

**PERBANDINGAN METODE FILTER RADON, FILTER FK
DAN *SURFACE-RELATED MULTIPLE ELIMINATION*
UNTUK MELEMAHKAN MULTIPLE PADA DATA SEISMIK
LAUT 2D**

SKRIPSI

Oleh :
LUCKY KRISKI MUHTAR
125090700111002



**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2017**

**PERBANDINGAN METODE FILTER RADON, FILTER FK
DAN *SURFACE-RELATED MULTIPLE ELIMINATION*
UNTUK MELEMAHKAN MULTIPLE PADA DATA SEISMIK
LAUT 2D**

SKRIPSI

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Sains dalam bidang fisika

Oleh :
LUCKY KRISKI MUHTAR
125090700111002



**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2017**

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

**PERBANDINGAN METODE FILTER RADON, FILTER FK
DAN *SURFACE-RELATED MULTIPLE ELIMINATION*
UNTUK MELEMAHKAN MULTIPLE PADA DATA SEISMIK
LAUT 2D**

Oleh :
LUCKY KRISKI MUHTAR
125090700111002

Setelah dipertahankan di depan Majelis Penguji
pada tanggal.....
dan dinyatakan memenuhi syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Sains dalam bidang fisika

Pembimbing I

Pembimbing II

Adi Susilo, Ph.D
NIP.196312271991031002

Wahyu Trivoso, Ph.D
NIP. 131861350

Mengetahui,
Ketua Jurusan Fisika
Fakultas MIPA Universitas Brawijaya

Prof. Dr. rer. Nat. Muhammad Nurhuda
NIP. 1964091019990021001

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

LEMBAR PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : LUCKY KRISKI MUHTAR
NIM : 125090700111002
Jurusan : FISIKA
Penulis Skripsi berjudul : Perbandingan Metode Filter Radon, Filter Fk Dan *Surface-Related Multiple Elimination* Untuk Melemahkan Multiple Pada Data Seismik Laut 2D

Dengan ini menyatakan bahwa :

1. Isi dari Skripsi yang saya buat adalah benar-benar karya sendiri dan tidak menjiplak karya orang lain, karya-karya yang tercantum pada skripsi ini semata-mata hanya digunakan sebagai rujukan atau referensi.
2. Apabila di kemudian hari ternyata Skripsi yang saya tulis terbukti hasil jiplakan, maka saya akan bersedia menanggung segala resiko yang akan saya terima.

Demikian pernyataan ini dibuat dengan segala kesadaran

Malang, 11 Agustus 2017
Yang menyatakan,

(LUCKY KRISKI MUHTAR)
NIM. 125090700111002

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

PERBANDINGAN METODE FILTER RADON, FILTER FK DAN *SURFACE-RELATED MULTIPLE ELIMINATION* UNTUK MELEMAHKAN MULTIPLE PADA DATA SEISMIK LAUT 2D

ABSTRAK

Telah dilakukan pengolahan data dan analisa perbandingan metode filter Radon, filter FK dan SRME untuk melemahkan multiple pada data seismik laut 2D yang memiliki kedalaman air laut berbeda-beda. Pengolahan data dilakukan dengan pembuatan geometri, pemotongan frekuensi bawah dan *denoising* untuk melemahkan derau acak dan meningkatkan rasio S/N data. Atenuasi multiple dilakukan dengan menggunakan tiga metode secara terpisah yaitu filter Radon, filter FK dan SRME untuk membandingkan kemampuan setiap metode untuk melemahkan multiple pada data yang memiliki perbedaan kedalaman air laut. Analisa perbandingan dilakukan dengan membandingkan sisa amplitudo multiple pada data stack dan gather seismik, semblance dan spektral amplitudo. Penelitian ini menunjukkan bahwa metode SRME efektif melemahkan multiple pada semua kondisi data, metode filter Radon efektif melemahkan multiple pada kedalaman air laut dalam dan dangkal, dan metode filter FK kurang efektif untuk mengatenuasi multiple pada semua kondisi data.

Kata Kunci : Multiple, filter Radon, filter FK, SRME

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

THE COMPARISON OF RADON FILTER, FILTER FK, AND SURFACE-RELATED MULTIPLE ELIMINATION TO ATTENUATE MULTIPLE ON 2D MARINE SEISMIC DATA

ABSTRACT

Data processing and comparison analyzing Radon filter, FK filter and Surface-Related Multiple Elimination (SRME) to attenuate multiple on 2D marine seismic data to heterogen sea level has been conducted. Data processing is done to create geometry, apply low cut filter and denoising to attenuate random noise and increase S/N ratio. Multiple removal is done using three methods individually, that is Radon filter, Filter FK and SRME to compare ability each single method to attenuate multiple in different sea level condition. Comparison Analysing is conducted to compare amplitude of water bottom multiple after demultiple on stack and gather data, semblance and spectrum amplitude. This research resulted that SRME effective to attenuate multiple in all condition data, radon effective to attenuate multiple in shallow and deep sea level condition, and FK filter was not effective to attenuate multiple in all condition data.

Keywords : Multiple, Radon Filter, Filter FK, SRME.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur atas kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan segala rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian dan laporan tugas akhir dengan judul “**Perbandingan Metode Filter Radon, Filter FK Dan *Surface-Related Multiple Elimination* Untuk Melemahkan Multiple Pada Data Seismik Laut 2D**”. Laporan Tugas Akhir ini disusun sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana pada Program Studi Geofisika Jurusan Fisika Universitas Brawijaya.

Sehubungan dengan selesainya penyusunan laporan tugas akhir ini, penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu penulis serta turut berperan dalam menyelesaikan penulisan laporan tugas akhir ini. Rasa terima kasih penulis ucapkan kepada:

1. Orang tua (Kristiawati), kakak dan adik penulis yang selalu memberi doa dan dukungan untuk menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Adi Susilo, Ph.D. selaku dosen pembimbing I Tugas Akhir yang telah memberikan banyak ilmu, masukan dan arahan bagi penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan baik.
3. Bapak Wahyu Triyoso, Ph.D. selaku pembimbing II selama Tugas Akhir yang berlangsung di Papyrus untuk segala ilmu, bimbingan dan kesabaran yang diberikan kepada penulis.
4. A Sam-sam dan Bapak Mul, yang telah memberikan masukan dan arahan kepada penulis pada saat pengolahan.
5. Keluarga Geofisika Universitas Brawijaya 2012 yang telah membantu serta mendukung penulis selama menyelesaikan Tugas Akhir.
6. Seluruh dosen dan staf jurusan Fisika serta Fakultas MIPA atas kesabaran pelayanan akademis yang diberikan selama ini kepada penulis.
7. Dan seluruh pihak yang baik secara sadar atau tidak sadar telah menjadi mendukung penulis selama mengerjakan penelitian ini.

Penulis menyadari bahwa Laporan Tugas Akhir ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan penulis. Akhir kata penulis berharap Laporan Tugas Akhir ini bermanfaat dan memberikan informasi bagi semua pihak yang memerlukan.

Malang, 11 Agustus 2017

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN SKRIPSI.....	v
ABSTRAK.....	vii
ABSTRACT.....	ix
KATA PENGANTAR.....	xi
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xvii
DAFTAR TABEL.....	xxi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan Penelitian.....	2
1.5 Manfaat Penelitian.....	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	3
2.1 Prinsip Dasar Pengolahan Data Seismik Refleksi.....	3
2.1.1 Penyusunan CMP Gather.....	4
2.1.2 Koreksi NMO.....	5
2.1.3 CMP <i>Stacking</i>	6
2.2 Jenis-jenis Multiple.....	7
2.3 Identifikasi Multiple.....	9
2.4 Kecepatan Gelombang Primer Seismik.....	11
2.5 Filter Radon.....	13

2.6 Filter FK	16
2.7 SRME	17
BAB III METODE PENELITIAN	21
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian.....	21
3.2 Rancangan Penelitian	21
3.3 Materi Penelitian.....	22
3.4 Langkah Penelitian	23
3.4.1 Data Seismik.....	25
3.4.2 Geometri	25
3.4.3 <i>Denoise</i>	26
3.4.4 <i>Picking</i> Kecepatan	27
3.4.5 Filter Radon.....	28
3.4.6 Filter FK	29
3.4.7 SRME	30
3.4.8 Analisa.....	30
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	31
4.1 Hasil Pengolahan Data.....	31
4.1.1 <i>Denoise</i>	31
4.1.2 Identifikasi Multiple	34
4.1.3 <i>Picking</i> Kecepatan	37
4.1.4 Filter Radon.....	38
4.1.5 Filter FK	40
4.1.6 SRME	42
4.2 Pembahasan	43
4.2.1 <i>Near Offset Multiple</i>	44
4.2.2 <i>Far Offset Multiple</i>	45
4.2.3 <i>Water Bottom Multiple</i> Pada Data Stack	45
4.2.4 <i>Semblance</i>	47

4.2.5 Derau	51
BAB V PENUTUP	53
5.1 Kesimpulan.....	53
5.2 Saran.....	53
DAFTAR PUSTAKA.....	54
DAFTAR ISTILAH	57

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Ilustrasi konsep dasar dan akuisisi seismik refleksi (Abdullah, 2011).....	3
Gambar 2.2	Konfigurasi sumber dan penerima pada saat akuisisi data seismik refleksi (kiri) dan model sintetik data seismik ($t-x$) dari <i>common shoot</i> (kanan) (Abdullah, 2011)	4
Gambar 2.3	Konfigurasi sumber dan penerima CMP (kiri) dan model sintetik data seismik ($t-x$) dari CMP (kanan) (Cao, 2006).....	4
Gambar 2.4	Perbandingan model reflektor sebelum (kiri) dan setelah koreksi NMO (kanan) (Abdullah, 2011).....	6
Gambar 2.5	Perbandingan model reflektor sebelum (kiri) dan setelah <i>Stacking</i> (kanan) (Abdullah, 2011).....	6
Gambar 2.6	Model derau <i>Water-column reverberation</i> (Cao, 2006).	7
Gambar 2.7	Model derau multiple peg-leg (Cao, 2006)	7
Gambar 2.8	Model derau multiple <i>intrabed</i> (Cao, 2006).....	8
Gambar 2.9	Keperiodikan multiple pada data seismik laut (Abdullah, 2011).....	9
Gambar 2.10	Perbedaan kecepatan <i>moveout</i> antara gelombang primer dan multiple. (a) sintetik gather gelombang seismik (b) sintetik gather multiple (c) sintetik gather multiple dan gelombang priment (d) semblance untuk gelombang primer (VP) dan multiple (VM) (Yilmaz, 2008)	10
Gambar 2.11	Ilustrasi tranformasi slant-stack (Cao, 2006).....	13
Gambar 2.12	Ilustrasi transformasi radon hiperbolik (Cao, 2006)...	14
Gambar 2.13	Tampilan software promax yang menggunakan tranformasi radon berdasarkan <i>moveout</i> , (a). Tampilan sebelum atenuasi multiple, (b) tampilan sesudah atenuasi multiple. Tampilan kiri merupakan data dengan multiple, tengah merupakan data dalam domain radon, dan kanan merupakan data data setelah tranformasi radon invers	15
Gambar 2.14	Ilustrasi gradien (<i>slowness</i>) pada domain $t-x$ (kiri) dan gradien (kecepatan) pada domain $f-k$ (kanan).....	16
Gambar 2.15	Ilustrasi koreksi NMO dengan menggunakan kecepatan gelombang primer yang menyebabkan reflektor multiple tidak terkoreksi dengan sempurna. Pada	

	domain $f-k$ reflektor gelombang primer mendekati sumbu k sedangkan multiple mendekati sumbu f (Wong, 2012).....	17
Gambar 2.16	Seluruh kemungkinan titik multiple di permukaan (Verschuur, 2015)	18
Gambar 2.17	Prediksi multiple (c) sebagai hasil dari cross convolusi antara common receiver gather (a) dan common shot gather (b) (Verschuur, 2015).....	19
Gambar 2.18	Ilustrasi <i>least-square matched filter</i> (Almutlaq & Margrave, 2011).....	20
Gambar 3.1	<i>Brute stack</i> data seismik yang digunakan pada penelitian dengan 3 buah CDP sampel yang mewakili masing-masing keadaan kedalaman air laut.....	21
Gambar 3.2	Tiga CDP sampel dari <i>raw data</i> yang mewakili masing-masing kedalaman air laut. CDP 1500 memiliki kedalaman air laut 1400 ms (kiri), CDP 3800 memiliki kedalaman air 700 ms serta memiliki kemiringan tinggi (tengah), dan CDP 5400 memiliki kedalaman air 300 ms (kanan).....	22
Gambar 3.3	Diagram alir penelitian	24
Gambar 3.4	Plot number CDP terhadap fold coverage yang menunjukkan geometri telah dibuat dengan benar.....	25
Gambar 3.5	Diagram alir metode filter Radon	28
Gambar 3.6	Diagram alir metode filter FK	29
Gambar 3.7	Diagram Alir SRME	30
Gambar 4.1	Perbandingan sebelum (atas) dan setelah (bawah) dilakukan filter bandpass	31
Gambar 4.2	Perbandingan sebelum (atas) dan setelah (bawah) dilakukan denoise dengan modul TFD	32
Gambar 4.3	Perbandingan sebelum (atas) dan setelah (bawah) dilakukan denoise dengan modul SWNA	33
Gambar 4.4	<i>Water bottom multiple</i> orde pertama pada data gather setelah koreksi NMO (atas) dan stack (bawah) sebelum (kiri) dan sesudah (kanan) identifikasi multiple. Garis merah tebal menunjukkan reflektor <i>water bottom multiple</i> orde pertama.....	35

Gambar 4.5	Plot keluaran tabel kecepatan hasil analisa kecepatan dengan sumbu x adalah CDP, sumbu y adalah waktu dan sumbu z adalah kecepatan RMS	37
Gambar 4.6	Proses pembuatan sintetik multiple pada ketiga sampel CDP berurutan dari atas ke bawah CDP 1500, 3800 dan 5400	38
Gambar 4.7	Perbandingan sebelum (atas) dan setelah (bawah) dilakukan Filter Radon.....	39
Gambar 4.8	Cakupan data yang diatenuasi dengan menggunakan Filter FK.....	40
Gambar 4.9	Perbandingan sebelum (atas) dan setelah (bawah) dilakukan Filter FK.....	41
Gambar 4.10	Perbandingan data sebelum demultiple SRME (kiri), derau (tengah) dan setelah demultiple SRME (kanan) pada domain stack.....	42
Gambar 4.11	Perbandingan data gather sebelum demultiple (atas kiri), demultiple menggunakan metode radon (atas kanan), demultiple menggunakan metode Filter FK(bawah kiri) dan demultiple menggunakan metode SRME (bawah kanan).....	43
Gambar 4.12	Perbandingan data stack sebelum demultiple (atas kiri), demultiple menggunakan metode radon (atas kanan), demultiple menggunakan metode Filter FK(bawah kiri) dan demultiple menggunakan metode SRME (bawah kanan)	44
Gambar 4.13	Perbandingan amplitudo multiple (warna merah) sebelum demultiple (SWNA), demultiple dengan SRME, demultiple dengan filter Radon dan demultiple dengan filter FK pada kedalaman air laut dangkal (CDP 5400 dengan kedalaman air laut 300 ms)	45
Gambar 4.14	Perbandingan amplitudo multiple (warna merah) sebelum demultiple (SWNA), demultiple dengan SRME, demultiple dengan filter Radon dan demultiple dengan filter FK.....	46
Gambar 4.15	Perbandingan amplitudo multiple (warna merah) sebelum demultiple (SWNA), demultiple dengan SRME, demultiple dengan filter Radon dan demultiple dengan filter FK pada kedalaman air laut dengan	

	kemiringan tinggi (CDP 3800 dengan kedalaman air laut 700 ms).....	47
Gambar 4.16	Perbandingan semblance sebelum demultiple (atas) dan setelah demultipel dengan metode filter Radon (bawah)	48
Gambar 4.17	Perbandingan semblance sebelum demultiple (atas) dan setelah demultiple dengan metode filter FK (bawah) .	49
Gambar 4.18	Perbandingan semblance sebelum demultiple (atas) dan setelah demultiple dengan SRME (bawah)	50
Gambar 4.19	Perbandingan keluaran setiap metode demultiple dalam domain frekuensi.....	51

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Kecepatan primer gelombang seismik	12
--	----

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Seismik refleksi merupakan metode utama yang digunakan dalam eksplorasi minyak dan gas bumi hingga saat ini karena metode ini memiliki resolusi, akurasi dan penetrasi yang tinggi dibandingkan dengan metode geofisika lainnya (Telford, dkk., 1990). Metode ini menganalisa gelombang primer yang dihasilkan dari refleksi gelombang antara dua perlapisan batuan atau medium untuk mengetahui struktur batuan di bawah permukaan bumi. Namun, akuisisi data seismik mencatat seluruh jenis gelombang seperti gelombang primer, sekunder, permukaan, dan derau. Oleh karena itu, pengolahan data seismik dilakukan untuk menguatkan refleksi gelombang primer (data) dan melemahkan gelombang lainnya (derau).

