

**ANALISIS STRUKTUR GEOLOGI LAUT WETAR MENGGUNAKAN
METODE SEISMIK REFLEKSI *COMMON REFLECTION SURFACE*
(CRS) DENGAN MENGGUNAKAN *KIRCHOFF POST STACK TIME*
*MIGRATION***

(Skripsi)

Oleh
Rezky Ariya Dwiguna
2015051067



**JURUSAN TEKNIK GEOFISIKA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
2026**

**ANALISIS STRUKTUR GEOLOGI LAUT WETAR MENGGUNAKAN
METODE SEISMIK REFLEKSI *COMMON REFLECTION SURFACE*
(CRS) DENGAN MENGGUNAKAN *KIRCHOFF POST STACK TIME*
*MIGRATION***

Oleh

REZKY ARIYA DWIGUNA

Skripsi

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

Pada

**Jurusan Teknik Geofisika
Fakultas Teknik Universitas Lampung**



**JURUSAN TEKNIK GEOFISIKA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG**

2026

ABSTRAK

ANALISIS STRUKTUR GEOLOGI LAUT WETAR MENGGUNAKAN METODE SEISMIC REFLEKSI *COMMON REFLECTION SURFACE* (CRS) DENGAN MENGGUNAKAN *KIRCHHOFF POST STACK TIME* *MIGRATION*

Oleh

Rezky Ariya Dwiguna

Penelitian ini terletak pada Laut Wetar yang merupakan bagian dari *back arc thrust* yang biasa disebut sesar dorong belakang. Pada daerah tersebut memiliki struktur geologi kompleks yang dapat dianalisa dengan metode seismik refleksi *Common Reflection Surface* (CRS) yang dilakukan migrasi menggunakan *Kirchhoff post-stack time migration* sehingga dihasilkan penampang seismik refleksi 2D. Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data seismik laut 2D lintasan WETAR 3.2 dengan format SEG-D. Tahapan pengolahan data meliputi pengaturan geometri, penyaringan frekuensi untuk meredam noise, *true amplitude recovery*, dekonvolusi, analisis kecepatan, koreksi *normal move out* (NMO), proses CRS *ZO search*, CRS *precompute*, CRS *stacking*, serta migrasi Kirchhoff dalam domain waktu. Variasi *aperture* diterapkan pada proses CRS *stacking* dan migrasi untuk memperoleh hasil pencitraan reflektor yang optimal. Penampang hasil migrasi Kirchhoff memperlihatkan citra struktur bawah permukaan yang lebih jelas dan akurat. Berdasarkan hasil interpretasi, terdapat struktur geologi yang didominasi oleh patahan turun dan juga terdapat debris *flow* yang merupakan aliran material campuran batuan air dan tanah. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pemahaman struktur geologi bawah laut di wilayah Laut Wetar serta menjadi informasi pendukung bagi kajian geologi regional dan mitigasi bencana geologi bawah laut.

Kata kunci: Seismik Refleksi, *Common Reflection Surface*, Migrasi Kirchhoff, Laut Wetar

ABSTRACT

GEOLOGICAL STRUCTURE ANALYSIS OF THE WETAR SEA USING THE COMMON REFLECTION SURFACE (CRS) SEISMIC REFLECTION METHOD WITH KIRCHHOFF POST STACK MIGRATION

By

Rezky Ariya Dwiguma

This study is located in the Wetar Sea, which constitutes part of the back-arc thrust system, commonly referred to as a back thrust fault. The study area is characterized by complex geological structures that can be investigated using the Common Reflection Surface (CRS) seismic reflection method, with migration performed through Kirchhoff post-stack time migration, resulting in a 2D seismic reflection section. The data utilized in this research comprise 2D marine seismic data from the WETAR 3.2 survey line in SEG-D format. The data processing workflow includes geometry definition, frequency filtering for noise attenuation, true amplitude recovery, deconvolution, velocity analysis, normal moveout (NMO) correction, CRS zero-offset (ZO) search, CRS precompute, CRS stacking, and Kirchhoff time-domain migration. Aperture variations were applied during the CRS stacking and migration stages to achieve optimal reflector imaging. The Kirchhoff-migrated seismic section reveals a clearer and more accurate representation of subsurface geological structures. Interpretation results indicate that the geological framework is dominated by normal faulting, and the presence of debris flow deposits, which represent flows of mixed materials consisting of rock fragments, water, and soil, is also identified. This study is expected to contribute to an improved understanding of submarine geological structures in the Wetar Sea region and to provide supporting information for regional geological studies and submarine geohazard mitigation efforts.

Keywords: *Seismic Reflection, Common Reflection Surface, Kirchhoff Migration, Wetar Sea*

Judul Skripsi

**: Analisis Struktur Geologi Laut Wetar
Menggunakan Metode Seismik Refleksi
Common Reflection Surface (CRS) Dengan
Menggunakan Kirchhoff Post Stack Time
Migration**

Nama Mahasiswa

: Rezky Ariya Dwiguna

Nomor Induk Mahasiswa

: 2015051067

Program Studi

: Teknik Geofisika

Fakultas

: Teknik

MENYETEKJUI

1. Komisi Pembimbing

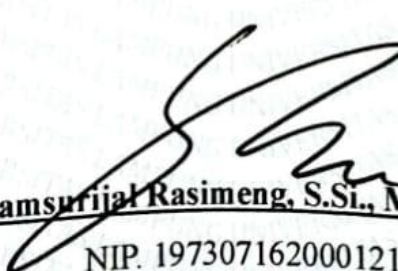
Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II


Dr. Ir. Svamsurijal Rasimeng, S.Si.,
M.Si., C.EIA., IPM.
NIP. 197307162000121002


Rudy Zefrianto Sinambela,
S.T., M.T.
NIP. 198901112019031014

2. Ketua Jurusan Teknik Geofisika

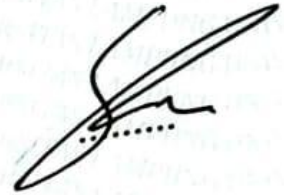

Dr. Ir. Svamsurijal Rasimeng, S.Si., M.Si., C.EIA., IPM.
NIP. 197307162000121002

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua

: **Dr. Ir. Syamsurijal Rasimeng, M.Si., IPM.**



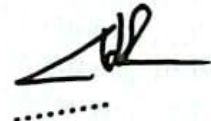
Sekretaris

: **Rudy Zefrianto Sinambela, S.T., M.T.**



Anggota

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



2. Dekan Fakultas Teknik

Dr. Ahmad Herison, S.T., M.T.
NIP. 196910302000031001

Tanggal Lulus Ujian Skripsi: **29 Januari 2026**

PERNYATAAN

Dengan ini saya mentakan, bahwa apa yang tertulis pada skripsi saya dengan judul **“Analisis Struktur Geologi Laut Wetar Menggunakan Metode Seismik Refleksi *Common Reflection Surface* (CRS) Dengan Menggunakan Kirchhoff *Post Stack Time Migration*”** bukan merupakan karya dari orang lain, melainkan berdasarkan dengan pengetahuan dan data yang penulis dapatkan. Skripsi ini tidak berasal dari material yang telah dipublikasikan dalam kata lain adalah plagiat karya orang lain.

Demikian pernyataan ini saya buat, dan dapat dipertanggungjawabkan. Apabila pada kemudian hari terdapat kesalahan dan ketidaksesuaian dalam apa yang saya tulis sebagai pernyataan, maka saya bersedia dikenakan sanksi dengan hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, 29 Januari 2026

Penulis



Rezky Ariya Dwiguna

2015051067

RIWAYAT HIDUP



Penulis bernama Rezky Ariya Dwiguna lahir pada tanggal 05 Maret 2003 di Tangerang. Penulis merupakan anak tengah dari 3 bersaudara, anak dari Bapak Trismilyan dan Ibu Ambarwati. Penulis memulai pendidikan dengan bersekolah di MI Al-Husna Pasir Nangka dan lulus pada tahun 2014. Kemudian penulis melanjutkan pendidikan tingkat menengah pertama dan lulus pada tahun 2017 di MTs N 2 Tangerang. Setelahnya, penulis melanjutkan sekolah menengah atas pada SMAN 6 Kab. Tangerang dan lulus pada tahun 2020. Setelah lulus dari sekolah menengah atas, penulis melanjutkan pendidikan perguruan tinggi negeri dengan melakukan perkuliahan di Universitas Lampung melalui jalur SBMPTN pada program studi S1 Teknik Geofisika.

Selama menjalani dunia perkuliahan, penulis mengikuti banyak kegiatan baik akademik maupun Non akademik. Selama menjadi Mahasiswa, penulis cukup aktif dalam kegiatan keorganisasian baik internal maupun eksternal, diantaranya adalah Himpunan Mahasiswa Teknik Geofisika Bhuwana (HIMA TG BHUWANA). periode 2022-2023 sebagai anggota, dan juga sebagai Wakil Ketua Himpunan. Penulis juga aktif sebagai pengurus Himpunan Mahasiswa Geofisika Indonesia (HMGI) Wilayah 1 sebagai anggota divisi internal pada tahun 2022, dan pada SEG SC UNILA sebagai anggota divisi eksternal pada tahun 2022. Penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) pada Januari - Februari 2024 di Desa Umpu Kencana, Kecamatan Blambangan Umpu, Kabupaten Way Kanan. Pada bulan April 2024 melakukan kegiatan Kerja Praktik. (KP) di BMKG Stasiun Geofisika Kelas I Sleman, dengan judul **“Pemodelan Penjalaran Tsunami Menggunakan *Software COMCOT* dan Peta Rendaman Tsunami Pada Daerah Kecamatan Temon Kabupaten Kulonprogo”**. Setelah itu penulis melaksanakan

kegiatan penelitian Tugas Akhir (TA) dengan judul “**Analisis Struktur Geologi Laut Wetar Menggunakan Metode Seismik Refleksi *Common Reflection Surface* (Crs) Dengan Menggunakan *Kirchoff Post Stack Time Migration***” untuk memperoleh gelar sarjana yang dilakukan di Laboratorium Pengolahan dan Pemodelan Data Geofisika (PPDG), Jurusan Teknik Geofisika, Universitas Lampung.

PERSEMBAHAN

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT, Tuhan Yang Maha Esa, atas segala rahmat, hidayah, dan kekuatan yang telah diberikan sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan baik
Skripsi ini penulis persembahkan juga kepada:

AYAH, DAN IBU TERCINTA TRISMILYAN & AMBARWATI

Yang telah melahirkan dan membesarkan serta atas jerih payahnya yang telah membesarkan penulis sampai ada di titik ini, dan tiada henti untuk memberikan cinta, kasih sayang, serta dukungan moral berupa motivasi yang diberikan penulis selama berkuliah. Semoga apa yang penulis lakukan selama ini dalam perkuliahan menjadi awal untuk membanggakan Ayah dan Ibu.

KAKAK DAN ADIK TERSAYANG UTAMI ANGERAINI DAN RAHMA PUTRI RAMDHANTI

Terima kasih atas dukungan dan doa yang telah diberikan untuk kelancaran penulis selama pengerjaan skripsi ini dan menjadi salah satu motivasi dalam membakar semangat penulis dalam menyelesaikan skripsi.

KELUARGA BESAR KAK NURI, NADIA DAN NINO

Terima kasih atas segala doa dan dukungan yang telah diberikan kepada penulis.

DIRIKU SENDIRI
REZKY ARIYA DWIGUNA

Terima kasih atas segala kesulitan hidup yang telah dapat dilalui dan menjadi pembelajaran untuk kedepannya.

TG 20 PATAKIS
APA AJA KITA TAKIS

Terima kasih kepada teman-teman Angkatan yang telah memberi warna selama penulis berkuliah, dan semoga apa yang kita cita-citakan selama berkuliah dapat terwujud dengan jalanya masing-masing. Sampai bertemu dan bertukar cerita kembali.

KELUARGA BESAR LAB PPDG

Terima kasih karena telah menjadi keluarga yang saling dukung, membantu, kebersamai, dan saling menguatkan.

KELUARGA BESAR TEKNIK GEOFISIKA UNIVERSITAS LAMPUNG

Terima kasih telah menerima saya dalam keluarga besar ini, dan menjadi salah satu tempat pendewasaan penulis.

**Semua yang telah terlibat dalam pembuatan, dan penyusunan skripsi ini,
saya ucapkan terima kasih banyak.**

MOTTO

Boleh jadi kamu tidak menyukai sesuatu, padahal itu baik bagimu, dan boleh jadi kamu menyukai sesuatu, padahal itu tidak baik bagimu. Allah mengetahui, sedangkan kamu tidak mengetahui."

“(Q.S. Al-Baqarah : 216)”

“Allah tidak membebani seseorang, kecuali menurut kesanggupannya”

“(Q.S. Al-Baqarah : 286)”

“Segala yang baik melahirkan semua hal yang baik lainnya”

-IBU-

“Masalah yang mengeruh perasaan yang rapuh Ini belum separuhnya, kamu tak apa”

-Baskara Putra (Evaluasi)-

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah Subhanahu Wa Ta'ala yang karena berkat rahmat dan kuasa-Nya, penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan judul “**Analisis Struktur Geologi Laut Wetar Menggunakan Metode Seismik Refleksi *Common Reflection Surface* (CRS) Dengan Menggunakan Kirchhoff *Post Stack Time Migration***”. Tujuan penulis untuk menyelesaikan skripsi ini sebagai salah satu syarat mencapai gelar sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Geofisika, Fakultas Teknik, Universitas Lampung. Dalam penulisan skripsi ini penulis menyadari masih terdapat kekurangan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik, dan saran yang bermanfaat dan membangun dalam penyusunan skripsi ini. Diharapkan dengan adanya skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca, serta bagi perkembangan ilmu pengetahuan.

Bandar Lampung, 29 Januari 2026

Penulis



Rezky Ariya Dwiguna

NPM. 2015051067

SANWACANA

Puji syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah Subhanahu Wa Ta'ala, yang telah melimpahkan nikmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan baik. Shalawat serta salam selalu tercurahkan kepada suri tauladan Rasullullah Muhammad Shallallahu 'Alaihi Wassalam beserta sahabat sahabatnya, dan semoga kita selaku umatnya mendapatkan syafaatnya di hari akhirat kelak.

Adapun dalam penyelesaian skripsi terdapat banyak pihak yang terlibat, pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan rasa terimakasih kepada :

1. Bapak Dr. Ahmad Herison, S.T., M.T. selaku dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung.
2. Bapak Dr. Ir. Syamsurijal Rasimeng, S.Si., M.Si., C.EIA., IPM. selaku Ketua Jurusan Teknik Geofisika Universitas Lampung.
3. Bapak Dr. Alimuddin Muchtar, S.Si., M.Si., C.EIA. selaku Sekertaris Jurusan Teknik Geofisika Universitas Lampung, dan juga menjadi figur orang tua selama penulis menyelesaikan skripsi.
4. Dr. Ir. Syamsurijal Rasimeng, S.Si., M.Si., C.EIA., IPM dosen pembimbing I Tugas Akhir yang telah memberikan banyak waktunya untuk memberikan berbagai kesempatan, masukan, dukungan, kritik, dan saran. Banyak doa, semangat dan perhatian lebih yang beliau berikan terhadap para Mahasiswa khususnya Keluarga Besar Lab PPDG termasuk penulis.
5. Bapak Rudy Zefrianto Sinambela, M.T. selaku Dosen Pembimbing II Tugas Akhir yang telah meluangkan banyak waktu, terutama selama penulis menyelesaikan skripsi di Lab PPDG, terimakasih telah menjadi *figure* untuk berdiskusi dan bertukar pikiran selayaknya abang kami para mahasiswa, serta terimakasih atas saran dan kritik yang membangun.

