

**ANALISIS PERBANDINGAN HASIL PENGOLAHAN DATA  
SEISMIK REFLEKSI LAUT 2D METODE KONVENSIONAL  
DAN METODE *COMMON REFLECTION SURFACE* (CRS)  
DENGAN PENGAPLIKASIAN *DATA ENHANCEMENT***

(Skripsi)

Oleh

**EMIR DZAKWAN KAMAL ZEIN  
NPM 1915051032**



**FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
JURUSAN TEKNIK GEOFISIKA  
2022**

**ANALISIS PERBANDINGAN HASIL PENGOLAHAN DATA  
SEISMIK REFLEKSI LAUT 2D METODE KONVENSIONAL  
DAN METODE *COMMON REFLECTION SURFACE* (CRS)  
DENGAN PENGAPLIKASIAN *DATA ENHANCEMENT***

Oleh

**EMIR DZAKWAN KAMAL ZEIN**

Skripsi

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

Pada

**Jurusan Teknik Geofisika  
Fakultas Teknik Universitas Lampung**



**FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2022**

## ABSTRAK

### **ANALISIS PERBANDINGAN HASIL PENGOLAHAN DATA SEISMIK REFLEKSI LAUT 2D METODE KONVENSIONAL DAN METODE *COMMON REFLECTION SURFACE (CRS)* DENGAN PENGAPLIKASIAN *DATA ENHANCEMENT***

Oleh

**Emir Dzakwan Kamal Zein**

Telah dilakukan penelitian untuk mengolah data 2D metode seismik refleksi laut memakai *software* ProMAX. Pengolahan data 2D seismik refleksi laut bertujuan untuk mendapatkan kenampakan struktur geologi bawah permukaan yang sesuai dengan keadaan sebenarnya serta memperbesar rasio sinyal seismik terhadap sinyal gangguan (S/N). Secara garis besar tahap pengolahan data dimulai dari *preprocessing*, *processing*, dan *final processing*. Dalam pengolahan data digunakan metode konvensional dan metode *Common Reflection Surface (CRS)*. Untuk meningkatkan *Signal to Noise Ratio (S/N)* maka dilakukan *data enhancement* seperti F-K filter, Radon filter, K-L filter, F-X *deconvolution*, dan *dip scan stack*. Dari hasil pengolahan data memperlihatkan metode *Common Reflection Surface (CRS)* menghasilkan penampang yang lebih baik dibandingkan metode konvensional. Hal tersebut dibuktikan dengan perbedaan ketegasan dan kemenerusan pola reflektor serta keberadaan *noise* setelah model penampang *stack* seismik antara metode konvensional dan metode *Common Reflection Surface (CRS)* dibandingkan. Selanjutnya, untuk mengembalikan reflektor ke titik yang seharusnya dilakukan proses migrasi.

Kata kunci: ProMAX, *CMP Stack*, *CRS Stack*, *Data Enhancement*

## **ABSTRACT**

### **COMPARATIVE ANALYSIS OF 2D SEISMIC DATA PROCESSING CONVENTIONAL METHODS AND COMMON REFLECTION SURFACE (CRS) METHODS WITH APPLICATION OF DATA ENHANCEMENT**

*By*

**Emir Dzakwan Kamal Zein**

*Research has been carried out to process 2D data using sea reflection seismic method using ProMAX software. Processing of 2D sea reflection seismic data aims to obtain the appearance of subsurface geological structures that match the actual situation and increase the ratio of seismic signals to disturbance signals (S/N). Broadly speaking, the data processing stage starts from pre-processing, processing, and final processing. In data processing, conventional methods and Common Reflection Surface (CRS) methods are used. To increase the Signal to Noise Ratio (S/N), data enhancements are carried out such as F-K filters, Radon filters, K-L filters, F-X deconvolution, and dip scan stacks. The results of data processing show that the Common Reflection Surface (CRS) method produces a better cross-section than the conventional method. This is evidenced by the difference in the firmness and continuity of the reflector pattern and the presence of noise after the seismic stack cross section model between the conventional method and the Common Reflection Surface (CRS) method is compared. Next, to return the reflector to the point where the migration process should be carried out.*

**Keyword:** ProMAX, CMP Stack, CRS Stack, Data Enhancement

Judul Skripsi : **ANALISIS PERBANDINGAN HASIL PENGOLAHAN DATA SEISMIK REFLEKSI LAUT 2D METODE KONVENSIONAL DAN METODE COMMON REFLECTION SURFACE (CRS) DENGAN PENGAPLIKASIAN DATA ENHANCEMENT**

Nama Mahasiswa : **Emir Dzakwan Kamal Zein**

Nomor Pokok Mahasiswa : **1915051032**

Program Studi : **Teknik Geofisika**

Fakultas : **Teknik**



1. **Komisi Pembimbing**

Pembimbing 1

Pembimbing 2

**Ir. Syamsurijal Rasimeng, S.Si., M.Si.**

**NIP. 19730716 200012 1002**

**Ilham Dani, S.T., M.T.**

**NIP. 19850917 201903 1004**

**Ketua Jurusan Teknik Geofisika**

**Karyanto, S.Si., M.T.**

**NIP. 19691230 199802 1001**

**MENGESAHKAN**

1. Tim Penguji

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



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



Anggota : Dr. Ahmad Zaenudin, S.Si., M.T.



2. Dekan Fakultas Teknik

  
Dr. Eng. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc.  
NIP. 197509282001121002

**Tanggal Ujian Skripsi : 7 Desember 2022**

## PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa skripsi yang saya tulis 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, Desember 2022



Emir Dzakwan Kamal Zein  
1915051032

## RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Bogor pada tanggal 2 September 2001 sebagai anak kedua dari tiga bersaudara. Putra dari bapak Mamul Zein dan Ibu Asobah Ulfah. Pendidikan Taman Kanak Pertiwi diselesaikan pada tahun 2007, Pendidikan Sekolah Dasar di SDN Polisi 4 Bogor diselesaikan pada tahun 2013. Pendidikan Sekolah Menengah Pertama (SMP) di SMP Negeri 2 Bogor diselesaikan pada tahun 2016. Pendidikan Sekolah Menengah Atas (SMA) Negeri 5 Bogor diselesaikan pada tahun 2019. Kemudian penulis melanjutkan pendidikan kejenjang yang lebih tinggi yaitu dengan menempuh Perguruan Tinggi Negeri di Universitas Lampung di Jurusan Teknik Geofisika pada tahun 2022.

Selama masa kuliah, penulis cukup aktif dalam kegiatan organisasi kampus. Pada tahun 2020 menjadi Staff Ahli Hubungan Masyarakat BEM FT serta pada tahun 2021-2022 penulis menjadi anggota HRD *Society Exploration Geophysics* (SEG) SC UNILA dan anggota di bidang Sains dan Teknologi HIMA TG BHUWANA. Pada semester lima, penulis melakukan Kerja Praktik di Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Minyak dan Gas Bumi “LEMIGAS” dengan judul laporan “PERBANDINGAN *STACKING* DATA SEISMIK REFLEKSI 2D LAUT METODE KONVENSIONAL DAN METODE *COMMON REFLECTION SURFACE* (CRS) DENGAN PENERAPAN *K-L FILTER*”. Pada akhir masa studi, penulis melakukan Tugas Akhir di LEMIGAS serta menyelesaikan penelitian untuk memperoleh gelar sarjana teknik dengan judul “ANALISIS PERBANDINGAN HASIL PENGOLAHAN DATA SEISMIK REFLEKSI LAUT 2D METODE KONVENSIONAL DAN METODE *COMMON REFLECTION SURFACE* (CRS) DENGAN PENGAPLIKASIAN *DATA ENHANCEMENT*”.



## **PERSEMBAHAN**

Dengan penuh rasa syukur Allah SWT, skripsi ini dipersembahkan kepada:

**ALLAH SWT**  
**dan**  
**Nabi Muhammad SAW**  
**Ayahanda Mamul Zein**  
**Ibunda Asobah Ulfah**

Terimakasih atas segala doa, kasih sayang yang selalu diberikan tanpa henti

Terimakasih atas segala jasa serta usaha Ayah dan Ibu sehingga segala kebutuhan dan keinginanku dapat selalu terpenuhi tanpa kekurangan

Semuanya takkan bisa kubalas, tetapi akan selalu berusaha menjadi anak terbaik sampai kapanpun

### **Teknik Geofisika Unila 2019**

Terimakasih atas semua bantuan, kebaikan, pengalaman, dan semua hal yang sudah menjadi salah satu pembangun pribadi diriku yang sekarang.

**Semua yang terlibat dalam penulisan tugas akhir ini**  
**Aku sayang kalian**

## **MOTTO HIDUP**

“Kerja keras menjadi yang terbaik”

“Kerja cepat membuat semakin kuat”

“Lakukan lebih dari sebelumnya”

“Kerja tanpa henti”

Emir Dzakwan Kamal Zein

## KATA PENGANTAR

Puji serta syukur penulis haturkan atas kehadiran Allah SWT, sebab berkat rahmat dan hidayah-Nya penyusunan Skripsi dengan judul **“ANALISIS PERBANDINGAN HASIL PENGOLAHAN DATA SEISMIK REFLEKSI LAUT 2D METODE KONVENSIONAL DAN METODE *COMMON REFLECTION SURFACE* (CRS) DENGAN PENGAPLIKASIAN *DATA ENHANCEMENT*”** sudah selesai dengan sebaik-baiknya. Terima kasih penulis sampaikan kepada berbagai pihak yang sudah terlibat secara langsung maupun tidak langsung dalam penyusunan skripsi ini. Penulis juga menyadari mungkin masih ada kekurangan dalam skripsi ini, sehingga sangat diharapkan saran serta kritik yang membangun. Semoga semua yang tertulis dalam skripsi ini dapat memberikan manfaat kepada siapapun, baik kalangan umum maupun akademisi untuk kemajuan ilmu pengetahuan.

Bandar Lampung, 6 Desember 2022

Emir Dzakwan Kamal Zein

## SANWACANA

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT. yang senantiasa memberikan pertolongan, berkat, dan kemurahan-Nya kepada penulis sehingga penulis bisa menyelesaikan skripsi ini. Judul skripsi yakni **“ANALISIS PERBANDINGAN HASIL PENGOLAHAN DATA SEISMIK REFLEKSI LAUT 2D METODE KONVENSIONAL DAN METODE *COMMON REFLECTION SURFACE* (CRS) DENGAN PENGAPLIKASIAN DATA *ENHANCEMENT*”**. Rampungnya skripsi ini tidak lepas dari bantuan dan kerjasama berbagai pihak. Penulis mengucapkan banyak-banyak terima kasih kepada:

1. Allah SWT Tuhan Yang Maha Esa dan Rasullullah Muhammad SAW atas segala rahmat dan hidayah-Nya, segala pertolongan dan kebaikan-Mu yang telah menuntun penulis untuk menjalani Tugas Akhir ini dengan yakin dan selalu berhusnudzon akan adanya rencana terbaik yang sudah Allah siapkan.
2. Keluarga besar Moh Sodik dan Syamsudin terkhusus kedua oran tua tercinta yakni Bapak Mamul Zein serta Ibu Asobah Ulfah yang selalu senantiasa mendukung penulis sehingga dapat menyelesaikan skripsi ini.
3. Bapak Karyanto, S.Si., M.T. selaku ketua Jurusan Teknik Geofisika Universitas Lampung.
4. Bapak Ir. Syamsurijal Rasimeng, S.Si., M.Si. selaku dosen pembimbing utama yang sudah memberikan masukan, saran, kritikan, ilmu, jasa, serta lainnya.
5. Bapak Ilham Dani, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing kedua yang sudah memberikan motivasi, ilmu, saran, masukan, kritikan, serta lainnya.
6. Bapak Dr. Ahmad Zaenudin, S.Si., M.T. selaku penguji dalam Tugas Akhir ini yang sudah memberikan krtikan, saran, masukan, motivasi, dan lainnya.

7. Dosen-dosen dan Staff Tata Usaha Jurusan Teknik Geofisika Universitas Lampung yang saya hormati terima kasih untuk semua bantuan yang diberikan.
8. Ronal Edward, Aulia Nur Aziza, Hayu Nurfaidah sebagai sahabat tercinta yang sudah memberikan dukungan serta motivasi.
9. Teman-teman Boy Fearless, Bilal, Dani, Wanda, Annida yang selalu bersama.
10. Teman-teman Teknik Geofisika 2019 yang sudah menyemangati penulis.
11. Kaka-kaka senior dan alumni Teknik Geofisika yang sudah memberikan cerita serta pengalaman.
12. Serta semua pihak yang terlibat, penulis mengucapkan banyak terima kasih.

Demikian skripsi ini disusun dengan sebaik-baiknya, harapan penulis agar skripsi ini dapat berguna bagi pembaca. Dalam penulisan skripsi ini tidak terlepas dari kekurangan, oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun agar menjadi lebih baik lagi kedepannya.