Salah satu derau yang perlu dilemahkan pada saat pengolahan data seismik adalah multiple. Menurut Verschuur dan Kabir (1994), multiple merupakan derau yang paling banyak terakumulasi dalam data seismik laut. Derau ini merupakan gelombang seismik yang terefleksikan secara berulang pada suatu medium. Derau ini dapat menjadi *fitfall* dalam interpretasi data seismik karena multiple menciptakan reflektor baru di antara dua reflektor gelombang primer yang dalam kondisi nyata reflektor itu tidak ada. Sehingga, pada saat interpretasi dapat mengaburkan reflektor gelombang primer.

Pada pengolahan data seismik, terdapat beberapa metode yang sering digunakan untuk melemahkan derau ini seperti metode SRME (*Surface Related Multiple Attenuation*) (Winthagen, dkk., 1998), filter Radon (Verschuur & Kabir, 1994), filter FK (Yilmaz, 2008) dan metode lainnya. Pada penelitian ini, peneliti membandingkan metode SRME, metode filter FK dan filter Radon pada data yang memiliki kedalaman air laut tinggi, rendah serta kemiringan tinggi (transisi) untuk mengetahui efektivitas ketiga metode pada masing-masing kondisi sampel data sehingga dapat diketahui keadaan data dan metode yang tepat untuk melemahkan multiple.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dari penelitian ini adalah apa metode yang paling efektif untuk melemahkan multiple pada setiap kedalaman air laut yang berbeda.

1.3 Batasan Masalah

Dalam penelitian ini, diperlakukan pembatasan masalah agar ruang lingkup penelitian dapat terfokuskan. Batasan masalah tersebut meliputi,

1. Pengolahan data dilakukandengan menggunakan software Promax.
2. Metode yang digunakan untuk melemahkan multiple adalah *Surface-Related Multiple Attenuation* (SRME), filter Radon dan filter FK.
3. Jenis multiple yang menjadi objek penelitian adalah *water-bottom multiple*.
4. Analisa perbandingan dilakukan pada sisa amplitudo multiple pada data stack dan gather seismik, semblance dan spektral amplitudo

1.4 Tujuan Penelitian

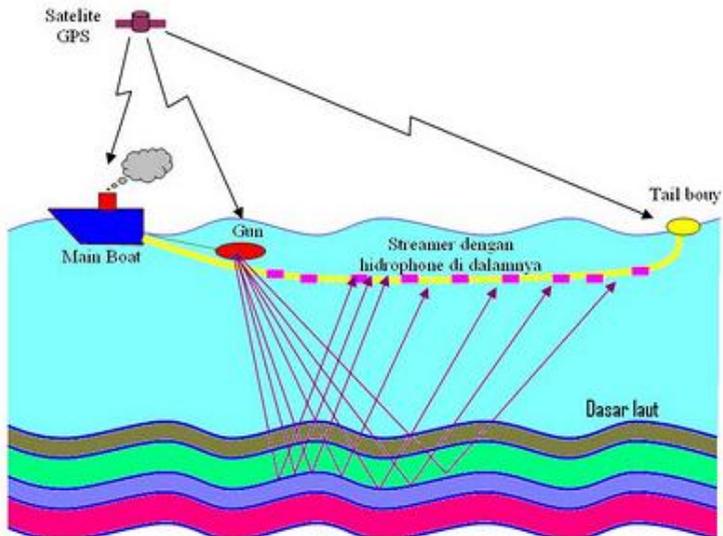
Tujuan dari penelitian ini adalahmengetahuimetode yang paling efektifuntuk melemahkan multiple pada kedalaman air laut yang berbeda.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah sebagai tinjauan dan bahan pertimbangan dalam menentukan metode atenuasi multiple pada berbagai kedalaman air laut sehingga dapat mengurangi waktu yang digunakan dalam mengolah data seismik.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Prinsip Dasar Pengolahan Data Seismik Refleksi

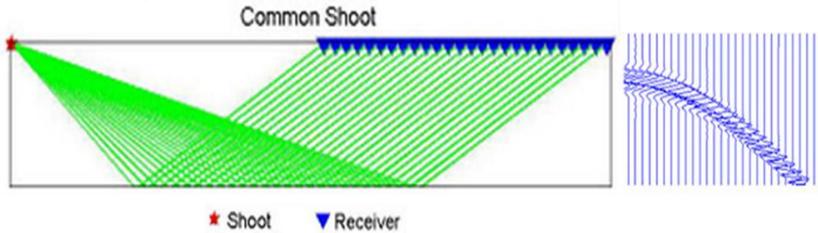


Gambar 2.1 Ilustrasi konsep dasar dan akuisisi seismik refleksi (Abdullah, 2011)

Metode seismik refleksi merupakan metode geofisika utama yang digunakan dalam eksplorasi minyak dan gas bumi. Metode ini memanfaatkan gelombang mekanik yang merambat di bawah permukaan bumi. Sinyal yang dihasilkan oleh sumber buatan di permukaan merambat ke bawah permukaan bumi dan terefleksikan kembali ke permukaan setelah menemui bidang batas perlapisan yang akan dicatat oleh penerima di permukaan. Ilustrasi metode ini digambarkan pada Gambar 2.1.

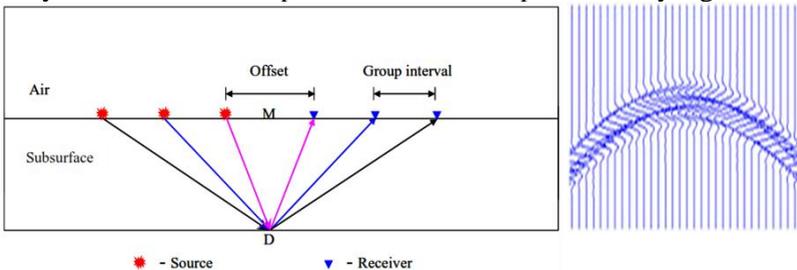
Untuk menghasilkan penampang bawah permukaan dari *raw data* dilakukan beberapa tahap pengolahan seperti penyusunan data ke *common mid-point* (CMP), koreksi normal *moveout* dan *CMP stacking*. Namun, sebelum seluruh tahap tersebut dilakukan atenuasi derau dilakukan karena menurut Hill, dkk. (1999) pengolahan data seismik refleksi berasumsi bahwa data refleksi yang diolah hanyalah gelombang primer.

2.1.1 Penyusunan CMP Gather



Gambar 2.2 Konfigurasi sumber dan penerima pada saat akuisisi data seismik refleksi (kiri) dan model sintetik data seismik ($t-x$) dari *common shoot* (kanan) (Abdullah, 2011)

Data seismik refleksi diakuisisi di lapangan dengan kombinasi dari banyak sumber dan penerima. Akuisisi seismik refleksi dilakukan dengan peledakan sebuah sumber buatan yang akan dicatat oleh banyak penerima sinyal seismik yang disebut sebagai *common shoot* seperti diilustrasikan pada Gambar 2.2. Penembakan ini dilakukan berkali-kali pada lokasi yang berbeda sehingga didapatkan banyak data untuk memperoleh citra bawah permukaan yang baik.



Gambar 2.3 Konfigurasi sumber dan penerima CMP (kiri) dan model sintetik data seismik ($t-x$) dari CMP (kanan) (Cao, 2006)

Berbeda dengan akuisisi data, pada pengolahan data seismik sortir dari data seismik diubah ke CMP untuk meningkatkan perbandingan S/N dalam domain *offset* melalui proses *stacking*. CMP didefinisikan sebagai penyusunan *trace* dalam posisi *mid-point* yang sama. Contoh konfigurasi dari CMP ditampilkan pada Gambar 2.3. Untuk tiga pasang sumber dan penerima, sortir ini memiliki titik tengah yang sama di permukaan yaitu M. Sedangkan, titik D adalah titik tengah di bawah permukaan bumi yang disebut *common depth-point* (CDP). CMP akan sama dengan CDP pada lapisan horizontal, sedangkan pada lapisan miring keduanya menjadi berbeda.

2.1.2 Koreksi NMO

Jika model pada Gambar 2.3 adalah sebuah model dengan kecepatan konstan, travel time dari gather CMP dari sumber ke titik D dan kembali ke penerima didefinisikan oleh persamaan di bawah ini.

$$t^2(x) = t_0^2 + \frac{x^2}{v^2}$$

Dimana x adalah *offset*, jarak antara penerima dengan sumber, v adalah kecepatan pada medium di atas reflektor dan t_0 adalah *two way time* pada *zero offset*. Pada kasus perlapisan datar, kecepatan NMO dapat diganti dengan menggunakan kecepatan *root mean square* (RMS) seperti ditunjukkan oleh persamaan di bawah ini.

$$t^2(x) = t_0^2 + \frac{x^2}{v_{rms}^2}$$

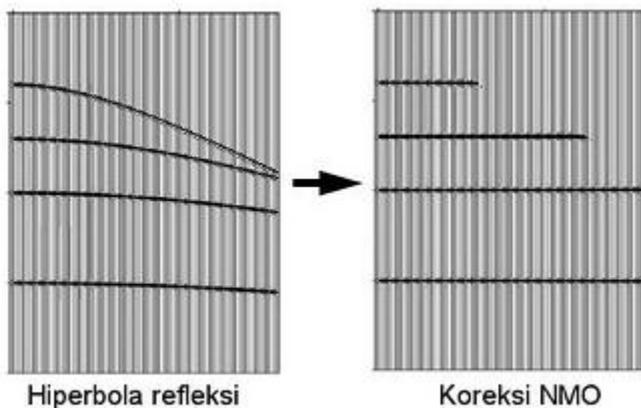
Dimana v_{rms} adalah kecepatan RMS yang didefinisikan oleh persamaan Dix yang diberikan dibawah ini.

$$v_{rms} = \sqrt{\frac{\sum_{k=l}^N \Delta\tau_k v_k^2}{\sum_{k=l}^N \Delta\tau_k}}$$

Dimana v_k adalah kecepatan internal dari lapisan k_{th} , $\Delta\tau_k$ adalah *zero offset travel time* dari k_{th} dan N adalah jumlah dari lapisan.

Pada Gambar 2.4 kiri menampilkan sebuah reflektor datar pada gather CMP dengan event hiperbolik. Perbedaan antara $t(x)$ dan *zero-offset time* t_0 disebut *moveout* atau NMO yang didefinisikan persamaan:

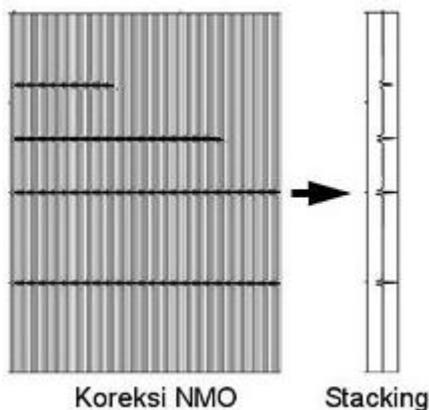
$$\Delta t_{nmo} = t(x) - t_0$$



Gambar 2.4 Perbandingan model reflektor sebelum (kiri) dan setelah koreksi NMO (kanan) (Abdullah, 2011)

Koreksi NMO bertujuan untuk menghilangkan *moveout* pada travel time sepanjang dimensi *offset*. Hasil ideal dari koreksi NMO ditampilkan pada Gambar 2.4 kanan.

2.1.3 CMP Stacking



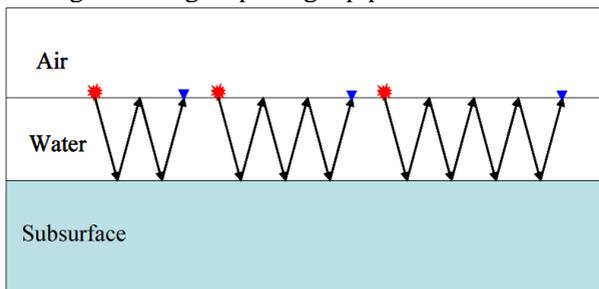
Gambar 2.5 Perbandingan model reflektor sebelum (kiri) dan setelah *Stacking* (kanan) (Abdullah, 2011)

CMP *stacking* adalah sekuen paling penting dalam pengolahan data seismik untuk meningkatkan kualitas dari data. Sekuen ini mengumpulkan data setelah koreksi NMO pada gather CMP dan menjumlahkannya terhadap *offset* sehingga menghasilkan sebuah

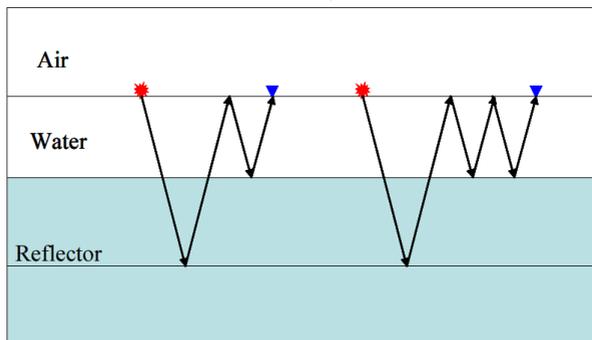
stacking trace. Tahap ini bertujuan untuk melemahkan derau acak dan meningkatkan perbandingan S/N (Sheriff & Geldart, 1995). Ilustrasi dari proses *stacking* digambarkan pada Gambar 2.5.

2.2 Jenis-jenis Multiple

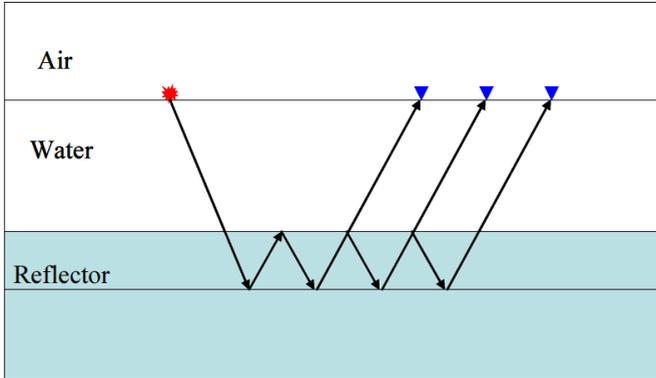
Multiple merupakan pengulangan refleksi gelombang pada suatu medium yang disebabkan gelombang terperangkap pada medium yang kontras dengan medium batasnya (Uren, 1995). Medium tersebut umumnya adalah air laut atau medium lainnya yang memiliki kontras impedansi akustik tinggi (kompak-lunak-kompak atau lunak-kompak-lunak). Derau ini dominan muncul pada data seismik laut yang disebabkan kehadiran air laut. Air laut tersebut memiliki kontras impedansi akustik yang sangat tinggi antara air laut ($v_p=1450-1530$ m/s) dengan udara ($v_p=330$ m/s) maupun air laut ($v_p=1450-1530$ m/s) dengan *seabed* ($v_p=2000-4500$ m/s) yang menyebabkan gelombang terperangkap pada medium ini.



Gambar 2.6 Model derau *Water-column reverberation* (Cao, 2006)



Gambar 2.7 Model derau *multiple peg-leg* (Cao, 2006)

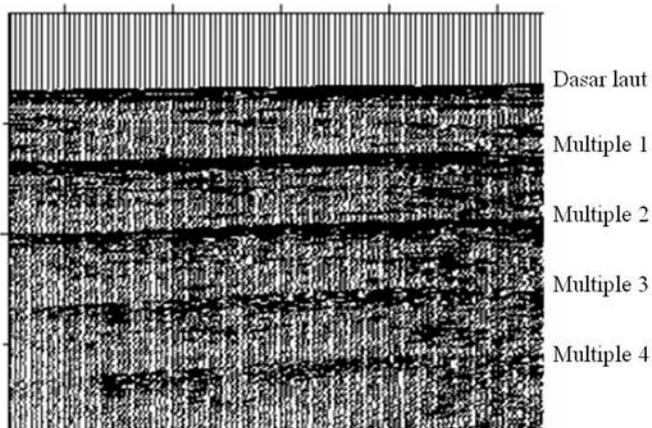


Gambar 2.8 Model derau multiple *intrabed* (Cao, 2006)

Menurut (Cao, 2006), terdapat beberapa jenis *multiple* diantaranya *water-column reverberations*, *peg-leg multiple*, dan *interbed multiple* yang ditunjukkan pada Gambar 2.6, Gambar 2.7, dan Gambar 2.8. *Water-column reverberation* dan *peg-leg multiples* merupakan *multiple* yang terjadi pada data seismik laut yang disebabkan air laut. Sedangkan, *interbed multiple* terjadi akibat adanya batuan dengan kontras impedansi akustik tinggi di bawah permukaan bumi seperti garam, karbonat atau shale yang belum terkompaksi.