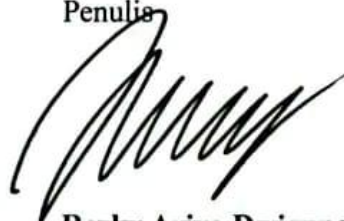
6. Bapak Prof. Dr. Ir. Nandi Haerudin, S.Si., M.Si., IPM. selaku Dosen Penguji saya serta menjadi Dosen Pembimbing saya saat melakukan Kerja Praktik (KP), yang mengajarkan dari awal cara menulis dan mempresentasikan dari awal saat pertama kali, berperan besar pada penulis menyelesaikan skripsi ini.
7. Ibu Rahmi Mulyasari, S.Pd., M.T. selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah peduli terhadap penulis selama berkuliah di Universitas Lampung.
8. Dosen Jurusan Teknik Geofisika Universitas Lampung yang penulis hormati, dan banggakan, terimakasih atas banyak ilmu, dan pengalaman yang telah diberikan kepada penulis ketika melakukan perkuliahan.
9. Kedua orang tua penulis yang sangat disayangi dibanggakan dan dicintai, Ayah Trismilyan, S.H., S.E., M.H. dan Ibu Ambarwati yang telah mengeluarkan semua yang dipunya materi, kasih sayang, cinta dan perhatian yang membantu penulis tetap kuat disini.
10. Kakak dan Adik penulis Utami Anggeraini dan Rahma Putria Ramdhanti yang telah mau direpotkan penulis selama berkuliah dan menyelesaikan skripsi.
11. Keluarga Besar TG 20 Patakis yang selama ini memberi warna dalam perkuliahan dan menemani suka dan duka selama berada di perkuliahan.
12. Teman – Angkatan Surya / Angkatan Marlong, Komti Jawa, Rifan Bawasri, Awil Korlap, Fiko mbul, Asep, Nasik, Bos Ramadan, Pandu, Vito, Eyik, Saldy, Adit Lampung, Dhoni baik, Fahmi Ireng, Ramot, Dwi, Mas Atek, Ahya Nguyen, Badung Ganteng, Bima Izridho, Iyan, Fadel Demong, Raihan Medan, Rayya Lenjeh, Saipul, dan Teguh Bowo. Semoga dari apa yang dijalankan mendapatkan hasil yang sesuai dengan apa yang kita mau dan tetap menjadi keluarga dimanapun dan kapanpun kita bertemu.
13. Keluarga Besar Lab PPDG, Mba Jasmine, Vito, Cindi, Raihan, Shofiko, Komti, Finna, Erik, Gilang, Irsaldy, Rifan, Fahmi, Iyan, Nissa, Nora, Rayya, Teguh, Anita, Ratu, Intan, Nadya M, Langnanda, Rinda, Risma, Mutiara, Paul, Ika, Uteng, Edu Hokop, Sabra, Nadia, Paris, Tegar, Dini, Harsya,

Rangga, Zaid, Sabruy, Zeno. Yang sudah meramaikan Lab PPDG tempat dimana penulis berjuang menyelesaikan skripsi ini.

14. Abang-abang yang telah memotivasi penulis dalam mengerjakan skripsi ini Bang Nanda, Bang Ikram, Bang Taufik, Bang Eet, Bang Diko, Bang Tecto, terimakasih telah membimbing selama berkuliah dan memberi semangat penulis selama berkuliah disini.
15. Beberapa orang yang turut mendukung penulis selama mengerjakan skripsi ini, Reta Amelia, Hanifah, Hafizah, Simut, Meisha, Ika, dan Nadia terimakasih telah menjadi tempat diskusi terkait apa yang ditulis pada skripsi ini dan untuk nama yang disebut di awal terimakasih telah menjadi tempat berkeluh kesah selama penulis mengerjakan skripsi ini.
16. Hima TG Bhuwana yang telah mengkader, dan membersamai kami Angkatan 2020 dan memberikan banyak pengalaman kepada penulis, sehingga menjadi pribadi penulis yang seperti sekarang ini.
17. Semua pihak yang terlibat dalam hidup selama mengerjakan skripsi ini, yang tak bisa disebutkan satu persatu. Terimakasih banyak telah menjadi bagian dari penulis dalam menyelesaikan kuliah ini, semoga kebaikan yang kita bagikan akan berbiak pada suatu hari nanti.

Bandar Lampung, 29 Januari 2026

Penulis



Rezky Ariya Dwiguna

NPM. 2015051067

DAFTAR ISI

ABSTRAK	iii
<i>ABSTRACT</i>	iv
MENGESAHKAN	vi
PERNYATAAN.....	vii
RIWAYAT HIDUP.....	viii
PERSEMBAHAN.....	x
MOTTO	xii
SANWACANA.....	xiv
DAFTAR ISI.....	xvii
DAFTAR GAMBAR	xx
DAFTAR TABEL	xxii
I. PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Tujuan Penelitian.....	3
1.3. Batasan Masalah.....	3
1.4. Manfaat Penelitan.....	3
II. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1. Lokasi Daerah Penelitian.....	4
2.2. Geologi Daerah Penelitian.....	5
2.3. Stratigrafi Regional Daerah Peneltian	7
2.4. Penelitian Terdahulu	9
III. TEORI DASAR.....	11
3.1. Gelombang Seismik	11
3.1.1. Gelombang Badan	11
3.1.2. Gelombang Permukaan	13
3.2. Metode Seismik Refleksi.....	14
3.3. Prinsip Gelombang Seismik	15

3.3.1. Hukum Snellius	16
3.3.2. Prinsip Huygens	17
3.3.3. Prinsip Fermat	18
3.4. Impedansi Akustik	18
3.5. Densitas	19
3.6. Kecepatan Gelombang Seismik.....	19
3.7. Koefisien Refleksi	19
3.8. <i>Wavelet</i> dan Polaritas	20
3.9. Resolusi Seismik	21
3.10. <i>Noise</i>	22
3.11. Proses Pengolahan Data.....	22
3.11.1. <i>Geometry</i>	23
3.11.2. <i>Filtering</i>	23
3.11.3. TAR (<i>True Amplitude Recovery</i>)	23
3.11.4. <i>Deconvolution</i>	24
3.11.5. <i>Velocity Analysis</i>	24
3.11.6. <i>Normal Move Out (NMO) Correction</i>	25
3.11.7. <i>Stacking</i> Konvensional.....	25
3.11.8. CRS <i>Stack</i>	26
3.11.9. Migrasi	28
IV. METODE PENELITIAN	29
4.1. Waktu dan Tempat Pelaksanaan	29
4.2. Alat dan Bahan	29
4.3. Jadwal Kegiatan	30
4.4. Prosedur Kegiatan	30
4.4.1. Persiapan Data.....	31
4.4.2. <i>Input data</i>	31
4.4.3. <i>Geometry Setting</i>	32
4.4.4. <i>Filtering</i>	33
4.4.5. <i>Editing</i>	34
4.4.6. TAR dan Dekonvolusi	35
4.4.7. <i>Velocity Analisis</i>	35
4.4.8. <i>Stacking</i>	36

4.4.9. CRS ZO <i>Search</i>	36
4.4.10. CRS <i>Precompute</i>	37
4.4.11. CRS <i>Stack</i>	37
4.4.12. Migrasi	37
4.5. Diagram Alir	38
V. HASIL DAN PEMBAHASAN	39
5.1. Analisa Penampang Hasil <i>Stacking</i>	39
5.2. Analisis Hasil Penampang <i>Stacking</i> CRS.....	40
5.3. Analisis Hasil Migrasi	46
5.4. Analisis Struktur	51
VI. KESIMPULAN DAN SARAN	53
6.1. Kesimpulan.....	53
6.2. Saran	54
DAFTAR PUSTAKA.....	55

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Lokasi Penelitian.....	4
2. Petan Tektonika Busur Banda	5
3. Peta Batimetri Daerah Penelitian	6
4. Stratigrafi regional daerah wetar dan ringkasan geokronologis dari Pulau Wetar	7
5. Gelombang P	13
6. Gelombang S	14
7. Gelombang Love	15
8. Jenis Jenis Gelombang Seismik	16
9. Muka Gelombang dan Sinar Gelombang	16
10. Penjalaran Gelombang melalui dua medium	17
11. Prinsip Huygens	18
12. Prinsip Fermat	19
13. <i>Wavelet</i> dan Polaritas	21
14. <i>Velocity Analysis</i>	25
15. <i>Curvature</i> Gelombang Normal (Hijau), NIP (Merah), dan <i>a</i> (Biru)	27
16. <i>Trace QC</i> plot antara CDP dengan <i>Offset</i>	33
17. <i>Spectrum Amplitude, Phase</i> dan <i>Frequency</i> sebelum dilakukan <i>bandpass filter</i>	34
18. <i>Spectrum Amplitude, Phase</i> dan <i>Frequency</i> setelah dilakukan <i>bandpass filter</i>	34
19. <i>Parameter test</i> pada proses TAR Hasil	35
20. <i>Picking velocity analysis</i> pada CDP 116	36
21. Diagram Alir	38
22. Penampang Hasil <i>Stacking</i> pada lintasan seismik WETAR 3.2	39
23. Efek <i>Bowtie</i> pada penampang <i>stacking</i>	40

24. CRS <i>Stacking Aperture</i> 50 m	41
25. CRS <i>Stacking Aperture</i> 83 m	41
26. CRS <i>Stacking Aperture</i> 167 m	41
27. CRS <i>Stacking Aperture</i> 250 m	42
28. CRS <i>Stacking Aperture</i> 375 m	42
29. Penampang CRS pada CDP 3126 – 3746	43
30. Penampang CRS pada CDP 946 - 1541	44
31. Migrasi CRS <i>Stack Aperture</i> 75 m	46
32. Migrasi CRS <i>Stack Aperture</i> 175 m	46
33. Migrasi CRS <i>Stack Aperture</i> 250 m	47
34. Migrasi CRS <i>Stack Aperture</i> 375 m	47
35. Penampang migrasi CDP 450-800	48
36. Penampang migrasi CDP 2700-3000	49
37. Identifikasi Patahan	51

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Penelitian Terdahulu	9
2. Alat Penelitian	29
3. Bahan Penelitian.....	30
4. Jadwal Kegiatan	30
5. Parameter Akuisi Data Wetar-3.2	31

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pulau Wetar Sendiri termasuk kedalam Busur dalam Banda (*inner Banda arc*) yang merupakan deretan kepulauan vulkanik yang aktif maupun tidak aktif mengelilingi Laut Banda. Busur Banda bagian utara dibatasi oleh *back-arc thrust* atau biasa disebut sesar dorong belakang busur sehingga memisahkan batuan busur vulkanik dari kerak samudera Banda (Bachri, 2011).

Karaktersistik daerah penelitian ini mirip dengan daerah gunung api aktif Komba pada daerah busur belakang (*back arc*) yang terbentuk karena adanya patahan sebagai jalur keluarnya magma sehingga terdapat gunung bawah laut (Sarmili dan Troa, 2014). Hal ini juga ditemukan pada sepanjang zona subduksi jawa, yang merupakan pertemuan lempeng Australia dan Asia Tenggara, dan memiliki punggung serta gunung bawah laut (*seamount*). Punggungan dan gunung bawah laut memiliki peran penting dalam mengontrol deformasi, arah struktur geologi, dan persebaran aktivitas gempa di zona subduksi jawa (Patria dan Aulia, 2020).

Punggungan dan gunung bawah laut yang terbentuk pada belakang busur vulkanik (*volcanic back arc*) dapat dilihat potensinya dengan melakukan analisis struktur bawah permukaan. Adapun metode untuk mengidentifikasi struktur permukaan bawah laut salah satunya adalah seismik refleksi. Seismik refleksi merupakan metode yang dilakukan berdasarkan analisa refleksi gelombang seismik dari lapisan-lapisan batuan bawah permukaan. Refleksi gelombang direkam di permukaan berupa respon amplitude dan waktu datang dari masing-masing reflektor. Sumber ledakan yaitu *gun* yang bergetar ke dalam lapisan di bawah permukaan bumi sebagai gelombang seismik kemudian terpantul dan terekam oleh *hydrophone* sebagai data.

Pengolahan data seismik berfungsi untuk mengubah *field tape* (hasil rekaman data seismik) menjadi sebuah bentuk penampang dengan resolusi yang tinggi, dimana hasil penampang inilah yang nantinya akan diinterpretasikan untuk mengetahui kondisi bawah permukaan. Selain itu, pengolahan data seismik juga bertujuan untuk meningkatkan *signal to noise ratio*. *Stacking* merupakan tahapan penting dalam pengolahan data seismik, karena merupakan gambaran awal sebelum dihasilkannya penampang bawah permukaan bumi. Namun, hasil *stack* pada metode konvensional sangat bergantung pada model kecepatan, sehingga menyebabkan penampang yang dihasilkan memiliki kemenerusan yang kurang tercitakan pada struktur yang kompleks, sehingga pada penelitian ini akan menggunakan metode CRS (*common reflection surface*), yang mana metode ini juga memanfaatkan beberapa parameter tambahan dari *stacking* konvensional sehingga hasil penampang menjadi lebih baik (Daruartati dkk., 2015).

Metode CRS diperkenalkan oleh Müller sebagai *metode zero-offset* (ZO) data *driven* 2D yang tidak membutuhkan model kecepatan makro (Mann dkk., 2002). Metode CRS menambahkan parameter pada kemiringan reflektor bawah permukaan yang mampu menghasilkan penampang ZO (*zero offset*) dimana pada metode konvensional sering disebut dengan NMO/DMO *stack*. Penggunaan atribut CRS juga dapat digunakan untuk aplikasi lain seperti model kecepatan halus topografi (Olivia dkk., 2005).

Dalam penelitian ini, proses migrasi juga diterapkan dengan menggunakan *Kirchhoff migration*. Metode ini dikenal mampu mengatasi berbagai permasalahan geologi bawah permukaan, mulai dari struktur sederhana hingga struktur kompleks dengan reflektor yang memiliki *dip* cukup besar. Keunggulan lain dari migrasi *Kirchhoff* adalah fleksibilitasnya terhadap perubahan topografi, sehingga memberikan hasil penampang seismik yang lebih akurat dan informatif (Hagedorn, 1954).

Berdasarkan hal tersebut, metode CRS seismik refleksi merupakan metode yang sangat tepat digunakan dalam penelitian ini karena dapat memberikan informasi terkait litologi bawah permukaan secara detail dan akurat. Melalui pendekatan ini, diharapkan penelitian ini akan memberikan kontribusi signifikan terhadap pemahaman terhadap perubahan geologi di daerah penelitian.

1.2. Tujuan Penelitian

Tujuan dilakukan penelitian ini adalah sebagai berikut,

1. Menghasilkan penampang seismik 2D dengan menggunakan *Stacking CRS (common reflection surface)* dengan dilakukan migrasi *Kirchoff post stack-time migration*.
2. Mengidentifikasi struktur geologi bawah laut Wetar berdasarkan penampang 2D hasil *stacking CRS* yang dilakukan migrasi *Kirchoff post stack-time migration*.