Bandar Lampung, 6 Desember 2022

Emir Dzakwan Kamal Zein

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>ABSTRAK</b> .....	<b>ii</b>
<i>ABSTRACT</i> .....	<b>iii</b>
<b>PERSETUJUAN</b> .....	<b>iv</b>
<b>PENGESAHAN</b> .....	<b>v</b>
<b>PERNYATAAN</b> .....	<b>vi</b>
<b>RIWAYAT HIDUP</b> .....	<b>vii</b>
<b>PERSEMBAHAN</b> .....	<b>viii</b>
<b>MOTTO HIDUP</b> .....	<b>ix</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>x</b>
<b>SANWACANA</b> .....	<b>xi</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xv</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xviii</b>
<b>I. PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Tujuan Penelitian .....	3
1.3. Batasan Masalah .....	3
<b>II. TEORI DASAR</b> .....	<b>4</b>
2.1. Metode Seismik Refleksi.....	4
2.2. Prinsip-Prinsip Gelombang Seismik.....	5
2.2.1. Hukum Snellius.....	6
2.2.2. Prinsip Huygens .....	6
2.2.3. Prinsip Fermat.....	7
2.3. Impedansi Akustik .....	8

2.4.	Densitas.....	8
2.5.	Kecepatan Gelombang Seismik.....	9
2.6.	Koefisien Refleksi.....	9
2.7.	<i>Wavelet</i> dan Polaritas.....	10
2.8.	Resolusi Seismik.....	11
2.9.	<i>Stack</i> Data Seismik.....	11
2.9.1.	<i>CMP Stack</i> .....	12
2.9.2.	<i>Common Reflection Surface Stack</i> .....	13
2.10.	<i>Data Enhancemenet</i> .....	15
2.10.1.	Filter F-K.....	15
2.10.2.	Transformasi Radon.....	16
2.10.3.	<i>Eigenvector Filter</i> .....	18
2.10.4.	<i>F-X Deconvolution</i> .....	18
2.11.	Migrasi.....	20
<b>III.</b>	<b>METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>21</b>
3.1.	Waktu dan Tempat Pelaksanaan.....	21
3.2.	Alat dan Bahan.....	22
3.3.	Tahapan Penelitian.....	22
3.3.1.	Persiapan Data.....	22
3.3.2.	Pengolahan Data.....	23
3.4.	Diagram Alir.....	33
<b>IV.</b>	<b>HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>34</b>
4.1.	Hasil.....	34
4.2.	Pembahasan.....	49
<b>V.</b>	<b>KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>62</b>
5.1.	Kesimpulan.....	62
5.2.	Saran.....	62
	<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>63</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Jenis-jenis gelombang seismik (Cox dkk., 2020).....	5
2. Muka gelombang dan sinar gelombang (Ashcroft, 2011).....	5
3. Penjalaran gelombang melalui batas dua medium .....	6
4. Prinsip Huygens (Sheriff dan Geldard, 1995).....	7
5. Prinsip Fermat (Rawlinson dkk., 2010) .....	7
6. Koefisien refleksi dan pembalikan polaritas (Cox dkk., 2020).....	9
7. <i>Wavelet</i> dan polaritas (Cox dkk., 2020).....	10
8. Operator <i>stack</i> dari NMO/DMO <i>stack</i> (Jäger, 1999).....	12
9. <i>Curvature</i> gelombang normal (hijau), NIP (merah), dan $\alpha$ (biru) (Mann, 2007) .....	13
10. Operator <i>stack</i> dari CRS <i>stack</i> (Jäger, 1999) .....	14
11. Penerapan filter F-K pada data seismik laut (Pholpark,2014). .....	15
12. Contoh tranformasi <i>slant-stack</i> (Cao, 2006) .....	16
13. Contoh tranformasi radon hiperbolik (Cao, 2006).....	17
14. Transformasi radon (Yilmaz, 2001).....	17
15. Contoh penerapan <i>eigenvector filter</i> (Bansal dan Imhof, 2005).....	18
16. <i>Flow</i> proses <i>input data</i> .....	23
17. <i>Flow</i> proses <i>geometry setting</i> .....	23
18. <i>Geometry setup</i> .....	24
19. <i>Stacking chart</i> CDP terhadap <i>offset</i> .....	24
20. <i>Flow</i> proses <i>filtering</i> .....	25
21. Tampilan <i>interactive sprectral analysis</i> sebelum <i>filtering</i> .....	25
22. Parameter <i>bandpass filter</i> .....	25
23. Tampilan <i>interactive sprectral analysis</i> setelah <i>filtering</i> .....	26
24. <i>Flow</i> proses <i>editing</i> .....	26
25. <i>Flow</i> proses TAR dan dekonvolusi .....	26
26. <i>Flow</i> proses <i>velocity analysis</i> .....	27
27. Tampilan <i>velocity analysis</i> .....	27
28. <i>Volume viewer editor</i> analisis kecepatan .....	28
29. <i>Flow</i> proses <i>stacking</i> metode konvensional.....	28
30. <i>Flow</i> proses CRS ZO <i>search</i> .....	29



31. <i>Flow</i> proses CRS <i>precompute</i> .....	29
32. <i>Flow</i> proses CRS <i>stack</i> .....	29
33. <i>Flow</i> proses migrasi .....	30
34. <i>Flow</i> proses F-K <i>filter</i> .....	30
35. <i>Flow</i> proses radon <i>filter</i> .....	31
36. <i>Flow</i> proses K-L <i>filter</i> .....	31
37. <i>Flow</i> proses F-X <i>deconvolution</i> .....	31
38. <i>Flow</i> proses <i>dip scan stack</i> .....	32
39. Diagram alir metode penelitian.....	33
40. <i>Stack</i> konvensional interval 0-2000 ms pada <i>line</i> 1 sebelum <i>data enhancement</i> .....	34
41. <i>Stack</i> konvensional interval 0-2000 ms pada <i>line</i> 1 setelah <i>data enhancement</i> .....	35
42. <i>Stack</i> CRS interval 0-2000 ms pada <i>line</i> 1 sebelum <i>data enhancement</i> .....	35
43. <i>Stack</i> CRS interval 0-2000 ms pada <i>line</i> 1 setelah <i>data enhancement</i> .....	36
44. <i>Stack</i> konvensional interval 2000-4000 ms pada <i>line</i> 1 sebelum <i>data enhancement</i> .....	36
45. <i>Stack</i> konvensional interval 2000-4000 ms pada <i>line</i> 1 setelah <i>data enhancement</i> .....	37
46. <i>Stack</i> CRS interval 2000-4000 ms pada <i>line</i> 1 sebelum <i>data enhancement</i> ....	37
47. <i>Stack</i> CRS interval 2000-4000 ms pada <i>line</i> 1 setelah <i>data enhancement</i> .....	38
48. <i>Output noise</i> F-K <i>filter</i> dan Radon <i>filter</i> <i>line</i> 1 interval 0-4000 ms.....	38
49. <i>Output noise</i> kombinasi K-L <i>filter</i> , F-X <i>decon</i> , dan <i>dip scan stack</i> <i>line</i> 1 interval 0-4000 ms.....	39
50. <i>Stack</i> konvensional interval 0-1200 ms pada <i>line</i> 10 sebelum <i>data enhancement</i> .....	39
51. <i>Stack</i> konvensional interval 0-1200 ms pada <i>line</i> 10 setelah <i>data enhancement</i> .....	40
52. <i>Stack</i> CRS interval 0-1200 ms pada <i>line</i> 10 sebelum <i>data enhancement</i> .....	40
53. <i>Stack</i> CRS interval 0-1200 ms pada <i>line</i> 10 setelah <i>data enhancement</i> .....	41
54. <i>Stack</i> konvensional interval 1200-2400 ms pada <i>line</i> 10 sebelum <i>data enhancement</i> .....	41
55. <i>Stack</i> konvensional interval 1200-2400 ms pada <i>line</i> 10 setelah <i>data enhancement</i> .....	42
56. <i>Stack</i> CRS interval 1200-2400 ms pada <i>line</i> 10 sebelum <i>data enhancement</i> ..	42
57. <i>Stack</i> CRS interval 1200-2400 ms pada <i>line</i> 10 setelah <i>data enhancement</i> ....	43
58. <i>Output noise</i> F-K <i>filter</i> dan Radon <i>filter</i> <i>line</i> 10 interval 0-2400 ms.....	43
59. <i>Output noise</i> kombinasi K-L <i>filter</i> , F-X <i>decon</i> , dan <i>dip scan stack</i> <i>line</i> 10 interval 0-2400 ms.....	44
60. <i>Stack</i> konvensional interval 0-2000 ms pada <i>line</i> 22 sebelum <i>data enhancement</i> .....	44

61. <i>Stack</i> konvensional interval 0-2000 ms pada <i>line</i> 22 setelah <i>data enhancement</i> .....	45
62. <i>Stack</i> CRS interval 0-2000 ms pada <i>line</i> 22 sebelum <i>data enhancement</i> .....	45
63. <i>Stack</i> CRS interval 0-2000 ms pada <i>line</i> 22 setelah <i>data enhancement</i> .....	46
64. <i>Stack</i> konvensional interval 2000-4000 ms pada <i>line</i> 22 sebelum <i>data enhancement</i> .....	46
65. <i>Stack</i> konvensional interval 2000-4000 ms pada <i>line</i> 22 setelah <i>data enhancement</i> .....	47
66. <i>Stack</i> CRS interval 2000-4000 ms pada <i>line</i> 22 sebelum <i>data enhancement</i> ..	47
67. <i>Stack</i> CRS interval 2000-4000 ms pada <i>line</i> 22 setelah <i>data enhancement</i> ....	48
68. <i>Output noise</i> F-K <i>filter</i> dan Radon <i>filter</i> <i>line</i> 22 interval 0-4000 ms.....	48
69. <i>Output noise</i> kombinasi K-L <i>filter</i> , F-X <i>decon</i> , dan <i>dip scan stack</i> <i>line</i> 22 interval 0-4000 ms.....	49
70. CMP <i>gather</i> .....	49
71. CRS <i>Supergather</i> .....	50
72. <i>Stack</i> konvensional vs CRS interval 0-2000 ms pada <i>line</i> 1 setelah <i>data enhancement</i> .....	50
73. Migrasi <i>stack</i> konvensional vs CRS interval 0-2000 ms pada <i>line</i> 1 setelah <i>data enhancement</i> .....	51
74. <i>Stack</i> konvensional vs CRS interval 2000-4000 ms pada <i>line</i> 1 setelah <i>data enhancement</i> .....	52
75. Migrasi <i>stack</i> konvensional vs CRS interval 2000-4000 ms pada <i>line</i> 1 setelah <i>data enhancement</i> .....	53
76. <i>Stack</i> konvensional vs CRS interval 0-1200 ms pada <i>line</i> 10 setelah <i>data enhancement</i> .....	54
77. Migrasi <i>stack</i> konvensional vs CRS interval 0-1200 ms pada <i>line</i> 10 setelah <i>data enhancement</i> .....	55
78. <i>Stack</i> konvensional vs CRS interval 1200-2400 ms pada <i>line</i> 10 setelah <i>data enhancement</i> .....	56
79. Migrasi <i>stack</i> konvensional vs CRS interval 1200-2400 ms pada <i>line</i> 10 setelah <i>data enhancement</i> .....	57
80. <i>Stack</i> konvensional vs CRS interval 0-2000 ms pada <i>line</i> 22 setelah <i>data enhancement</i> .....	58
81. Migrasi <i>stack</i> konvensional vs CRS interval 0-2000 ms pada <i>line</i> 22 setelah <i>data enhancement</i> .....	59
82. <i>Stack</i> konvensional vs CRS interval 2000-4000 ms pada <i>line</i> 22 setelah <i>data enhancement</i> .....	60
83. Migrasi <i>stack</i> konvensional vs CRS interval 2000-4000 ms pada <i>line</i> 22 setelah <i>data enhancement</i> .....	61

## DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. <i>Time schedule</i> penelitian .....	21
2. Parameter akuisisi data seismik .....	22

## I. PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Tahap eksplorasi sumber daya alam dan mineral dapat dilakukan dengan memanfaatkan gelombang seismik. Pengukuran metode seismik memakai sumber energi seismik yakni diantaranya *watergun*, dinamit, *airgun*, vibroseis dan lainnya. Pada umumnya dalam tahap eksplorasi memakai metode seismik terdapat tiga prosedur yakni akuisisi data seismik, pengolahan data seismik dan interpretasi data seismik. Berbagai tahap pengolahan data seismik dapat diklasifikasikan menjadi empat fungsi yakni persiapan data, koreksi data, reduksi data, dan peningkatan kualitas data. Setiap alur kerja perusahaan dalam pemrosesan data seismik berbeda-beda. Walaupun demikian, tetap harus memberikan gambar dan model bawah permukaan yang lebih akurat (Cox dkk., 2020).

Perbandingan sinyal terhadap *noise* pada data seismik refleksi umumnya kurang baik. Hal ini sangat bergantung oleh proses pengambilan data seismik. Survei 2D konvensional biasa dilakukan dalam tahap akuisisi metode seismik yang memiliki kekurangan tertentu. Berkembangnya teknik akuisisi metode seismik belum bisa sepenuhnya menyelesaikan permasalahan. Solusi lain dari permasalahan kualitas data dapat diselesaikan pada tahap pengolahan data (Assad dkk., 2008). Rendahnya rasio sinyal terhadap *noise* dapat menurunkan kualitas analisis data seperti inversi dan pencitraan. Oleh sebab itu, *noise* seismik yang tidak diinginkan harus dihilangkan serta menjadi tahap yang sangat penting (Chen dkk., 2019).

