

**ANALISIS METODE *DECONVOLUTION PREDICTIVE* DAN
METODE *SURFACE CONSISTENT DECONVOLUTION (SCD)*
PREDICTIVE PADA PENGOLAHAN DATA SEISMIK
REFLEKSI 2D KONVENSIONAL DAN *COMMON*
*REFLECTION SURFACE (CRS)***

(Skripsi)

Oleh

**Muhamad Syaihsan Isviandani
1955051009**



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2023**

**ANALISIS METODE *DECONVOLUTION PREDICTIVE* DAN
METODE *SURFACE CONSISTENT DECONVOLUTION (SCD)*
PREDICTIVE PADA PENGOLAHAN DATA SEISMIK
REFLEKSI 2D KONVENSIONAL DAN *COMMON*
*REFLECTION SURFACE (CRS)***

Oleh

Muhamad Syaihsan Isviandani

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA TEKNIK

Pada

Jurusan Teknik Geofisika
Fakultas Teknik Universitas Lampung



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2023**

ABSTRAK

ANALISIS METODE *DECONVOLUTION PREDICTIVE* DAN METODE *SURFACE CONSISTENT DECONVOLUTION (SCD) PREDICTIVE* PADA PENGOLAHAN DATA SEISMIK REFLEKSI 2D KONVENSIONAL DAN *COMMON REFLECTION SURFACE (CRS)*

Oleh

Muhamad Syaihsan Isviandani

Proses dekonvolusi merupakan salah satu teknik yang penting dalam pengolahan data seismik, yang bertujuan untuk meningkatkan resolusi dan kejernihan citra dengan menghilangkan efek sumber gelombang dari data yang direkam, baik itu *noise* maupun *multiple*. Dalam penelitian ini, akan dianalisis dua metode dekonvolusi yang berfokus pada pengolahan data seismik refleksi 2D, yaitu metode dekonvolusi prediktif dan metode *surface consistent deconvolution (SCD) predictive*. Kedua metode ini telah terbukti efektif dalam meningkatkan resolusi temporal data seismik, terutama pada lingkungan geologi yang kompleks. Penelitian ini akan menggunakan data seismik refleksi 2D konvensional dan *common reflection surface (CRS)* untuk mengevaluasi performa kedua metode dekonvolusi tersebut. Hasil penampang seismik migrasi konvensional maupun non-konvensional dengan menggunakan dekonvolusi SCD menunjukkan hasil yang lebih baik daripada hasil metode dekonvolusi prediktif. Metode dekonvolusi SCD dapat mereduksi *random noise* maupun koheren *noise* dengan cukup baik dibandingkan prediktif. Namun untuk atenuasi *multiple*, dekonvolusi SCD relatif hanya bisa mengatenuasi *multiple* panjang saja. Begitupun dengan model penampang struktur geologi bawah permukaan dengan S/N yang tinggi, baik pengolahan konvensional maupun non-konvensional dihasilkan oleh metode dekonvolusi *Surface Consistent Deconvolution (SRD)*. Reflektor yang dihasilkan SCD terlihat lebih tegas dan mempunyai resolusi temporal yang baik.

Kata kunci: Dekonvolusi, Pengolahan data seismik, Dekonvolusi prediktif, *Surface Consistent Deconvolution (SCD)*, Resolusi temporal

ABSTRACT

ANALYSIS OF PREDICTIVE DECONVOLUTION METHOD AND SURFACE CONSISTENT DECONVOLUTION (SCD) PREDICTIVE METHOD IN CONVENTIONAL 2D SEISMIC REFLECTION DATA AND COMMON REFLECTION SURFACE (CRS)

By

Muhamad Syaihsan Isviandani

Deconvolution process is one of the important techniques in seismic data processing, aimed at improving resolution and image clarity by removing the wave source effects from the recorded data, both noise and multiples. In this study, two deconvolution methods focused on 2D seismic reflection data processing will be analyzed, namely predictive deconvolution method and Surface Consistent Deconvolution (SCD) predictive method. Both methods have proven to be effective in improving the temporal resolution of seismic data, especially in complex geological environments. This study will use conventional 2D seismic reflection data and common reflection surface (CRS) to evaluate the performance of both deconvolution methods. The results of conventional and non-conventional seismic migration sections using SCD deconvolution show better results compared to the predictive deconvolution method. SCD deconvolution can effectively reduce random and coherent noise compared to predictive deconvolution. However, for multiple attenuation, SCD deconvolution can only attenuate long multiples. Likewise, with high S/N ratio subsurface geological structure models, both conventional and non-conventional processing are produced by the Surface Consistent Deconvolution (SRD) method. Reflectors produced by SCD appear sharper and have good temporal resolution.

Keywords: *Deconvolution, Seismic Data Processing, Predictive Deconvolution, Surface Consistent Deconvolution (SCD), Temporal Resolution.*

Judul Skripsi : **ANALISIS METODE DECONVOLUTION PREDICTIVE DAN METODE SURFACE CONSISTENT DECONVOLUTION (SCD) PREDICTIVE PADA PENGOLAHAN DATA SEISMIK REFLEKSI 2D KONVENSIIONAL DAN COMMON REFLECTION SURFACE (CRS)**

Nama Mahasiswa : **Muhamad Syaifhsan Isviandani**

Nomor Pokok : **1955051009**

Program Studi : **Teknik Geofisika**

Fakultas : **Teknik**



Pembimbing 1

Pembimbing 2

Dr. Ir. Syamsurrijal Rasimeng, S.Si., M.Si.

Iham Dani, S.T., M.T.

NIP. 19730716 200012 1002

NIP. 19850917 201903 1004

Ketua Jurusan Teknik Geofisika

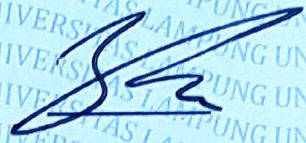
Karyanto, S.Si., M.T.

NIP. 19691230 199802 1001

MENGESAHKAN

1. **Tim Penguji**

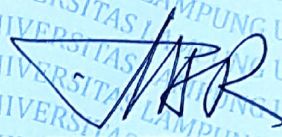
Ketua : Dr. Ir. Syamsurijal Rasimeng, S.Si., M.Si.



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



**Anggota : Prof. Drs. Ir. Suharno, M.Sc., Ph. D.,
IPU., ASEAN Eng.**



2. **Dekan Fakultas Teknik**



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

NIP. 197509282001121002



Tanggal Ujian Skripsi: 20 Oktober 2023

PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul “Analisis Metode *Deconvolution Predictive* Dan Metode *Surface Consistent Deconvolution (SCD) Predictive* Pada Pengolahan Data Seismik Refleksi 2D Konvensional Dan *Common Reflection Surface (CRS)*” bukan merupakan karya dari orang lain melainkan berdasarkan pemikiran saya sendiri, sebagai syarat memperoleh gelar sarjana. Adapun kutipan tertentu dalam penulisan skripsi ini terdapat karya atau pendapat orang lain yang ditulis menurut sumbernya sebagaimana disebutkan dalam daftar pustaka secara jelas sesuai dengan norma, kaidah dan etika penulisan ilmiah.

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

Bandar lampung, 13 Oktober 2023



Muhamad Syaihsan Isviandani
1955051009

RIWAYAT HIDUP



Penulis bernama lengkap Muhamad Syaihsan Isviandani, lahir di Kota Bogor 08 Januari 2001. Penulis merupakan anak kedua dari tiga bersaudara, putra dari Bapak Mohamad Isa dan Ibu Evi Sovia Ratnasari. Pendidikan yang pernah ditempuh oleh Penulis yaitu Taman Kanak-kanak di TK Anris, Sekolah Dasar di SDN Lawanggintung 1 Kota Bogor, Sekolah Menengah Pertama (SMP) di SMPN 9 Kota Bogor dan Menempuh Sekolah Menengah Atas (SMA) di SMAN 4 Kota Bogor. Selanjutnya pada tahun 2019, penulis melanjutkan Pendidikan tinggi di Teknik Geofisika Universitas Lampung melalui jalur SMMPTN.

Semasa kuliah, penulis memiliki minat dan ketertarikan yang tinggi terhadap segala bentuk kegiatan pengembangan *soft skill* dan *hard skill*. Pada tahun 2021, penulis aktif dalam himpunan jurusan yaitu Himpunan Mahasiswa Teknik Geofisika Bhuwana yang disingkat “Hima TG Bhuwana” sebagai pengurus internal di bidang Sosial Budaya Masyarakat. Selanjutnya di tahun 2022, penulis menjadi Wakil Ketua Umum Hima TG Bhuwana. Pada tahun yang sama, penulis mengikuti program MSIB Kampus Merdeka di *Startup Campus - Achmad Zaky Foundation*, terhitung dari bulan Agustus sampai bulan Desember 2022. Penulis juga aktif dalam berbagai perlombaan mahasiswa, diantaranya pernah menjadi juara 1 untuk ajang *ESCO by AAPG UPN SC* cabang lomba *Paper*, juara 3 untuk *Business Idea Competition by Startup Campus*, dan juara 3 *Survey Design* ajang GWES 2023.

Pada semester 6 penulis melaksanakan Kerja Praktik di Lembaga Minyak dan Gas Bumi “LEMIGAS” dengan mengambil topik pengolahan data seismik. Pada awal tahun 2023 penulis juga sempat melaksanakan magang mandiri di LEMIGAS dan melanjutkan Tugas Akhir disana. Kemudian penulis berhasil menyelesaikan pendidikan sarjana pada tanggal 20 Oktober 2023 dengan judul “Analisis Metode *Deconvolution Predictive* dan Metode *Surface Consistent Deconvolution (SCD) Predictive* Pada Pengolahan Data Seismik Refleksi 2D Konvensional dan *Common Reflection Surface (CRS)*”.

PERSEMBAHAN

Alhamdulillah puji syukur kepada Allah SWT, atas kehendak dan ridha-Nya saya dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik. Skripsi ini saya persembahkan kepada:

Seluruh Keluarga, Papah, Mamah, Teteh, dan Adik Tercinta

Terimakasih atas segala doa dan kasih sayang yang selalu tucurahkan tanpa henti, sehingga ini menjadi motivasi utama saya dalam menyelesaikan perkuliahan. Terimakasih juga atas segala dukungannya, baik secara materil maupun moril sehingga saya dapat menyelesaikan seluruh rangkaian perkuliahan.

Saudara dan Orang Terdekat

Teriamkaih telah memberikan dukungan dan semangat kepada penulis dalam pelaksanaan seluruh rangkaian perkuliahan.

Bapak dan Ibu Dosen Terhormat

Sebagai tanda hormat saya, terimakasih untuk ilmu yang selama ini telah diberikan.

dan

Teknik Geofisika Universitas Lampung 2019

Terimakasih atas semua pengalaman serta kebersamaan yang tercipta dan tak terlupakan.

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah puji dan syukur penulis panjatkan terhadap Allah SWT, sebab berkat rahmat dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “**Analisis Metode *Deconvolution Predictive* dan Metode *Surface Consistent Deconvolution (SCD) Predictive* Pada Pengolahan Data Seismik Refleksi 2D Konvensional dan *Common Reflection Surface (CRS)*””. Skripsi ini merupakan bagian dari persyaratan dalam meraih gelar S-1 Teknik Geofisika, Universitas Lampung. Terimakasih penulis sampaikan kepada semua pihak yang terlibat dalam penyusunan laporan ini. Tentunya dalam pelaksanaan dan penulisan laporan ini, penulis menyadari masih banyak kekurangan. Oleh karena itu, kritik dan saran sangat dibutuhkan agar kedepannya penulis dapat memberikan yang lebih baik lagi. Demikian pengantar dari penulis, semoga skripsi ini dapat bermanfaat untuk masa kini dan mendatang.**

Bandar Lampung, 20 Oktober 2023

Penulis

Muhamad Syaihsan Isviandani

SANWACANA

Alhamdulillah, segala puji dan syukur penulis haturkan kepada Allah SWT karena berkat izin-Nya penulis dapat menyelesaikan proses dan pembuatan laporan skripsi yang berjudul “**Analisis Metode *Deconvolution Predictive* dan Metode *Surface Consistent Deconvolution (SCD) Predictive* Pada Pengolahan Data Seismik Refleksi 2D Konvensional dan *Common Reflection Surface (CRS)*” dengan baik. Penulis juga menyadari, dengan terselesaikan-Nya skripsi ini tentu tidak lepas dari bantuan dan Kerjasama berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada:**

1. Keluarga tercinta penulis, tentunya kedua orang tua, Papah Drs. Mohamad Isa dan Mamah Evi Sovia Ratnasari, S.E. beserta Teteh Syaviana Isviantiari, S.H. dan Adik Muhamad Syaghani Isvianrizky yang selalu senantiasa menjadi penyemangat dan memotivasi penulis sehingga dapat menyelesaikan skripsi ini.
2. Bapak Karyanto, S.Si., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Geofisika Universitas Lampung, sekaligus dosen pengampu akademik penulis yang senantiasa selalu memberikan banyak sekali saran dan motivasi yang baik.
3. Bapak Ageng Sadnowo Repelianto, S.T., M.T. Wakil Dekan Bidang Kemahasiswaan dan Alumni, yang secara tidak langsung pemikirannya dalam visi misi untuk memajukan Fakultas Teknik telah memberikan banyak inspirasi dan motivasi dalam perkuliahan dan penyelesaian Tugas Akhir penulis.
4. Bapak Dr. Ir. Syamsurijal Rasimeng, S.Si., M.Si. selaku dosen pembimbing utama, Bapak Ilham Dani, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing kedua, dan Prof. Drs. Ir. Suharno, M.Sc., Ph. D., IPU., ASEAN Eng. selaku dosen penguji untuk Tugas Akhir penulis.

5. Bapak Ir. Bagus Sapto Mulyatno, S.Si., M.T. yang telah banyak sekali memberikan dorongan motivasi selama perkuliahan dan penyelesaian Tugas Akhir penulis.
6. Dosen-dosen dan Staff Tata Usaha Jurusan Teknik Geofisika Universitas Lampung yang saya hormati terima kasih untuk semua bantuan yang diberikan..
7. “*My Fantastic Four*”, Airlangga, Alda, Andwina yang selalu bersama memotivasi, menyemangati, dan memberi solusi selama kepengurusan “Eskalasi Transformasi 2022” sampai saat ini dan seterusnya.
8. Sahabat saya Daffa Sharim dan Carla Aulia yang tentunya telah memberikan saya dorongan motivasi selama pengerjaan Tugas Akhir.
9. Mega, Wa Ode, Zahrah, Alghi, Ambro, Restu Wildanu sebagai sahabat tercinta saya yang telah menjadi *support system* selama perkuliahan, selalu bersama pada saat suka maupun duka.
10. Keluarga besar Teknik Geofisika 19 “Mak Kou Tanding” yang telah memberikan banyak sekali dukungan selama ini.
11. Adik-adik tercinta Angkatan 21 yang sudah memberikan penulis banyak dorongan motivasi, berbagi cerita, dan menjadi teman “Nobar Horor”.
12. Adik-adik tersayang, Helga, Amel, Husnul, beserta Angkatan 22 lainnya yang tidak bisa disebutkan satu persatu yang tentunya juga telah memberikan penulis banyak dorongan motivasi.
13. Serta semua pihak yang terlibat dan membantu penulis menyelesaikan skripsi ini.