1.3. Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut,

1. Data yang digunakan merupakan data seismik *marine* berdomain SEG-D
2. Metode *stacking* dan migrasi yang digunakan merupakan metode *stacking CRS* dan migrasi *Kirchoff*
3. Analisis dilakukan berdasarkan penampang 2D yang merupakan hasil dari *stacking CRS* dengan migrasi *Kirchoff post stack time migration*

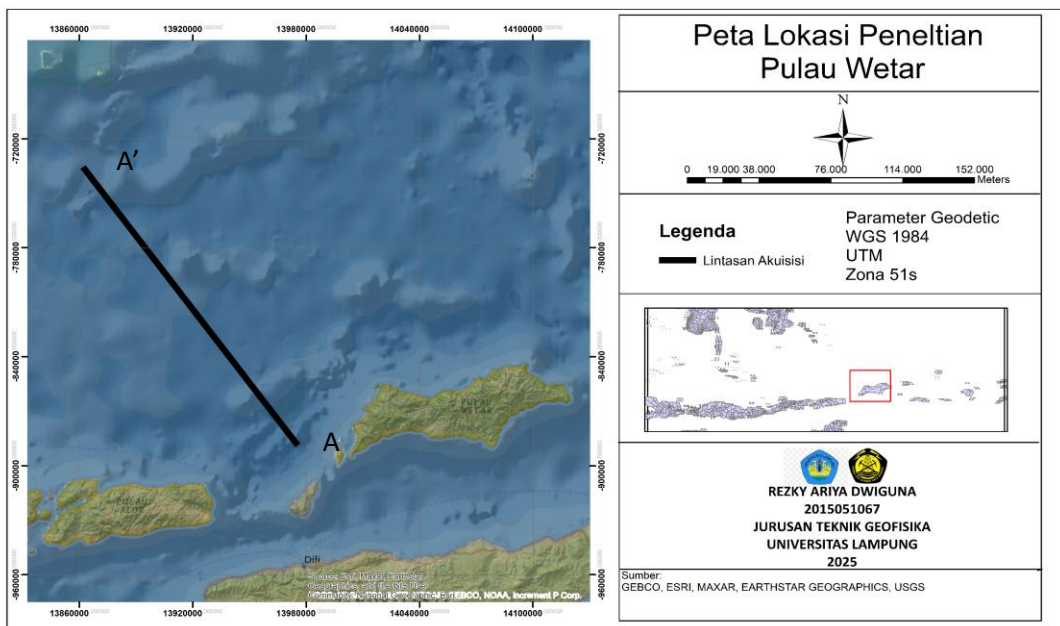
1.4. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah memberikan informasi mengenai struktur yang ada di bawah permukaan berdasarkan pengukuran seismik refleksi. Hasil dari penelitian ini dapat digunakan sebagai upaya mitigasi bencana geologi bawah laut, baik yang disebabkan aktivitas seismik dan aktivitas vulkanik ataupun potensi terbentuknya pulau baru akibat adanya punggung atau gunung bawah laut.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Lokasi Daerah Penelitian

Lokasi daerah penelitian berada di laut Wetar yang merupakan bagian dari laut Banda Provinsi Nusa Tenggara Timur. Secara geografis pulau ini terletak antara $7^{\circ}33'29,71''$ LS sampai dengan $8^{\circ}00'00''$ LS dengan $125^{\circ}47'52,57''$ BT sampai dengan $126^{\circ}50'1,89''$ BT. Pada lintasan ini termasuk bagian busur belakang Banda (Banda *back-arc*) serta berada dalam zona transisi tektonik yang aktif, seperti yang dapat dilihat pada **Gambar 1**.



Gambar 1. Peta lokasi daerah penelitian seismik marine 2D pada lintasan WETAR 3.2

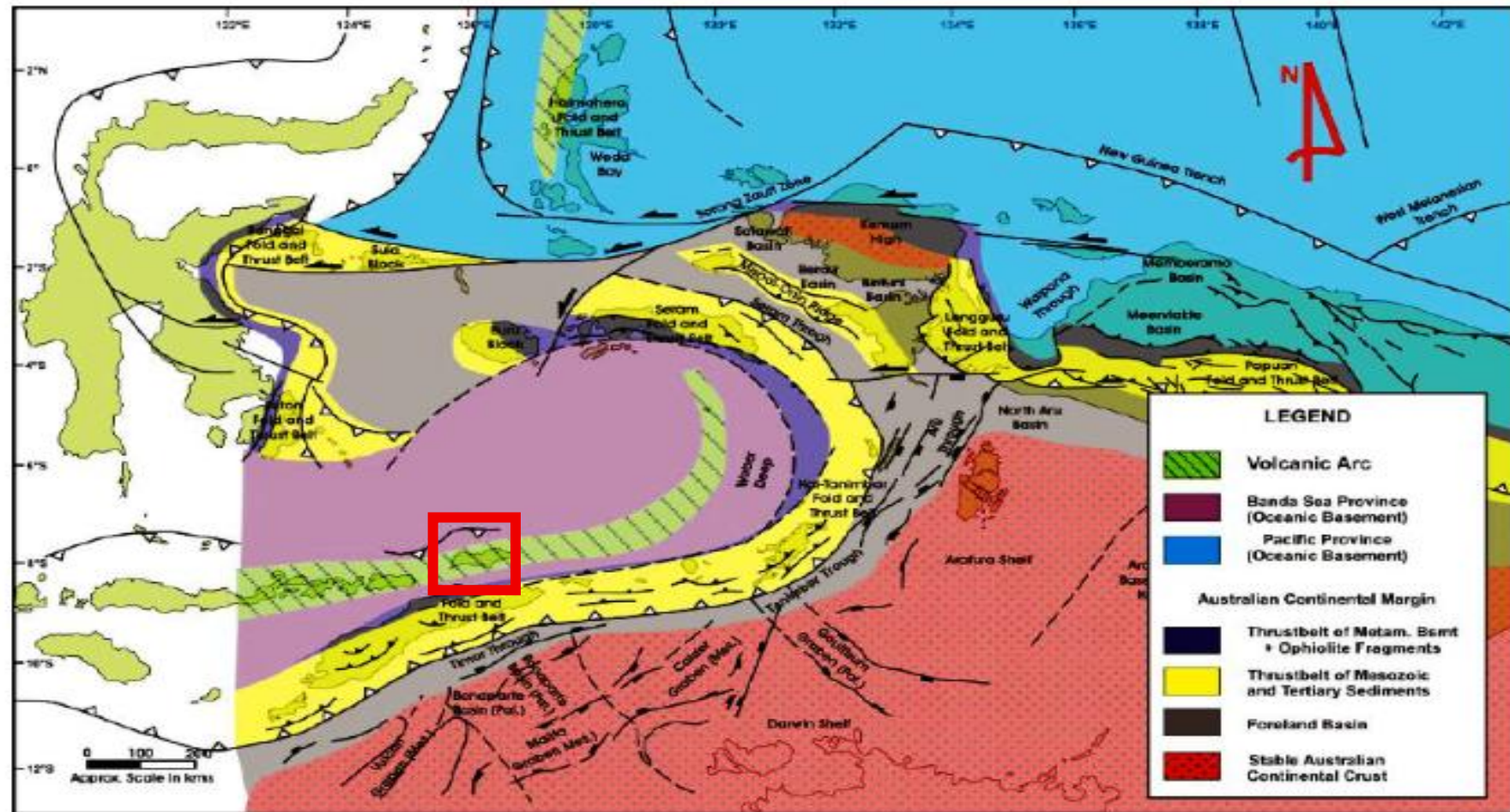
2.2. Geologi Daerah Penelitian

Wetar adalah bagian dari busur vulkanik Banda, sebuah cincin kepulauan di sekitar Cekungan Banda. *inner arc* dan *outer arc* dari cincin kepulauan ini membentuk batas luar cekungan. Busur berasal dari zona intrakratonik di batas tenggara lempeng Asia, di mana terdapat interaksi kompleks antara lempeng India-Australia yang bergerak ke utara dan Lempeng Pasifik yang bergerak ke barat (Rasimeng dkk., 2020).

Pulau Wetar Sendiri termasuk kedalam Busur dalam Banda (*inner Banda arc*) yang merupakan deretan kepulauan vulkanik yang aktif maupun tidak aktif mengelilingi Laut Banda, seperti yang diperlihatkan pada **Gambar 2**. Sedangkan, Busur luar Banda (*outer Banda arc*) dominan terbentuk oleh proses non-vulkanik seperti Pulau Timor yang ada diselatan Pulau Wetar yang terbentuk oleh pusat tumbukan (Scotney dkk., 2005). Busur Banda bagian utara dibatasi oleh *back-arc thrust* atau biasa disebut sesar dorong belakang busur sehingga memisahkan batuan busur vulkanik dari kerak samudera Banda. Di sisi selatan Pulau Wetar, struktur geologi menampilkan jejak dari kerak benua Australia yang telah terangkat dan termetamorfosis akibat tumbukan tektonik (Bachri, 2011).

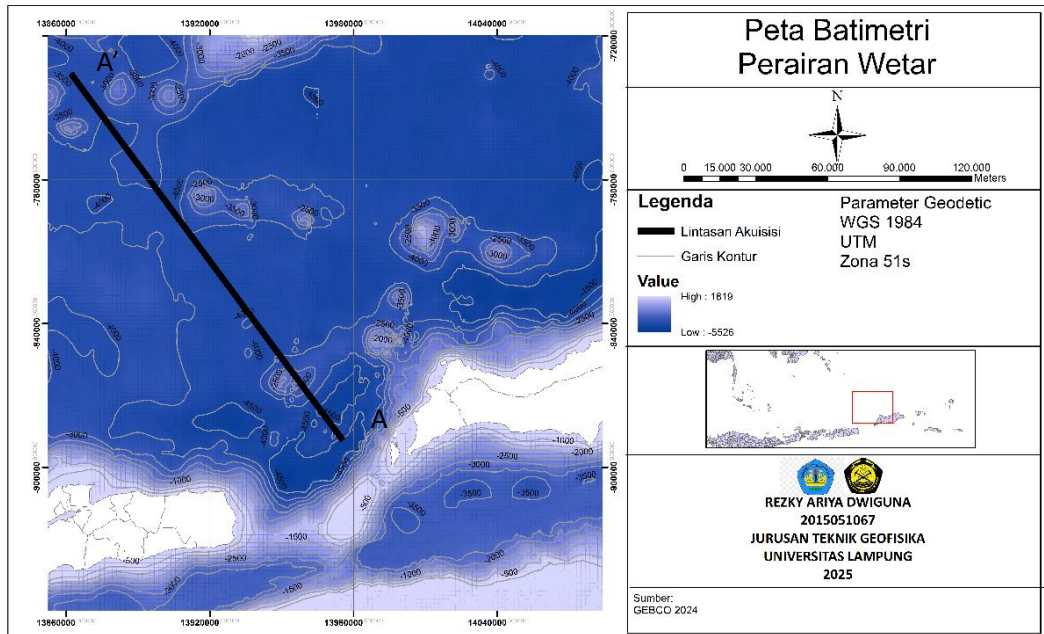
Fenomena geologi yang berkembang di bagian utara Pulau Wetar akibat tumbukan Lempeng Australia dan Busur Banda merupakan zona sesar naik yang telah diklasifikasikan berupa *normal fault zone*, *proto thrust zone* dan *thrust zone* (Ku dan Hsu, 2009). *Normal fault zone* merupakan zona yang didominasi oleh sesar normal pada bagian atas dari kerak, sementara *proto thrust zone* merupakan zona antara *normal fault zone* dan *thrust zone* yang umumnya ditandai dengan zona lipatan atau *proto thrust* (Rahardiawan dan Subarsyah, 2016).

Geologi regional daerah penelitian terdiri dari aluvium (Qal), batugamping koral (Ql), batuan gunungapi tua (QTv), formasi alor (Tmpa), formasi naumatang (Tmn), batuan terobosan (Tm), batuan gunung api riolit sakir (Tmvs), formasi tiu (Tmt). Secara struktur geologi daerah wetar termasuk dalam busur vulkanik Banda (Siraju dkk., 2018).



Gambar 2. Peta Tektonika Busur Banda

Pada **Gambar 3** merupakan Peta Batimetri pada lokasi daerah penelitian, yang mengindikasikan pada daerah penelitian ini memiliki kedalaman sekitar 2500 – 4500 dibawah permukaan laut, dengan lintasan yang membentang dari tenggara – barat laut.

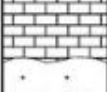
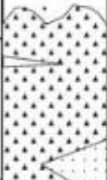
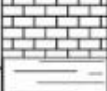


Gambar 3. Peta Batimetri daerah penelitian seismik marine 2D pada lintasan WETAR 3.2

2.3. Stratigrafi Regional Daerah Penelitian

Stratigrafi Pulau Wetar utamanya tersusun atas batuan vulkanik submarine. Geologi regional secara stratigrafi terdiri dari aluvium (Qal), batugamping koral (Ql), batuan gunungapi tua (QTV), formasi alor (Tmpa), formasi naumatang (Tmn), batuan terobosan (Tm), batuan gunung api riolit sakir (Tmvs), formasi tiu (Tmt). Secara struktur geologi daerah wetar termasuk dalam busur vulkanik Banda (Siraju dkk., 2018).

Erosi yang terjadi secara cepat selama proses pengangkatan menyebabkan tergalinya stratigrafi vulkanik, yang sebagian besar berasal dari submarine. Batuan dasar dari kepulauan Wetar tidak terpapar ke permukaan, tetapi diasumsikan sebagai batuan vulkanik kerak samudera sebelum oligosen. (Rasimeng dkk., 2020).

Period	Epoch	Age	Tectonic Setting	Sequence	Lithology	Thickness (m)	Mineralization	Date
QUATERNARY	Holocene		Continued uplift of both the inner and outer arcs		Massive grey reef limestones	20	Late veins + disseminations	
					Lahars + dykes	70		
	Pleistocene		Rapid arc exhumation related to continued shortening of the collision zone		Sperulitic rhyolites Debris flows Dacite	>250		
TERTIARY	Pliocene	Piacenzian	Late volcanism in the south + uplift of the inner banda arc related to the locking of the arc		Limestones	15		2.39 Ma ¹ 5.2-3.9 Ma ⁶
		Zandian	Arrival and collision between the Australian continental margin and the outer banda arc + possible arc reversal in the inner banda arc		Chert / gypsum	3	Waning Stages	
	Miocene				Basaltic andesites + dacites	>450	As rich sulfides with flanking Cu-Au-Ag-Hg rich barite mounds	4.7 Ma ² (altered footwall) 4.93 Ma ¹
					Syenogranite			4.73 Ma ¹
		Messinian	Extension + faulting, - preparation of sites for mineralization		Felsic domes Andesitic pillow lavas		Stockwork zones	5.05 Ma ¹
		Tortonian	Extensive volcanism on Wetar. Collision of the micro-continental fragment at ~8 Ma with the subduction zone		Multiple lavas (bimodal) + intrusive rocks			7.78 - 6.52 Ma ³
		Serravalian	Subduction related volcanism + early back arc rifting (evolution of Wetar edifice)		Basaltic pillow lavas			12 Ma ³
		Langian			Basalts			

Gambar 4. Stratigrafi regional daerah wetar dan ringkasan geokronologis dari Pulau Wetar (Scotney dkk., 2005)

Daerah penelitian termasuk dalam lembar Wetar Timur, Nusa Tenggara. Stratigrafi regional daerah penelitian adalah bagian dari formasi alor. Formasi alor (Tmpa) terdapat takselaras diatas formasi tihu dan batuan gunungapi riolit. formasi alor (Tmpa) terdiri dari lava dan breksi bersusunan andesit dan basal, bersisipan batupasir dan tufa, berumur miosen akhir-pliosen awal (Noya, 1986). Umur formasi alor diduga miosen akhir-pliosen awal, di bagian bawah menjemari dengan formasi naumatang, lokasi tipe formasi ini terletak di Pulau Alor (Noya, 1986).

Formasi geologi yang ada pada pulau wetar disebabkan oleh aktivitas sesar dan aktivitas gunungapi. Sesar geser yang mengarah timurlaut-baratdaya menyasarkan batuan pra-miosen akhir yaitu formasi tihu dan batuan gunungapi riolit. Sesar geser yang berarah timurlaut-baratdaya menyasarkan batuan yang

berumur hingga pliosen awal. Sesar turun berarah baratlaut-tenggara menyesarkan batuan yang berumur hingga miosen akhir, dijumpai pada Danau Tihu memiliki dua sesar yang mengapit diduga terjadi pasca-miosen akhir. Kegiatan gunungapi pada miosen tengah menghasilkan formasi tiyu, dan batuan gunungapi riolit, kemudian terjadi pengangkatan disertai penerobosan diorit, granit, granodiorit dan dasit pada miosen tengah. Lalu pada miosen akhir terjadi lagi penyusunan batuan yang membentuk formasi naumatang, dan juga batuan bersusunan andesit sampai basal sehingga membentuk formasi alor. pada masa plio-plistosen terjadi lagi pengangkatan dan terjadi kegiatan gunungapi yang membentuk batuan gunungapi tua. Pengangkatan terjadi lagi pada akhir plistosen dan kemudian diendapkan batu gamping dan breksi koral, pengangkatan ini masih terjadi hingga kini, seperti yang dilihat pada **Gambar 4** (Burhan dkk., 1993).

2.4. Penelitian Terdahulu

Penelitian sebelumnya yang telah mempelajari metode *common reflection surface* (CRS), serta mempelajari karakteristik geologi yang mirip pada daerah penelitian. Dibawah ini merupakan ringkasan hasil dari penelitian sebelumnya yang tersaji pada **Tabel 1**.