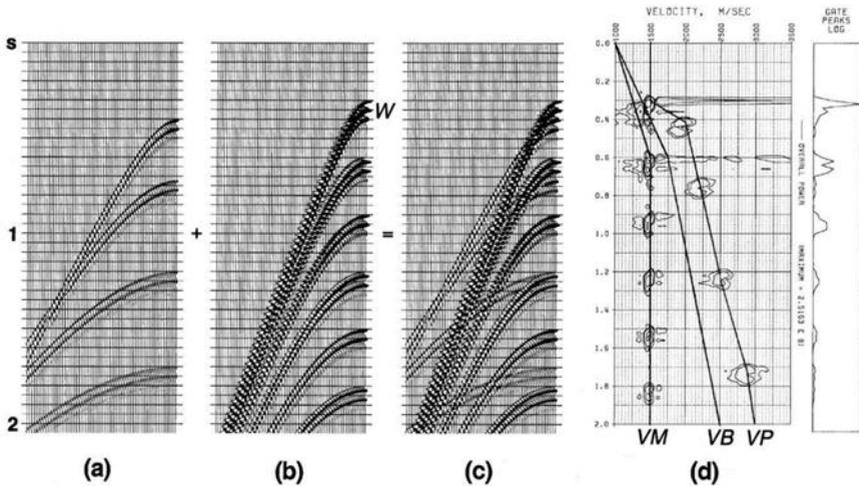
2.3 Identifikasi Multiple

Atenuasi multiple dilakukan dengan memisahkan terlebih dahulu multiple dengan gelombang primer. Keduanya dibedakan menggunakan keperiodikan dan perbedaan kecepatan *moveout* dari kedua gelombang tersebut (Yilmaz, 2008). Sehingga, multiple yang telah dibedakan dari gelombang primer dapat diatenuasi tanpa mempengaruhi gelombang primer.



Gambar 2.9 Keperiodikan multiple pada data seismik laut (Abdullah, 2011)

Pada data seismik, multiple diasumsikan memiliki amplitudo berulang atau periodik yang disebabkan gelombang terjebak pada medium dengan kontras impedansi akustik yang tinggi. Multiple memiliki periode sama dengan $N.t$ dimana t adalah waktu untuk gelombang primer merambat di medium yang memerangkap gelombang. Sedangkan, N merupakan jumlah gelombang terpantul pada medium atau disebut pula orde multiple. Menurut Amatulloh (2012), Berdasarkan keperiodikannya, multiple dibagi menjadi multiple periode pendek (periode < 300 ms) seperti water-column reverberation dan multiple periode panjang (periode >300 ms) seperti peg-leg multiples dan interbed multiples. Pada Gambar 2.9 ditampilkan ilustrasi keperiodikan multiple pada data seismik laut.



Gambar 2.10 Perbedaan kecepatan *moveout* antara

gelombang primer dan multiple. (a) sintetik gather gelombang seismik (b) sintetik gather multiple (c) sintetik gather multiple dan gelombang priment (d) semblance untuk gelombang primer (VP) dan multiple (VM) (Yilmaz, 2008)

Perbedaan *moveout* antara gelombang primer dan multiple terjadi akibat perbedaan kecepatan antara keduanya. Multiple memiliki kecepatan yang lebih rendah dibandingkan dengan gelombang primer. Sehingga, pada domain t-x multiple memiliki kurva amplitude yang lebih melengkung dibandingkan gelombang primer. Perbedaan *moveout* ini lebih jelas terlihat pada multiple periode panjang (Amatullah, 2012). Pada domain semblance multiple memiliki kecepatan konstan sebagai fungsi waktu. Sedangkan, gelombang primer yang memiliki kecepatan meningkat sebagai fungsi waktu disebabkan kompaksi sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 2.10.

2.4 Kecepatan Gelombang Primer Seismik

Kecepatan merupakan salah satu parameter penting dalam data seismik. Bahkan, nilai impedansi sekalipun lebih didominasi oleh parameter kecepatan dibandingkan dengan densitas (Abdullah, 2011). Kecepatan ini sangat diperlukan untuk demultiple data seismik. Parameter ini dapat membedakan antara multiple dengan gelombang primer. Berdasarkan pada Gambar 2.10 kecepatan air yang merupakan medium penyebab multiple memiliki kecepatan antara 1450-1530 m/s. Sedangkan, batuan lainnya memiliki kecepatan lebih dari kecepatan tersebut. Oleh karena itu, dengan mengetahui karakter tersebut keduanya dapat dibedakan. Tabel 2.1 menampilkan data dari kecepatan gelombang primer pada berbagai medium batuan di bawah permukaan bumi.

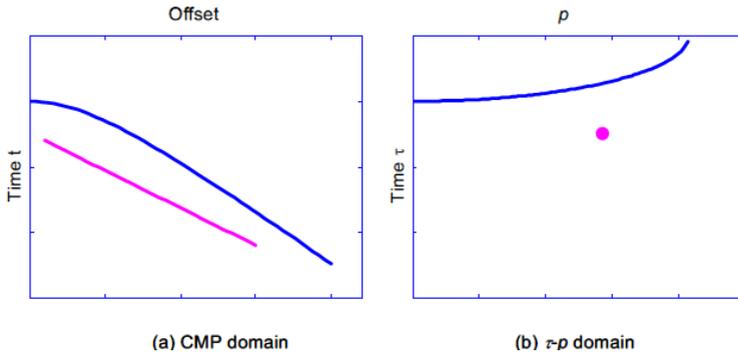
Tabel 2.1Kecepatan primer gelombang seismik (Reynolds, 1997)

Material	V_p (m/s)
Air	330
Water	1450–1530
Petroleum	1300–1400
Loess	300–600
Soil	100–500
Snow	350–3000
Solid glacier ice*	3000–4000
Sand (loose)	200–2000
Sand (dry, loose)	200–1000
Sand (water saturated, loose)	1500–2000
Glacial moraine	1500–2700
Sand and gravel (near surface)	400–2300
Sand and gravel (at 2 km depth)	3000–3500
Clay	1000–2500
Estuarine muds/clay	300–1800
Floodplain alluvium	1800–2200
Permafrost (Quaternary sediments)	1500–4900
Sandstone	1400–4500
Limestone (soft)	1700–4200
Limestone (hard)	2800–7000
Dolomites	2500–6500
Anhydrite	3500–5500
Rock salt	4000–5500
Gypsum	2000–3500
Shales	2000–4100
Granites	4600–6200
Basalts	5500–6500
Gabbro	6400–7000
Peridotite	7800–8400
Serpentinite	5500–6500
Gneiss	3500–7600
Marbles	3780–7000
Sulphide ores	3950–6700
Pulverised fuel ash	600–1000
Made ground (rubble etc.)	160–600
Landfill refuse	400–750
Concrete	3000–3500
Disturbed soil	180–335
Clay landfill cap (compacted)	355–380

* Strongly temperature dependent (Kohnen 1974)

2.5 Filter Radon

Transformasi radon adalah sebuah transformasi yang sering digunakan untuk melemahkan multiple. Terdapat tiga jenis transformasi radon yaitu transformasi slant-stack, transformasi hiperbolik dan transformasi parabolik. Menurut Cao (2006), Transformasi slant-stack dapat dikombinasikan dengan dekonvolusi untuk melemahkan multiple berdasarkan keperiodikan dari multiple khususnya multiple periode pendek. Sedangkan, transformasi radon hiperbolik dan radon parabolik dapat digunakan melemahkan multiple berdasarkan perbedaan moveout yang efektif untuk multiple periode panjang.

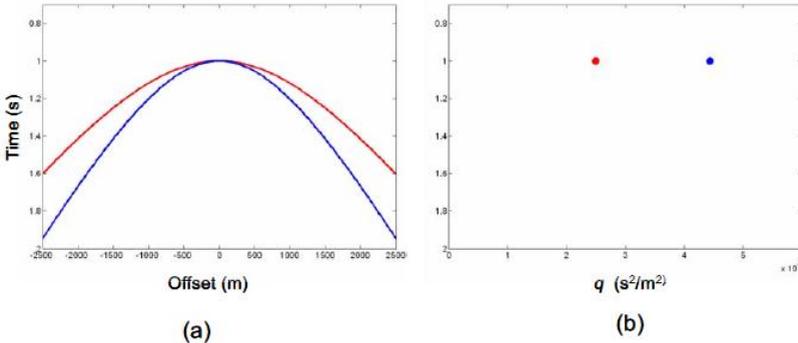


Gambar 2.11 Ilustrasi transformasi slant-stack (Cao, 2006)

Transformasi slant-stack adalah transformasi radon linier yang menjumlahkan data dalam domain t - x sepanjang garis linier. Secara matematis ditunjukkan oleh persamaan:

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

Dimana $S(\tau, p)$ adalah hasil transformasi, $d(t, x)$ adalah data seismik input, τ adalah *intercept two-way time*, t adalah *offset*, p adalah parameter gelombang yang didefinisikan sebagai $p = \frac{\sin \theta}{v}$ dengan v adalah kecepatan dan θ adalah sudut datang (Cao, 2006). Secara teoritis gelombang dengan *moveout* linier dipetakan menjadi titik pada domain τ - p . Sedangkan, gelombang dengan *moveout* hiperbolik seperti gelombang primer dan multiple dipetakan menjadi elips seperti ilustrasi pada Gambar 2.11.



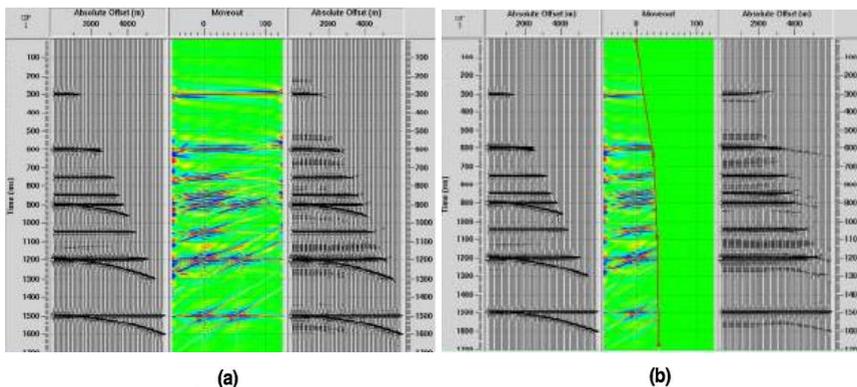
Gambar 2.12 Ilustrasi transformasi radon hiperbolik (Cao, 2006)

Tranformasi radon hiperbolik adalah tranformasi yang mengubah kurva kecepatan yang hiperbolik menjadi titik. Persamaan untuk tranformasi ini adalah:

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

Dimana $q = \frac{1}{v_{rms}^2}$. Penjumlahan sinyal didefinisikan oleh $t = \sqrt{\tau^2 + qx^2}$ yang berimplikasi pada sebuah kurva hiperbolik. Multiple memiliki kecepatan yang berbeda dengan gelombang primer. Sehingga, pada domain radon hiperbolik kedua kecepatan tersebut memiliki pola persebaran yang berbeda seperti pada Gambar 2.12. Dimana garis yang berwarna merah pada domain $t-x$ adalah kecepatan dari gelombang primer. Sedangkan, garis berwarna biru merupakan multiple. Pada domain $\tau-p$ kedua kecepatan ini menjadi kontras. Sehingga, dengan melakukan mute pada nilai q besar maka multiple dapat ditenuasi seperti ditunjukkan pada Gambar 2.12.

Menurut Yilmaz (2008), radon parabolik dapat didefinisikan sebagai *stretch CMP* atau *shot gather* dari radon hiperbolik dari t^2 menjadi t' . Sehingga $t = \sqrt{\tau^2 + qx^2}$ yang merupakan persamaan hiperbolik diubah menjadi $t' = \tau' + qx^2$ sebagai radon parabolik.



Gambar 2.13 Tampilan software promax yang menggunakan transformasi radon berdasarkan *moveout*, (a). Tampilan sebelum atenuasi multiple, (b) tampilan sesudah atenuasi multiple. Tampilan kiri merupakan data dengan multiple, tengah merupakan data dalam domain radon, dan kanan merupakan data data setelah tranformasi radon invers

Aplikasi dari transformasi radon untuk melemahkan multiple dilakukan dengan membuat sebuah filter dalam domain radon. Kemudian, data difilter dan ditransformasi kembali ke domain $t-x$ dengan menggunakan inverse radon. Pada beberapa software pengolahan data seismik transformasi radon dapat pula dilakukan pada domain kecepatan *moveout* yang dapat ditransformasikan berdasarkan ketiga jenis transformasi radon di atas. Persamaan untuk transformasi ini adalah:

$$\mu(v, \tau) = \sum_h d(h, t = \sqrt{\tau^2 + \frac{4h^2}{v^2}})$$

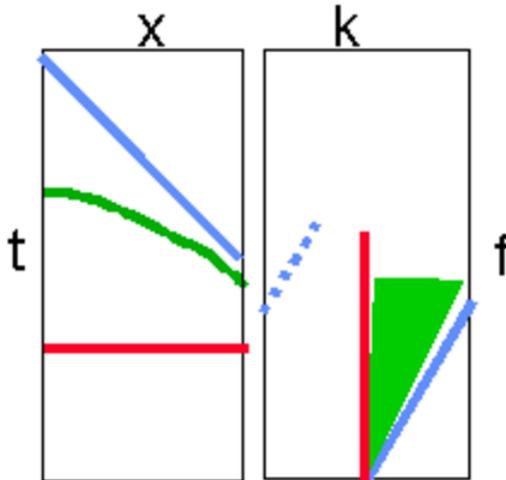
Dimana, h adalah setengah dari *offset*, t adalah *two-way travelttime*, τ adalah nilai *offset* dari garis pada TWT sama dengan nol, v adalah kecepatan stack. Gambar 2.13 menunjukkan ilustrasi radon filter sebelum dan setelah filter dalam domain $\tau-v$.

2.6 Filter FK

Filter FK merupakan sebuah filter yang diterapkan pada data domain $f-k$. Data domain $f-k$ diperoleh dengan menggunakan transformasi Fourier 2D dari CDP gather domain $t-x$. Transformasi Fourier 2D ini memiliki arti fisis melakukan analisis dekomposisi medan gelombang menjadi komponen gelombang bidangnya (Yilmaz, 2008). Persamaan transformasi Fourier 2D dinyatakan oleh Bracewell (1965) dengan:

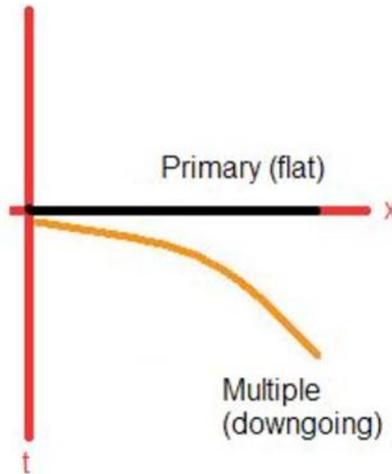
$$P(k_x, \omega) = \iint P(x, t) e^{ik_x x - i\omega t} dx dt$$

Dimana $P(k_x, \omega)$ adalah data dalam domain $f-k$, $P(x, t)$ adalah data dalam domain $t-x$, x adalah jarak horizontal (*offset*), t adalah waktu, ω adalah frekuensi temporal dan k_x adalah frekuensi spasial (bilangan gelombang).



