



UNIVERSITAS INDONESIA

***ATENUASI MULTIPLE DENGAN MENGGUNAKAN METODE
FILTERING RADON PADA COMMON REFLECTION SURFACE
(CRS) SUPERGATHER***

SKRIPSI

**ADING FIRLIYADI
0305020039**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
DEPARTEMEN FISIKA
PROGRAM STUDI GEOFISIKA
DEPOK
JUNI 2010**



UNIVERSITAS INDONESIA

***ATENUASI MULTIPLE DENGAN MENGGUNAKAN METODE
FILTERING RADON PADA COMMON REFLECTION SURFACE
(CRS) SUPERGATHER***

SKRIPSI

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh
gelar Sarjana Sains**

ADING FIRLIYADI

0305020039

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
DEPARTEMEN FISIKA
PROGRAM STUDI GEOFISIKA
DEPOK
JUNI 2010**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar.**

Nama : Ading Firliyadi
NPM : 0305020039
Tanda Tangan :
Tanggal : 14 Juni 2010



HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh

Nama : Ading Firliyadi
NPM : 0305020039
Program Studi : Fisika
Judul Skripsi : Atenuasi *Multiple* dengan Menggunakan Metode *Filtering* Radon pada *Common Reflection Surface (CRS) Supergather*

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Sains pada Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia.

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Eddy Arus Sentani, MT ()

Pembimbing : Dr. Eng. Supriyanto ()

Penguji : Dr. Eng. Yunus Daud ()

Penguji : Dr. Agus Salam ()

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 14 Juni 2010

KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, petunjuk, dan ilmu kepada penulis, sehingga akhirnya penulis bisa menyelesaikan laporan tugas akhir yang berjudul: “**ATENUASI *MULTIPLE* DENGAN MENGGUNAKAN METODE *FILTERING* RADON PADA *COMMON REFLECTION SURFACE SUPERGATHER*”**”.

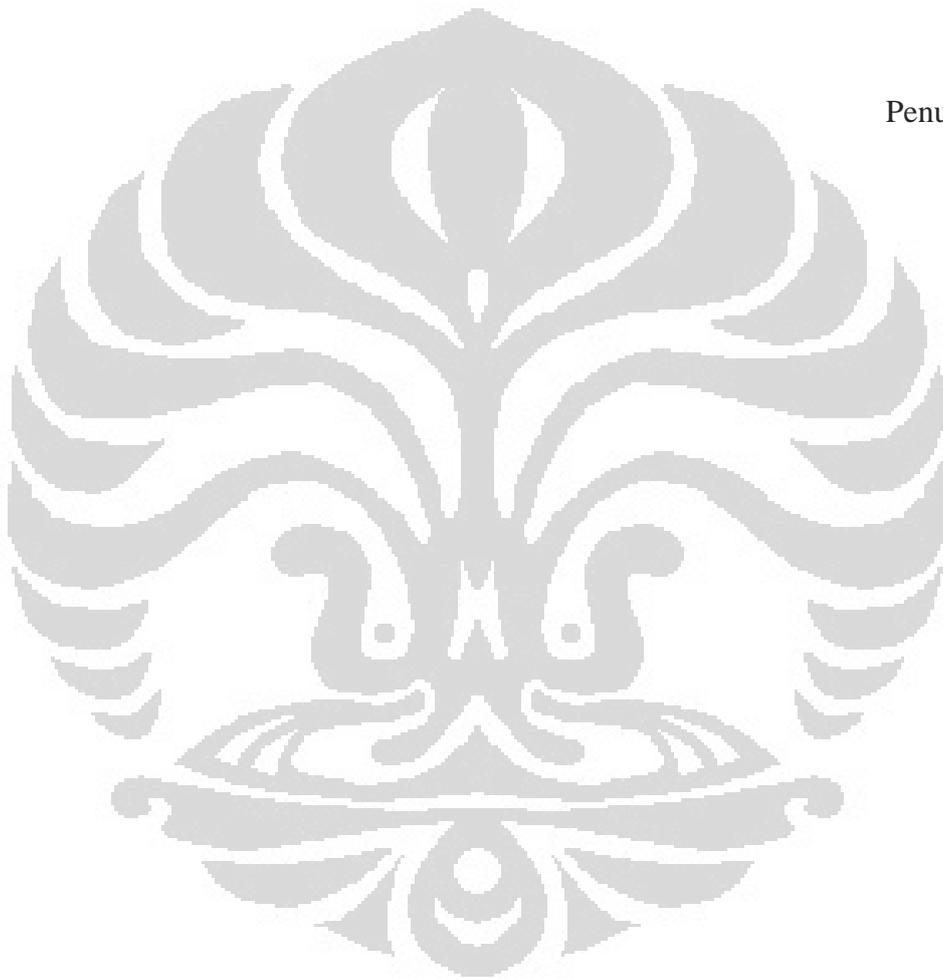
Laporan tugas akhir ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar kesarjanaan di Departemen Fisika, Universitas Indonesia. Penulis menyadari bahwa tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan skripsi ini, sangatlah sulit bagi penulis untuk menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Bapak Eddy Arus Sentani, MT dan Bapak Dr. Supriyanto Suparno, selaku Pembimbing Tugas Akhir yang telah meluangkan waktunya untuk memberikan bimbingan dan pengertian akan banyak hal.
2. Bapak Dr. Yunus Daud, selaku Penguji I dan Ketua Program Peminatan Geofisika FMIPA UI.
3. Bapak Dr. Agus Salam, selaku Penguji II.
4. Bapak Dr. Santoso, selaku Ketua Departemen Fisika.
5. Kedua orang tua, adik-adiku, kakak-kakaku serta seluruh keluarga atas doa dan dukungannya selama penulis mengerjakan Tugas Akhir ini.
6. Mas Amry, Mas Aan, Vici atas bantuan ilmu yang sangat berarti bagi penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
7. Teman-teman seperjuangan; Ipin, Arfi, Almushfi, Abdur, Rian, Rangga, terimakasih atas pelajaran hidup dan arti persahabatan selama penulis menuntut ilmu di Depok.
8. Teman-teman S1 reguler 2005 yang selalu memberikan dukungan moril dan spiritual, serta banyak informasi berharga kepada penulis.
9. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu, terima kasih banyak atas dukungannya.