Tabel 1. penelitian terdahulu

Judul	Penelitian	Studi Kasus
Optimasi Pencitraan Struktur Bawah Permukaan Menggunakan Metode Kirchhoff <i>Pre-Stack Time Migration</i>	2020	Penelitian dilakukan di daerah Wetar (busur vulkanik Banda, sekitar Cekungan Banda). Menggunakan variasi <i>aperture</i> migrasi 75 m, 200 m, dan 512,5 m. Hasil terbaik pada <i>aperture</i> 512,5 m yang mampu menghilangkan efek bowtie (CDP 600–800), efek difraksi (CDP 3900–4050), serta meningkatkan resolusi lateral. Struktur sesar dapat diidentifikasi lebih jelas. (Rasimeng dkk., 2020)

Judul	Penelitian	Studi Kasus
Perbandingan CRS <i>Stack</i> dengan <i>Stacking</i> Konvensional pada Struktur Glasiotektonik	2021	Studi kasus di Fur Knudeklint, Denmark. Fokus pada struktur geologi kompleks dengan lipatan kecil dan patahan. Data seismik diuji dengan penjalaran sinar (Norsar 2D) dari dua arah akuisisi. Hasil: CRS <i>stack</i> lebih baik dari <i>stacking</i> konvensional, khususnya pada area CDP 20–100, 120–180, dan 160–330. Mampu merekonstruksi reflektor lipatan kecil dan lapisan tipis. (Dani dan Sule, 2021)
Penerapan <i>Common Reflection Surface</i> (CRS) Stack pada Data Seismik Laut 2D	2015	Dilakukan di perairan “Y” dengan software ProMax 2D. uji 5 aperture (150 m, 100 m, 67 m, 33 m, 20 m). CRS menghasilkan <i>stack</i> lebih baik daripada metode konvensional: reflektor lebih menerus dan SNR meningkat. (Daruarti dkk., 2015)
Analisis Struktur Gunung Bawah Laut di Perairan Komba (Batutara, Baruna Komba, Abang Komba, Ibu Komba)	2014	Studi di busur belakang Nusa Tenggara. Data: seismik refleksi (763,5 km) + batimetri (885 km). Ditemukan sesar utama berarah barat laut–tenggara sebagai jalur magma, dipotong sesar muda timur laut–barat daya (sesar pantar). Terbentuk graben pemisah tiga gunung bawah laut. Struktur kompleks akibat transisi subduksi–kolisi lempeng Australia – Eurasia. (Sarmili dan Troa, 2014)
Evaluasi Punggungan dan <i>Seamount</i> di Zona Subduksi Jawa	2020	Analisis batimetri, residual batimetri, dan data seismik refleksi. Fitur <i>Roo Rise</i> dan <i>Christmas Island Seamount</i> tersubduksi memengaruhi deformasi prisma akresi, <i>uplift</i> , dan arah palung. Menunjukkan peran elemen morfologi laut dalam deformasi tektonik dan seismisitas. (Patria dan Aulia, 2020)

III. TEORI DASAR

3.1. Gelombang Seismik

Gelombang seismik adalah gelombang yang merambat kedalam bumi dan kecepatan perambatannya dipengaruhi oleh sifat elastisitas batuan. Gelombang seismik terbagi menjadi dua kategori: (*body wave*) yang merambat melalui interior bumi dan (*surface wave*) yang merambat melalui permukaan bumi (Haerudin dkk., 2019). *Body wave* dibedakan menjadi dua jenis berdasarkan arah getarannya. Gelombang P (longitudinal) merupakan gelombang yang arah getarannya searah dengan arah perambatan gelombang, sedangkan gelombang yang arah getarnya tegak lurus dengan arah rambatannya disebut gelombang S (transversal). *Surface wave* terdiri atas *rayleigh wave* (*ground roll*) dan *love wave* (Telford dkk., 1990).

3.1.1. Gelombang Badan

Gelombang badan merupakan gelombang yang merambat pada medium elastik dan arah rambatnya ke segala arah dengan muka gelombang berbentuk bola. Gelombang badan terbagi menjadi dua berdasarkan gerak partikel dan arah rambatnya, yaitu gelombang P (*compressional waves*) dan gelombang S (*shear wave*).

Gelombang P adalah jenis gelombang longitudinal di mana gerakan partikelnya sejajar dengan arah perambatannya, seperti yang diperlihatkan pada **Gambar 5**. Gelombang ini dapat menjalar melalui berbagai medium, termasuk padat, cair, dan gas. Karena memiliki kecepatan paling tinggi dibandingkan dengan gelombang seismik lainnya, gelombang P biasanya tercatat pertama kali pada seismogram. Kecepatan gelombang P dipengaruhi oleh konstanta Lamé (λ),

rigiditas (μ), dan densitas (ρ) dari medium yang dilaluinya. Secara matematis kecepatan gelombang P dapat dituliskan dengan persamaan sebagai berikut.

$$V_p = \frac{\sqrt{\lambda + 2\mu}}{\rho} \quad (1)$$

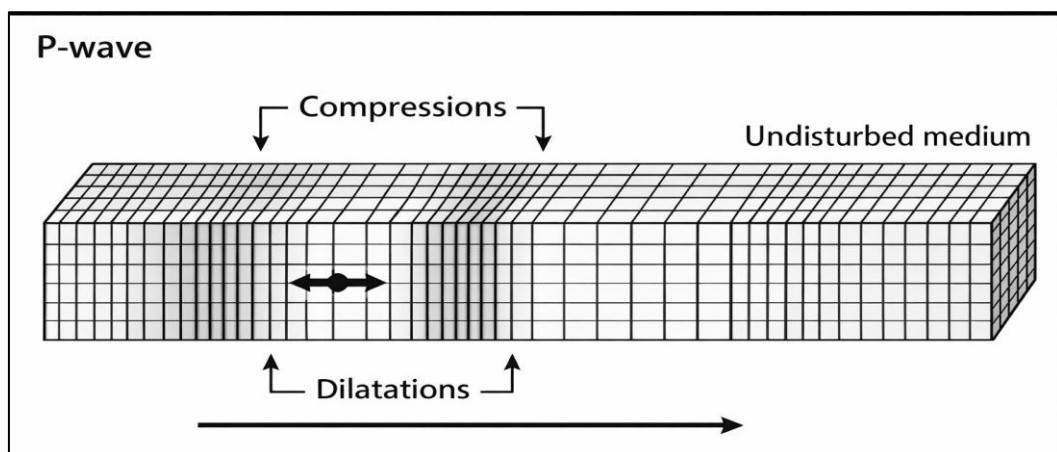
Keterangan:

V_p = Kecepatan gelombang P (m/s)

λ = Konstanta Lamé

μ = Rigiditas (N/m^2)

ρ = Densitas batuan (kg/m^3)



Gambar 5. Gelombang P (Elnashai dan Sarno, 2008)

Gelombang S adalah jenis gelombang transversal di mana gerakan partikelnya terjadi secara tegak lurus terhadap arah perambatannya. Gelombang ini hanya dapat merambat melalui medium padat, terlihat seperti pada **Gambar 6**. Gelombang S terbagi menjadi dua komponen utama yaitu gelombang SV yang memiliki polarisasi gerakan partikel dalam bidang vertikal sementara gelombang SH yang memiliki polarisasi gerakan partikel dalam bidang horizontal. Kecepatan gelombang S bisa dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

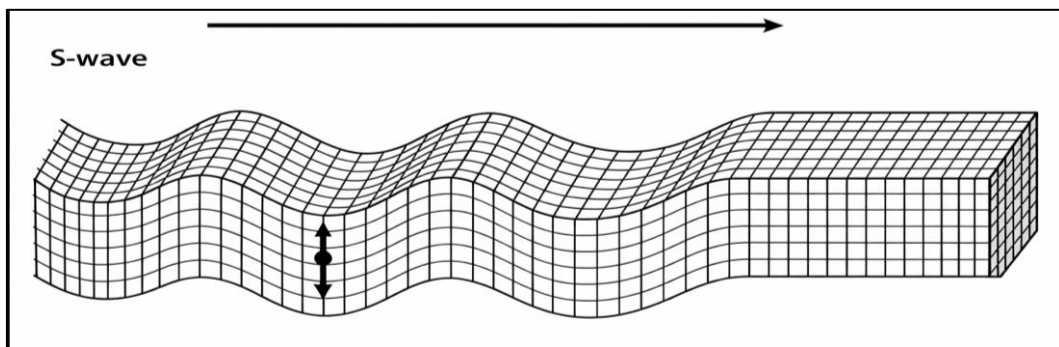
$$V_s = \frac{\sqrt{\mu}}{\rho} \quad (2)$$

Keterangan :

V_s = Kecepatan gelombang S (m/s)

μ = Rigiditas (N/m²)

ρ = Densitas (kg/m³)

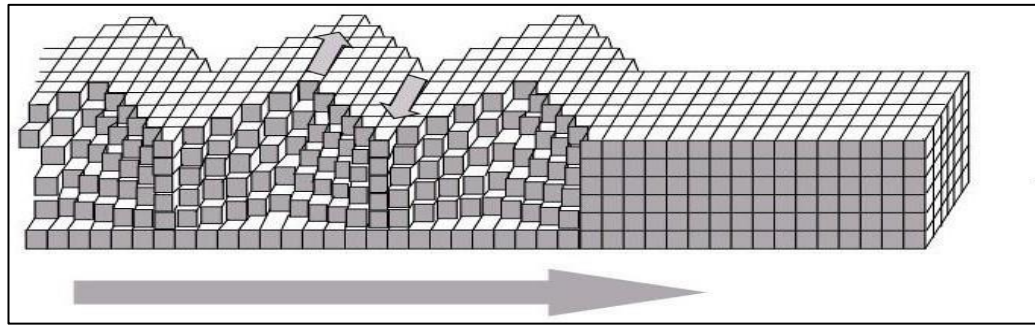


Gambar 6. Gelombang S (Elnashai dan Sarno, 2008)

3.1.2. Gelombang Permukaan

Gelombang permukaan adalah gelombang yang muncul di batas antara dua medium. Gelombang ini memiliki frekuensi rendah dan amplitudo yang besar, serta terbentuk akibat perbedaan sifat elastis di permukaan bebas. Terdapat dua jenis utama gelombang permukaan, yaitu gelombang *love* dan gelombang *rayleigh*.

Gelombang *love* merupakan gelombang yang arah gerak partikelnya melintang terhadap arah penjalarannya seperti gelombang S horizontal akan tetapi amplitudonya berkurang terhadap kedalaman. Gelombang *love* adalah gelombang seismik yang menyebabkan partikel-partikel tanah bergerak secara horizontal tegak lurus terhadap arah perambatannya, seperti pada **Gambar 7**.



Gambar 7. Gelombang *love* (Elnashai dan Sarno, 2008)

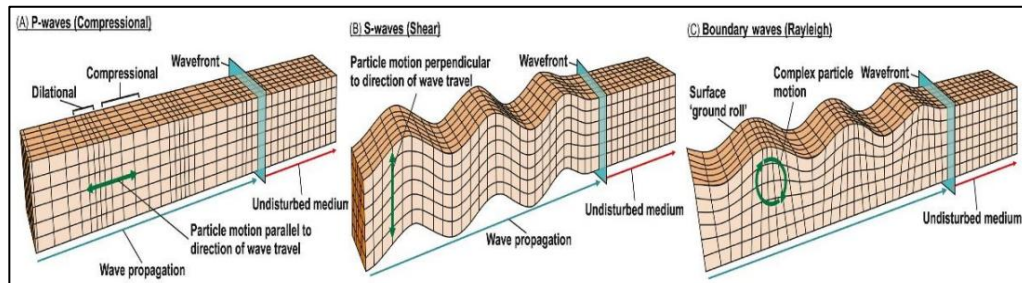
Gelombang *rayleigh* adalah jenis gelombang yang merambat di permukaan dengan gerakan partikel yang membentuk pola elips dan bergerak mundur. Dalam medium homogen, kecepatan gelombang *rayleigh* lebih lambat dibandingkan dengan kecepatan gelombang S. Ketika terdapat variasi sifat elastis pada kedalaman, gelombang *rayleigh* akan mengalami dispersi, di mana panjang gelombang yang berbeda akan merambat dengan kecepatan yang berbeda.

3.2. Metode Seismik Refleksi

Gelombang seismik adalah kumpulan gelombang yang merambat di dalam bumi dan di permukaan bumi. Untuk menciptakan suatu model seismik bawah permukaan yang dapat diinterpretasikan, langkah awal dengan menciptakan suatu gelombang seismik yang ditransmisikan ke dalam bumi dan kembali ke permukaan sebagai pantulan yang bersumber dari batas (reflektor). Dalam metode seismik refleksi, gelombang yang dipantulkan akan direkam oleh penerima yang mengukur energi dan waktu tiba dengan redundansi yang sangat besar untuk setiap sumber dan titik tengah. Data yang terekam dapat mewakili perubahan karakteristik lapisan batuan atau anomali akumulasi fluida. Nilai cepat rambat gelombang seismik yang diperoleh dari penentuan waktu tiba gelombang seismik dapat memberikan informasi lapisan bawah permukaan (Sabiq dkk., 2020).

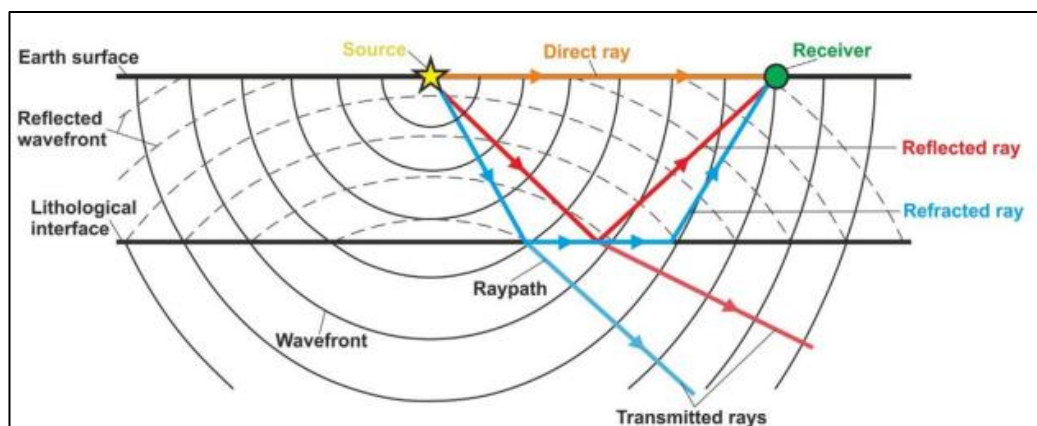
Terdapat tiga jenis gelombang seismik yang diciptakan oleh sebuah sumber yakni diantaranya gelombang P (longitudinal), gelombang S (transversal) dan gelombang permukaan, terlihat pada **Gambar 8**. Gelombang kompresional (gelombang primer) mempunyai gerakan partikel maju dan mundur serta sejajar dengan arah rambat gelombang. Gelombang geser (gelombang sekunder)

mempunyai gerak partikel yang arah rambat tegak lurus terhadap arah rambat gelombang. Gelombang permukaan memiliki kecepatan yang rendah dengan frekuensi rendah serta gerakan partikel yang kompleks (Bolt, 1982).



Gambar 8. Jenis jenis gelombang seismik (Cox dkk., 2020)

Survei metode seismik biasanya dirancang untuk merekam gelombang yang dipantulkan atau dibiaskan. Dalam industri minyak dan gas bumi, umumnya survei refleksi dipadukan dengan survei refraksi yang biasanya dipakai untuk pencitraan struktur dalam atau untuk aplikasi dekat permukaan yang memerlukan kecepatan detail, terlihat gambaran umum antara refleksi dan refraksi pada **Gambar 9**.