Gambar 2.14 Ilustrasi gradien (*slowness*) pada domain $t-x$ (kiri) dan gradien (kecepatan) pada domain $f-k$ (kanan)

Filter ini berbasis pada kemiringan dari data (kecepatan), semakin besar kemiringan pada domain $t-x$ (mendekati sumbu x / kecepatan rendah) maka pada domain $f-k$ kemiringan semakin kecil (mendekati sumbu k). Seperti ditunjukkan pada Gambar 2.14.

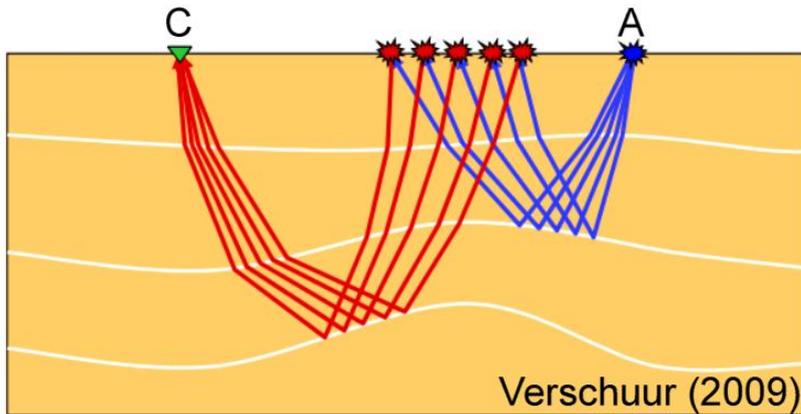


Gambar 2.15 Ilustrasi koreksi NMO dengan menggunakan kecepatan gelombang primer yang menyebabkan reflektor multiple tidak terkoreksi dengan sempurna. Pada domain f - k reflektor gelombang primer mendekati sumbu k sedangkan multiple mendekati sumbu f (Wong, 2012)

Aplikasi Filter FK untuk melemahkan multiple dilakukan dengan memisahkan terlebih dahulu antara multiple dengan gelombang primer yang dapat dilakukan dengan menerapkan NMO pada data gather domain t - x dengan kecepatan gelombang primer. Sehingga, multiple tidak terkoreksi dengan baik (*undercorrected*) seperti pada Gambar 2.15. Amplitudo dari multiple yang telah teridentifikasi diatenuasi dengan memfilter berdasarkan kecepatan gelombang tersebut. Kemudian, invers transformasi Fourier diterapkan untuk mentransformasi kembali data ke domain t - x .

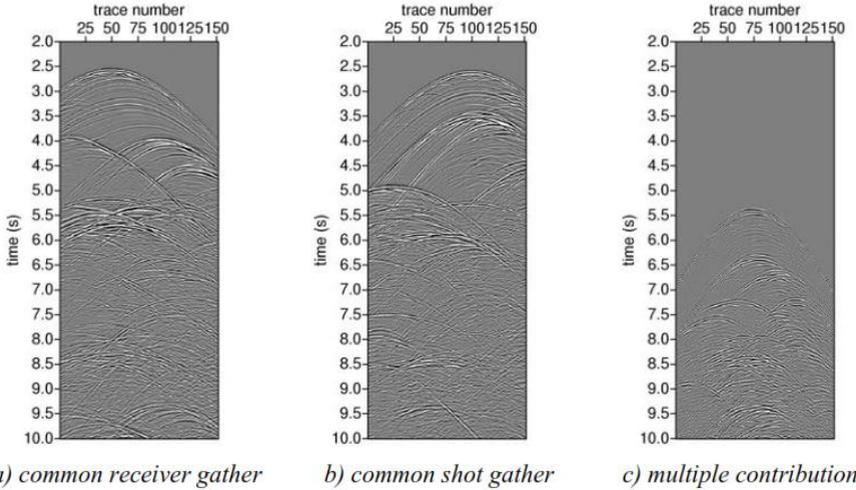
2.7 SRME

SRME merupakan metode melemahkan multiple udara-air (*surface related*) berdasarkan *data driven*. Metode ini hanya memerlukan *raw data* untuk memprediksi multiple sehingga tidak memerlukan data bawah permukaan seperti data kecepatan. Oleh karena itu, metode ini dapat mengkalkulasi seluruh kemungkinan multiple yang disebabkan multiple permukaan serta cenderung memiliki ketidakpastian yang kecil dibandingkan metode lainnya karena tidak memerlukan data bawah permukaan.



Gambar 2.16 Seluruh kemungkinan titik multiple di permukaan (Verschuur, 2015)

Multiple diprediksi dengan mengasumsikan bahwa permukaan bumi adalah salah satu sumber pencipta multiple. Multiple yang tercipta oleh permukaan bumi ini (*Surface related multiple*) dapat dianalisis sebagai beberapa gelombang primer yang terhubung di permukaan seperti pada Gambar 2.16. Akan tetapi titik tersebut tidak diketahui lebih jauh. Oleh karena itu, sebuah titik sumber dapat diperoleh dengan menganalisa semua titik sumber yang mungkin di permukaan bumi. Titik ini dikalkulasi dengan mengkonvolusikan sebuah *common source gather* dan *common receiver gather*. Kemudian, semua produk konvolusi dijumlahkan sehingga menghasilkan sintetik multiple. Dengan mengulangi proses ini pada seluruh titik sumber-penerima di permukaan maka seluruh multiple permukaan dapat diprediksi seperti pada ilustrasi pada Gambar 2.17. Persamaan untuk memprediksi multiple ditunjukkan sebagai berikut (Verschuur, 2015).

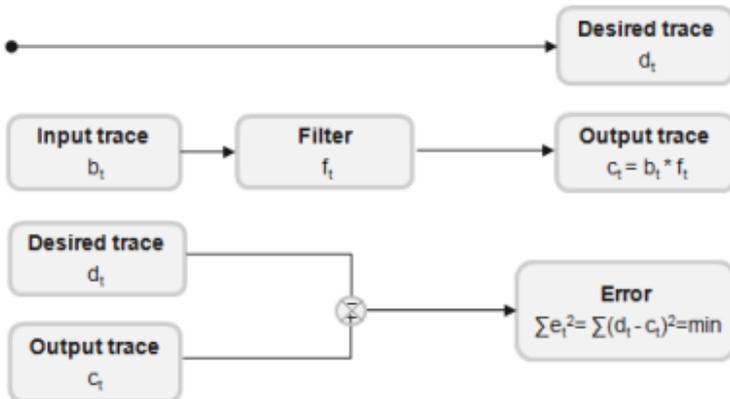


Gambar 2.17 Prediksi multiple (c) sebagai hasil dari cross convolusi antara common receiver gather (a) dan common shot gather (b) (Verschuur, 2015)

$$M^{(n)}(\omega, x_r, x_s) = \sum_{x_k} P_0^{(n-1)}(\omega, x_r, x_k)P(\omega, x_k, x_s)$$

Dimana $P(\omega, x_r, x_s)$ adalah data seismik yang diukur pada posisi receiver x_r dan posisi sumber seismik x_s dalam domain frekuensi, $P_0^{(n)}(\omega, x_r, x_k)$ adalah perkiraan gelombang primer setelah n iterasi dan $M^{(n)}(\omega, x_r, x_s)$ adalah perkiraan multiple setelah n iterasi.

Prediksi multiple tersebut selanjutnya dipisahkan dari data input dengan mengurangi keduanya. Akan tetapi dalam banyak kasus kedua data tersebut memiliki perbedaan. Menurut Dragoset (2010), perbedaan ini terjadi karena pertama, jika multiple diprediksi hanya pada orde pertama, sehingga orde lainnya menjadi tidak teratenuasi. Kedua, jika wavelet akuisisi mengandung error atau tidak terdapat wavelet akuisisi. Ketiga, terjadi perbedaan *source signature* dari *shot* yang satu dengan *shot* lainnya. Oleh karena itu, perlu dilakukan *adaptive subtract* yang umumnya menggunakan *least-square matched filtering* untuk meminimalkan energi setelah pemisahan multiple dari data input.



Gambar 2.18 Ilustrasi *least-square matched filter* (Almutlaq & Margrave, 2011)

Least-square matched filter merupakan sebuah filter yang menghasilkan data keluaran dengan kuadrat *error* terkecil. Filter ini dihasilkan dengan menginversikan sintetik multiple terhadap data masukan seperti ilustrasi pada Gambar 2.18. Dimana pada kasus SRME, *desired trace* merupakan data masukan, *input trace* merupakan sintetik multiple yang dihasilkan dari metode SRME, dan *output trace* merupakan sintetik multiple yang telah dilakukan filter sehingga memiliki kuadrat error terkecil dengan *desired trace*. *Output trace* tersebutlah yang menjadi sintetik multiple yang diatenuasi dari data input. Selain *Least-square matched filter* dalam keadaan data yang memiliki amplitude gelombang primer jauh lebih besar dari pada multiple, L1-norm filter dapat digunakan sehingga menghasilkan data yang lebih robust (Guitton & Vershuur, 2004).

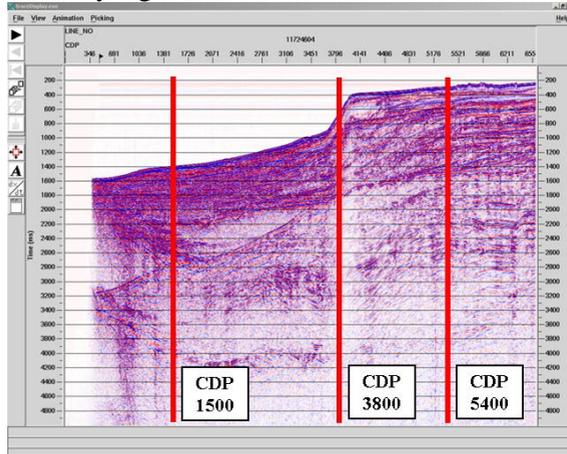
BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukanselama 3 bulan yang dilaksanakan pada bulan Maret hingga Mei 2016 bertempat di LAPI ITB dengan dosen pembimbing Bapak Wahyu Triyoso, Ph.D.

3.2 Rancangan Penelitian

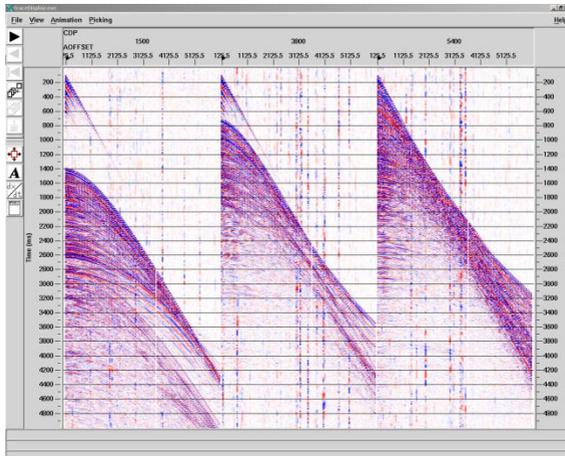
Penelitian ini dilakukan dengan melemahkan multiple pada data seismik yang telah dikondisikan terlebih dahulu. Multiple dilemahkan menggunakan 3 metode berbeda yaitu filter Radon, filter FK dan SRME yang mana hasil atenuasi multiple pada ketiga metode tersebut dibandingkan untuk mengetahui efektivitas masing-masing metode pada data yang memiliki kedalaman air laut berbeda.



Gambar 3.1 *Brute stack* data seismik yang digunakan pada penelitian dengan 3 buah CDP sampel yang mewakili masing-masing keadaan kedalaman air laut.

Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data seismik laut 2D yang memiliki perbedaan kedalaman permukaan air laut dimana terdapat tiga keadaan sampel yang akan dibandingkan pada penelitian ini yaitu sampel dengan kedalaman air laut tinggi (CDP 1500), sampel dengan kedalaman air laut rendah (CDP 5400) dan sampel dengan kedalaman air laut menengah tetapi memiliki

kecuraman *sea floor* yang tinggi (CDP 3800) seperti pada Gambar 3.1.



Gambar 3.2 Tiga CDP sampel dari *raw data* yang mewakili masing-masing kedalaman air laut. CDP 1500 memiliki kedalaman air laut 1400 ms (kiri), CDP 3800 memiliki kedalaman air laut 700 ms serta memiliki kemiringan tinggi (tengah), dan CDP 5400 memiliki kedalaman air 300 ms (kanan).

Penelitian dimulai dengan membuat geometri lintasan seismik dan menerapkannya pada *raw data* yang telah dimasukkan ke perangkat lunak, kemudian dilakukan pemotongan frekuensi rendah dan atenuasi derau. Setelah itu, dilakukan picking kecepatan seismik sebagai data masukan untuk metode Filter Radon dan FK. Kemudian, dilakukan atenuasi multiple dengan menggunakan ketiga metode. Setelah itu, hasil ketiga metode dibandingkan untuk mengetahui efektivitas setiap metode dalam melemahkan multiple pada data yang memiliki variasi kedalaman air laut.

3.3 Materi Penelitian

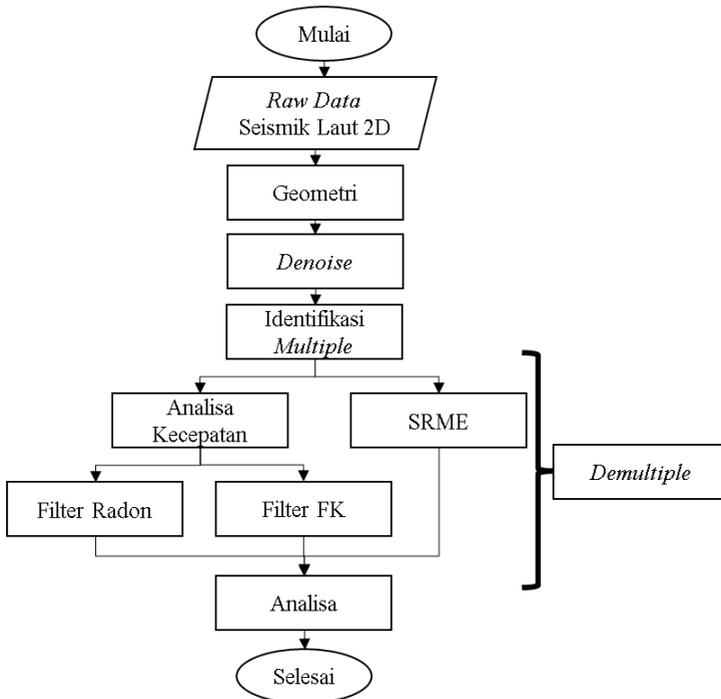
Dalam penelitian ini dibutuhkan materi penelitian yang berupa data, informasi, dan perangkat lunak pengolah data yang menunjang proses penelitian. Materi tersebut antara lain:

1. Data survei seismik dan *observer report* lintasan seismik
2. Perangkat lunak *Promax* yang digunakan untuk mengolah data seismik.

3.4 Langkah Penelitian

Penelitian ini meliputi tahap pengolahan data seismik yang dimulai dengan membuat geometri lintasan seismik berdasarkan *observer report* dari akuisisi data seismik. Setelah geometri terbentuk *raw data* dimasukkan ke dalam perangkat lunak ProMAX yang selanjutnya geometri tersebut diterapkan ke *raw data* untuk memberikan informasi *header*. Kemudian, pemotongan frekuensi rendah di bawah 3 Hz dilakukan untuk menghilangkan derau frekuensi rendah. Setelah itu, dilakukan atenuasi derau acak dengan menggunakan modul *Time Frequency domain* (TFD) dan derau gelombang permukaan menggunakan modul *Surface Wave Noise Attenuation* (SWNA).

Identifikasi multiple dilakukan untuk mengetahui reflektor multiple yang akan dilemahkan menggunakan ketiga metode. Multiple diidentifikasi berdasarkan periode dan kecepatan yang dimilikinya. Setelah, multiple teridentifikasi, atenuasi multiple dilakukan dengan menggunakan metode *Surface-Related Multiple Elimination* (SRME), Filter Radon dan Filter FK. Namun, untuk metode filter FK dan Radon memerlukan data kecepatan sebagai data masukan sehingga analisa kecepatan dilakukan sebelum melakukan atenuasi multiple menggunakan kedua metode tersebut.