Akhir kata, penulis berharap Tuhan Yang Maha Esa berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Penulis juga menyadari laporan ini masih jauh dari kesempurnaan, oleh karena itu saran dan kritik yang membangun sangat diperlukan demi perbaikan pada masa mendatang. Semoga laporan ini bermanfaat bagi penulis maupun pembaca semua.

Jakarta, Juni 2010

Penulis



HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Ading Firliyadi
NPM : 0305020039
Program Studi : Geofisika
Departemen : Fisika
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Jenis karya : Skripsi

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul :

Atenuasi *Multiple* dengan Menggunakan Metode *Filtering* Radon pada
Common Reflection Surface (CRS) Supergather

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok
Pada tanggal : 14 Juni 2010

Yang menyatakan

(Ading Firliyadi)

ABSTRAK

Nama : Ading Firliyadi
Program studi : Geofisika
Judul : “Atenuasi *Multiple* dengan Menggunakan Metode *Filtering* Radon pada *Common Reflection Surface (CRS) Supergather*”

Atenuasi *multiple* dengan menggunakan *filtering* radon adalah salah satu teknik yang biasa digunakan dalam penekanan energi *multiple* pada data seismik. Prinsip kerjanya adalah dengan memisahkan sinyal dan *multiple* dalam domain *radon* dengan memanfaatkan nilai perbedaan *moveout* antara sinyal primer dan *multiple*. Metode ini diaplikasikan pada data seismik sintetik GM 1 yang merupakan daerah pengendapan *marine*. Data ini ditemukan *multiple* yang didominasi oleh *peg-leg multiple*. Studi ini bertujuan untuk mengetahui respon dari *filtering* radon yang diterapkan baik pada metode pengolahan data *Common Mid Point (CMP) stack*, maupun pada metode *Common Reflection Surface (CRS) stack* untuk mengatenuasi *multiple*. *Imaging* pada *CRS stack* diharapkan mampu menghasilkan *signal to noise ratio* yang lebih tinggi dibandingkan dengan metode konvensional. *Filtering* radon diterapkan baik pada *CMP gather* maupun pada *CRS supergather*. Hasil yang diperoleh dari analisis radon dapat mereduksi *peg-leg multiple* walaupun masih meninggalkan residu *multiple* baik pada *CMP gather* maupun pada *CRS supergather*. Penampang *stacking* dari metode *CRS* mempunyai *signal to noise ratio* yang lebih baik daripada penampang *stacking* dari metode konvensional.