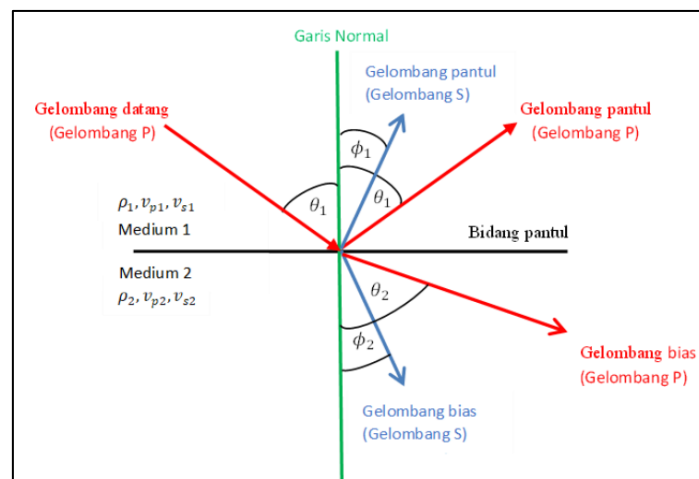
Gambar 9. Muka Gelombang dan Sinar Gelombang (Ashcroft, 2011).

3.3. Prinsip Gelombang Seismik

Gelombang seismik merambat di lapisan bumi sesuai dengan asas yang berlaku pada perambatan gelombang cahaya. Mekanisme penjalaran gelombang seismik didasari pada hukum Snellius, prinsip Huygen, dan prinsip Fermat (Susiliwati, 2004).

3.3.1. Hukum Snellius

Prinsip Snellius menyatakan bahwa ketika gelombang seismik melewati lapisan batuan dengan nilai impedansi akustik (AI) yang berbeda dari lapisan batuan yang dilewati sebelumnya, maka gelombang tersebut sebagian akan direfleksikan kembali ke permukaan dan sebagian lagi akan diteruskan merambat di bawah permukaan. Prinsip ini juga dapat digambarkan ketika gelombang energi datang ke tempat di mana dua lapisan bertemu (*interface*), energi dapat menjalar ke dua arah, dapat dilihat pada **Gambar 10**. Jika energi memantul dari antarmuka dan tetap berada di medium pertama, maka energi tersebut dikatakan dipantulkan. Jika energi melewati antarmuka ke medium kedua, maka energi tersebut dikatakan tertransmisi. Hubungan yang tepat antara sudut yang dibuat sinar masuk (sudut datang) dan sudut yang dibuat oleh sinar pantul dan pancar ditemukan oleh Willebrord Snell C.



Gambar 10. Penjalaran gelombang melalui dua medium (Yilmaz, 2001).

Hukum Snellius dapat ditulis dalam persamaan sebagai berikut:

$$\frac{\sin \theta_1}{v_{p1}} = \frac{\sin \theta_1'}{v_{p1}} = \frac{\sin \theta_2}{v_{p2}} = \frac{\sin \phi_1}{v_{s1}} = \frac{\sin \phi_2}{v_{s2}} \quad (3)$$

Keterangan:

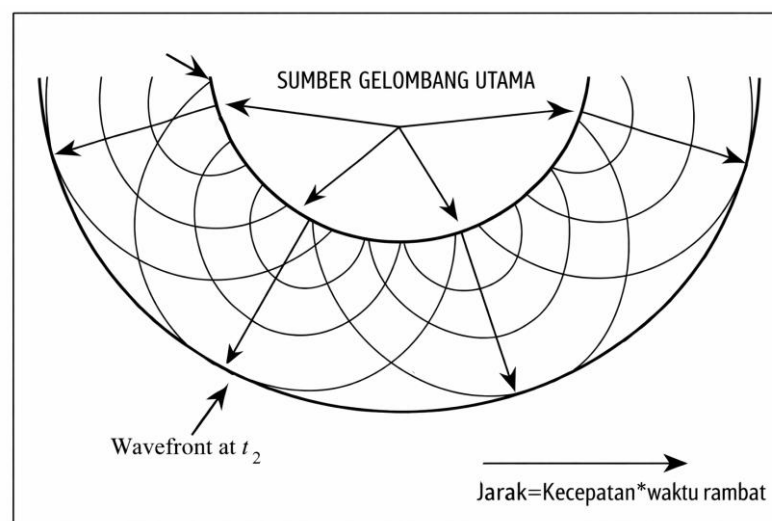
θ_1 = Sudut datang gelombang P

θ_1' = Sudut pantul gelombang P

- θ_2 = Sudut bias gelombang P
 φ_1 = Sudut pantul gelombang S
 φ_2 = Sudut bias gelombang S
 V_{p1} = Kecepatan gelombang P pada medium pertama
 V_{p2} = Kecepatan gelombang P pada medium kedua
 V_{s1} = Kecepatan gelombang S pada medium pertama
 V_{s2} = Kecepatan gelombang S pada medium kedua
 1,2 = Lapisan 1 dan Lapisan 2

3.3.2. Prinsip Huygens

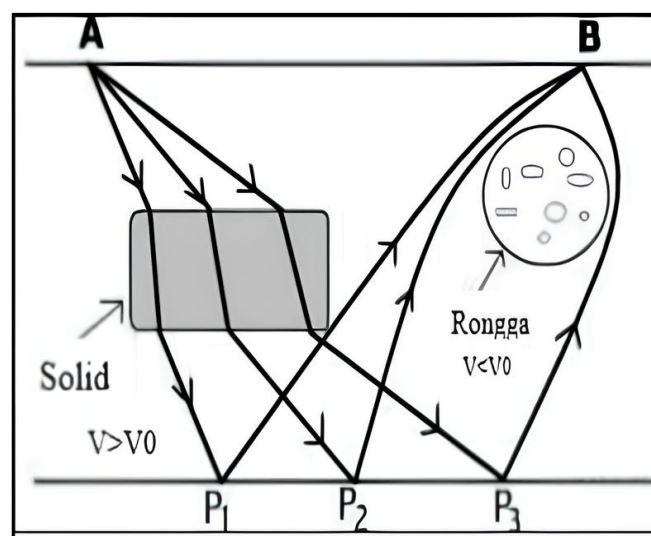
Prinsip Huygens menjelaskan muka gelombang yang berubah-ubah berkembang dari satu titik ke titik lain (Robinson dan Clark, 1986). Dari teori ini setiap titik pada muka gelombang yang maju akan terganggu sehingga bertindak sebagai sumber dari gangguannya sendiri yang meluas. Dengan kata lain prinsip Huygens menyatakan bahwa setiap titik pada muka gelombang primer berfungsi sebagai sumber gelombang sekunder lainnya, seperti yang terlihat pada **gambar 11**. Prinsip Huygens menyatakan bahwa setiap titik gelombang, maka akan menjadi sumber untuk gelombang yang baru dan dapat ditentukan posisi muka gelombang dengan mempertimbangkan setiap titik pada muka gelombang yang pertama sebagai sumber gelombang (Telford dkk., 1990).



Gambar 11. Prinsip Huygens (Yilmaz, 2001)

3.3.3. Prinsip Fermat

Prinsip Fermat menyatakan bahwa lintasan sinar antara dua titik adalah lintasan yang waktu tempuhnya ekstrem, minimum ataupun maksimum terhadap kemungkinan lintasan terdekat. Perambatan suatu gelombang dari satu titik ke titik lainnya akan menentukan jejak yang tercepat (Hidayatullah, 2010). Pada **Gambar 12** menjelaskan bahwa gelombang merambat lebih cepat terhadap medium yang solid dibanding dengan medium yang berongga.



Gambar 12. Prinsip fermat (Sherif dan Geldart, 1995)

3.4. Impedansi Akustik

Impedansi akustik (AI) merupakan properti batuan yang erat kaitannya dengan litologi, porositas, pengisian pori, dan faktor lainnya (Latimer dkk., 2000). Tujuan utama dari seismologi refleksi adalah memperoleh AI dari data seismik (Ghosh, 2000; Walker dan Ulrych, 1983). AI dapat dianalogikan berbanding lurus terhadap kekerasan batuan dan berbanding terbalik dengan porositas (Sukmono, 2001). Impedansi Akustik (AI) adalah produk dari densitas (ρ) dan kecepatan gelombang kompresional (v) dimana:

$$IA = v \rho \quad (4)$$

3.5. Densitas

Densitas (ρ) merupakan nilai kerapatan matriks yang didefinisikan sebagai perbandingan massa terhadap volume suatu material. Satuan densitas dalam SI adalah kg/m³. Untuk densitas batuan berpori, maka sebagian volumenya adalah volume pori yang dinyatakan dalam porositas, sehingga densitas bulk (ρ) merupakan jumlahan dari densitas matrik materi saling berhubungan dengan volume batuan total. Terdapat relasi antara massa jenis dengan kecepatan penjalaran gelombang seismik dalam batuan yang dikenal sebagai hukum Gardner (Geldart dan Sheriff, 1995). Persamaan hukum Gardner dapat ditulis:

$$\rho = aV^{1/4} \quad (5)$$

Keterangan:

ρ = Densitas (gr/cc)

a = Konstanta (0,31)

V = Kecepatan (m/s)

3.6. Kecepatan Gelombang Seismik

Terdapat berbagai sifat elastis batuan di bumi. Litologi batuan yang sama bisa mempunyai sifat elastis yang bervariasi, seperti adanya pengaruh tingkat kompaksi batuan. Pengaruh faktor geologi dan petrologi mengontrol kecepatan perambatan gelombang seismik. Berbagai faktor yang mengontrol penjalaran gelombang seismik antara lain densitas, sifat elastisitas, porositas, tekanan, temperatur, kedalaman batuan, dan umur batuan (Geldart dan Sherref, 1995).

3.7. Koefisien Refleksi

Koefisien refleksi (RC) didefinisikan sebagai perbedaan akustik impedansi (AI) antara dua jenis batuan yang memberikan rasio amplitudo antara gelombang pantul dan gelombang datang. RC pada antarmuka dihitung menggunakan persamaan Zoeppritz, yang memakai harga AI yang berbeda dari dua lapisan. Nilai koefisien refleksi juga mempengaruhi proporsi energi gelombang seismik yang

dipantulkan kembali ke permukaan dari antarmuka. Jika nilai RC positif, persentase energi tersebut akan direfleksikan kembali sebagai wavelet polaritas yang sama. Begitupun juga berlaku untuk nilai RC negatif dengan polaritas wavelet akan dibalik (Cox dkk., 2020). Persamaan Zoeppritz dapat ditulis sebagai

$$RC = \frac{IA_2 - IA_1}{IA_2 + IA_1} \quad (6)$$

Keterangan:

RC = Koefisien Refleksi

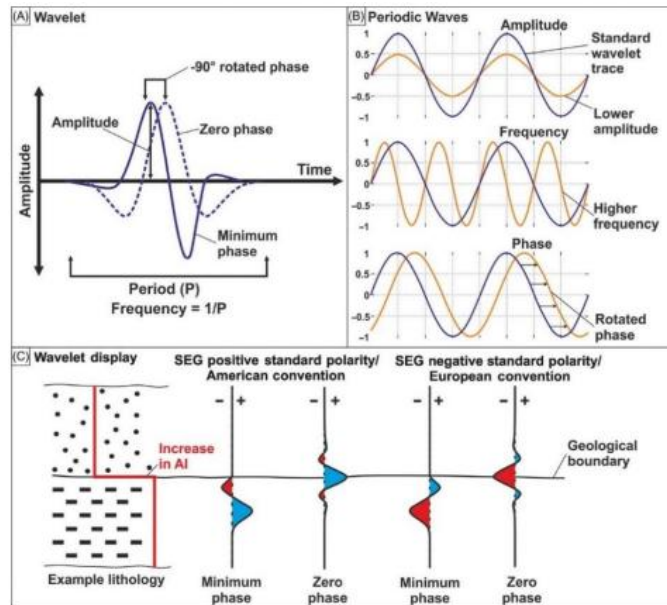
IA_1 = Impedansi Akustik lapisan atas

IA_2 = Impedansi Akustik lapisan bawah

3.8. Wavelet dan Polaritas

Perbedaan AI di seluruh reflektor direkam di permukaan menjadi sebuah wavelet melalui respons awal kompresional atau dilatasi (P-wave). Untuk menentukan pelebaran atau kompresi wavelet ke nilai negatif atau positif dalam sebuah tampilan ditetapkan oleh polaritas. *Society of exploration geophysicists* (SEG) mendefinisikan dua jenis konvensi polaritas yang dipakai sebagai tampilan dalam data seismik memakai wavelet fase minimum atau fase nol sebagai polaritas standar positif (polaritas Amerika) atau polaritas standar negatif (polaritas Eropa).

Pada tampilan polaritas positif Amerika, naiknya nilai AI dengan kedalaman akan dicatat sebagai amplitudo refleksi negatif dan akan menampilkan permulaan kompresi sebagai *trough* di sebelah kiri garis *trace* pusat. Pada wavelet fase nol, naiknya nilai AI dengan kedalaman akan ditampilkan oleh *peak* positif. Polaritas negatif SEG (polaritas terbalik) menampilkan peningkatan AI dimulai dari kompresi sebagai puncak (*peak*) positif, dengan wavelet fase nol ditampilkan sebagai pusat (*trough*) negatif (Thipgen dkk., 1975).



Gambar 13. *Wavelet dan Polaritas* (Cox dkk., 2020)

3.9. Resolusi Seismik

Wavelet adalah salah satu komponen major dalam menentukan resolusi vertikal data seismik, yang berarti ukuran seberapa jauh jarak dua batas geologis sebelum dapat dideteksi sebagai peristiwa terpisah. Batas resolusi ini umumnya seperempat dari panjang gelombang (λ) dominan, yang ditentukan oleh frekuensi wavelet dan kecepatan unit batuan (Cox dkk., 2020). Persamaannya dapat ditulis sebagai,

$$\text{Resolusi Vertikal} = \frac{\lambda}{4} \quad (7)$$

Resolusi seismik vertikal biasanya menurun seiring kedalaman karena pengurangan frekuensi *wavelet* (frekuensi tinggi dipantulkan oleh reflektor yang relatif dangkal) dan peningkatan kecepatan. Hal ini meningkatkan panjang gelombang dan ketebalan minimum antara dua unit batuan yang dibutuhkan agar satu unit dapat dideteksi pada data seismik.

Resolusi horizontal lebih rumit daripada resolusi vertikal karena efek akuisisi dan alur pengolahan data serta model kecepatan yang tidak sempurna. Lebar zona Fresnel adalah pada batas energi dipantulkan sebagai indikator untuk resolusi horizontal dan bergantung pada panjang gelombang (λ) sama halnya seperti resolusi

vertikal. Contoh upaya untuk mengurangi lebar zona Fresnel dan meningkatkan resolusi horizontal yakni mengurangi jarak lintasan selama akuisisi dan melakukan proses migrasi selama pemrosesan data (Cox dkk., 2020).

Dalam istilah frekuensi dominan (f), lebar zona Fresnel (Yilmaz, 2001), sebagai berikut:

$$r_f = \frac{v}{2} \sqrt{\frac{t}{f}} \quad (8)$$

Keterangan:

r_f = Radius zona Fresnel (m)

v = Rata-rata kecepatan (m/s)

f = Frekuensi dominan seismik (Hz)

t = Waktu rambat dari sumber ke titik muka reflector (s)

3.10. Noise

Noise merupakan sinyal yang tidak diinginkan karena dapat mengganggu interpretasi dan pengolahan pada data seismik, sehingga perlu dihilangkan atau dikurangi dengan melakukan teknik pengolahan khusus. *Noise* biasa muncul saat proses akuisisi dan memiliki karakteristik frekuensi serta amplitude yang berbeda dari sinyal reflektor utama (Yilmaz, 2001).

Noise sendiri dapat dibedakan menjadi dua diantaranya adalah, *ambient noise* merupakan *noise* yang disebabkan bukan dari sumber pengukuran, biasanya memiliki ciri yang bersifat random, ukuran spektrum yang lebar dan energi lebih rendah, *noise* ini biasa disebabkan oleh aktivitas manusia, mesin industri dan kegiatan diluar pengukuran lainnya. Kemudian, *shot generated noise* atau *noise* koheren, *noise* ini muncul akibat dari peladakan sumber akuisisi seismik, contoh dari *noise* ini adalah *multiple reflection* dan *ground roll* (Riyadi, 2011).

