

**ANALISIS PERBANDINGAN MIGRASI *FINITE DIFFERENCE*
DAN MIGRASI KIRCHHOFF UNTUK PENINGKATAN
KUALITAS PENAMPANG PADA DATA SEISMIK 2D *MARINE***

(Skripsi)

Oleh

**Nadia Mauliza
2215051006**



**KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS, DAN TEKNOLOGI
JURUSAN TEKNIK GEOFISIKA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
2026**

**ANALISIS PERBANDINGAN MIGRASI *FINITE DIFFERENCE*
DAN MIGRASI KIRCHHOFF UNTUK PENINGKATAN
KUALITAS PENAMPANG PADA DATA SEISMIK 2D *MARINE***

Oleh

Nadia Mauliza

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mencapai Gelar

SARJANA TEKNIK

Pada

Jurusan Teknik Geofisika

Fakultas Teknik Universitas Lampung



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG**

2026

ABSTRAK

ANALISIS PERBANDINGAN MIGRASI *FINITE DIFFERENCE* DAN MIGRASI KIRCHHOFF UNTUK PENINGKATAN KUALITAS PENAMPANG PADA DATA SEISMIK 2D *MARINE*

Oleh

Nadia Mauliza

Seiring meningkatnya kebutuhan energi global, kegiatan eksplorasi sumber daya alam semakin intensif sehingga diperlukan metode pencitraan bawah permukaan yang akurat. Metode seismik menjadi salah satu metode geofisika utama dalam eksplorasi karena mampu menggambarkan kondisi geologi bawah permukaan secara detail. Salah satu tahapan penting dalam pengolahan data seismik adalah migrasi, yaitu proses untuk mengembalikan posisi reflektor dan energi difraksi ke lokasi sebenarnya agar penampang menjadi lebih representatif. Penelitian ini bertujuan membandingkan hasil migrasi *Finite Difference* dan migrasi Kirchhoff pada data seismik 2D *marine* Lintasan L16.1 di Perairan Arafura, Papua Barat. Perbandingan dilakukan berdasarkan resolusi lateral, kontinuitas reflektor, pemfokusan energi difraksi, serta kemampuan menggambarkan reflektor miring. Metode Kirchhoff bekerja dengan menjumlahkan amplitudo sepanjang lintasan difraksi dan mampu memigrasikan struktur dengan sudut yang luas. Sementara itu, metode *Finite Difference* menggunakan pendekatan *downward continuation* dalam pemecahan persamaan gelombang dan relatif stabil terhadap data dengan rasio sinyal terhadap *noise* tertentu. Hasil penelitian menunjukkan bahwa migrasi Kirchhoff dengan *aperture* 344 m memberikan penampang terbaik, ditandai oleh resolusi lateral yang tajam, kontinuitas reflektor yang baik, serta pemfokusan difraksi yang optimal. Dengan demikian, migrasi Kirchhoff *aperture* 344 m dinilai paling efektif dalam meningkatkan kualitas penampang seismik. Metode ini merepresentasikan kondisi geologi daerah penelitian secara lebih jelas dan akurat.

Kata Kunci: processing seismik, migrasi Kirchhoff, migrasi *finite difference*

ABSTRACT

A COMPARATIVE ANALYSIS OF FINITE DIFFERENCE MIGRATION AND KIRCHHOFF MIGRATION FOR IMPROVING CROSS-SECTION QUALITY IN 2D MARINE SEISMIC DATA

By

Nadia Mauliza

As global energy demand continues to rise, natural resource exploration has become increasingly intensive, thereby requiring accurate subsurface imaging methods. Seismic methods are among the primary geophysical techniques used in exploration because they are capable of depicting subsurface geological conditions in detail. One of the critical stages in seismic data processing is migration, which aims to relocate reflectors and diffraction energy to their true positions so that the resulting seismic section becomes more representative of the subsurface. This study aims to compare the results of Finite Difference migration and Kirchhoff migration applied to 2D marine seismic data from Line L16.1 in the Arafura Sea, West Papua. The comparison is based on lateral resolution, reflector continuity, diffraction energy focusing, and the ability to image dipping reflectors. The Kirchhoff method works by summing amplitudes along diffraction paths and is capable of imaging structures over a wide range of angles. In contrast, the Finite Difference method employs a downward continuation approach in solving the wave equation and is relatively stable for data with a certain signal-to-noise ratio. The results show that Kirchhoff migration with a 344 m aperture produces the best seismic section, as indicated by sharper lateral resolution, better reflector continuity, and more optimal diffraction focusing. Therefore, the Kirchhoff migration method with a 344 m aperture was found to be the most effective for improving the quality of the seismic section. This method provides a clearer and more accurate representation of the geological conditions in the study area.

Keywords: *seismic processing, Kirchhoff migration, finite difference migration*

Judul Skripsi : Analisis Perbandingan Migrasi *Finite Difference* dan Migrasi Kirchhoff Untuk Peningkatan Kualitas Penampang pada Data Seismik 2D *Marine*

Nama Mahasiswa : Nadia Mauliza

Nomor Pokok Mahasiswa : 2215051006

Program Studi : Teknik Geofisika


Fakultas : Teknik

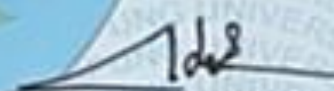
MENYETUJUI,

1. Komisi Pembimbing


Dosen Pembimbing 1

Dosen Pembimbing 2


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


Prof. Dr. Ir. Nandi Haerudin, S.Si.,
M.Si., IPM,
NIP. 197509112000121002

2. Ketua Jurusan Teknik Geofisika


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

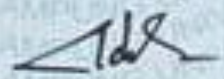
MENGESAHKAN

I. Tim Penguji

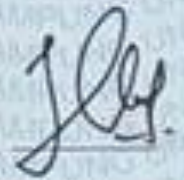
Ketua : Dr. Ir. Syamsurijal Rasimeng, M.Si., C.EIA, IPM.



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



Anggota : Ilham Dani, S.T., M.T.



Dekan Fakultas Teknik



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



Tanggal Lulus Ujian Skripsi: 11 Juni 2026

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi yang berjudul “Analisis Perbandingan Migrasi *Finite Difference* dan Migrasi Kirchhoff Untuk Peningkatan Kualitas Penampang pada Data Seismik 2D *Marine*” merupakan hasil karya saya sendiri. Skripsi ini disusun berdasarkan data, pengalaman, analisis, serta pengetahuan yang saya peroleh selama proses penelitian. Karya ilmiah ini tidak memuat material atau karya orang lain yang telah dipublikasikan sebelumnya, kecuali bagian tertentu yang secara tertulis dicantumkan sebagai rujukan dan disebutkan dengan jelas dalam daftar pustaka sesuai dengan norma, kaidah, serta etika penulisan ilmiah. Saya juga menyatakan bahwa skripsi ini bukan merupakan hasil plagiarisme dalam bentuk apa pun.

Pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya dan penuh tanggung jawab. Apabila di kemudian hari ditemukan adanya kekeliruan, ketidaksesuaian, atau pelanggaran terkait keaslian karya ini, maka saya bersedia menerima sanksi atau konsekuensi sesuai dengan ketentuan dan hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, 22 Juni 2026

Materai 10.000

Nadia Mauliza
NPM. 2215051006

RIWAYAT HIDUP



Penulis memiliki nama lengkap Nadia Mauliza. Penulis lahir di Kabupaten Pesisir Barat, Provinsi Lampung pada tanggal 28 April 2004. Penulis merupakan anak ketiga dari empat bersaudara, dari pasangan Bapak Pandi dan Ibu Hayati.

Penulis menempuh pendidikan formal pertama di TK Aisyiyah Bustanul Athfal Krui pada tahun 2009. Selanjutnya, penulis melanjutkan pendidikan dasar di SD Negeri Bumi Waras pada tahun 2010 dan selesai pada tahun 2016. Pendidikan tingkat menengah pertama ditempuh di SMP Negeri 2 Pesisir Tengah pada tahun 2016 dan selesai pada tahun 2019, kemudian dilanjutkan ke jenjang menengah atas di SMA Negeri 1 Pesisir Tengah pada tahun 2019 dan lulus 2022. Setelah menyelesaikan pendidikan menengah atas, penulis diterima sebagai mahasiswa Jurusan Teknik Geofisika, Fakultas Teknik, Universitas Lampung pada tahun 2022 melalui jalur Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN).

Selama menempuh pendidikan di perguruan tinggi, penulis tidak hanya berfokus pada kegiatan akademik, tetapi juga aktif mengembangkan diri melalui berbagai organisasi, kepanitiaan, serta kegiatan ilmiah. Keikutsertaan penulis dalam berbagai kegiatan tersebut menjadi sarana untuk meningkatkan kemampuan kepemimpinan, komunikasi, kerja sama tim, manajemen waktu, serta pengembangan wawasan di bidang geofisika. Pada tahun 2023-2024 (periode I), penulis aktif sebagai anggota Himpunan Mahasiswa Teknik Geofisika Bhuwana (HIMA TG Bhuwana) dan tergabung dalam Bidang Sains dan Teknologi selama dua periode kepengurusan. Pada periode II (2024-2025), selain menjadi anggota Himpunan Mahasiswa Teknik Geofisika Bhuwana, penulis mengemban tugas

sebagai sekretaris pelaksana *event* nasional GWES ke-10 (*Geophysics Whiz Event and Seminar*). Pada tahun yang sama, penulis juga bergabung dalam HAGI UNILA *Student Chapter* sebagai anggota Divisi *External Affairs* selama dua periode (2024-2026). Penulis tergabung pula menjadi anggota Divisi *Business Marketing* dalam *Society of Exploration Geophysicists UNILA Student Chapter* selama dua periode (2024-2026). Selain itu, pada tahun yang 2025, penulis juga menjadi Kepala Divisi Riset dan Teknologi HMGI Wilayah I. Dalam kegiatan akademik, penulis pernah menjadi asisten praktikum untuk mata kuliah Komputasi Geofisika, Metode Geomagnetik, dan Analisis Sinyal Geofisika.

Penulis melakukan kegiatan pengabdian kepada masyarakat dengan mengikuti Kuliah Kerja Nyata (KKN) pada bulan Januari hingga Februari 2025 di Desa Mekar Jaya, Kecamatan Bangun Rejo, Kabupaten Lampung Tengah. Selanjutnya, penulis melaksanakan Kerja Praktik (KP) pada bulan Juli 2025 di Balai Besar Pengujian Minyak dan Gas Bumi (LEMIGAS), Jakarta Selatan. Adapun topik yang diangkat dalam kegiatan Kerja Praktik tersebut berjudul **“Penerapan F-K Filter untuk Atenuasi *Multiple* pada Data Seismik 2D *Marine* Menggunakan Software ProMAX”**. Pada bulan Desember 2025 hingga Mei 2026, penulis melanjutkan kegiatan Tugas Akhir di Balai Besar Survei dan Pemetaan Geologi Kelautan (BBSPGL), Bandung. Penelitian tugas akhir yang dilakukan penulis berjudul **“Analisis Perbandingan Migrasi *Finite Difference* dan Migrasi Kirchhoff Untuk Peningkatan Kualitas Penampang pada Data Seismik 2D *Marine*”**. Selama menempuh masa studi, penulis turut aktif berkontribusi dalam bidang publikasi ilmiah. Pada tahun 2024, penulis memublikasikan artikel ilmiah yang berjudul **“Analisis Daerah Rawan Bencana Longsor dan Kajian Mitigasi Bencana Di Daerah Labuhan Mandi, Pesisir Barat”**. Artikel tersebut diterbitkan dalam *Jurnal Online of Physics*, Vol. 10, No. 1 Tahun 2024.

PERSEMBAHAN

Dengan penuh rasa syukur kepada Allah SWT, karya sederhana ini hadir sebagai hasil dari proses panjang yang dilalui dengan doa, harapan, serta rasa tanggung jawab. Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna, namun setiap bagiannya menjadi bukti dari kesabaran, ketekunan, dan keberanian untuk terus melangkah meskipun dihadapkan pada berbagai keraguan. Dengan segala kerendahan hati, karya ini penulis persembahkan kepada:

AYAH DAN IBU YANG TERKASIH

Kepada kedua orang tua tercinta, Ayah dan Ibu, dua hati yang tidak pernah lelah memeluk penulis dengan doa, kasih sayang, dan pengorbanan yang tak terhingga. Terima kasih penulis ucapkan atas segala ketulusan, perjuangan, serta cinta yang senantiasa diberikan hingga penulis dapat sampai pada titik ini. Penulis menyadari bahwa perjalanan ini tidak pernah benar-benar ditempuh seorang diri, sebab di balik setiap langkah yang berhasil dilalui, terdapat doa-doa panjang, harapan yang diam-diam dipanjatkan, serta usaha Ayah dan Ibu yang tidak pernah mengenal lelah.

Segala doa, nasihat, teguran, serta dukungan moral maupun materil yang diberikan telah menjadi kekuatan bagi penulis untuk terus bertahan dan tumbuh menjadi perempuan yang kuat, mandiri, dan tidak mudah menyerah. Semoga terselesaikannya skripsi ini dapat menjadi salah satu kebanggaan bagi Ayah dan Ibu karena telah mengantarkan anak perempuannya meraih gelar sarjana. Besar harapan penulis, semoga Allah SWT senantiasa memberikan Ayah dan Ibu kesehatan, umur yang panjang, keberkahan yang tidak terputus, serta kesempatan untuk menyaksikan keberhasilan penulis di masa yang akan datang.

MOTTO

“Sesungguhnya Allah tidak mengubah keadaan suatu kaum sehingga mereka mengubah keadaan yang ada pada diri mereka sendiri”

(QS. Ar-Ra'd: 11)

“I’m full of failure, but as I learn, I become stronger”

(“History” from EXO)

“You Only Live Once”

“To achieve what you want, you must keep pursuing it and fighting to make it happen. At the same time, take care of yourself and your health”

(Park Chanyeol)

“For all of you who are striving for your dreams. You should believe in yourself, and don’t let anyone bring you down. You know, negativity does not exist, its all about positivity. So, keep that on your mind. But anyways, have a good friend around, have a good peers, surround yourself with good people, cause you’re good person too”

(Mark Lee)

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT, Tuhan Yang Maha Esa, karena atas limpahan rahmat, hidayah, serta kemudahan-Nya, penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi ini dengan baik. Skripsi ini disusun berdasarkan hasil dari penelitian tugas akhir yang telah dilaksanakan di Balai Besar Survei dan Pemetaan Geologi Kelautan (BBSPGL), Kota Bandung pada bulan Desember 2025 hingga Mei 2026, dengan judul “**Analisis Perbandingan Migrasi *Finite Difference* dan Migrasi Kirchhoff Untuk Peningkatan Kualitas Penampang pada Data Seismik 2D *Marine***”.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih memiliki keterbatasan dan belum sepenuhnya sempurna, baik dari segi penyusunan maupun isi pembahasan. Penulis juga menyampaikan terima kasih kepada seluruh pihak yang telah memberikan bantuan, dukungan, arahan, serta motivasi selama pelaksanaan Kerja Praktik hingga proses penyusunan laporan ini selesai. Akhir kata, penulis berharap laporan ini dapat memberikan manfaat, tidak hanya sebagai salah satu bentuk pemenuhan kewajiban akademik, tetapi juga sebagai referensi dan tambahan wawasan bagi pembaca, khususnya dalam bidang pengolahan data seismik dan pengembangan ilmu pengetahuan.

Bandar Lampung, 22 Juni 2026

Nadia Mauliza
NPM 2215051006

SANWACANA

Segala puji dan syukur penulis haturkan ke hadirat Allah SWT atas limpahan rahmat, karunia, dan petunjuk-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik. Skripsi yang berjudul “**Analisis Perbandingan Migrasi *Finite Difference* dan Migrasi Kirchhoff untuk Peningkatan Kualitas Penampang pada Data Seismik 2D *Marine***” disusun sebagai salah satu tahap akhir dalam menyelesaikan proses perkuliahan. Penyusunan skripsi ini tentu tidak terlepas dari berbagai tantangan, proses pembelajaran, serta kesabaran yang menjadi pengalaman berharga bagi penulis. Skripsi ini merupakan hasil dari perjalanan panjang yang tidak dapat penulis selesaikan tanpa bantuan, dukungan, arahan, dan semangat dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan penuh rasa hormat dan kerendahan hati, penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya 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, serta selaku dosen pembimbing I Tugas Akhir penulis yang telah meluangkan banyak waktu dalam berbagai kesempatan untuk memberikan arahan, masukan, dukungan, kritik, serta saran yang membangun, sekaligus membimbing penulis sejak tahap awal hingga terselesaikannya skripsi ini dengan penuh kesabaran. Tanpa bimbingan dan arahan Bapak yang tulus, mungkin skripsi ini belum bisa selesai. Terima kasih telah membantu penulis dengan mempermudah segala proses, selalu meluangkan waktu untuk penulis bisa berkonsultasi meskipun Bapak sedang sibuk. Semoga Allah SWT senantiasa melimpahkan kesehatan dan keberkahan kepada Bapak, serta balasan terbaik atas setiap kebaikan yang Bapak berikan.

3. Bapak Dr. Alimuddin Muchtar, S.Si., M.Si., C.EIA. selaku Sekretaris Jurusan Teknik Geofisika Universitas Lampung.
4. Bapak Prof. Dr. Ir. Nandi Haerudin, S.Si., M.Si., IPM. selaku dosen pembimbing II penulis yang telah meluangkan waktu untuk memberikan arahan, dukungan, dan bimbingan yang sangat bermanfaat bagi penulis selama penyelesaian skripsi ini.
5. Bapak Ilham Dani, S.T., M.T. selaku dosen penguji Tugas Akhir penulis yang telah memberikan banyak masukan, evaluasi, saran dan kritik yang sangat membangun dalam proses pengerjaan skripsi ini.
6. Bapak Prof. Dr. Ir. Ahmad Zaenudin, M.T., CRP., selaku dosen pembimbing akademik penulis.
7. Ibu Yulinar Firdaus, S.Si., M.T., selaku pembimbing lapangan penulis di Balai Besar Survei dan Pemetaan Geologi Kelautan (BBSPGL) yang telah membimbing penulis dengan penuh kesabaran, memberikan ilmu, masukan dan saran, serta doa yang sangat berharga bagi penulis selama menjalankan Tugas Akhir.
8. Seluruh dosen dan civitas akademika Jurusan Teknik Geofisika Universitas Lampung yang sangat penulis hormati, terima kasih atas semua ilmu, pembelajaran, dukungan, dan motivasi yang sangat berharga bagi penulis.
9. Kepada kedua orang tua tercinta, untuk ayah yang menjadi cinta pertama penulis, terima kasih atas segala usaha dan semua tetesan keringat yang ayah keluarkan untuk membuat penulis bisa berada di titik ini, serta terima kasih karena telah mengusahakan apapun untuk penulis. Untuk ibu tercinta, terima kasih atas semua yang telah ibu berikan, kasih sayang, kesabaran, dan semua doa yang selalu ibu panjatkan dalam mengiringi hari-hari penulis. Terima kasih atas kasih sayang, ketulusan, dan semua kerja keras yang tidak terhitung sejak kecil hingga saat ini. Terima kasih atas segala cinta dan doa yang selalu ayah dan ibu berikan kepada penulis, semoga Allah SWT senantiasa melimpahkan rezeki, kesehatan, dan umur yang panjang, serta membalas seluruh pengorbanan ayah dan ibu dengan semua keberkahannya. Hiduplah lebih lama, Aamiin.