Kata kunci : atenuasi *multiple*, *filtering* radon, *CRS supergather*, *CMP gather*.

ABSTRACT

Name : Ading Firliyadi
Study Program : Geophysics
Title : *Multiple Attenuation using Radon Filtering Method in Common Reflection Surface (CRS) Supergather*

Multiple Attenuation using radon filtering is commonly used for suppressing *multiple* energy technique at seismic data. The basic concept is to do separation between *primary* and *multiple* in *radon* domain by using *residual moveout* value. The method is used for synthetic seismic data called GM1 as marine precipitation zone. The data is found *multiple*, dominantly as *peg-leg multiple*. The study is being done in order to know how much *radon filtering* can influence both for *Common Mid Point (CMP) stack* and *Common Reflection Surface (CRS) stack* to attenuate *multiple*. The imaging of *CRS stack* is expected will be able to create higher *signal to noise ratio* than conventional method. *Radon filtering* is applied to *CMP gather* and *CRS supergather*. *Radon analysis* can't able to reduce *peg-leg multiple* overall in *CMP gather* and *CRS supergather*. *Signal to noise ratio* of stacking section can be enhanced by *CRS stack* method significantly.

Key words: *multiple attenuation, radon filtering, CRS supergather, CMP gather.*

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	iii
KATA PENGANTAR	iv
LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH	vi
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xiii
BAB I. PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Batasan Masalah	3
1.3. Tujuan Studi	4
1.4. Metodologi Studi	4
1.5. Sistematika Penulisan	4
BAB II. TEORI DASAR	
2.1. Konsep Dasar Seismik Refleksi	6
2.2. Konsep <i>Processing</i> Konvensional (<i>CMP Stack</i>)	6
2.2.1. Common Depth Point (CDP) gather	6
2.2.2. NMO dan DMO.....	7
2.2.3 <i>CMP stack</i>	9
2.2.4 RMS Velocity	9
2.2.5 Analisa <i>Semblance</i>	10
2.2.6 Flow umum Pengolahan Data Seismik Konvensional	12
2.3. Konsep <i>Processing</i> CRS Stack.....	13
2.3.1 Persamaan waktu tempuh CRS	15
2.3.2 Atribut CRS	17
2.3.3 Penentuan Atribut CRS	18
2.4. Metode-metode untuk mengatenuasi <i>multiple</i>	21
2.4.1 Metode Dekonvolusi	22
2.4.2 Metode Filtering	25
2.4.3 <i>Wavefield predication and subtraction methods</i>	27
2.5. Transformasi Radon	28

