fokus digunakan untuk mengetahui jenis dan arah pergerakan sesar berdasarkan nilai *strike*, *dip*, dan *rake*. Namun, kedua data tersebut belum menunjukkan bagaimana indikasi struktur geologi terekam pada morfologi permukaan. Oleh karena itu, peta FFD digunakan sebagai data pendukung untuk melihat kerapatan kelurusan dan rekahan permukaan yang diperoleh dari data DEM. Analisis densitas kelurusan penting karena lineament dapat mencirikan keberadaan sesar atau rekahan, serta menunjukkan variasi intensitas struktur geologi pada suatu wilayah, sebagaimana dijelaskan oleh Hardiyanto dan Setianto (2024). Selain itu, Marliyani et al. (2016) juga menunjukkan bahwa data SRTM DEM 30 m dapat digunakan dalam analisis geomorfologi untuk membantu mengenali jejak sesar aktif, terutama pada wilayah yang ekspresi struktur sesarnya tidak selalu tampak jelas di permukaan.



Gambar 4.4 Peta *Fault Fracture Density* (FFD)

Berdasarkan peta FFD, nilai kerapatan kelurusan di wilayah NTB ditunjukkan

dengan gradasi warna hijau hingga merah. Warna hijau menunjukkan zona dengan kerapatan kelurusan rendah, sedangkan warna kuning, oranye, hingga merah menunjukkan zona dengan kerapatan kelurusan yang semakin tinggi. Zona FFD tinggi tampak pada beberapa bagian Lombok, Sumbawa bagian tengah–utara, serta beberapa wilayah timur Sumbawa. Zona merah pada peta ini tidak diartikan sebagai wilayah dengan jumlah gempa paling banyak, melainkan sebagai wilayah yang memiliki kerapatan kelurusan atau rekahan permukaan yang lebih tinggi. Artinya, daerah tersebut kemungkinan memiliki struktur permukaan yang lebih berkembang, baik akibat pengaruh sesar lokal, rekahan batuan, perbedaan litologi, maupun proses deformasi tektonik yang pernah atau masih memengaruhi wilayah tersebut.

Perbedaan antara zona merah pada peta FFD dengan persebaran titik episenter gempa merupakan hal yang wajar karena kedua peta tersebut merepresentasikan data yang berbeda. Peta seismisitas menunjukkan lokasi kejadian gempa pada periode, magnitudo, dan kedalaman tertentu, sedangkan peta FFD menunjukkan kerapatan kelurusan dan rekahan permukaan yang diperoleh dari interpretasi DEM. Dengan demikian, daerah yang berwarna merah pada peta FFD belum tentu memiliki jumlah kejadian gempa yang tinggi pada peta seismisitas. Hal ini disebabkan karena FFD merekam ekspresi morfologi permukaan yang dapat terbentuk dalam waktu geologi yang panjang, sedangkan episenter gempa hanya menggambarkan aktivitas kegempaan yang terekam dalam periode data penelitian. Selain itu, tidak semua kelurusan permukaan merupakan sesar aktif yang menghasilkan gempa, karena kelurusan juga dapat dipengaruhi oleh faktor litologi, erosi, pola aliran sungai, lereng, atau struktur lama yang masih terlihat pada DEM. Menurut Marliyani et al. (2016) bahwa interpretasi geomorfologi perlu

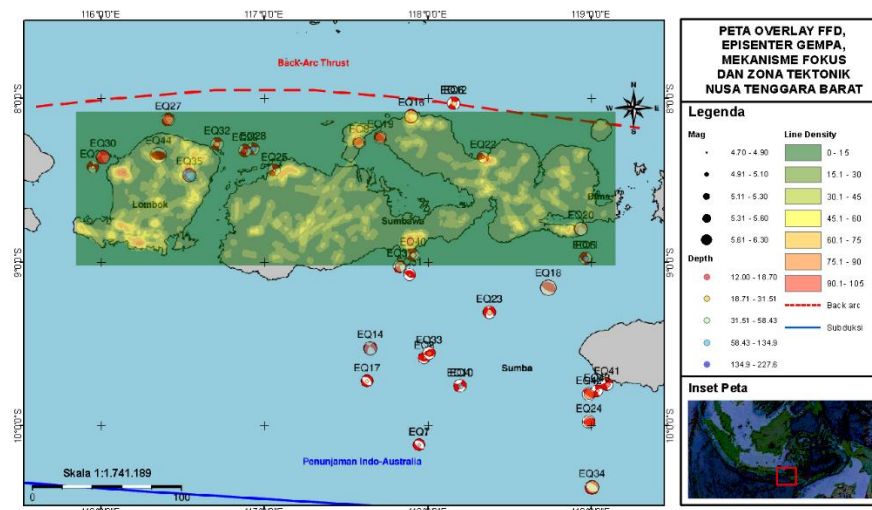
dibandingkan dengan data lain karena bentuk permukaan dapat dipengaruhi oleh faktor tektonik maupun non-tektonik.

Dalam penelitian ini, peta FFD tidak digunakan sebagai dasar utama untuk menentukan jenis sesar. Penentuan jenis sesar tetap didasarkan pada data *focal mechanism* melalui nilai *strike*, *dip*, dan *rake*. Peta FFD digunakan sebagai pelengkap untuk melihat apakah wilayah yang dipengaruhi aktivitas tektonik juga menunjukkan indikasi kerapatan struktur permukaan. Oleh karena itu, hubungan antara FFD, seismisitas, dan *focal mechanism* bukan harus menunjukkan pola yang sama persis, tetapi saling melengkapi. Peta seismisitas menunjukkan distribusi gempa, peta *focal mechanism* menunjukkan mekanisme pergerakan sumber gempa, sedangkan peta FFD menunjukkan kerapatan kelurusan dan rekahan permukaan. Dengan demikian, peta FFD tetap penting dimasukkan dalam pembahasan karena memberikan gambaran tambahan mengenai kondisi struktur permukaan di wilayah NTB, meskipun zona densitas tinggi tidak selalu berimpit langsung dengan titik episenter gempa.

4.5 Analisis Keterkaitan FFD dengan Sebaran Episenter Gempa dan

Mekanisme Fokus

Analisis keterkaitan antara nilai Fault Fracture Density (FFD), sebaran episenter gempa, mekanisme fokus, dan zona tektonik regional dilakukan melalui overlay beberapa data spasial. Peta overlay ini digunakan untuk melihat hubungan antara zona FFD tinggi dengan sebaran episenter gempa serta jenis pergerakan sesar yang ditunjukkan oleh mekanisme fokus.



Pada bagian utara Lombok dan Sumbawa, beberapa episenter dan mekanisme fokus berada dekat dengan zona *Back Arc Thrust*. Keberadaan sesar pada zona ini dipengaruhi oleh gaya kompresi akibat aktivitas busur belakang, sehingga jenis sesar yang berkembang cenderung berupa sesar naik atau *oblique thrust*. Sementara itu, pada bagian selatan NTB yang berdekatan dengan zona penunjaman Lempeng Indo-Australia, mekanisme sesar yang muncul dapat berupa sesar normal hingga *oblique* normal sebagai respons terhadap proses penunjaman dan penyesuaian tegangan kerak. Jenis sesar *oblique* yang dominan menunjukkan bahwa pergerakan sesar di wilayah NTB tidak hanya dipengaruhi oleh satu arah gaya, tetapi merupakan hasil kombinasi gaya kompresi, tarikan, dan geser akibat interaksi antara zona subduksi di bagian selatan dan *Back Arc Thrust* di bagian utara.