10. Kedua kakak dan adik penulis yang selalu menguatkan penulis selama ini, yang telah menjadi tempat penulis untuk berkeluh kesah tentang apapun yang penulis alami, terima kasih karena tidak pernah membuat penulis merasa sendirian.
11. Teruntuk seseorang yang berperan penting, Rangga Andriano. Terima kasih karena telah hadir, terima kasih atas segala dukungan, motivasi, dan semangat yang telah diberikan. Terima kasih atas semua kontribusi yang telah diberikan kepada penulis. Telah menjadi rumah dan tempat penulis untuk mencurahkan segala keluh kesah penulis. Terima kasih telah menjadi bagian penting dalam penyelesaian skripsi dan perjalanan hidup penulis. Semoga atas semua ketulusan dan kebaikanmu akan kembali kepadamu dan akan menjadi kebahagiaan bagimu.
12. Seluruh penghuni “Orang Kaya Dunia dan Akhirat”, Deli, Eka, Delvia, Zaid, Ananda, Wayan, Desta, Fania, Erika, Rafha, Willy, dan Ika, yang sudah kebersamai penulis sejak awal perkuliahan hingga saat ini. Terima kasih atas semua hari-hari yang kita lewati bersama dan telah menjadi peran penting dalam kehidupan perkuliahan penulis.
13. Penghuni Lab PPDG, Komti Rangga, Shatil, Paul, Wanti, Uliv, Edu, Razan, Dini, Ika, Bang Rezky, dan Bang Ahya yang telah kebersamai penulis dan memberikan semangat selama menyelesaikan skripsi ini.
14. Kepada bang Rezky yang telah memberikan saran dan masukan selama pengolahan dan penyelesaian skripsi ini.
15. Penghuni grup “apayaa”, Sofie, Sasmitha, Dhea, Hanif, Reihan, Lathif, Rachel, Dafa, dan Rapi yang telah kebersamai penulis sejak pelaksanaan Kerja Praktik hingga penyelesaian skripsi ini, terima kasih karena selalu memberikan motivasi dan semangat kepada penulis.
16. Penulis ucapkan banyak terima kasih kepada EXO, Park Chanyeol, Doh Kyungsoo, Kim Junmyeon, Oh Sehun, Kim Jongin, Zhang Yixing, Byun Baekhyun, Kim Minseok, dan Kim Jongdae, serta Tulus yang menghasilkan music yang menjadi penenang dan motivasi penulis selama ini. Terima kasih telah menemani masa muda penulis. Teruslah berkarya.
17. Kepada Mas Dayat, terima kasih karena telah membantu penulis dalam mempersiapkan segala hal baik saat Kerja Praktik maupun saat Tugas Akhir ini.

18. Keluarga besar Granit, terima kasih atas semua perjalanan yang telah dilalui, kenangan, suka dan duka, serta dukungan moral yang penulis terima sejak awal hingga akhir perkuliahan.
19. Terakhir, kepada diri sendiri Nadia Mauliza. Terima kasih atas semua usaha yang telah diberikan, terima kasih karena tidak pernah menyerah dalam menyelesaikan perkuliahan dan skripsi ini, terima kasih karena selalu yakin bahwa setiap kesulitan akan selalu ada keberkahan. Terima kasih karena selalu yakin atas apa yang telah dipilih dan dijalani. Apresiasi yang sebesar-besarnya karena berhasil berada di titik ini, atas setiap tetesan air mata, cucuran keringat, doa, dan usaha yang telah dikeluarkan. Semua itu akan menjadi saksi bagaimana perjalanan dalam menyelesaikan skripsi ini.

Bandar Lampung, 22 Juni 2026

Nadia Mauliza
NPM. 2215051006

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK	iii
<i>ABSTRACT</i>	iv
MENGESAHKAN	vi
PERNYATAAN.....	vii
RIWAYAT HIDUP	viii
PERSEMBAHAN.....	x
MOTTO	xi
KATA PENGANTAR.....	xii
SANWACANA	xiii
DAFTAR ISI.....	xvii
DAFTAR TABEL	xx
DAFTAR GAMBAR.....	xxi
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
II. TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Lokasi Penelitian.....	4

2.2	Geologi Daerah Penelitian	6
2.3	Stratigrafi Regional Daerah Penelitian	10
2.4	Penelitian Terdahulu	11
2.5	Hipotesa	13
III.	TEORI DASAR.....	14
3.1	Metode Seismik	14
3.2	Teori Gelombang	15
3.2.1	Gelombang Badan (<i>Body Wave</i>)	16
3.2.2	Gelombang Permukaan (<i>Surface Wave</i>)	17
3.3	Prinsip Penjalaran Gelombang.....	18
3.3.1	Hukum Snellius.....	18
3.3.2	Prinsip Huygens	19
3.3.3	Asas Fermat.....	20
3.4	<i>Velocity Analysis</i>	21
3.5	Migrasi Seismik	22
3.5.1	Migrasi <i>Finite Difference</i>	23
3.5.2	Migrasi Kirchhoff.....	27
3.5.3	Zona Fresnel.....	29
3.6	Parameter Kualitas Penampang Seismik	30
3.6.1	Resolusi Vertikal.....	30
3.6.2	Resolusi Lateral.....	31
3.6.3	Difraksi.....	31
IV.	METODOLOGI.....	33
4.1	Tempat dan Waktu Pelaksanaan	33
4.2	Alat dan Bahan.....	33
4.3	Prosedur Penelitian	34
4.3.1	Studi Literatur	34
4.3.2	Persiapan Data.....	34
4.3.3	Pengolahan Data.....	35
4.4	Jadwal Kegiatan	43
4.5	Diagram Alir	44

V. HASIL DAN PEMBAHASAN	45
5.1 Analisis Hasil <i>Stacking</i>	45
5.2 Analisis Hasil Migrasi Kirchhoff Berdasarkan Variasi <i>Aperture</i>	49
5.2.1 Hasil Migrasi dengan <i>Aperture</i> 53 m	51
5.2.2 Hasil Migrasi dengan <i>Aperture</i> 75 m	55
5.2.3 Hasil Migrasi dengan <i>Aperture</i> 344 m	59
5.2.4 Hasil Migrasi dengan <i>Aperture</i> 675 m	63
5.2.5 Perbandingan Hasil Migrasi Kirchhoff	67
5.3 Analisis Hasil Migrasi <i>Finite Difference</i>	76
5.3.1 Hasil Migrasi dengan Algoritma <i>Fast Explicit</i>	77
5.3.2 Hasil Migrasi dengan Algoritma <i>Steep Dip</i>	81
5.3.3 Hasil Migrasi dengan Algoritma <i>Implicit</i>	84
5.3.4 Perbandingan Hasil Migrasi <i>Finite Difference</i>	87
5.4 Perbandingan Hasil Migrasi Kirchhoff & <i>Finite Difference</i>	95
VI. KESIMPULAN DAN SARAN	102
6.1 Kesimpulan	102
6.2 Saran	103
DAFTAR PUSTAKA	104

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Penelitian terdahulu.....	11
2. Alat dan bahan yang digunakan	33
3. Parameter akuisisi data.....	34
4. Jadwal kegiatan	43
5. Perbandingan kualitas penampang Migrasi Kirchhoff.....	74
6. Perbandingan kualitas penampang Migrasi <i>Finite Difference</i>	93
7. Perbandingan kualitas penampang Migrasi Kirchhoff dan Migrasi <i>Finite Difference</i>	100

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Peta lokasi daerah penelitian.....	5
2. Peta tektonik Papua (Cloos dkk., 2005).....	7
3. Peta batimetri Perairan Arafura.....	9
4. Stratigrafi regional Cekungan Akimeugah Papua bagian Selatan (Panggabean & Hakim, 1986).	11
5. Ilustrasi akuisisi seismik refleksi (Robert dkk., 2022).....	15
6. Ilustrasi gelombang P (Stein & Wysession, 2003).....	17
7. Ilustrasi gelombang S (Stein & Wysession, 2003).....	17
8. Ilustrasi, a) gelombang Rayleigh, dan b) gelombang <i>love</i> (Kramer, 1996).	18
9. Ilustrasi hukum Snellius (Yilmaz, 2001).	19
10. Ilustrasi prinsip Huygens (Shearer, 2009).....	20
11. Ilustrasi asas fermat (Sheriff & Geldart, 1995).....	21
12. Model kecepatan yang diperoleh dengan menggunakan <i>picking velocity</i> dari spektrum (Yilmaz, 2001)	22
13. Penampang seismik, a) sebelum migrasi dan b) setelah migrasi (Yilmaz, 2001).	23
14. Proses migrasi <i>finite difference</i> pada bidang x-t ke x-z (Yilmaz, 2001).....	26
15. Skema penjumlahan energi di puncak kurva difraksi (Kurniawan dkk., 2017).	28
16. <i>Raw data</i> seismik L16.1	35
17. <i>Trace quality control</i> CDP vs <i>offset</i>	36
18. <i>Trace display geometry</i>	36
19. <i>Spectrum amplitude, phase</i> dan <i>frequency</i> . a) sebelum <i>filtering</i> , b) setelah <i>bandpass filter</i>	37

20. <i>Trace display</i> , a) sebelum <i>muting</i> , b) setelah <i>muting</i>	38
21. <i>Display parameter test</i> dengan, a) -4 dB/Sec, b) -2 dB/Sec, c) 0 dB/Sec, d) 2 dB/Sec, dan e) 4 dB/Sec.....	39
22. Hasil <i>Preprocessing</i>	40
23. <i>Picking window velocity analysis</i>	40
24. Model kecepatan	41
25. Diagram alir pengolahan data	44
26. Kontinuitas reflektor pada <i>time</i> 1540-1640 ms.....	45
27. <i>Dipping events</i> pada <i>time</i> 1000-1400 ms.	46
28. <i>Dipping events</i> pada <i>time</i> 1100-1500 ms.	46
29. Reflektor yang dipengaruhi efek difraksi.....	47
30. Penampang hasil <i>stacking</i>	48
31. Kontinuitas reflektor pada <i>time</i> 1540-1640 ms.....	51
32. <i>Dipping events</i> pada <i>time</i> 1000-1400 ms.	52
33. <i>Dipping events</i> pada <i>time</i> 1100-1500 ms.	52
34. Reflektor yang dipengaruhi efek difraksi.....	53
35. Penampang migrasi dengan nilai <i>aperture</i> 53 m.	54
36. Kontinuitas reflektor pada <i>time</i> 1540-1640 ms.....	55
37. <i>Dipping events</i> pada <i>time</i> 1000-1400 ms.	56
38. <i>Dipping events</i> pada <i>time</i> 1100-1500 ms.	56
39. Reflektor yang dipengaruhi efek difraksi.....	57
40. Penampang migrasi dengan nilai <i>aperture</i> 75 m.	58
41. Kontinuitas reflektor pada <i>time</i> 1540-1640 ms.....	59
42. <i>Dipping events</i> pada <i>time</i> 1000-1400 ms.	60
43. <i>Dipping events</i> pada <i>time</i> 1100-1500 ms.	60
44. Reflektor yang dipengaruhi efek difraksi.....	61
45. Penampang migrasi dengan nilai <i>aperture</i> 344 m.	62
46. Kontinuitas reflektor pada <i>time</i> 1540-1640 ms.....	63
47. <i>Dipping events</i> pada <i>time</i> 1000-1400 ms.	64
48. <i>Dipping events</i> pada <i>time</i> 1100-1500 ms.	64
49. Reflektor yang dipengaruhi efek difraksi.....	65
50. Penampang migrasi dengan nilai <i>aperture</i> 675 m.	66

51. Perbandingan kontinuitas reflektor <i>time</i> 1540-1640 ms pada penampang, a) <i>stacking</i> , b) migrasi Kirchhoff <i>aperture</i> 53m, c) migrasi Kirchhoff <i>aperture</i> 75m, d) migrasi Kirchhoff <i>aperture</i> 344m, dan e) migrasi Kirchhoff <i>aperture</i> 675m. .	68
52. Perbandingan efek difraksi pada penampang, a) <i>stacking</i> , b) migrasi Kirchhoff <i>aperture</i> 53m, c) migrasi Kirchhoff <i>aperture</i> 75m, d) migrasi Kirchhoff <i>aperture</i> 344m, dan e) migrasi Kirchhoff <i>aperture</i> 675m	69
53. <i>Dipping events</i> pada <i>time</i> 1000-1400 ms pada penampang, a) <i>stacking</i> , b) migrasi Kirchhoff <i>aperture</i> 53m, c) migrasi Kirchhoff <i>aperture</i> 75m, d) migrasi Kirchhoff <i>aperture</i> 344m, dan e) migrasi Kirchhoff <i>aperture</i> 675m	71
54. <i>Dipping events</i> pada <i>time</i> 1100-1500 ms pada penampang, a) <i>stacking</i> , b) migrasi Kirchhoff <i>aperture</i> 53m, c) migrasi Kirchhoff <i>aperture</i> 75m, d) migrasi Kirchhoff <i>aperture</i> 344m, dan e) migrasi Kirchhoff <i>aperture</i> 675m	72
55. Penampang hasil migrasi kirchhoff dengan <i>aperture</i> , a) 53 meter, b)75 meter, c) 344 meter, dan d) 675 meter.	75
56. Kontinuitas reflektor pada <i>time</i> 1540-1640 ms.....	78
57. <i>Dipping events</i> pada <i>time</i> 1000-1400 ms.	78
58. <i>Dipping events</i> pada <i>time</i> 1100-1500 ms.	79
59. Reflektor yang dipengaruhi efek difraksi.....	79
60. Penampang migrasi <i>Finite Difference</i> dengan algoritma <i>Fast Explicit</i>	80
61. Kontinuitas reflektor pada <i>time</i> 1540-1640 ms.....	81
62. <i>Dipping events</i> pada <i>time</i> 1000-1400 ms.	81
63. <i>Dipping events</i> pada <i>time</i> 1100-1500 ms.	82
64. Reflektor yang dipengaruhi efek difraksi.....	82
65. Penampang migrasi <i>Finite Difference</i> dengan algoritma <i>Steep Dip</i>	83
66. Kontinuitas reflektor pada <i>time</i> 1540-1640 ms.....	84
67. <i>Dipping events</i> pada <i>time</i> 1000-1400 ms.	84
68. <i>Dipping events</i> pada <i>time</i> 1100-1500 ms.	85
69. Reflektor yang dipengaruhi efek difraksi.....	85
70. Penampang migrasi <i>Finite Difference</i> dengan algoritma <i>Implicit</i>	86
71. Perbandingan kontinuitas reflektor <i>time</i> 1540-1640 ms pada penampang, a) <i>stacking</i> , b) migrasi <i>Finite Difference</i> dengan algoritma <i>Fast Explicit</i> , c) migrasi	

migrasi <i>Finite Difference</i> dengan algoritma <i>Steep dip</i> , dan d) migrasi <i>Finite Difference</i> dengan algoritma <i>Implicit</i>	88
72. Perbandingan efek difraksi pada penampang, a) <i>stacking</i> , b) migrasi <i>Finite Difference</i> dengan algoritma <i>Fast Explicit</i> , c) migrasi migrasi <i>Finite Difference</i> dengan algoritma <i>Steep dip</i> , dan d) migrasi <i>Finite Difference</i> dengan algoritma <i>Implicit</i>	89
73. <i>Dipping events</i> pada <i>time</i> 1000-1400 ms pada penampang, a) <i>stacking</i> , b) migrasi <i>Finite Difference</i> dengan algoritma <i>Fast Explicit</i> , c) migrasi migrasi <i>Finite Difference</i> dengan algoritma <i>Steep dip</i> , dan d) migrasi <i>Finite Difference</i> dengan algoritma <i>Implicit</i>	90
74. <i>Dipping events</i> pada <i>time</i> 1100-1500 ms pada penampang, a) <i>stacking</i> , b) migrasi <i>Finite Difference</i> dengan algoritma <i>Fast Explicit</i> , c) migrasi migrasi <i>Finite Difference</i> dengan algoritma <i>Steep dip</i> , dan d) migrasi <i>Finite Difference</i> dengan algoritma <i>Implicit</i>	92
75. Penampang hasil migrasi <i>Finite Difference</i> dengan algoritma, a) <i>Fast Explicit</i> , b) <i>Steep Dip</i> , c) <i>Implicit</i>	94
76. Perbandingan kualitas amplitudo <i>time</i> 1540-1640 ms pada penampang, a) <i>Stacking</i> , b) Kirchhoff <i>aperture</i> 344 m dan c) <i>Finite difference</i> algoritma <i>steep dip</i>	96
77. Perbandingan efek difraksi pada penampang, a) <i>stacking</i> , b) Kirchhoff <i>aperture</i> 344 m dan c) <i>finite difference</i> algoritma <i>steep dip</i>	96
78. Perbandingan <i>dipping events</i> pada <i>time</i> 1000-1400 ms pada penampang, a) <i>stacking</i> , b) Kirchhoff <i>aperture</i> 344 m dan c) <i>Finite Difference</i> algoritma <i>Steep Dip</i>	98
79. Perbandingan <i>dipping events</i> pada <i>time</i> 1100-1500 ms pada penampang, a) <i>stacking</i> , b) Kirchhoff <i>aperture</i> 344 m dan c) <i>Finite Difference</i> algoritma <i>Steep Dip</i>	99
80. Perbandingan penampang, a) <i>Stacking</i> , b) Kirchhoff <i>aperture</i> 344 m dan c) <i>finite difference</i> algoritma <i>steep dip</i>	101

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kemajuan pesat di bidang teknologi informasi telah membawa dampak signifikan terhadap dunia eksplorasi minyak dan gas bumi. Dalam industri ini, metode seismik refleksi menjadi andalan untuk memetakan struktur geologi di bawah permukaan, yang bertujuan untuk mengidentifikasi potensi zona hidrokarbon. Secara garis besar, kegiatan eksplorasi seismik terdiri dari tiga tahapan utama, yaitu akuisisi data, pengolahan data, dan interpretasi data (Yilmaz, 1987). Pengolahan data seismik memegang peranan vital karena bertujuan untuk merekonstruksi citra struktur geologi bawah permukaan yang akurat dan mendekati kondisi sebenarnya. Citra berkualitas yang dihasilkan dari proses ini diharapkan dapat menjadi dasar yang kuat dan mempermudah seorang interpreter dalam melakukan analisis bawah permukaan (Sukmono, 2000).

Seiring meningkatnya permintaan global terhadap sumber bahan bakar, kegiatan eksplorasi sumber daya alam menjadi semakin intensif. Untuk menjawab kebutuhan ini, metode geofisika seperti metode seismik menjadi andalan utama. Metode ini, yang merupakan bagian dari seismologi eksplorasi, bekerja dengan memanfaatkan perambatan gelombang buatan. Gelombang tersebut merambat di dalam medium bawah permukaan dan akan mengalami pemantulan atau pembiasan saat menemui lapisan batuan dengan kecepatan rambat yang berbeda. Data mentah yang terekam dari survei seismik ini kemudian memasuki tahap pengolahan data. Tujuan fundamental dari tahap ini adalah untuk menghasilkan penampang seismik yang jernih dengan *Signal-to-Noise (S/N) Ratio* yang tinggi (Sismanto, 1996).

Menurut Yilmaz (2001), migrasi merupakan tahapan krusial dalam pemrosesan data seismik yang bertujuan untuk meningkatkan akurasi pencitraan bawah permukaan. Fungsi utamanya adalah mengembalikan reflektor yang tampak miring ke posisi waktu pantul sebenarnya dan secara efektif menghilangkan artefak difraksi yang diakibatkan oleh diskontinuitas atau struktur geologi kompleks. Dengan melakukan koreksi ini, migrasi berhasil meningkatkan resolusi spasial dan memberikan gambaran seismik bawah permukaan bumi yang jauh lebih jelas dan mendekati kondisi geologis sesungguhnya.

Tiga metode migrasi yang umum digunakan untuk eksplorasi minyak dan gas bumi adalah migrasi *Finite Difference*, migrasi F-K, dan migrasi Kirchhoff, yang masing-masing memiliki karakteristik dan pendekatan matematis yang berbeda dalam memindahkan reflektor dari posisi semu ke posisi sebenarnya. Metode Kirchhoff yaitu penjumlahan amplitudo pada titik reflektor sepanjang lintasan pada lokasi yang sesungguhnya, dan rentang struktur yang dimigrasikan dengan menggunakan metode ini cukup luas dengan sudut migrasinya dapat mencapai 90° . Metode *Finite Difference* merupakan suatu metode migrasi yang memanfaatkan pemecahan gelombang di mana dilakukan *downward continuation*, dan memiliki keuntungan hal ini karena metode migrasi *finite difference* dapat diterapkan pada data dengan rasio sinyal terhadap *noise* (Yilmaz, 1987).