BAB III. METODE PENELITIAN	
3.1. Alur Studi	31
3.2. Model Data Seismik Sintetik GM1	32
3.3. Pengolahan Data	
3.3.1 Metode Konvensional.....	34
3.3.2 Pengolahan Data CRS pada software ProMAX.....	37
3.3.3 Pengolahan Data CRS pada software WIT	43
3.3.4 Filtering Radon.....	47
 BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1 Analisa <i>Multiple</i>	48
4.2 Perbandingan CMP Stack dan CRS Stack	51
4.3 Atenuasi <i>Multiple</i> dengan Menggunakan <i>Filtering Radon</i>	54
 BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1. Kesimpulan	62
5.2. Saran	62
 DAFTAR REFERENSI	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.	Geometri dari <i>Common Mid Point (CMP) gather</i>	6
Gambar 2.2.	<i>Reflection Point Smear</i>	7
Gambar 2.3.	Proses <i>stacking</i> terhadap <i>trace-trace</i> dalam satu CDP.....	8
Gambar 2.4.	Model lapisan mendatar	9
Gambar 2.5.	Skema <i>moveout</i> pada <i>CMP Gather</i> dan hubungannya dengan maksimum <i>semblance</i> untuk mendapatkan kecepatan optimum.....	10
Gambar 2.6.	Perbandingan metode CRS dan metode Konvensional	12
Gambar 2.7.	<i>Reflection Point Smear</i>	13
Gambar 2.8.	<i>CRS stacking surface</i>	14
Gambar 2.9.	Sinar utama dan sinar paraksial.....	15
Gambar 2.10.	Eksperimen <i>Eigenwave</i>	17
Gambar 2.11.	Diagram <i>CRS stack</i>	18
Gambar 2.12.	<i>CMP gather</i> pada domain <i>tau-p</i>	22
Gambar 2.13.	Multiple-removal menggunakan transformasi Radon parabolik	26
Gambar 2.14.	a. <i>CMP gather</i> setelah koreksi NMO b. Sinyal primer setelah <i>Radon filtering</i> c. Estimasi multiple pada <i>gather</i>	27
Gambar 2.15.	Atenuasi multiple radon parabolik domain <i>tau-p</i>	30
Gambar 3.1.	Diagram Alir Studi	31
Gambar 3.2.	Model Geologi studi.....	33
Gambar 3.3.	<i>Common Shot Point gather</i> 1162 hasil geometri.....	34
Gambar 3.4.	<i>Common Deep Point (CDP) gather</i> 2821 hasil <i>sorting CDP</i> ..	35
Gambar 3.5.	Analisis spektrum	35
Gambar 3.6.	Model kecepatan RMS hasil analisa kecepatan	36
Gambar 3.7.	Penampang <i>CMP Stack</i>	37
Gambar 3.8.	Diagram Alir Pengolahan Data Metode <i>CRS Stack</i> di ProMAX	38
Gambar 3.9.	a. Penampang dip dengan <i>dip aperture</i> 70 m b. Penampang dip dengan <i>dip aperture</i> 250 m c. Penampang dip dengan <i>dip aperture</i> 600 m.....	39
Gambar 3.10.	a. CDP <i>gather</i> 2721 sebelum <i>CRS pre-compute</i> b. CDP <i>gather</i> 2721 hasil <i>CRS pre-compute</i>	40
Gambar 3.11.	Mini <i>CRS stack</i> menggunakan <i>aperture stack</i> yang bervariasi	42
Gambar 3.12.	<i>CRS stack</i> dengan <i>aperture</i> 240 m	43
Gambar 3.13.	Diagram alir pengolahan data <i>CRS</i> di WIT	44
Gambar 3.14.	<i>CRS stack</i> dengan parameter input	44

Gambar 3.15. Automatic CMP stack	45
Gambar 3.16. a. emergence angel b. Rn c. Rnip	46
Gambar 3.17. Analisa kecepatan pada CRS <i>supergather</i>	46
Gambar 3.18. Diagram Alir Filtering Radon	47
Gambar 4.1. Analisa multiple pada Picking kecepatan.....	48
Gambar 4.2. Analisa Multiple pada CDP gather 2278 setelah NMO	49
Gambar 4.3. Peg-leg multiple	49
Gambar 4.4. Analisa <i>Multiple</i> pada penampang CMP <i>stack</i>	50
Gambar 4.5. a. ilustrasi multiple 1 dan 3, c. ilustrasi multiple 2 b. ilustrasi multiple 4	51
Gambar 4.6. a. stacking konvensional, b. CRS stack	52
Gambar 4.7. a. CMP gather, b. CRS <i>supergather</i>	53
Gambar 4.8. a. Analisa Kecepatan CMP gather, b. Analisa Kecepatan <i>supergather</i>	54
Gambar 4.9. a. sebelum analisis radon b. proses muting pada domain tau-p c. setelah setelah analisis radon	55
Gambar 4.10. a. input sebelum analisis radon b. proses muting pada domain tau-p c. setelah setelah analisis radon	56
Gambar 4.11. a. <i>Supergather</i> sebelum radon b. <i>Supergather</i> setelah radon	57
Gambar 4.12. a. CMP <i>Stack</i> sebelum analisis Radon b. CMP <i>Stack</i> setelah analisis Radon	58
Gambar 4.13. a. CRS <i>Stack</i> sebelum analisis Radon b. CRS <i>Stack</i> setelah analisis Radon	58
Gambar 4.14. ilustrasi <i>residual moveout multiple</i> dan <i>primary</i>	59
Gambar 4.15. a. CMP <i>Stack</i> setelah analisis Radon b. CRS <i>Stack</i> setelah analisis Radon	60

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1. Parameter Akuisisi Data	33
Tabel 3.2. Parameter input CRS pada software WIT	43
Tabel 4.1. Perbandingan Respon Filtering Radon	61



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi informasi yang sangat pesat telah banyak memberi pengaruh dalam perkembangan dunia eksplorasi minyak dan gas bumi. Terciptanya teknologi baru baik perangkat lunak maupun perangkat keras, sangat membantu dalam penerapan metode seismik baik dalam hal pengambilan data, pengolahan data, dan interpretasi data seismik, sehingga dapat dilakukan dalam waktu yang relatif lebih singkat dengan kualitas hasil yang lebih baik dibandingkan dengan metode konvensional.