Gambar 3.3 Diagram alir penelitian

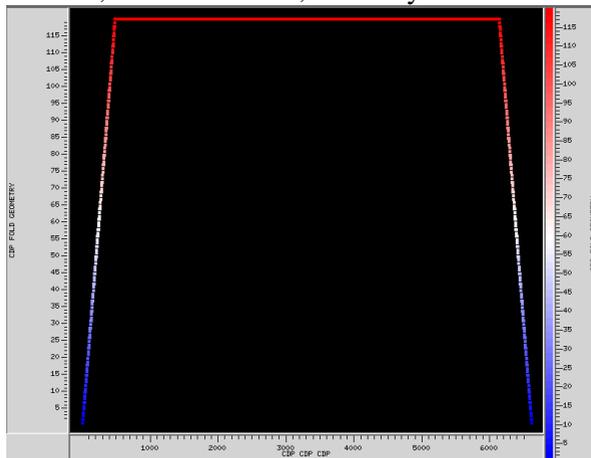
Analisis perbandingan ketiga metode dilakukan dengan membandingkan sisa amplitudo multiple *water bottom* pada data seismik *post-stack* dan gather pada setiap kedalaman air laut. Pada penelitian ini dilakukan pula perbandingan frekuensi dari keluaran ketiga metode untuk mengetahui kehadiran derau atau aliasing dari ketiga metode tersebut. Secara umum tahapan penelitian ini ditunjukkan oleh diagram alir pada Gambar 3.3.

3.4.1 Data Seismik

Data yang digunakan pada penelitian ini merupakan data riil seismik laut 2D yang diakuisisi menggunakan konfigurasi *off end* dengan *sampling rate* 2 ms (frekuensi nyquist 250 Hz). Jumlah receiver yang digunakan saat akuisisi adalah 480 dengan jarak antara receiver sebesar 12.5 m serta memiliki *near offset* sebesar 125.5 m sehingga memiliki *far offset* sebesar 6,113 km. Jumlah penembakan yang dilakukan saat akuisisi adalah 1531 kali dengan jarak antara penembakan sebesar 25 m sehingga memiliki *fold coverage* sebesar 120. Data seismik ini memiliki jumlah CDP sebanyak 6600 dan memiliki panjang lintasan sepanjang 41,24 km.

3.4.2 Geometri

Pengolahan data pada penelitian ini dilakukan menggunakan perangkat lunak ProMax. Data terlebih dahulu dimasukan pada perangkat lunak ProMax. Kemudian, pembuatan geometri berdasarkan *observer report* saat pengambilan data dilakukan untuk membuat *database* dan mengisi informasi ke *trace header* ProMAX. Kedua hal tersebut penting ketika menyortir data sehingga pengolahan data seismik dapat dilakukan dalam berbagai sortir data seperti CDP, *common receiver*, *common source*, dan lainnya.



Gambar 3.4 Plot number CDP terhadap fold coverage yang menunjukkan geometri telah dibuat dengan benar

Kontrol kualitas geometri dilakukan dengan menampilkan plot antara *common depth point* (CDP) dan *Fold Coverage*. Bila plot

menunjukkan beberapa CDP terendah dan tertinggi memiliki *fold* yang rendah sedangkan CDP lainnya memiliki nilai *fold* maksimum maka geometri tersebut telah terbentuk dengan baik seperti ditunjukkan Gambar 3.4.

3.4.3 *Denoise*

Pada alur ini diterapkan tiga modul *denoise* yaitu filter bandpass, TFD dan SWNA. Secara umum ketiga filter ini digunakan sebagai tahap *preconditioning* data untuk melemahkan derau sebelum tahap utama dalam penelitian ini.

Filter bandpass digunakan untuk melemahkan derau frekuensi rendah dan tinggi secara bersamaan. Filter ini mengubah data dalam domain waktu menjadi domain frekuensi dengan menggunakan transformasi Fourier. Kemudian, data dalam domain frekuensi dipotong sesuai dengan frekuensi dari data.

Modul TFD digunakan untuk melemahkan derau acak seperti amplitudo yang *spike* atau *dim* secara lokal. Modul ini mengganti *trace* yang memiliki amplitudo *spike* atau *dim* dengan *trace* hasil interpolasi antara *trace-trace* disekitarnya. Modul ini terlebih dahulu mengubah data menjadi domain waktu dan frekuensi menggunakan algoritma STFT. Dalam domain ini dibuat median dari frekuensi dalam panel tertentu. Frekuensi yang melebihi median frekuensi akan dikoreksi.

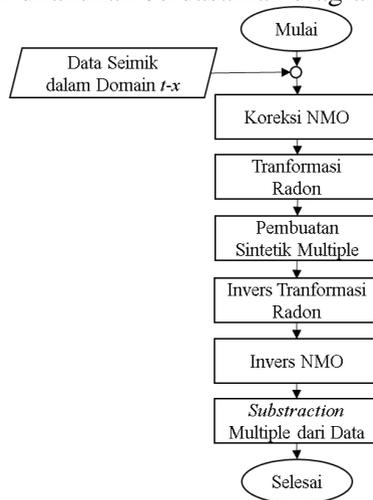
Modul SWNA digunakan untuk mengatenuasi derau koheren gelombang permukaan. Modul ini melemahkan derau berdasarkan pada batas kecepatan dan frekuensi yang diberikan dalam domain $f-x$.

3.4.4 Picking Kecepatan

Analisa kecepatan dilakukan untuk mendapatkan tabel kecepatan yang digunakan untuk koreksi *normal moveout*. Analisis ini dilakukan dengan terlebih dahulu menyusun data dalam gather CDP. Selanjutnya, *tracegather* CDP dilakukan *stacking* pada jumlah *traces* tertentu menjadi 1 *trace* yang disebut *supergather*. Hal ini bertujuan untuk meningkatkan kualitas *semblance* sehingga mempermudah dalam melakukan *picking* kecepatan. Kemudian, *picking* kecepatan dilakukan berdasarkan pada nilai *semblance* yang tinggi dan amplitude CVP (constant velocity panels) yang rata antara *near* hingga *far offset*nya. Selain untuk koreksi NMO, tabel kecepatan ini juga digunakan sebagai data masukan metode Filter Radon dan FK untuk melemahkan *multiple* pada data seismik.

3.4.5 Filter Radon

Filter Radon dilakukan berdasarkan diagram alir di bawah ini.

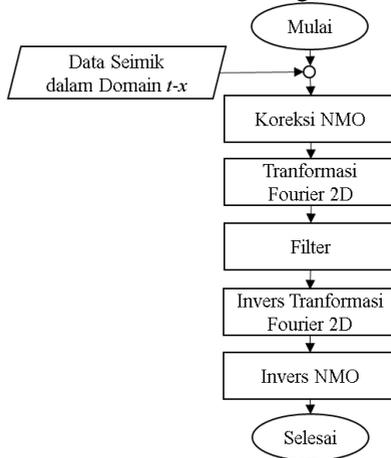


Gambar 3.5 Diagram alir metode filter Radon

Data terlebih dahulu disusun dalam gather CDP. Selanjutnya, data dilakukan koreksi NMO sehingga menghasilkan reflektor gelombang primer yang memiliki *offset* nol serta dapat memisahkan antara multiple dengan reflektor gelombang primer. Kemudian, data masuk domain $t-x$ (waktu dan jarak) ditransformasi menjadi domain waktu dan kecepatan *moveout*. Pada domain ini filter dibuat untuk memodelkan sintetik multiple dengan memotong data yang memiliki kecepatan *moveout* rendah karena seluruh reflektor diasumsikan memiliki *moveout* nol mendekati sedangkan multiple memiliki *moveout* tinggi karena tidak terkoreksi dengan baik saat koreksi NMO. Setelah itu, sintetik multiple ditransformasi kembali ke domain waktu dan jarak menggunakan algoritma *invers radon transform* serta dilakukan pula invers NMO. Tahap akhir dari proses ini adalah mengurangi data input dengan sintetik multiple yang telah dimodelkan sehingga menghasilkan data dengan multiple yang terlemahkan.

3.4.6 Filter FK

Filter FK dilakukan berdasarkan diagram alir di bawah ini.

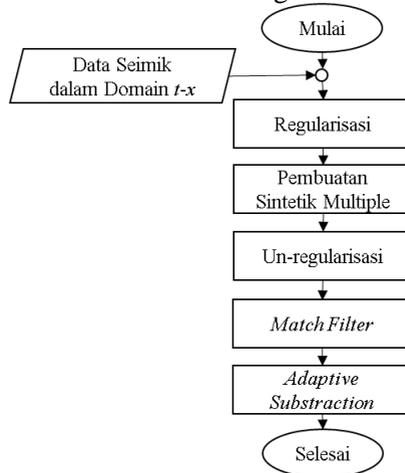


Gambar 3.6 Diagram alir metode filter FK

Metode Filter FK pada dasarnya mirip dengan metode filter Radon. Hanya saja filter ini diterapkan dalam domain frekuensi dan bilangan gelombang. Sehingga, Data dalam gather CDP yang terkoreksi NMO ditransformasi ke domain frekuensi dan bilangan gelombang menggunakan transformasi Fourier 2D. Dalam domain ini filter dibuat dengan menghilangkan data dengan kecepatan rendah setelah dikoreksi NMO karena multiple memiliki kecepatan rendah dibandingkan dengan kecepatan reflektor gelombang primer. Setelah filter diterapkan, data kembali ditransformasi ke domain waktu dan jarak serta dilakukan pula invers NMO sehingga menghasilkan data dengan multiple yang terlemahkan.

3.4.7 SRME

SRME dilakukan berdasarkan diagram alir di bawah ini.



Gambar 3.7 Diagram Alir SRME

SRME dilakukan pada data dalam *sorting common source*. Data input terlebih dahulu diregulasikan untuk mendapatkan grid sumber-penerima yang konstan yaitu sebesar 1. Kemudian, multiple diprediksi berdasarkan data dari lapangan yaitu dengan mengkonvolusikan *common receiver gather* dan *common source gather* tanpa data masukan tabel kecepatan seperti dua metode lainnya. Setelah itu, sintetik multiple dideregulasikan sehingga didapatkan grid sumber-penerima seperti data input. Tahap selanjutnya adalah mencocokkan data prediksi multiple dengan data input dengan menggunakan *match filter* karena data prediksi multiple memiliki *fase*, *amplitude* dan *source signature* yang berbeda. Setelah, data input dan prediksi multiple memiliki *error* yang kecil maka dilakukan pengurangan antara data input terhadap data sintetik multiple. Sehingga, diperoleh datadengan multiple yang terlemahkan.

3.4.8 Analisa

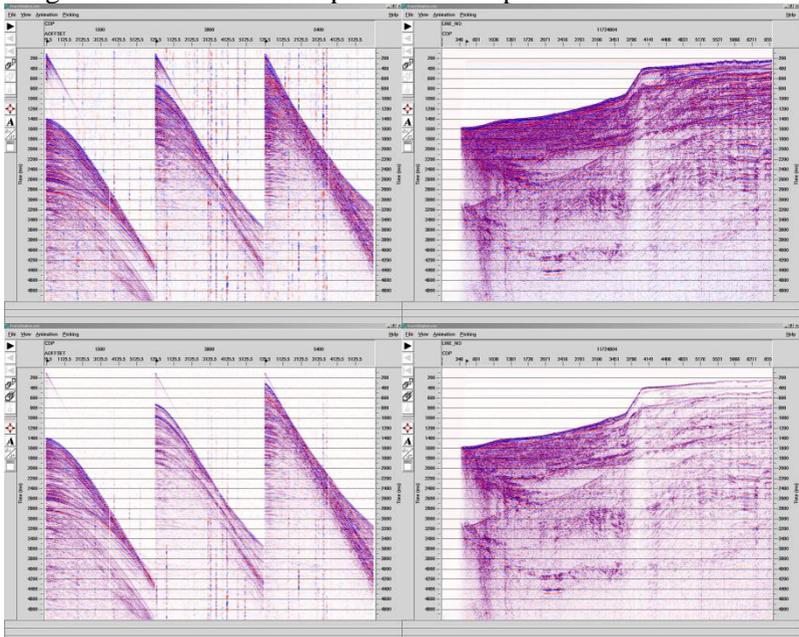
Tahap akhir dari penelitian ini adalah menganalisa hasil ketiga metode demultiple dengan membandingkannya pada data stack, gather, semblance dan spektrum amplitudo. Sehingga, diperoleh kesimpulan metode yang efektif untuk setiap sampel data yang diuji.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pengolahan Data

4.1.1 *Denoise*

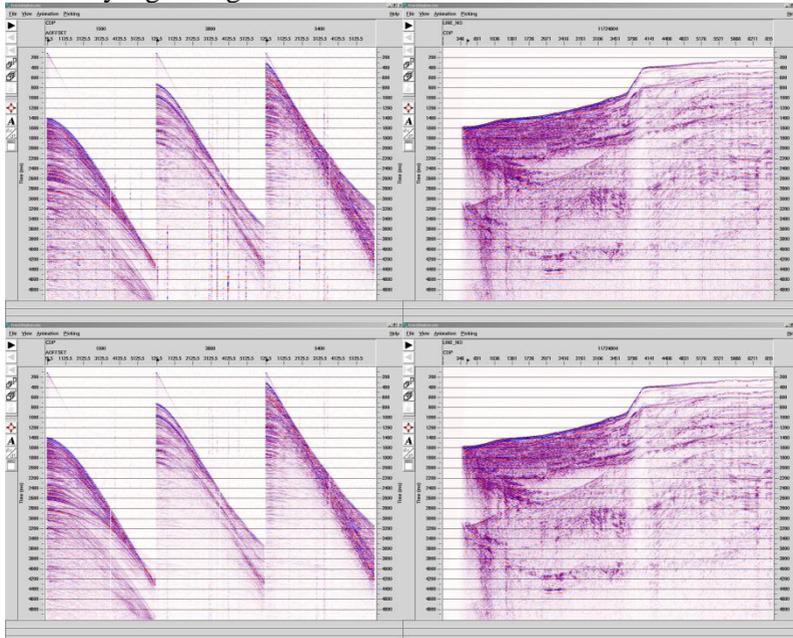
Ketiga modul *denoised* dilakukan secara berurutan yaitu filter bandpass, TFD dan SWNA. Ketiga modul melemahkan derau baik itu berupa derau acak maupun derau koheren *raw data*, sehingga menghasilkan data dengan *signal to noise ratio* (S/N) yang tinggi sebagai data masukan untuk proses demultiple.



Gambar 4.1 Perbandingan sebelum (atas) dan setelah (bawah) dilakukan filter bandpass

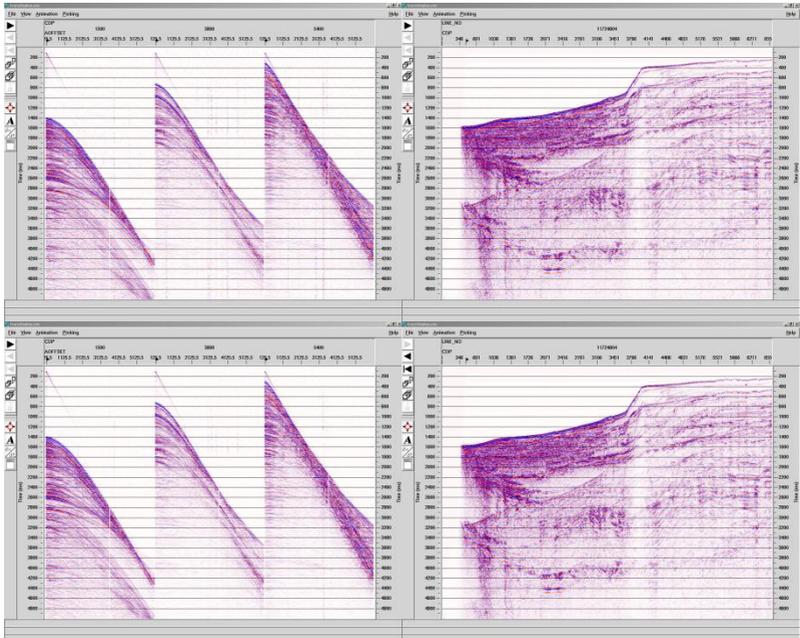
Filter bandpass diterapkan pada *raw data* seismik laut 2D dengan *sorting common source*. Filter bandpass yang digunakan pada penelitian ini adalah butterworth dengan pemotongan frekuensi sebesar 3-18-220-72 Hz. Filter bandpass ini diterapkan pada data dengan *sorting common source*. Perbandingan sebelum (*raw data*) dan setelah filter bandpass ditunjukkan pada Gambar 4.1 dimana gambar kiri menunjukkan perbandingan data gather dan gambar

sebelah kanan menunjukkan perbandingan data stack. Pada Gambar 4.1 terlihat bahwa pada data gather derau acak berfrekuensi tinggi dan rendah terlemahkan sehingga kualitas dari *signal to noise ratio* (S/N) meningkat dan pada data stack amplitudo menjadi lebih *dim* namun masih dalam ambang yang wajar karena tidak terdapat reflektor yang hilang.