Penelitian ini merujuk pada penelitian sebelumnya oleh Annisa dkk. (2024), yang menggambarkan bahwa pada metode migrasi *Finite Difference* menghasilkan penampang dengan citra yang jauh lebih fokus dengan reflektor yang lebih tegas pada titik *zero offset* sedangkan metode migrasi Kirchhoff efektif dalam meminimalkan efek difraksi dan mampu menangani reflektor dengan kemiringan curam. Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini dilakukan untuk membandingkan hasil akhir penampang dari metode migrasi *Finite Difference* dan migrasi Kirchhoff tersebut untuk mendapatkan metode migrasi yang paling sesuai pada data di Perairan Arafura, Papua Barat berdasarkan resolusi dan kontinuitas reflektor.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah di atas, maka dapat dirumuskan permasalahan dalam tugas akhir ini sebagai berikut,

1. Bagaimana perbandingan dari hasil penampang antara metode migrasi *Finite Difference* dan migrasi Kirchhoff berdasarkan perbedaan kualitas citra bawah permukaan pada data penelitian yang digunakan?
2. Metode manakah yang paling efektif dalam peningkatan kualitas penampang pada data yang digunakan?

1.3 Batasan Masalah

Berdasarkan perumusan masalah di atas, maka Batasan masalah dalam pelaksanaan tugas akhir ini adalah sebagai berikut,

1. Data penelitian yang digunakan adalah data seismik 2D *Marine*.
2. Perbandingan berfokus pada hasil penampang *post-stack migration* pada migrasi *Finite Difference* dan migrasi Kirchhoff.

1.4 Tujuan

Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut,

1. Dapat membandingkan penampang seismik yang dihasilkan oleh metode migrasi *Finite Difference* dan migrasi Kirchhoff guna mengevaluasi perbedaan kualitas citra bawah permukaan, khususnya pada aspek resolusi lateral, kontinuitas reflektor, pemfokusan energi difraksi, serta akurasi penggambaran reflektor miring (*dipping events*).
2. Menentukan metode migrasi yang paling efektif untuk meningkatkan kualitas penampang seismik pada data penelitian berdasarkan karakteristik geologi wilayah penelitian.

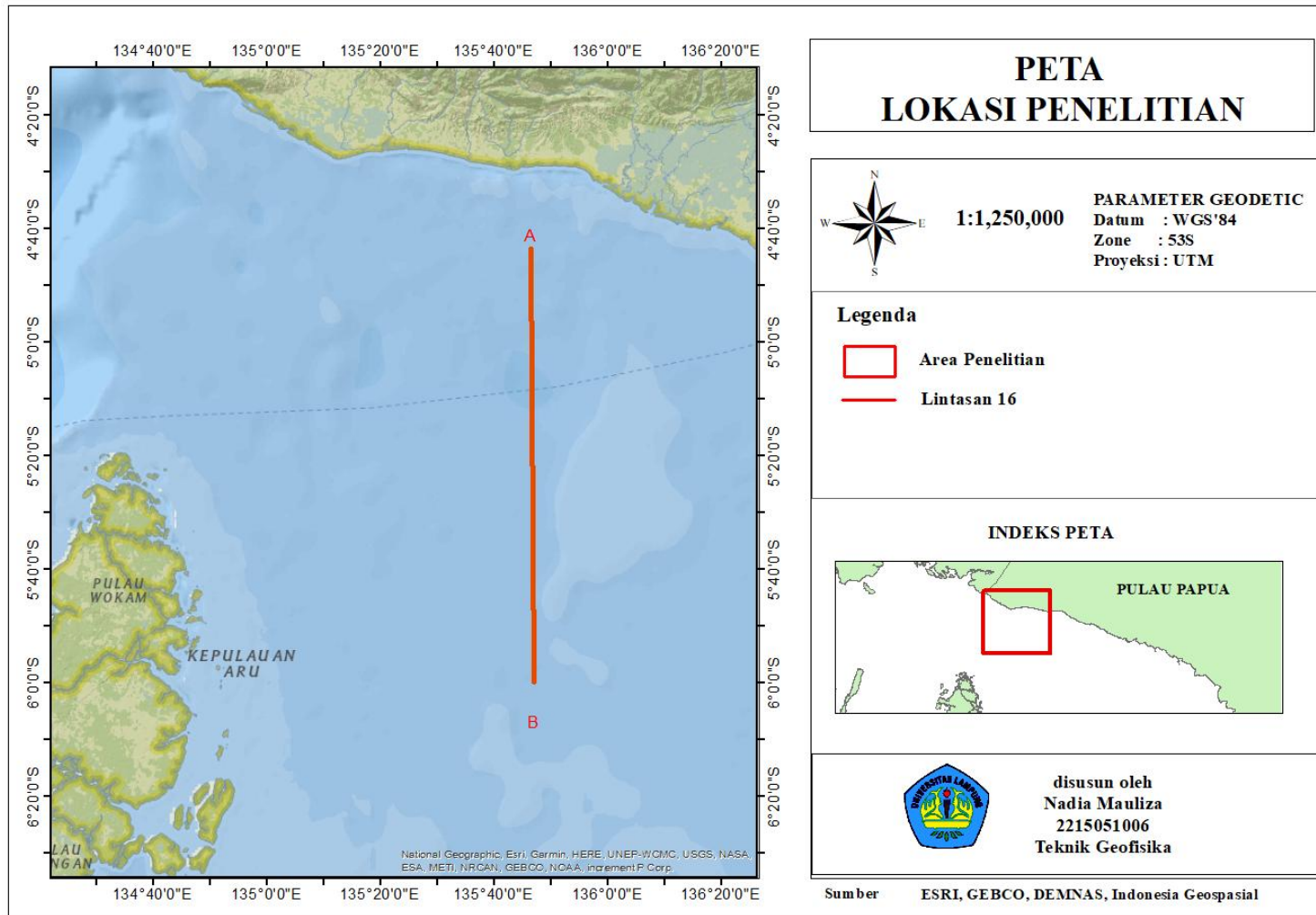
1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini bermanfaat untuk memberikan informasi metode migrasi yang paling sesuai untuk menghasilkan penampang seismik 2D *Marine* dengan kualitas yang baik, serta dapat memberikan informasi kelebihan dan kekurangan dari masing-masing metode migrasi yang diterapkan.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Lokasi Penelitian

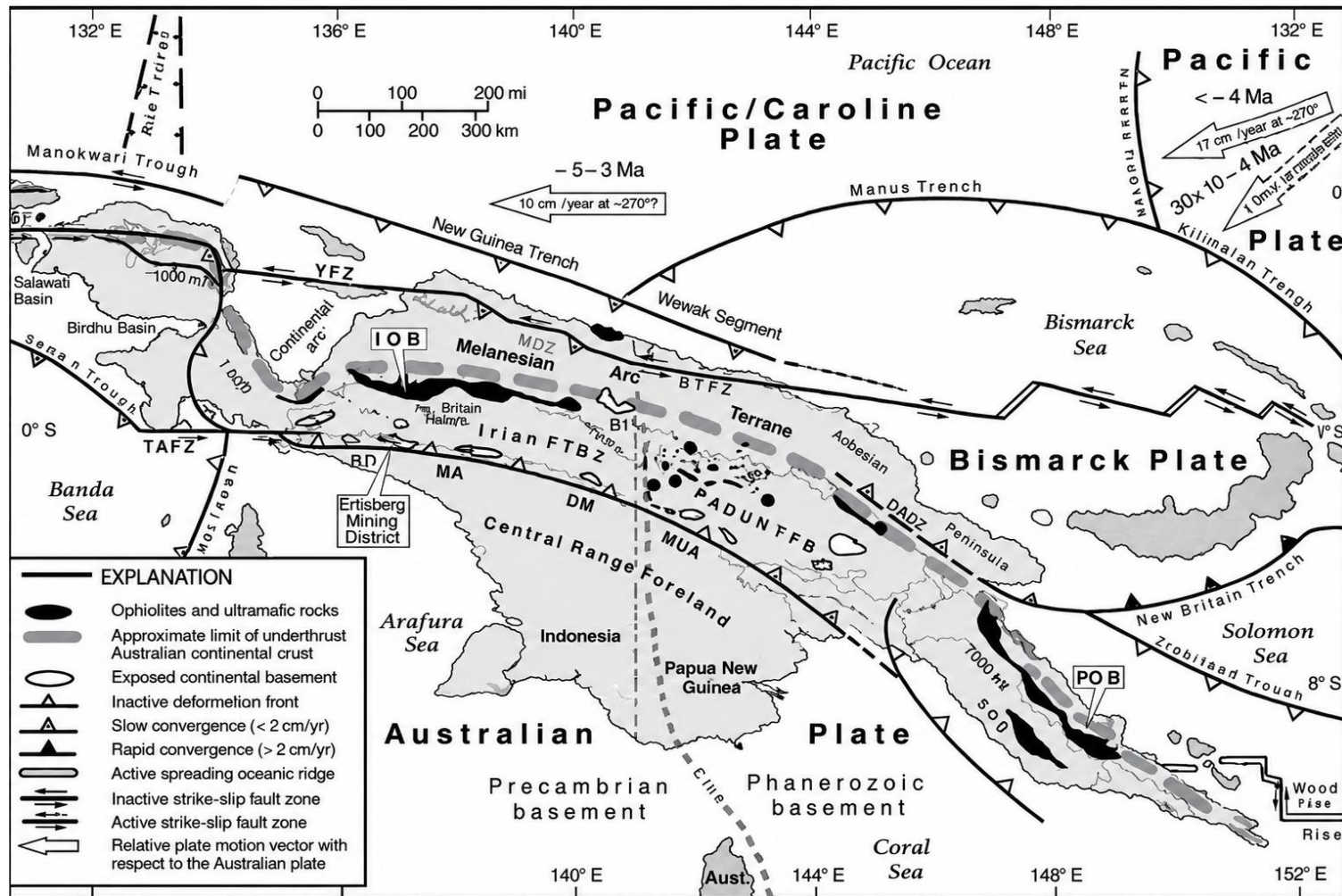
Daerah penelitian berada di wilayah Perairan Arafura, Papua Barat bagian Selatan sebagaimana yang ditampilkan pada Gambar 1. Secara geografis area penelitian berada pada posisi $134^{\circ} 40' \text{BT} - 137^{\circ} \text{BT}$ dan $4^{\circ} \text{LS} - 6^{\circ} 4' \text{LS}$. Secara geologis, wilayah ini merupakan bagian dari Cekungan Akimeugah. Secara administratif, daerah ini termasuk ke perairan di sekitar pulau Papua yang berbatasan dengan Provinsi Papua di sebelah timur, dan Kepulauan Maluku di sebelah barat.



Gambar 1. Peta lokasi daerah penelitian

2.2 Geologi Daerah Penelitian

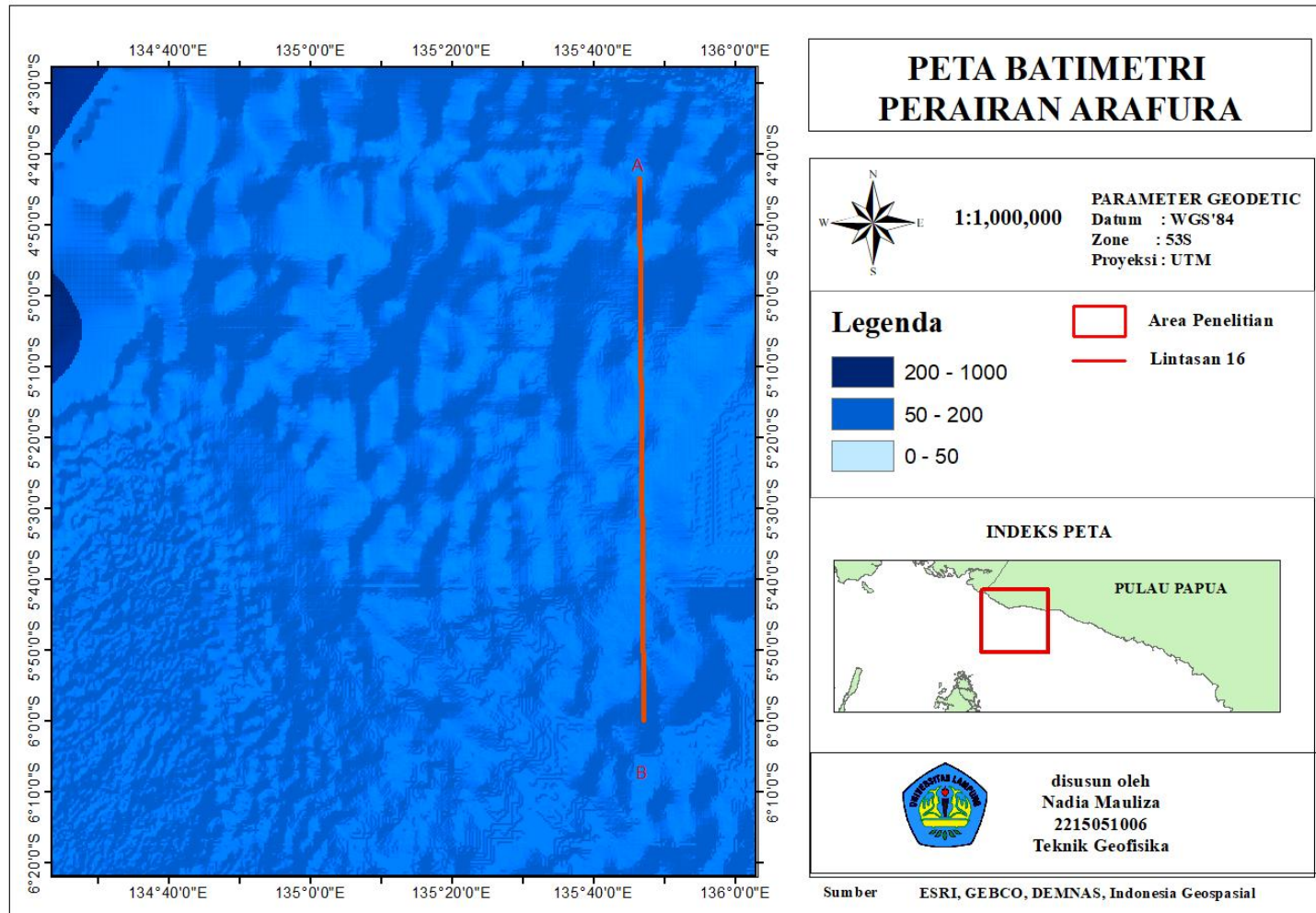
Perairan Arafura sendiri disusun oleh batuan sedimen silisiklastik laut dan non-laut berumur Pliosen hingga Holosen, yang menindih satuan karbonat Kenozoikum dan sedimen silisiklastik Mesozoikum. Satuan-satuan ini diendapkan pada margin pasif bagian utara Benua Australia (Dow & Sukamto, 1984). Pegunungan Tengah Papua merupakan sabuk orogenik yang memanjang sekitar 1.300 km dari Papua Barat hingga Semenanjung Papua. Sabuk Metamorf Ruffaer (*Ruffaer Metamorphic Belt/RMB*) adalah zona sepanjang sekitar 1.000 km dengan lebar sekitar 50 km yang tersusun oleh batuan metamorf yang sangat terdeformasi dan umumnya mengalami metamorfisme suhu rendah (<300°C). Sabuk ini dibatasi di bagian utara oleh Sabuk Ofiolit Papua (*Papua Ophiolite Belt/IOB*) dan di bagian selatan oleh satuan margin pasif yang terdeformasi tetapi tidak termetamorfkan (Cloos dkk., 2005).



Gambar 2. Peta tektonik Papua (Cloos dkk., 2005).

Secara tektonik, Cekungan Akimeugah merupakan *foreland basin* yang terbentuk sejak periode Pra-Tersier hingga Tersier dan telah melewati fase *rifting*. Cekungan ini muncul sebagai kompensasi kelengkungan litosfer akibat beban dari sabuk anjakan (*thrust belt*) melalui mekanisme pensesaran naik. Berdasarkan tatanan geologi Papua, wilayah selatan ini berlandaskan kerak benua Australia dengan suksesi sedimen yang berasal dari paparan barat laut benua tersebut. Penting dicatat bahwa endapan sedimen berumur Mesozoikum di area ini memiliki nilai strategis karena potensinya sebagai batuan induk (*source rock*) maupun reservoir hidrokarbon (Bachri, 2014).

Berdasarkan peta batimetri pada gambar 3, lokasi daerah penelitian diindikasikan memiliki kedalaman sekitar 50 m hingga 100 m di bawah permukaan laut, dengan lintasan membentang dari barat – timur.



Gambar 3. Peta batimetri Perairan Arafura.

2.3 Stratigrafi Regional Daerah Penelitian

Secara stratigrafi seperti pada gambar 4, Cekungan Akimeugah tercatat berumur dari Paleozoikum hingga Kenozoikum. Pada bagian *basement* dari Cekungan Akimeugah, dilapisi oleh kerak granitik benua Australia dan batuan metamorf. Secara diskordan, pada bagian atas dari *basement* diisi oleh batuan berumur Permian yang terdiri dari Dolomit Modio dan Formasi Aiduna yang masuk ke dalam kelompok Aifam. Secara litologi, dolomit Modio mengandung dolomit, batugamping dolomitan dan batu lanau, sedangkan formasi Aiduna mengandung batupasir, serpih, konglomerat, batulanau, Batubara, dan biokalkarenait.

Formasi Tipuma yang mengandung batulumpur hijau, merah dan kelabu, batupasir, konglomerat, dan sedikit batugamping yang berada di atas kelompok Aifama. Serta kelompok Kemblengan yang berumur Jura hingga Kapur dan terkandung formasi Kopai, Wonowogi, Piniya, dan Ekmai. Formasi Kopai mengandung batupasir kuarsa gampingan, batulanau, batulumpur, kalkarenait, batupasir hijau, dan konglomerat. Pada Formasi Woniwogi terkandung batupasir dan batulumpur gampingan, formasi Piniya terkandung batulumpur, batulanau, batupasir gampingan serta formasi Ekmai yang mengandung batupasir dan batulanau.

Pada umur Tersier mulai terendapkannya batuan kelompok batugamping Nugini yang terdiri dari formasi Waripi dan batugamping Yawee. Sedangkan pada umur Plio-Pleistosen terendapkan formasi Buru dan endapan permukaan (Setiadi dkk., 2019).