Bandar Lampung, 20 Oktober 2023
Penulis

Muhamad Syaihsan Isviandani

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK	ii
ABSTRACT	iii
PERSETUJUAN	iv
PENGESAHAN	v
PERNYATAAN	vi
RIWAYAT HIDUP	vii
PERSEMBAHAN	ii
KATA PENGANTAR	iii
SANWACANA	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	xii
I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Tujuan Penelitian.....	3
1.3. Batasan Masalah.....	3
II. TEORI DASAR	4
2.1. Metode Seismik Refleksi	4
2.2. Pengolahan Data pada ProMAX	6

2.3.	Gelombang Seismik	8
2.3.1.	Hukum Snellius	8
2.3.2.	Prinsip Huygen	8
2.3.3.	Azas Fermat	9
2.4.	Komponen Seismik Refleksi	10
2.4.1.	Impedansi Akustik	10
2.4.2.	Koefisien Refleksi	10
2.4.3.	Polaritas	11
2.4.4.	<i>Wavelet</i>	12
2.4.5.	Resolusi Vertikal Seismik	13
2.4.6.	Resolusi Horizontal	13
2.5.	<i>Filtering & Editing</i>	14
2.6.	Dekonvolusi	17
2.6.1.	Dekonvolusi Prediktif	18
2.6.2.	<i>Surface Consistent Deconvolution (SCD) Predictive</i>	19
2.7.	<i>Stacking</i>	20
2.7.1.	<i>CMP Stack</i>	21
2.7.2.	<i>Common Reflection Surface Stack</i>	22
2.8.	Migrasi	23
2.9.	<i>Data Enhancemenet</i>	24
2.9.1.	<i>Fan Filter</i>	24
2.9.2.	<i>F-X Deconvolution</i>	25
III.	METODOLOGI PENELITIAN	27
3.1.	Waktu dan Tempat Penelitian	27
3.2.	Alat dan Bahan	28
3.3.	Tahapan Penelitian	28

3.3.1. Persiapan Data.....	28
3.3.2. Pengolahan Data.....	29
3.4. Diagram Alir.....	38
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	39
4.1. Hasil	39
4.1.1. <i>Preprocessing</i>	39
4.1.2. Dekonvolusi Prediktif	44
4.1.3. <i>Surface Consistent Deconvolution</i> (SCD).....	48
4.2. Pembahasan.....	51
4.2.1. Konvensional Prediktif vs Konvensional SCD	52
4.2.2. CRS Prediktif vs CRS SCD	56
V. KESIMPULAN DAN SARAN.....	61
5.1. Kesimpulan	61
5.2. Saran.....	61
DAFTAR PUSTAKA	62

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Jenis-jenis gelombang seismik (Bolt, 1982)	5
2. Ilustrasi akuisisi data seismik refleksi di lautan (Henriksen, 2020).....	6
3. Petunjuk penggunaan mouse pada ProMAX (Jusri, 2005)	7
4. Hukum Snellius a) Dua lapisan; b) Banyak lapisan (Shearer, 2019).....	8
5. Prinsip Huygen (Modifikasi dari Pardede dkk., 2020)	9
6. Azas Fermat (Sheriff & Geldart, 1995).....	9
7. Koefisien refleksi dan pembalikan polaritas (Cox dkk., 2020).....	11
8. Polaritas normal dan polaritas <i>reverse</i> (Abdullah, 2008).....	11
9. Jenis-jenis <i>wavelet</i> (1) <i>Zero Phase Wavelet</i> , (2) <i>Maximum Phase Wavelet</i> , (3) <i>Minimum Phase Wavelet</i> , (4) <i>Mixed Phase Wavelet</i> (Sukmono, 1999).....	12
10. <i>Bandpass filter</i> (Abdullah dkk., 2018).....	15
11. <i>Shot gather</i> dari <i>project Metal Earth Malartic R1</i> (Naghizadeh dkk., 2019)..	16
12. Proses penjumlahan <i>trace</i> dalam satu <i>CDP stacking</i> (Bancroft, 2001).....	21
13. Operator <i>stack</i> dari <i>NMO/DMO stack</i> (Jäger, 1999)	21
14. Operator <i>stack</i> dari <i>CRS stack</i> (Jäger, 1999)	23
15. <i>Flow</i> proses <i>input data</i>	29
16. <i>Flow</i> proses pengaturan geometri	30
17. Geometri <i>setup</i>	30
18. <i>Stacking chart</i> <i>CDP</i> dan <i>offset</i>	31
19. <i>Subflow filtering</i>	31
20. Parameter <i>bandpass filter</i>	32
21. <i>Flow</i> proses <i>editing</i>	32
22. <i>Flow</i> proses <i>TAR</i> dan dekonvolusi	32

23. <i>Surface Consistent Deconvolution (SRD)</i>	33
24. <i>Flow proses velocity analysis</i>	34
25. <i>Velocity analisis window</i>	34
26. <i>Flow stacking metode konvensional</i>	35
27. <i>Flow CRS ZO search</i>	35
28. <i>Flow CRS precompute</i>	35
29. <i>Flow CRS stack</i>	36
30. <i>Flow migrasi</i>	36
31. <i>Flow fan filter</i>	37
32. <i>Flow F-X deconvolution</i>	37
33. Diagram alir metode penelitian.....	38
34. <i>Raw data</i>	39
35. <i>Plot CDP vs offset</i>	40
36. <i>Spectrum amplitude, phase dan frequency. a) sebelum filtering, b) setelah bandpass filter</i>	40
37. <i>Trace editing sebelum muting</i>	41
38. <i>Trace editing setelah muting</i>	41
39. <i>Output trace preprocessing prediktif</i>	42
40. <i>Output trace surface consistent dekonvolusi (SCD)</i>	42
41. <i>Picking window velocity analysis</i>	43
42. <i>Volume viewer editor analisis kecepatan</i>	44
43. <i>Stacking konvensional prediktif sebelum data enhancement</i>	44
44. <i>Stacking konvensional prediktif setelah data enhancement</i>	45
45. <i>Migrasi stack konvensional prediktif</i>	45
46. <i>Stacking CRS prediktif</i>	46
47. <i>Migrasi CRS prediktif sebelum data enhancement</i>	47
48. <i>Migrasi CRS prediktif setelah data enhancement</i>	47
49. <i>Stacking konvensional SCD sebelum data enhancement</i>	48
50. <i>Stacking konvensional SCD setelah data enhancement</i>	49
51. <i>Migrasi stack konvensional SCD</i>	49
52. <i>Stacking CRS penerapan dekon SCD</i>	50
53. <i>Migrasi CRS penerapan SCD sebelum data enhancement</i>	50

54. Migrasi CRS penerapan SCD setelah <i>data enhancement</i>	51
55. <i>Stacking</i> sebelum <i>data enhancement</i> (a) konvensional prediktif, (b) konvensional SCD. Kotak hijau menunjukkan <i>random noise</i> , lingkaran merah menunjukkan <i>multiple</i> , lingkaran hitam menunjukkan pola reflektor, lingkaran biru menunjukkan efek difraksi.	52
56. <i>Stacking</i> setelah <i>data enhancement</i> (a) konvensional prediktif, (b) konvensional SCD. Kotak hijau menunjukkan <i>random noise</i> , lingkaran merah menunjukkan <i>multiple</i> , lingkaran hitam menunjukkan pola reflektor, lingkaran biru menunjukkan efek difraksi.....	53
57. Tampilan <i>air blast</i> pada <i>stacking</i> prediktif setelah <i>data enhancement</i> , (a) konvensional prediktif, (b) konvensional SCD. Kotak hijau menunjukkan koheren <i>noise</i> berupa <i>air blast</i>	54
58. Tampilan migrasi prediktif, (a) konvensional prediktif, (b) konvensional SCD. Kotak hijau menunjukkan <i>random noise</i> , lingkaran merah menunjukkan <i>multiple</i> , lingkaran hitam menunjukkan pola reflektor, lingkaran biru menunjukkan efek difraksi.....	55
59. <i>Stacking</i> , (a) CRS prediktif, (b) CRS SCD. Kotak hijau menunjukkan <i>random noise</i> , lingkaran merah menunjukkan <i>multiple</i> , lingkaran hitam menunjukkan pola reflektor, lingkaran biru menunjukkan efek difraksi.....	56
60. Tampilan <i>air blast</i> pada <i>stacking</i> , (a) CRS prediktif, (b) CRS SCD. Kotak hijau menunjukkan koheren <i>noise</i> berupa <i>air blast</i>	57
61. Migrasi sebelum <i>data enhancement</i> (a) CRS prediktif, (b) CRS SCD. Kotak hijau menunjukkan <i>random noise</i> , lingkaran merah menunjukkan <i>multiple</i> , lingkaran hitam menunjukkan pola reflektor, lingkaran biru menunjukkan efek difraksi.	58
62. Migrasi setelah <i>data enhancement</i> (a) CRS prediktif, (b) CRS SCD. Kotak hijau menunjukkan <i>random noise</i> , lingkaran merah menunjukkan <i>multiple</i> , lingkaran hitam menunjukkan pola reflektor, lingkaran biru menunjukkan efek difraksi.	59

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Rincian kegiatan Tugas Akhir	27
2. Parameter akuisisi data GM3-BIO- NIAS-L22.1.....	28

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Bidang keilmuan geofisika merupakan cabang ilmu geologi yang berfokus pada studi sifat fisik Bumi dengan menggunakan berbagai macam metode pengukuran. Metode yang berbeda didasarkan pada parameter fisik yang diukur untuk setiap fenomena geologi. Kecepatan rambat gelombang yang dipengaruhi oleh sifat batuan adalah salah satu parameter fisik yang diukur dan digunakan dalam survei geofisika. Parameter ini diukur dengan menggunakan teknik seismik refleksi. Metode seismik refleksi ini sendiri merupakan salah satu metode geofisika aktif yang dapat diaplikasikan untuk eksplorasi minyak dan gas bumi, mendeteksi struktur perlapisan, susunan stratigrafi bawah permukaan, dan litologi (Sukmono, 1999).

Prinsip dasar metode seismik adalah perambatan energi gelombang seismik yang dihasilkan oleh sumber getaran kemudian dipantulkan kembali saat melalui batas antara dua lapisan dengan nilai impedansi akustik (Marshall dkk., 1991). Rangkaian survei seismik terdiri dari akuisisi data, pengolahan data, dan interpretasi data seismik (Chintia dkk., 2017). Tahap pengolahan data merupakan salah satu tahapan terpenting dalam kegiatan survei seismik, karena pada tahap ini diperlukan ketelitian untuk mengolah data akuisisi menjadi penampang seismik yang menggambarkan fenomena geologi bawah permukaan. Pengolahan data seismik merupakan serangkaian runutan tahapan panjang yang dimulai dari *input* data hasil akuisisi kemudian koreksi dan penyaringan hingga tahap akhir pengolahan yaitu migrasi (Yilmaz, 2001).

Proses dekonvolusi adalah satu dari banyaknya teknik yang penting dalam pengolahan data seismik, yang bertujuan untuk meningkatkan resolusi dan kejernihan citra dengan menghilangkan efek sumber gelombang dari data yang direkam, baik itu *noise* maupun *multiple*. Dalam penelitian ini, akan dianalisis dua metode dekonvolusi yang berfokus pada pengolahan data seismik refleksi 2D, yaitu metode dekonvolusi prediktif dan metode *surface consistent deconvolution* (SCD) *predictive*. Kedua metode ini telah terbukti efektif dalam meningkatkan resolusi temporal data seismik, terutama pada lingkungan geologi yang kompleks.

Pertama, hasil dari metode dekonvolusi prediktif akan dianalisis kinerjanya dalam menghilangkan efek kompleksitas geologi di bawah permukaan. Metode ini berfokus pada estimasi efek gelombang yang telah diubah oleh lapisan bawah permukaan untuk meningkatkan resolusi pada data seismik. Kedua, akan dianalisis metode *surface consistent deconvolution* (SCD) *predictive*, yang memiliki tujuan untuk memastikan konsistensi dekonvolusi pada seluruh volume data seismik. SCD *predictive* mempertimbangkan variasi gelombang sumber dan efek geologi di dekat permukaan dalam proses dekonvolusi untuk menghilangkan efek sumber dan meningkatkan akurasi citra seismik.

Penelitian ini akan menggunakan data seismik refleksi 2D konvensional dan *common reflection surface* (CRS) untuk mengevaluasi performa kedua metode dekonvolusi tersebut. CRS merupakan teknik pengolahan data seismik yang lebih canggih dan telah menjadi pilihan yang populer dalam analisis data seismik berbasis kedalaman.

Penelitian ini merujuk pada riset yang pernah dilakukan oleh Winjaniatun dkk., (2021) dimana menyatakan bahwa metode SCD memberikan hasil yang lebih baik dalam meningkatkan resolusi temporal gambaran seismik, namun juga sudah terbukti metode ini efektif pada data darat, oleh karena itu penulis ingin melihat hasilnya pada data laut. Dengan membandingkan hasil dan analisis dari kedua metode dekonvolusi, diharapkan penelitian ini dapat memberikan wawasan lebih lanjut tentang efektivitas dan aplikabilitas metode dekonvolusi prediktif dan SCD *predictive* dalam pengolahan data seismik refleksi 2D konvensional dan CRS. Hasil

penelitian ini diharapkan akan memberikan kontribusi pada pengembangan teknik pengolahan data seismik yang lebih lanjut, sehingga dapat meningkatkan pemahaman tentang struktur bawah permukaan dan mendukung eksplorasi dan analisis geologi secara lebih akurat dan efisien.

1.2. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui perbedaan hasil aplikasi dekonvolusi prediktif dan SCD yang diterapkan pada metode konvensional maupun metode CRS.
2. Memperoleh hasil penampang dari seismik laut 2D yang mengilustrasikan fenomena geologi di bawah permukaan dengan tingkat sinyal terhadap *noise* (S/N) yang tinggi dan kualitas resolusi temporal yang optimal.