Gambar 4.2 Perbandingan sebelum (atas) dan setelah (bawah) dilakukan denoise dengan modul TFD

TFD diterapkan pada data yang telah dilakukan filter bandpass. Modul ini melemahkan derau pada *sorting common source*. Denoise dilakukan dengan parameter: panjang *sampling window* 512 ms, minimum frekuensi 3 Hz, maksimum frekuensi 220 Hz, *trace aperture* 50 dan *threshold multiplier* 5. Perbandingan sebelum (setelah filter bandpass) dan setelah TFD ditunjukkan pada Gambar 4.2 dimana gambar kiri menunjukkan perbandingan data gather dan gambar sebelah kanan menunjukkan perbandingan data stack. Pada Gambar 4.2 terlihat bahwa pada data gather derau acak tersisa terlemahkan kembali sehingga kualitas dari *signal to noise ratio* (S/N) meningkat. Namun, tidak terdapat perubahan secara signifikan pada data stack



Gambar 4.3 Perbandingan sebelum (atas) dan setelah (bawah) dilakukan denoise dengan modul SWNA

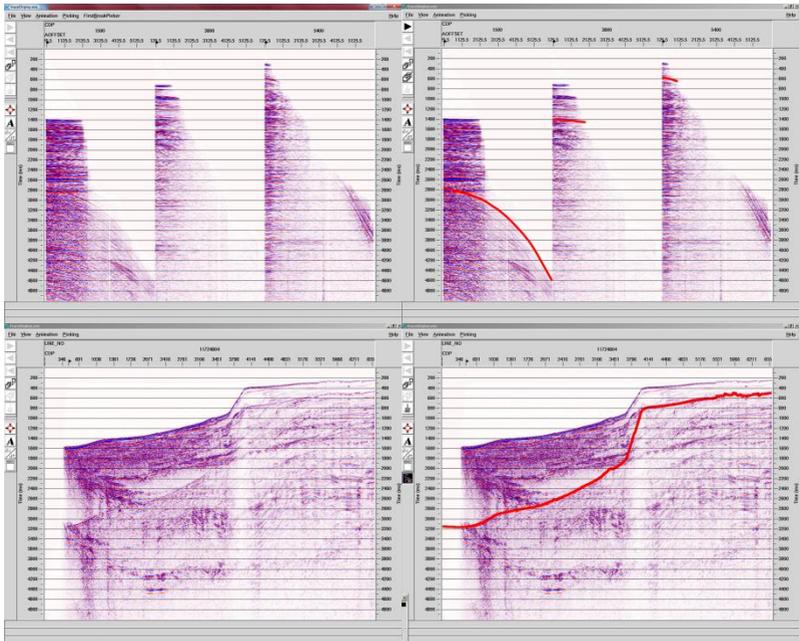
SWNA diterapkan pada data yang telah dilakukan *denoise* TFD. Modul ini melemahkan gelombang permukaan pada *sorting common source*. *Denoise* dilakukan dengan parameter: kecepatan 1500 m/s, frekuensi 0-15 Hz, ukuran panel 40, batas ujung panel 16 dan penggabungan panel 6. Perbandingan sebelum (setelah TFD) dan setelah SWNA ditunjukkan pada Gambar 4.3 dimana gambar kiri menunjukkan perbandingan data gather dan gambar sebelah kanan menunjukkan perbandingan data stack. Pada Gambar 4.3 terlihat bahwa pada data gather derau koheren gelombang permukaan terlemahkan sehingga kualitas dari *signal to noise ratio* (S/N) meningkat. Namun, tidak terdapat perubahan secara signifikan pada data stack

4.1.2 Identifikasi Multiple

Water Bottom Multiple orde pertama merupakan multiple yang cukup mudah diidentifikasi. Multiple ini *travel time* 2 kali dari reflektor pertama yaitu *water bottom*. Reflektor *water bottom* pada ketiga CDP sampel berturut-turut dari dalam ke dangkal adalah 1400 ms, 700 ms dan 300 ms. Oleh karena itu, *water bottom multiple* orde pertama akan muncul pada kedalaman sekitar 2800 ms, 1400 ms dan 600 ms. Sedangkan, *water bottom multiple* orde kedua, ketiga dan seterusnya muncul pada kedalaman tiga kali, empat kali dan seterusnya dari reflektor *water bottom*. Pada kasus lapangan ini, multiple orde kedua, ketiga dan seterusnya tidak terlalu signifikan mempengaruhi data.

Identifikasi multiple juga dilakukan berdasarkan kecepatan gelombang apabila setelah dilakukan koreksi NMO, reflektor masih tidak terkoreksi dengan sempurna (reflektor tidak lurus atau tetap parabolik) maka reflektor tersebut merupakan multiple periode panjang. Multiple ini muncul pada kedalaman yang cukup tinggi karena kecepatan gelombang primer meningkat sebagai fungsi kedalaman sedangkan kecepatan multiple cenderung konstan. Sehingga, pada kedalaman tinggi kecepatan multiple tidak terkoreksi dengan baik pada koreksi NMO. Sedangkan, pada kedalaman yang dangkal kecepatan gelombang primer mendekati atau sama dengan multiple sehingga sukar untuk diidentifikasi.

Berdasarkan kedua asumsi tersebut maka diketahui keberadaan multiple *water bottom* orde pertama pada data gather dan stack seperti pada Gambar 4.4. Pada langkah selanjutnya multiple ini diatenuasi menggunakan beberapa metode demultiple untuk mengetahui efektifitas setiap metode pada ketiga sampel CDP.



Gambar 4.4 *Water bottom multiple* orde pertama pada data gather setelah koreksi NMO (atas) dan stack (bawah) sebelum (kiri) dan sesudah (kanan) identifikasi multiple. Garis merah tebal menunjukkan reflektor *water bottom multiple* orde pertama

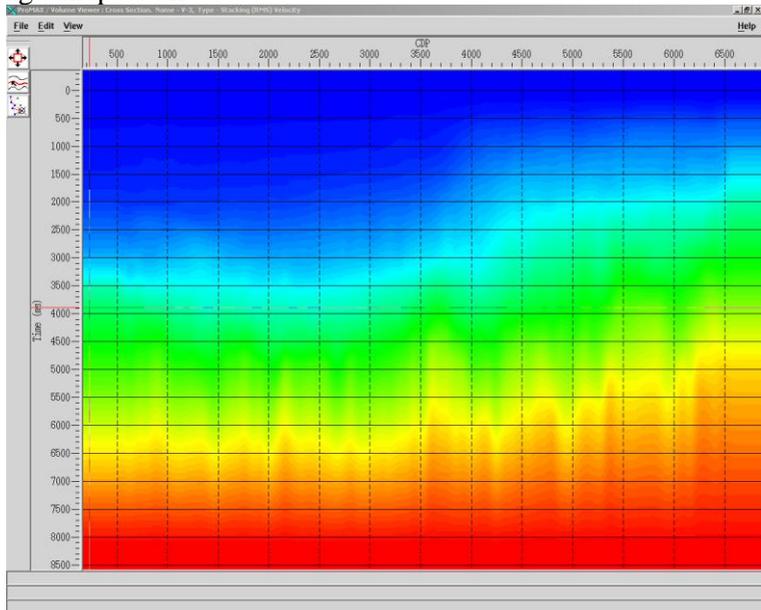
Pada Gambar 4.4 ditunjukkan reflektor *water bottom multiple* orde pertama. Pada CDP 3800 dan 5400 *water bottom multiple* orde pertama masih memiliki reflektor yang mendekati lurus setelah koreksi NMO karena kedalaman air laut yang dangkal pada CDP tersebut. Sedangkan, pada CDP 1500 dengan kedalaman tinggi memiliki reflektor multiple parabolik. Pada sampel yang memiliki permukaan air laut dengan kemiringan tinggi (CDP 700) identifikasi multiple berdasarkan koreksi NMO sulit dilakukan karena koreksi NMO pada daerah ini tidak dapat mengoreksi reflektor gelombang primer secara sempurna sehingga multiple dan gelombang primer sukar untuk dibedakan.

Pada domain stack multiple hanya dapat diidentifikasi melalui keperiodikan multiple dari reflektor *water bottom* berbeda dengan data gather yang dapat diidentifikasi menggunakan perbedaan kecepatan setelah koreksi NMO. Pada data stack, data yang tidak terkoreksi NMO dengan baik akan terlemahkan pada saat proses

stacking sehingga multiple tersebut tereduksi bersamaan dengan peningkatan S/N rasio dari data. *Water bottom multiple* orde pertama pada Gambar 4.4 ditunjukkan dengan warna merah yang memiliki bentuk reflektor yang sama dengan reflektor *water bottom* pada data dengan permukaan air laut lurus. Sedangkan, pada data dengan permukaan air laut yang miring, multiple memiliki reflektor yang berbeda dengan reflektor *water bottom*.

4.1.3 Picking Kecepatan

Picking kecepatan dilakukan pada data yang telah dilakukan *denoise* SWNA. Supergather dibentuk dengan melakukan *stacking* pada setiap 11 *trace* seismic. *Picking* kecepatan dilakukan pada setiap 80 CDP atau 500 m sehingga menghasilkan tabel kecepatan yang cukup detail.

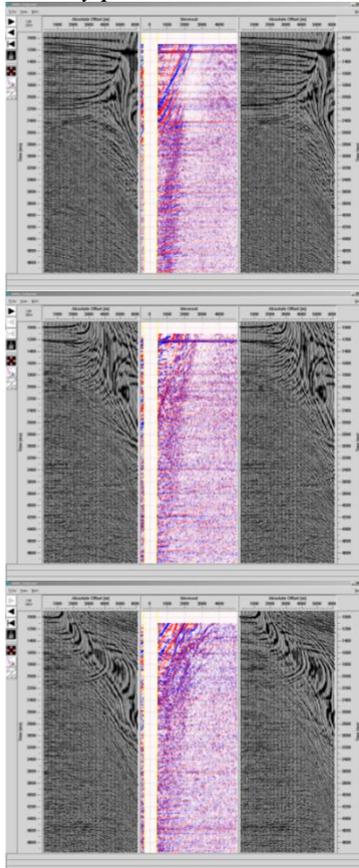


Gambar 4.5 Plot keluaran tabel kecepatan hasil analisa kecepatan dengan sumbu x adalah CDP, sumbu y adalah waktu dan sumbu z adalah kecepatan RMS

Pada Gambar 4.5 ditunjukkan plot kecepatan RMS pada skala warna. Dimana karakter kecepatan RMS mengikuti reflektor dari data yang memiliki reflektor *water bottom* dangkal (kecepatan rendah) pada CDP tinggi dan reflektor *water bottom* (kecepatan tinggi) dalam pada CDP rendah.

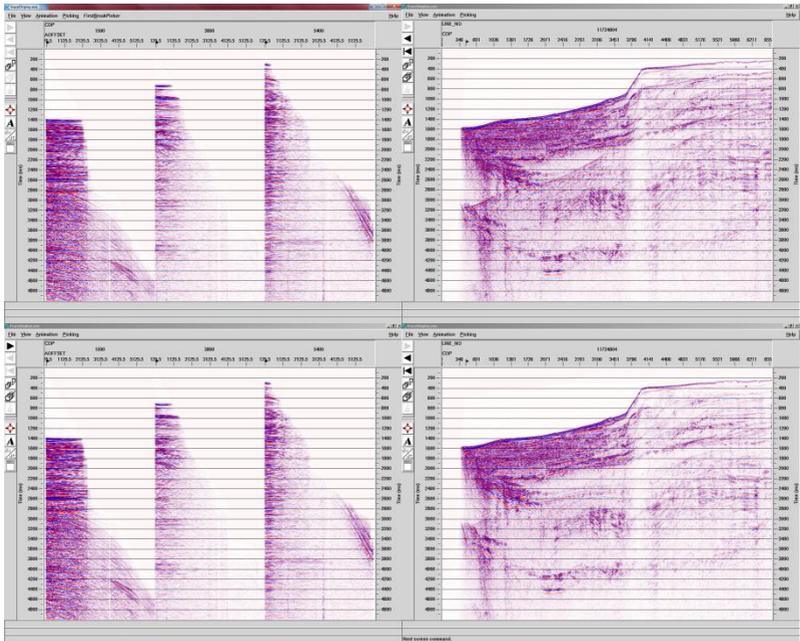
4.1.4 Filter Radon

Filter Radon dilakukan pada data yang telah dilakukan *denoise* SWNA. Filter ini melemahkan multiple pada gather CDP dengan menggunakan parameter: jumlah P-value 501, nilai minimum P-value-500, nilai *P-value* maksimum 5000, frekuensi minimum 3 Hz, frekuensi maksimum 250 Hz, tipe radon adalah parabolic, *sparseness parameter* 0.5 dan *stability parameter* 0.5.



Gambar 4.6 Proses pembuatan sintetik multiple pada ketiga sampel CDP berurutan dari atas ke bawah CDP 1500, 3800 dan 5400

Pada domain waktu dan kecepatan *moveout*, sintetik multiple dimodelkan dengan menghilangkan data yang memiliki kecepatan *moveout* rendah karena multiple memiliki kecepatan *moveout* yang tinggi dibandingkan dengan multiple seperti Gambar 4.6.

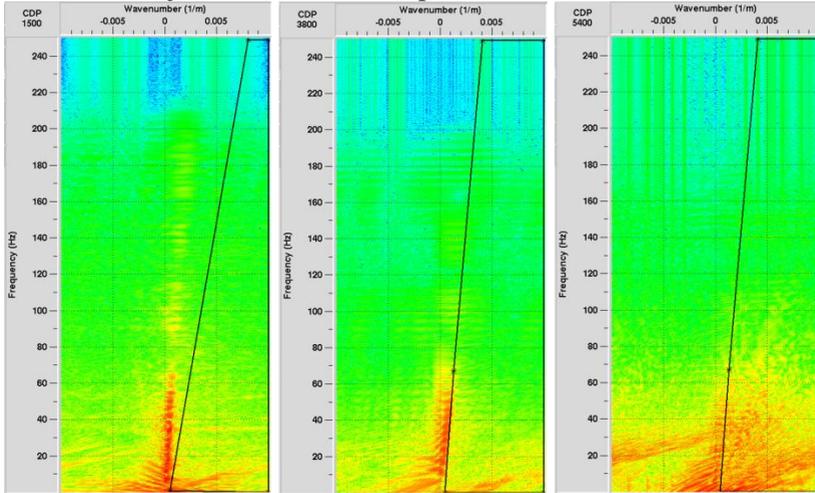


Gambar 4.7 Perbandingan sebelum (atas) dan setelah (bawah) dilakukan Filter Radon

Perbandingan sebelum (setelah SWNA) dan setelah Filter Radon ditunjukkan pada Gambar 4.7 dimana gambar kiri menunjukkan perbandingan data gather setelah koreksi NMO dan gambar sebelah kanan menunjukkan perbandingan data stack. Pada Gambar 4.7 terlihat bahwa pada data gather yang telah dikoreksi NMO, multiple terlemahkan dengan baik pada *far* dan *near offset* khususnya pada data yang memiliki kemiringan landai. Namun, pada data dengan kemiringan tinggi, filter ini menyisakan multiple pada *near offset*. Pada data stack, *water bottom multiple* orde pertama dapat terlemahkan dengan baik khususnya pada data yang memiliki kemiringan landai.

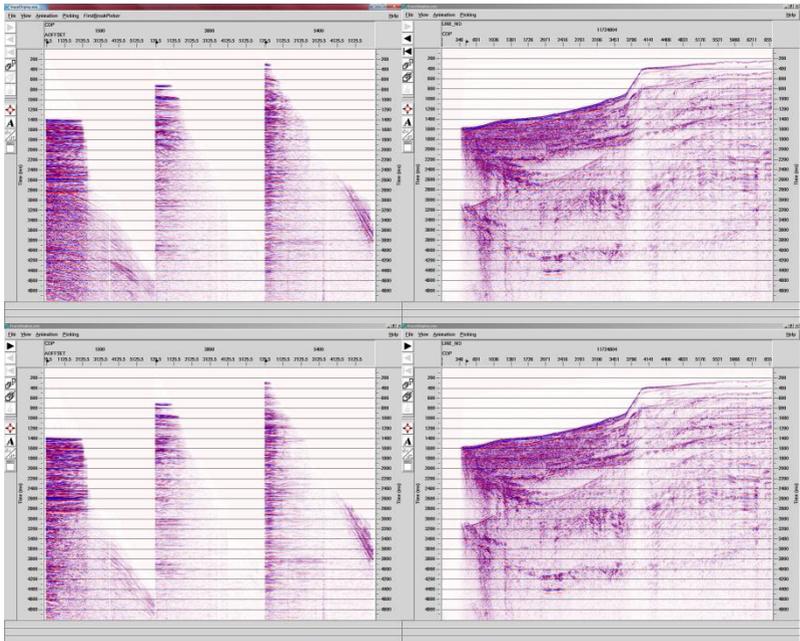
4.1.5 Filter FK

Filter FK dilakukan pada data yang telah dilakukan *denoise* SWNA. Filter ini melemahkan multiple pada gather CDP dengan parameter: panjang filter dalam sumbu waktu 500 ms, panjang filter dalam sumbu jarak 50 m dan lebar panel 50.