UMUR		KELOMPOK	FORMASI	KOLOM LIOLOGI	PERIAN LITOLOGI	LINGKUNGAN PENGENDAPAN	TEBAL MAKSIMUM	
KENOZOIKUM	KUAR TER	HOLOSEN	ENDAPAN PERMUKAAN		Kerikil, pasir, lumpur, lanau, konglomerat, breksi dan lignit	Sungai, dataran banjir, danau	250 m	
		PLIOSEN	FM. BURU		Batulumpur biru dan kelabu, serpih pasiran, batupasir, konglomerat, batugamping, lignit	Laut terbuka, transisi, non-marin	2500 m	
	TERSIER	MIOSEN	KELOMPOK BATU GAMPING NUGINI	BATUGAMPING YAWEE		Kalkarenit, biokalkarenit, mikrit, biomikrit, kalsirudit, kapur, sedikit batupasir	Paparan samudera	1500 m
		OLIGOSEN		FM. WARIPU		Biokalkarenit, kalkarenit oolitan, batupasir	Laut dangkal	500 m
		EUSEN						
PALEOSEN								
MESOZOIKUM	KAPUR	AKHIR	FM. EKMAI		Batupasir kuarsa glokonitan, batupasir litik, batulanau	Laut dangkal bagian dalam	700 m	
		AWAL	BATULUMPUR PINIYA		Batulumpur glokonitan dan gampingan, batulanau, batupasir halus, napal dan batugamping napalan	Paparan samudera dangkal	900 m	
			FM. WONIWOGI		Batupasir kuarsa piritan dan glokonitan, batulumpur gampingan	Paparan bagian dalam sampai dekat pantai	200 m	
	JURA	AKHIR	FM. KOPAI		Batupasir kuarsa gampingan, glokonitan, batulanau, batulumpur, kalkarenit, batupasir hijau, konglomerat	Laut dangkal	300 m	
		TENGAH						
	TRIAS	AKHIR	FM. TIPUMA		Batulumpur hijau, merah dan kelabu, batupasir, konglomerat, sedikit batugamping mikritan	Fluviatil	500 m	
		TENGAH						
AWAL								
PALEOZOIKUM	PEREM	KELOMPOK AIFAM	FM. AIDUNA		Batupasir, serpih karbonan, batulanau, biokalkarenit, konglomerat, batubara	Transisi sampai laut sangat dangkal	1200 m	
			DOLOMIT MODIO		Dolomit, batugaming dolomitan, batulanau	Laut ?	1000 m?	

Batuan induk (source rock) Batuan waduk (reservoir rock) Batuan tudung (cap rock)

Gambar 4. Stratigrafi regional Cekungan Akimeugah Papua bagian Selatan (Panggabean & Hakim, 1986).

2.4 Penelitian Terdahulu

Tabel 1. Penelitian terdahulu

Judul Penelitian	Penulis/Tahun	Studi Kasus
2D Marine Seismic data Analysis Using Comparison of Kirchhoff's Migration Method and Finite difference Method (Case Study: Nias Basin, North Sumatera)	Annisa dkk., 2024	Pada penelitian tersebut membandingkan dua metode migrasi <i>post-stack time migration</i> yaitu metode Kirchhoff dan metode <i>Finite Difference</i> pada data <i>seismik 2D marine</i> daerah Cekungan Nias. Migrasi Kirchhoff menghasilkan penampang dengan kontinuitas reflektor

Judul Penelitian	Penulis/Tahun	Studi Kasus
		<p>yang lebih jelas dan meminimalkan efek difraksi yang ada. Sedangkan penampang yang dihasilkan oleh migrasi <i>Finite Difference</i> kontinuitasnya tidak sejelas Kirchhoff, namun menghasilkan <i>focus</i> yang lebih baik dan reflektor yang lebih tegas pada titik <i>zero offset</i>. Sehingga, hasil analisis menyatakan bahwa migrasi <i>Finite Difference</i> memberikan hasil yang terbaik.</p>
<p>Penerapan Metode Migrasi Beda Hingga Pada Data Seismik <i>Post Stack</i> Di Utara Laut Bali Perairan Utara Bali</p>	<p>Rahman dkk., 2023</p>	<p>Penelitian tersebut menerapkan metode migrasi <i>Finite Difference</i> pada data <i>seismic post-stack</i> di wilayah Laut Bali. Metode tersebut efektif dalam memperbaiki citra penampang seismik dengan mengembalikan posisi titik refleksi dan menghindari munculnya <i>noise</i>. Dari tiga algoritma yang diuji, yaitu <i>fast explicit</i>, <i>steep dip</i>, dan <i>implicit</i>, algoritma <i>implicit</i> memberikan hasil yang lebih unggul dalam atenuasi <i>noise</i> yang ada.</p>

Judul Penelitian	Penulis/Tahun	Studi Kasus
Application of Pre-Stack Time Migration (PSTM) Using Kirchhoff Method on Marine Seismic Data 2D in Sulawesi Sea Waters	Wiratama dkk., 2019	Penelitian tersebut menerapkan metode migrasi Kirchhoff pada data <i>seismic pre-stack</i> di wilayah perairan laut Sumatera. Metode ini berhasil memindahkan reflektor ke posisi yang sebenarnya, sehingga mampu memperbaiki citra struktur kompleks seperti patahan dan kemiringan lapisan.

2.5 Hipotesa

Berdasarkan penelitian-penelitian sebelumnya, metode Migrasi Kirchhoff dinilai lebih efektif dalam menghasilkan pencitraan bawah permukaan pada kondisi geologi yang bervariasi, baik pada struktur dengan kemiringan curam maupun landai. Hal ini disebabkan karena metode Kirchhoff memiliki kemampuan yang lebih fleksibel dalam memposisikan reflektor secara akurat pada berbagai kondisi kemiringan lapisan. Sementara itu, metode migrasi *finite difference* cenderung lebih optimal diterapkan pada kondisi geologi dengan kemiringan menengah hingga landai, namun memiliki keterbatasan dalam mencitrakan struktur dengan kemiringan yang curam.

Dengan demikian, hipotesis dalam penelitian ini adalah metode Migrasi Kirchhoff menghasilkan kualitas penampang seismik yang lebih optimal dibandingkan metode Migrasi *Finite Difference*, terutama pada daerah dengan variasi kemiringan geologi yang kompleks, baik curam maupun landai.

III. TEORI DASAR

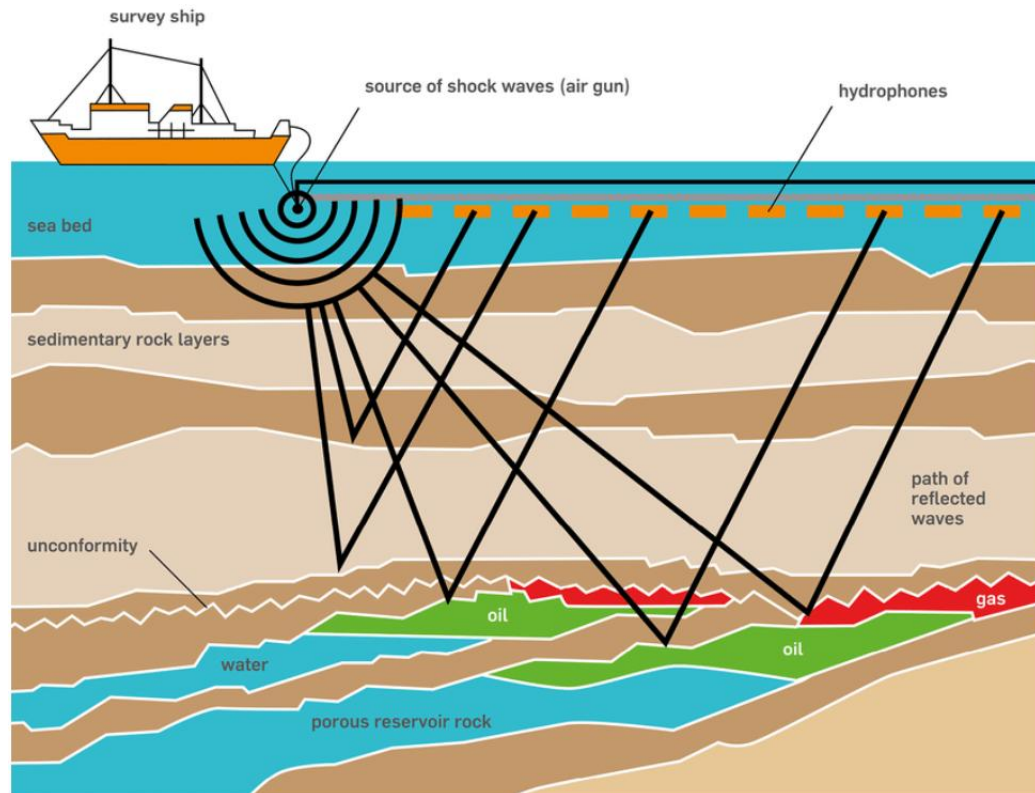
3.1 Metode Seismik

Metode seismik merupakan sebuah metode geofisika yang memanfaatkan penjalaran gelombang seismik di medium bumi. Berdasarkan sumbernya, metode seismik terbagi menjadi dua yaitu seismik pasif dan seismik aktif. Sedangkan berdasarkan arah rambat gelombangnya seismik aktif dibagi menjadi dua yakni refraksi dan refleksi (metode konvensional) yang telah menjadi standar dalam eksplorasi, untuk seismik pasif menggunakan gelombang seismik yang berasal dari alam sehingga dapat digunakan untuk memperkirakan atau memprediksi bencana gempa bumi, namun dalam eksplorasi jarang digunakan akibat kurangnya pengembangan (Noer & Dayana, 2021).

Konsep dasar seismik yaitu bila suatu sumber gelombang dihidupkan di permukaan bumi akibat material bumi yang memiliki sifat elastik, maka gelombang seismik yang terjadi akan dijalarkan ke dalam bagian bumi dengan segala arah. Pada bagian atas antar lapisan bumi, gelombang seismik dipantulkan sebagian dan sebagiannya lagi dibiarkan untuk selanjutnya diteruskan ke permukaan bumi. Saat di permukaan bumi gelombang seismik diterima oleh serangkaian penerima (*receiver*) yang disusun sejajar berbentuk garis lurus dengan sumber. Dengan diterimanya waktu tempuh gelombang dan jarak antar *receiver* serta sumber ledakan, sehingga struktur lapisan bawah permukaan dapat diperkirakan didasari besar kecepatannya (Permana, 2015).

Prinsip utama metode seismik refleksi yaitu mengukur waktu (t) tiba gelombang akustik yang bergerak dari permukaan bumi atau laut dan dipantulkan atau direfleksikan oleh reflektor-reflektor yang ada. Data yang terekam pada proses

akuisisi masih mengandung gangguan (*noise*) pada sinyal primer yang ikut terekam (Subari dkk., 2020).



Gambar 5. Ilustrasi akuisisi seismik refleksi (Robert dkk., 2022).

3.2 Teori Gelombang

Gelombang umumnya merupakan fenomena perambatan sebuah gangguan (usikan) pada medium di sekitarnya, di mana kondisi suatu medium akan kembali ke kondisi awal setelah gangguan tersebut melewatinya (Triple, 1998). Gelombang seismik yakni suatu gelombang mekanis yang timbul akibat terjadinya gempa bumi. Gelombang seismik dikenal juga sebagai gelombang *elastik* karena adanya osilasi partikel-partikel medium yang terjadi karena interaksi antara gangguan (*gradien stress*) dengan gaya *elastik*. Akibat adanya interaksi antar gaya ini muncullah gelombang lain seperti gelombang longitudinal, gelombang transversal, dan gelombang akibat kombinasi keduanya. Apabila suatu medium tersebut hanya menimbulkan gelombang longitudinal saja, sehingga dalam kondisi ini gelombang

seismik banyak dianggap sebagai gelombang akustik (Hidayatullah, 2010; Manrulu dkk., 2016).

Dalam teorinya, gelombang seismik terutama dalam kegiatan eksplorasi didasarkan pada asumsi-asumsi berikut (Wibowo, 2011)

- a. Makin dalam suatu lapisan bumi, maka makin kompak pula lapisan tersebut.
- b. Medium bumi terdiri dari lapisan-lapisan dan antar lapisannya memiliki cepat rambat gelombang yang berbeda.
- c. Kecepatan suatu gelombang bertambah terhadap kedalamannya.
- d. Di batas antar perlapisan, kecepatan penjalaran gelombang seismik sesuai dengan lapisan di bawahnya.
- e. Panjang lapisan bumi lebih besar dibandingkan dengan panjang gelombang seismik.
- f. Gelombang seismik merupakan sinar seismik yang sesuai dengan hukum Snellius dan prinsip Huygens.

3.2.1 Gelombang Badan (*Body Wave*)

Gelombang badan (*Body Wave*) merupakan gelombang elastik seismik yang menjalar pada bagian dalam bumi yang dikenal pula sebagai *free Wave* karena dapat menjalar ke segala arah (Warliah, 2015). Gelombang ini tiba lebih dahulu sebelum gelombang permukaan dan memiliki frekuensi yang lebih tinggi dibandingkan dengan gelombang permukaan (Bolt, 1993).

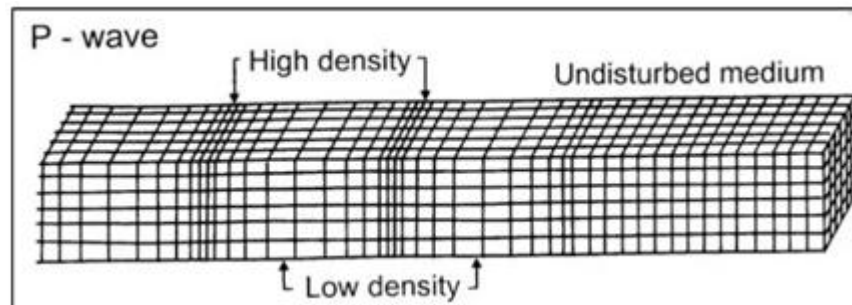
a. Gelombang Primer (*P-Wave*)

Gelombang primer (*P-Wave*) dikenal juga sebagai gelombang kompresi, merupakan gelombang seismik yang bergerak secara longitudinal dengan gerakan partikel yang sejajar dengan arah rambatannya. Gelombang ini memiliki nilai cepat rambat yang lebih tinggi dibandingkan dengan gelombang lain sebesar 7-14 km/detik dan merupakan gelombang yang dirasakan lebih dulu ketika terjadinya gempa (Warliah, 2015).

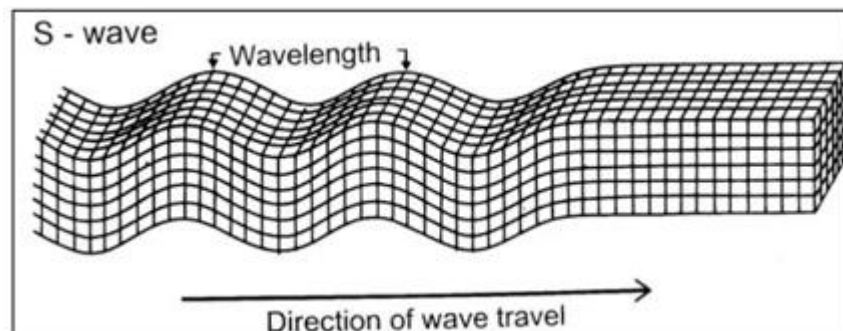
b. Gelombang Sekunder (*S-Wave*)

Gelombang sekunder (*S-Wave*) merupakan gelombang seismik yang bergerak secara transversal, dengan nilai cepat rambat yang berkisar antara 4-7 km/detik.

Gelombang ini tidak seperti gelombang primer yang dapat merambat di segala medium, melainkan gelombang sekunder tidak dapat merambat di medium yang cair (Warliah, 2015).



Gambar 6. Ilustrasi gelombang P (Stein & Wysession, 2003).



Gambar 7. Ilustrasi gelombang S (Stein & Wysession, 2003).

3.2.2 Gelombang Permukaan (*Surface Wave*)

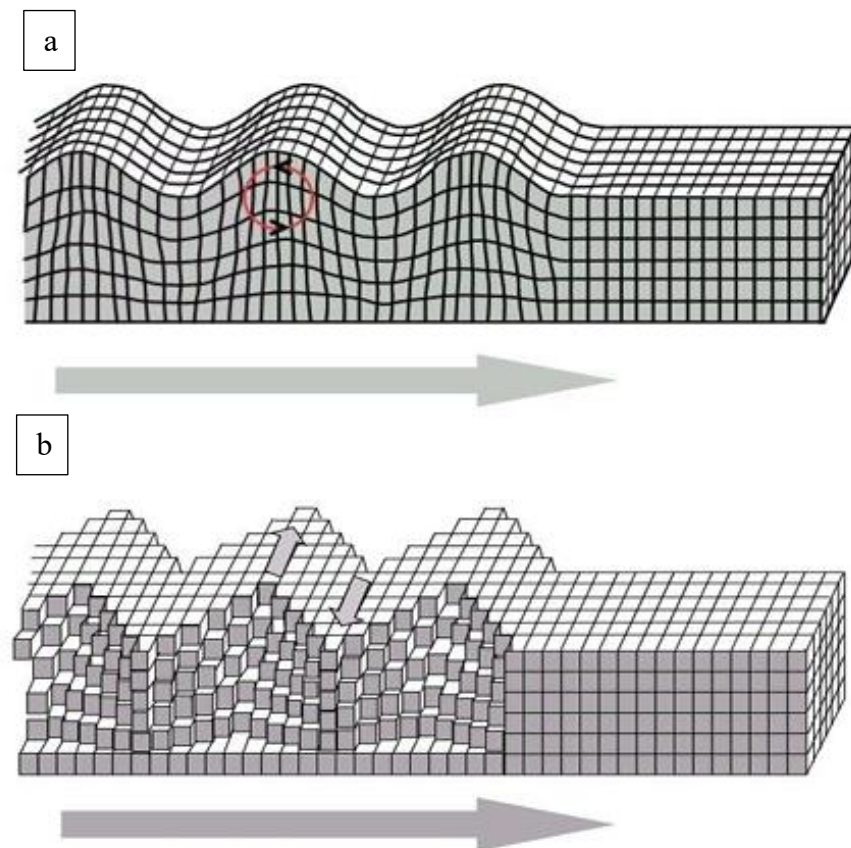
Gelombang permukaan (*Surface Wave*) merupakan gelombang elastik seismik yang menjalar pada permukaan bumi yang dikenal pula sebagai *Tide Waves*. Frekuensi yang dimiliki oleh gelombang permukaan tergolong lebih rendah dibandingkan dengan gelombang badan (*body Wave*) (Gadallah & Fisher, 2009).

a. Gelombang Rayleigh

Gelombang Rayleigh merupakan gelombang seismik yang pergerakannya menjalar di permukaan bumi pada medium berlapis maupun medium homogen. Gelombang Rayleigh bergerak dengan lintasan partikel seperti *ellips*. Adanya interaksi antara gelombang P dan gelombang S mengakibatkan terbentuknya gelombang ini (Warliah, 2015).

b. Gelombang *Love*

Gelombang *love* merupakan gelombang seismik yang pergerakannya menjalar di permukaan bumi dengan bentuk mirip dengan gelombang S, yakni tegak lurus antara medium yang dilewati dengan arah rambatannya. Perbedaannya yakni gelombang *love* berada di permukaan bumi dan getarannya bergerak lateral (Warliah, 2015).



Gambar 8. Ilustrasi, a) gelombang Rayleigh, dan b) gelombang *love* (Kramer, 1996).