1.3. Batasan Masalah

Penelitian ini mempunyai beberapa batasan masalah sebagai berikut:

1. Data penelitian yang digunakan adalah data seismik refleksi laut 2D.
2. Pengolahan data seismik refleksi laut menggunakan *software* ProMAX. Menggunakan aplikasi dekonvolusi prediktif dan SCD (*surface consistent deconvolution*).

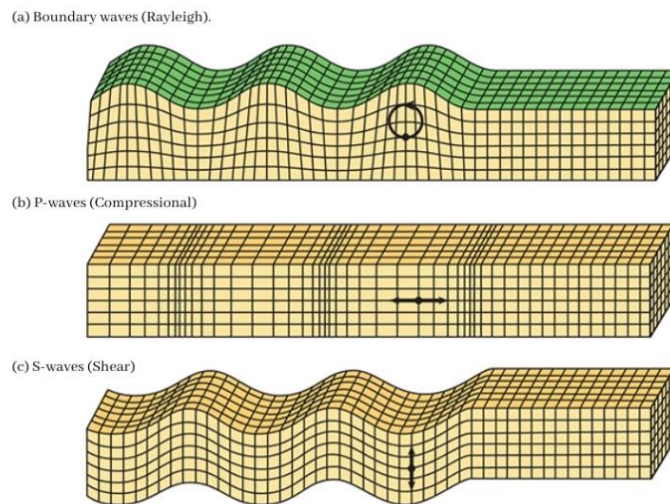
II. TEORI DASAR

2.1. Metode Seismik Refleksi

Seismik refleksi merupakan salah satu metode geofisika aktif yang dapat digunakan untuk mendeteksi kedalaman bawah permukaan. Metode seismik dapat dilakukan di darat atau di laut. Penerapan metode seismik refleksi misalnya untuk eksplorasi minyak, mendeteksi struktur bawah tanah seperti patahan, mengetahui struktur bawah permukaan yang kompleks serta stratigrafinya, serta dapat digunakan untuk menentukan lokasi sumber gempa (Sukmono, 1999).

Metode seismik merupakan salah satu metode geofisika yang berkaitan dengan perambatan gelombang. Secara umum, metode seismik dapat diklasifikasikan menjadi dua kategori, yaitu metode seismik refraksi dan metode seismik refleksi. Dalam eksplorasi migas, metode seismik refleksi lebih sering digunakan. Dikarenakan daya penetrasi yang dalam dan dapat memberikan resolusi data yang tinggi, sehingga metode ini mampu memberikan informasi menyeluruh dan detail mengenai kondisi serta struktur lapisan yang terletak di bawah permukaan bumi (Maulana, 2013).

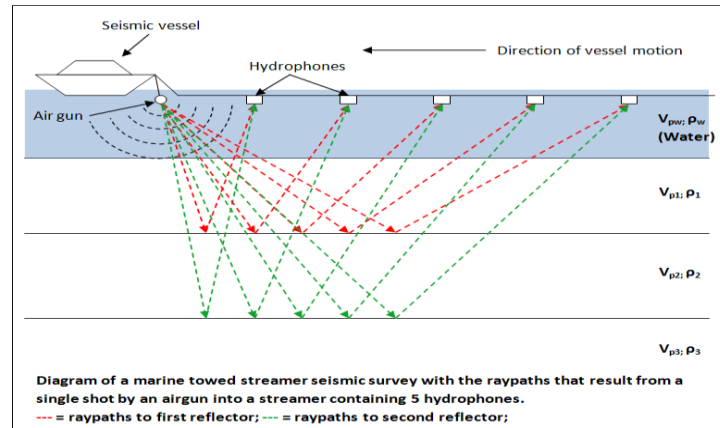
Metode seismik refleksi juga menjadi pilihan untuk menginvestigasi struktur lapisan di bawah permukaan dengan penekanan pada kedalaman yang signifikan. Prinsip metode ini bergantung pada sifat perambatan gelombang, di mana gelombang pantul merambat melalui medium bumi. Beberapa jenis gelombang yang dihasilkan oleh sumber termasuk gelombang P (longitudinal), gelombang S (transversal), dan gelombang permukaan (Bolt, 1982).



Gambar 1. Jenis-jenis gelombang seismik (Bolt, 1982)

Prinsip mendasar dari metode pemantulan seismik terletak pada getaran yang dihasilkan oleh sumber getaran. Getaran yang timbul dari suatu sumber getaran yang akan merambat dalam suatu medium dan kemudian dipantulkan pada lapisan batas lapisan tersebut merupakan konsep dasar metode pemantulan seismik. Kemudian gelombang yang dipantulkan ke permukaan ini diterima dan direkam oleh alat perekam yang disebut *geophone* (di darat) atau *hydropohone* (di laut) (Badley, 1985).

Sumber metode refleksi menggunakan sumber buatan sendiri, misalnya penggunaan dinamit, *air gun*, dan lain-lain. Metode ini memberikan representasi yang cukup akurat tentang struktur di bawah permukaan. Tiga tahap utama dalam metode ini adalah akuisisi, pengolahan, dan interpretasi. Dari ketiga tahapan tersebut, tahapan pengolahan merupakan tahapan yang sangat berpengaruh karena pada tahapan ini data yang terekam pada *field tape* (hasil akuisisi seismik *multichannel* baik pada data darat, data zona transisi, maupun data kelautan) akan diproses untuk menghasilkan penampang seismik yang dapat menggambarkan struktur lapisan bawah permukaan bumi.



Gambar 2. Ilustrasi akuisisi data seismik refleksi di lautan (Henriksen, 2020)

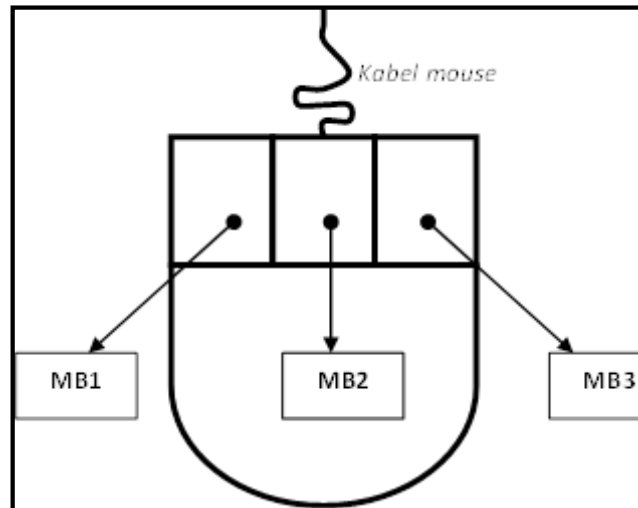
Data yang diperoleh dari lapangan direkam pada pita yang datanya masih berupa *multiplexing*, sehingga perlu dilakukan penataan sampel sesuai dengan *receiver* pada setiap *shot*, yang disebut dengan *demultiplexing*. Kemudian dilakukan tahapan pengolahan data dengan menggunakan *software* untuk proses *editing*, koreksi, *filtering*, *stacking*, dan migrasi untuk menghasilkan penampang refleksi seismik.

2.2. Pengolahan Data pada ProMAX

Dalam proses pengolahan data seismik, terdapat berbagai perangkat lunak yang dapat digunakan, salah satunya adalah ProMAX. Secara umum, tujuan utama dari pengolahan data seismik adalah untuk memperkaya informasi yang terkandung dalam *raw* data seismik. Hal ini bertujuan agar data tersebut dapat diartikan sebagai gambaran penampang seismik dengan tingkat gangguan (*noise*) yang relatif rendah di daerah sinyal seismik serta reflektor di dalam ruang tiga dimensi (x, y, z) yang sesuai dengan kondisi sebenarnya..

ProMAX merupakan sebuah perangkat lunak yang dirancang untuk sistem operasi Linux, digunakan untuk melakukan prapemrosesan data seismik dalam format 2D, 3D, atau 4D. Secara umum, ProMAX terbagi menjadi tiga jenis tampilan jendela, yaitu *area*, *line*, dan *flow*. Dalam penggunaannya, ProMAX memerlukan penggunaan mouse dengan tiga tombol. Tombol *mouse* yang

digunakan dengan tangan kanan, dari kiri ke kanan, masing- masing disebut MB1, MB2 dan MB3. "MB" itu sendiri adalah singkatan dari *Mouse Button*.



Gambar 3. Petunjuk penggunaan *mouse* pada ProMAX (Jusri, 2005)

Ada beberapa aturan penulisan dalam pengoperasian ProMAX sebagai berikut:

- Nama area, *line*, dan *flow* ditulis dengan huruf kapital dan dicetak tebal. Contoh: area **XXXXX**, *line* **YYYYY**, *flow* **ZZZZZ**.
- Nama *subflow* (perintah ProMAX) ditulis dengan huruf kapital (untuk setiap kata), dan dicetak tebal. Contoh: ***Input Data Disk***, ***Output Data Disk***, ***Trace Display***.
- Nama parameter-parameter yang harus diisi oleh pengguna, ditulis dengan huruf pertama kapital (untuk setiap satuan kata), ***bold***, dan ***italic***. Contoh: ***Pilih Dataset***, ***Urutkan Urutan***, ***Masukkan 4 digit nomor ID***.
- Nama *dataset*, parameter, variabel, dan sebagainya, ditentukan oleh pengguna, ditulis dengan huruf kapital pertama (untuk setiap unit kata), tebal, dan diawali dan diakhiri dengan tanda kutip ganda. Contoh: "Geometry", "Preprocessing", "BruteStack".
- Nama tombol atau perintah yang disediakan dan ditampilkan secara interaktif pada antarmuka ProMAX ditulis dengan huruf kapital pertama (untuk setiap satu unit kata), tebal, dan bergaris bawah. Contoh: **Picking**, **Execute**, **Pick Miscellaneous Time Gate**.

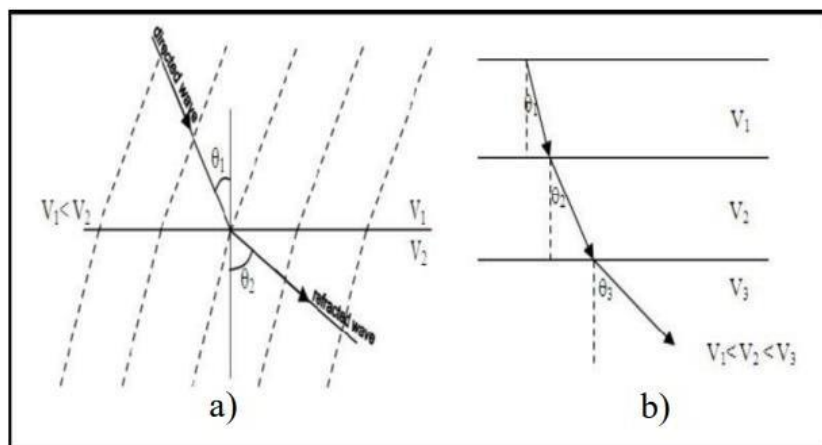
2.3. Gelombang Seismik

2.3.1. Hukum Snellius

Dalam eksplorasi seismik, analisis gelombang akustik didasarkan pada media bumi dengan lapisan batuan dengan kerapatan dan kecepatan gelombang yang berbeda. Sehingga dalam perambatan gelombang seismik berlaku juga hukum Snell yang menyatakan bagaimana gelombang seismik bergerak dan memantul saat melintasi batas antara dua media dengan kecepatan rambat gelombang yang berbeda. Hukum Snell menjelaskan persamaan hubungan antara sinus sudut bias dengan cepat rambat gelombang dalam medium yang ditulis dalam persamaan:

$$p = v_2 \sin \theta_1 = v_1 \sin \theta_2 \quad (1)$$

Dimana p adalah konstanta tetap untuk jejak sinar yang merambat dari satu lapisan ke lapisan berikutnya sejauh bidang batas lapisan sejajar dan setiap lapisan homogen dan isotropik.

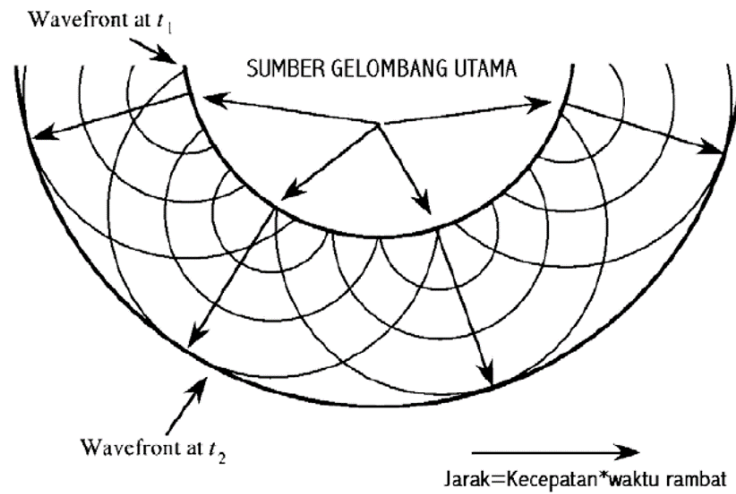


Gambar 4. Hukum Snellius a) Dua lapisan; b) Banyak lapisan (Shearer, 2019)

2.3.2. Prinsip Huygen

Sekitar tahun 1680, seorang fisikawan dari Belanda yang bernama Christian Huygen, membuat sebuah mekanisme sederhana untuk melacak perambatan gelombang yang menjelaskan bahwa permukaan gelombang atau muka gelombang dapat dianggap sebagai permukaan dengan fase tetap yang melewati titik-titik

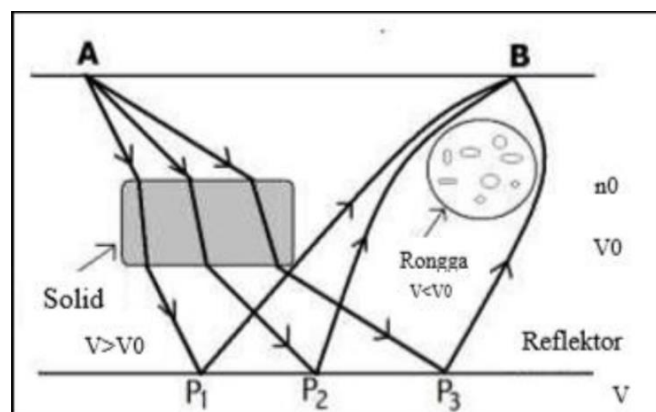
media berlapis yang dicapai oleh gerakan gelombang pada waktu yang sama. Jika gelombang melewati suatu permukaan (batas per lapisan), maka setiap partikel dalam suatu lapisan akan menjadi sumber gelombang baru dan seterusnya (**Gambar 5**). Mekanisme perambatan gelombang ini dikenal dengan prinsip Huygen.