Metode seismik refleksi seringkali digunakan dalam mengidentifikasi struktur lapisan-lapisan bawah permukaan untuk dapat diketahui daerah sebaran hidrokarbon. Tetapi, identifikasi daerah prospek hidrokarbon masih memiliki kendala terutama untuk identifikasi daerah dengan struktur geologi yang kompleks dan memiliki *noise* yang cukup tinggi seperti *noise* koheren *multipel* pada data seismik *marine*, maka diperlukan pengembangan metode seismik yang mampu untuk memberikan informasi lapisan-lapisan bawah permukaan yang lebih jelas dan akurat sehingga dapat mengurangi kesalahan dalam penentuan daerah akumulasi hidrokarbon.

Salah satu tahapan dalam metode seismik adalah pengolahan data seismik. Tujuan dari pengolahan data seismik adalah untuk menghasilkan penampang seismik dengan *S/N* (*signal to noise ratio*) yang baik tanpa mengubah bentuk kenampakan-kenampakan refleksi, sehingga dapat dilakukan interpretasi pada keadaan dan bentuk dari perlapisan di bawah permukaan bumi seperti apa adanya (Sismanto,1996). Dengan demikian dapat dikatakan mengolah data seismik merupakan pekerjaan untuk meredam *noise* dan atau memperkuat sinyal.

Pengolahan data seismik memiliki peranan penting dalam melakukan perbaikan terhadap kualitas data seismik yang akan diinterpretasikan. Pengolahan data seismik dilakukan dalam beberapa tahap, salah satunya adalah proses *stacking* yaitu menjumlahkan semua *trace* data seismik yang memiliki kesamaan

parameter untuk memperbesar rasio sinyal terhadap *noise* dan menghilangkan beberapa *noise* yang koheren.

Pada metode pengolahan data seismik konvensional, mengacu pada CMP *stacking*, yaitu penjumlahan *trace* seismik berdasarkan titik *midpoint* yang sama. Pada proses ini diasumsikan bahwa *trace* dengan titik *midpoint* yang sama akan memiliki titik refleksi yang sama. Namun hal ini hanya berlaku untuk bidang reflektor horizontal. Pada kasus lain jika bidang reflektor memiliki kemiringan tertentu, maka titik refleksi pun akan bergeser. Selama ini solusi yang dilakukan jika bidang reflektor tidak horizontal adalah dengan koreksi DMO (*dip move out*). Namun proses ini juga memiliki keterbatasan, yaitu hanya digunakan untuk bidang reflektor memiliki kemiringan (*dip*) yang kecil. Sehingga jika kondisi bawah permukaan memiliki bentuk yang kompleks tetap saja kualitas hasil penampang seismiknya kurang baik.

Pemecahan masalah pada kasus kondisi bawah permukaan yang kompleks telah dilakukan beberapa pengembangan, salah satunya adalah metode CRS (*Common Reflection Surface*) *stack* yang pertama kali dipresentasikan pada konvensi EAGE tahun 1998 oleh Hubral dan Müller (Hertweck et al., 2007). CRS *stack* memiliki prinsip yang sama dengan CMP *stack*, bedanya adalah pada CRS *stack* tidak diperlukan menentukan model kecepatan sehingga CRS *stacking* bebas dari model kecepatan makro.

Problem lain dalam *processing* data seismik adalah banyaknya *noise koheren* maupun *noise random*. Salah satu *noise koheren* adalah *multiple* terutama pada data seismik marine. *Noise* adalah gelombang yang tidak dikehendaki dalam sebuah rekaman seismik sedangkan data adalah gelombang yang dikehendaki. Dalam seismik refleksi, gelombang refleksi adalah yang dikehendaki sedangkan yang lainnya diupayakan untuk diminimalisir. *Multiple* adalah pengulangan refleksi akibat terperangkapnya gelombang seismik dalam air laut atau terperangkap dalam lapisan batuan lunak. Keberadaan *multiple* ini sangat mengganggu para *interpreter* dalam menterjemahkan penampang seismik, karenanya sangat perlu dilakukan atenuasi *multiple* sehingga penampang seismik yang diperoleh terbebas dari *multiple*.