Berdasarkan hasil pengelompokan mekanisme fokus, jenis sesar di wilayah penelitian terdiri atas sesar *oblique*, sesar naik, dan sesar normal. Sesar *oblique* menjadi jenis yang paling dominan, diikuti oleh sesar naik dan sesar normal. Dominasi sesar *oblique* menunjukkan bahwa deformasi tektonik di wilayah NTB bersifat kompleks karena dipengaruhi oleh gabungan gaya kompresi dan gaya geser. Dengan demikian, keberadaan FFD tinggi dapat membantu menunjukkan zona kelurusan dan rekahan permukaan, tetapi penentuan jenis sesar dan karakter pergerakannya tetap didasarkan pada data mekanisme fokus melalui parameter *strike*, *dip*, dan *rake*.

Dengan demikian, keterkaitan pola FFD terhadap lokasi sesar di wilayah NTB bersifat tidak langsung. FFD tidak dapat digunakan sebagai satu-satunya dasar untuk menentukan lokasi sesar aktif, karena zona FFD tinggi belum tentu selalu berimpit dengan episenter gempa atau mekanisme fokus. FFD lebih tepat digunakan

sebagai data pendukung untuk menginterpretasikan zona lemah, kerapatan rekahan, dan kelurusan morfologi permukaan. Sementara itu, lokasi dan jenis sesar aktif lebih kuat ditentukan melalui integrasi data seismisitas, mekanisme fokus, dan kondisi tektonik regional. Oleh karena itu, peta *overlay* ini penting karena mampu menunjukkan hubungan antara kondisi struktur permukaan dengan aktivitas tektonik bawah permukaan, sekaligus menjawab bahwa FFD berperan sebagai indikator pendukung dalam analisis lokasi sesar di wilayah NTB.

4.6. Kajian Keislaman

Penelitian ini dilandasi oleh perintah Allah SWT dalam Q.S. Al-Mulk [67]: 3–4 yang mengajarkan manusia untuk mengamati, menelaah, dan memperhatikan ciptaan-Nya secara berulang-ulang. Dalam penelitian geofisika, khususnya analisis jenis sesar menggunakan data seismisitas, mekanisme fokus gempa, dan *Digital Elevation Model* (DEM), proses pengamatan tidak dilakukan hanya sekali, melainkan memerlukan pemeriksaan berulang untuk memperoleh hasil yang akurat. Melalui pengamatan tersebut, manusia dapat memahami dinamika bumi sebagai salah satu bentuk tanda kebesaran Allah SWT yang tersimpan dalam fenomena alam. Perintah untuk mengamati dan meneliti ciptaan Allah dijelaskan dalam Q.S. Al-Mulk [67]: 3–4.

الَّذِي خَلَقَ سَبْعَ سَمَاوَاتٍ طِبَاقًا مَّا تَرَىٰ فِي خَلْقِ الرَّحْمَنِ مِن تَفَوتٍ فَإِذْ جَاعَ الْبَصَرُ هَلْ تَرَىٰ مِن فُتُورٍ
ثُمَّ ارْجِعِ الْبَصَرَ كَرَّتَيْنِ يَنْقَلِبْ إِلَيْكَ الْبَصَرُ خَاسِئًا وَهُوَ حَسِيرٌ ﴿٤﴾

“Yang telah menciptakan tujuh langit berlapis-lapis. Tidak akan engkau lihat sesuatu yang tidak seimbang pada ciptaan Tuhan Yang Maha Pengasih. Maka lihatlah sekali lagi, adakah engkau lihat sesuatu yang cacat? Kemudian ulangi pandanganmu sekali lagi dan sekali lagi, niscaya pandanganmu akan kembali kepadamu tanpa menemukan cacat dan dalam keadaan letih.” (Q.S. Al-Mulk [67]: 3–4).

Ayat tersebut menunjukkan pentingnya proses pengamatan yang teliti dan berulang dalam memahami fenomena alam. Hal ini sejalan dengan penelitian ini yang memanfaatkan analisis seismisitas, mekanisme fokus gempa bumi, dan DEM untuk mengidentifikasi jenis sesar di wilayah Nusa Tenggara Barat. Penentuan jenis sesar tidak dapat dilakukan hanya melalui satu data, melainkan memerlukan integrasi berbagai informasi geologi dan geofisika yang dianalisis secara cermat. Dengan demikian, kegiatan penelitian ini merupakan bentuk implementasi perintah Allah SWT untuk mengamati dan mengkaji tanda-tanda kebesaran-Nya yang terdapat di bumi, sehingga hasil penelitian dapat menambah pemahaman mengenai kondisi tektonik dan karakteristik sesar aktif di wilayah Nusa Tenggara Barat.

Menurut Tafsir Ibnu Katsir, ayat ini menjelaskan bahwa Allah SWT menciptakan langit dan alam semesta dalam keadaan seimbang, teratur, dan tidak terdapat kecacatan dalam penciptaan-Nya. Perintah untuk melihat kembali secara berulang-ulang menunjukkan bahwa manusia dianjurkan untuk mengamati ciptaan Allah dengan penuh perhatian dan ketelitian. Semakin manusia mengamati ciptaan Allah, maka semakin tampak keteraturan dan kebesaran-Nya.

Sementara itu, menurut Tafsir Al-Misbah, Q.S. Al-Mulk [67]: 3–4 mengandung dorongan agar manusia menggunakan akal dan pengamatan ilmiah dalam memahami fenomena alam. Perintah “lihatlah berulang-ulang” tidak hanya bermakna melihat secara fisik, tetapi juga meneliti, mengkaji, dan menganalisis tanda-tanda kekuasaan Allah SWT yang terdapat di alam semesta. Dengan demikian, ayat ini dapat dipahami sebagai dasar bahwa penelitian terhadap fenomena alam, termasuk gempa bumi, sesar, dan kondisi morfologi permukaan

bumi, merupakan bagian dari upaya manusia dalam memahami keteraturan ciptaan Allah SWT.

Dalam konteks penelitian ini, pengamatan terhadap fenomena tektonik di wilayah NTB dilakukan melalui data seismisitas, mekanisme fokus gempa bumi, dan *Digital Elevation Model* (DEM). Data-data tersebut digunakan untuk memahami jenis serta karakter pergerakan sesar yang terjadi di wilayah penelitian. Hal ini menunjukkan bahwa kajian ilmiah terhadap struktur bumi bukan hanya bertujuan untuk memperoleh pengetahuan geofisika, tetapi juga menjadi bentuk tadabbur terhadap ciptaan Allah SWT. Melalui penelitian ini, manusia dapat menyadari bahwa fenomena alam seperti gempa bumi dan pergerakan sesar terjadi sesuai dengan ketetapan dan keteraturan hukum alam yang telah Allah ciptakan.

Sejalan dengan perintah untuk mengamati dan mempelajari fenomena alam tersebut, Islam juga memberikan penghargaan yang tinggi terhadap orang-orang yang menuntut ilmu. Rasulullah SAW mendorong umatnya untuk terus mencari dan mengembangkan ilmu pengetahuan yang bermanfaat bagi kehidupan manusia. Hal ini sebagaimana dijelaskan dalam hadis Rasulullah SAW berikut:

مَنْ سَلَكَ طَرِيقًا يَلْتَمِسُ فِيهِ عِلْمًا، سَهَّلَ اللَّهُ لَهُ بِهِ طَرِيقًا إِلَى الْجَنَّةِ

“Barang siapa menempuh suatu jalan untuk mencari ilmu, maka Allah akan memudahkan baginya jalan menuju surga.” (HR. Muslim No. 2699).