Sistem ProMAX memiliki fungsi utama yakni membuat, memodifikasi, dan menjalankan *flow* pemrosesan data. *Flow* adalah urutan proses yang dipakai

untuk memanipulasi data seismik. *Flow* berisi suatu proses *input*, satu atau lebih proses manipulasi data, serta proses tampilan dan/atau *output*. Fungsi lain dari sistem ProMAX yakni menyediakan fungsi utilitas untuk menyalin, menghapus, dan mengganti nama Area, *lines*, *flow*, dan kumpulan data seismik. Selain itu, sistem ProMAX dapat mengakses serta memanipulasi *file database* dan tabel parameter, menampilkan riwayat *flow* pengolahan data seismik, dan memberikan informasi mengenai pekerjaan yang sedang berjalan.

*Stacking* adalah salah satu proses krusial dalam pemrosesan data seismik karena dapat menghasilkan kenampakan awal di bawah permukaan bumi sebelum dilakukannya proses migrasi. *Stacking* perlu dilakukan untuk memperbesar rasio sinyal terhadap *noise*. Beberapa metode *stacking* data seismik yang biasa dipakai yakni diantaranya *Common Mid-Point* (CMP), *Common Refelction Surface* (CRS), dan *Common Reflection Point* (CRP). 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 dan Sule, 2021). Produk *stack* metode konvensional sangat dipengaruhi oleh model kecepatan dari proses analisis kecepatan (Daruartati dkk., 2015). Adapun metode CRS (*Common Reflection Surface*) sebagai metode *zero-offset* (ZO) untuk proses *stacking* yang digagas oleh Muller tidak memerlukan model kecepatan makro (Mann dkk., 2002).

Penghilangan *noise multiple* dapat dilakukan dengan beberapa metode misalnya *radon transform*, *F-K filter*, dan *Karhunen-Loeve (KL) transform* (Saputra dan Deni, 2006). Kegunaan utama filter F-K yakni menghilangkan jenis *noise* koheren (Herman dkk., 2017). Penelitian oleh Evant dan kawan-kawan (2015) mengaplikasikan metode transformasi tau-p dengan tujuan menghilangkan *noise multiple*. Penerapan kombinasi filter F-K dan transformasi radon dalam data seismik laut bisa dilakukan untuk mereduksi *noise multiple* (Subari dkk., 2018).

Filter Vektor Eigen memakai teori Karhunen-Loeve untuk menguraikan data *trace* menjadi citra eigen melalui penggunaan vektor eigen. Pengaplikasian metode K-L untuk sinyal seismik telah dipertimbangkan oleh Hemon dan Mace

(1978), serta yang terbaru oleh Jones (1985). Di bidang pengolahan citra, transformasi K-L sudah banyak diaplikasikan dalam transmisi data dan analisis data (Mallick dan Murthy, 1984) serta peningkatan citra digital (Ready dan Wintz, 1973).

## 1.2. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui alur pemrosesan data seismik 2D yang baik menggunakan *software* ProMAX.
2. Mengetahui perbedaan metode konvensional dan metode CRS dalam proses *stacking*.
3. Memperoleh penampang struktur geologi bawah permukaan dengan S/N yang tinggi.

## 1.3. Batasan Masalah

Penelitian ini mempunyai beberapa batasan masalah sebagai berikut:

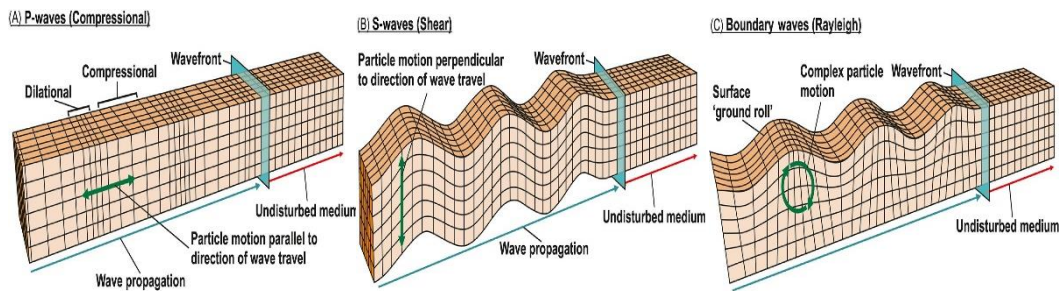
1. Data penelitian yang digunakan adalah data seismik laut 2D.
2. Pengolahan data seismik refleksi laut menggunakan *software* ProMAX.
3. Pengolahan data menggunakan metode konvensional serta metode CRS (*Common Reflection Surface*) 2D.
4. Pengaplikasian *data enhancement* yang dipakai yakni diantaranya *F-K Filter*, *Radon Filter*, *K-L Filter*, *Dip Scan Stack*, dan *F-X Deconvolution*.
5. Fokus penelitian ini adalah mengetahui metode pengolahan yang lebih baik setelah dilakukan *data enhancement*.

## **II. TEORI DASAR**

### **2.1. Metode Seismik Refleksi**

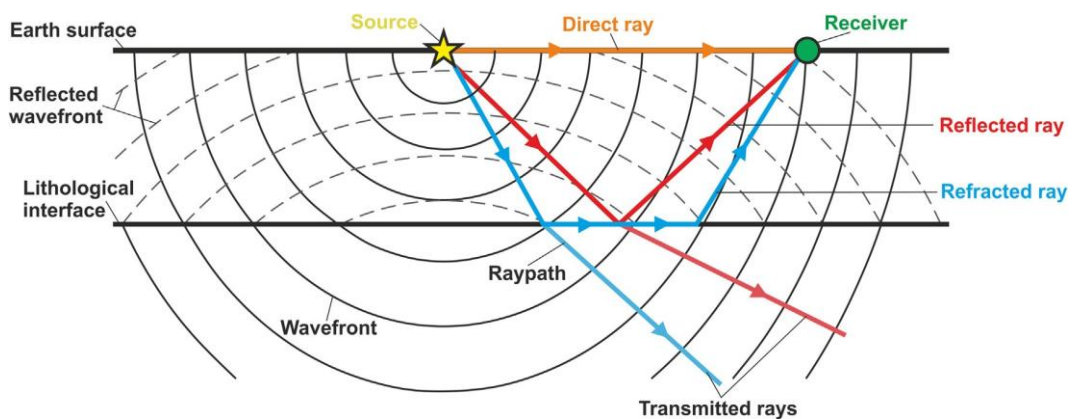
Gelombang seismik adalah kumpulan gelombang yang merambat di dalam bumi dan di permukaan bumi. Untuk menciptakan suatu model seismik bawah permukaan yang dapat diinterpretasikan, langkah awal dengan menciptakan suatu gelombang seismik yang ditransmisikan ke dalam Bumi dan kembali ke permukaan sebagai pantulan yang bersumber dari batas (reflektor). Dalam metode seismik refleksi, gelombang yang dipantulkan akan direkam oleh penerima yang mengukur energi dan waktu tiba dengan redundansi yang sangat besar untuk setiap sumber dan titik tengah. Data yang terekam dapat mewakili perubahan karakteristik lapisan batuan atau anomali akumulasi fluida. Nilai cepat rambat gelombang seismik yang diperoleh dari penentuan waktu tiba gelombang seismik dapat memberikan informasi lapisan bawah permukaan (Sabiq dkk., 2018).

Terdapat tiga jenis gelombang seismik yang diciptakan oleh sebuah sumber yakni diantaranya gelombang P (longitudinal), gelombang S (transversal) dan gelombang permukaan. Gelombang kompresional (gelombang primer) mempunyai gerakan partikel maju dan mundur serta sejajar dengan arah rambat gelombang. Gelombang geser (gelombang sekunder) mempunyai gerak partikel yang arah rambat tegak lurus terhadap arah rambat gelombang. Gelombang permukaan memiliki kecepatan yang rendah dengan frekuensi rendah serta gerakan partikel yang kompleks (Bolt, 1982).



**Gambar 1.** Jenis-jenis gelombang seismik (Cox dkk., 2020)

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



**Gambar 2.** Muka gelombang dan sinar gelombang (Ashcroft, 2011)

## 2.2. Prinsip-Prinsip Gelombang Seismik

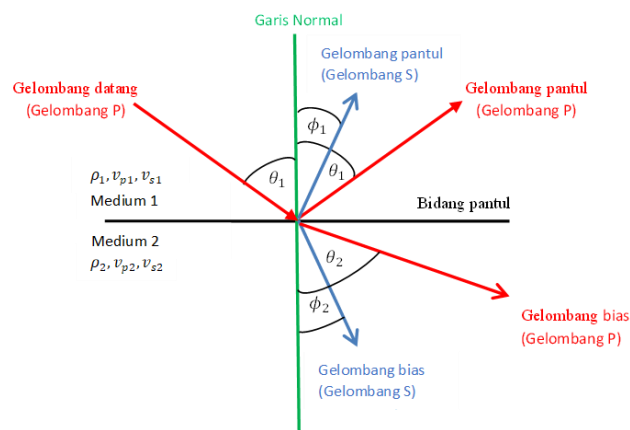
Gelombang seismik merambat di lapisan bumi sesuai dengan asas yang berlaku pada perambatan gelombang cahaya. Mekanisme penjalaran gelombang seismik didasari pada hukum Snellius, prinsip Huygen, dan prinsip Fermat (Susilawati, 2004).



### 2.2.1. Hukum Snellius

Prinsip Snellius menyatakan bahwa ketika gelombang seismik melewati lapisan batuan dengan nilai impedansi akustik (AI) yang berbeda dari lapisan batuan yang dilewati sebelumnya, maka gelombang tersebut sebagian akan direfleksikan kembali ke permukaan dan sebagian lagi akan diteruskan merambat di bawah permukaan. Prinsip ini juga dapat digambarkan ketika gelombang energi datang ke tempat di mana dua lapisan bertemu (*interface*), energi dapat menjalar ke dua arah. Jika energi memantul dari antarmuka dan tetap berada di medium pertama, maka energi tersebut dikatakan dipantulkan. Jika energi melewati antarmuka ke medium kedua, maka energi tersebut dikatakan tertransmisi. Hubungan yang tepat antara sudut yang dibuat sinar masuk (sudut datang) dan sudut yang dibuat oleh sinar pantul dan pancar ditemukan oleh Willebrord Snell (Telford dkk., 1990). Hukum Snellius dapat dinyatakan dengan Persamaan (1).

$$\frac{\sin \theta_1}{V_{p1}} = \frac{\sin \theta_1'}{V_{p1}} = \frac{\sin \theta_2}{V_{p2}} = \frac{\sin \phi_1}{V_{s1}} = \frac{\sin \phi_2}{V_{s2}} = p \quad (1)$$

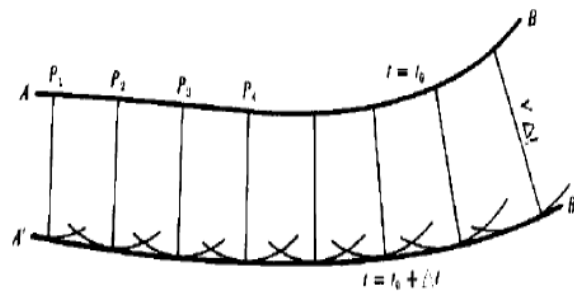


**Gambar 3.** Penjalaran gelombang melalui batas dua medium

### 2.2.2. Prinsip Huygens

Prinsip Huygens menjelaskan muka gelombang yang berubah-ubah berkembang dari satu titik ke titik lain (Robinson dan Clark, 1986). Dari teori ini setiap titik pada muka gelombang yang maju akan terganggu sehingga bertindak

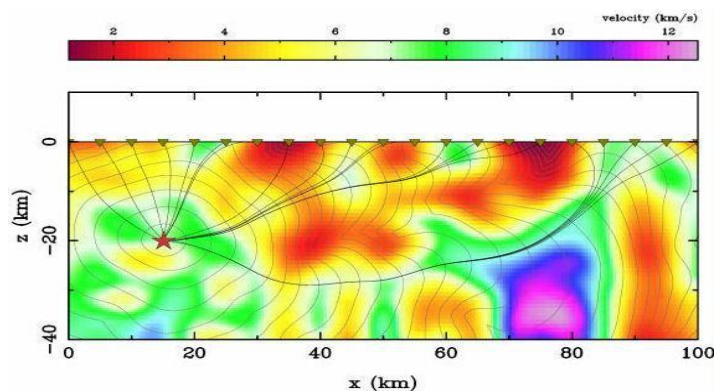
sebagai sumber dari gangguannya sendiri yang meluas. Dengan kata lain prinsip Huygens menyatakan bahwa setiap titik pada muka gelombang primer berfungsi sebagai sumber gelombang sekunder berbentuk bola. Oleh karena menggambarkan *wavelet* sebagai bola, mungkin akan menyimpulkan bahwa bentuk gelombang ada yang berjalan mundur. Namun, permasalahan ini ditangani secara teoritis oleh Fresnel (1818) dan Kirchhoff (1883), yang menunjukkan bahwa hanya ada gelombang yang bergerak maju.