Gambar 5. Prinsip Huygen (Modifikasi dari Pardede dkk., 2020)

2.3.3. Azas Fermat

Azas Fermat menjelaskan bahwa jalur yang dilalui gelombang merupakan jalur yang memakan waktu tempuh paling cepat. Dengan demikian, jika gelombang melewati media dengan kecepatan gelombang seismik yang bervariasi, maka gelombang tersebut akan cenderung melewati zona yang memiliki kecepatan tinggi dan menghindari zona yang memiliki kecepatan rendah (Zuhrial dkk., 2015a).



Gambar 6. Azas Fermat (Sheriff & Geldart, 1995)

2.4. Komponen Seismik Refleksi

2.4.1. Impedansi Akustik

Impedansi akustik adalah salah satu konsep penting dalam pengolahan data seismik, terutama dalam kaitannya dengan refleksi gelombang di antarmuka lapisan geologi yang berbeda di bawah permukaan bumi. Impedansi akustik juga bisa dikatakan sebagai karakter khas pada batuan yang merupakan produk perkalian dari densitas (ρ) dan kecepatan gelombang seismik (v) (Zuhrial dkk., 2015), dimana:

$$IA = v \rho \quad (2)$$

Impedansi akustik (AI) sangat erat kaitannya dengan karakteristik seperti litologi, porositas kekerasan, pengisian pori dan kandungan fluida. Sehingga perubahan nilai pada AI akan menandakan juga perubahan pada karakteristik tersebut (Latimer dkk., 2000).

2.4.2. Koefisien Refleksi

Koefisien refleksi (RC) adalah gambaran dari bidang batas media yang mempunyai nilai impedansi akustik berbeda (Zuhrial dkk., 2015). Nilai berbeda pada impedansi akustik dapat juga diprediksi melalui *amplitude* refleksinya, semakin besar *amplitude* nya maka akan semakin besar refleksi dan nilai beda impedansi akustiknya (Sukmono, 1999). Nilai RC pada antarmuka dihitung menggunakan persamaan Zoeppritz, yang memakai harga AI yang berbeda dari dua lapisan yang persamaannya dapat dihitung sebagai berikut:

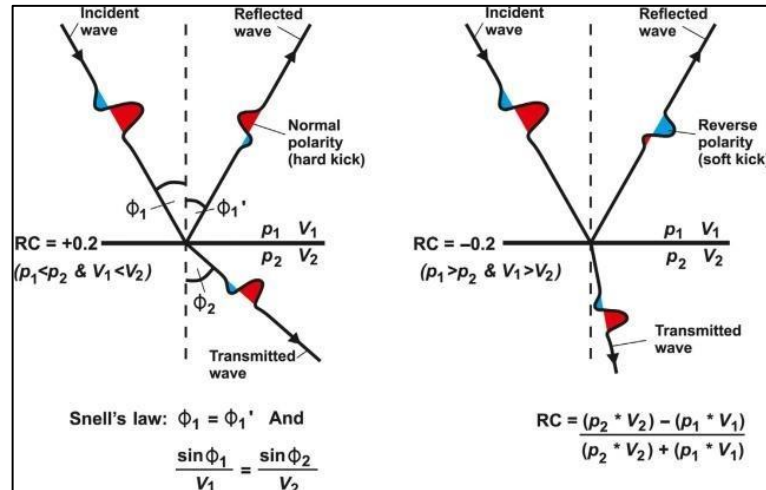
$$RC = \frac{AI_2 - AI_1}{AI_2 + AI_1} \quad (3)$$

Dengan keterangan:

Rc = koefisien refleksi

AI1 = impedansi akustik lapisan atas

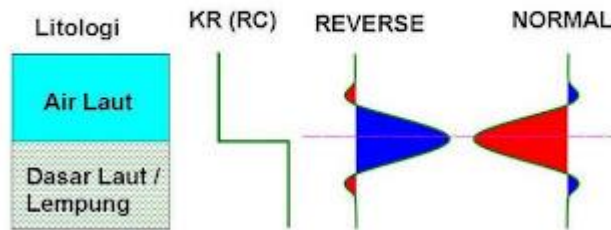
AI2 = impedansi akustik lapisan bawah



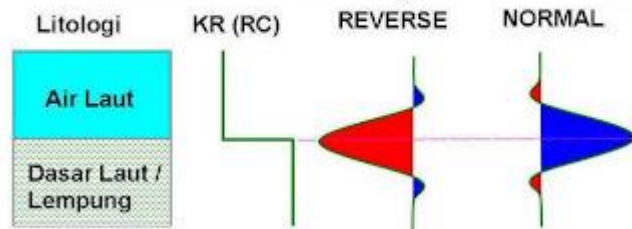
Gambar 7. Koefisien refleksi dan pembalikan polaritas (Cox dkk., 2020)

2.4.3. Polaritas

STANDAR SEG (ZERO PHASE)



STANDAR EROPA (ZERO PHASE)



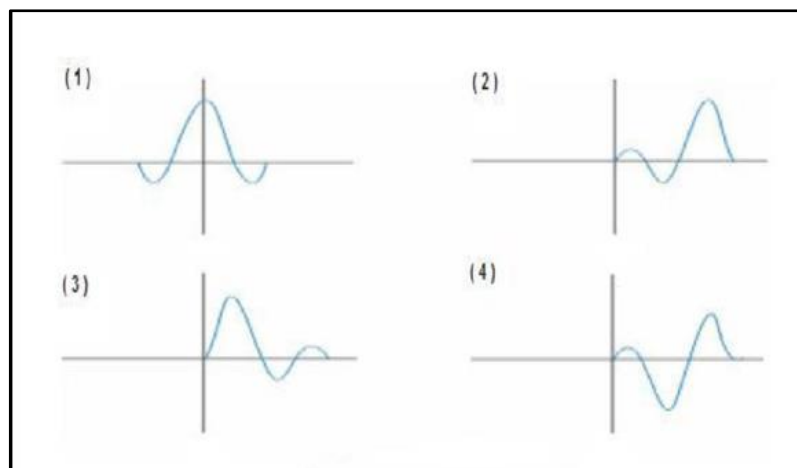
Gambar 8. Polaritas normal dan polaritas reverse (Abdullah, 2008)

Polaritas adalah asumsi tentang representasi koefisien refleksi sebagai bentuk gelombang yang memiliki nilai positif atau negatif. Karena pada dasarnya penggunaan polaritas disini hanya sebatas acuan untuk perekaman dan tampilan konvensi *display*. SEG (*Society of Exploration Geophysicists*) membuat dua definisi konvensi untuk polaritas normal yang dipakai sebagai tampilan dalam data

seismik memakai *wavelet* fase minimum atau fase nol sebagai polaritas standar positif (polaritas Amerika) atau polaritas standar negatif (Polaritas Eropa). Yang mana keduanya saling keterbalikan.

2.4.4. *Wavelet*

Wavelet adalah sinyal singkat yang memiliki batas interval waktu dan amplitudo yang terbatas. *Wavelet* sendiri merupakan komponen penting dalam menentukan resolusi vertikal data seismik, yang berarti ukuran seberapa jauh jarak dua batas geologis sebelum dapat dideteksi sebagai peristiwa terpisah (Cox dkk., 2020). Terdapat empat varian *wavelet* yang umum dikenal, yaitu *zero phase*, *minimum phase*, *maximum phase*, dan *mixed phase*, seperti yang diilustrasikan dalam **Gambar 9**.



Gambar 9. Jenis-jenis *wavelet* (1) *Zero Phase Wavelet*, (2) *Maximum Phase Wavelet*, (3) *Minimum Phase Wavelet*, (4) *Mixed Phase Wavelet* (Sukmono, 1999)

1. *Zero Phase Wavelet*

Wavelet fase nol dengan puncak konsentrasi energi maksimum nya berada simetris di tengah dan waktu tunda nol. *Wavelet* ini lebih baik dari semua jenis *wavelet* yang mempunyai spectrum *amplitude* yang sama.

2. *Maximum Phase Wavelet*

Wavelet berfase maksimum memiliki energi yang terpusat secara maksimal di bagian akhir. Artinya, *maximum phase wavelet* cenderung memiliki energi lebih

banyak pada frekuensi tinggi daripada frekuensi rendah, sehingga memiliki karakteristik lebih "tajam" di frekuensi tinggi.

3. *Minimum Phase Wavelet*

Bagian besar konsentrasi energinya berada di awal dengan spektrum *amplitude* yang sama, fasa minimum ini mempunyai perubahan atau pergeseran fasa terkecil untuk setiap frekuensinya.

4. *Mixed Phase Wavelet*

Wavelet mixed phase wavelet adalah jenis *wavelet* yang memiliki fasa campuran atau kombinasi dari *zero phase*, *maximum phase*, dan *minimum phase*. Artinya, *wavelet* ini memiliki karakteristik fase yang berbeda pada berbagai frekuensi.

2.4.5. Resolusi Vertikal Seismik

Resolusi seismik merupakan bagian usaha dari gelombang seismik untuk memisahkan dua reflektor yang berdekatan. Dalam menentukan resolusi vertikal data seismik, *wavelet* menjadi komponen yang penting. Karena sangat berpengaruh pada ukuran dari rentang jarak antara batas geologis sebelum terdeteksi sebagai peristiwa terpisah sampai akhirnya gelombang seismik dapat memisahkan jarak minimum antara dua objek (Sukmono, 1999). Batas resolusi ini umumnya seperempat dari panjang gelombang (λ) dominan, yang tergantung pada frekuensi gelombang dan kecepatan material batuan. (Cox dkk., 2020).

$$\text{Resolusi vertikal} = \lambda/4 \quad (4)$$

2.4.6. Resolusi Horizontal

Dalam konteks seismik, zona Fresnel mengacu pada area di sekitar garis lurus antara pemancar (*source*) dan penerima (*receiver*) di mana gelombang seismik mengalami difraksi atau pembiasan karena adanya rintangan atau perubahan kecepatan gelombang di dalam medium bawah permukaan. Zona Fresnel ini penting dalam pengolahan data seismik untuk memahami bagaimana gelombang seismik berinteraksi dengan formasi geologi dan mempengaruhi resolusi data

seismik. Tidak seperti resolusi vertikal yang lebih sederhana, resolusi horizontal jauh lebih kompleks karena dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti akuisisi data, proses pengolahan, dan model kecepatan yang tidak selalu ideal. Lebar zona Fresnel mewakili batas energi pantulan dan berfungsi sebagai ukuran resolusi horizontal, dengan panjang gelombang (λ) memiliki peran serupa seperti dalam resolusi vertikal. Untuk meningkatkan resolusi horizontal melibatkan beberapa faktor seperti mempersingkat jarak antar lintasan akuisisi dan mengaplikasikan proses migrasi selama pengolahan data. Tujuan dari ini adalah untuk mengurangi lebar zona Fresnel dan pada akhirnya meningkatkan resolusi horizontal. (Cox dkk., 2020).

$$rf = \frac{v}{2} \sqrt{\frac{t}{f}} \quad (5)$$

Dengan keterangan:

r = radius zona fresnel (m)

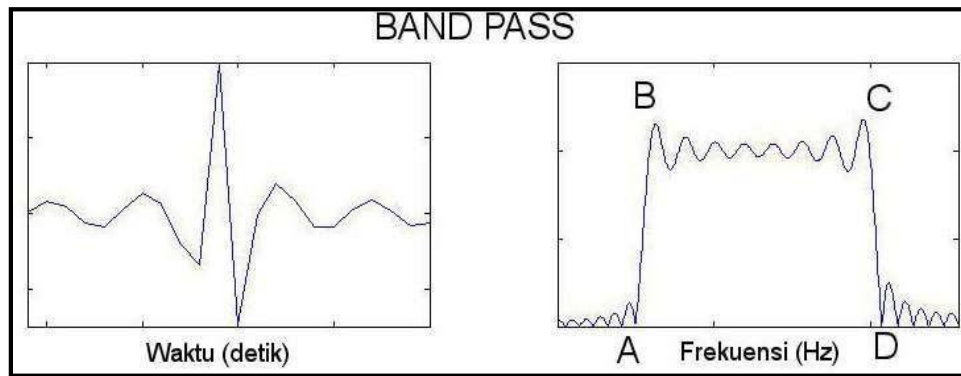
v = kecepatan rata-rata (m/s)

t = *two way time* (s)

f = frekuensi dominan (Hz)

2.5. *Filtering & Editing*

filtering merupakan proses 'menyelamatkan' frekuensi yang diinginkan. Dalam pengolahan data seismik juga digunakan *band pass filter* untuk melakukan pemilihan pada gelombang seismik serta memisahkan gelombang yang terdapat *noise* baik yang berfrekuensi rendah (seperti *ground roll*) maupun *noise* frekuensi tinggi (*ambient noise*).



Gambar 10. *Bandpass filter* (Abdullah dkk., 2018)

Salah satu contoh *filter* yang digunakan untuk mendeteksi *noise* dan mempertahankan sinyal adalah *filter* frekuensi (satu dimensi). Dimana jenis *filter* yang digunakan untuk meredam frekuensi tertentu yang tidak diinginkan. Jenis *filter* ini antara lain *low pass filter*, *high passfilter*, *band pass filter*, dan *notch filter* (Bancroft, 2001).

Rumus umum untuk merancang filter bandpass (pita lebar) dalam konteks pengolahan data seismik adalah menggunakan fungsi transfer filter yang didasarkan pada domain frekuensi. Filter bandpass digunakan untuk menghilangkan komponen frekuensi rendah dan tinggi dari sinyal seismik, sehingga hanya komponen frekuensi dalam rentang tertentu yang diizinkan melewati filter.

$$H(f) = \left[1 - \left(\frac{f}{f_1} \right)^2 \right] \left[1 - \left(\frac{f_2}{f} \right)^2 \right] \quad (6)$$

Dengan keterangan:

$H(f)$ = fungsi transfer *filter* pada frekuensi f .