Model dasar dalam seismik *processing* berasumsi bahwa data refleksi hanya mengandung sinyal primer (Hill, Dragoset, and Weglein, 1999; Weglein, 1999). Sejauh ini *multiple* adalah dianggap sebagai *noise* pada data seismik. Kita harus menghilangkan *multiple* tersebut sebelum dilakukan migrasi, inversi, analisa AVO dan interpretasi stratigrafi. Jika tidak, *multiple* dapat menyebabkan kesalahan interpretasi, atau *multiple* dapat bercampur dengan sinyal primer, dan akibatnya fatal dapat mengganggu hasil migrasi, inversi, analisa AVO dan interpretasi stratigrafi.

Oleh karenanya, perlu dilakukan atenuasi *multiple* pada data *pre-stack* sebelum diinterpretasi lebih lanjut. Salah satu metode dalam melemahkan energi *multiple* adalah dengan metode filtering radon, prinsip kerjanya adalah dengan mentransformasi data *pre-stack* dari domain T-X ke dalam domain τ -p. Pada domain τ -p diharapkan *multiple* dan *primary* dapat terseparasi dengan baik sehingga mempermudah kita dalam melakukan proses *filtering*.

Metode *filtering* menggunakan *differential moveout* antara sinyal primer dan *multiple* yang terseparasi dalam domain f -k dan domain radon τ -p. Metode *filtering* dapat menekan *multiple* yang terjadi pada reflektor sedang hingga reflektor dalam dimana *multiple* terseparasi dengan baik dengan sinyal primernya (Xiao, 2003).

Pada studi ini akan dilakukan transformasi radon baik pada data CMP *gather* maupun pada CRS *supergather*. Maka diharapkan dapat melihat efek filtering radon pada CMP *gather* dan CRS *gather* pada data sintetik GM 1 dengan struktur antiklin yang memiliki kemiringan dan *curvature* yang tinggi.

1.2 Batasan Masalah

Studi ini akan dilakukan atenuasi atau penekanan noise *multiple* pada metode konvensional (*CMP stacking*) dan metode CRS *stack* dengan menggunakan metode filtering radon. Data yang digunakan adalah data seismik sintetik yang diekstrak dari pemodelan geologi bawah permukaan daerah *marine*. Pengolahan data dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak ProMAX dan WIT dari mulai proses *loading data*, *processing* metode konvensional dan *processing* metode CRS, hingga dilakukan proses atenuasi *multiple* dengan

analisa radon, baik pada data *CMP gather* maupun pada data *CRS supergather* yang dianggap telah optimal. Studi ini akan membandingkan penampang seismik sebelum dan setelah diberlakukan atenuasi *multiple* pada *CMP stack* dan *CRS stack*.

1.3 Tujuan Studi

Dari studi ini diharapkan mampu memecahkan permasalahan-permasalahan yang ditimbulkan dari pengolahan data sebelumnya. Atenuasi *multiple* pada metode *CRS* diharapkan dapat mengatasi limitasi serta permasalahan dalam proses *processing* secara konvensional sehingga menghasilkan gambaran penampang seismik yang memiliki *signal to noise ratio* yang tinggi dan terbebas dari *multiple*.

1.4 Metodologi Studi

Adapun metode studi ini adalah sebagai berikut:

1. Melakukan proses input data dan geometri terhadap data sintetik *Common Shot Point Gather* yang berekstensi SEG-Y.
2. Melakukan *processing* data seismik konvensional hingga menghasilkan *CMP stack*.
3. Melakukan *processing* dengan metode *CRS* hingga didapatkan *CRS stack* yang dianggap paling optimal.
4. Melakukan atenuasi *multiple* pada *CMP gather* dan *CRS supergather* pada domain *radon*.
5. Membandingkan efek atenuasi *multiple* pada metode *CMP stack* dan metode *CRS stack*.

1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan yang digunakan dalam skripsi ini terbagi dalam beberapa bab dengan klasifikasi sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisi penjelasan mengenai latar belakang, batasan masalah, tujuan studi, metodologi dari studi yang telah dilakukan serta sistematika penulisan laporan studi.