Hadis tersebut menegaskan pentingnya mencari dan mengembangkan ilmu pengetahuan. Hal ini tercermin dalam penelitian yang dilakukan untuk mengidentifikasi jenis sesar di wilayah Nusa Tenggara Barat berdasarkan data seismisitas, mekanisme fokus gempa bumi, dan *Digital Elevation Model* (DEM). Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan, diperoleh informasi mengenai karakteristik pergerakan sesar yang berkembang di wilayah penelitian. Pola sebaran

gempa, mekanisme fokus, serta kondisi topografi menunjukkan adanya keterkaitan antara aktivitas kegempaan dengan struktur tektonik yang memengaruhi wilayah NTB. Hasil tersebut menunjukkan bahwa fenomena geologi dapat dipahami melalui pengamatan dan analisis ilmiah yang sistematis, sehingga pengetahuan yang diperoleh dapat memperkaya kajian ilmu kebumihann sekaligus meningkatkan pemahaman manusia terhadap kebesaran Allah SWT melalui ciptaan-Nya.

BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil interpretasi pengolahan data dan pembahasan dapat diambil kesimpulan bahwa :

1. Berdasarkan analisis mekanisme fokus gempa bumi, jenis sesar yang berkembang di wilayah NTB didominasi oleh Sesar Oblique (*Oblique Fault*) sebanyak 30 kejadian, dengan beberapa kejadian menunjukkan mekanisme Sesar Naik (*Reverse Fault*) sebanyak 8 kejadian dan Sesar Normal (*Normal Fault*) sebanyak 5 kejadian. Dominasi Sesar Oblique (*Oblique Fault*) menunjukkan bahwa aktivitas tektonik di wilayah NTB tidak dikontrol oleh satu jenis deformasi saja, melainkan oleh kombinasi beberapa gaya tektonik yang bekerja secara bersamaan. Hasil tersebut menunjukkan bahwa wilayah NTB memiliki kondisi tektonik yang kompleks akibat pengaruh sistem subduksi dan struktur sesar aktif regional.
2. Karakteristik sesar di wilayah NTB menunjukkan dominasi pergerakan *oblique* yang merupakan kombinasi gerakan vertikal dan horizontal. Karakteristik ini ditunjukkan oleh nilai *rake* yang bervariasi serta didukung oleh persebaran episenter gempa, mekanisme fokus, dan zona *Fault Fracture Density* (FFD) yang menunjukkan bahwa deformasi kerak bumi di wilayah NTB dipengaruhi oleh kombinasi gaya kompresi dan geser. Kondisi tersebut berkaitan dengan kompleksitas tektonik wilayah NTB yang dipengaruhi oleh subduksi Lempeng Indo-Australia dan aktivitas *Flores Back Arc Thrust* .
3. Keterkaitan FFD dengan lokasi sesar di wilayah NTB bersifat tidak langsung. FFD

tinggi menunjukkan adanya kerapatan kelurusan morfologi yang dapat menjadi indikasi zona lemah, tetapi tidak selalu menunjukkan sesar aktif. Lokasi sesar lebih meyakinkan apabila zona FFD tinggi berasosiasi dengan episenter gempa, mekanisme fokus, dan zona tektonik regional. Oleh karena itu, FFD digunakan sebagai data pendukung, sedangkan penentuan lokasi dan jenis sesar tetap mengacu pada data seismisitas, mekanisme fokus, serta kondisi tektonik regional.

5.2. Saran

1. Penelitian selanjutnya disarankan menggunakan data gempa bumi dan mekanisme fokus dengan rentang waktu yang lebih panjang serta jumlah data yang lebih banyak agar identifikasi jenis sesar di wilayah NTB dapat dilakukan dengan tingkat ketelitian yang lebih tinggi.
2. Penelitian selanjutnya disarankan mengintegrasikan data geologi lapangan, data geodesi (GPS), atau InSAR sehingga karakteristik dan pola pergerakan sesar di wilayah NTB dapat dianalisis secara lebih rinci dan komprehensif.

DAFTAR PUSTAKA

- Achmad Khudori Soleh. (2018). Pendekatan kuantum dalam integrasi agama dan sains Nidhal Guessoum. *Ulul Albab*, 19(1), 119–141.
- Aki, K., & Richards, P. (2002). *Quantitative Seismology, 2nd Ed.*
- Anderson, E. M. (1951). *The dynamics of faulting and dyke formation with applications to Britain* ([2nd ed., rev.]). Oliver and Boyd.
- Anderson, E. M. (1951). *The dynamics of faulting and dyke formation with applications to Britain* (2nd ed.). Oliver and Boyd.
- BMKG. (2025). *Aktivitas gempa bumi di Jawa Timur, Bali, dan Nusa Tenggara mencapai 799 kali pada Januari 2025*. Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika.
- BMKG. (2025). BMKG catat 547 gempa bumi guncang Bali sepanjang tahun 2025, 10 dirasakan. *Merdeka.com*.
- Budi, N. W., & Juwita, N. S. (2017). Analisis seismisitas dan energi gempabumi di kawasan jalur Sesar Opak-Oyo Yogyakarta. *Jurnal Sains Dasar*, 6(2), 109–115. <https://doi.org/10.21831/jsd.v6i2.15544>
- Bunaga, I. G. K. S., & Taruna, R. M. (2021). Studi seismotektonik Nusa Tenggara Barat menggunakan data gempa tahun 1922–2021. *Agregat*, 6(2).
- Burbank, D. W., & Anderson, R. S. (2011). In Tectonic Geomorphology (eds D.W. Burbank and R.S. Anderson). In *Tectonic Geomorphology* (412–443). <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/9781444345063.refs>
- Bustari, A. A. (2024). Kajian seismisitas dan energi gempabumi Sesar Naik Busur Belakang Flores di segmen utara Pulau Lombok berdasarkan data kegempaan 2013–2023. *Jurnal Kolaboratif Sains*, 7(7), 2268–2274.
- Carlile, J. C., & Mitchell, A. H. G. (1994). Magmatic arcs and associated gold and copper mineralization in Indonesia. *Journal of Geochemical Exploration*, 50(1), 91–142. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0375-6742\(94\)90022-1](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0375-6742(94)90022-1)
- Coblentz, D., Pabian, F., & Prasad, L. (2014). Quantitative geomorphometrics for terrain characterization. *International Journal of Geosciences*, 5, 247–266. <https://doi.org/10.4236/ijg.2014.53026>
- Ekström, G., Nettles, M., & Dziewonski, A. (2012). The Global CMT project 2004–2010: Centroid-moment tensors for 13,017 earthquakes. *Physics of the Earth and Planetary Interiors*, 200–201, <https://doi.org/10.1016/j.pepi.2012.04.002>
- England, R. (2003). Stein, S. Wyssession, M. 2003. An Introduction to Seismology,