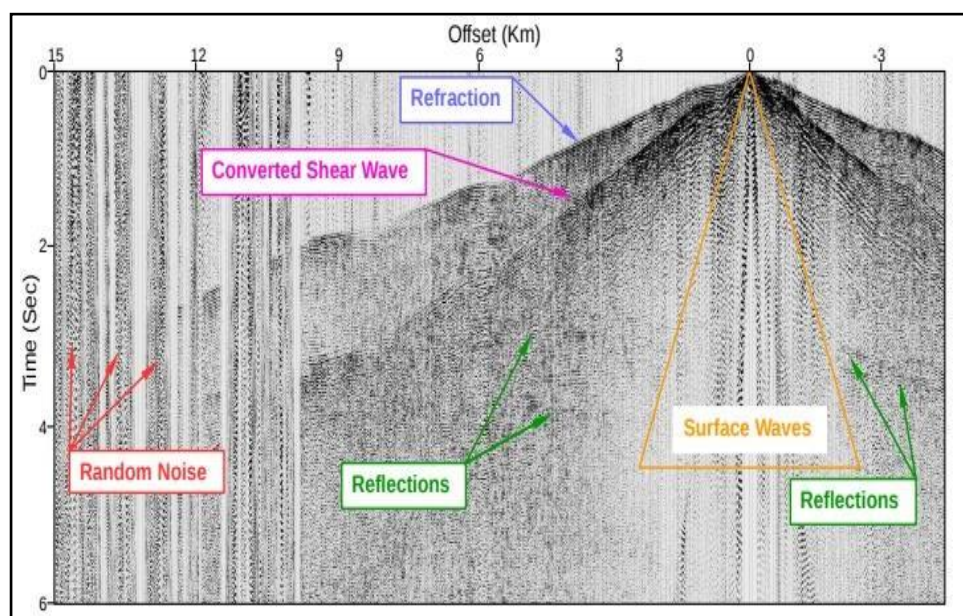
f = frekuensi

f_1 dan f_2 = frekuensi *cutoff* bawah dan atas dari *filter bandpass*, yang menentukan rentang frekuensi yang diizinkan.

Kemudian *editing* adalah proses dimana setiap rekaman yang jelek dihilangkan. Selain itu pada proses *editing* akan dilakukan *muting* untuk menghilangkan beberapa rekaman yang dianggap sinyal interferensi seperti *random*

noise, *surface wave* dan data lain yang dapat mengganggu, seperti terlihat pada **Gambar 11** (Naghizadeh dkk., 2019).

Dari dilakukannya muting akan meningkatkan kualitas data, dimana berbagai *noise* seperti *random noise* atau *noise ground roll* yang kecepatannya berbeda dengan data bisa terseleksi dan kemudian dipotong. Parameter *muting* dalam pengolahan seismik adalah melibatkan pemilihan dan penghilangan data seismik yang berkaitan dengan interval waktu tertentu pada tahap awal pengolahan. Proses *muting* melibatkan identifikasi interval waktu yang dianggap mengandung gangguan atau *noise* yang tidak diinginkan dalam data. Data dalam interval waktu tersebut kemudian dinyatakan sebagai sementara dihapus atau diabaikan sebelum lanjut ke langkah-langkah pengolahan berikutnya. Tujuannya adalah untuk mengurangi efek dari *noise* pada hasil akhir dan tetap mempertahankan informasi yang signifikan dalam data seismik (Latimer dkk., 2000).



Gambar 11. Shot gather dari project Metal Earth Malartic R1(Naghizadeh dkk., 2019)

Adapun jenis *noise* yang biasanya diedit adalah:

1. Ada *trace* yang tidak merekam data, entah karena sengaja tidak memasang *hydrophone/geophone* atau karena kerusakan pada saluran, yang berakibat pada adanya *noise* instrumen dalam saluran tersebut.
2. *Trace* yang mengandung *noise* elektrostatik, biasanya frekuensi tinggi.
3. Data pada jejak merekam getaran langkah seseorang yang berjalan di sekitar *hydrophone/geophone*.
4. *Cross feed*.
5. Daerah *first arrival* (bias gelombang, *initial muting*).
6. *Noise* pada *trace* yang mengelompok (gunakan *surgical muting*).

Mengedit berbeda dari *muting*. Jika *muting* beroperasi pada dua dimensi x - t sekaligus, maka pengeditan beroperasi dalam satu dimensi dan sangat lokal. Tahap *editing* akan membantu memperbaiki *amplitude* yang dianggap buruk yang terkandung dalam setiap *trace* seismik yang terekam. Jika dalam sebuah *trace* ternyata *amplitude* gelombangnya jelek, maka editannya akan berubah menjadi *killling*, yang artinya semua *amplitude* bukan nol pada *trace* diset menjadi nol. *Killing* tidak akan mempengaruhi hasil akhir karena pada tahap *stacking* terdapat puluhan jejak seismik yang bertambah.

2.6. Dekonvolusi

Gelombang seismik yang berada di bumi mengalami proses konvolusi (penyaringan), disini bumi bertindak sebagai *filter* terhadap energi seismik. Akibat pengaruh *filter* bumi, bentuk gelombang seismik (*wavelet*) yang semula tajam dan *amplitude*-nya tinggi menjadi lebih lebar dan *amplitude*-nya berkurang. Dekonvolusi adalah cara untuk mengkompensasi efek *filter* bumi sehingga gelombang yang direkam menjadi tajam dan tinggi lagi dalam *amplitude* di wilayah waktu dan lebar di wilayah frekuensi dengan operasi kebalikan dari konvolusi. Sedangkan konvolusi seismik sendiri merupakan teknik penting dalam pengolahan data seismik. Ini adalah metode matematika yang digunakan untuk memproses dan meningkatkan kualitas data seismik dalam upaya untuk mendapatkan gambaran yang lebih jelas tentang bawah permukaan bumi. Metode konvolusi seismik

digunakan untuk mencapai berbagai tujuan, termasuk pengurangan *noise*, peningkatan resolusi spasial, dan identifikasi struktur geologi (Romauli dkk., 2016).

Umumnya, dekonvolusi dilakukan sebelum proses *stacking*, namun juga memiliki kemungkinan untuk diaplikasikan setelah *stacking*. Selain meningkatkan resolusi vertikal, dekonvolusi juga berfungsi untuk mengurangi efek "*ringing*" atau gangguan hasil ganda yang bisa mengaburkan interpretasi data seismik. Proses ini terjadi karena gelombang seismik yang dikirimkan ke bumi mengalami konvolusi atau penyaringan, sehingga data yang dihasilkan mengandung beberapa *wavelet* yang memiliki kompleksitas dan panjang yang berbeda. *Wavelet* sendiri merupakan komponen penting dalam menentukan resolusi vertikal data seismik, yakni seberapa jauh kedua batas geologis harus terpisah agar dapat diidentifikasi sebagai peristiwa yang berbeda (Cox dkk., 2020). Akibat pengaruh *filter* bumi, bentuk gelombang seismik (*wavelet*) yang semula tajam dan *amplitude* nya tinggi menjadi lebih lebar dan *amplitude* nya berkurang, sehingga berimbas pada berkurangnya kemampuan *wavelet* untuk melihat perbedaan lapisan geologi di dalam bumi (Chopra & Castagna, 2014). Oleh sebabnya, sangat perlu dilakukan proses dekonvolusi yang mana bertujuan untuk meningkatkan resolusi temporal atau vertikal dengan mengompresi *wavelet* sehingga dapat meningkatkan resolusi temporal penampang seismik.

2.6.1. Dekonvolusi Prediktif

Metode dekonvolusi prediktif, merupakan tipe dekonvolusi dengan memakai informasi dari awal *trace* seismik untuk memprediksi sistem *noise* dan *multiple* (Arifudin dkk., 2015). Dekonvolusi prediktif menghilangkan gema dengan jarak prediksi tertentu dan umumnya digunakan untuk *multiple attenuation* (menghilangkan *multiple*).

Tujuan utama dari dekonvolusi prediktif adalah untuk meningkatkan resolusi temporal dari data seismik dan mereduksi pantulan-pantulan ganda dan bergemuruh yang dapat terjadi dalam lapisan-lapisan di bawah permukaan. Dengan begitu, teknik ini membantu mendapatkan representasi yang lebih jelas dari geologi

di bawah permukaan dan meningkatkan interpretasi data seismik. Rumus dekonvolusi prediktif dapat dinyatakan secara matematis sebagai berikut:

$$D_K = \frac{S_K^*}{K_K^*} \quad (7)$$

Dengan keterangan:

Tanda asterisk (*) adalah menunjukkan konjugat kompleks.

D_K = data hasil dekonvolusi pada frekuensi ke-k.

S_K^* = spektrum frekuensi data seismik yang telah dikonvolusi sebelumnya pada frekuensi ke-k.

K_K^* = spektrum frekuensi kernel konvolusi pada frekuensi ke-k.

Rumus (7) menunjukkan bahwa dekonvolusi prediktif melibatkan pembagian spektrum frekuensi data yang telah dikonvolusi dengan spektrum frekuensi kernel konvolusi pada setiap frekuensi. Dalam hal ini, "spektrum frekuensi" mengacu pada transformasi *fourier* dari data waktu dan kernel konvolusi.

2.6.2. *Surface Consistent Deconvolution (SCD) Predictive*

Untuk *surface Consistent Deconvolution (SCD) Predictive* adalah metode lanjutan dekonvolusi dan termasuk dekonvolusi non-konvensional yang digunakan dalam pengolahan data seismik untuk meningkatkan resolusi frekuensi dan menghilangkan efek dari operasi konvolusi sebelumnya secara konsisten di seluruh area peta seismik. Metode ini dapat melakukan penguraian *wavelet* seismik menjadi *source*, *receiver*, *offset*, dan *midpoint*.

Metode ini juga mampu mencapai konsistensi dalam resolusi frekuensi dan karakteristik data seismik di semua lintasan permukaan, sehingga menghasilkan hasil yang lebih akurat dan kualitas data yang lebih baik di seluruh peta seismik, dengan begitu proses pengolahan dapat maksimal meningkatkan resolusi temporal penampang seismik (Millar & Bancroft, 2006). Rumus matematis untuk *surface consistent deconvolution* dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$D_K(x, y) = \frac{S_K(x, y)}{K_K(x, y)} \quad (8)$$

Dengan keterangan:

$D_K(x, y)$ = data hasil dekonvolusi pada frekuensi ke-k di titik koordinat (x, y),

$S_K(x, y)$ = spektrum frekuensi data seismik pada frekuensi ke-k di titik koordinat (x, y),

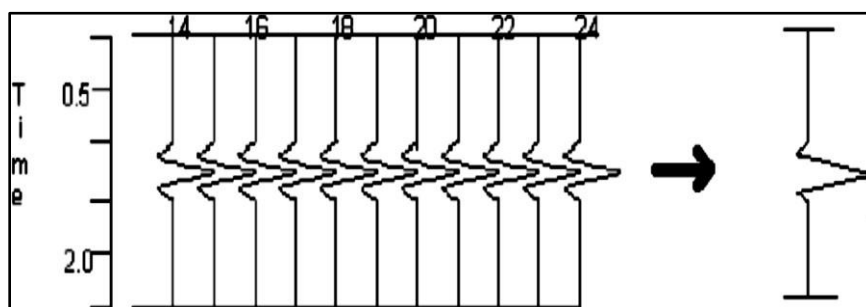
$K_K(x, y)$ = spektrum frekuensi kernel konvolusi pada frekuensi ke-k di titik koordinat (x, y).

Rumus ini adalah perpanjangan dari rumus dekonvolusi prediktif yang telah dijelaskan sebelumnya, namun dalam SCD, nilai spektrum frekuensi data seismik dan kernel konvolusi bervariasi di setiap titik koordinat (x, y) pada peta seismik. Dengan demikian, SCD memperhitungkan variasi frekuensi secara lebih detail untuk setiap lintasan permukaan. Sehingga dari persamaan tersebut, *surface consistent deconvolution* adalah metode dekonvolusi dengan pendekatan yang lebih canggih dan komprehensif dalam dekonvolusi data seismik, dan dapat menghasilkan gambaran yang lebih akurat dari bawah permukaan bumi dengan mempertimbangkan variasi frekuensi antara lintasan permukaan yang berbeda. Dalam praktiknya, perangkat lunak khusus digunakan untuk melaksanakan SCD pada data seismik yang kompleks dan besar.

2.7. *Stacking*

Stacking adalah proses penjumlahan *trace* dalam satu *gather* data yang bertujuan untuk meningkatkan *signal to noise ratio* (S/N), karena sinyal yang koheren akan saling menguatkan dan *noise* yang tidak koheren akan saling menghilangkan. Selain itu, *stacking* akan mengurangi *noise* yang koheren. Biasanya proses *stack* dilakukan berdasarkan CDP, yaitu *trace* yang digabungkan dalam satu CDP dan telah dikoreksi oleh NMO, kemudian dijumlahkan untuk mendapatkan satu *trace* yang tajam dan bebas dari *incoherent noise*, seperti terlihat pada **Gambar 12**. Oleh karena itu pemilihan metode *stacking* yang digunakan dan arah pengukuran data penting untuk menekan ambiguitas reflektor sehingga lebih

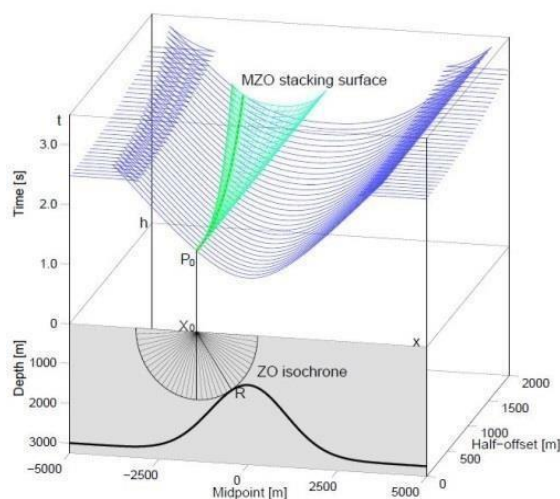
efisien dalam merekonstruksi struktur geologi bawah permukaan yang kompleks (Dani & Sule, 2021).



Gambar 12. Proses penjumlahan *trace* dalam satu CDP *stacking* (Bancroft, 2001)

2.7.1. CMP *Stack*

Metode *stacking* konvensional selama ini yang sering dipakai adalah metode CMP *Stack* dimana metode ini sangat bergantung pada model kecepatan yang didapat dari hasil *velocity analysis*. CMP *gather* memiliki semua sinar frekuensi karena melibatkan proses akumulasi dan penjumlahan data seismik yang diambil dari stasiun seismik dengan posisi yang berbeda, tetapi memiliki *midpoint* yang sama di permukaan dengan begitu mampu menyisahkan *noise* yang sama pada reflektor dengan *offset* yang berbeda-beda (Prasetyo, 2016). Hal ini dilakukan untuk menghasilkan sebuah penampang *stack* dengan rasio sinyal terhadap *noise* (S/N) yang tinggi (Mayne, 1962).