**Gambar 4.** Prinsip Huygens (Sheriff dan Geldard, 1995)

### 2.2.3. Prinsip Fermat

Prinsip Fermat menyatakan bahwa lintasan sinar antara dua titik adalah lintasan yang waktu tempuhnya ekstrem, minimum ataupun maksimum terhadap kemungkinan lintasan terdekat. Perambatan suatu gelombang dari satu titik ke titik lainnya akan menentukan jejak yang tercepat (Hidayatullah, 2010).



**Gambar 5.** Prinsip Fermat (Rawlinson dkk., 2010)

### 2.3. Impedansi Akustik

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

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

### 2.4. Densitas

Densitas ( $\rho$ ) merupakan nilai kerapatan matriks yang didefinisikan sebagai perbandingan massa terhadap volume suatu material. Satuan densitas dalam SI adalah  $\text{kg/m}^3$ . Untuk densitas batuan berpori, maka sebagian volumenya adalah volume pori yang dinyatakan dalam porositas, sehingga densitas *bulk* ( $\rho$ ) merupakan jumlahan dari densitas matrik materi saling berhubungan dengan volume batuan total. Terdapat relasi antara massa jenis dengan kecepatan penjalaran gelombang seismik dalam batuan yang dikenal sebagai hukum Gardner (Sheriff dan Geldart, 1995). Persamaan hukum Gardner dapat ditulis:

$$\rho = aV^{1/4} \quad (3)$$

Keterangan:  $\rho$  = densitas ( $gr/cc$ )

$a$  = konstanta (0.31)

$V$  = kecepatan ( $m/s$ )

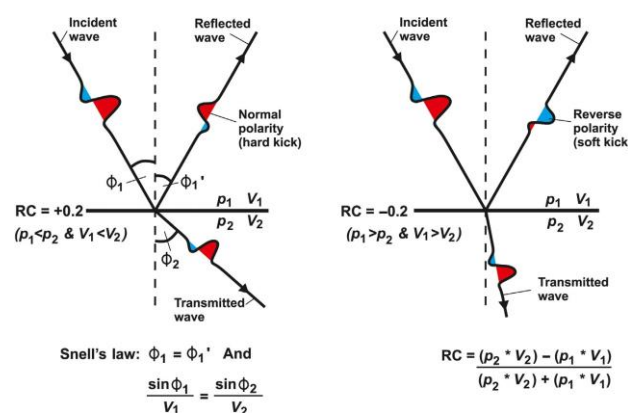
## 2.5. Kecepatan Gelombang Seismik

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

## 2.6. Koefisien Refleksi

Koefisien refleksi (RC) didefinisikan sebagai perbedaan akustik impedansi (AI) antara dua jenis batuan yang memberikan rasio amplitudo antara gelombang pantul dan gelombang datang. RC pada antarmuka dihitung menggunakan persamaan Zoeppritz, yang memakai harga AI yang berbeda dari dua lapisan. Nilai koefisien refleksi juga mempengaruhi proporsi energi gelombang seismik yang dipantulkan kembali ke permukaan dari antarmuka. Jika nilai RC positif, persentase energi tersebut akan direfleksikan kembali sebagai *wavelet* polaritas yang sama. Begitupun juga berlaku untuk nilai RC negatif dengan polaritas *wavelet* akan dibalik (Cox dkk., 2020). Persamaan Zoeppritz dapat ditulis sebagai:

$$RC = \frac{AI_2 - AI_1}{AI_2 + AI_1} \quad (4)$$

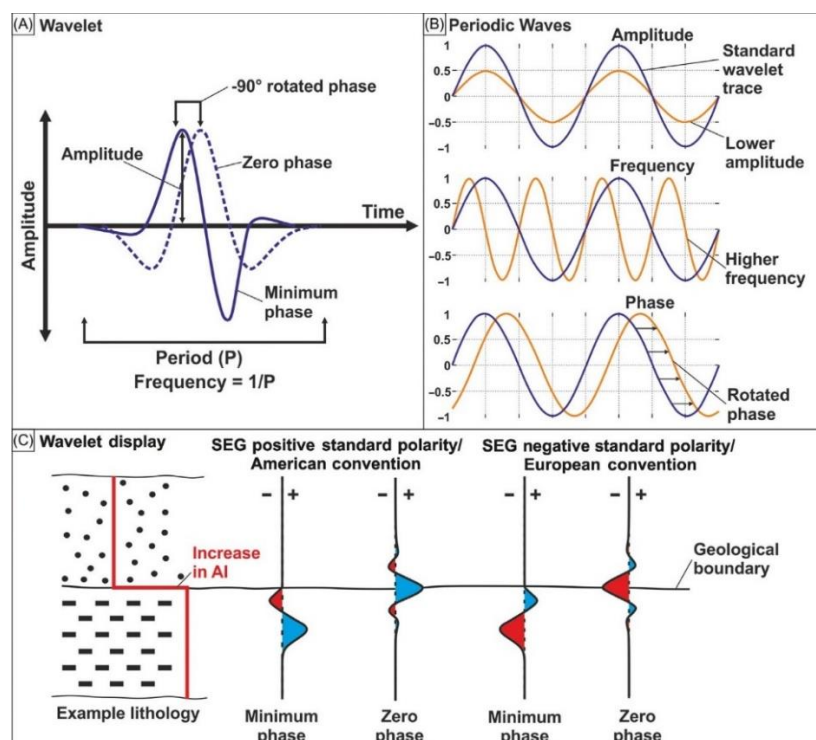


**Gambar 6.** Koefisien refleksi dan pembalikan polaritas (Cox dkk., 2020)

## 2.7. Wavelet dan Polaritas

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

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



Gambar 7. Wavelet dan polaritas (Cox dkk., 2020)

## 2.8. Resolusi Seismik

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

$$\text{Resolusi vertikal} = \lambda/4 \quad (5)$$

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

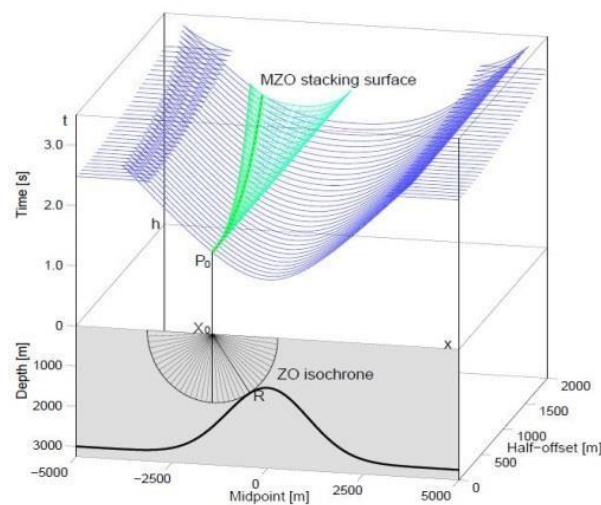
Resolusi horizontal lebih rumit daripada resolusi vertikal karena efek akuisisi dan alur pengolahan data serta model kecepatan yang tidak sempurna. Lebar zona Fresnel adalah pada batas energi dipantulkan sebagai indikator untuk resolusi horizontal dan bergantung pada panjang gelombang ( $\lambda$ ) sama halnya seperti resolusi vertikal. Contoh upaya untuk mengurangi lebar zona Fresnel dan meningkatkan resolusi horizontal yakni mengurangi jarak lintasan selama akuisisi dan melakukan proses migrasi selama pemrosesan data (Cox dkk., 2020).

## 2.9. Stack Data Seismik

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

### 2.9.1. CMP Stack

Metode stack konvensional dilakukan dengan merata-ratakan data yang dikoreksi NMO atau kumpulan data yang dimigrasi, hanya optimal saat komponen *noise* di semua *trace* tidak berkorelasi, terdistribusi normal, stasioner, dan dengan magnitudo yang sama (Mayne, 1962; Neelamani dkk., 2006). *Common-midpoint stacking* (CMP) adalah salah satu cara yang umumnya digunakan dalam pemrosesan data karena kemampuannya untuk memisahkan sinyal dari *noise* yang memiliki frekuensi yang sama.



**Gambar 8.** Operator *stack* dari NMO/DMO stack (Jäger, 1999)

$h$  merupakan jarak *offset*,  $t$  adalah waktu, serta  $x$  yakni CDP (*Common Depth Point*). Berbagai *ray* yang berbeda dapat direfleksikan oleh satu titik CDP. Penjumlahan sepanjang *line multicoverage* data yang ditunjukkan oleh garis berwarna biru dilakukan untuk mengakumulasi banyaknya *ray* yang berbeda. Setelahnya, diakumulasi dalam satu *trace* yang mewakili titik  $P_o$ . Diantara sumbu waktu dan sumbu jarak offset terdapat kurva hiperbolik yang diakibatkan oleh adanya faktor *offset*. Dengan demikian diperlukan *velocity analysis* agar *gather* menjadi lurus. Operator CMP *Stack* digambarkan dengan garis berwarna hijau muda. Tahap *stack* metode konvensional ditunjukkan sepanjang garis yang berwarna hijau tebal.

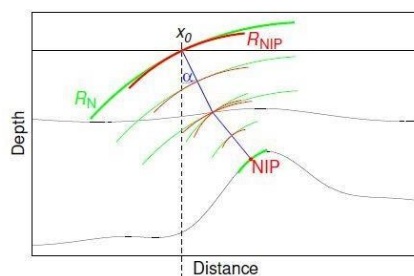
Berdasarkan fungsi waktu tempuh dalam *CMP gather* dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$t^2 = t_0^2 + \frac{x^2}{v_{NMO}^2} \quad (6)$$

Dengan  $t_0$  merupakan waktu tempuh *zero offset* (ZO) serta jarak sumber ke penerima disimbolkan ( $x$ ). Adapun  $v_{NMO}^2 = \frac{2v_0 R_{NIP}}{t_0 \cos^2 \alpha}$  dengan  $v_0$  adalah kecepatan dekat permukaan sedangkan  $R_{NIP}$  adalah jari-jari kelengkungan gelombang *normal incident point* (Hertweck dkk., 2007).

### 2.9.2. Common Reflection Surface Stack

Metode *Common Reflection Surface* (CRS) diperkenalkan oleh Muller pada tahun 1998 yakni metode simulasi zero-offset (ZO) berbasis data 2-D yang tidak membutuhkan pengetahuan eksplisit mengenai model kecepatan makro (Mann dkk., 2002). Operator *stack* metode CRS mempunyai beberapa parameter dengan memakai tiga atribut medan gelombang kinematik yang mewakili kelengkungan dan arah rambat bertepatan dari dua muka gelombang yang muncul pada permukaan akuisisi, yakni muka gelombang *normal incidence point* (NIP) dan muka gelombang normal (Hubral, 1983).



**Gambar 9.** Curvature gelombang normal (hijau), NIP (merah), dan  $\alpha$  (biru) (Mann, 2007)

Radius gelombang NIP atau parameter  $R_{NIP}$  merupakan gelombang yang merambat dari permukaan ke reflektor lalu kembali ke permukaan. Gelombang NIP

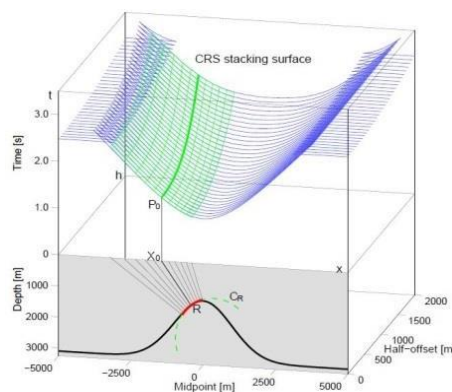


mengecil menjadi satu titik pada reflektor dengan asumsi energi tidak hilang selama perambatan gelombang berlangsung. Sumber gelombang baru yakni gelombang NIP muncul setelah gelombang tiba pada satu titik reflektor, sehingga jarak dari reflektor ke titik  $X_0$  bisa ditentukan. Adapun gelombang yang merambat dengan arah normal atau parameter  $R_N$  yang diciptakan dari sumber luasan di sekitar titik kejadian. Parameter  $R_N$  mengandung informasi tentang kelengkungan reflektor. Sudut kritis antara permukaan dengan sinar normal di  $X_0$  merupakan parameter sudut  $\alpha$  (Daruartati dkk., 2015). Adapun persamaan CRS *stack* secara matematis menggunakan ekspansi Taylor orde dua dituliskan sebagai berikut:

$$t^2(x_m, h) = \left[ t_0 + \frac{2 \sin \alpha}{v_0} (x_m - x_0) \right]^2 + \frac{2t_0 \cos^2 \alpha}{v_0} \left[ \frac{(x_m - x_0)^2}{R_N} + \frac{h^2}{R_{NIP}} \right] \quad (7)$$

Berdasarkan Persamaan (7), sampel waktu disimbolkan ( $t_0$ ). Adapun ( $x_0$ ) adalah koordinat munculnya sinar normal pada setengah *offset* ( $h$ ) sama dengan nol, ( $x_m - x_0$ ) adalah *aperture* titik tengah. Kecepatan konstan di dekat permukaan adalah ( $v_0$ ). Jari-jari kelengkungan gelombang normal disimbolkan ( $R_N$ ), sedangkan jari-jari kelengkungan gelombang *normal incident point* (NIP) disimbolkan ( $R_{NIP}$ ), serta ( $\alpha$ ) merupakan sudut datang gelombang pantul.