3.11. Proses Pengolahan Data

Proses pengolahan data pada penelitian ini terdapat beberapa langkah, diantaranya adalah sebagai berikut:

3.11.1. *Geometry*

Geometry merupakan proses menggabungkan data parameter lapangan saat melakukan akuisisi dengan dataset. Hal ini karena data lapangan hanya berisi FFID, *shot point*, *channel*, sehingga perlu dilengkapi dengan data lain diantaranya adalah *shot point* koordinat, CDP, dan *offset* agar pengolahan data lebih koheren (Riyadi, 2011). Pada pengukuran seismik refleksi, informasi geometri berisi tentang penelitian, lintasan penembakan, jumlah tembakan, jumlah *channel*, *offset* lateral, jumlah *receiver*, *receiver interval*, sedangkan informasi navigasi mencakup sumber dan koordinat yang dihitungkan dari setiap tembakannya. Umumnya data geometri dicatat terlebih dahulu sebelum kemudian disajikan pada pengolahan data seismik.

3.11.2. *Filtering*

Secara matematis, *filtering* adalah hasil dari domain waktu menjadi frekuensi atau yang biasa disebut *fast fourier transfer* (FFT). Proses *filtering* digunakan untuk memotong frekuensi yang ada pada data seismik sehingga mengurangi *noise* yang ada pada *trace* seismik. pada penelitian ini menggunakan *bandpass filter*.

Bandpass filter termasuk ke dalam *F-K filter* (dua dimensi) digunakan untuk meredam *noise* yang memiliki frekuensi yang sama dengan frekuensi sinyal, tapi memiliki bilangan gelombang yang berbeda. Selain *bandpass filter* yang termasuk *F-K filter* terdapat *notch* yang juga termasuk *F-K filter* (Bancroft, 2007).

Dalam pengolahan data seismik juga digunakan *bandpass filter* karena biasanya gelombang seismik terkontaminasi *noise* frekuensi rendah atau biasa disebut (*ground roll*) dan penyaringan *noise* frekuensi tinggi (*ambient noise*). Secara khusus, *bandpass filter* merupakan *filter* yang melewatkan frekuensi pada area tertentu frekuensi *cut-off* pertama dan frekuensi *cut-off* kedua dan meredam frekuensi diluar area tersebut.

3.11.3. *TAR (True Amplitude Recovery)*

TAR berupaya dalam mengembalikan nilai amplitudo seismik yang telah mengalami penurunan akibat divergensi bumi. Peningkatan amplitudo seismik

dilakukan dengan asumsi bahwa setiap titik reflektor dianggap datang dengan energi yang setara. Faktor-faktor yang mempengaruhi tingkat amplitudo gelombang seismik adalah (Priyono, 2006):

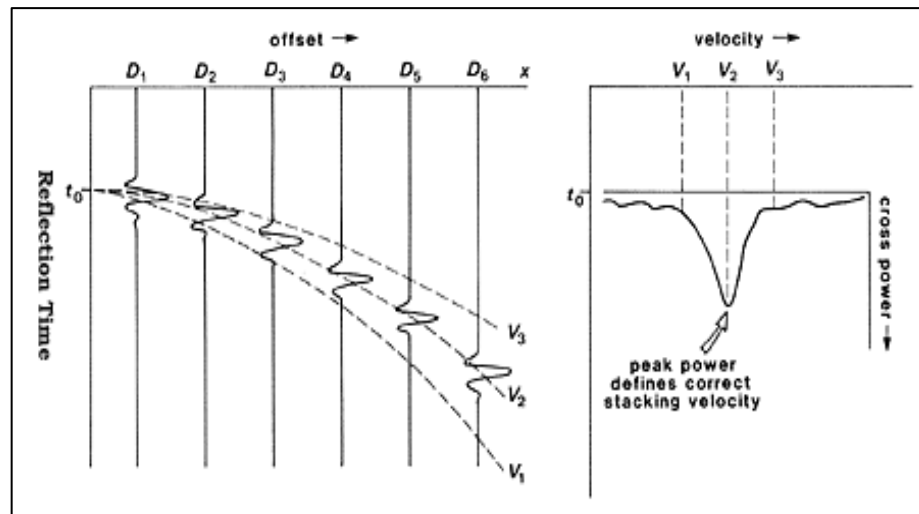
1. Intensitas peledakan dan kopling antara sumber ledakan dengan medium
2. Divergensi bola/*spherical divergence* yang menghasilkan distribusi energi gelombang dalam volume bola.
3. Perubahan koefisien refleksi dengan sudut datang gelombang atau *offset*.
4. Atenuasi dan absorpsi
5. Pantulan berulang atau *multiple* akibat adanya lapisan-lapisan tipis.

3.11.4. Deconvolution

Dekonvolusi adalah proses peningkatan resolusi data seismik dengan menekan dasar *wavelet* seismik (Yilmaz, 2001). Dekonvolusi berupaya untuk menghilangkan sinyal *source* dari *trace* seismik. Dalam *processing* data seismik, dekonvolusi sendiri merupakan upaya untuk meningkatkan resolusi pada data seismik (Dondorur, 2018). Dekonvolusi juga memiliki efek lain yang signifikan diantaranya adalah meningkatkan resolusi vertikal, menekan *wavelet* seismik pada data, menghilangkan *ringing noise* dari sinyal refleksi, dan menghilangkan refleksi *multiple*.

3.11.5. Velocity Analysis

Velocity analysis berfungsi sebagai penentuan kecepatan optimal agar dapat menghasilkan hasil *stacking* yang baik dari pengolahan data seismik. Analisis ini dilakukan dengan dasar bahwa kurva kecepatan NMO berbentuk hiperbolik, prinsip utamanya adalah mencari persamaan hiperbola yang paling sesuai agar didapatkan hasil *stacking* yang paling maksimal, terlihat pada **Gambar 14** yang memiliki kurva kecepatan yang berbentuk hiperbolik. Analisis ini memiliki peran penting karena *output* yang diperoleh akan digunakan untuk estimasi kedalaman, ketebalan, dan kemiringan reflektor secara lebih akurat, hal itu dilakukan dalam proses CDP *gather*, dimana *output* di plot sebagai fungsi kecepatan NMO dan posisi CDP. Setelah NMO *correction*, reflektor dari berbagai *offset* akan tampak sebagai garis lurus dalam CDP *gather* (Pratama, 2014).



Gambar 14. *Velocity analysis* (Yilmaz, 2001)

3.11.6. Normal Move Out (NMO) Correction

Koreksi NMO adalah prosedur koreksi yang bertujuan untuk menghilangkan pengaruh perbedaan jarak sumber ke penerima pada data seismik, sehingga terlihat sumber dan penerima menjadi satu sumbu garis vertikal atau *zero offset*. NMO mengacu pada perbandingan waktu antar gelombang pantul di berbagai *offset* dengan gelombang pantul pada *offset nol* (Yilmaz, 2001).

Dalam suatu tembakan atau CDP *gather*, *receiver* terdekat menerima lebih dulu sinyal pantulan (*offset* terdekat) dibandingkan dengan *receiver* yang lebih jauh dari sumber (*offset* terjauh), perbedaan waktu tersebut disebut dengan *normal moveout time*, koreksi NMO menghilangkan setiap waktu NMO pada setiap CDP *gather* menggunakan kecepatan *root-mean-square* (RMS) yang didapatkan dari *velocity analysis* (Dondurur, 2018).

3.11.7. Stacking Konvensional

Dalam eksplorasi seismik, istilah *stack* menunjukkan beberapa cara menggabungkan trace data seismik dari rekaman yang berbeda untuk menghasilkan satu *output trace*. Stack merupakan salah satu dari tiga teknik penting dalam pemrosesan data selain dekonvolusi migrasi yang berperan penting dalam meningkatkan rasio sinyal terhadap *noise* (S/N) dalam pemrosesan data seismik (Yilmaz, 2001).

Stack konvensional dilakukan dengan merata-ratakan data yang dilakukan koreksi NMO atau kumpulan data yang dimigrasi, hanya dapat optimal apabila noise tidak berkorelasi satu sama lain di semua *trace*. *common-midpoint stacking* (CMP) adalah salah satu cara yang umumnya digunakan dalam pemrosesan data karena kemampuannya untuk memisahkan sinyal dari *noise* yang memiliki frekuensi yang sama.

Berdasarkan fungsi waktu tempuh dalam CMP *gather* dapat dinyatakan sebagai berikut:

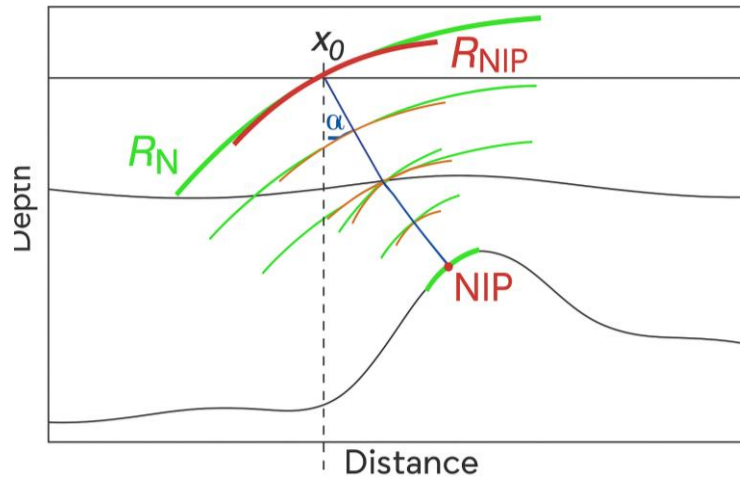
$$t^2 = t_0^2 + \frac{x^2}{v_{NMO}^2} \quad (9)$$

$$v_{NMO}^2 = \frac{2v_0 R_{NIP}}{t_0 \cos^2 \alpha} \quad (10)$$

Dengan t_0 merupakan waktu tempuh *zero offset* (ZO) serta jarak sumber ke penerima di simbolkan dengan (x). Adapun dengan v_0 adalah kecepatan dekat permukaan, R_{NIP} adalah jari-jari kelengkungan gelombang *normal incident point* (Hertweck dkk., 2007).

3.11.8. CRS *Stack*

Common reflection surface diperkenalkan oleh Muller pada tahun 1998 yakni metode simulasi *zero-offset* (ZO) berbasis data 2-D yang tidak memerlukan pengatuaan secara rinci tentang kecepatan makro (Mann dkk., 2002). *CRS stack* memiliki beberapa parameter gelombang kinematik yang mewakili kelengkungan dan arah rambat bertepatan dari dua muka gelombang yang muncul pada permukaan akuisisi, yaitu gelombang *normal incident point* (NIP) dan muka gelombang Normal (Hubral, 1983).



Gambar 15. *Curvature* gelombang normal (hijau), NIP (merah), dan α (biru) (Mann dkk., 2002)

Radius gelombang NIP merupakan gelombang yang merambat dari permukaan ke reflektor dan kembali ke permukaan gelombang NIP, gelombang NIP mengecil pada suatu titik reflektor dengan beranggapan bahwa selama perambatan gelombang tidak ada energi yang hilang. Adapun gelombang yang merambat dengan arah normal atau disebut R_N yang diciptakan dari sumber luasan disekitar titik kejadian, gelombang ini memiliki informasi terkait kelengkungan reflektor. Sudut kritis antara permukaan dengan gelombang normal di titik sumber kejadian X_0 merupakan parameter sudut α (Daruartati dkk.,2015). Persamaan matematis dari CRS *Stack* sebagai berikut:

$$t^2(x_m, h) = \left[t_0 + \frac{2 \sin \alpha}{v_0} (x_m - x_0) \right]^2 + \frac{2 t_0 \cos^2 \alpha}{v_0} \left[\frac{(x_m - x_0)^2}{R_N} + \frac{h^2}{R_{NIP}} \right] \quad (11)$$

Pada persamaan diatas, waktu disimbolkan dengan t_0 . Titik munculnya gelombang pada setengah offset h disimbolkan dengan h , $(x_m - x_0)$ adalah *aperture* titik tengah. Kecepatan konstan di dekat permukaan adalah v_0 . Jari-jari kelengkungan gelombang normal disimbolkan dengan R_N , sedangkan untuk jari-jari kelenkungan gelombang NIP disimbolkan dengan R_{NIP} , dan α merupakan sudut datang gelombang pantul.

Metode CRS bisa lebih mendekati model geologi bawah permukaan yang sebenarnya dengan mengakumulasi jarak CMP dan CDP yang ada disekitarnya tanpa memerlukan analisis kecepatan.

3.11.9. Migrasi

Model *stacking* untuk mencitrakan struktur geologi bawah permukaan belum dapat menggambarkan *event* seismik yang sebenarnya, oleh karena itu dilakukan proses migrasi. Proses migrasi diperlukan untuk mengembalikan reflektor ke titik sebenarnya, sehingga mengakibatkan reflektor miring dipindahkan ke posisi yang sesuai serta menghilangkan efek difraksi sehingga dapat meningkatkan resolusi penampang seismik (Rasimeng dkk., 2020).

Proses migrasi data seismik yang menghasilkan penampang dalam domain waktu disebut migrasi-waktu (*time migration*). Migrasi tersebut biasa digunakan ketika variasi kecepatan lateral bersifat kecil dan sedang, ketika variasi kecepatan lateral besar migrasi tidak bisa dibentuk secara akurat, hal itu dapat diatasi dengan melakukan migrasi kedalaman (*depth migration*) (Yilmaz, 2001).

Migrasi *kirchoff*, merupakan pendekatan statistik dimana posisi suatu titik di bawah permukaan bisa berasal dari berbagai kemungkinan lokasi dengan tingkat probabilitas yang setara. Sederhananya, migrasi ini dilakukan dengan cara menjumlahkan amplitudo dari setiap reflektor yang dapat menjadi posisi sebenarnya (Rasimeng dkk., 2020).

Migrasi *kirchoff* dapat mengatasi berbagai masalah geologi bawah permukaan mulai dari yang sederhana hingga yang memiliki struktur yang kompleks dengan dip reflektor yang cukup besar. Keuntungan lain dari migrasi *kirchoff* salah satunya cukup fleksibel terhadap perubahan topografi. Konsep dasar migrasi *kirchoff* ialah tentang permukaan maksimum konveks dan maksimum konvak. Permukaan maksimum konveks dikenal dengan *huygens surface* atau *diffraction travelttime surface* (Hagedorn, 1954).

IV. METODE PENELITIAN

4.1. Waktu dan Tempat Pelaksanaan

Pada penelitian tugas akhir ini dilakukan pada tempat, waktu, dan alamat sebagai berikut:

Tempat : Laboratorium pengolahan dan pemodelan data geofisika (Lab PPDG) Teknik Geofisika, Universitas Lampung.
Alamat : Gedung Teknik Geofisika, JL. Prof. Sumantri Brojonegoro No. 1, Gedong Meneng, Kec. Rajabasa, Kota Bandar Lampung, Lampung.
Waktu : Juli – Desember 2026

4.2. Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan pada penelitian tugas akhir adalah sebagai berikut:

Tabel 2. Alat penelitian

No	Alat	Fungsi
1	Laptop	Pengolahan data dan penyusunan Laporan
2	<i>Microsoft Word</i>	Penyusunan laporan
3	<i>Software ProMax</i>	Pengolahan data seismik laut dengan <i>output</i> penampang bawah permukaan seismik.
4	<i>Software ArcGis</i>	Untuk melakukan pengolahan spasial pada daerah penelitian

Kemudian pada penelitian kali ini dilakukan dengan menggunakan bahan yang tertera pada **Tabel 3**.

Tabel 3. Bahan penelitian

No	Bahan	Fungsi
1	Data seismik laut	Data ini berupa data pengukuran seismik laut dengan format data <i>.seg</i>
2	Data koordinat pengukuran	Data ini berupa koordinat dari masing-masing <i>hydrophone</i>
3	Data batimetri	Data ini berupa data raster yang digunakan untuk pembuatan peta

4.3. Jadwal Kegiatan

Jadwal kegiatan yang dilakukan pada tugas akhir kali ini adalah sebagai berikut:

Tabel 4. Jadwal kegiatan

Kegiatan	Agustus			September				Oktober				November				Desember				Januari			
	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Studi Literatur																							
Pengumpulan Data																							
Pengolahan Data																							
Penyusunan laporan Usul																							
Seminar Usul																							
Bimbingan Hasil																							
Seminar Hasil																							
Revisi dan Fiksasi Hasil																							
Sidang Komprehensif																							

4.4. Prosedur Kegiatan

Penelitian ini dilakukan dengan *software* ProMax untuk melakukan pengolahan data seismik. Adapun Prosedur pada penelitian kali ini adalah sebagai berikut:

4.4.1. Persiapan Data

Data penelitian ini merupakan data seismik laut yang diambil pada daerah Wetar, Nusa Tenggara Timur. Pada data ini memiliki nama WETAR 3.2 yang merupakan data seismik refleksi 2D dengan format SEG D yang merupakan hasil dari akuisisi di perairan Wetar.