Gambar 4.8 Cakupan data yang diatenuasi dengan menggunakan Filter FK

Filter diterapkan berdasarkan pada kecepatan dan frekuensi yang mana multiple diatenuasi dengan menghilangkan data dengan kecepatan rendah setelah dikoreksi NMO karena multiple memiliki kecepatan rendah dibandingkan dengan kecepatan reflektor gelombang primer seperti ditunjukkan pada Gambar 4.8.

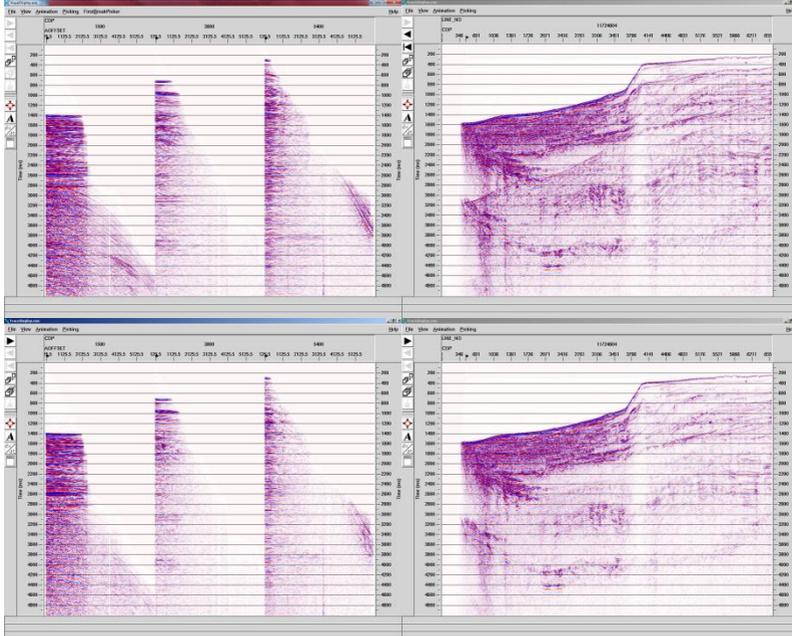


Gambar 4.9 Perbandingan sebelum (atas) dan setelah (bawah) dilakukan Filter FK

Perbandingan sebelum (setelah SWNA) dan setelah Filter FK ditunjukkan pada Gambar 4.9 dimana gambar kiri menunjukkan perbandingan data gather setelah koreksi NMO dan gambar sebelah kanan menunjukkan perbandingan data stack. Pada Gambar 4.9 terlihat bahwa pada data gather yang telah dikoreksi NMO, multiple terlemahkan dengan baik pada *far offset*. Namun, filter ini menyisakan multiple pada *near offset*. Oleh karena itu, pada data stack, *water bottom multiple* orde pertama tidak terlemahkan dengan baik.

4.1.6 SRME

SRME dilakukan pada data yang telah dilakukan *denoise* SWNA. Filter ini melemahkan multiple pada *sorting common source* dengan parameter *adaptive subtraction*: panjang filter spasial 40 m dan panjang filter temporal 200 ms.

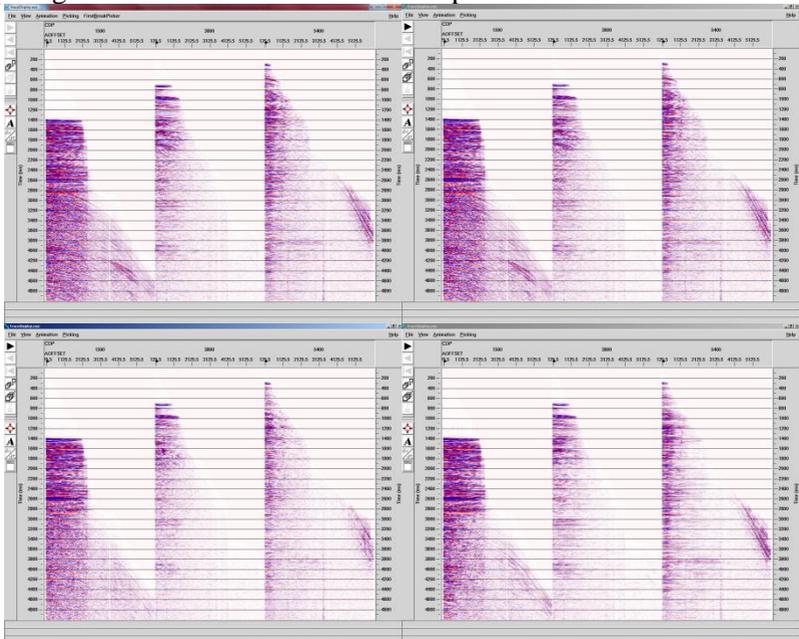


Gambar 4.10 Perbandingan data sebelum demultiple SRME (kiri), derau (tengah) dan setelah demultiple SRME (kanan) pada domain stack.

Perbandingan sebelum (setelah SWNA) dan setelah SRME ditunjukkan pada Gambar 4.10 dimana gambar kiri menunjukkan perbandingan data gather setelah koreksi NMO dan gambar sebelah kanan menunjukkan perbandingan data stack. Pada Gambar 4.10 terlihat bahwa pada data gather yang telah dikoreksi NMO, multiple terlemahkan dengan baik pada *far* dan *near offset*. Oleh karena itu, Multiple terlemahkan dengan baik pada data stack.

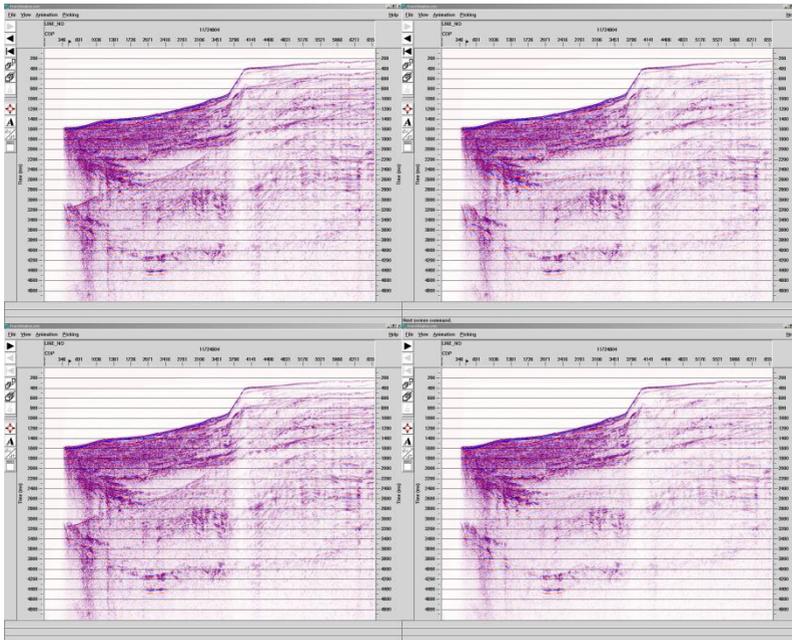
4.2 Pembahasan

Efektivitas ketiga metode demultiple diketahui dengan membandingkan sisa amplitudo multiple pada data gather dan stack, perubahan spektrum amplitudo dan semblance. Metode yang dapat menghilangkan amplitudo multiple dengan spektrum amplitudo yang tidak berubah dan semblance yang semakin fokus merupakan metode paling efektif untuk melemahkan multiple.



Gambar 4.11 Perbandingan data gather sebelum demultiple (atas kiri), demultiple menggunakan metode radon (atas kanan), demultiple menggunakan metode Filter FK(bawah kiri) dan demultiple menggunakan metode SRME (bawah kanan)

Pada Gambar 4.11 ditampilkan perbandingan antara data data sebelum (kiri atas) dan setelah demultiple dengan menggunakan metode Radon (kanan atas), Filter FK (kiri bawah) dan SRME (kanan bawah) pada setiap CDP sampel gather. Dimana ketiga metode dapat mengatasi multiple dengan kelebihan dan kekurangan masing-masing seperti dijelaskan lebih rinci pada sub bab 4.2.1, sub bab 4.2.2, dan sub bab 4.2.3.



Gambar 4.12 Perbandingan data stack sebelum demultiple (atas kiri), demultiple menggunakan metode radon (atas kanan), demultiple menggunakan metode Filter FK(bawah kiri) dan demultiple menggunakan metode SRME (bawah kanan)

Pada Gambar 4.12 ditampilkan perbandingan antara data sebelum (kiri atas) dan setelah demultiple dengan menggunakan metode Radon (kanan atas), Filter FK (kiri bawah) dan SRME (kanan bawah) pada data stack. Dimana Ketiga metode dapat mengatenuasi multiple dengan kelebihan dan kekurangan masing-masing seperti dijelaskan lebih rinci pada sub bab 4.2.1, sub bab 4.2.2, dan sub bab 4.2.3.

4.2.1 *Near Offset Multiple*

Berdasarkan Gambar 4.11 metode SRME cukup efektif untuk melemahkan multiple pada area *near offset* pada seluruh kondisi data gather. Hal ini disebabkan metode SRME menciptakan sintetik multiple berdasarkan data dari lapangan (hanya data masukan) tanpa menggunakan data kecepatan atau pun model yang pada umumnya terdapat faktor *human error*.

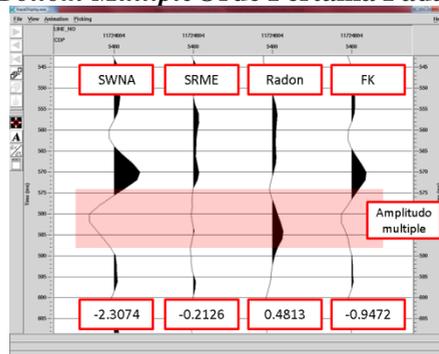
Metode radon dan Filter FK kurang efektif untuk melemahkan multiple pada area ini karena kedua metode ini mengasumsikan *near*

offset dengan pola garis lurus dengan kemiringan tertentu dan garis parabolik. Sedangkan, multiple memiliki pola kelengkungan mendekati lurus pada *near offset* sehingga sulit teratenuasi dengan menggunakan kedua metode tersebut. Pada permukaan air laut dengan kemiringan tajam kedua metode ini pun kurang efektif dalam mengatenuasi multiple pada *near offset*.

4.2.2 Far Offset Multiple

Berdasarkan Gambar 4.11 metode filter FK dan filter Radon efektif melemahkan multiple yang *undercoreccted* setelah koreksi NMO pada *far offset*. Filter FK efektif untuk melemahkan multiple dengan pola garis lurus dengan kemiringan tertentu yang dominan pada *far offset*. Namun, tidak efektif untuk melemahkan pola parabolik antara *near* dan *far offset*. Sedangkan, metode filter Radon efektif untuk melemahkan multiple dengan pola parabolik antara *near* hingga *far offset* tetapi tidak efektif untuk melemahkan amplitudo lurus pada *far offset*. Berbeda dengan SRME yang kurang efektif untuk melemahkan multiple yang muncul di *far offset*.

4.2.3 Water Bottom Multiple Orde Pertama Pada Data Stack



Gambar 4.13 Perbandingan amplitudo multiple (warna merah) sebelum demultiple (SWNA), demultiple dengan SRME, demultiple dengan filter Radon dan demultiple dengan filter FK pada kedalaman air laut dangkal (CDP 5400 dengan kedalaman air laut 300 ms)

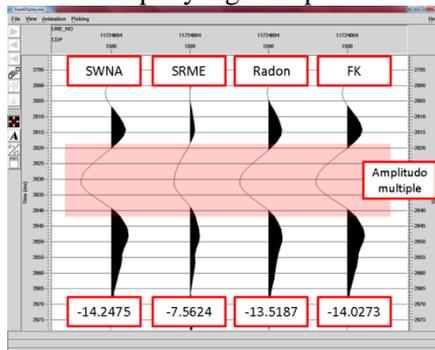
Berdasarkan Gambar 4.11, Gambar 4.12 dan Gambar 4.13, metode SRME lebih efektif melemahkan *water bottom multiple* orde pertama pada kedalaman permukaan air laut dangkal (CDP 5400) jika dibandingkan dengan metode filter Radon dan filter FK karena

metode SRME memiliki sisa amplitudo multiple yang lebih kecil dibandingkan dengan metode lainnya.

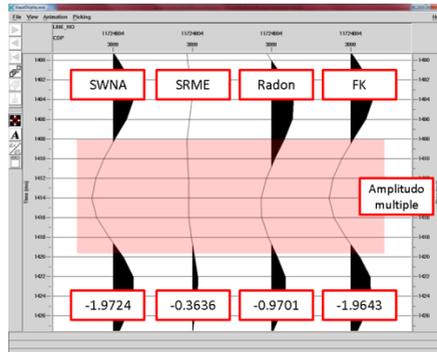
Hal ini disebabkan metode SRME memprediksi multiple berdasarkan data dari lapangan tanpa menggunakan input data lain seperti data kecepatan. Sehingga dapat dengan baik memprediksi multiple pada kedalaman dangkal. Sedangkan, metode FK dan Radon memprediksi multiple berdasarkan kontras kecepatan antara multiple dengan reflektor gelombang primer sehingga metode ini sulit untuk melemahkan ketika kecepatan multiple dengan kecepatan gelombang primer memiliki nilai yang sama seperti pada kasus *water bottom multiple* dengan permukaan air laut dangkal.

Pada penelitian ini, filter Radon juga dapat melemahkan multiple pada kedalaman air laut dangkal cukup signifikan. Namun, berdasarkan Gambar 4.13, sisa amplitudo setelah demultiple dengan filter Radon memiliki nilai positif bukan negatif yang memiliki amplitudo kecil. Hal ini diinterpretasikan sebagai kehadiran derau pada data setelah dilakukan demultiple. Adapun jenis derau yang muncul dibahas pada sub bab 4.25.

Berdasarkan Gambar 4.11, Gambar 4.12 dan Gambar 4.14, pada daerah dengan permukaan air laut dalam (CDP 1500), metode SRME dan Radon lebih efektif untuk melemahkan multiple dari pada metode filter FK. Metode radon menjadi cukup signifikan melemahkan multiple seperti metode SRME dikarenakan perbedaan kecepatan primer dan multiple yang cukup besar.