Metode CRS bisa lebih mendekati model geologi bawah permukaan yang sebenarnya dengan mengakumulasi jarak CMP dan CDP yang ada disekitarnya tanpa memerlukan analisis kecepatan. Pada **Gambar 10** penjumlahan sepanjang permukaan *mid point half offset* dilakukan pada tahap CRS *Stack* yang ditunjukkan dengan garis berwarna hijau lalu produk diakumulasi di titik  $P_0$ .



**Gambar 10.** Operator *stack* dari CRS *stack* (Jäger, 1999)

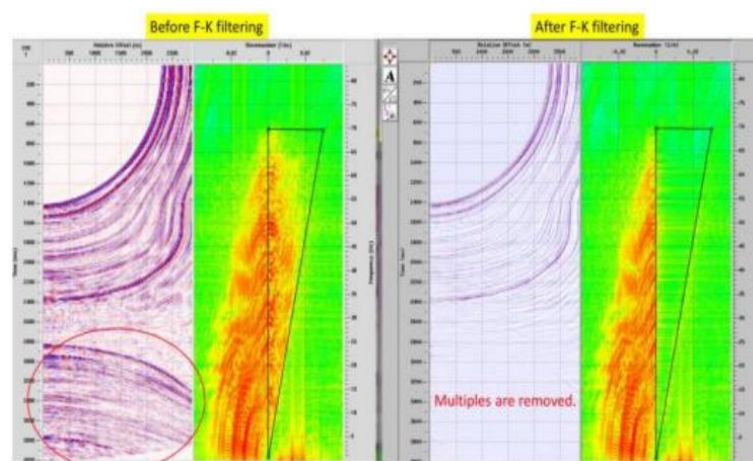
## 2.10. Data Enhancement

### 2.10.1. Filter F-K

F-K filter merupakan salah satu teknologi tradisional dalam memisahkan *noise* koheren. Filter ini belum sepenuhnya digunakan dalam pengolahan data untuk mengurangi *multiple* karena teknik memisahkan energi primer dengan *multiple* yang digunakan cukup sulit. Gelombang refleksi primer dan *noise* berupa *multiple* harus bisa terpetakan dalam domain  $f$ - $k$  yang dapat dipisahkan. Apabila gelombang refleksi primer dan *noise* saling tumpang tindih lalu melakukan penghilangan *noise* dalam poligon yang ditentukan, maka gelombang refleksi primer dalam area poligon yang sama juga akan dilemahkan (Wu dan Wang, 2011). Transformasi fourier 2D oleh Bracewell (1965) digunakan dalam mengubah domain waktu ( $t$ ) dan jarak ( $x$ ) menjadi domain frekuensi ( $f$ ) dan bilangan gelombang ( $k$ ).

$$P(k_x, \omega) = \iint P(x, t) e^{ik_x x - i\omega t} dx dt \quad (8)$$

Dengan  $P(k_x, \omega)$  merupakan data dalam domain frekuensi ( $f$ ) dan bilangan gelombang ( $k$ ),  $P(x, t)$  merupakan data dalam domain jarak ( $x$ ) dan waktu ( $t$ ),  $\omega$  merupakan frekuensi temporal,  $k_x$  merupakan frekuensi spasial (*wavenumber*),  $t$  merupakan waktu, dan  $x$  merupakan *offset*.



**Gambar 11.** Penerapan filter F-K pada data seismik laut (Pholpark,2014).

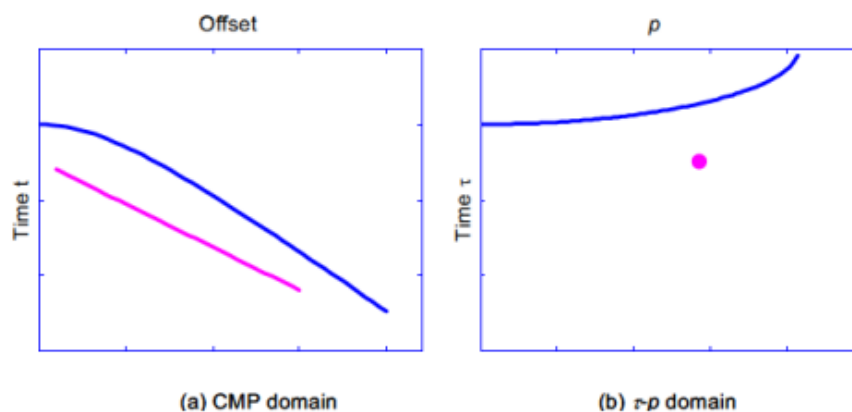
### 2.10.2. Transformasi Radon

Johan Radons (1917) adalah orang yang memperkenalkan transformasi radon. Transformasi radon adalah salah satu metode pengolahan data seismik dan analisis citra. Teknik ini mentransformasikan data dari domain jarak ( $x$ ) dan waktu ( $t$ ) menjadi domain *intercept time* ( $\tau$ ) dan parameter sinar ( $p$ ) lalu dimodifikasi serta dikembalikan lagi ke dalam domain jarak ( $x$ ) dan waktu ( $t$ ). Jenis-jenis transformasi radon yang dipakai dalam atenuasi pengolahan data seismik yakni diantaranya transformasi radon hiperbolik, transformasi radon parabola, dan *slant stack* (*dip scan stack*) atau transformasi  $\tau - p$  (Trad, 2001).

Tranformasi *slant-stack* merupakan tranformasi radon linier dengan mengakumulasikan data dalam domain  $t-x$  sepanjang garis linier. Persamaan dari transformasi radon linear adalah sebagai berikut:

$$S(\tau, p) = \sum_x d(t = \tau + px, x) \quad (9)$$

Hasil tranformasi berupa  $S(\tau, p)$ , data masukan seismik adalah  $d(t, x)$ , *intercept two-way time* disimbolkan ( $\tau$ ), parameter sinar atau *slowness/phase velocity* disimbolkan ( $p$ ) yang didefinisikan dengan  $p = \frac{\sin(\theta)}{v}$ , dengan ( $\theta$ ) adalah sudut tembak sinar seismik untuk *offset* ( $x$ ) dan waktu ( $t$ ), serta  $v$  adalah kecepatan (Cao, 2006).

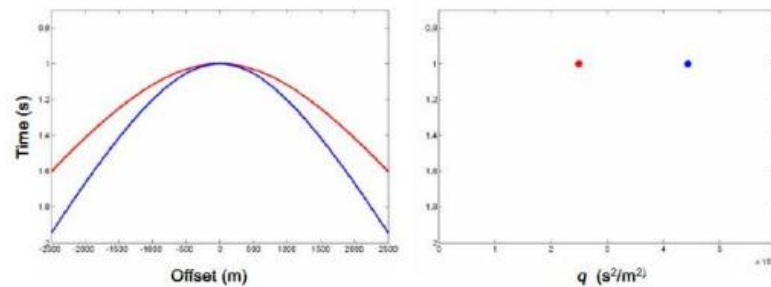


**Gambar 12.** Contoh tranformasi *slant-stack* (Cao, 2006)

Tranformasi radon hiperbolik merupakan tranformasi yang memodifikasi kurva *velocity* yang berbentuk hiperbola menjadi titik. Persamaan matematis untuk tranformasi radon hiperbolik sebagai berikut:

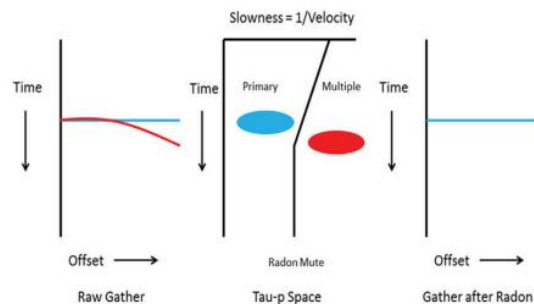
$$u(\tau, q) = \sum_x d(t = \sqrt{\tau^2 + qx^2}, x) \quad (10)$$

Adapun  $q = \frac{1}{v_{rms}^2}$  dengan akumulasi sinyal diartikan dengan  $t = \sqrt{\tau^2 + qx^2}$  yang terlibat dengan sebuah kurva hiperbolik. Dengan demikian kecepatan gelombang refleksi primer dengan *multiple* mempunyai pola yang berbeda seperti ditunjukkan oleh **Gambar 13**. Garis biru menunjukkan *multiple*, sedangkan garis merah menunjukkan kecepatan gelombang primer.



**Gambar 13.** Contoh tranformasi radon hiperbolik (Cao, 2006)

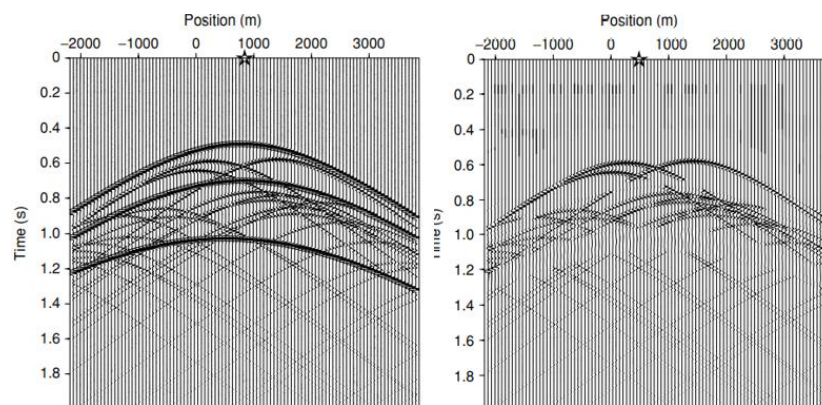
Radon parabolik diartikan sebagai kumpulan data penembakan dari radon hiperbolik atau  $t^2$  menjadi  $t'$ . Dengan demikian persamaan radon hiperbolik  $t = \sqrt{\tau^2 + qx^2}$  ditransformasikan menjadi  $t' = \tau' + qx^2$  yang merupakan persamaan radon parabolik (Yilmaz, 2001).



**Gambar 14.** Transformasi radon (Yilmaz, 2001)

### 2.10.3. Eigenvector Filter

Filter vektor eigen sama dengan transformasi K-L Kahrnunen-Loeve (Hsu, 1990). Bagian seismik 2D yang sudah dikoreksi NMO diperlakukan sebagai matriks 2D yang dapat didekomposisi menjadi bagian eigennya dengan nilai eigen yang sesuai. Adanya *event* seismik berupa pola refleksi yang datar ditunjukkan dengan nilai eigen yang tinggi. Sebaliknya, *event* seismik yang acak dan kurang menonjol atau termasuk *noise* ditunjukkan dengan nilai eigen yang kecil. Apabila  $S(t, x)$  adalah matriks data, *singular-value decomposition* (SVD) yang sesuai dapat ditulis sebagai  $S = U \Sigma V^T$ . Adapun  $U$  dan  $V$  merupakan matriks kesatuan yang terdiri dari vektor eigen kiri dan kanan dari  $S$ , serta  $\Sigma$  adalah matriks diagonal yang mengandung nilai eigen dari  $S$  (Le Bihan dkk., 2001).



**Gambar 15.** Contoh penerapan *eigenvector filter* (Bansal dan Imhof, 2005)

### 2.10.4. F-X Deconvolution

Canales (1984) memperkenalkan peningkatan sinyal data seismik dalam domain  $f-x$ . Konsep dasar dekonvolusi  $f-x$  yakni berdasarkan asumsi jika sinyal yang diharapkan kontinu serta bisa diprediksi sedangkan *noise* acak tidak koheren dan tidak bisa diprediksi. Pengaplikasian dekonvolusi F-X dalam mendeteksi gelombang seismik sudah dipakai untuk eksplorasi minyak dan gas (Sun dkk., 2020).

$$\omega_n(t) = \omega(t - k\Delta x) \quad (11)$$

*Sub-wave* sinyal seismik adalah  $\omega(t)$ , spasi *channel* antara sinyal seismik adalah  $(x)$ , dan *channel* ke- $n$  ditulis dalam Persamaan (11). FFT dari Persamaan (11) yakni  $W(f)$  dituliskan sebagai berikut:

$$FFT[\omega_n(t)] = W(f)e^{-jkn\Delta x 2\pi f} \quad (12)$$

Apabila spektrum *channel* pertama adalah  $W_1(f)$ , untuk frekuensi  $(f)$  tertentu, spektrum dari *channel* ke- $n$  sebagai berikut:

$$W_n(f) = W_1(f)e^{-jk(n-1)\Delta x 2\pi f} \quad (13)$$

Transformasi Z dari penjumlahan setiap *channel* sebagai berikut:

$$H(z) = \sum_n W_1(f)e^{-jk(n-1)\Delta x 2\pi f} \cdot z^{n-1} = W_1(f) \sum_n e^{-jk(n-1)\Delta x 2\pi f} \cdot z^{n-1} \quad (14)$$

Persamaan (14) merupakan model autoregresif orde kedua. Spektrum *channel* ke- $(n + 1)$  dapat diprediksi sebagai berikut:

$$W_{n+1}(f) = W_n(f)e^{-jk\Delta x 2\pi f} \quad (15)$$

Operator prediksi *error*  $O(f, x)$  dapat dihitung menggunakan filter *complex* Wiener. Jika sinyal asli yang terekam menjadi  $S(f, x)$ . Prediksi kesalahan energi  $E(f_0)$  sebagai berikut:

$$E(f_0) = \sum_x \{ [\sum_n S(f_0, x - n) \cdot O(f_0, n) - \sum_n S(f_0, x)] \cdot \overline{[\sum_n S(f_0, x - n) \cdot O(f_0, n) - \sum_n S(f_0, x)]} \} \quad (16)$$

Operator prediksi *error*  $O(f, x)$  dapat dikalkulasi dengan prinsip dari energi kesalahan minimum. Sinyal dengan *noise* yang dihilangkan bisa didapatkan oleh konvolusi antara  $O(f_0, n)$  serta setiap *channel* dengan frekuensi  $f_0$ . Dekonvolusi F-X cukup efektif meningkatkan kontinuitas sinyal koheren serta menghilangkan *random noise*. Operator prediksi *error*  $O(f, x)$  sangat bergantung oleh *noise*.