3.3 Prinsip Penjalaran Gelombang

3.3.1 Hukum Snellius

Hukum Snellius menyatakan bahwa jika suatu gelombang datang dan melalui bidang batas dua medium yang memiliki sifat fisik yang berbeda, maka gelombang tersebut akan dipantulkan dan dibiaskan. Suatu gelombang akan dibiaskan jika besar sudut datang gelombang bernilai lebih kecil atau sama dengan sudut kritisnya dan akan dipantulkan jika besar sudut datang gelombang bernilai

lebih besar dari sudut kritisnya. Di mana sudut kritis merupakan sudut datang yang mengakibatkan gelombang dibiaskan sebesar 90° (Shearer, 2009). Hukum Snellius juga dijelaskan dengan persamaan berikut,

$$\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{v_1}{v_2} \quad (1)$$

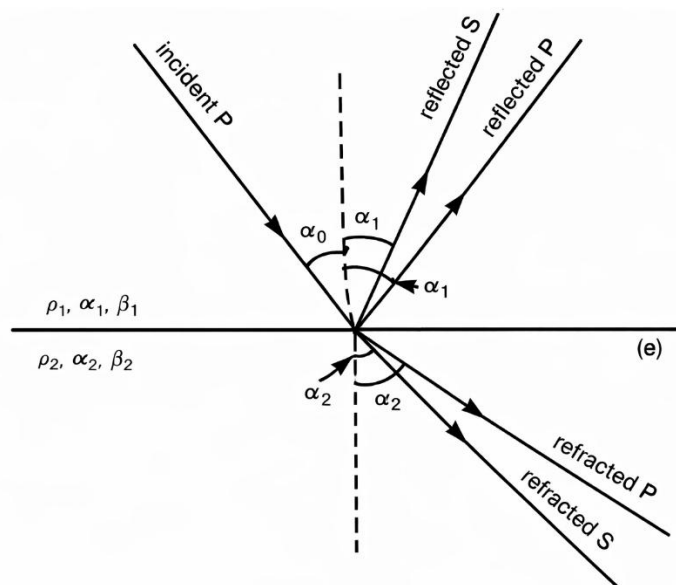
Keterangan:

$\sin i$ = sudut datang gelombang

$\sin r$ = sudut bias gelombang

v_1 = kecepatan gelombang medium pertama

v_2 = kecepatan gelombang medium kedua

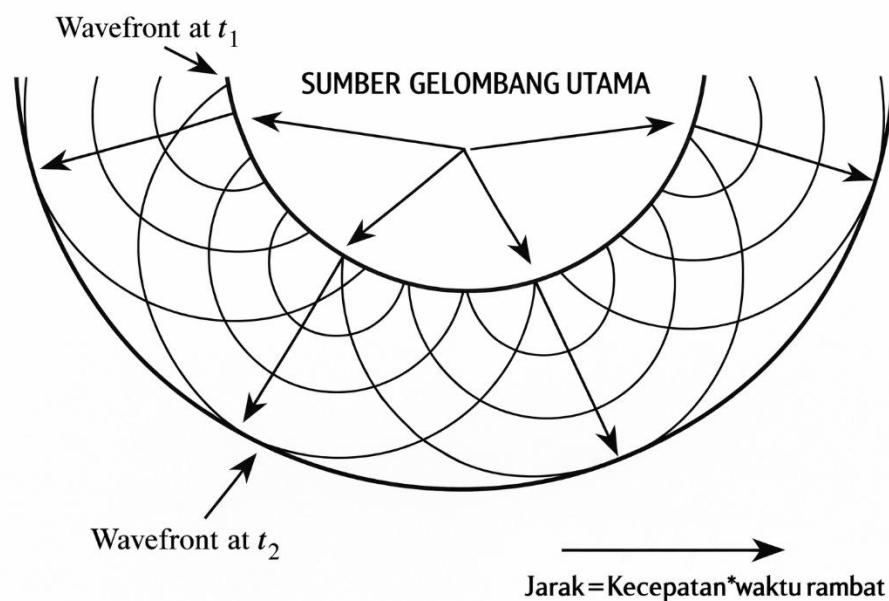


Gambar 9. Ilustrasi hukum Snellius (Yilmaz, 2001).

3.3.2 Prinsip Huygens

Prinsip Huygens dikemukakan oleh seorang fisikawan Belanda yakni Christian Huygens (1629-1695) pada sekitar tahun 1680. Huygens menyatakan bahwa adanya sebaran titik-titik yang dilalui oleh gelombang, akan menjadi sumber atau asal dari gelombang-gelombang baru. Muka gelombang yang bergerak

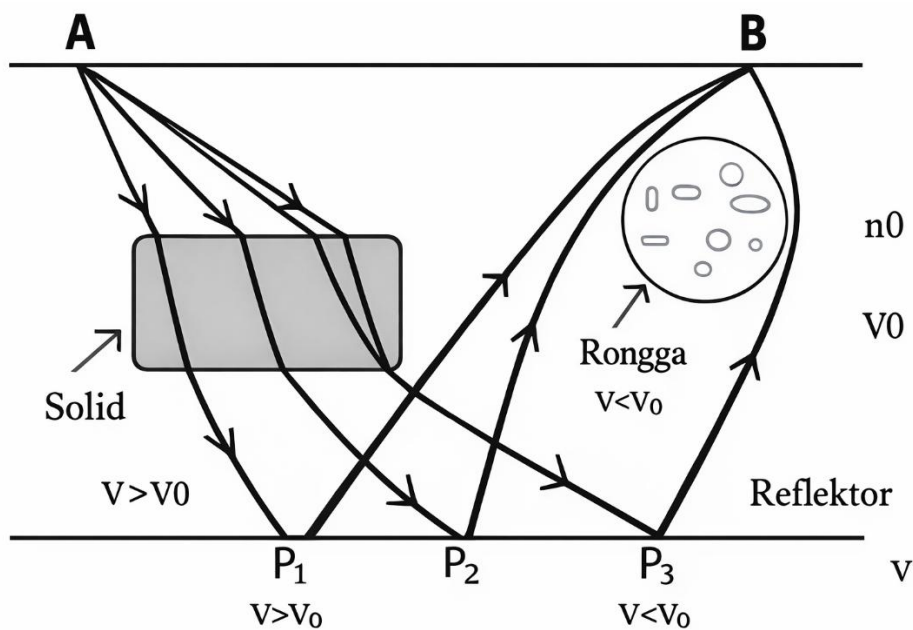
menjauhi sumber merupakan superposisi muka gelombang yang dihasilkan oleh sumber-sumber baru tersebut (Shearer, 2009).



Gambar 10. Ilustrasi prinsip Huygens (Shearer, 2009).

3.3.3 Asas Fermat

Asas Fermat menyatakan bahwa sebuah gelombang yang bergerak dari suatu titik ke titik yang lain, maka gelombang tersebut akan melalui lapisan batuan kompak yang memiliki waktu tempuh lebih cepat. Oleh karena itu, jika sebuah gelombang melewati suatu medium akan memiliki variasi kecepatan gelombang seismik yang signifikan (Shearer, 2009). Asas Fermat ini dapat digunakan untuk mengetahui lintasan suatu gelombang dari satu titik ke titik yang lainnya yakni lintasan dengan waktu tempuh bernilai kecil. Jika suatu lintasan dengan waktu tempuh terkecil ini diketahui maka dapat dilakukan penelusuran jejak gelombang yang sudah menjalar dalam medium tersebut. Jejak ini akan memberikan penjelasan dalam penentuan posisi reflektor di bawah permukaan (Stacey, 1977).



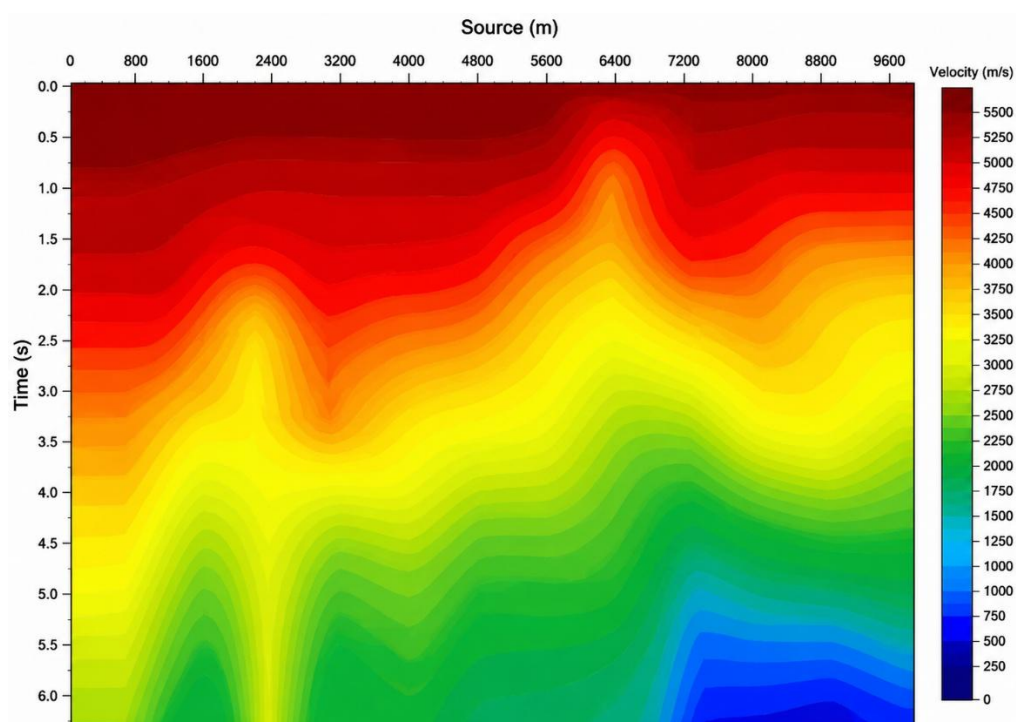
Gambar 11. Ilustrasi asas fermat (Sheriff & Geldart, 1995).

3.4 Velocity Analysis

Analisis Kecepatan merupakan tahapan untuk menentukan kecepatan perambatan gelombang seismik yang paling akurat. Metode ini pada dasarnya adalah uji coba (*trial and error*) pada jejak-jejak seismik dalam satu kelompok CDP (*Common Depth Point*) (Munadi, 2002).

Inti dari analisis ini terutama saat menggunakan *software* adalah aktivitas *picking*, di mana analis mencari persamaan hiperbola yang paling pas untuk memaksimalkan kualitas data (QC) dan hasil penumpukan (*stack*). Asumsi dasarnya adalah kecepatan gelombang meningkat seiring kedalaman, sehingga membentuk pola hiperbola pada data. Hasil dari analisis ini sangat krusial karena nilai kecepatan yang didapat akan digunakan untuk menghitung parameter reflektor (kedalaman, ketebalan, kemiringan) dan menjadi *input* vital untuk tahap *stacking* serta migrasi. Proses analisis kecepatan merupakan tahapan krusial untuk menghasilkan citra bawah permukaan yang merepresentasikan kondisi geologi secara presisi, terutama dalam menentukan aspek geometri seperti kedalaman, ketebalan, serta kemiringan (*dip*) lapisan batuan. Kecepatan rambat gelombang itu sendiri sangat bergantung pada karakteristik fisik mediumnya. Faktor-faktor seperti litologi, tingkat porositas, densitas, tekanan, suhu, hingga kandungan fluida dan umur geologi turut menentukan seberapa cepat gelombang merambat. Secara

umum, batuan dengan densitas tinggi yang biasanya dipengaruhi oleh mineralogi yang kompak dan porositas rendah akan memiliki kecepatan rambat yang lebih besar. Tujuan utama dari analisis ini adalah untuk mendapatkan estimasi kecepatan yang akurat sebagai dasar koreksi *Normal Moveout* (NMO). Dengan parameter kecepatan yang tepat, efek *offset* pada data dapat dihilangkan sehingga proses penggabungan jejak gelombang (*stacking*) menjadi optimal dan menghasilkan penampang seismik yang tajam (Nugroho & Sudarjiman, 2014).

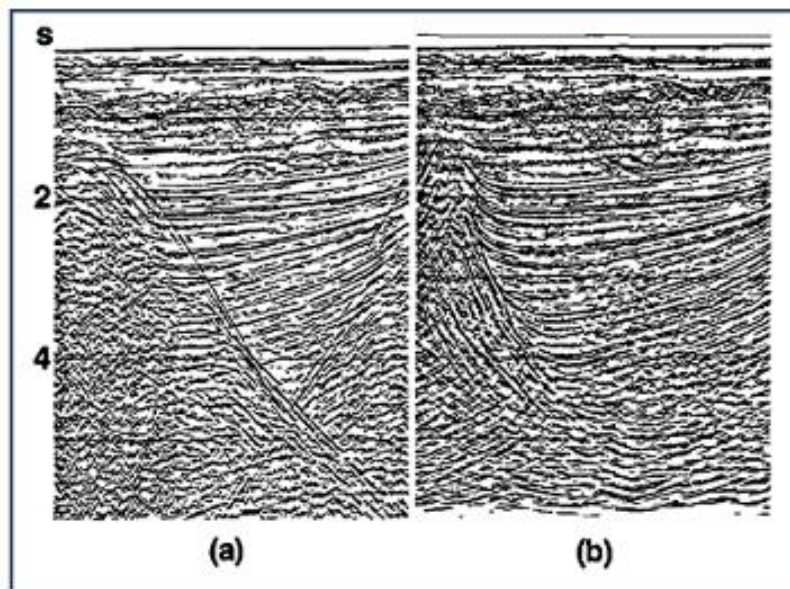


Gambar 12. Model kecepatan yang diperoleh dengan menggunakan *picking velocity* dari spektrum (Yilmaz, 2001)

3.5 Migrasi Seismik

Migrasi adalah proses penting dalam pengolahan data seismik yang bertujuan untuk memindahkan reflektor ke posisi dan waktu pantul yang sebenarnya. Langkah ini sangat diperlukan karena penampang hasil *stacking* seringkali belum mencerminkan kondisi geologi yang akurat, terutama ketika berhadapan dengan lapisan batuan yang miring. Dengan melakukan migrasi, posisi reflektor dapat dikoreksi ke lokasinya yang benar, dan pada saat yang sama, proses ini juga menghilangkan efek hamburan gelombang (difraksi) yang disebabkan oleh

struktur seperti patahan atau lipatan. Hasilnya, citra bawah permukaan menjadi lebih fokus, dan reflektivitas atau kontras amplitudo antar lapisan menjadi lebih jelas dan tajam untuk diinterpretasi (Subari dkk., 2020).



Gambar 13. Penampang seismik, a) sebelum migrasi dan b) setelah migrasi (Yilmaz, 2001).

3.5.1 Migrasi *Finite Difference*

Migrasi *Finite Difference*, yang juga sering disebut sebagai metode persamaan gelombang, adalah teknik pemrosesan data seismik yang memanfaatkan pemecahan gelombang menggunakan metode numerik. Secara konsep fisik, metode ini memiliki kesamaan dengan Migrasi Kirchhoff karena keduanya berlandaskan pada prinsip bahwa energi yang berasal dari titik refleksi bawah permukaan akan menyebar dan membentuk hiperbola difraksi pada data terekam. Perbedaan mendasarnya terletak pada implementasi, metode *Finite Difference* dilakukan secara iteratif dan langkah demi langkah mendekati bidang sumber-penerima (atau gelombang muka) ke arah titik refleksi di bawah permukaan. Proses ini secara efektif memfokuskan energi karena semakin gelombang muka didekatkan, bentuk hiperbola difraksi akan menjadi semakin tajam dan sempit, menghasilkan citra geologi bawah permukaan yang telah terkoreksi dan lebih fokus (Anggary dkk., 2015).

Metode *Finite Difference* dilakukan pasca-*stack* dari hasil tahapan kecepatan *stacking* (V_{rms}) untuk selanjutnya menghasilkan model kecepatan interval (V_{int}). Metode *Finite Difference* dapat dilakukan pada data seismik laut dengan kombinasi kedalaman dasar laut yang datar dan kemiringan curam serta kecepatan lateral yang sangat bervariasi. Tantangan paling berat adalah banyaknya kesalahan pada kecepatan lateral terutama pada kemiringan dasar laut yang curam, sehingga dibutuhkan suatu algoritma metode *Finite Difference* yang sesuai untuk memecahkan masalah tersebut. Konsep dari metode ini adalah pemecahan persamaan gelombang dengan prinsip *downward continuation* dengan solusi persamaan gelombang skalar (Sheriff & Geldart, 1995)

$$\frac{\partial^2 \psi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \psi}{\partial z^2} = \frac{1}{v^2} \frac{\partial^2 \psi}{\partial t^2} \quad (2)$$

Keterangan:

ψ = fungsi gelombang seismik (amplitudo sebagai fungsi ruang dan waktu)

x = arah horizontal

z = arah vertikal

t = waktu (s)

v = kecepatan rambat gelombang di medium (m/s)

Persamaan (2) tersebut menjelaskan bagaimana perubahan bentuk gelombang dalam arah horizontal dan vertikal yang berhubungan secara langsung dengan percepatan amplitudo gelombang terhadap waktu. Sehingga dapat dikatakan bahwa bentuk dan pergerakan dari sebuah gelombang di sebuah ruang dipengaruhi oleh bagaimana amplitudo gelombang tersebut berubah dari waktu ke waktu, begitupun sebaliknya. Fungsi $\frac{\partial^2 \psi}{\partial x^2}$ dan $\frac{\partial^2 \psi}{\partial z^2}$ menunjukkan medan gelombang yang simetris dengan masing-masing sumbu x dan z . Sedangkan fungsi $\frac{1}{v^2} \frac{\partial^2 \psi}{\partial t^2}$ menunjukkan perambatan gelombang dengan konstanta kecepatan v . Jika t dianggap sebagai waktu tempuh $\frac{1}{2}$ dari TWT (*two way time*) maka gelombang yang merambat mendekati permukaan dengan sudut θ , maka solusi persamaan (4) sebagai berikut,

$$\psi(x, z, t) = A \exp[j\omega\{t - \left(\frac{x}{v}\right) \sin \theta - \left(\frac{z}{v}\right) \cos \theta\}] \quad (3)$$

Jika sudut gelombang tersebut sangat kecil, di mana $\sin \theta = \theta$ dan $\cos \theta = 1 - \frac{1}{2}\theta^2$, maka persamaan persamaannya menjadi,

$$\psi(x, z, t) = A \exp[j\omega\{t - \frac{x\theta}{v} - \frac{z}{v} + \frac{z\theta^2}{v}\}] \quad (4)$$

Ketika persamaan (4) digunakan untuk mendefinisikan skala koordinat baru $t^* = t - \frac{z}{v}$, dimana merupakan sistem koordinat gelombang yang berprogasi ke receiver atau upcoming wave. Maka dapat ditulis dalam bentuk,

$$\psi^*(x, z, t^*) = A \exp[j\omega\{t^* - \frac{x\theta}{v} + \frac{z\theta^2}{v}\}] \quad (5)$$

Sehingga transformasi persamaan gelombangnya adalah,

$$\frac{\partial \psi}{\partial t} = \frac{\partial \psi^*}{\partial t^*} \frac{\partial t^*}{\partial t} = \frac{\partial \psi^*}{\partial t^*} \frac{\partial^2}{\partial t^2} = \frac{\partial^2 \psi^*}{\partial t^{*2}}$$

$$\frac{\partial \psi}{\partial x} = \frac{\partial \psi^*}{\partial x}; \frac{\partial^2}{\partial t^2} = \frac{\partial^2 \psi^*}{\partial t^{*2}}$$

$$\frac{\partial \psi}{\partial z} = \frac{\partial \psi^*}{\partial z} + \frac{\partial \psi^*}{\partial t^*} \frac{\partial t^*}{\partial z} = \frac{\partial \psi^*}{\partial z} - \frac{1}{v} \frac{\partial \psi^*}{\partial t^*} \quad (6)$$

$$\frac{\partial^2 \psi}{\partial z^2} = \frac{\partial^2 \psi^*}{\partial z^2} - \frac{2}{v} \frac{\partial^2 \psi^*}{\partial z \partial t^*} + \frac{1}{v^2} \frac{\partial^2 \psi^*}{\partial t^{*2}} \quad (7)$$

Berdasarkan pensubstitusian transformasi tersebut, maka menghasilkan persamaan gelombang datang berupa,

$$\frac{\partial^2 \psi}{\partial z^2} + \frac{\partial^2 \psi^*}{\partial z^2} - \frac{2}{v} \frac{\partial^2 \psi^*}{\partial z \partial t^*} = 0 \quad (8)$$

Dalam sistem koordinat bergerak (*moving coordinate system*), perubahan fungsi gelombang ψ^* terhadap variabel kedalaman z sangat kecil sehingga gelombang menjalar hampir vertikal. Berdasarkan hal tersebut, dimanfaatkan pendekatan sudut 15° (*15° approximation*) dalam bentuk,

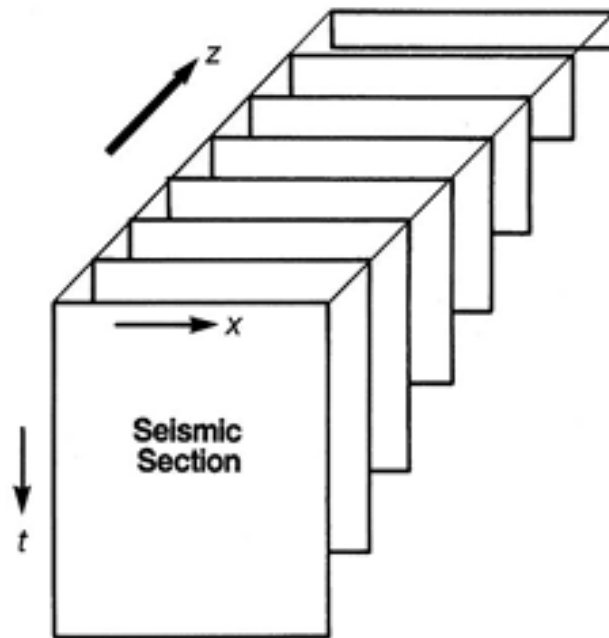
$$\frac{\partial^2 \psi^*}{\partial x^2} - \frac{2}{v} \frac{\partial^2 \psi^*}{\partial z \partial t^*} = 0 \quad (9)$$

Hasil akhir dari persamaan (9) dapat menggunakan pendekatan diskrit *finite difference* yaitu,

$$\frac{\partial^2 \psi^*}{\partial x^2} \approx \frac{\psi^*(x, z, t^*) - 2\psi^*(x - \Delta x, z, t^*) + \psi^*(x - 2\Delta x, z, t^*)}{(\Delta x^2)} \quad (10a)$$

$$\frac{\partial^2 \psi^*}{\partial z \partial t^*} \approx \frac{\psi^*(x, z, t^*)}{\Delta z \Delta t^*} - \frac{\psi^*(x, z - \Delta z, t^*)}{\Delta z \Delta t^*} - \frac{\psi^*(x, z, t^* - \Delta t^*)}{\Delta z \Delta t^*} + \frac{\psi^*(x, z - \Delta z, t^* - \Delta t^*)}{\Delta z \Delta t^*} \quad (10b)$$

Gelombang seismik yang nantinya direkam di permukaan bumi dianggap sebagai $\psi(x, 0, t)$ dan gelombang seismik yang direfleksikan dianggap sebagai $\psi(x, z, 0)$. Gelombang seismik dikontinuasikan kebawah secara berangsur-angsur sehingga ditargetkan tiap geophone akan mendapatkan gambaran reflektor yang tepat.