Tabel 5. Parameter akuisi data WETAR-3.2

<i>Source interval</i>	25 m
<i>Group interval</i>	12,5 m
<i>Jumlah channel</i>	36 m
<i>Kedalaman source</i>	4 m
<i>Kedalaman receiver</i>	7 m
<i>Minimum offset</i>	75 m
<i>Cdp interval</i>	6,25 m
<i>Number of shot</i>	3914
<i>First shot station</i>	233
<i>Shot station number increment</i>	1
<i>Sail azimuth</i>	143°
<i>Near channel</i>	1
<i>Far channel</i>	36
<i>Channel increment</i>	1
<i>Sample rate</i>	2 ms
<i>Record length</i>	12 s
Panjang lintasan	97,85 km

4.4.2. Input data

Input data merupakan tahapan untuk memasukan data yang digunakan pada pengolahan seismik mrnggunakan *software* ProMax. Data seismik tersebut berdomain SEG-D yang merupakan hasil akuisisi pada daerah Wetar, dengan nama lintasan WETAR 3.2.

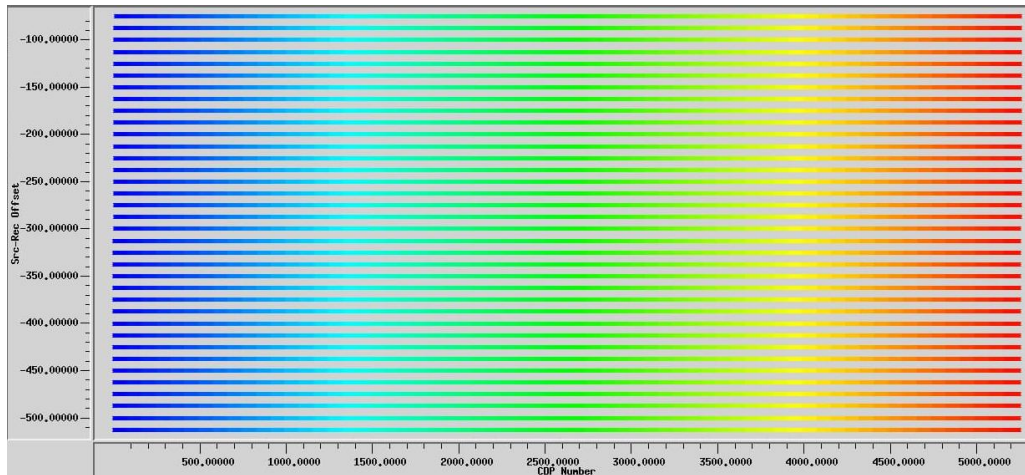
4.4.3. Geometry Setting

Secara sederhana tahapan ini merupakan proses memasukan parameter data di lapangan kedalam dataset sehingga sesuai dengan kondisi sebenarnya yang ada pada lapangan pengukuran.

Parameter data di lapangan yang dimasukan ke dalam dataset berupa jumlah tembakan, jumlah *receiver*, *near offset*, *far offset*, *interval receiver*, *interval* penembakan, *CDP Number*. Pada gambar diatas merupakan *Subflow* Geometri.

Pada pengolahan tugas akhir ini menggunakan *subflow marine geometry spreadsheet* agar dapat menyesuaikan parameter geometri yang berada di lapangan. *subflow marine geometry spreadsheet* digunakan karena akuisisi pengukuran dilakukan diatas permukaan laut. Pada *subflow* tersebut terdapat beberapa *menu* yang harus diisi diantaranya adalah *setup*, *auto 2D*, *sources*, *patterns*, *bin*, *trace QC*. Pada *menu setup* berisi bebearapa parameter lapangan yang dibutuhkan seperti *interval receiver*, *interval source*, *line azimuth*, kedalaman *source (airgun)*, dan kedalaman *receiver (streamer)*.

Kemudian pada *menu window auto marine 2D geometry* bertujuan untuk memasukan *shot* dan *receiver marine*. Lalu dilanjutkan dengan memasukan informasi selama akuisisi berjalan, dimasukan pada tabel *SIN ordered parameter file* berupa *shot point* pertama dan *shot point* terakhir pada kolom *source*, dan FFID awal dan FFID akhir. Kemudian, mengisi geometri penembakan pada *menu PAT ordered parameter file*, pada kolom *src pattern* diisi dengan angka 1 sesuai dengan nilai *source* saat melakukan pengukuran. Lalu pada *menu binning* digunakan untuk menghitung data dari *receiver* dan *pattern* sehingga menghasilkan parameter CDP, *shot fold*, yang akan berada pada *menu Trace QC*. *Menu Trace QC* ini dapat menunjukan hasil CPD dan *offset* yang telah dilakukan pada proses *binning*, seperti yang terlihat pada **Gambar 16**.



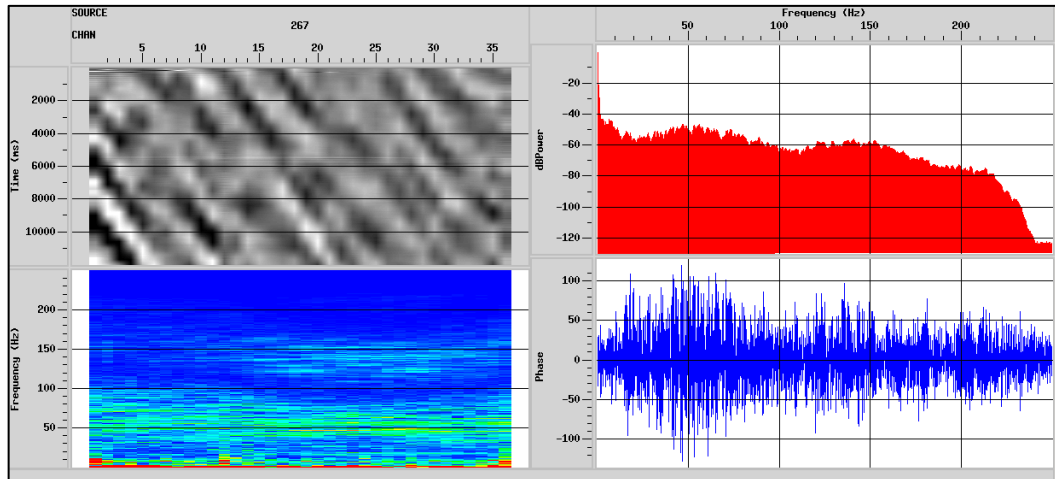
Gambar 16. Trace QC plot antara CDP dengan *offset*

Setelah konfigurasi selesai dilakukan, dataset yang telah diisi harus dimuat kedalam data seismik, dengan menggunakan *inline geom header load* dapat memasukan data geometri dari dataset yang tersedia. Hasil dari *flow* ini berupa *dataset* yang baru berisi informasi geometri dan akan digunakan pada tahapan pengolahan berikutnya.

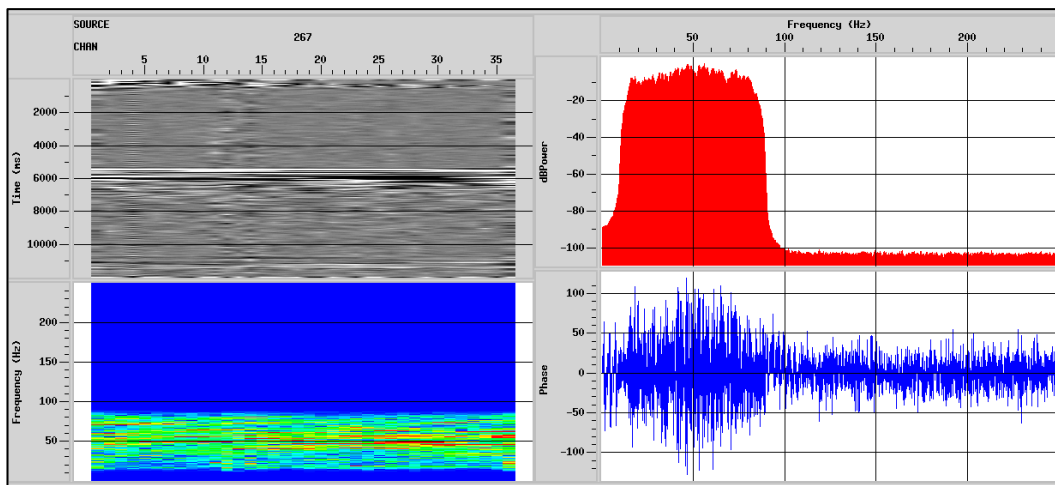
4.4.4. Filtering

Proses ini merupakan proses pemilihan frekuensi yang akan digunakan dalam pengolahan data, frekuensi dipilih berdasarkan data agar terbebas dari *noise*. Pada penelitian kali ini menggunakan *bandpass filter* yang mana *filter* ini mengambil dua batasan, batasan pertama dan batasan kedua, lalu frekuensi yang ada pada rentang batasan tersebut akan direduksi. Sebelum dilakukan proses pemfilteran dengan *bandpass filter*, dilakukan terlebih dahulu analisis spektrum dengan menggunakan *interactive spectral analysis*, guna melihat frekuensi dominan yang akan digunakan.

Dapat dilihat pada hasil *bandpass filter* sebelum dan sesudah dari dilakukannya *filter* tersebut pada **Gambar 17** dan **Gambar 18**.



Gambar 17. *Spectrum amplitude, phase dan frequency sebelum dilakukan bandpass filter*



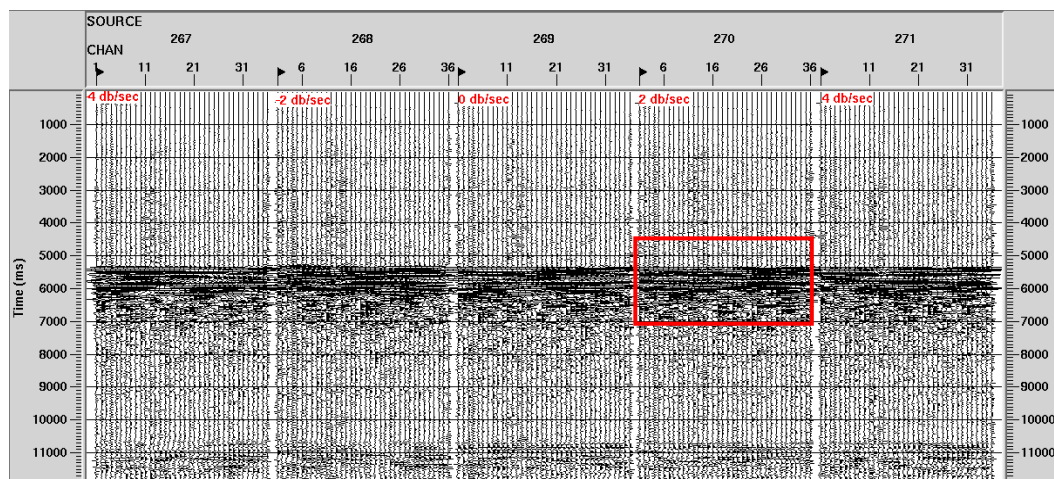
Gambar 18. *Spectrum amplitude, phase dan frequency setelah dilakukan bandpass filter*

4.4.5. Editing

Editing merupakan menghapuskan gelombang atau *trace-trace* yang dianggap *error* agar tidak mengganggu proses pengolahan data, sehingga pada penelitian ini dilakukan *editing*, untuk meredam sinyal yang dianggap sebagai *noise* sebelum refleksi yang tertangkap *receiver* yang ada sebelum *first break*.

4.4.6. TAR dan Dekonvolusi

True amplitude recovery (TAR) merupakan penembalian amplitudo gelombang yang hilang saat melakukan penjalaran di dalam permukaan bumi, sehingga pantulan dari batas antar lapisan dapat teridentifikasi dengan lebih jelas. Setelah itu, dilakukan dekonvolusi yang merupakan pengembalian bentuk *wavelet reflector* sehingga dapat meningkatkan resolusi vertikal data seismik, dalam penelitian ini digunakan metode *predictive spiking*.



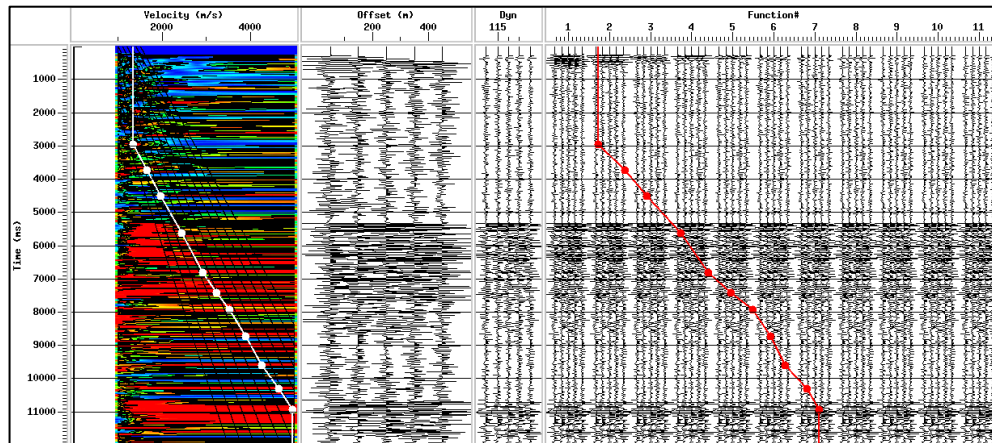
Gambar 19. *Parameter test pada proses TAR*

Pada *flow* TAR menggunakan 5 parameter percobaan diantaranya -4, -2, 0, 2, dan 4 db/sec. Terlihat pada **Gambar 19**, terlihat pada amplitudo 2 db/sec lebih mengisi dibanding dengan parameter lainnya. Karena dari itu, pada *flow* TAR menggunakan parameter 2 db/sec sebagai acuan dalam melakukan pengolahan selanjutnya.

4.4.7. Velocity Analysis

Analisis kecepatan (*velocity analysis*) dilakukan untuk menentukan kedelaman, kemiringan reilektor, dan ketebalan dengan nilai kecepatan yang akurat. *Velocity Analysis* dilakukan dengan *picking* kecepatan (*semblance*), dengan nilai kecepatan yang digunakan adalah kecepatan akar kuadrat rata-rata (VRMS). Nilai *velocity* yang telah dikoreksi dapat digunakan dalam proses *stacking*. Untuk memulai tahapan ini terdapat beberapa *flow* yang akan diterapkan diantaranya menyimpan data dari *precompute*, menampilkan hasil *picking* kecepatan pada data

menampilkan volume kecepatan, dan yang terakhir adalah menampilkan menu manipulasi kecepatan (*velocity manipulation*), seperti yang terlihat pada **Gambar 20**.



Gambar 20. Hasil *picking velocity analysis* pada CDP 116

4.4.8. Stacking

Stacking merupakan proses penjumlahan *trace-trace* yang berada dalam satu CDP setelah dilakukan koreksi NMO (*normal move out*) yang merupakan koreksi untuk menghilangkan efek jarak, *trace* yang digabungkan akan dilakukan interpolasi agar mendapati hasil penampang seismik. *Stacking* ini digunakan untuk mengurangi *noise*, sehingga rasio sinyal terhadap *noise* (S/N ratio) meningkat. Hal ini dapat dilakukan karena pantulan yang ada memiliki fasa yang seragam.

4.4.9. CRS ZO Search

Subflow ini digunakan untuk menentukan kemiringan dan orientasi pantulan dengan zero offset (*stacked*) volume dengan interval yang telah ditentukan. *Sub flow* ini akan mencari kemiringan serta azimuth yang paling relevan dengan data sepanjang pengukuran, dengan mengukur kemiripan melalui data. Beberapa *input* yang diperlukan antara lain *dip aperture* yang berfungsi sebagai radius zona Fresnel yang digunakan untuk memperoleh nilai *semblance*, jarak waktu pencarian (*time search spacing*) yang digunakan untuk menentukan lokasi dimana analisis kemiringan dilakukan, dan kecepatan permukaan awal (V_0). Hasil dari CRS ZO search diperoleh parameter kemiringan berupa sudut datang, dan jari-jari kelengkungan gelombang *RN* dari penampang ZO.