- Earthquakes, and Earth Structure. Xi + 498 pp. Oxford: Blackwell Science. Price 34.95, US 79.95 (paperback). ISBN 0 865 42078 5. *Geological Magazine* - *GEOL MAG*, 140, 733–734. <https://doi.org/10.1017/S0016756803318837>
- Faiza, N. N., & Ariyanto, P. (2024). Analisis tingkat seismisitas dan risiko kegempaan tektonik berdasarkan nilai variasi spasio-temporal wilayah Bali dan Nusa Tenggara. *Buletin Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika*, 5(2), 18–25.
- Frohlich, M. T., & Westbrook, R. (2001). Arcs of integration: an international study of supply chain strategies. *Journal of Operations Management*, 19(2), 185–200. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0272-6963\(00\)00055-3](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0272-6963(00)00055-3)
- Guessoum, N. (2011). Islam and science: A rational perspective. *Studies in History and Philosophy of Science Part B*. <https://doi.org/10.1016/j.shpsb.2010.12.002>
- Hall, R. (2012a). Late Jurassic–Cenozoic reconstructions of the Indonesian region and the Indian Ocean. *Tectonophysics*, 570–571
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.tecto.2012.04.021>
- Hall, R. (2012b). Late Jurassic–Cenozoic reconstructions of the Indonesian region and the Indian Ocean. In *Tectonophysics* (Vols. 570–571, pp. 1–41). <https://doi.org/10.1016/j.tecto.2012.04.021>
- Hamilton, W., & U.S. Govt. Print. Off. (1979). Tectonics of the Indonesian region. In *Professional Paper*. <https://doi.org/10.3133/pp1078>
- Hidayat, E., Muslim, D., Zakaria, Z., Permana, H., & Wibowo, D. A. (2023). Index active tectonic relative of Karangsambung geopark area, Central Java, Indonesia: Assessment for developing geological disaster-based areas. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1173, 012014. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1173/1/012014>
- Hutchings, S. J., & Mooney, W. D. (2021). The Seismicity of Indonesia and Tectonic Implications. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, 22(9). <https://doi.org/10.1029/2021GC009812>
- Janah, M., Supriyadi, Yulianti, I., & Trisnowati, Y. D. (2016). Analisis seismotektonik Papua bagian utara melalui pemetaan sebaran mekanisme fokus. *Unnes Physics Journal*, 5(2), 32–36.
- Ji, X., & Reicherter, K. (2025). Tectonic deformation analysis with ALOS-based digital elevation models in the Longshou Shan Mountains (NW China). *GeoHazards*, 6, 74. <https://doi.org/10.3390/geohazards6040074>
- Keller, E. A., & Pinter, N. (2002). *Active Tectonics Earthquakes, Uplift, and Landscape* (2nd ed.). Prentice Hall, Upper Saddle River.

- Kurniawan, A., Nurrochman, A., Zaenudin, A., Wibowo, A., Destawan, R., Wibowo, R. C., & Hanif, I. (2024). Analisis seismisitas dan mekanisme fokus Sesar Sumatera: Studi kasus Segmen Semangko dan Selat Sunda. *Jurnal Teknologi dan Inovasi Industri*, 5(2), 67–74. <https://doi.org/10.23960/jtii.v5i2.98>
- Marliyani, G. I., Arrowsmith, J. R., & Whipple, K. X. (2016). Characterization of slow slip rate faults in humid areas: Cimandiri fault zone, Indonesia. *Journal of Geophysical Research: Earth Surface*, 121. <https://doi.org/10.1002/2016JF003846>
- Massinai, M. F. I., Massinai, M. A., Astuti, A. P., & Arifuddin, N. S. (2020). Penentuan hiposenter dan mekanisme fokus gempa bumi MLv4,8 1 Januari 2015 di sekitar Sesar Matano. *Jurnal Geomine*, 8(2), 142–150.
- Mccaffrey, R. (2009). The tectonic framework of the sumatran subduction zone. In *Annual Review of Earth and Planetary Sciences* (Vol. 37, 345–366). <https://doi.org/10.1146/annurev.earth.031208.100212>
- Mccaffrey, R., & Nabelek, J. (1987). Earthquakes, Gravity, And The Origin Of The Bali Basin: An Example Of A Nascent Continental Fold-And-Thrust Belt. *Journal Of Geophysical*, 92.
- Minardi, S., Ardianto, T., & Alaydrus, A. T. (2014). *Pemodelan Gaya Berat Untuk Mendeteksi Keberadaan Sesar Di Pulau Lombok*.
- Naim, M. I., Supriyadi, & Linuwih, S. (2018). Analisis seismisitas dari Kepulauan Mentawai pada periode 2010–2016. *Indonesian Journal of Applied Physics*, 8(1), 6–11.
- Nurfitriani, Pasau, G., & Raharjo, S. S. (2014). Identifikasi sesar di wilayah Gorontalo dengan analisis mekanisme bola fokus. *Jurnal MIPA UNSRAT Online*, 3(1), 40–43.
- Pike, R. J., Evans, I. S., & Hengl, T. (2009). Chapter 1 Geomorphometry: A Brief Guide. In Tomislav Hengl & H. I. Reuter (Eds.), *Geomorphometry* (Vol. 33, pp. 3–30). Elsevier. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0166-2481\(08\)00001-9](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0166-2481(08)00001-9)
- Pusat Studi Gempa Nasional. (2017). *Peta sumber dan bahaya gempa Indonesia tahun 2017*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Perumahan dan Permukiman, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.
- Ragil Setiawan, M., & Setiawan, A. (2015). Pemodelan struktur bawah permukaan zona subduksi dan busur gunungapi Jawa Timur berdasarkan analisis data gravitasi. *Jurnal Fisika Indonesia*, 19(57), 13–18. <https://doi.org/10.22146/jfi.27092>
- Risnawati, Ihsan, Wahyuni, A., & Said, M. (2021). Pola Sesar Saddang berdasarkan tingkat seismisitas dan fokal mekanisme: Studi kasus Januari 2010–Juli 2020.

- Jurnal Fisika dan Terapannya*, 8(1), 57–64.
<https://doi.org/10.24252/jft.v8i1.19277>
- Scholz, C. (2002). *The Mechanics of Earthquake Faulting*.
<https://doi.org/10.1017/CBO9780511818516>
- Self, S., Rampino, M. R., Newton, M. S., & Wolff, J. A. (1984). *Volcanological study of the great Tambora eruption of 1815*.
<http://pubs.geoscienceworld.org/gsa/geology/article-pdf/12/11/659/3507077/i0091-7613-12-11-659.pdf>
- Setiawan, M. R., & Setiawan, A. (2015). Pemodelan Struktur Bawah Permukaan Zona Subduksi dan Busur Gunungapi Jawa Timur berdasarkan Analisis Data Gravitasi. *Jurnal Fisika Indonesia*, 19, 13–18.
<https://doi.org/10.22146/jfi.27092>
- Soleh, A. K. (2018). Pendekatan Kuantum Dalam Integrasi Agama Dan Sains Nidhal Guessoum. *Ulul Albab Jurnal Studi Islam*, 19(1), 119.
<https://doi.org/10.18860/ua.v19i1.4937>
- Sokeng, V. C. J., Ngatcha, B. N., Kouame, F. K., Danumah, J. H., & You, L. A. (2021). Semi-automatic fracture mapping using cellular neural networks applied to ALOS PALSAR 2 images of the Western Highlands of Cameroon. *International Journal of Geosciences*, 12, 1055–1069.
<https://doi.org/10.4236/ijg.2021.1211056>
- Solèr, Z. U., Bouroussis, C. A., & Derungs, R. (2025). UAV flight paths for goniometric mapping and numerical integration. *Research Square*.
<https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-7318924/v1>
- Stein, S., & Wysession, M. (2003). *An introduction to seismology, earthquakes, and earth structure*. Blackwell Publishing.
- Supendi, P., & Purbayanti, R. (2023). Analysis of local active faults in Western Java from hypocenter relocation using BMKG data. *Jurnal Geofisika*, 21(1), 26–28.
- Tehseen, R., Farooq, M. S., & Abid, A. (2020). Earthquake prediction using expert systems: A systematic mapping study. In *Sustainability (Switzerland)* (Vol. 12, Number 6). MDPI. <https://doi.org/10.3390/su12062420>
- Tim Pusat Studi Gempa Nasional. (2017). *Peta sumber dan bahaya gempa Indonesia tahun 2017*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Perumahan dan Permukiman, Badan Penelitian dan Pengembangan, Kementerian Pekerjaan Umum.
- Wallace, R. E. (Ed.). (1986). *Active tectonics*. National Academy Press.
- Yeats, R. S., Sieh, K., & Allen, C. R. (1997). The Geology of Earthquakes. In *Seismological Research Letters* (Vol. 68, Number 5).