Gambar 14. Proses migrasi *finite difference* pada bidang x-t ke x-z (Yilmaz, 2001).

Pada gambar 14, menjelaskan bagaimana sebuah data seismik yang terukur dalam bidang x-t (jarak-waktu) kemudian diproyeksikan ke bawah sehingga nantinya akan didapatkan gambar seismik pada kedalaman yang berbeda-beda. Sedangkan panah tebal tersebut menunjukkan arah perpanjangan dari data seismik. Hasil yang didapatkan setelah diproses berupa hasil migrasi yang ditunjukkan sebagai kedalaman (x-z) dengan waktu $t=0$.

3.5.2 Migrasi Kirchhoff

Migrasi Kirchhoff, yang juga dikenal sebagai migrasi penjumlahan Kirchhoff atau migrasi tipe difraksi, adalah metode pemrosesan data seismik yang mengoreksi posisi reflektor bawah permukaan dengan menyebarkan energi sinyal yang terekam. Secara konseptual, pendekatan ini didasarkan pada prinsip statistik bahwa posisi sebenarnya dari suatu titik reflektor di bawah permukaan mungkin berasal dari banyak kemungkinan lokasi. Singkatnya, migrasi ini dilakukan dengan cara menjumlahkan amplitudo sinyal seismik dari suatu titik reflektor sepanjang lintasan yang disebut kurva difraksi (sering berupa hiperbola), karena kurva ini merepresentasikan semua kemungkinan lokasi asal yang sesungguhnya. Proses penjumlahan amplitudo ini secara efektif memfokuskan energi sinyal yang sebelumnya tersebar akibat pantulan dan difraksi, sehingga menemukannya kembali ke lokasi geologis yang benar, menghasilkan citra bawah permukaan yang jauh lebih akurat dan terfokus (Sukmana, 2014).

Persamaan Kirchhoff merupakan matematis dari prinsip penjalaran gelombang yang diutarakan oleh Huygens. Dalam teori integral Kirchhoff bidang pemantulan adalah integral dari bidang difraksi (*diffraction front*). Parameter utama untuk Migrasi Kirchhoff adalah, *trace spacing*, *aperture* dan *dip-limits*. *Trace spacing* adalah jarak CMP untuk data *zero-offset* atau *stacked*. *Aperture* adalah besaran bukaan yang digunakan agar jumlah energi yang dijumlahkan cukup memadai. Jika *aperture* yang dipilih terlalu kecil, maka data yang akan diperoleh akan "*undermigrated*" (Pratama, 2014).

Menurut Yilmaz (2001), pada proses de-propagasi, muka gelombang dan muka difraksi diubah menjadi titik difraksi. Hal ini dimaksudkan untuk menjumlahkan amplitudo gelombang mengikuti suatu hiperbola. Metode Kirchhoff ini mampu dalam menangani perubahan kecepatan lateral dan menganggap bahwa medium homogen sebatas panjang operator sehingga ekspansi deret yang menyatakan ekstrapolasi medan gelombang. Jika diasumsikan medium bersifat homogen, isotropik dan elastis sempurna, maka persamaan gelombang P berupa,

$$\left[\frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2} - \frac{1}{v^2(x,y,z,t)} \frac{\partial^2}{\partial t^2} \right] P(x, y, z, t) = 0 \quad (11)$$

Persamaan (11) tersebut merupakan persamaan gelombang akustik yang dimana x, y , dan z menyatakan koordinat ruang, t menyatakan waktu, V yang menyatakan kecepatan gelombang primer, dan P berupa fungsi dari *wavefield* dengan fungsi dari x, y, z, t . Solusi integral dari persamaan (11) dapat ditulis sebagai berikut,

$$P(x, y, z, t) = \frac{1}{2\pi} \int dt_0 \int ds_0 \left[G \frac{\partial}{\partial n} P(x_0, y_0, z_0, t_0) - P(x_0, y_0, z_0, t_0) \frac{\partial}{\partial n} G \right] \quad (12)$$

Migrasi Kirchhoff pada dasarnya merupakan prosedur penjumlahan difraksi. Pada tempat-tempat *zero offset* kurva difraksi berbentuk hiperbolik adapun *travel time* yang digunakan (Kurniawan dkk., 2016)

$$t_x = \sqrt{t_o^2 + \frac{x^2}{v_{mig}^2}} \quad (13)$$

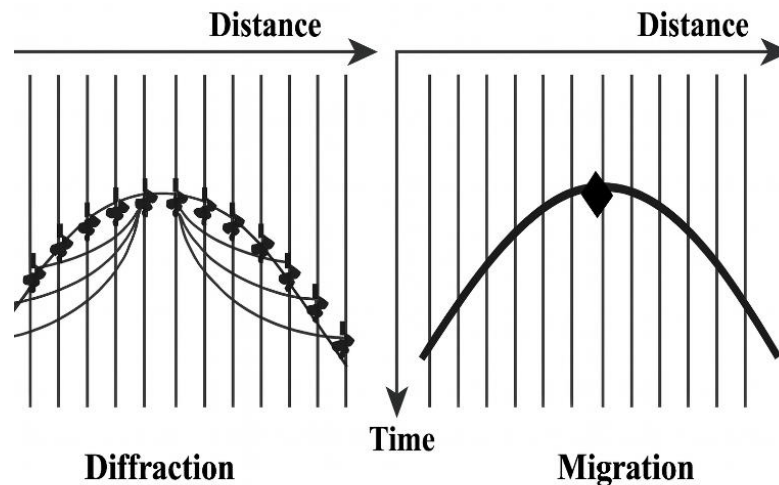
Keterangan:

t_x = selang waktu untuk jarak x (s)

t_o = selang waktu pada *zero offset* (s)

x = jarak *trace* (m)

v_{mig} = kecepatan gelombang untuk migrasi ($\frac{m}{s}$)



Gambar 15. Skema penjumlahan energi di puncak kurva difraksi (Kurniawan dkk., 2017).

3.5.3 Zona Fresnel

Menurut Sheriff & Geldart (1995), istilah “batas resolusi seismik” sering menimbulkan pertanyaan mengenai sejauh mana detail bawah permukaan dapat diamati. Data seismik memiliki keterbatasan resolusi, baik secara vertikal maupun horizontal.

Dalam analisis resolusi horizontal, sering dilakukan penyederhanaan dengan menganggap bahwa gelombang seismik pantul berasal dari satu titik. Namun, pada kondisi sebenarnya, refleksi gelombang tersebut tidak hanya berasal dari satu titik, melainkan dari suatu area tertentu. Di area tersebut terjadi interaksi antara muka gelombang dengan bidang reflektor. Wilayah yang berkontribusi terhadap terbentuknya refleksi ini dikenal sebagai zona Fresnel (Sukmono, 2000).

Gelombang seismik memiliki frekuensi *wavelet* yang terbatas (*band-limited*), sehingga selama perambatannya, panjang gelombang cenderung semakin melebar seiring bertambahnya kedalaman akibat perubahan frekuensi. Refleksi awal muncul pada batas lapisan, kemudian energi gelombang tersebut membentuk kembali sinyal refleksi dalam suatu zona energi. Zona ini dikenal sebagai *first Fresnel zone*. Zona Fresnel, yang merepresentasikan lebar area pantulan gelombang, sangat dipengaruhi oleh frekuensi gelombang yang merambat. Untuk dapat mengidentifikasi suatu anomali dengan baik, ukuran zona Fresnel harus lebih kecil dibandingkan dimensi anomali tersebut. Apabila ukuran anomali sebanding dengan lebar zona Fresnel, maka anomali tersebut akan tampak sebagai satu titik. Sebaliknya, jika zona Fresnel lebih besar daripada ukuran anomali, maka keberadaan anomali tersebut cenderung tidak dapat terdeteksi secara jelas dalam data yang direkam (Yilmaz, 2001).

Hubungan antara zona Fresnel dan frekuensi dapat dijelaskan melalui persamaan berikut,

$$\text{Zona Fresnel} = 2R_f \quad (14)$$

$$R_f = \frac{BB'}{2} \quad (15)$$

$$R_f = \sqrt{\frac{Z\lambda}{2}} \quad (16)$$

$$R_f = \frac{v}{2} \sqrt{\frac{t}{f}} \quad (17)$$

Keterangan:

R_f = jari – jari (radius) zona Fresnel (m)

BB' = panjang zona Fresnel pada bidang reflektor horizontal (m)

Z = kedalaman gelombang (m)

λ = panjang gelombang (m)

t = *two-way travel time* (s)

v = kecepatan rambat gelombang (m/s)

f = frekuensi (Hz)

Berdasarkan persamaan tersebut, dapat disimpulkan bahwa resolusi lateral seismik berbanding terbalik dengan frekuensi sumber gelombang. Artinya, semakin tinggi frekuensi gelombang yang digunakan, maka ukuran zona Fresnel akan semakin kecil. Zona Fresnel yang lebih sempit memberikan kemampuan yang lebih baik dalam mendeteksi anomali bawah permukaan dengan ukuran yang lebih kecil, sehingga meningkatkan ketelitian dalam interpretasi struktur geologi.

3.6 Parameter Kualitas Penampang Seismik

3.6.1 Resolusi Vertikal

Resolusi vertikal didefinisikan sebagai kemampuan untuk memisahkan dua reflektor horizontal yang berdekatan secara vertikal. Secara teoretis, jika gelombang seismik berbentuk sangat tajam (*sharp*), resolusi tidak akan menjadi kendala; namun, pada kenyataannya, *wavelet* seismik memiliki rentang frekuensi terbatas yang menyebabkan pelebaran bentuk gelombang. Kriteria Rayleigh menetapkan batas pemisahan minimal terjadi ketika dua peristiwa seismik terpisah sejauh setengah siklus gelombang guna meminimalisir efek interferensi. Selain itu, kriteria lain dari Ricker (1953) dan Widess (1973) memberikan batas resolusi yang sedikit lebih kecil. Secara matematis, untuk mencapai resolusi yang lebih tinggi

diperlukan perekaman data dengan kandungan frekuensi tinggi yang lebih kaya, karena lebar *wavelet* berbanding terbalik dengan *bandwidth* frekuensi yang tersedia (Sheriff & Geldart, 1995).

3.6.2 Resolusi Lateral

Dibandingkan resolusi vertikal, resolusi horizontal lebih kompleks karena sangat dipengaruhi oleh geometri akuisisi, strategi pengolahan, serta ketelitian model kecepatan yang digunakan. Parameter kunci yang mengontrol resolusi ini adalah Zona Fresnel, yaitu area pada reflektor yang menyumbang energi pantulan secara signifikan. Ukuran Zona Fresnel sebanding dengan panjang gelombang (λ), sehingga untuk meningkatkan ketajaman citra secara lateral, zona tersebut perlu diperkecil. Upaya ini dapat dilakukan melalui dua cara utama: di tahap akuisisi dengan memperkecil spasi antar lintasan, serta di tahap pengolahan melalui proses migrasi untuk memfokuskan kembali energi yang terdispersi (Cox dkk., 2020).

Dalam data seismik sebelum migrasi (*unmigrated*), resolusi horizontal dibatasi oleh dimensi Zona Fresnel, meskipun faktor lain seperti rasio S/N dan spasi jejak (*trace spacing*) juga memengaruhi kemampuan pemisahan fitur geologi. Proses migrasi pada dasarnya bekerja dengan cara mengonvergensi atau mereduksi Zona Fresnel tersebut (*collapsing the Fresnel zones*), sehingga ukuran zona Fresnel asli tidak lagi menjadi acuan utama resolusi pada penampang yang telah dimigrasi. Namun, perlu dicatat bahwa migrasi pada data 2D hanya melakukan koreksi pada arah lintasan saja. Kualitas hasil migrasi sangat bergantung pada kebersihan data asli; jika data awal mengandung derau (*noise*), proses migrasi dapat mengatur ulang derau tersebut menjadi artefak baru yang dikenal sebagai *migration noise* (Sheriff & Geldart, 1995).

3.6.3 Difraksi

Efek difraksi dalam seismik merupakan fenomena gelombang yang terjadi ketika energi seismik berinteraksi dengan diskontinuitas atau objek berukuran kecil di bawah permukaan, seperti ujung lapisan, patahan, rekahan, atau heterogenitas batuan. Berbeda dengan refleksi yang berasal dari bidang kontinu dan

menghasilkan sinyal yang relatif kuat dan teratur, gelombang difraksi menyebar ke segala arah dengan amplitudo yang lebih kecil dan pada penampang seismik umumnya tampak sebagai pola hiperbola. Karena karakteristiknya yang lemah dan tidak kontinu, difraksi sering dianggap sebagai *noise* dalam pengolahan data seismik. Namun demikian, difraksi sebenarnya mengandung informasi penting mengenai keberadaan struktur kecil yang tidak dapat terdeteksi dengan baik melalui refleksi biasa. Oleh karena itu, dalam perkembangan metode seismik modern, difraksi justru dimanfaatkan untuk meningkatkan resolusi citra bawah permukaan, khususnya dalam mengidentifikasi patahan minor, rekahan, dan fitur geologi berskala kecil. Jika diabaikan, efek difraksi dapat menyebabkan kesalahan interpretasi, tetapi jika diolah dengan tepat, difraksi dapat memberikan kontribusi signifikan dalam memperjelas detail struktur geologi (Schwarz, 2019).

IV. METODOLOGI

4.1 Tempat dan Waktu Pelaksanaan

Penelitian tugas akhir ini dilaksanakan di,

Tempat : Balai Besar Survei dan Pemetaan Geologi Kelautan

Alamat : Jl. Dr. Djunjunan No.236, Husen Sastranegara, Kec. Cicendo,
Kota Bandung, Jawa Barat 40174

Tanggal : Desember 2025 – Mei 2026

4.2 Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan pada penelitian ini sebagai berikut,

Tabel 2. Alat dan bahan yang digunakan

No.	Alat dan Bahan	Keterangan
1.	Laptop	Untuk pemrosesan data dan pembuatan laporan
2.	<i>Mouse</i>	Untuk membantu dalam pemrosesan data
3.	<i>Software ProMAX</i>	Untuk memperoleh sebuah penampang seismik, data mentah diproses melalui tahapan-tahapan yang sistematis, dari <i>input</i> hingga migrasi.
4.	Data Seismik 2D <i>Marine</i>	Data yang diolah dalam penelitian ini berupa data seismik refleksi 2D <i>marine</i> berformat SEG-D. Pengolahan data tersebut bertujuan untuk meningkatkan kualitas <i>S/N Ratio</i> sehingga menghasilkan citra penampang seismik yang jelas.
5.	<i>Microsoft Office</i>	Untuk penyusunan laporan dan membuat <i>powerpoint</i> presentasi

4.3 Prosedur Penelitian

Pada pelaksanaan penelitian tugas akhir ini melalui beberapa prosedur yang di antaranya yaitu,

4.3.1 Studi Literatur

Prosedur ini dilakukan sebagai kegiatan awal yang dilakukan dalam menjalankan penelitian. Seluruh rangkaian dalam proses pengolahan data seismik dan konsep dasar dari metode seismik itu sendiri, seperti prinsip penjalaran gelombang, tahapan akuisisi, desain akuisisi, parameter data seismik dan *flow* pengolahan data seismik dipelajari.

4.3.2 Persiapan Data

Data yang digunakan pada penelitian ini berupa data Seismik 2D *Marine* yang merupakan hasil akuisisi daerah Perairan Arafura. Data ini diberi nama PERAIRAN_ARU_L16.1. Spesifikasi dari parameter akuisisi terdapat di tabel 3.

Tabel 3. Parameter akuisisi data

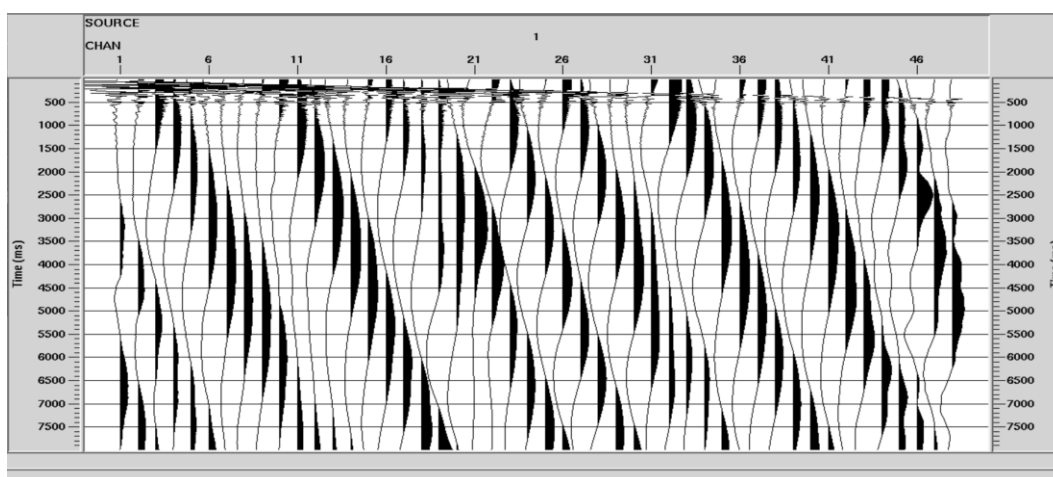
No.	Parameter	Jumlah
1.	<i>Near channel</i>	1
2.	<i>Far channel</i>	48
3.	<i>Receiver interval</i>	12.5 m
4.	<i>Source interval</i>	25 m
5.	<i>Receiver depth</i>	7 m
6.	<i>Source depth</i>	6 m
7.	<i>Minimum offset</i>	75 m
8.	<i>Maximum offset</i>	675 m
9.	<i>Number of shot</i>	3745
10.	<i>First shot station</i>	1000
11.	<i>Shot station increment</i>	1

4.3.3 Pengolahan Data

Pengolahan data seismik menggunakan *software* ProMAX melalui beberapa tahapan antara lain,

1. *Input Data*

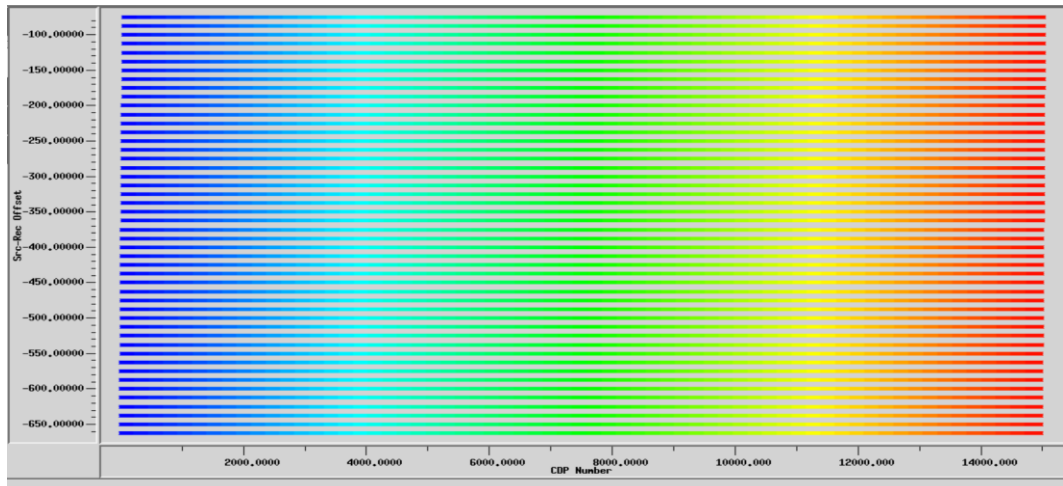
Sebelum dilakukannya pengolahan data, data hasil akuisisi harus di *input* terlebih dahulu ke dalam *software* ProMAX. Data yang digunakan yaitu berupa data yang berformat SEG-D.