Gambar 4.14 Perbandingan amplitudo multiple (warna merah) sebelum demultiple (SWNA), demultiple dengan SRME, demultiple dengan filter Radon dan demultiple dengan filter FK

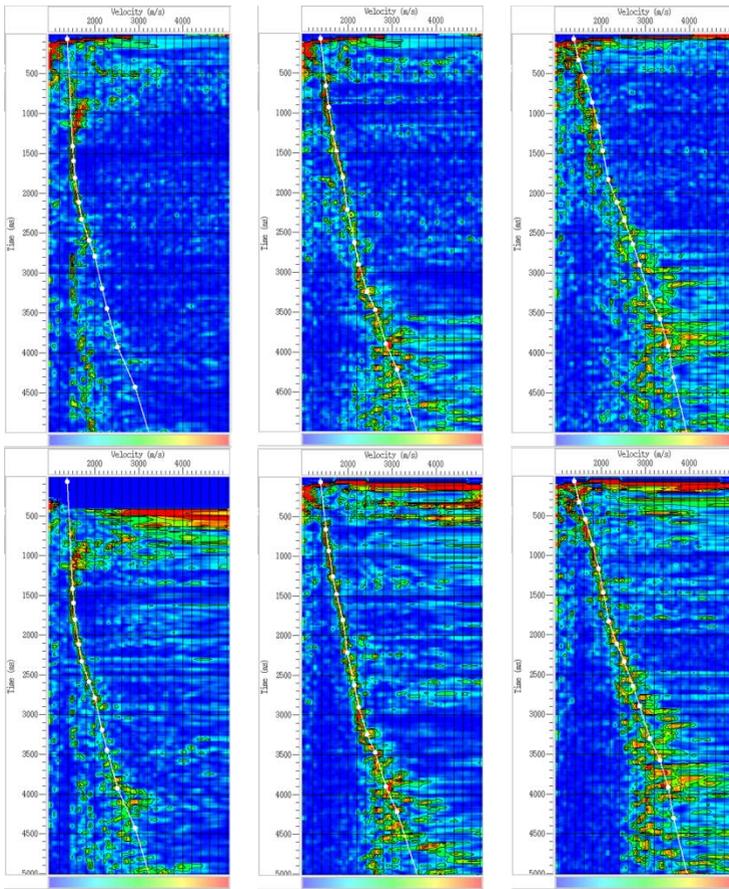


Gambar 4.15 Perbandingan amplitudo multiple (warna merah) sebelum demultiple (SWNA), demultiple dengan SRME, demultiple dengan filter Radon dan demultiple dengan filter FK pada kedalaman air laut dengan kemiringan tinggi (CDP 3800 dengan kedalaman air laut 700 ms)

Berdasarkan Gambar 4.11, Gambar 4.12 dan Gambar 4.15, Pada daerah dengan permukaan air laut yang memiliki kemiringan tajam (CDP 3800) hanya metode SRME yang dapat mengatenuasi multiple secara signifikan. Ini disebabkan pada daerah ini data tidak terkoreksi dengan baik oleh koreksi NMO (reflektor tidak lurus). Oleh karena itu, metode melemahkan multiple berdasarkan kecepatan seperti filter Radon dan filter FK tidak dapat melemahkan multiple secara signifikan.

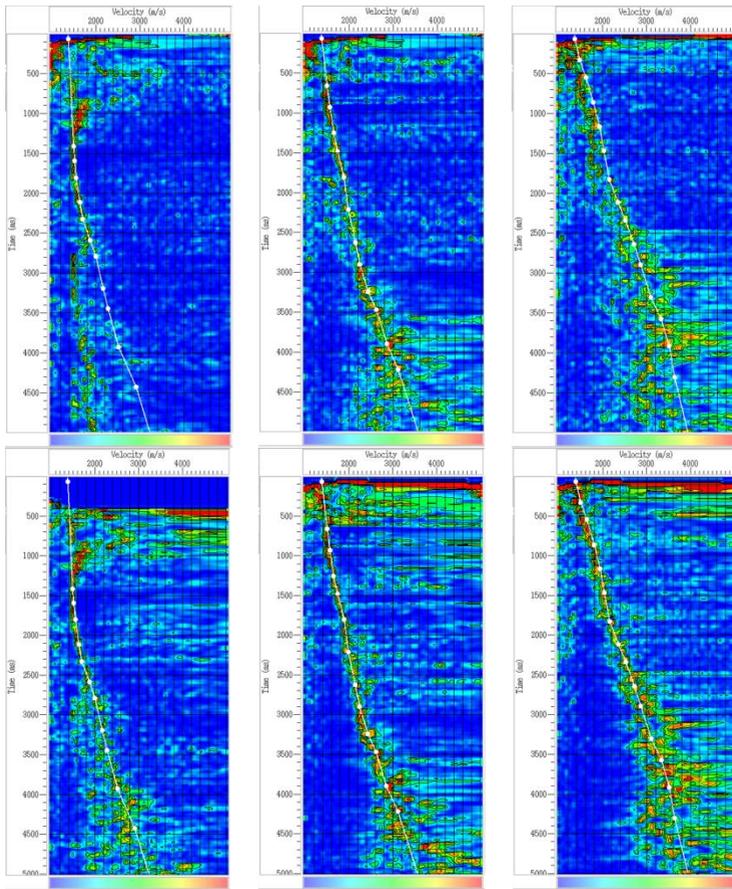
4.2.4 Semblance

Gambar 4.13, Gambar 4.14, dan Gambar 4.15 menunjukkan perbandingan antara semblance sebelum dan setelah demultiple. Metode Radon dan Filter FK menunjukkan perubahan yang berarti dibandingkan dengan metode SRME. Hal ini disebabkan kedua metode tersebut melemahkan semua derau kecepatan rendah di bawah kecepatan gelombang primer dari data seismik. Oleh karena itu, data gelombang primer pada semblance terlihat lebih fokus. Berbeda, dengan metode SRME yang berdasarkan pada hasil konvolusi *common shot gather* dan *common receiver gather* sehingga data *semblance* yang dihasilkan tidak berubah signifikan (fokus) dan hanya melemahkan semblance dari *water bottom multiple*.



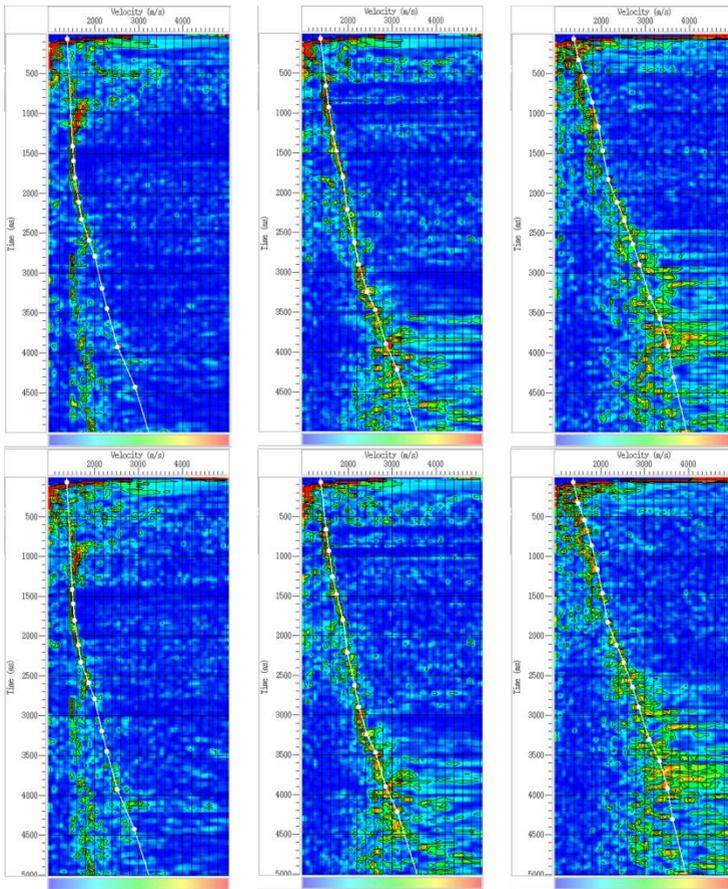
Gambar 4.16 Perbandingan semblance sebelum demultiple (atas) dan setelah demultiple dengan metode filter Radon (bawah)

Gambar 34 menunjukkan perbandingan dari *semblance* sebelum (atas) dan setelah demultiple dengan menggunakan metode filter Radon (bawah). Terlihat bahwa *semblance* gelombang primer menjadi lebih fokus pada kedalaman yang memiliki derau multiple khususnya pada CDP dengan kedalaman air laut tinggi seperti ditunjukkan pada gambar kiri. Namun, pada kedalaman dangkal *semblance* menjadi kurang fokus, hal ini disebabkan timbulnya noise baru yang disebabkan proses pengurangan antara data masukan dengan sintetik multiple.



Gambar 4.17 Perbandingan semblance sebelum demultiple (atas) dan setelah demultiple dengan metode filter FK (bawah)

Gambar 34 menunjukkan perbandingan dari semblance sebelum (atas) dan setelah demultiple dengan menggunakan metode filter FK (bawah). Semblance setelah filter FK memiliki karakteristik yang sama dengan metode filter Radon yaitu memiliki peningkatan kualitas semblance pada *near offset* pada kedalaman tinggi. Namun, menghasilkan derau pada *far offset* kedalaman dangkal. Kemiripan ini disebabkan kedua metode mereduksi data dengan kecepatan *moveout* rendah setelah koreksi NMO.

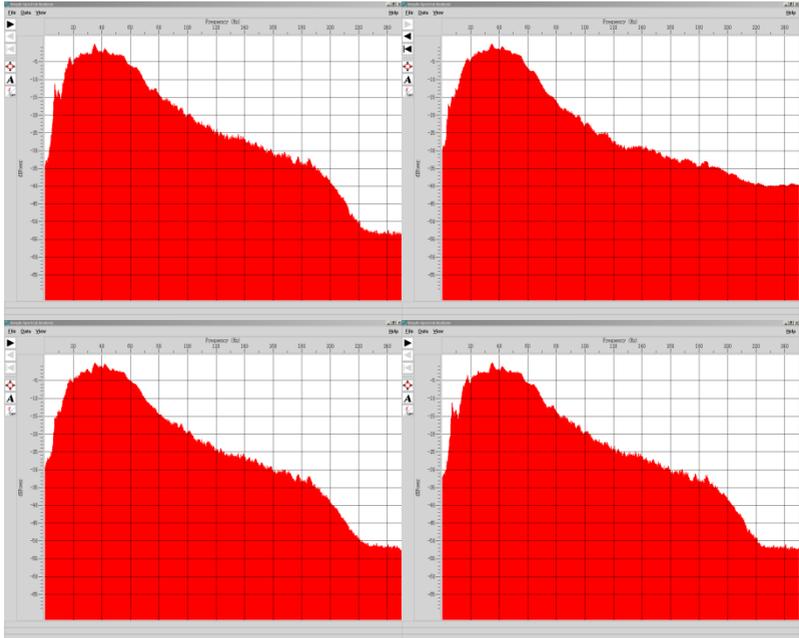


Gambar 4.18 Perbandingan semblance sebelum demultiple (atas) dan setelah demultiple dengan SRME (bawah)

Gambar 34 menunjukkan perbandingan dari semblance sebelum (atas) dan setelah demultiple dengan menggunakan metode SRME (bawah). Terlihat bahwa semblance tidak secara signifikan lebih fokus. Hal ini terjadi karena metode SRME hanya mengatenuasi semblance *water bottom multiple*.

4.2.5 Derau

Berdasarkan pada spektrum frekuensi sebelum dan setelah dilakukan demultiple menunjukkan bahwa filter radon menghasilkan derau berupa aliasing frekuensi tinggi seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.16.



Gambar 4.19 Perbandingan keluaran setiap metode demultiple dalam domain frekuensi

Derau ini tidak terlalu signifikan berpengaruh karena terjadi pada frekuensi sangat tinggi pada penelitian ini. Namun, dalam kasus pengolahan data seismik dengan frekuensi sangat tinggi seperti pada kasus dilakukan *deghosting* frekuensi tersebut sangatlah penting sehingga *user* harus sangat hati-hati dalam melakukan filter Radon untuk melemahkan multiple.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian ini disimpulkan bahwa multiple pada bagian *far offset* pada data gather dapat dilemahkan dengan efektif menggunakan filter FK dan filter Radon pada seluruh kondisi kedalaman air laut karena metode ini dapat memisahkan dengan baik amplitudo multiple dan reflektor pada *far offset* berdasarkan kecepatan *moveout* sehingga multiple memiliki sisa amplitudo yang kecil dan juga dapat meningkatkan kualitas dari semblance. Pada bagian *near offset* dari data gather dan data stack dengan kedalaman air laut dangkal dan dalam, multiple dapat dilemahkan dengan efektif menggunakan metode SRME dan filter Radon karena memiliki sisa amplitudo multiple yang kecil dibandingkan metode filter FK. Sedangkan, pada bagian *near offset* dari data gather dan data stack dengan kemiringan curam, multiple hanya efektif dilemahkan dengan metode SRME karena metode ini membuat sistetik multiple tanpa menggunakan masukan data kecepatan yang sering mengalami *human error* pada daerah dengan kemiringan tinggi sehingga multiple memiliki sisa amplitudo paling kecil dibandingkan metode yang menggunakan kecepatan *moveout*.

5.2 Saran

Setelah menyelesaikan penelitian ini, penulis merasa perlu memberikan beberapa saran untuk dipertimbangkan ketika melakukan penelitian sejenis diantaranya :

1. Perlu dilakukan koreksi DMO pada area *water bottom* miring sebelum atenuasi multiple.
2. Dilakukan perbandingan dengan metode demultiple lainnya seperti *predictive deconvolution* dan *wave-equation demultiple*.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, A. (2011). *E-book Ensiklopedi Seismik*.
- Almutlaq, M., & Margrave, G. F. (2011). *Shaping / Match Filter*. CREWES Research Report -Volume 23.
- Amatullah, B. A. (2012). *Evaluasi Amplitudo Relatif Pada Data Seismik Sintetik Marine 2D*. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Bracewell, R. N. (1965). *The Fourier Transform and Its Application*. McGraw-Hill Book Co.
- Cao, Z. (2006). *Analysis and Application of The Radon Transform*. Calgary: University of Calgary.
- Dragoset, B., Verschuur, E., & Bisley, R. (2010). *A Perspective on 3D Surface-Related Multiple Elimination*. Geophysics.
- Guitton, A., & Verschuur, D. J. (2004). *Adaptive Subtraction Of Multiples Using The L1-Norm*. EAGE-Geophysical Prospecting.
- Hill, S., Dragoset, & Weglein, B. (1999). *A: The New World Of Multiple Attenuation*. The Leading Edge, No. 18.
- Reynolds, J. M. (1997). *An Introduction To Applied And Enviromental Geophysics* . Chichester: John Wiley & Sons Ltd.
- Sheriff, R. E., & Geldart, L. P. (1995). *Exploration Seismology*. Cambridge: Press Syndicate of The University of Cambridge.
- Telford, W. M., Geldart, L. P., & Sheriff, R. E. (1990). *Applied Geophysics Second Edition*. Cambridge: Cambridge University.
- Uren, N. (1995). *Introduction to Multiple and Its Attenuation Methods*. Cambridge University Press.
- Verschuur, D. J. (2015). *Surface-Related Multiple Removal In Seismic Data by A Data-Driven Methodology*. *3rd International Conference Exhibition on Underwater Acoustics* (hal. 91-98). Rhodes: Underwater Acoustics.
- Verschuur, D. J., & Kabir, M. M. (1994). *Integration Of Surface-Related And Radon Based Multiple Elimination*. Vienna: EAGE-56th Meeting and Technical Exhibition.

- Winthagen, P. L., Scheffers, B. C., & Verschuur, D. J. (1998). *Evaluation Of The Surface Related Multiple Elimination Applied To Field Data*. Leipzig: EAGE 60th Conference & Technical Exhibition.
- Wong, M. (2012). *Introduction To Multiple Attenuation Method*. Stanford University.
- Yilmaz, O. (2008). *Seismic Data Analysis: Processing, Inversion, and Interpretation of Seismic Data*. Tulsa: Society of Exploration Geophysicists.

DAFTAR ISTILAH

<i>Brute Stack</i>	:	CMP Stack dari <i>raw data</i>
Gather CMP	:	Gather dalam penyusunan CMP
CDP	:	<i>Common Depth Point</i>
CMP	:	<i>Common Mid Point</i>
<i>Common Receiver</i>	:	Gather dalam penyusunan banyak sumber satu penerima
<i>Common Source Gather</i>	:	Gather dalam penyusunan satu sumber banyak penerima
CVP	:	<i>Constat Velocity Panels</i>
Filter FK	:	Filter dalam domain $f-k$
Filter Radon	:	Filter dalam domain $\tau-p$
Gather	:	Raw data seismik dalam penyusunan tertentu
Geometri	:	Pembuatan informasi <i>header</i> data seimik yang akan dimasukan ke <i>raw data</i>
<i>Match Filter</i>	:	Filter yang digunakan untuk mencocokkan data sehingga mendekati keluaran tertentu
Multiple	:	Derau yang disebabkan perbedaan
NMO	:	Koreksi untuk menghilangkan efek perbedaan posisi receiver
<i>Offset</i>	:	Jarak antara sumber ke penerima paling jauh
<i>Raw Data</i>	:	Data sebelum dilakukan pengolahan
Shot Gather	:	Gather dalam penyusunan penembakan
SWNA	:	Surface Wave Noise Attenuation
SRME	:	<i>Surface-Related Multiple Elimination</i>
TFD	:	<i>Time-Frequency Domain</i>
<i>Water Bottom Multiple</i>	:	Multiple yang disebabkan lapisan air laut