Gambar 13. Operator *stack* dari NMO/DMO *stack* (Jäger, 1999)

Dari ilustrasi yang diperlihatkan oleh **Gambar 13** diatas, jarak offset direpresentasikan oleh variabel h , waktu direpresentasikan oleh variabel t , dan x merupakan CDP (*Common Depth Point*). Beberapa *ray* yang berbeda dapat mencerminkan pada satu titik CDP. Data yang meliputi banyak *ray* yang berbeda diakumulasi melalui penjumlahan sepanjang line multicoverage data yang ditunjukkan dalam garis berwarna biru. Proses ini bertujuan untuk mengakumulasi dan memadukan berbagai *ray* yang berbeda tersebut. Setelah diakumulasi, data-data tersebut direpresentasikan dalam satu trace yang mewakili titik P_o .

Antara sumbu waktu dan sumbu jarak *offset*, terlihat kurva hiperbolik yang muncul akibat dari faktor *offset*. Untuk membuat gather data menjadi lurus, diperlukan analisis kecepatan (*velocity analysis*). Operator CMP *Stack* diwakili dengan garis berwarna hijau muda, dan tahap *stack* metode konvensional diindikasikan oleh garis hijau tebal. Prosedur *stack* bertujuan untuk menggabungkan data seismik dari berbagai CDP yang memiliki *midpoint* yang sama sehingga memungkinkan untuk mendapatkan gambaran bawah permukaan yang lebih baik dengan meningkatkan rasio sinyal-ke-*noise* dan resolusi vertikal.

2.7.2. Common Reflection Surface Stack

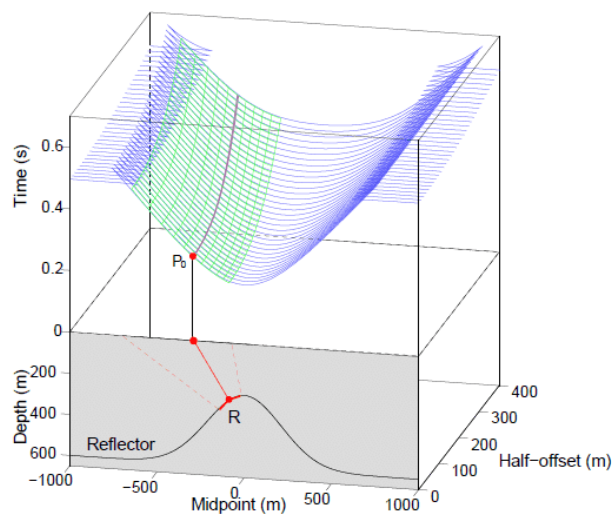
Common Reflection Surface merupakan pengembangan dari metode pengolahan konvensional yang sudah umum dilakukan. Metode CRS memiliki kelebihan dibandingkan dengan metode *stack* konvensional, khususnya pada struktur yang kompleks dan tidak bergantung pada model kecepatan yang mana ini sangat berguna untuk pengolahan data seismik. Perbedaan utama antara CRS dan *stacking* konvensional adalah pada pilihan parameter *stack* atau atribut yang terhubung ke reflektor bawah permukaan (Daruartati dkk., 2015).

$$t^2(x_m, h) = [t_0 + \frac{2 \sin \alpha}{v_0} (x_m - x_0)]^2 + \frac{2t_0 \cos^2 \alpha}{v_0} [\frac{(x_m - x_0)^2}{R_N} + \frac{h^2}{R_{NIP}}] \quad (9)$$

Berdasarkan Persamaan (9) diatas, t_0 merupakan sampel waktu. Adapun x_0 adalah koordinat saat sinar normal muncul pada setengah offset, dengan h sama dengan nol, $x_m - x_0$ menunjukkan *aperture* titik tengah. v_0 merupakan kecepatan

konstan di dekat permukaan. Jari-jari kelengkungan gelombang normal disimbolkan RN , sedangkan jari-jari kelengkungan gelombang *normal incident point* (NIP) disimbolkan $RNIP$, serta α merupakan sudut datang gelombang pantul.

Pada prosesnya, *CRS stacking* akan mengaitkan *CMP stacking* sepanjang bagian reflektor. Dengan ini tentunya akan meningkatkan *amplitude* reflektor di area reflektor yang membentuk suatu kurva, sehingga reflektor relatif akan lebih kuat dan memiliki kontinuitas lebih baik dibandingkan dengan *stacking* konvensional (Höcht dkk., 1999).



Gambar 14. Operator *stack* dari *CRS stack* (Jäger, 1999)

2.8. Migrasi

Migrasi merupakan langkah dalam pengolahan data seismik yang bertujuan untuk mengoreksi posisi miring dari reflektor kembali ke posisi waktu pantulan asalnya, dan juga untuk mengurangi efek difraksi yang timbul karena adanya struktur tertentu. Hal ini bertujuan untuk meningkatkan resolusi spasial dan menghasilkan gambaran seismik yang lebih akurat mengenai lapisan bawah permukaan Bumi (Yilmaz, 2001).

Proses migrasi dilakukan dalam domain waktu dan merupakan langkah terakhir dalam pengolahan data seismik. Penyebab perubahan posisi reflektor adalah bahwa gambaran seismik yang dihasilkan dari proses *stacking* mungkin

belum sepenuhnya menggambarkan posisi sebenarnya. Hal ini terjadi karena rekaman dari gelombang datang normal belum tentu berada tegak lurus terhadap permukaan, terutama pada reflektor yang memiliki kemiringan (Rasimeng dkk., 2020). Migrasi data seismik bertujuan untuk memetakan *event-event* seismik pada posisi yang sebenarnya, singkatnya proses migrasi adalah langkah penting dalam pengolahan data seismik untuk menempatkan reflektor bawah permukaan dengan akurat pada posisi spasial yang tepat, juga untuk mengoreksi variasi lateral dan vertikal dalam struktur kecepatan bawah permukaan, yang menyebabkan pantulan seismik terposisi tidak tepat dalam data rekaman (Sheriff & Geldart, 1995). Berikut adalah persamaan dasar untuk migrasi pada pengolahan data seismik.

$$t_m = \frac{t}{2} \left(\sqrt{1 + \frac{4h^2}{v^2}} - 1 \right) \quad (10)$$

Dengan keterangan:

t_m = adalah waktu pada posisi yang telah di-migrasi,

t = waktu asli pada posisi yang direkam,

h = *offset* sumber-penerima, dan

v = kecepatan gelombang seismik di bawah permukaan.

2.9. *Data Enhancemenet*

2.9.1. *Fan Filter*

Data enhancemenet fan filter umumnya digunakan pada metode konvensional saja. *Filter fan* mengambil namanya dari pola bentuk wajah kipas yang terbentuk ketika *filter* ini diterapkan pada data seismik dalam domain frekuensi atau domain waktu. *Filter* ini memiliki fungsi yang hampir sama dengan *bandpass filter*, yaitu menghapus frekuensi rendah atau frekuensi tinggi dari data seismik dan mempertahankan frekuensi menengah. Ini dilakukan dengan mereduksi amplitudo frekuensi rendah dan frekuensi tinggi, sementara amplitudo frekuensi menengah dipertahankan.

Fan filter pertama kali diperkenalkan sejak pada tahun 1963, pembahasan sampai implementasi dan aplikasinya masih terbuka hingga saat ini. *Fan filter* ditentukan oleh batas frekuensi dan kecepatan, ini juga menjadi opsi untuk melakukan input zona kecepatan dan frekuensi dalam jumlah tak terbatas untuk difilter dalam domain F-K. Spesifikasi kecepatan *fan filter* dapat menjadi poligon di dalam program (Kirchheimer, 1985). Meskipun *fan filter* masuk kedalam domain F-K, tetapi *filter* ini tidak memiliki formula yang spesifik dalam konteks matematika umum atau pengolahan sinyal, namun formula atau definisinya akan tergantung pada konteks filter tersebut digunakan. Dalam hal ini digunakan proses bandpass filter, maka dari itu persamaannya ditulis sebagai berikut:

$$H(f) = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{f}{fc}\right)^{2N}}} \quad (11)$$

Dengan keterangan:

$H(f)$ = respons frekuensi dari filter bandpass pada frekuensi,

fc = frekuensi tengah (*center frequency*) dari *filter bandpass*, yang merupakan akar kuadrat dari hasil kali frekuensi *cutoff* bawah ($f1$) dan frekuensi *cutoff* atas (fh): $fc = \sqrt{f1 fh}$

N = urutan (*order*) dari *filter* Butterworth, yang menggambarkan tingkat ketajaman pemotongan (*roll-off*) *filter*.

2.9.2. F-X Deconvolution

F-X decon adalah teknik dekonvolusi yang digunakan untuk mereduksi *noise* yang sifatnya *random* dan *multiple* berfrekuensi tinggi yang masih tersisa dari proses NMO dan *stack*, sehingga akan memperbaiki interpretasi dan analisis struktur bawah permukaan. Di tahap ini setiap *trace* yang berada pada wilayah *time-offset* ($t-x$) akan ditransformasikan kedalam wilayah frekuensi untuk setiap frekuensinya. *Filter Wiener Levinson* pada *F-X decon* digunakan untuk memprediksi sampel berikutnya (Jamaluddin dkk., 2020).

$$\omega n(t) = \omega(t - k\Delta x) \quad (12)$$

Dengan keterangan $\omega(t)$ merupakan *sub-wave* sinyal seismik, (x) adalah spasi *channel* antara sinyal seismik, dan *channel* ke- n ditulis dalam Persamaan (12). Kemudian FFT dari Persamaan (12) direpresentasikan sebagai berikut:

$$FFT[\omega_n(t)] = \omega(f)e^{-jkn\Delta \times 2\pi f} \quad (13)$$

Jika spektrum channel pertama ialah $W_1(F)$, dengan (F) adalah frekuensi tertentu, maka channel ke- n ditulis sebagai berikut:

$$W_n(f) = W_1(f)e^{-jk(n-1)\Delta \times 2\pi f} \quad (14)$$

Transformasi Z dari penjumlahan setiap channel dituliskan sebagai berikut:

$$H(z) = \sum_n W_1(f)e^{-jk(n-1)\Delta \times 2\pi f} \cdot z^{n-1} = W_1(f)e^{-jk(n-1)\Delta \times 2\pi f} \cdot z^{n-1} \quad (15)$$

Persamaan (15) diatas merupakan model autoregresif orde kedua. Spektrum channel menuju $(n+1)$ dapat diprediksi oleh persamaan berikut:

$$W_{n+1}(f) = W_n(f)e^{-jkn\Delta \times 2\pi} \quad (16)$$

Terdapat filter complex Wiener untuk menghitung operator prediksi error $O(f, x)$. Dengan begitu prediksi kesalahan $E(f_0)$ dapat dituliskan sebagai berikut:

$$E(f_0) = \sum_x \{ [\sum_n S(f_0, x - n) \cdot O(f_0, n) - \sum_n S(f_0, x) \cdot [\sum_n S(f_0, x - n) \cdot O(f_0, n) - \sum_n S(f_0, x)]] \} \quad (17)$$

Sinyal asli yang terekam ditandai oleh $S(f, x)$, Operator prediksi error $O(f, x)$ dapat dihitung dengan memanfaatkan prinsip energi kesalahan minimum. Untuk mendapatkan sinyal tanpa noise, dapat digunakan konvolusi antara $O(f_0, n)$ dengan setiap saluran yang memiliki frekuensi f_0 . Penggunaan dekonvolusi F-X terbukti cukup efektif untuk meningkatkan kontinuitas sinyal koheren dan menghilangkan noise acak. Namun, perlu dicatat bahwa operator prediksi error $O(f, x)$ sangat sensitif terhadap adanya noise.

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada tanggal 06 Maret sampai 15 Mei 2023 di Lembaga Pengembangan Teknologi Minyak dan Gas Bumi “LEMIGAS” Gedung Eksplorasi 3 Jalan Ciledug Raya Kavling 109, Cipulir Kebayoran Lama, Jakarta Selatan. Penelitian ini melibatkan berbagai tahap, termasuk studi literatur, pengolahan data seismik, serta penyusunan laporan untuk LEMIGAS. Adapun susunan rencana jadwal kegiatan adalah sebagai berikut:

Tabel 1. Rincian kegiatan Tugas Akhir

No	Jenis Kegiatan	Bulan				
		Maret	April	Mei	Juni	Juli
1	Studi Literatur	■	■	■	■	■
2	Persiapan Penelitian	■	■	■	■	■
3	Penyusunan Proposal	■	■	■	■	■
4	Seminar Proposal	■	■	■	■	■
5	Pengolahan Data Seismik	■	■	■	■	■
6	Analisis Hasil	■	■	■	■	■
7	Penyusunan dan revisi Laporan	■	■	■	■	■
8	Seminar Hasil	■	■	■	■	■
9	Sidang Komprehensif	■	■	■	■	■

3.2. Alat dan Bahan

Berikut merupakan alat maupun fasilitas sebagai pendukung pelaksanaan penelitian diantaranya sebagai berikut:

1. Seperangkat komputer (*PC*) & Laptop
2. *Microsoft Word* 2019
3. *Software ProMAX*
4. *Mouse*
5. Peralatan pendukung lainnya yang menunjang penelitian.

3.3. Tahapan Penelitian

3.3.1. Persiapan Data

Tahapan ini adalah fase permulaan dari penelitian, yang melibatkan penguasaan materi yang lebih mendalam setelah melakukan studi literatur. Selain itu, langkah ini mencakup pengumpulan dan persiapan data. Data penelitian yang dipakai adalah data seismik refleksi 2D hasil pengukuran di Laut Nias oleh LEMIGAS dengan kode nama **GM3-BIO-NIAS-L22.1**. Terdapat parameter akuisisi yang ditunjukkan oleh **Tabel 2** berikut.