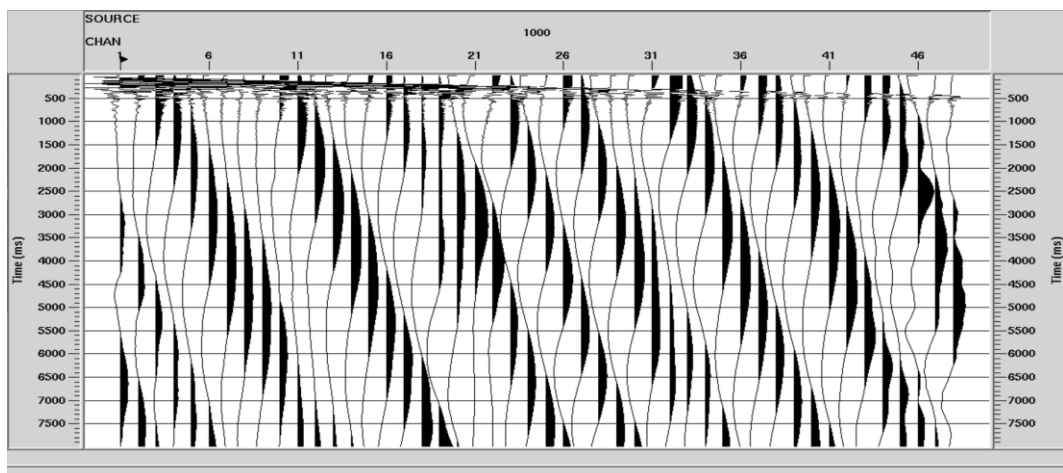
Gambar 16. *Raw data* seismik L16.1

2. Geometri

Setelah meng-*input* data seismik, hal yang selanjutnya dilakukan yaitu geometri. Geometri dilakukan untuk menyesuaikan parameter data seismik dengan parameter desain akuisisi yang dilakukan di lapangan. Proses ini penting dilakukan, karena data seismik hanya menyimpan beberapa parameter saja seperti FFID, *shot point*, dan *channel*. Sehingga perlu disesuaikan data lain untuk membantu mempermudah dalam proses pengolahan data.



Gambar 17. *Trace quality control CDP vs offset*

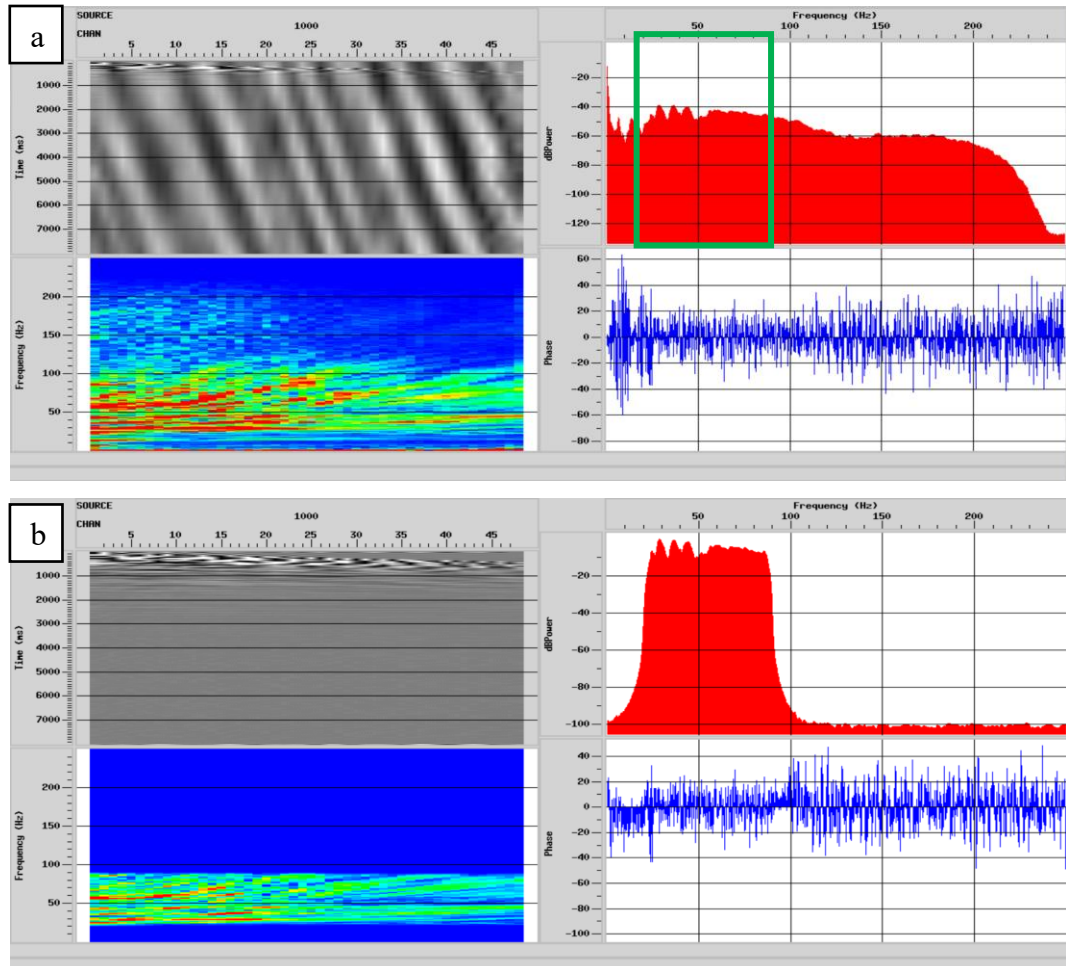


Gambar 18. *Trace display geometry*

3. *Filtering*

Proses selanjutnya yaitu proses *filtering*, proses ini dilakukan untuk memilah sinyal dengan rentang frekuensi tertentu. Pada proses *filtering*, sinyal yang dikehendaki akan dipertahankan sedangkan sinyal yang tidak dikehendaki akan dibuang. Pada penelitian ini proses *filtering* dilakukan dengan menerapkan *bandpass filter* untuk mempertahankan rentang frekuensi yang terkandung data dan membuang frekuensi yang didominasi oleh *noise*. Sebelum diterapkannya *bandpass filter*, dilakukan analisis terlebih dahulu dengan melihat rentang frekuensi dominan pada *interactive spectral analysis*. Pada gambar 19, menunjukkan panel frekuensi yang dapat digunakan sebagai acuan dalam menentukan nilai frekuensi dominan yang akan dipakai dalam proses *bandpass*

filter dengan rentang frekuensi tersebut dari nilai 20-90 Hz, karena rentang tersebut merepresentasikan energi sinyal dominan pada data seismik.

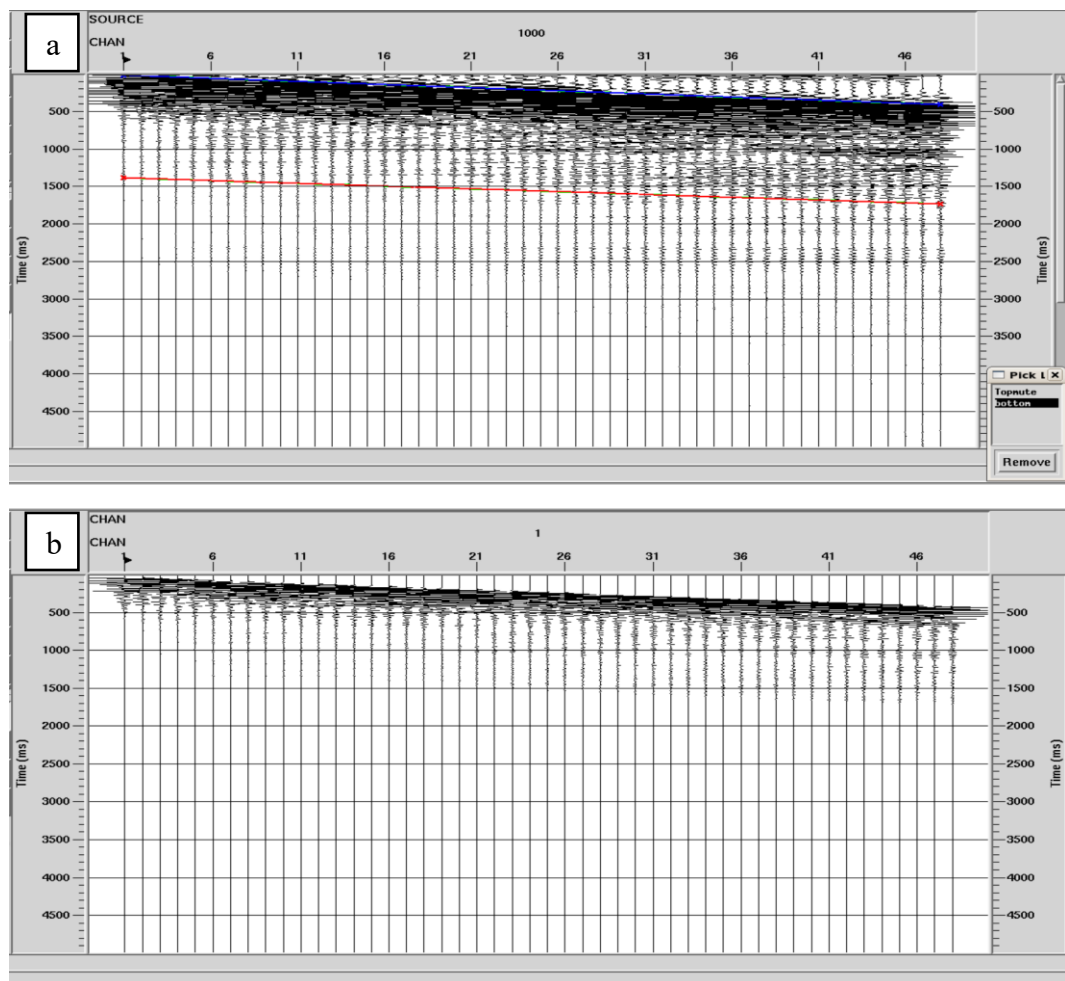


Gambar 19. *Spectrum amplitude, phase dan frequency. a) sebelum filtering, b) setelah bandpass filter*

4. *Editing*

Proses *editing* dilakukan sebagai tahap awal dalam pengolahan data seismik untuk meningkatkan kualitas data sebelum memasuki tahapan pengolahan lanjutan. Tahapan ini bertujuan untuk menghilangkan atau mereduksi *trace* yang terindikasi mengalami kesalahan (*error*), memiliki amplitudo tidak normal, maupun mengandung gelombang pengganggu yang dapat menurunkan kualitas penampang seismik.

Pada penelitian ini, proses *editing* dilakukan melalui metode *trace muting*, yaitu dengan menonaktifkan bagian *trace* tertentu yang dianggap sebagai noise. Berdasarkan Gambar 20, dapat dilihat bahwa sebelum dilakukan *muting*, *trace* seismik masih mengandung *noise* yang cukup mengganggu. Setelah dilakukan proses *muting* pada rentang waktu 1700–3000 ms, *noise* mulai tereduksi sehingga tampilan data menjadi lebih bersih. Dengan demikian, proses *trace muting* membantu memperjelas sinyal refleksi dan meningkatkan kualitas data untuk tahapan pengolahan berikutnya.



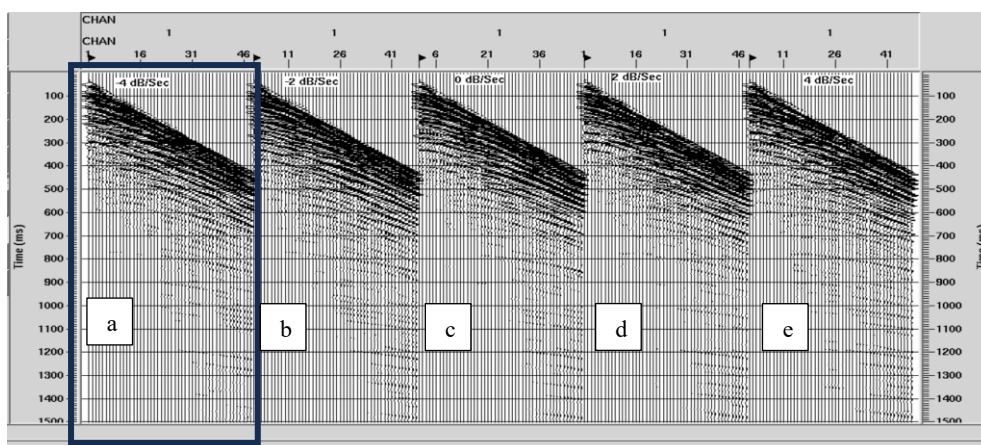
Gambar 20. *Trace display*, a) sebelum *muting*, b) setelah *muting*

5. *True Amplitude Recovery* dan Dekonvolusi

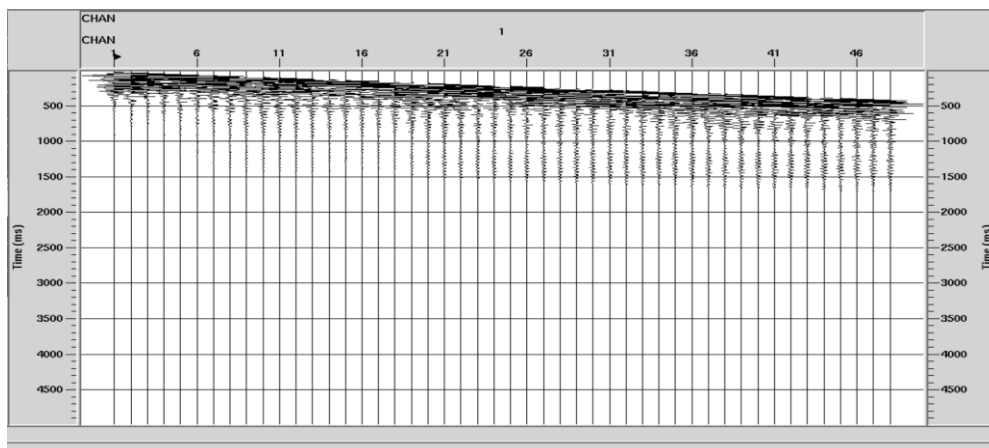
True Amplitude Recovery (TAR) merupakan tahapan yang digunakan untuk mengembalikan amplitudo gelombang seismik yang melemah selama proses

akuisisi data. Pelemahan tersebut dapat terjadi akibat pengaruh jarak rambat gelombang, sehingga energi yang terekam belum sepenuhnya menggambarkan kondisi sebenarnya. Melalui penerapan TAR, nilai amplitudo dikoreksi agar lebih representatif terhadap energi gelombang asli, sehingga pantulan dari batas antar lapisan bawah permukaan dapat ditampilkan dengan lebih jelas. Dalam penelitian ini, koreksi TAR diterapkan menggunakan satuan dB/detik.

Parameter *test* pada proses *True Amplitude Recovery* (TAR) dilakukan dengan mencoba beberapa nilai koreksi amplitudo dalam satuan dB/detik. Pengujian ini bertujuan untuk menentukan parameter yang paling sesuai dalam mengembalikan amplitudo gelombang seismik yang mengalami pelemahan akibat perambatan gelombang. Hasil dari setiap parameter kemudian dibandingkan berdasarkan keseimbangan amplitudo, kontinuitas reflektor, serta tingkat *noise* yang muncul pada penampang seismik. Parameter terbaik dipilih apabila mampu memperjelas reflektor tanpa menyebabkan penguatan amplitudo secara berlebihan. Pada gambar 21, dilakukan pengujian terhadap lima nilai parameter, yaitu -4 dB/sec, -2 dB/sec, 0 dB/sec, 2 dB/sec, dan 4 dB/sec. Berdasarkan hasil perbandingan, parameter -4 dB/sec dipilih sebagai nilai terbaik karena mampu menghasilkan distribusi *gain* yang lebih merata pada area target, sehingga reflektor terlihat lebih stabil dan tidak mengalami penguatan amplitudo yang berlebihan.



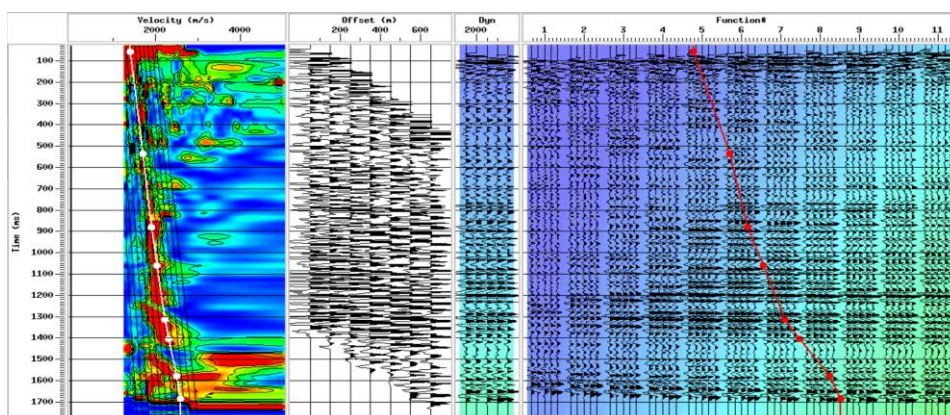
Gambar 21. *Display parameter test* dengan, a) -4 dB/Sec, b) -2 dB/Sec, c) 0 dB/Sec, d) 2 dB/Sec, dan e) 4 dB/Sec.