4.4.10. CRS *Precompute*

Subflow ini memiliki tujuan untuk mengoreksi struktur dalam analisis kecepatan dengan menggunakan kemiringan, dengan mengoreksi nilai *semblance* terhadap kemiringan sehingga hasil dari *velocity analysis* menjadi lebih akurat. Hasil keluaran dari *sub flow* ini digunakan untuk melanjutkan proses pemodelan selanjutnya.

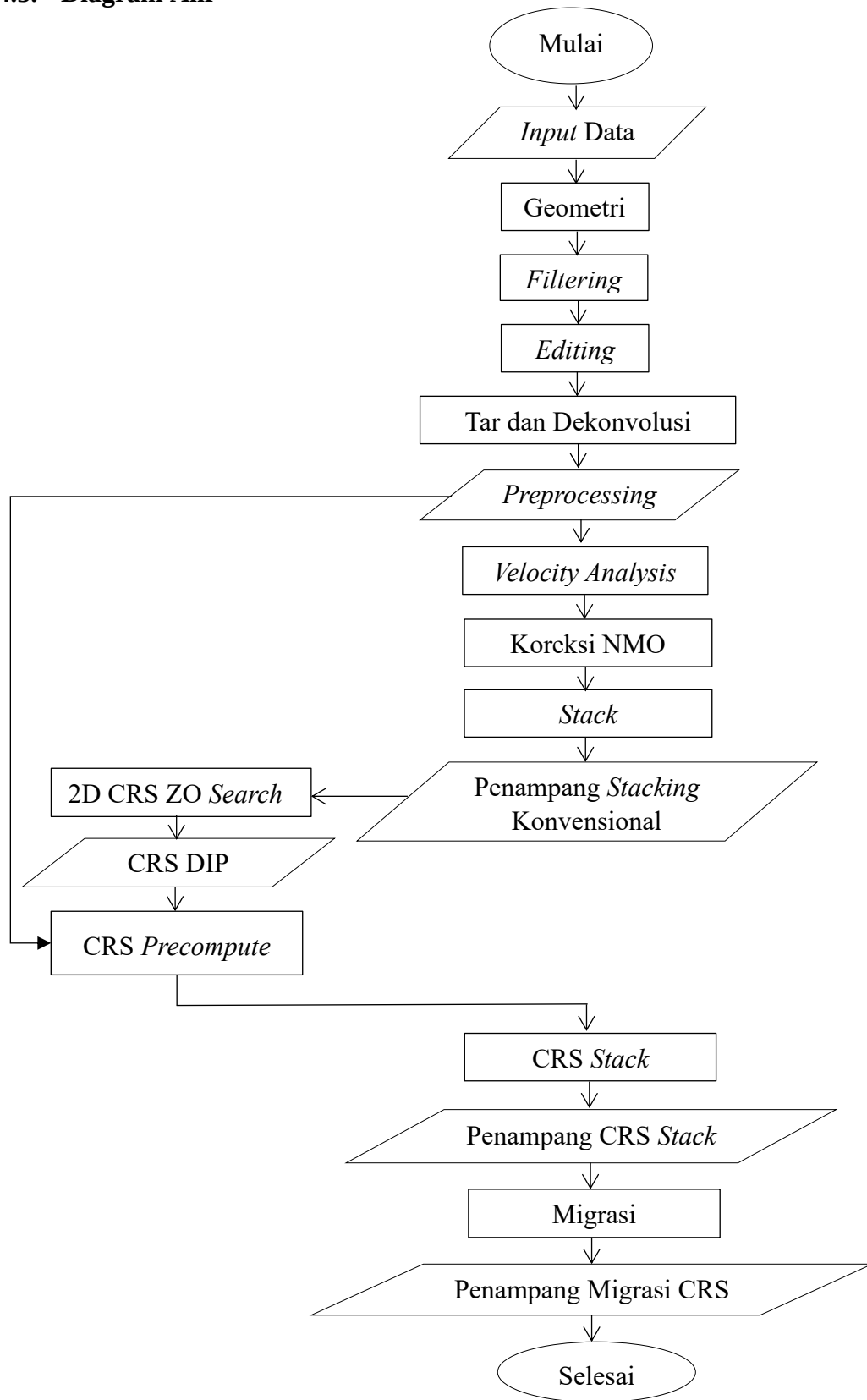
4.4.11. CRS *Stack*

Sub flow ini berguna sebagai peningkatan rasio sinyal terhadap *noise* sehingga menghasilkan *CMP gather* dengan *zero offset*. Hasil dari *stacking* ini dapat menjadi lebih jelas karena menggunakan informasi kemiringan dan kecepatan sebagai dasar acuan dalam melakukan proses *stacking*.

4.4.12. Migrasi

Proses ini dilakukan dengan tujuan untuk mengembalikan posisi reflektor baik secara vertikal ataupun horizontal, serta menghilangkan efek difraksi akibat kompleksitas bawah permukaan. Setelah migrasi, reflektor yang awalnya terputus menjadi lebih jelas dan menurun. Pada penelitian ini dilakukan *post-stack time migration* dimana proses ini dilakukan setelah *stacking* dalam domain waktu. Salah satu parameter penting dalam migrasi adalah *aperture*, yang berguna untuk menentukan luasan area informasi yang akan digunakan dalam proses migrasi.

4.5. Diagram Alir



Gambar 21. Diagram Alir

VI. KESIMPULAN DAN SARAN

6.1. Kesimpulan

1. Hasil Pengolahan data seismik 2D *marine* pada wilayah Laut Wetar dengan menggunakan CRS *stack* dapat menghasilkan pencitraan bawah permukaan yang baik dengan *aperture* paling maksimal pada 250 m, dengan penggunaan *post stack kirchoff migration* memaksimalkan hasil dari penampang seismik yang dihasilkan, adapun pada penelitian ini menggunakan *aperture* migrasi sebesar 75 m yang merupakan nilai paling maksimal untuk digunakan sebagai analisis struktur.
2. Pada penampang yang dihasilkan, terdapat identifikasi struktur berupa patahan di beberapa CDP yang didominasi oleh patahan turun diantaranya pada CDP 250, 1400, 1641, 1800, 2050, 2611, 2200, 2650, 3000, 3200, 3500, 3900, dan CDP 4100, dan pada CDP 481 – 1200 dan CDP 4100 – 4900 di identifikasikan dengan *debris flow* yang merupakan aliran material campuran batuan air dan dan tanah. Identifikasi struktur patahan yang ada pada CDP tersebut memiliki panjang berdasarkan TWT yang berbeda-beda. Pada garis yang diidentifikasi sebagai patahan memiliki potensi membentuk rekahan, sehingga dapat membentuk punggung atau gunung bawah laut.

6.2. Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, disarankan agar penelitian selanjutnya dilakukan dengan menggunakan *eigenvector filter* sebagai salah satu metode penguatan data sehingga dapat dilakukan metode interpretasi yang lebih dalam dan dapat memperinci struktur geologi yang ada pada bawah permukaan.

DAFTAR PUSTAKA

- Ashcroft, W. (2011). A Petroleum Geologist's Guide to Seismic Reflection. *wiley-blackwell*.
- Bachri, S. (2011). Tektonostratigrafi busur banda luar dengan referensi bagian barat timor leste dan bagian timur pulau seram. *JSDG*, 21 No.2.
- Bancroft, J. C. (2007). A Practical Understanding A Pre-Stacked Migration. In *Society Of Exploration Geophysics* (Vol. 91, Nomor 5).
- Ben, B., Thipgen, Dalby, A. E., dan Landrum, R. (1975). Special Report of The Subcommittee on Polarity Standards. *Geophysics*, 40(4), 694–699.
- Bolt, B. (1982). Inside the earth : Evidence From Earthquakes. *W.H. Freeman*.
- Chira-Oliva, P., Cruz, J. C. R., Garabito, G., Hubral, P., dan Tygel, M. (2005). 2-D ZO CRS stack by considering an acquisition line with smooth topography. *Revista Brasileira de Geofisica*, 23(1). <https://doi.org/10.1590/S0102-261X2005000100002>
- Clark, A. E. R. dan, dan D. (1986). Sparring Over Light. *The Leading Edge*, 5(4)(39–41).
- Cox, D. R., Newton, A. M. W., dan Huuse, M. (2020). An Introduction To Seismic Reflection Data: Acquisition, Processing And Interpretation. In *Regional Geology and Tectonics: Volume 1: Principles of Geologic Analysis*. BV. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-64134-2.00020-1>
- Dani, I., dan Sule, M. R. (2021). Pemodelan Seismik Pada Struktur Geologi Kompleks Menggunakan Metode Common Reflection Surface (Crs). *JGE (Jurnal Geofisika Eksplorasi)*, 7(3), 164–177. <https://doi.org/10.23960/jge.v7i3.135>

- Daruartati, H., Setyawan, A., dan Kusuma, I. A. (2015). Aplikasi Metode Common Reflection Surface(Crs) Untuk Meningkatkan Hasil Stack Data Seismik Laut 2d Wilayah Perairan “Y.” *Youngster Physics Journal*, 4(4), 291–298.
- Dondorur, D. (2018). Acquisition and Processing of Marine Seismic Data. *Elsevier*.
- Elnashai, A. S., dan Sarno, L. D. (2008). *Fundamentals of earthquake engineering* (1st ed.). Chicister: A John Wiley dan Sons Ltd.
<https://doi.org/10.5459/bnzsee.5.1.36>
- Geldart, L. P., dan Sheriff, R. E. (1995). Exploration Seismology. Problems in Exploration Seismology and their Solutions.
<https://doi.org/10.1190/1.9781560801733.ch3>
- Ghosh, S. K. (2000). Limitations on impedance inversion of band-limited reflection data. *Geophysics*, 65(3), 951–957. <https://doi.org/10.1190/1.1444791>
- Haerudin, N., Alami, F., dan Rustadi. (2019). Mikroseismik, Mikrotremor dan Microearthquake dalam Ilmu Kebumihan. Bandar Lampung: Pusaka Media.
- Hidayatullah, F. S. (2010). Idemtifikasi Patahan Pada lapisan Sedimen Menggunakan Metode Seismik Refleksi 2D Di Barat Sumatera. *Univeritas Islam Negeri Syarif Hidayatullah Jakarta*.
- Hubral, P. (1983). Computing True Amplitude Reflections in a Laterally Inhomogeneous Earth. *Geophysics*, 48(8), 1051–1062.
<https://doi.org/10.1190/1.1441528>
- Koesoemadinata, S., Noya, Y., Simandjuntak, W., Kadarisman, D., Situmorang, M., Burhan, G., Sutisna, K., Kafi, A. N., dan Rita, T. (1990). *Geologi Lembar Lomblen, Nusatenggara Timur*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- Ku, C.-Y. dan Hsu, S.-K. (2009). Crustal structure and deformation at the northern Manila Trench between Taiwan and Luzon islands. *Tectono Physics*, 466(3-4)(229–240).
- Latimer, R. B., Davidson, R., dan Van Riel, P. (2000). Interpreter’s guide to understanding and working with seismic-derived acoustic impedance data. *Leading Edge*, 19(3), 242–256. <https://doi.org/10.1190/1.1438580>
- Mann, J., Bergler, S., Zhang, Y., Chira, P., dan Hubral, P. (2002). Generalizations of the Common-Reflection-Surface Stack. *64th EAGE Conference and Exhibition*. <https://doi.org/10.3997/2214-4609-pdb.5.e023>

- Noya, Y. (1986). Peta Geologi Lembar Wetar Timur, Skala 1 : 250.000. *Pusat Penelitian dan pengembangan Geologi*.
- Patria, A., dan Aulia, A. N. (2020). Imaging Tree Root Zone Geometry Using Electrical Resistivity Tomography. *Riset Geologi dan Pertambangan*, 30(1), 55. <https://doi.org/10.14203/risetgeotam2020.v30.1074>
- Pratama, K. A. S. (2014). Perbandingan Metoda Migrasi F-K, Kirchhoff, Dan Beda Hingga Untuk Meningkatkan Resolusi Penampang Seismik 3d Darat Lapangan “Kdy” Cekungan Sumatra Selatan. In *Procedia Manufacturing* (Vol. 1, Nomor 22 Jan). Universitas Brawijaya Malang.
- Priyono, A. (2006). *Buku Ajar Seismik Eksplorasi*. Institut Teknologi Bandung.
- Rahardiawan, S. dan R. (2016). Geological Structures Appearances and Its Relation to Mechanism of Arc- Continent Collision Northen Alor-Wetar Islands Kenampakan Struktur Geologi dan Kaitannya dengan Mekanisme Tumbukan Busur-Kontinen Di Utara Pulau Alor-Wetar. *Bulletin of the Marine Geology*, 31(2).
- Rasimeng, S., Ekarena, A. I., Mulyanto, B. S., Subarsyah, S., dan Djaja, A. W. (2020). Optimalisasi Pencitraan Struktur Bawah Permukaan Menggunakan Metode Kirchhoff Pre-Stack Time Migration Pada Data Seismik Laut Wetar. *JGE (Jurnal Geofisika Eksplorasi)*, 6(2), 101–112. <https://doi.org/10.23960/jge.v6i2.67>
- Rawlinson, N., Pozgay, S., dan Fishwick, S. (2010). Seismic tomography: A window into deep Earth. *Physics of the Earth and Planetary Interiors*, 178(3–4), 101–135. <https://doi.org/10.1016/j.pepi.2009.10.002>
- Riyadi, P. (2011). *Analisa kecepatan data seismik refleksi 2d zona darat menggunakan metode semblance*. Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah Jakarta.
- Sabiq, H., Rasimeng, S., dan Karyanto, K. (2020). Penentuan Litologi Lapisan Bawah Permukaan Berdasarkan Tomografi Seismik Refraksi Untuk Geoteknik Bendungan Air Daerah “X.” *JGE (Jurnal Geofisika Eksplorasi)*, 4(3), 283–296. <https://doi.org/10.23960/jge.v4i3.41>
- Sarmili, L., dan Troa, R. A. (2014). Keberadaan Sesar Dan Hubungannya Dengan Pembentukan Gunung Bawah Laut Di Busur Belakang Perairan Komba, Nusa

- Tenggara. *Jurnal Geologi Keluatan*, 12(1), 55–64.
- Scotney, P. M., Roberts, S., Herrington, R. J., Boyce, A. J., dan Burgess, R. (2005). The Development Of Volcanic Hosted Massive Sulfide And Barite-Gold Orebodies On Wetar Island, Indonesia. *Mineralium Deposita*, 40(1), 76–99. <https://doi.org/10.1007/s00126-005-0468-x>
- Sheriff, R. E., dan Geldart, L. P. (1995). *Exploration Seismology*. USA: Cambridge University
- Siraju, A., Hutabarat, J., Sukiyah, E., dan Haryanto, A. (2018). Analisis Kandungan Mineral dan Logam Oksida Pada Singkapan Batuan Vulkanik yang Termanifestasi Alterasi Hidrothermal di Wilayah Pertambangan PT. Batutua Tembagaraya Pulau Wetar Provinsi Maluku. *Bulletin of Scientific Contribution : Geology*, 16(3)(149–162).
- Sukmono, S. (2001). *Interpretasi Seismik Refleksi*. Institut Teknologi Bandung.
- Susiliwati. (2004). Seismik Refraksi (Dasar Teori dan Akuisisi Data). *USU Digital Library*.
- Telford, W. M., Geldart, L. P., dan Sheriff, R. E. (1990). Applied geophysics. 2nd edition. In *Applied geophysics. 2nd edition*.
- Walker, C., dan Ulrych, T. J. (1983). Autoregressive recovery of the acoustic impedance. *Geophysics*, 48(10), 1338–1350. <https://doi.org/10.1190/1.1441414>
- Yilmaz, Ö. (2001). *Seismic Data Analysis Processing, Inversion, and Interpretation of Seismic Data: Vol. I* (Nomor 10).