Tabel 2. Parameter akuisisi data GM3-BIO- NIAS-L22.1

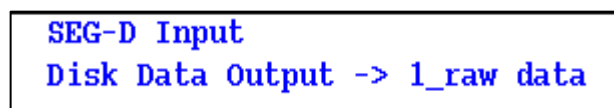
PARAMETER AKUISISI	GM3-BIO- NIAS-L22.1
<i>Source interval</i>	25 m
<i>Group Interval</i>	12.5 m
Jumlah <i>Source</i>	1262
Jumlah <i>channel</i>	96
<i>Minimum Offset</i>	50 m
<i>Maximum Offset</i>	1237.5 m
<i>CDP Interval</i>	6.25 m
<i>Fold</i> Maksimum	24
Panjang Lintasan	31,525 m
<i>Line Azimuth</i>	40°

3.3.2. Pengolahan Data

Pada dasarnya pengolahan data seismik dimaksudkan untuk mengubah data seismik hasil akuisisi lapangan yang terekam menjadi suatu penampang seismik yang kemudian *output* dari pengolahan ini dapat dilakukan interpretasi. pengolahan dilakukan melalui dua pendekatan yang berbeda, yaitu metode konvensional dan metode *common reflection surface* (CRS), dengan penerapan teknik dekonvolusi prediktif serta dekonvolusi *surface consistent* (SCD). Sedangkan tujuan pengolahan data seismik ini adalah untuk menghasilkan penampang seismik dengan kualitas *signal to noise ratio* (S/N) yang tinggi dan resolusi temporal yang baik tanpa mengubah bentuk kenampakan-kenampakan refleksi/pelapisan batuan bawah permukaan, sehingga interpreter mempunyai kepercayaan diri yang tinggi untuk melakukan interpretasi nantinya. Selain itu, tahapan dalam pengolahan data seismik juga dipertimbangkan atas dasar karakteristik data lapangan yang akan diolah.

a) *Input Data*

Flow input SEG-D bertujuan untuk melihat *raw data* seismik berdasarkan parameter hasil pengukuran yang terekam dalam media penyimpanan. Data yang pada penelitian ini adalah data seismik 2D laut dengan format SEG-D. Data tersebut diolah pada *software* ProMAX yang dimulai dari SEG-D *Input* -> *Disk Data Output* dengan keluaran *rawdata*. Nama area untuk data ini ialah "GM3-BIO-NIAS-L22.1". *Flow* pada proses *input data* ditunjukkan pada **Gambar 15**.



Gambar 15. Flow proses input data

b) Pengaturan Geometri

Tujuan dari langkah ini adalah untuk menyelaraskan data akuisisi lapangan dengan data yang direkam, karena data yang telah diinput sebelumnya hanya berisi tentang informasi pola gelombangnya saja, sedangkan untuk melakukan proses

selanjutnya diperlukan informasi akuisisi di lapangan yang telah dilakukan sebelumnya.

```

2D Marine Geometry Spreadsheet*
Disk Data Input <- 1_raw data
Inline Geom Header Load
Disk Data Output -> 2_geometri

```

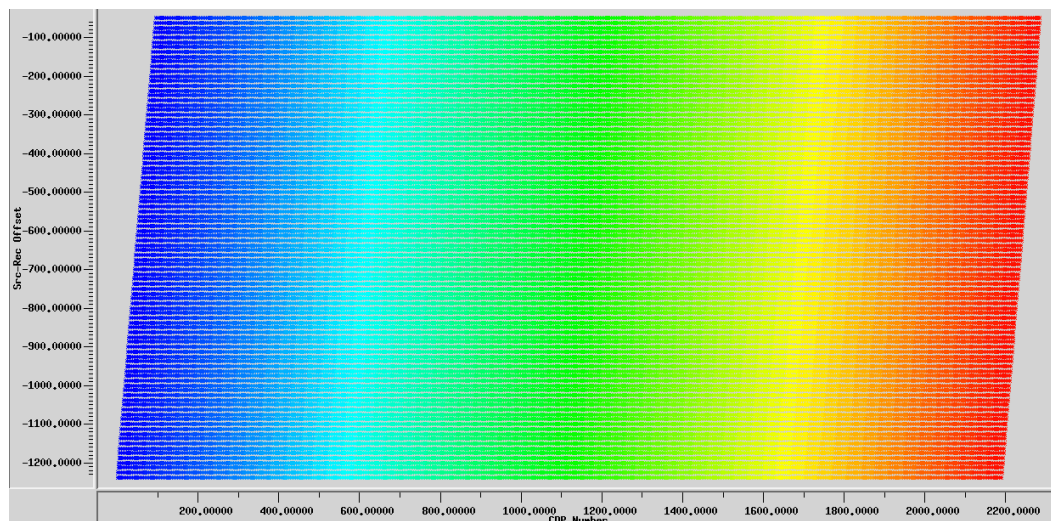
Gambar 16. Flow proses pengaturan geometri

Pada *Menu Auto Marine 2D Geometry* hanya muncul pada input SEG-D data yang merupakan input untuk data *marine*. Pengaturan ini merupakan bagian untuk mengatur *receiver* pada *marine seismic*. **Gambar 17** menunjukkan parameter yang diatur pada *menu* tersebut.

Parameter	Value
Station Intervals (Generally Required; Please see Doc.)	
Noninal Receiver Station Interval:	12,5000
Noninal Source Station Interval:	25,0000
Noninal Crossline Separation:	0,0000
Noninal Sail Line Azimuth:	40,0000
Noninal Source Depth:	5,0000
Noninal Receiver Depth:	7,0000
Units (Required)	Meters
Co-ordinate origin (Optional)	
X0: Subtract this value from all X coordinates:	0,0000
Y0: Subtract this value from all Y coordinates:	0,0000
Auto Marine 2D Geometry Parameters	
Near Channel:	1
Far Channel:	36
Chan Increment:	1
Minimum Offset:	50,0000
Perpendicular Offset:	0,0000
Group Interval:	12,5000
Number of Shots:	548
First Shot Station:	36
Shot Station Number Increment:	1
Sail Line Azimuth:	40,0000
Shot Interval:	25,0000
X Coordinate of First Shot:	0,0000
Y Coordinate of First Shot:	0,0000

Gambar 17. Geometri setup

Setelah geometri telah dimasukkan ke dalam sistem, informasi geometri tersebut di-load ke dalam data seismik sebelumnya. Sehingga, dari proses ini dihasilkan *stacking chart* antara CDP dengan *offset* seperti yang terlihat pada **Gambar 18**.



Gambar 18. *Stacking chart CDP dan offset*

c) *Filtering*

Pemberian *filter* dilakukan sebelum *flow editing* untuk memudahkan dalam menentukan *trace* yang akan di-kill dan di-mute. *Filtering* dilakukan guna menghilangkan frekuensi yang tidak diinginkan dan mempertahankan frekuensi yang diinginkan.

```

Disk Data Input <- 2_geometri
Interactive Spectral Analysis
Bandpass Filter
Disk Data Output -> 3_filtering
Trace Display

```

Gambar 19. *Subflow filtering*

Selanjutnya pada pilihan *bandpass filter*, *type of filter* yang digunakan adalah “*Single Filter*” pada tipe ini berguna untuk menjalankan operasi pemfilteran pada semua *trace* dan semua waktu. Kemudian tipe dari spesifikasi filter adalah “*Ormsby Bandpass*” yang mana pilihan ini berguna untuk memasukan 4 nilai frekuensi sebagai batas. Nilai frekuensi yang dipilih adalah 10-20-65-75 Hz.

<i>Bandpass Filter</i>	
TYPE of filter	Single Filter
Type of filter specification	Ormsby bandpass
PHASE of filter	Zero
Domain for filter application	Frequency
Percent zero padding for FFT's	25.
Apply a notch filter?	Yes No
Ormsby filter frequency values	10-20-65-75
Re-apply trace mute after filter?	Yes No

Gambar 20. Parameter *bandpass filter*

d) *Editing*

Tahap *editing* bertujuan untuk menghilangkan *noise* yang mengganggu pengolahan data seperti *direct wave*, *trace* mati dengan data jelek atau polaritas terbalik. Proses *editing* yang dilakukan meliputi proses *trace muting* dengan *Dataset* yang digunakan sebagai *input* merupakan *dataset* “03. FILTERING” dengan parameter yang lain bernilai *default*.

```
Disk Data Input <- 3_filtering
Trace Display
Trace Muting <= TOP
Trace Muting <= BOT
Disk Data Output -> 4_editing
```

Gambar 21. *Flow* proses *editing*

e) TAR dan Dekonvolusi

True Amplitude Recovery merupakan proses untuk memperoleh *amplitude* gelombang seismik yang seharusnya dimiliki. Nilai yang digunakan hanya merupakan nilai pendekatan yang dinyatakan dalam satuan *db/sec* penjarannya di dalam bumi. Sedangkan dekonvolusi dipakai untuk mengembalikan bentuk *wavelet* data menjadi bentuk *wavelet* reflektor yang diharapkan mempunyai informasi untuk setiap lapisannya.

```
Disk Data Input <- 4_editing
True Amplitude Recovery
Spiking/Predictive Decon <= DEKON
Disk Data Output -> 5_preprocessing
Trace Display
```

Gambar 22. *Flow* proses TAR dan dekonvolusi

1) Dekonvolusi Prediktif

Tipe prediktif, merupakan tipe yang mengaplikasikan informasi dari awal *trace* seismik untuk memprediksi sistem *noise* dan *multiple*. Umumnya digunakan untuk *multiple attenuation* (menghilangkan *multiple*). Untuk subflow yang digunakan pada tipe dekon ini telah ditunjukkan pada **Gambar 22**.

2) *Surface Consistent Deconvolution* (SRD)

Surface consistent deconvolution merupakan jenis metode dekonvolusi yang dapat melakukan penguraian *wavelet* seismik menjadi *source*, *receiver*, *offset*, dan *midpoint*. Sehingga dengan begini proses pengolahan dapat maksimal meningkatkan resolusi temporal penampang seismik.

```
Disk Data Input <- 4_editing
True Amplitude Recovery
Surface Consistent Decon <= DEKON
Disk Data Output -> 5_preprocessing
Trace Display
```

Gambar 23. *Surface Consistent Deconvolution* (SRD)

f) *Velocity Analysis*

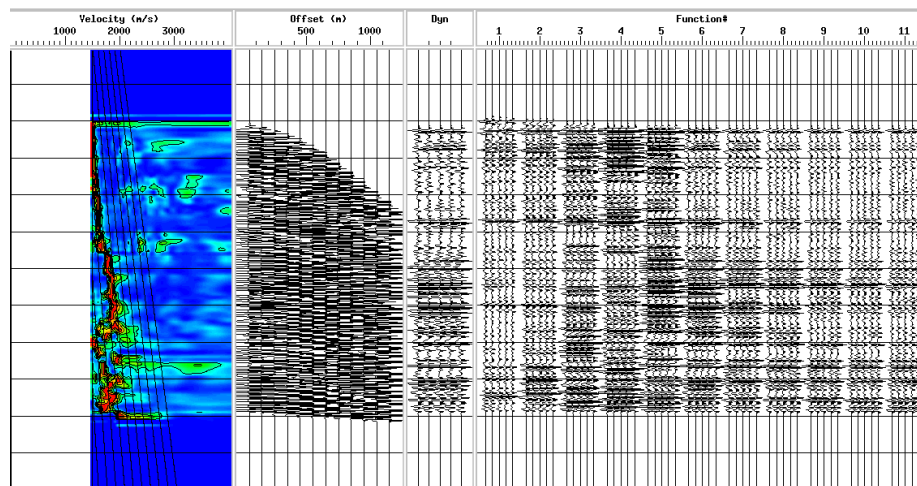
Tahapan selanjutnya adalah *main processing*, yang dimulai dengan tahapan *velocity analysis* yang mana ini dilakukan untuk menentukan kecepatan yang sesuai untuk mendapatkan hasil *stack* yang baik nantinya. Untuk memulai tahapan ini harus terlebih dahulu masuk pada *flow velocity analysis*. *Flow* ini terbagi menjadi empat tahapan, yang pertama yaitu untuk menyimpan keluaran data hasil *precompute*, tahap kedua untuk menampilkan *picking* kecepatan pada data, tahap ketiga untuk menampilkan volume kecepatan, dan tahap keempat untuk menampilkan *velocity manipulation*. Adapun *subflow* keseluruhan dari analisis kecepatan dapat dilihat pada **Gambar 24**.

```

2D Supergather Formation*
Bandpass Filter
Automatic Gain Control
Velocity Analysis Precompute
Disk Data Output -> 6_velocity analysis
-----Add Flow Comment-----
Disk Data Input <- 6_velocity analysis
Velocity Analysis <= VELAN
-----Add Flow Comment-----
Volume Viewer/Editor* <= VELAN
-----Add Flow Comment-----
Velocity Manipulation* <= VELO_1

```

Gambar 24. Flow proses velocity analysis



Gambar 25. Velocity analysis window

g) Koreksi NMO dan *Stacking*

Tahap *main processing* selanjutnya adalah tahap *stacking* yaitu menjumlahkan seluruh *trace* berdasarkan CDP yang sama yang kemudian disusun berdasarkan urutan CDP terhadap *offset* lalu dilakukan interpolasi untuk menampilkan hasil dari penampang seismik. Pada tahapan *stacking* berguna untuk memperkecil *noise* sehingga *S/N ratio* semakin tinggi dengan cara, refleksi dari data pada umumnya akan memiliki fasa yang sama. Kemudian juga pada proses ini kita akan melakukan proses koreksi NMO, dikarenakan semakin jauh jarak (*offset*) dari setiap *receiver* maka akan semakin besar pula waktu yang diperlukan oleh suatu gelombang untuk menjalar dari *shot point* ke *receiver* sehingga dilakukan koreksi NMO untuk menghilangkan efek tersebut.

```

Disk Data Input <- 5_preprocessing
Automatic Gain Control
Normal Moveout Correction <= VELO_1
CDP/Ensemble Stack
Disk Data Output -> 7_stacking
Trace Display

```

Gambar 26. *Flow stacking metode konvensional*

h) *Common Reflection Surface*

1) *CRS ZO Search*

Proses pertama yang dilakukan pada metode CRS ini adalah mencari kemiringan dan pembiasan pantulan dengan *zero offset (stacked)*. *Tool* ini beroperasi dengan mengamati *stacked volume* data dan mengidentifikasi sudut kemiringan serta azimuth dengan interval tetap yang telah ditentukan sebelumnya. *Tool* ini akan mencari sudut kemiringan dan azimuth yang paling konsisten dalam seluruh rangkaian data dengan mengukur tingkat kesamaan antara mereka.

```

Disk Data Input <- 7_stacking
2D CRS ZO Search <= CRS DIP

```

Gambar 27. *Flow CRS ZO search*

2) *CRS Precompute*

Proses *precomputing* CRS dapat secara signifikan mempercepat proses *velocity analysis* dengan kemiringan. Hal ini dilakukan untuk mengoreksi *semblance* pada hasil *velocity analysis* menggunakan *dip*. Kemudian input dalam CRS Precompute adalah data *gather* dengan referensi kecepatan yang sudah dilakukan NMO stack.

```

2D Supergather Formation*
2D CRS Precompute <= CRS DIP
Disk Data Output -> *crs precompute
-----Add Flow Comment-----
Disk Data Input <- *crs precompute
Velocity Analysis <= CRS VELAN_1
Volume Viewer/Editor* <= CRS VELAN_1