<https://www.researchgate.net/publication/270463277> The Geology of Earthquakes by Robert S Yeats Kerry Sieh and Clarence R Allen

LAMPIRAN

Lampiran 1

Data Seismitas (Gempa Bumi) Tahun 2014-2024

Longitude	Lattitude	Depth	Magnitudo
117.95	-10.12	42.3	4.8
117.98	-9.59	42.3	4.7
117.58	-8.27	227.6	5.2
118.2	-9.76	102.7	5.1
118.97	-8.98	134.9	5.1
118.16	-8.03	21.26	5.1
117.95	-10.12	42.3	4.8
117.98	-9.59	42.32	4.7
117.58	-8.27	227.6	5.2
118.2	-9.76	102.73	5.1
118.97	-8.98	134.87	5.1
118.16	-8.03	21.26	5.1
116.37	-10.97	48.26	5.1
117.65	-9.53	81.32	5.4
116.29	-11.3	31.51	6.1
117.9	-8.11	23	5.6
117.63	-9.73	58.43	4.9
118.74	-9.16	98.39	6.3
117.71	-8.24	216.43	5.2
118.94	-8.8	126.47	5.5
117.38	-10.86	27.23	4.8
118.34	-8.36	165.93	4.7
118.38	-9.31	30.89	5.1
118.99	-9.98	38.97	5.2
117.06	-8.44	18.4	4.9
115.95	-8.42	23.88	4.8
116.41	-8.13	12	5.3
116.93	-8.31	16.82	5
116.88	-8.32	19.84	5.1
116.01	-8.36	23.2	5.5
117.89	-9.08	88.7	4.8
116.71	-8.28	23.95	5.1
118.01	-9.56	18.7	5.1
119.01	-10.38	27.33	5.6
116.54	-8.47	14.41	5.6
118.55	-11.24	13.89	5.1
117.83	-9.03	12.06	5.2
118.42	-11.43	12	5.2
118.28	-10.54	20.28	5.1
117.91	-8.96	13.13	5.1
119.1	-9.75	12	5.1
118.99	-9.81	12	5.3
119.04	-9.79	12.45	4.8

Lampiran 2

Data Focal Mechanisme 2014-2024

Latitude CMT	Longitude CMT	Kedalaman CMT (km)	Mrr	Mtt	Mpp	Mrt	Mrp	Mtp
-10.12	117.95	42.3	2.21E+23	-2.42E+23	2.16E+22	1.46E+23	4.17E+21	1.01E+22
-9.59	117.98	42.32	-1.79E+23	-3.72E+22	2.16E+23	7.96E+22	8.35E+22	-9.59E+22
-8.27	117.58	227.6	6.05E+23	-2.2E+24	1.59E+24	8.28E+23	1.29E+24	1.21E+24
-9.76	118.2	102.73	-1.63E+23	3.6E+23	-1.97E+23	2.96E+23	3.28E+22	2.96E+22
-8.98	118.97	134.87	-1.01E+23	8.01E+22	2.09E+22	1.15E+23	1.31E+23	4.86E+22
-8.03	118.16	21.26	2.39E+23	-3.47E+23	1.08E+23	-3.28E+23	-1.42E+23	-4.23E+21
-10.12	117.95	42.3	2.21E+23	-2.42E+23	2.16E+22	1.46E+23	4.17E+21	1.01E+22
-9.59	117.98	42.32	-1.79E+23	-3.72E+22	2.16E+23	7.96E+22	8.35E+22	-9.59E+22
-8.27	117.58	227.6	6.05E+23	-2.2E+24	1.59E+24	8.28E+23	1.29E+24	1.21E+24
-9.76	118.2	102.73	-1.63E+23	3.6E+23	-1.97E+23	2.96E+23	3.28E+22	2.96E+22
-8.98	118.97	134.87	-1.01E+23	8.01E+22	2.09E+22	1.15E+23	1.31E+23	4.86E+22
-8.03	118.16	21.26	2.39E+23	-3.47E+23	1.08E+23	-3.28E+23	-1.42E+23	-4.23E+21
-10.97	116.37	48.26	-1.17E+22	3.22E+23	-3.1E+23	-5.94E+22	-1.15E+23	-9.78E+21
-9.53	117.65	81.32	4.06E+23	-8.81E+22	-3.18E+23	1.41E+23	-1.51E+23	2.33E+23
-11.3	116.29	31.51	-1.19E+25	1.4E+25	-2.11E+24	-2.77E+22	-7.64E+24	3.64E+24
-8.11	117.9	23	1.25E+23	-9.92E+23	8.67E+23	-1.64E+24	-1.15E+24	-1.31E+23
-9.73	117.63	58.43	2.01E+23	-2.61E+23	5.96E+22	1.23E+23	-1.03E+21	-8.10E+21
-9.16	118.74	98.39	9.25E+24	1.30E+25	-2.22E+25	9.32E+24	1.72E+25	1.48E+25
-8.24	117.71	216.43	-1.62E+23	2.50E+22	1.37E+23	6.67E+22	5.53E+23	1.03E+23
-8.8	118.94	126.47	1.85E+23	-7.31E+22	-1.12E+23	6.60E+23	-6.90E+22	6.79E+23
-10.86	117.38	27.23	3.19E+23	-2.25E+23	-9.39E+22	9.77E+22	1.10E+23	-9.93E+22
-8.36	118.34	165.93	-3.15E+23	8.27E+21	3.07E+23	1.15E+23	-1.32E+23	1.36E+23
-9.31	118.38	30.89	2.01E+23	-2.55E+23	5.33E+22	1.86E+23	-2.95E+23	-6.90E+23