### **2.11. Migrasi**

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

### III. METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1. Waktu dan Tempat Pelaksanaan

Penelitian dilaksanakan pada tanggal 15 Agustus 2022 sampai 10 Oktober 2022 di Lembaga Pengembangan Teknologi Minyak dan Gas Bumi “LEMIGAS”. Gedung Eksplorasi 3 di LEMIGAS sebagai tempat pelaksanaan penelitian dimulai dari studi literatur, pengolahan data seismik, dan penyusunan laporan untuk LEMIGAS. Adapun rencana penyusunan laporan untuk jurusan Teknik Geofisika UNILA dilakukan di Labarotarorium Pengolahan dan Pemodelan Data Geofisika (PPDG).

**Tabel 1.** *Time schedule* penelitian

No	Kegiatan	Bulan (Minggu Ke-)																
		Agustus				September				Oktober				November				Desember
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1
1	Studi Literatur																	
2	Penyusunan proposal penelitian																	
3	Seminar proposal penelitian																	
4	Pengumpulan data																	
5	Pengolahan Data Seismik																	
6	Penyusunan dan revisi laporan penelitian																	
7	Seminar hasil																	
8	Sidang komprehensif																	



### 3.2. Alat dan Bahan

Beberapa alat serta bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Laptop
2. *Microsoft Word* 2016
3. *ProMAX*
4. *Flashdisk*
5. *Mouse*
6. *Keyboard*

### 3.3. Tahapan Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan mengolah data seismik menggunakan *ProMAX*. Adapun prosedur dalam pengolahan data seismik sebagai berikut:

#### 3.3.1. Persiapan Data

Data penelitian yang dipakai adalah data seismik refleksi 2D hasil pengukuran di Laut Nias oleh LEMIGAS. Data terdiri dari 3 *line* dengan parameter akuisisi ditunjukkan oleh **Tabel 2**.

**Tabel 2.** Parameter akuisisi data seismik

PARAMETER AKUISISI	GM3-BIO-NIAS-L01.1	GM3-BIO-NIAS-L10.1	GM3-BIO-NIAS-L22.1
<i>Source interval</i>	25 m	25 m	25 m
<i>Group Interval</i>	12.5 m	12.5 m	12.5 m
Jumlah <i>Source</i>	548	945	1262
Jumlah <i>channel</i>	96	96	96
<i>Minimum Offset</i>	50 m	50 m	50 m
<i>Maximum Offset</i>	1237.5 m	1237.5 m	1237.5 m
<i>CDP Interval</i>	6.25 m	6.25 m	6.25 m
<i>Fold</i> Maksimum	24	24	24
Panjang Lintasan	13,675 m	23,600 m	31,525 m
<i>Line Azimuth</i>	40°	40°	40°

### 3.3.2. Pengolahan Data

Pengolahan data seismik dilakukan menggunakan dua metode yang berbeda yakni metode konvensional dan metode *Common Reflection Surface* (CRS). Penggunaan dua metode untuk membandingkan tingkatan *S/N ratio* sehingga didapatkan model bawah permukaan yang mendekati kondisi aslinya. Proses pengolahan data ini terdiri dari berbagai langkah yang tersusun dalam sebuah ruang kerja *flow* dalam *software* ProMAX. *Flow* tersebut disesuaikan dengan karakteristik data yang akan diolah. Setiap *flow* terdiri dari parameter-parameter penting, yang mana kesesuaian dalam penentuan parameter akan mengontrol hasil.

#### a) *Input Data*

Data dengan bentuk SEG-D harus diubah terlebih dahulu menjadi bentuk SEG-Y. Hal ini berarti data dengan format *multiplex* harus diubah menjadi format *demultiplex*. Hal ini dilakukan karena data dalam format *multiplex* masih disusun berdasarkan urutan waktu, sedangkan format *demultiplex* disusun berdasarkan urutan *trace-trace* dalam setiap *shot gather*. **Gambar 16** menunjukkan *flow* proses *input data* yang produknya berupa *raw data*

```
SEG-D Input
Disk Data Output -> Raw Data
```

**Gambar 16.** *Flow* proses *input data*

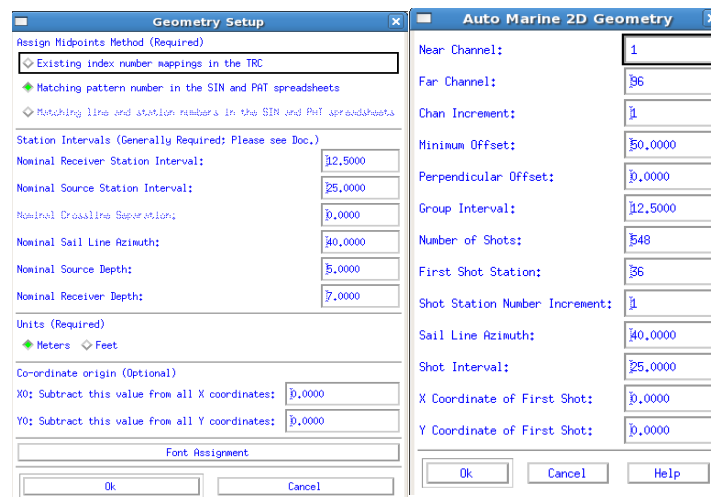
#### b) *Geometry Setting*

Proses ini bertujuan untuk mencocokkan geometri data yang akan diolah supaya sesuai dengan kondisi sebenarnya di lapangan saat melakukan akuisisi data.

```
2D Marine Geometry Spreadsheet*
Disk Data Input <- RAW
Inline Geom Header Load
Disk Data Output -> GEOMETRY
```

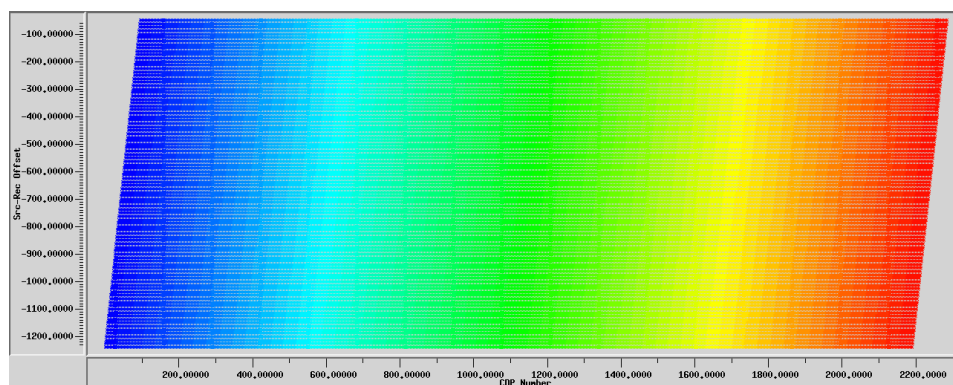
**Gambar 17.** *Flow* proses *geometry setting*

Dalam hal ini digunakan *flow geometry spreadsheet* yakni *editor file database*, menyimpan dan mengambil informasi langsung ke dalam *database*. *Input* dari *flow* ini adalah *raw data*. Terdapat tiga proses penting dalam proses *geometry setting* ini yakni diantaranya memasukkan berbagai parameter geometri lapangan yang diperlukan, *data binning*, dan *finalize database*.



**Gambar 18.** *Geometry setup*

Proses selanjutnya yakni memuat informasi geometri secara otomatis dari *database* menuju *trace header* menggunakan *flow inline geom header load*. Kemudian lakukan proses *quality control* untuk mengecek data geometri yang dimasukkan telah sesuai. Hal ini dilakukan dengan membuat *stacking chart* antara CDP dengan *offset*. Terlihat pada **Gambar 19** adanya *fold coverage* yang tinggi ditunjukkan oleh pertengahan CDP.



**Gambar 19.** *Stacking chart CDP terhadap offset*

c) *Filtering*

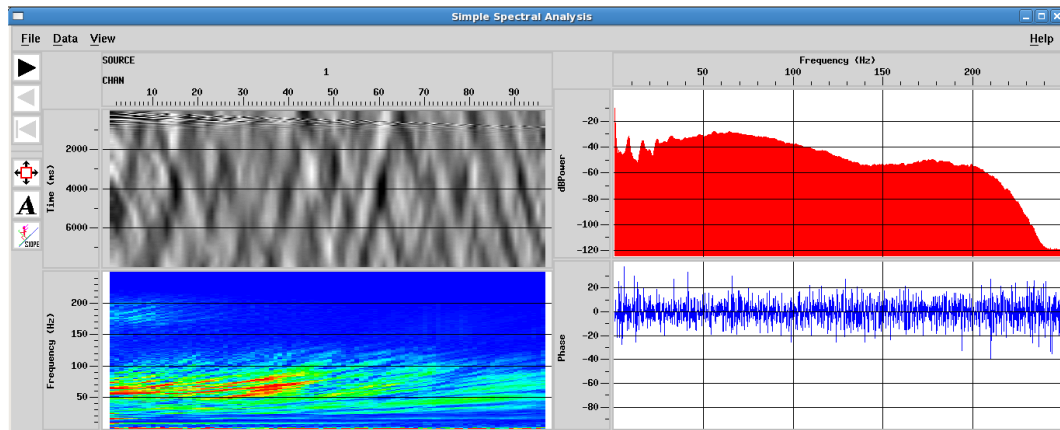
Sebelum dilakukan proses *filtering* perlu dilakukan analisis spektral guna menghitung dan menampilkan perkiraan spektral untuk subset *trace* yang dipilih secara interaktif. Tampilan spektral dapat dikonfigurasi baik secara interaktif maupun dari menu.

```

Disk Data Input <- GEOMETRY
Interactive Spectral Analysis
Bandpass Filter
Disk Data Output -> FILTER
Trace Display

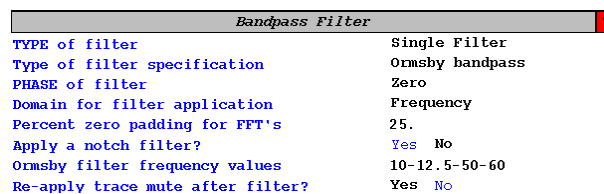
```

**Gambar 20.** *Flow proses filtering*

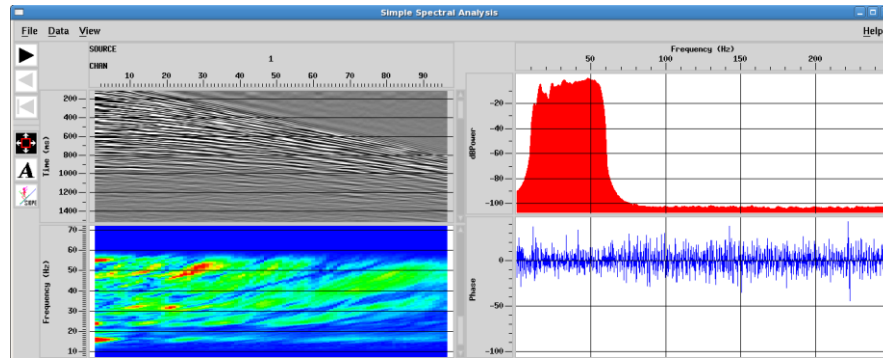


**Gambar 21.** *Tampilan interactive spretral analysis sebelum filtering*

Selanjutnya, nilai frekuensi 10-12.5-50-60 dipilih untuk digunakan dalam *bandpass filter*. Proses *bandpass filter* yakni melewatkan frekuensi yang dikehendaki dalam interval nilai tertentu dan menolak frekuensi yang tidak dikehendaki di luar interval nilai tersebut.