Gambar 22. Hasil *Preprocessing*

6. *Velocity Analysis*

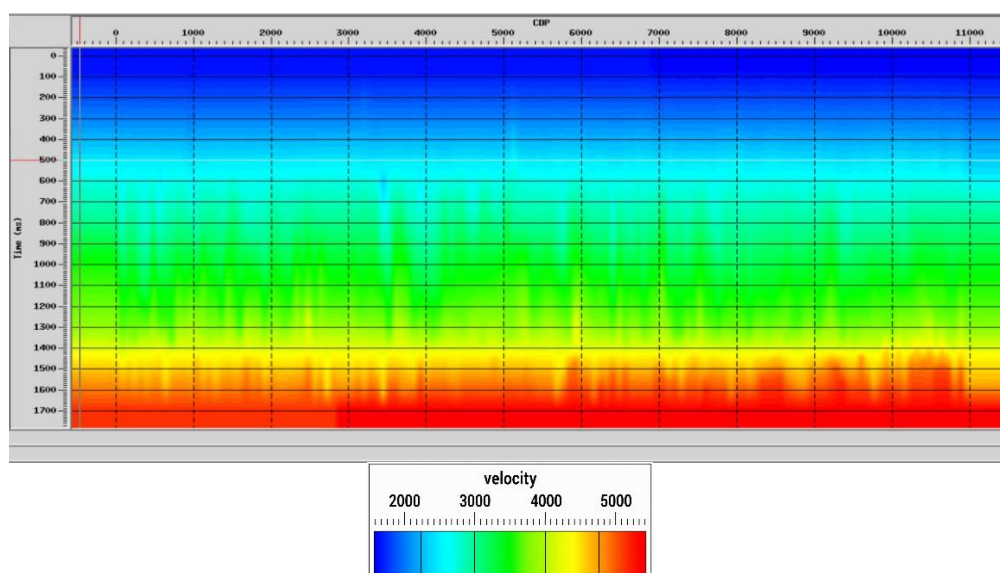
Velocity analysis (analisis kecepatan) dilakukan untuk mengestimasi kecepatan suatu gelombang seismik yang menjalar di bumi. Pada proses ini dilakukan juga untuk mengoreksi adanya perbedaan waktu tiba suatu gelombang seismik dan memprediksi gambaran mengenai struktur bawah permukaan. Pada *velocity analysis* ini dilakukan proses *picking* kecepatan untuk nantinya mendapatkan model kecepatan yang menjadi parameter penting dalam proses migrasi.



Gambar 23. *Picking window velocity analysis*

Penentuan parameter kecepatan dilakukan melalui observasi pada panel *velocity semblance*, di mana intensitas warna merah merepresentasikan nilai *semblance* tertinggi sebagai indikator kecepatan gelombang yang optimal. Secara teknis, pemilihan nilai kecepatan dilakukan secara progresif seiring

bertambahnya *Two Way Traveltime* (TWT) untuk meminimalisir risiko pemilihan kecepatan yang terdistorsi oleh efek *multiple*. Hasil analisis menunjukkan adanya korelasi positif antara kedalaman lapisan dengan kecepatan rambat gelombang, yang secara fisis mencerminkan peningkatan densitas dan kekompakan batuan pada zona yang lebih dalam. Proses analisis ini diaplikasikan pada rentang CDP 1 hingga 11028 dengan menggunakan interval (*CDP increment*) sebesar 80. Pada gambar 24, menunjukkan tampilan model kecepatan dari hasil *picking velocity* dengan persebaran warna yang cukup merata.



Gambar 24. Model kecepatan

7. *Stacking*

Stacking merupakan tahap pengolahan data seismik yang dilakukan setelah *preprocessing* dan atenuasi *multiple*. Proses ini bertujuan untuk menjumlahkan *trace-trace* seismik yang berasal dari satu titik pantul yang sama (CMP) sehingga sinyal refleksi yang koheren akan saling memperkuat, sementara *noise* acak akan melemah. Dengan demikian, *stacking* dapat meningkatkan rasio sinyal terhadap *noise* (S/N), sehingga reflektor bawah permukaan terlihat lebih jelas, kontinu, dan mudah diinterpretasikan. Keberhasilan *stacking* sangat bergantung pada ketepatan proses sebelumnya, terutama koreksi NMO dan model kecepatan.

8. Migrasi

Proses terakhir yaitu proses migrasi, proses ini dilakukan untuk mengembalikan *reflektor* miring pada data seismik ke posisi yang seharusnya dan menghilangkan efek difraksi gelombang yang timbul akibat pengaruh dari struktur geologi. Pada penelitian ini dilakukan proses *post-stack time migration* dengan metode migrasi yang diterapkan yaitu Migrasi Kirchhoff dan Migrasi *Finite Difference*.

a. Migrasi Kirchhoff

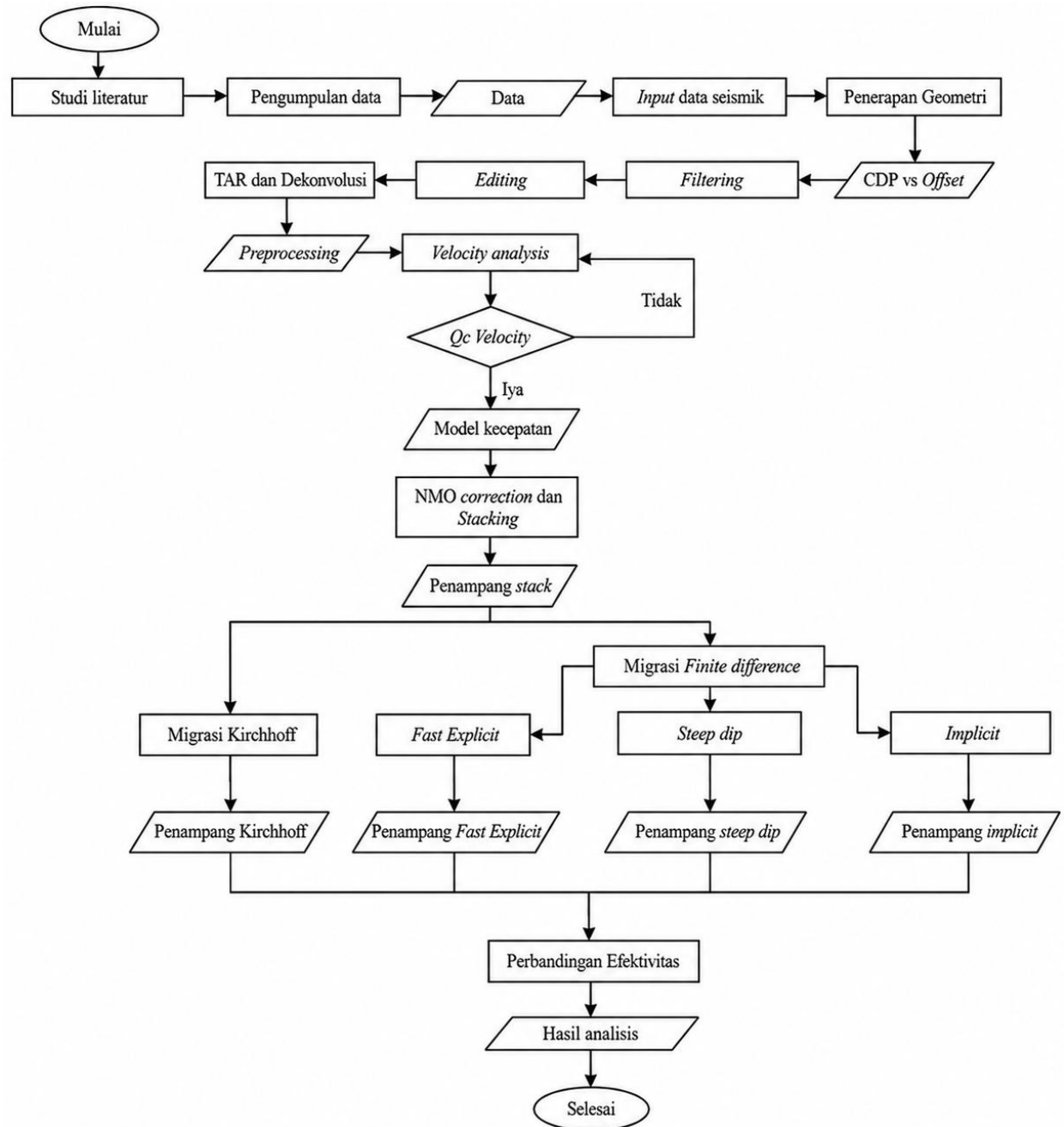
Migrasi Kirchhoff adalah metode pemrosesan data seismik yang beroperasi berdasarkan prinsip Huygens, di mana setiap reflektor di bawah permukaan dianggap sebagai gabungan dari titik-titik difraksi yang berdekatan. Pada penelitian ini menggunakan *flow Kirchhoff time migration* sebagai *flow* utamanya.

b. Migrasi *Finite Difference*

Metode migrasi *finite difference* adalah migrasi yang memanfaatkan pemisahan gelombang menggunakan metode numerik beda hingga. Pada metode migrasi ini dilakukan dengan menerapkan tiga jenis *flow* migrasi *finite difference*, yang diantaranya *Flow Fast Explicit Finite Difference Time Migration*, *Flow Steep Dip Explicit Finite Difference Time Migration*, dan *Implicit Finite Difference Time Migration*. Dari keseluruhan jenis *flow* migrasi *Finite Difference* yang diterapkan tersebut menggunakan parameter kecepatan dengan interval domain waktu.

4.5 Diagram Alir

Berikut merupakan diagram alir penelitian tugas akhir,



Gambar 25. Diagram alir pengolahan data

VI. KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Adapun kesimpulan dari penelitian mengenai Analisis Perbandingan Migrasi *Finite Difference* dan Migrasi Kirchhoff Untuk Peningkatan Kualitas Penampang Pada Data Seismik 2D *Marine* ini antara lain,

1. Berdasarkan hasil perbandingan penampang seismik, metode migrasi Kirchhoff dengan *aperture* 344 m menunjukkan hasil yang terbaik dibandingkan dengan parameter *aperture* lainnya, hal ini ditandai dengan resolusi lateral yang lebih tajam, kontinuitas reflektor yang lebih baik, serta pemfokusan difraksi yang lebih optimal sehingga energi difraksi *terfokus* dengan jelas. Sementara itu, pada metode *Finite Difference*, algoritma *Steep Dip* memberikan hasil yang paling baik dalam menggambarkan reflektor miring, sehingga *events* reflektor miring dapat tergambar dengan lebih jelas, meskipun dari aspek kontinuitas reflektor dan pemfokusan difraksi masih belum seoptimal metode Kirchhoff. Sehingga secara keseluruhan, metode migrasi Kirchhoff terutama dengan *aperture* 344 m dinilai paling baik dalam menghasilkan citra bawah permukaan yang lebih akurat.
2. Metode migrasi Kirchhoff terbukti paling efektif dalam menghasilkan penampang seismik dengan kualitas citra yang optimal, sehingga mampu merepresentasikan kondisi geologi daerah penelitian secara lebih jelas dan akurat. Hasil pencitraan ini berhasil mempertegas struktur sesar serta kemiringan lapisan (*dipping events*) yang ditunjukkan oleh pola refleksi miring. Selain itu, peningkatan resolusi ini mempermudah interpretasi batas sekuens pada lingkungan pengendapan dinamis, yang dicirikan oleh fasies sungai (*fluvial*), dataran banjir (*floodplain*), dan sistem danau (*lakustrin*).

6.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian ini, disarankan untuk melakukan kombinasi dengan proses pengolahan tambahan *filtering* seperti Radon dan juga SRME. Selain itu, peningkatan SNR melalui *Stacking* yang optimal dan penguatan amplitudo yang terkontrol juga berperan penting dalam memperjelas sinyal refleksi. Dengan kombinasi tahapan tersebut, reflektor dapat tergambarkan dengan lebih jelas, memiliki kontinuitas yang lebih baik, serta lebih mudah diinterpretasikan sesuai dengan kondisi bawah permukaan yang sebenarnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, A. (2007). *Ensiklopedi Seismik Online*. Diakses pada 14 Desember, 2025, dari <https://ensiklopediseismik.blogspot.com/>
- Anggary, S. R. D., Danusaputro, H., & Harmoko, U. (2015). Perbandingan Post Stack Time Migration Metode Finite Difference Dan Metode Kirchoff Dengan Parameter Gap Dekonvolusi Data Seismik Darat 2D Line “SRDA.” *Youngster Physics Journal*, 4(1), 79–86.
- Annisa, C. F. N., Muliadi, M., Ivansyah, O., & Subarsyah, S. (2024). 2D Marine Seismic data Analysis Using Comparison of Kirchhoff’s Migration Method and Finite Difference Method (Case Study: Nias Basin, North Sumatera). *JURNAL GEOCELEBES*, 11–25. <https://doi.org/10.20956/geocelebes.v8i1.24638>
- Bachri, S. (2014). Kontrol Tektonik Dan Struktur Geologi Terhadap Keterdapatan Hidrokarbon Di Daerah Papua. *Jurnal Geologi dan Sumberdaya Mineral*, 15(3).
- Bolt, B. A. (1993). *Earthquakes*. New York: W.H.Freeman.
- Cloos, M., Sapiie, B., Ufford, A. Q. V, Weiland, R. J., Warren, P. Q., & McMahon, T. P. (2005). *Collisional Delamination in New Guinea: The Geotectonics of Subducting Slab Breakoff*. Colorado: The Geological Society of America, Inc.
- Cox, D. R., Newton, A. M. W., & Huuse, M. (2020). An introduction to seismic reflection data: Acquisition, processing and interpretation. *In Regional Geology and Tectonics*, 22, 571–603.
- Dow, D. B., & Sukanto, R. (1984). Western Irian Jaya: The end-product of oblique plate convergence in the late tertiary. *Tectonophysics*, 106(1–2), 109–139. [https://doi.org/10.1016/0040-1951\(84\)90224-5](https://doi.org/10.1016/0040-1951(84)90224-5)
- Gadallah, M. R., & Fisher, R. L. (2009). *Exploration Geophysics: An Introduction*. Norway: SpringerVerlag Berlin Heidelberg.

- Hamilton, W. (1979). Tectonics of the Indonesian Region. *U.S Geological Survey Professional Paper*.
- Haryan, N. B. (2025). Analisis Efektivitas Migrasi Kirchhoff dan Finite Difference Terhadap Hasil Stack Metode Common Reflection Surface pada Data Seismik Refleksi 2D Marine. *Skripsi*. Universitas Lampung.
- Hidayatullah, F. S. (2010). Identifikasi Patahan Pada Lapisan Sedimen Menggunakan Metode Seismik Refleksi 2D di Sumatra Barat. *Skripsi*. Universitas Islam Negri Syarif Hidayatullah.
- Kramer, S. L. (1996). *Geotechnical Earthquake Engineering*. New Jersey: Prentice-Hall, Inc.
- Kurniawan, H. C., Susilo, A., & Suroso, T. (2017). Structure Modelling Of Subsurface By Using Kirchhoff Migration Method And Finite Difference Anisotropy Method. *Indonesian Journal Of Applied Physics*, 6(02), 79. <https://doi.org/10.13057/ijap.v6i02.1422>
- Manrulu, R. H., Jambonada, N., Ashari, A., & Suasdin, J. (2016). Studi Pengolah Data (Processing) Seismik dengan Menggunakan Program Promax. *Jurnal Fisika FLUX*, 13(2), 126–132.
- Munadi, S. (2002). *Pengolahan Data Seismik: Prinsip Dasar dan Metodologi*. Jakarta: Percetakan Universitas Indonesia.
- Naabilla, M. (2025). Perbandingan Efektivitas Dekonvolusi Predictive Dan Spiking Untuk Optimalisasi S/N Rasio Dengan Metode Pre-Stack Dan Common Reflection Surface (CRS) Pada Data Seismik 2D Marine Di Perairan Wetar. *Skripsi*. Universitas Lampung.
- Noer, Z., & Dayana, I. (2021). *Buku Geofisika*. Bogor: Guepedia.
- Nugroho, D., & Sudarjiman. (2014). Perbandingan Metode Model Based Tomography dan Grid Based Tomography. *Indonesian Journal of Applied Geophysics*, 4(1).
- Panggabean, H., & Hakim, A. S. (1986). Reservoir Rock Potential of The Paleozoic-Mesozoic Sandstone of The Southern Flank of The Central Range, Irian Jaya. *Proceedings Indonesian Petroleum Association*.
- Permana, U. (2015). Pengolahan Data Seismik Refleksi 2D Untuk Memetakan Struktur Bawah Permukaan Lapangan Selatan. *Alhazen Journal of Physics*, 2(1).
- Pratama, K. A. S. (2014). Perbandingan Metode Migrasi F-K, Kirchhoff, dan Beda Hingga untuk Meningkatkan Resolusi Penampang Seismik 3D Darat Lapangan “KDY” Cekungan Sumatra Selatan. *Skripsi*. Universitas Brawijaya.
- Rahman, N. W., Sailah, S., & Nainggolan, T. B. (2023). Penerapan Metode Migrasi Beda Hingga Pada Data Seismik Post Stack Di Utara Laut Bali Perairan Utara

- Bali. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 15(1), 85–96.
<https://doi.org/10.29244/jitkt.v15i1.41541>
- Schwarz, B. (2019). An introduction to seismic diffraction. *Advances in Geophysics*, 60, 1-64.
- Setiadi, I., Purwanto, C., Kusnida, D., & Firdaus, Y. (2019). Interpretasi Geologi Bawah Permukaan Berdasarkan Analisis Data Gayaberat Menggunakan Filter Optimum Upward Continuation Dan Pemodelan 3D Inversi : (Studi Kasus: Cekungan Akimeugah Selatan, Laut Arafura). *Jurnal Geologi Kelautan*, 17(1). <https://doi.org/10.32693/jgk.17.1.2019.579>
- Shearer, P. M. (2009). *Introduction to Seismologi Second Edition*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Sheriff, R. E., & Geldart, L. P. (1995). *Exploration Seismology*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Sismanto. (1996). *Seri Kegiatan Seismik Eksplorasi Modul 2 Pengolahan Data Seismik*. Yogyakarta: Laboratorium Geofisika Fakultas MIPA Universitas Gadjah Mada.
- Stacey. (1977). *Physics Of The Earth Second Edition*. Brisbane: University of Queensland.
- Stein, S., & Wysession, M. (2003). *An Introduction to Seismology, Earthquakes, and Earth Structure*. Oxford: Blackwell Publishing.
- Subari, A., Rasimeng, S., & Konstanta, N. L. (2020). Penghilangan Swell Noise Dan Linier Noise Pada Data Seismik 2d Marine High Resolution Pada Lintasan “Af” Menggunakan Metode Swna, F-K Filter Dan Tau-P Transform. *JGE (Jurnal Geofisika Eksplorasi)*, 4(1), 3–17.
<https://doi.org/10.23960/jge.v4i1.3>
- Sukmana, A. (2014). Migrasi Finite Difference dan Kirchoff pada Data Seismik Refleksi 2D. *Skripsi*. Universitas Pendidikan Indonesia.
- Sukmono, S. (2000). *Interpretasi Data Seismik*. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Triple, P. A. (1998). *Fisika Untuk Sains dan Teknik* (3 ed., Vol. 1). Jakarta: Erlangga.
- Warliah, L. (2015). Penerapan Metode Filter Radon pada Pengolahan Data Seismik 2D Marine. *Skripsi*. Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah.
- Wibowo, A. (2011). Analisis Multiple pada Data Seismik Marine Menggunakan Metode F-K dan Radon. *Skripsi*. Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah.
- Wiratama, R., Purwanto, C., & Denya, R. (2019). Application of Pre-Stack Time Migration (PSTM) Using Kirchoff Method on Marine Seismic Data 2D in

Sulawesi Sea Waters. *Journal of Physics: Conference Series*, 1175, 012015.
<https://doi.org/10.1088/1742-6596/1175/1/012015>

Yilmaz, O. (1987). *Seismic Data Analysis, Volume I*. United States: Society of Exploration Geophysicists.

Yilmaz, O. (2001). *Seismic Data Analysis: Processing, Inversion, And Interpretation Of Seismic Data*. United States: Society of Exploration Geophysicists.