-9.98	118.99	38.97	2.14E+23	-4.04E+23	1.90E+23	4.36E+23	1.67E+23	1.68E+23
-8.44	117.06	18.4	1.88E+23	-1.67E+23	-2.07E+22	-8.11E+22	4.93E+22	-3.80E+22
-8.42	115.95	23.88	1.27E+23	-1.78E+23	5.09E+22	-7.86E+22	-9.50E+22	3.12E+22
-8.13	116.41	12	5.38E+23	-7.92E+23	2.53E+23	-5.05E+23	-1.65E+23	3.04E+23
-8.31	116.93	16.82	1.61E+23	-1.38E+23	-2.37E+22	-1.70E+23	-1.14E+23	-6.56E+22
-8.32	116.88	19.84	4.41E+23	-4.08E+23	-3.31E+22	-3.20E+23	1.79E+23	5.46E+22
-8.36	116.01	23.2	1.46E+24	-1.75E+24	2.84E+23	-1.33E+24	-6.22E+23	-3.51E+22
-9.08	117.89	88.7	8.73E+22	1.31E+23	-2.18E+23	6.04E+22	1.08E+23	8.94E+22
-8.28	116.71	23.95	3.05E+23	-3.60E+23	5.46E+22	-2.92E+23	-1.66E+23	-1.25E+23
-9.56	118.01	18.7	-2.95E+23	1.01E+23	1.94E+23	1.06E+23	1.04E+23	-1.43E+23
-10.38	119.01	27.33	3.48E+24	-3.65E+24	1.61E+23	4.07E+24	-3.58E+23	-1.05E+23
-8.47	116.54	14.41	-1.68E+24	1.85E+24	-1.63E+23	-1.34E+24	-1.99E+23	-1.46E+23
-11.24	118.55	13.89	-4.17E+23	4.29E+23	-1.18E+22	1.47E+23	-1.12E+23	7.94E+22
-9.03	117.83	12.06	6.90E+23	-7.01E+23	1.08E+22	-2.11E+23	-4.18E+21	-2.73E+23
-11.43	118.42	12	-6.90E+23	6.86E+23	3.66E+21	3.70E+23	5.68E+22	4.83E+23
-10.54	118.28	20.28	-2.29E+23	2.17E+23	1.15E+22	6.81E+22	4.97E+23	7.53E+23
-8.96	117.91	13.13	4.04E+23	-1.88E+23	-2.16E+23	-2.78E+23	-1.77E+22	-2.44E+23
-9.75	119.1	12	-2.95E+23	2.09E+23	8.61E+22	8.80E+22	6.60E+22	-4.44E+22
-9.81	118.99	12	-6.88E+23	1.76E+24	-1.07E+24	3.67E+22	-5.14E+23	-5.20E+23
-9.79	119.04	12.45	-2.01E+23	2.67E+23	-6.62E+22	-1.57E+21	8.45E+22	-1.47E+22

Lampiran 3

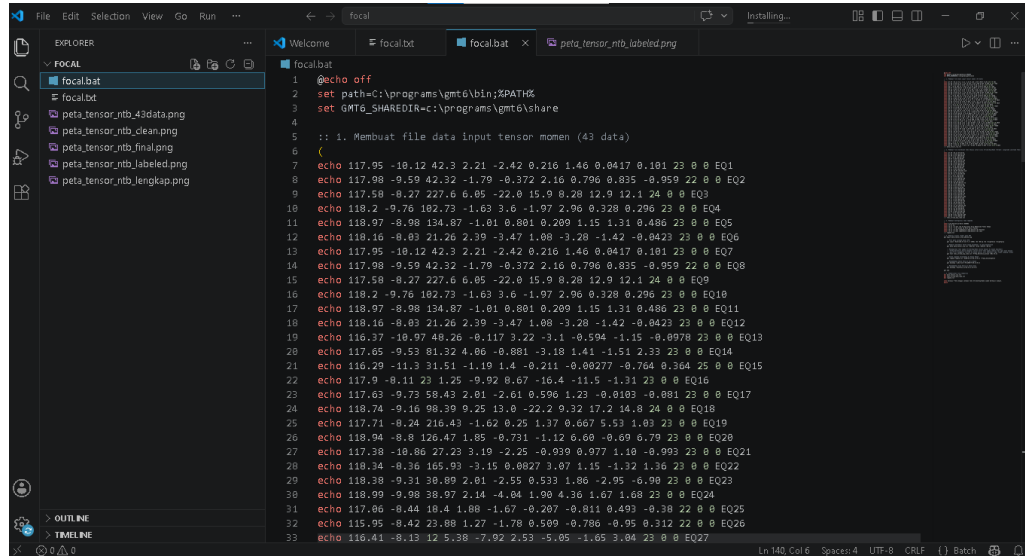
Data Strike, Dip dan Rake Hasil Pengolahan di Software Generic Mapping Tools (GMT)

No Gempa	Longitude (°E)	Latitude (°S)	Strike (°)	Dip (°)	Rake (°)
EQ1	117.95	-10.12	87	23	52
EQ2	117.98	-9.59	264	34	-95
EQ3	117.58	-8.27	104	18	84
EQ4	118.2	-9.76	270	45	-80
EQ5	118.97	-8.98	92	20	65
EQ6	118.16	-8.03	285	15	-60
EQ7	117.95	-10.12	87	23	52
EQ8	117.98	-9.59	264	34	-95
EQ9	117.58	-8.27	104	18	84
EQ10	118.2	-9.76	270	45	-80
EQ11	118.97	-8.98	92	20	65
EQ12	118.16	-8.03	285	15	-60
EQ13	116.37	-10.97	254	40	-110
EQ14	117.65	-9.53	245	51	12
EQ15	116.29	-11.3	241	50	-85
EQ16	117.9	-8.11	115	22	90
EQ17	117.63	-9.73	89	18	55
EQ18	118.74	-9.16	260	38	-98
EQ19	117.71	-8.24	101	24	76
EQ20	118.94	-8.8	82	32	120
EQ21	117.38	-10.86	288	12	-74
EQ22	118.34	-8.36	108	21	88
EQ23	118.38	-9.31	273	42	-85

EQ24	118.99	-9.98	94	16	60
EQ25	117.06	-8.44	280	28	-65
EQ26	115.95	-8.42	268	36	-92
EQ27	116.41	-8.13	110	20	85
EQ28	116.93	-8.31	107	23	84
EQ29	116.88	-8.32	103	35	40
EQ30	116.01	-8.36	262	44	-102
EQ31	117.89	-9.08	85	35	105
EQ32	116.71	-8.28	108	22	82
EQ33	118.01	-9.56	267	40	-85
EQ34	119.01	-10.38	90	15	70
EQ35	116.54	-8.47	274	32	-75
EQ36	118.55	-11.24	258	45	-95
EQ37	117.83	-9.03	102	26	80
EQ38	118.42	-11.43	88	20	62
EQ39	118.28	-10.54	84	34	115
EQ40	117.91	-8.96	271	38	-84
EQ41	119.1	-9.75	264	42	-90
EQ42	118.99	-9.81	252	46	-105
EQ43	119.04	-9.79	261	36	-96