**Gambar 22.** *Parameter bandpass filter*



**Gambar 23.** Tampilan *interactive spectral analysis* setelah *filtering*

d) *Editing*

Proses ini bertujuan untuk menghilangkan *noise* dengan cara memotong bagian atas dan bawah dari *trace* yang dianggap mengandung *noise*. Dengan demikian akan didapatkan data yang berkualitas baik. Hasil proses *editing* ini akan digunakan dalam proses *true amplitude recovery* (TAR) dan dekonvolusi.

```
Disk Data Input <- FILTER
>Trace Display<
Trace Muting <= TOP 1
Trace Muting <= BOT 2
Disk Data Output -> EDITING
```

**Gambar 24.** *Flow* proses *editing*

e) TAR dan Dekonvolusi

*True amplitude recovery* (TAR) mengaplikasikan fungsi penguatan varian ruang dan waktu terhadap *trace* untuk menggantikan hilangnya amplitudo yang disebabkan oleh penyebaran dan atenuasi muka gelombang. Adapun dekonvolusi dilakukan untuk memperbesar resolusi secara vertikal, menghilangkan efek *multiple*, dan mengoreksi bentuk *wavelet* yang kompleks karena pengaruh *noise*.

```
Disk Data Input <- EDITING
True Amplitude Recovery
Spiking/Predictive Decon <= Decon
Disk Data Output -> PREPRO
Trace Display
```

**Gambar 25.** *Flow* proses TAR dan dekonvolusi

f) *Velocity Analysis*

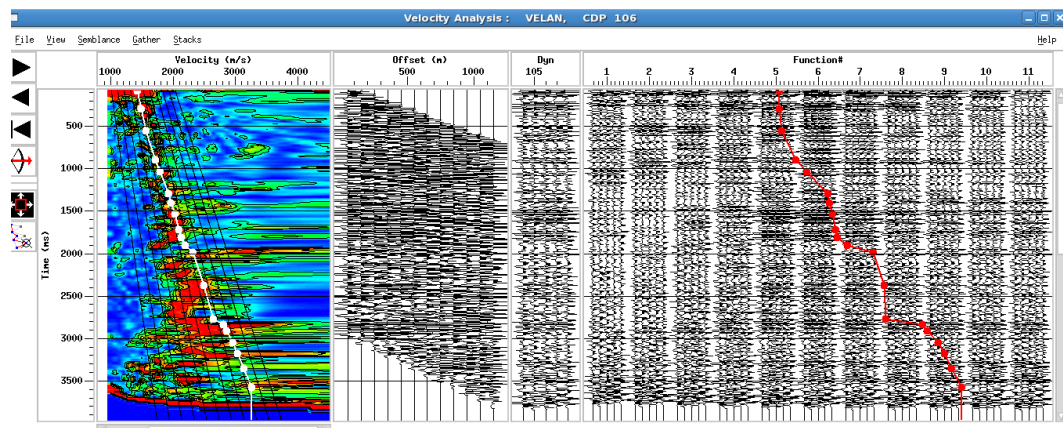
*Velocity analysis* adalah tahap memilih kecepatan gelombang seismik yang sesuai. Kecepatan yang dipakai adalah kecepatan akar kuadrat rata-rata ( $v_{RMS}$ ). Analisis kecepatan memakai metode *semblance* yang menunjukkan spektrum kecepatan dan CDP *gather*. Pemilihan kecepatan semakin meningkat nilainya seiring bertambahnya TWT (*Two Way Traveltime*) untuk menghindari pemilihan nilai kecepatan berupa *multiple*.

```

2D Supergather Formation*
Bandpass Filter
Automatic Gain Control
Velocity Analysis Precompute
Disk Data Output -> VELAN
>-----Add Flow Comment-----<
Disk Data Input <- VELAN
Velocity Analysis <= VELAN 1
>-----Add Flow Comment-----<
Volume Viewer/Editor* <= VELAN 1
>-----Add Flow Comment-----<
Velocity Manipulation* <= VELAN 1
  
```

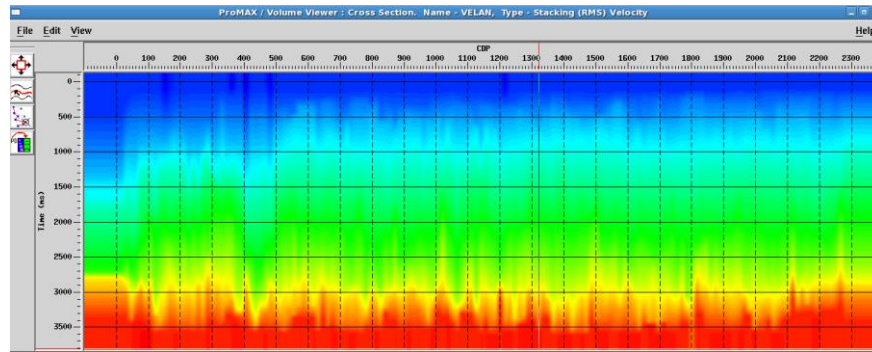
**Gambar 26.** *Flow proses velocity analysis*

Pemilihan kecepatan yang tepat akan menampilkan CDP *gather* yang datar setelah mengaplikasikan NMO.



**Gambar 27.** *Tampilan velocity analysis*

Untuk melakukan *quality control* dalam proses analisis kecepatan dilakukan dengan *flow volume viewer editor*. *Flow* ini memungkinkan untuk melihat dan mengedit satu atau lebih volume kecepatan yang di pilih.



**Gambar 28.** *Volume viewer editor analisis kecepatan*

g) *Stacking*

Dalam proses ini *trace-trace* seismik akan dijumlahkan dalam satu CDP sesudah dilakukannya koreksi NMO. Koreksi NMO bertujuan untuk meniadakan efek *offset* yang bervariasi dari setiap penerima dalam bentuk CDP. Proses *stacking* dilakukan untuk meningkatkan rasio sinyal terhadap *noise* (S/N) dengan cara meniadakan *noise* yang inkoheren dan memperkuat sinyal yang koheren. Metode pertama yang dipilih dalam proses *stacking* yakni metode konvensional.

```
Disk Data Input <- PREPRO
Normal Moveout Correction <= VELAN 1
CDP/Ensemble Stack
Disk Data Output -> STACK
```

**Gambar 29.** *Flow proses stacking metode konvensional*

h) *Common Reflection Surface*

1) *CRS ZO Search*

*Tool* ini dipakai untuk mencari kemiringan dan orientasi pantulan dengan *zero offset (stacked) volume*. *Tool* ini bekerja dengan cara membaca dalam *stacked volume* dan menemukan kemiringan serta azimuth dengan interval tetap yang ditentukan. *Tool* ini akan mencari kemiringan dan azimuth yang paling koheren sepanjang data dengan mengukur kemiripan melalui data. Jarak antar lokasi analisis dapat ditentukan dengan tiga parameter yang ada diantaranya *in line search spacing*, *cross line search spacing*, dan *time search spacing*.

```
Disk Data Input <- STACK
2D CRS ZO Search <= CRS dip
```

**Gambar 30.** *Flow proses CRS ZO search*

## 2) CRS Precompute

*Tool CRS Precompute* digunakan untuk menghitung jendela *semblance*, *gathers*, dan *constant velocity stacks* agar dilakukan analisis kecepatan dengan kemiringan. *Tool* ini bertujuan untuk mengoreksi struktur dalam analisis kecepatan. *Tool* ini dibuat untuk mewakili *Velocity Analysis Precompute* serta menghasilkan keluaran yang dapat dipakai dalam analisis kecepatan.

```
2D Supergather Formation*
2D CRS Precompute <= CRS dip
Disk Data Output -> crs_compute 1
>-----Add Flow Comment-----<
Disk Data Input <- crs_compute 1
Velocity Analysis <= CRS velan
Volume Viewer/Editor* <= CRS velan
```

**Gambar 31.** *Flow proses CRS precompute*

## 3) CRS Stack

*CRS Stack* menghasilkan *CMP gather* dengan *zero offset* yang bertujuan untuk meningkatkan rasio sinyal terhadap *noise* (S/N). *Tool* ini memakai informasi kemiringan, *azimuth*, dan kecepatan untuk melakukan proses *stacking*.

```
Disk Data Input <- PREPRO
2D CRS Stack <= CRS dip
Disk Data Output -> CRS Stack
```

**Gambar 32.** *Flow proses CRS stack*

### i) Migrasi

Proses ini bertujuan untuk mengembalikan posisi reflektor ke tempat seharusnya baik secara vertikal maupun horizontal. Pengolahan yang dilakukan adalah *post-stack time migration* dimana proses migrasi dilakukan setelah *stacking* dalam domain waktu.



```

Disk Data Input <- STACK
Kirchhoff Time Mig. <= VELAN 1
Disk Data Output -> Mig out

```

**Gambar 33.** *Flow* proses migrasi

j) *Data Enhancement*

1) *F-K Filter*

*F-K filter* adalah salah satu metode penapis dalam *processing* data seismik dengan mentransformasikan data seismik yang berasal dari domain waktu ( $t$ ) dan jarak ( $x$ ) menjadi domain frekuensi ( $f$ ) serta bilangan gelombang ( $k$ ). Transformasi Fourier 2D diperlukan untuk merubah domain waktu dan jarak menjadi domain frekuensi serta bilangan gelombang. *F-K filter* bisa diaplikasikan setelah dilakukan koreksi NMO menggunakan kecepatan gelombang primer pada *gather* domain waktu dan *offset* dengan tujuan memisahkan gelombang primer dan *multiple*.

```

Disk Data Input <- PREPRO
Normal Moveout Correction <= velocity analysis
F-K Analysis <= Gate FK 1
F-K Filter <= Gate FK 1
Disk Data Output -> 01_FK Filter_NMO
>Trace Display<

```

**Gambar 34.** *Flow* proses *F-K filter*

2) *Radon Filter*

Filter radon adalah salah satu cara untuk meningkatkan kualitas data seismik dengan merubah data seismik yang berasal dari domain waktu ( $t$ ) dan jarak ( $x$ ) menjadi domain *intercept time* ( $\tau$ ) serta parameter sinar ( $p$ ). Pada tampilan domain *moveout* dan waktu, sinyal gelombang primer diloloskan sedangkan sinyal *multiple* dihilangkan. Untuk membedakan antara gelombang primer dengan *multiple* perlu dilakukan koreksi NMO. Refleksi *multiple* akan memiliki pola parabolik dalam tampilan CDP *gather* yang sudah dilakukan koreksi NMO menggunakan kecepatan gelombang primer.

---

```

Disk Data Input <- PREPRO
>Inline Sort<
Interactive Radon/Tau-P Analysis <= Gate Radon_Top 1
Radon Filter <= Gate Radon_Top 1
Disk Data Output -> 02_Radon_Filter_NMO
>Trace Display<

```

**Gambar 35.** *Flow* proses radon filter

### 3) *Eigenvector Filter*

Filter vektor eigen memakai teori *Kahrunen-Loeve* untuk menguraikan *trace* data menjadi citra eigen melalui pemakaian vektor eigen. Citra eigen yang ditentukan dapat digunakan dalam rekonstruksi sehingga menghasilkan suatu jenis *event* seismik ataupun *noise*. Pada umumnya *event* seismik yang lebih datar direkonstruksi memakai *eigenimages* dengan jumlah yang lebih kecil, peristiwa *dipping* memakai *eigenimages* pertengahan, dan peristiwa yang lebih kompleks menggunakan *eigenimages* dengan jumlah yang lebih besar.

```

Disk Data Input <- MIGRASI
Eigenvector Filter <= Eigen_1_Gate
Disk Data Output -> Migrasi_Eigen

```

**Gambar 36.** *Flow* proses *K-L* filter

### 4) *F-X Deconvolution*

*F-X Deconvolution* menggunakan transformasi Fourier pada setiap jejak data dari domain waktu ( $t$ ) dan jarak ( $x$ ) menjadi domain frekuensi ( $f$ ) dan jarak ( $x$ ). Peningkatan kualitas data dilakukan dengan menerapkan *complex Wiener Levinson prediction filter* pada jarak untuk setiap frekuensi dalam rentang tertentu. Selanjutnya, merubah setiap jejak frekuensi yang dihasilkan kembali ke domain waktu. *F-X Deconvolution* bertujuan untuk mengurangi *random noise*.

```

Disk Data Input <- MIGRASI
F-X Decon
Disk Data Output -> Migrasi_Eigen_Fx