```

Gambar 28. *Flow CRS precompute*

3) CRS Stack

CRS stack berguna untuk memperkecil noise sehingga S/N ratio semakin tinggi. Di dalam proses menggunakan data dari azimuth, kemiringan, dan hasil dari analisa kecepatan.

```
Disk Data Input <- 5_preprocessing
2D CRS Stack <= CRS DIP
Disk Data Output -> #crs 3 migrasi crs
Trace Display
```

Gambar 29. Flow CRS stack

i) Migrasi

Migrasi merupakan tahapan alternatif namun cukup sangat penting dalam pengolahan data seismik, migrasi dilakukan untuk mengembalikan posisi reflektor semu ke reflektor yang sebenarnya. Proses ini juga berguna untuk menghilangkan difraksi halus maupun kasar akibat struktur bawah permukaan yang kompleks. Karena pada pengolahan ini migrasi dilakukan setelah proses *stacking*, maka proses migrasi ini disebut *post-stack time migration* (PoTM).

```
Disk Data Input <- *fan filter
Kirchhoff Time Mig. <= CRS VELAN_1
Disk Data Output -> migrasi crs non fan filter
>SEG-Y Output<
Trace Display
```

Gambar 30. Flow migrasi

j) Data Enhancement

1) Fan Filter

Fan filter memiliki fungsi yang hampir sama dengan *bandpass filter*, yaitu untuk menghilangkan frekuensi *noise* dengan menentukan frekuensi *low-cut* dan *high-cut* yang ditampilkan dari spektrum dengan *flow* sebagai berikut.


```

Disk Data Input <- 7_stacking
Interactive Spectral Analysis
Fan Filter
Disk Data Output -> *fan filter crs

```

Gambar 31. *Flow fan filter*

2) *F-X Deconvolution*

F-X Deconvolution mempunyai fungsi untuk meningkatkan kualitas data untuk setiap jarak frekuensi rentang tertentu, dan kemudian membalikkan pencarian transformasi yang menghasilkan jejak frekuensi kembali ke domain waktu. Penerapan Wiener Levinson dipakai sebagai tipe *filter* nya. Proses *F-X deconvolution* ini menghasilkan output *random noise* yang lebih tereduksi.

```

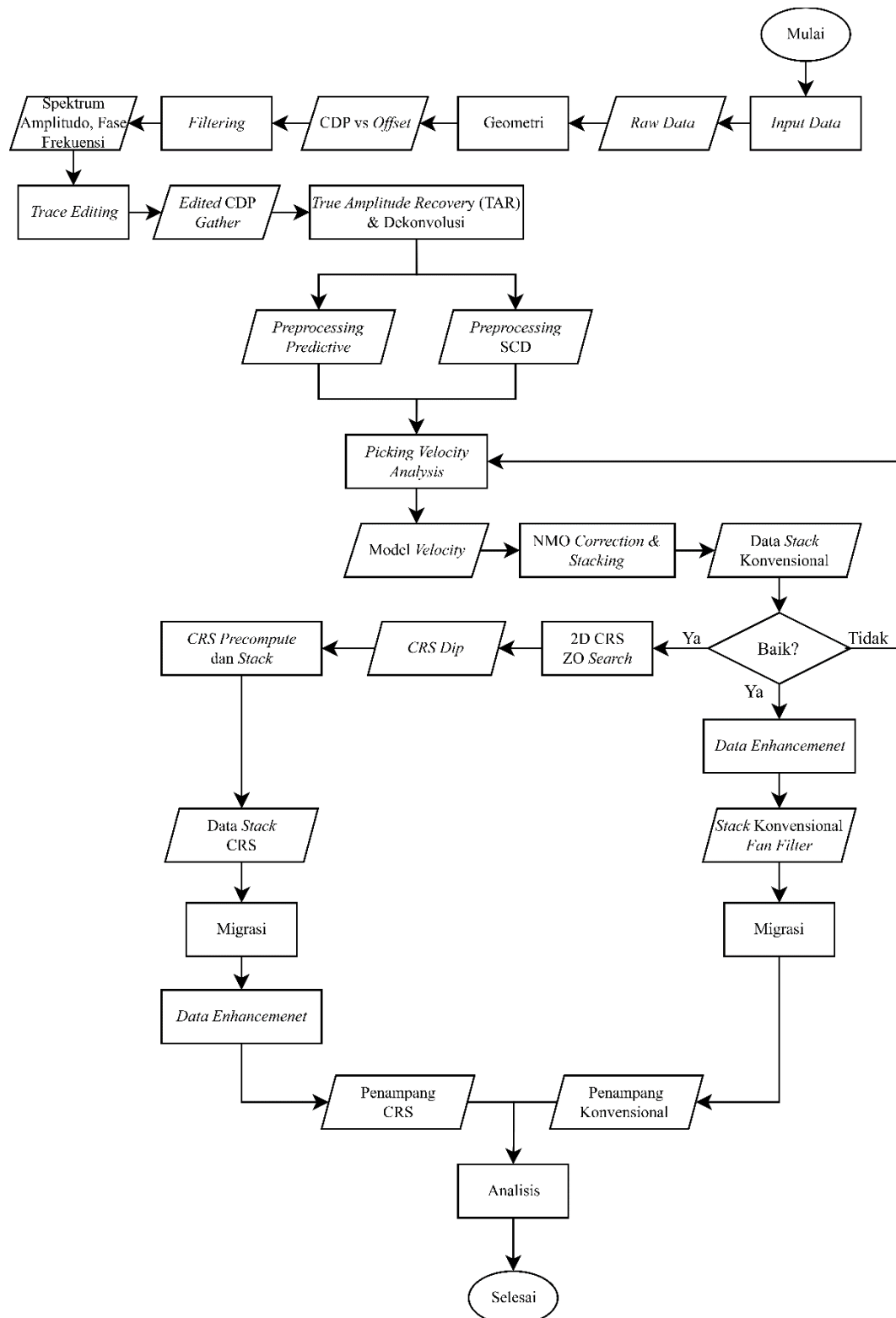
Disk Data Input <- 08.migrasi output
F-X Decon
Disk Data Output -> #08 migrasi fx dekon
Trace Display

```

Gambar 32. *Flow F-X deconvolution*

3.4. Diagram Alir

Berikut tahapan yang dilakukan pada penelitian kali ini:



Gambar 33. Diagram alir metode penelitian

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan ini dapat disimpulkan bahwa:

- 1) Hasil penampang seismik migrasi konvensional maupun non-konvensional dengan menggunakan dekonvolusi SCD menunjukkan hasil yang lebih baik daripada hasil yang menggunakan dekonvolusi prediktif. Metode dekonvolusi SCD dapat mereduksi *random noise* maupun koheren *noise* dengan cukup baik dibandingkan prediktif. Namun untuk atenuasi *multiple*, dekonvolusi SCD relatif hanya bisa mengatenuasi *multiple* panjang saja.
- 2) Model penampang struktur geologi bawah permukaan dengan S/N yang tinggi, baik pengolahan konvensional maupun non-konvensional dihasilkan oleh metode dekonvolusi *Surface Consistent Deconvolution* (SRD) dibandingkan metode dekonvolusi prediktif. Reflektor yang dihasilkan SCD terlihat lebih tegas dan mempunyai kemenerusan yang baik dengan ini metode SCD dapat menghasilkan resolusi temporal yang baik.

5.2. Saran

Untuk usaha mengatenuasi *multiple* belum cukup maksimal jika hanya menggunakan metode dekonvolusi yang dipakai ini. Oleh karena itu diperlukan penelitian dekonvolusi lanjutan dengan penerapan *deconvolution after stack* (DAS), *deconvolution after migration* (DAM), dan tentunya dengan *flow* khusus sehingga kualitas pengolahan data dalam penelitian ini dapat ditingkatkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, A. (2008). Ensiklopedi Seismik Online. *E-Book Ensiklopediseismik Indonesia*.
- Abdullah, A., Heriyanto, M., & Prabusetyo, H. R. (2018). *Komputasi Geofisika 1: Pemodelan dan Prosesing Geofisika dengan Octave/Matlab*.
- Arifudin, A., Sota, I., & Siregar, S. S. (2015). Supresi multipel pada data seismik laut dengan metode dekonvolusi prediktif dan radon demultipel. *Jurnal Fisika Flux: Jurnal Ilmiah Fisika FMIPA Universitas Lambung Mangkurat*, 12(2), 100–108.
- Badley, M. E. (1985). *Practical seismic interpretation*.
- Bancroft, J. C. (2001). Seismic Imaging: Post-Stack. *CSEG Recorder*. September, 33–40.
- Bolt, B. A., & Bolt, B. A. (1982). *Inside the Earth: Evidence from earthquakes*. WH Freeman San Francisco.
- Chintia, B., Ivansyah, O., & Sampurno, J. (2017). Analisis parameter gap dalam tahapan dekonvolusi prediktif guna mereduksi short period multiple dan meningkatkan S/N ratio pada pengolahan data seismik refleksi 2D marine. *Positron*, 7(1), 25–33.
- Chopra, S., & Castagna, J. P. (2014). *Avo*. Society of Exploration Geophysicists.
- 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* (pp. 571–603). Elsevier.
- Dani, I., & Sule, M. R. (2021). Pemodelan Seismik pada Struktur Geologi Kompleks menggunakan Metode Common Reflection Surface (CRS). *Jurnal Geofisika Eksplorasi*, 7(3), 164–177.

- Daruartati, H., Setyawan, A., & Kusuma, I. A. (2015). Aplikasi Metode Common Reflection Surface (Crs) Untuk Meningkatkan Hasil Stack Data Seismik Laut 2d Wilayah Perairan “Y.” *Youngster Physics Journal*, 4(4), 291–298.
- Henriksen, S. (2020). *Tracking of Horizons in Seismic Data Using a Hidden Markov Model*.
- Höcht, G., De Bazelaire, E., Majer, P., & Hubral, P. (1999). Seismics and optics: hyperbolae and curvatures. *Journal of Applied Geophysics*, 42(3–4), 261–281.
- Jäger, R. (1999). The common reflection surface stack: theory and application. *Master's Thesis*.
- Jamaluddin, J., Sea, J. G., Fitriani, F., & Maria, M. (2020). PENGOLAHAN DATA SEISMIK 2D MARINE MENGGUNAKAN ProMAX DI AREA TENGGARA PULAU SIMEULUE. *PETROGAS: Journal of Energy and Technology*, 2(2), 38–55.
- Jusri, T. A. (2005). Panduan Pengolahan Data Seismik Menggunakan ProMAX. *Laboratorium Seismik Program Studi Geofisika ITB*.
- Kirchheimer, F. (1985). On some further aspects of fan filtering. In *SEG Technical Program Expanded Abstracts 1985* (pp. 635–638). Society of Exploration Geophysicists.
- Latimer, R. B., Davidson, R., & Van Riel, P. (2000). An interpreter's guide to understanding and working with seismic-derived acoustic impedance data. *The Leading Edge*, 19(3), 242–256.
- Marshall, G. A., Stein, R. S., & Thatcher, W. (1991). Faulting geometry and slip from co-seismic elevation changes: the 18 October 1989, Loma Prieta, California, earthquake. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 81(5), 1660–1693.
- Maulana, F. (2013). PENEKANAN GELOMBANG MULTIPLE PADA DATA SEISMIK 2D DENGAN MENGGUNAKAN METODE RADON TRANSFORM DI LAPANGAN ‘DSCR’ DAERAH KALIMANTAN. *JGE (Jurnal Geofisika Eksplorasi)*, 1(01), 43–48.
- Mayne, W. H. (1962). Common reflection point horizontal data stacking techniques. *Geophysics*, 27(6), 927–938.
- Millar, J., & Bancroft, J. C. (2006). Long wavelength solutions to the surface consistent equations. *2006 SEG Annual Meeting*.

- Naghizadeh, M., Snyder, D., Cheraghi, S., Foster, S., Cilensek, S., Floreani, E., & Mackie, J. (2019). Acquisition and processing of wider bandwidth seismic data in crystalline crust: Progress with the Metal Earth project. *Minerals*, 9(3), 145.
- Pardede, M. R., Fatkhan, M. P. E., & Nainggolan, T. B. (n.d.). *ATENUASI WATER-BOTTOM MULTIPLE MENGGUNAKAN METODE SURFACE RELATED MULTIPLE ELIMINATION PADA DATA SEISMIK 2D DI PERAIRAN WAIPOGA, PAPUA*.
- PRASETYO, A. (2016). *TUGAS AKHIR-SF 141501 APLIKASI METODE 3D COMMON REFLECTION SURFACE STACK PADA DATA REAL SEISMIK DARAT LAPANGAN "AP."*
- Rasimeng, S., Mulyatno, B. S., Subarsyah, S., Ekarena, A. I., & Djaja, A. W. (2020). Optimalisasi Pencitraan Struktur Bawah Permukaan Menggunakan Metode Kirchhoff Pre-Stack Time Migration Pada Data Seismik Laut Wetar. *Jurnal Geofisika Eksplorasi*, 6(2), 101–112.
- Romauli, A., Manik, H. M., & Subarsyah, S. (2016). Penerapan Dekonvolusi Spiking Dan Dekonvolusi Prediktif Pada Data Seismik Multichannel 2d Di Laut Flores. *Jurnal Teknologi Perikanan Dan Kelautan*, 7(2), 153–162.
- Shearer, P. M. (2019). *Introduction to seismology*. Cambridge university press.
- Sheriff, R. E., & Geldart, L. P. (1995). *Exploration seismology*. Cambridge university press.
- Sukmono, S. (1999). Interpretasi seismik refleksi. *Jurusan Teknik Geofisika, Institut Teknologi Bandung, Tidak Diterbitkan*.
- Winjaniatun, S. N., Manik, H. M., & Nainggolan, T. B. (2021). APLIKASI METODE SURFACE CONSISTENT DECONVOLUTION PADA DATA SEISMIK LAUT DANGKAL 2D DI PERAIRAN WAIPOGA, PAPUA. *Jurnal Ilmu Dan Teknologi Kelautan Tropis*, 13(1), 127–139.
- Yilmaz, Ö. (2001). *Seismic data analysis: Processing, inversion, and interpretation of seismic data*. Society of exploration geophysicists.
- Zuhrial, R. I., Bernhard, T., & Ramalis, T. R. (2015a & 2015b). Pencitraan bawah permukaan dasar laut perairan seram dengan penampang seismik 2D dan batimetri. *Fibusi (Jurnal Online Fisika)*, 3(1).