Lampiran 4

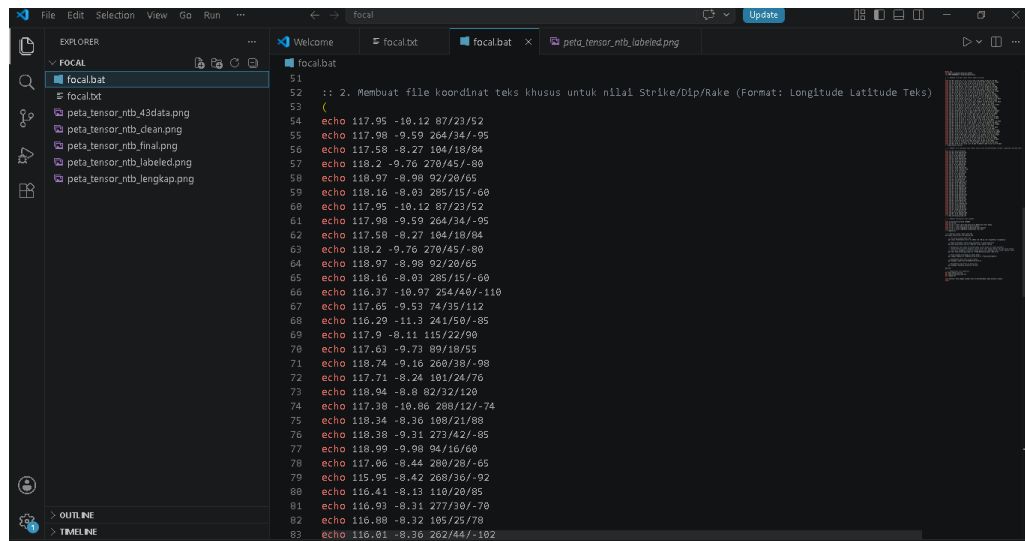
Tampilan GMT yang dijalankan di VS Code



```

1 @echo off
2 set path=C:\programs\gmt6\bin;%PATH%
3 set GMT6_SHAREDIR=C:\programs\gmt6\share
4
5 :: 1. Membuat file data input tensor momen (43 data)
6 (
7 echo 117.95 -10.12 42.3 2.21 -2.42 0.216 1.46 0.8417 0.181 22 0 0 EQ1
8 echo 117.98 -9.59 42.32 -1.79 -0.372 2.16 0.796 0.835 -0.959 22 0 0 EQ2
9 echo 117.58 -8.27 227.6 6.05 -22.0 15.9 0.28 12.9 12.1 24 0 0 EQ3
10 echo 118.2 -9.76 182.73 -1.63 3.6 -1.07 2.06 0.328 0.296 23 0 0 EQ4
11 echo 118.97 -8.98 134.87 -1.01 0.801 0.289 1.15 1.31 0.486 23 0 0 EQ5
12 echo 118.16 -0.83 21.26 2.39 -3.47 1.88 -3.28 -1.42 -0.0423 23 0 0 EQ6
13 echo 117.95 -10.12 42.3 2.21 -2.42 0.216 1.46 0.8417 0.181 23 0 0 EQ7
14 echo 117.98 -9.59 42.32 -1.79 -0.372 2.16 0.796 0.835 -0.959 22 0 0 EQ8
15 echo 117.58 -8.27 227.6 6.05 -22.0 15.9 0.28 12.9 12.1 24 0 0 EQ9
16 echo 118.2 -9.76 182.73 -1.63 3.6 -1.07 2.06 0.328 0.296 23 0 0 EQ10
17 echo 118.97 -8.98 134.87 -1.01 0.801 0.289 1.15 1.31 0.486 23 0 0 EQ11
18 echo 118.16 -0.83 21.26 2.39 -3.47 1.88 -3.28 -1.42 -0.0423 23 0 0 EQ12
19 echo 116.37 -10.97 48.26 -0.117 3.22 -3.1 -0.594 -1.15 -0.8978 23 0 0 EQ13
20 echo 117.65 -0.53 81.32 4.86 -0.881 -3.18 1.41 -1.51 2.33 23 0 0 EQ14
21 echo 116.29 -11.3 31.51 -1.19 1.4 -0.211 -0.00277 -0.764 0.364 25 0 0 EQ15
22 echo 117.9 -8.11 23 1.25 -9.92 8.67 -16.4 -11.5 -1.31 23 0 0 EQ16
23 echo 117.63 -9.73 58.43 2.81 -2.61 0.596 1.23 -0.0103 -0.881 23 0 0 EQ17
24 echo 118.74 -9.16 98.39 9.25 13.8 -22.2 9.32 17.2 14.8 24 0 0 EQ18
25 echo 117.71 -8.24 216.43 -1.62 0.25 1.37 0.667 5.53 1.03 23 0 0 EQ19
26 echo 118.94 -8.9 126.17 1.55 -0.731 -1.12 0.68 -0.69 6.79 23 0 0 EQ20
27 echo 117.38 -10.86 27.23 3.19 -2.25 -0.039 0.877 1.18 -0.003 23 0 0 EQ21
28 echo 118.34 -0.36 165.93 -3.15 0.8827 3.87 1.15 -1.32 1.36 23 0 0 EQ22
29 echo 118.38 -0.31 38.89 2.81 -2.55 0.533 1.86 -2.95 -6.98 23 0 0 EQ23
30 echo 118.99 -0.98 38.97 2.14 -4.84 1.98 4.36 1.67 1.68 23 0 0 EQ24
31 echo 117.06 -0.44 18.4 1.88 -1.67 -0.207 -0.811 0.493 -0.38 22 0 0 EQ25
32 echo 115.95 -0.42 23.88 1.27 -1.78 0.509 -0.786 -0.95 0.312 22 0 0 EQ26
33 echo 116.41 -8.13 12 5.38 -7.92 2.53 -5.05 -1.65 3.84 23 0 0 EQ27

```



```

51
52 :: 2. Membuat file koordinat teks khusus untuk nilai Strike/Dip/Rake (Format: Longitude Latitude Teks)
53 (
54 echo 117.95 -10.12 87/23/52
55 echo 117.98 -9.59 264/34/-95
56 echo 117.58 -8.27 184/18/84
57 echo 118.2 -9.76 278/45/-88
58 echo 118.97 -8.98 92/20/65
59 echo 118.16 -0.83 285/15/-60
60 echo 117.95 -10.12 87/23/52
61 echo 117.98 -9.59 264/34/-95
62 echo 117.58 -8.27 184/18/84
63 echo 118.2 -9.76 278/45/-88
64 echo 118.97 -8.98 92/20/65
65 echo 118.16 -0.83 285/15/-60
66 echo 116.37 -10.97 254/48/-110
67 echo 117.65 -0.53 74/35/112
68 echo 116.29 -11.3 241/50/-85
69 echo 117.9 -8.11 115/22/98
70 echo 117.63 -9.73 89/18/55
71 echo 118.74 -9.16 268/38/-98
72 echo 117.71 -8.24 181/24/76
73 echo 118.94 -8.8 82/32/120
74 echo 117.38 -10.86 288/12/-74
75 echo 118.34 -8.36 188/21/88
76 echo 118.38 -0.31 273/42/-85
77 echo 118.99 -0.98 84/16/68
78 echo 117.06 -0.44 288/28/-65
79 echo 115.95 -0.42 268/36/-92
80 echo 116.41 -8.13 118/20/85
81 echo 116.93 -8.31 277/30/-78
82 echo 116.88 -8.32 105/25/78
83 echo 116.01 -8.36 262/44/-102