```

**Gambar 37.** *Flow* proses *F-X deconvolution*

### 5) *Dip Scan Stack*

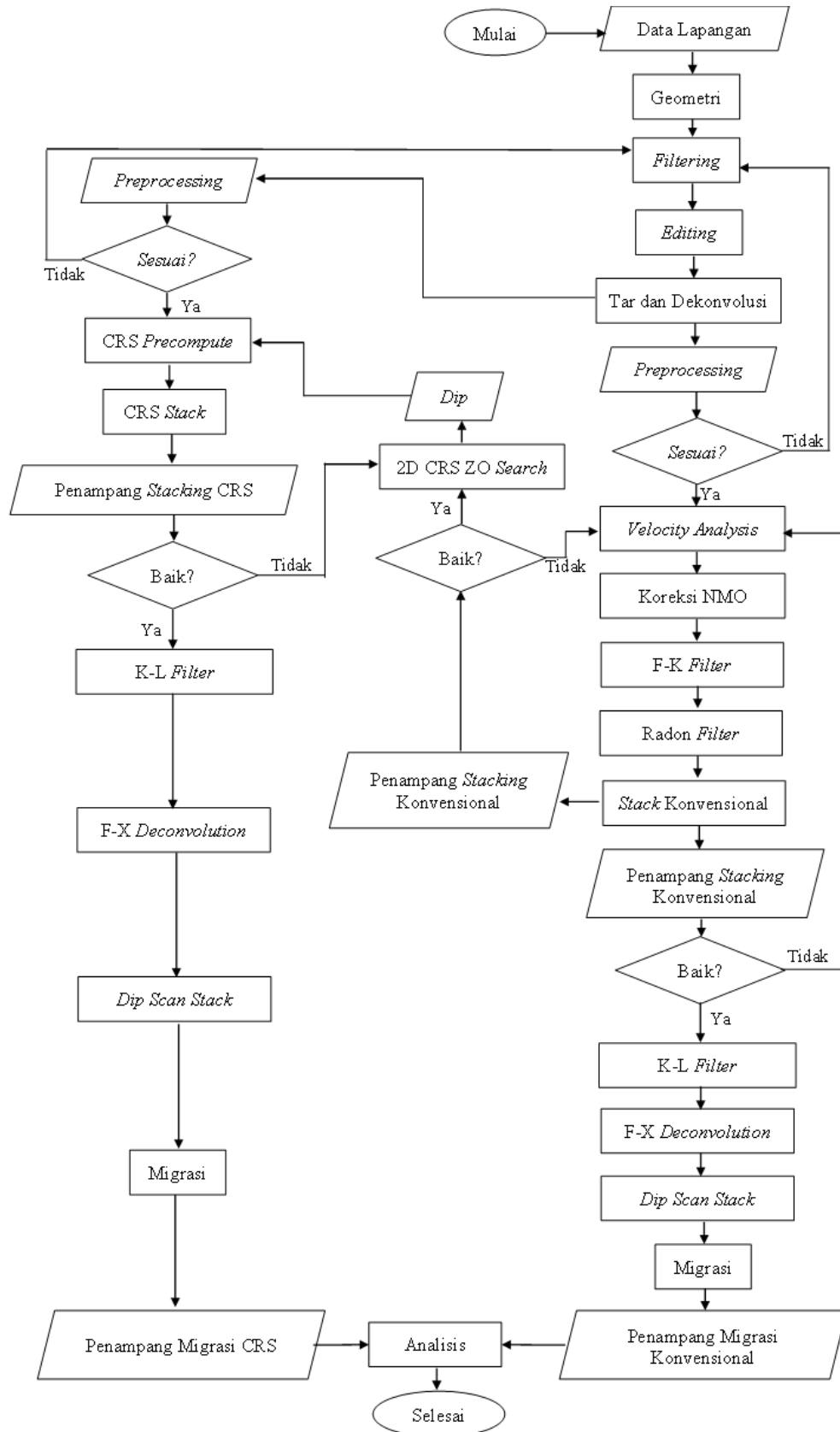
*Dip scan (slant) stack* memakai transformasi  $\tau - p$  dan pembobotan *trace* berdasarkan kemiripan untuk meningkatkan *event* seismik yang koheren dan mengurangi keadaan *steep-dip* yang sebagian besar adalah *noise* pantulan dalam data. Transformasi *slant-stack* bisa digabungkan dengan dekonvolusi yang bertujuan agar *multiple* terlemahkan karena muncul secara periodik. *Dip scan stack* bisa diaplikasikan sebelum maupun sesudah proses *stacking*.

---

```
Disk Data Input <- Migrasi_Eigen_Fx  
Dip Scan Stack  
Disk Data Output -> Migrasi_Eigen_Fx_Slant  
Trace Display
```

**Gambar 38.** *Flow* proses *dip scan stack*

### 3.4. Diagram Alir



**Gambar 39.** Diagram alir metode penelitian

## V. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1. Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa:

- 1) Tahapan *flow processing* yang tepat sesuai dengan karakteristik data rekaman seismik menggunakan ProMAX sangat menentukan dalam menghasilkan penampang seismik yang siap untuk diinterpretasi.
- 2) Teknik *stacking CRS (Common Reflection Surface)* yang dikontrol oleh jumlah *trace* dalam *CMP gather* yang jumlahnya banyak memberikan hasil yang lebih baik dibandingkan dengan *stacking* konvensional yang dikontrol oleh model kecepatan dengan jumlah *trace* *CMP gather* lebih sedikit.
- 3) Penampang seismik metode *CRS (Common Reflection Surface)* dengan penerapan *data enhancement* memperlihatkan pola struktur geologi yang lebih jelas dibandingkan metode konvensional.

### 5.2. Saran

Diperlukan penelitian lebih lanjut untuk memperbesar rasio sinyal terhadap *noise (S/N)* menggunakan *software* ProMAX dengan *flow* khusus, sehingga kualitas hasil pengolahan data dalam penelitian ini dapat ditingkatkan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ashcroft, W. 2011. *A petroleum geologist's guide to seismic reflection*. John Wiley and Sons.
- Assad, J. M., Buchheitt, T. J., Mohn, K. W., dan Masters, R. 2008. Deep water seismic data enhancement and improved resolution: Implications for oil and gas exploration and exploitation, Gulf of Mexico. *The Leading Edge*, 27(8), 980-981.
- Bansal, R. dan Imhof, M. G. 2005. Diffraction enhancement in prestack seismic data. *Geophysics*, 70(3), V73-V79.
- Bolt, B.A. 1982. *Inside the Earth*. W.H. Freeman and Co., San Fransisco, CA, 191 p.
- Bracewell, R. N. dan Bracewell, R. N. 1986. *The Fourier transform and its applications* (Vol. 31999, pp. 267-272). New York: McGraw-Hill.
- Canales, L. 1984. Random noise reduction: 54th Annual International Meeting, SEG, Expanded Abstracts, 525–527. Abstract.
- Cao, Z. 2006. Analysis and application of the Radon transform: University of Calgary. *Department of Geology and Geophysics, Graduate Thesis*.
- Chen, Y., Zhang, M., Bai, M., dan Chen, W. 2019. Improving the signal-to-noise ratio of seismological datasets by unsupervised machine learning. *Seismological Research Letters*, 90(4), 1552-1564.
- Cox, D. R., Newton, A. M., dan Huuse, M. 2020. An introduction to seismic reflection data: Acquisition, processing and interpretation. In *Regional Geology and Tectonics* (pp. 571-603). Elsevier.
- Dani, I. dan 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., dan Kusuma, I. A. 2015. Aplikasi Metode Common Reflection Surface (CRS) Untuk Meningkatkan Hasil Stack Data Seismik Laut 2d Wilayah Perairan “Y”. *Youngster Physics Journal*, 4(4), 291-298.
- Evant, S. 2015. *Aplikasi Metode Transformasi Radon Untuk Atenuasi Multiple Pada Data Seismik Refleksi Multichannel di Perairan Pulau Misool* (Doctoral dissertation, Universitas Pendidikan Indonesia).
- Fresnel, A. 1865. Memoire couronnee sur la diffraction. *page references to the reprinted version in Fresnel Oeuvres Completes, I, Paris*.
- Ghosh, S. K. 2000. Limitations on impedance inversion of band-limited reflection data. *Geophysics*, 65(3), 951-957.
- Hemon, C. H. dan Mace, D. 1978. Essai d'une application de la transformation de Karhunen-Loève au traitement sismique. *Geophysical Prospecting*, 26(3), 600-626.
- Herman, M., Hashim, H. S., Latif, A. H. A., dan Ghosh, D. P. 2017, Oktober. Application of FK Filtering for Coherent Noise Removal in High Frequency Shallow Marine Data. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 88, No. 1, p. 012010). IOP Publishing.
- Hertweck, T., Schleicher, J., dan Mann, J. 2007. Data stacking beyond CMP. *The Leading Edge*, 26(7), 818-827.
- Hidayatullah, F. S. 2010. Identifikasi patahan pada lapisan sedimen menggunakan metode seismik refleksi 2D di Barat Sumatera.
- Hsu, K. 1990. Wave separation and feature extraction of acoustic well-logging waveforms using Karhunen-Loeve transformation. *Geophysics*, 55(2), 176-184.
- Hubral, P. 1983. Computing true amplitude reflections in a laterally inhomogeneous earth. *Geophysics*, 48(8), 1051-1062.
- Jäger, R. 1999. The common reflection surface stack: theory and application. *Hamburg, University Karlsruhe*.
- Jones, I. F. 1985. *Applications of the Karhunen-Loeve transform in reflection seismology* (Doctoral dissertation, University of British Columbia).
- Kirchhoff, G. R. 1883. Vorlesungen über mathematischen Physik: *Annalen der Physik*. 18

- Latimer, R. B., Davidson, R., dan 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.
- Le Bihan, N., Lariani, S., dan Mars, R. 2001, September. Seismic cube decomposition before reservoir characterisation. In *2001 SEG Annual Meeting*. OnePetro.
- Mallick, K. dan Murthy, Y. V. S. 1984. Pattern of Landset MSS data over Zawar lead-zinc mines, Rajasthan, India. *First Break*, 2(1).
- Mann, J., Bergler, S., Zhang, Y., Chira, P., dan Hubral, P. 2002. Generalizations of the Common-Reflection-Surface Stack. In *64th EAGE Conference and Exhibition* (pp. cp-5). European Association of Geoscientists and Engineers.
- Mann, J., Schleicher, J., dan Hertweck, T. 2007. CRS stacking—a simplified explanation. In *69th EAGE Conference and Exhibition incorporating SPE EUROPEC 2007* (pp. cp-27). European Association of Geoscientists and Engineers.
- Mayne, W. H. 1962. Common reflection point horizontal data stacking techniques. *Geophysics*, 27(6), 927-938.
- Neelamani, R., Dickens, T. A., dan Deffenbaugh, M. 2006. Stack-and-denoise: A new method to stack seismic datasets. In *SEG Technical Program Expanded Abstracts 2006* (pp. 2827-2831). Society of Exploration Geophysicists.
- Pholpark, S. 2014. Geophysical Data Processing 612 (Petroleum). Journal Lectures of Geophysical, Thailand, halaman 40.
- Radon, J. 1917. Über die bestimmung von funktionen durch ihre integralwerte langs gewisser mannigfaltigkeiten. *Berichte über die Verhandlungen Gesellschaft der Wissenschaften zu Leipzig. Journal of Mathematical Physics*, 69, 262-277.
- Rasimeng, S., Mulyatno, B. S., Subarsyah, S., Ekarena, A. I., dan 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.
- Rawlinson, N., Pozgay, S., dan Fishwick, S. 2010. Seismic tomography: a window into deep Earth. *Physics of the Earth and Planetary Interiors*, 178(3-4), 101-135.
- Ready, P. dan Wintz, P. 1973. Information extraction, SNR improvement, and data compression in multispectral imagery. *IEEE Transactions on communications*, 21(10), 1123-1131.



- Robinson, E. A. dan Clark, D. 1986. Sparring over light. *The Leading Edge*, 5(4), 39-41.
- Sabiq, H., Rasimeng, S., dan Karyanto, K. 2018. Penentuan Litologi Lapisan Bawah Permukaan Berdasarkan Tomografi Seismik Refraksi untuk Geoteknik Bendungan Air DAERAH "X". *Jurnal Geofisika Eksplorasi*, 4(3), 58-72.
- Saputra, D. 2006. Atenuasi Multipel pada Data Seismik Laut dengan Menggunakan Metoda Predictive Deconvolution dan Radon Velocity Filter. *Skripsi Sarjana pada program Studi Teknik Geofisika Fakultas Ilmu Kebumihan dan Teknologi Mineral Institut Teknologi Bandung*.
- Sheriff, R. E. dan Geldart, L. P. 1995. *Exploration seismology*. Cambridge university press.
- Subari, A., Rasimeng, S., dan Liven Konstanta, N. 2018. Penghilangan Swell Noise dan Linier Noise Pada Data Seismik 2D Marine High Resolution pada Lintasan "AF" Menggunakan Metode SWNA, FK Filter dan TAU-P Transform. *Jurnal Geofisika Eksplorasi*, 4(1), 3-17.
- Sukmono, S. 2001. Interpretasi Seismik Refleksi. Departemen Teknik Geofisika. Institut Teknologi Bandung.
- Sun, W., Zhu, S., Li, W., Chen, W., dan Zhu, N. 2020. Noise Suppression of Distributed Acoustic Sensing Based on f-x Deconvolution and Wavelet Transform. *IEEE Photonics Journal*, 12(1), 1-8.
- Susilawati. 2004. Seismik refraksi (dasar teori dan akuisisi data). USU Digital Library.
- Telford, W. M., Telford, W. M., Geldart, L. P., dan Sheriff, R. E. 1990. *Applied geophysics*. Cambridge university press.
- Thigpen, B. B., Dalby, A. E., dan Landrum, R. 1975. Special report of the subcommittee on polarity standards. *Geophysics*, 40(4), 694-699.
- Trad, D. 2001. *Implementations and applications of the sparse Radon transform* (Doctoral dissertation).
- Walker, C. dan Ulrych, T. J. 1983. Autoregressive recovery of the acoustic impedance. *Geophysics*, 48(10), 1338-1350.
- Wu, M. dan Wang, S. 2011. A case study of fk demultiple on 2D offshore seismic data. *The Leading Edge*, 30(4), 446-450.
- Yilmaz, Ö. 2001. *Seismic data analysis: Processing, inversion, and interpretation of seismic data*. Society of exploration geophysicists.