```

```

focal.bat
focal.bat
peta_tensor_ntb_43data.png
peta_tensor_ntb_clean.png
peta_tensor_ntb_final.png
peta_tensor_ntb_labeled.png
peta_tensor_ntb_lengkap.png

99 :: 3. Membuat konfigurasi teks legenda
100 (
101 echo H 12p,Helvetica-Bold LEGENDA
102 echo D 0.2c 1p
103 echo S 0.3c c 0.25c red 0.25p,black 0.8c Mekanisme Fokus Gempa
104 echo S 0.3c c 0.8c black 1p 0.8c Garis Pantul
105 echo S 0.3c s 0.25c lightgray 0.25p,black 0.8c Daratan
106 echo S 0.3c s 0.25c lightblue 0.25p,black 0.8c Laut
107 ) > legend.txt
108
109 :: 4. Memulai proses render peta GMT
110 gmt begin peta_tensor_ntb_labeled.png
111
112 :: Plot peta wilayah dasar NTB
113 gmt coast -R115/120.5/-12/-7.5 -JM20c -Dh -W0.5p -B1 -Slightblue -Glightgray
114
115 :: Memplot beachball merah tanpa parameter -A yang bermasalah
116 gmt meca data_tensor_raw.txt -Sm0.45c -Gred -Ewhite -W0.2p
117
118 :: Menampilkan teks angka Strike/Dip/Rake secara manual di bawah beachball
119 :: -F+f5p,Helvetica,black mengatur ukuran huruf teks angka sebesar 5pt agar muat banyak
120 :: -D0c/-0.4c menggeser tulisan ke bawah posisi asli beachball agar tidak tumpang tindih
121 gmt text teks_strike_dip_rake.txt -F+f5p,Helvetica,black -D0c/-0.4c
122
123 :: Kotak Legenda diletakkan di Kanan Bawah
124 gmt legend legend.txt -DjBR+w5.5c+o0.3c/0.3c -F+p1p,black+gwhite
125
126 :: Menambahkan Skala Peta di Kiri Bawah
127 gmt basemap -lJBL+c117/-9+w100k+f+o0.4c/0.5c
128
129 :: Menambahkan Arah Utara di Kanan Atas
130 gmt basemap -TdjTR+w1.2c+o0.4c/1.8c+f2+l

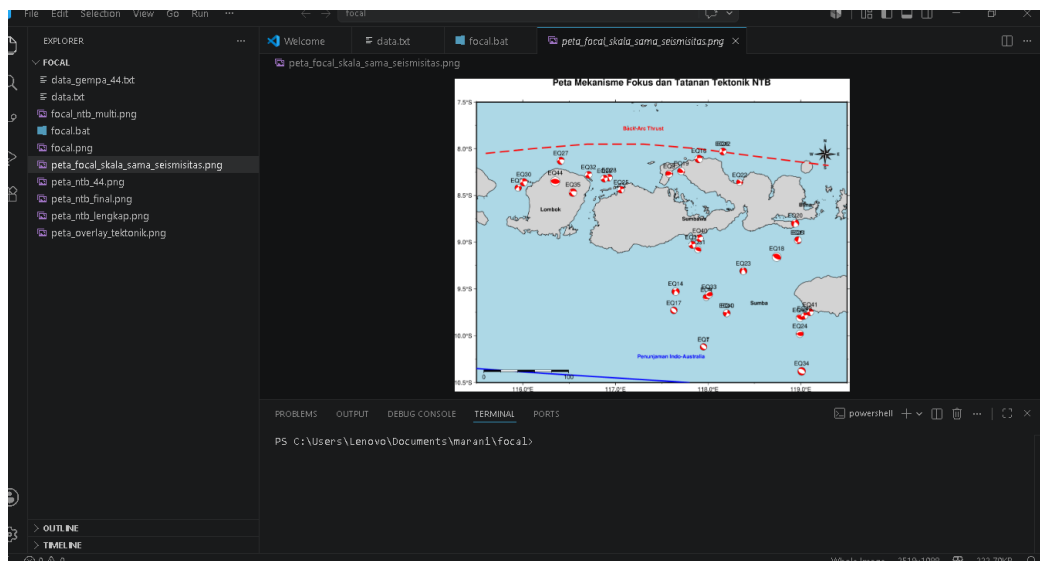
```

```

focal.bat
focal.bat
peta_tensor_ntb_43data.png
peta_tensor_ntb_clean.png
peta_tensor_ntb_final.png
peta_tensor_ntb_labeled.png
peta_tensor_ntb_lengkap.png

110 gmt begin peta_tensor_ntb_labeled.png
111
112 :: Menambahkan Arah Utara di Kanan Atas
113 gmt basemap -TdjTR+w1.2c+o0.4c/1.8c+f2+l
114
115 gmt end
116
117 :: 5. Pembersihan file temporary
118 del data_tensor_raw.txt
119 del teks_strike_dip_rake.txt
120 del legend.txt
121
122 echo Selesai! Peta dengan cetakan teks Strike/Dip/Rake sudah berhasil dibuat.
123 pause

```





KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG

Jalan Gajayana Nomor 50, Telepon (0341)551354, Fax. (0341) 572533
Website: <http://www.uin-malang.ac.id> Email: info@uin-malang.ac.id

JURNAL BIMBINGAN SKRIPSI/TESIS/DISERTASI

IDENTITAS MAHASISWA

NIM : 220604110053
Nama : MAHARANI NUR FARADILA
Fakultas : SAINS DAN TEKNOLOGI
Jurusan : FISIKA
Dosen Pembimbing 1 : AHMAD LUTHFIN, M.Si
Dosen Pembimbing 2 : UTIYA HIKMAH, S.Si., M.Si
Judul Skripsi/Tesis/Disertasi : ANALISIS JENIS SESAR MENGGUNAKAN METODE SEISMOTEKTONIK BERBASIS DATA SEISMISITAS DAN DIGITAL ELEVATION MODEL (DEM) DI WILAYAH NTB

IDENTITAS BIMBINGAN

No	Tanggal Bimbingan	Nama Pembimbing	Deskripsi Proses Bimbingan	Tahun Akademik	Status
1	21 Januari 2026	AHMAD LUTHFIN, M.Si	Pengajuan Judul	Genap 2025/2026	Sudah Dikoreksi
2	23 Januari 2026	AHMAD LUTHFIN, M.Si	Konsultasi bab 1,2 dan 3	Genap 2025/2026	Sudah Dikoreksi
3	02 Februari 2026	AHMAD LUTHFIN, M.Si	Revisi bab 1,2 dan 3	Genap 2025/2026	Sudah Dikoreksi
4	09 Februari 2026	AHMAD LUTHFIN, M.Si	Seminar Proposal	Genap 2025/2026	Sudah Dikoreksi
5	11 Mei 2026	AHMAD LUTHFIN, M.Si	Revisi Seminar Proposal	Genap 2025/2026	Sudah Dikoreksi
6	09 Juni 2026	UTIYA HIKMAH, S.Si., M.Si	Konsultasi Integrasi bab 1 dan 2	Genap 2025/2026	Sudah Dikoreksi
7	12 Juni 2026	AHMAD LUTHFIN, M.Si	Konsultasi bab 4 dan 5	Genap 2025/2026	Sudah Dikoreksi
8	17 Juni 2026	AHMAD LUTHFIN, M.Si	Revisi bab 4 dan 5	Genap 2025/2026	Sudah Dikoreksi
9	18 Juni 2026	AHMAD LUTHFIN, M.Si	Konsultasi bab 4 dan 5	Genap 2025/2026	Sudah Dikoreksi
10	19 Juni 2026	UTIYA HIKMAH, S.Si., M.Si	Konsultasi Integrasi bab 4	Genap 2025/2026	Sudah Dikoreksi

Telah disetujui
Untuk mengajukan ujian Skripsi/Tesis/Desertasi

Dosen Pembimbing 2

UTIYA HIKMAH, S.Si., M.Si

Malang, _____

Dosen Pembimbing 1

AHMAD LUTHFIN, M.Si