BAB II TEORI DASAR

Bab ini menjelaskan secara garis besar tentang dasar teori yang menunjang studi yang dilakukan.

BAB III METODE PENELITIAN

Bab ini menjelaskan gambaran langkah-langkah penelitian baik dari metode *processing* konvensional maupun metode *CRS stack* hingga mengaplikasikan atenuasi *multiple*.

BAB V ANALISIS HASIL

Memaparkan hasil penelitian dan berbagai analisa yang mendukung hasil tersebut.

BAB VI PENUTUP

Bab ini menjelaskan kesimpulan terhadap hasil studi dan saran guna mendapatkan hasil yang baik dan optimal.

BAB II

TEORI DASAR

2.1 Konsep Dasar Seismik Refleksi

Prinsip dasar dari seismik refleksi adalah merambatkan gelombang akustik ke segala arah dan sebagian terpantulkan kembali karena lapisan bawah permukaan yang tidak homogen artinya ada perubahan sifat fisik batuan, refleksi dari gelombang seismik ini akan direkam pada geofon/hidrofon kemudian menganalisa *return signal*.

Data yang didapat dari proses akuisisi seismik tidak hanya mengandung sinyal, tetapi juga *noise*. Sehingga data yang didapat dari proses akuisisi tidak bisa langsung diinterpretasi, melainkan harus diolah terlebih dahulu. Pengolahan data seismik ini bertujuan untuk meningkatkan resolusi temporal dari data seismik, meningkatkan kualitas sinyal terhadap *noise*, dan meningkatkan resolusi lateral dari data seismik.

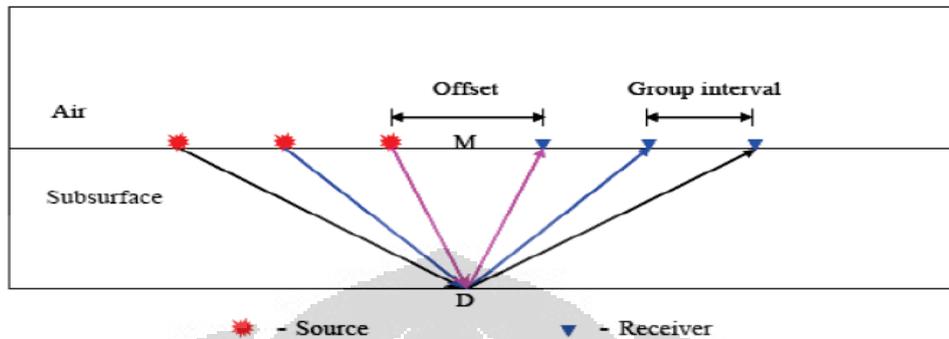
2.2 Konsep *Processing Konvensional (CMP Stack)*

2.2.1 Common Depth Point (CDP) gather

Refleksi seismik yang berasal dari beberapa pasangan titik tembak dan penerima yang dipantulkan pada satu titik pantul yang sama yang dikenal dengan *Common Depth Point (CDP)*, kemudian dikumpulkan dalam satu *CDP gather* seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 2.1. Selanjutnya data hasil rekaman seismik dari setiap *CDP gather* diurutkan (*sorting*) ke dalam satu susunan pertambahan jarak (*offset*) terhadap waktu tempuh. Proses *sorting* CDP ini dilakukan pada setiap *shot gather* data seismik dari lapangan.

Gambar 2.1 terlihat terdapat 3 pasangan sumber dan *receiver* yang memiliki titik *mid point (M)* yang sama di permukaan. Titik D merupakan titik *mid point* yang terletak pada lapisan reflektor atau disebut juga sebagai *mid depth*. Variabel jarak antara sumber dan *receiver*, yang disebut juga sebagai *offset* merupakan salah satu variabel dari *CMP gather*. Sedangkan variabel yang lain yang digunakan adalah variabel waktu $[t(x)]$ yang merupakan waktu penjaran

sinyal gelombang dari titik sumber dan terpantulkan kembali hingga terekam oleh *receiver*.



Gambar 2.1 Geometri dari *Common Mid Point (CMP) gather* (Cao, 2006)

Sama halnya dengan *Common Depth Point (CDP) gather*, yang didefinisikan sebagai kumpulan titik antara posisi sumber dan *receiver* di bawah permukaan dengan asumsi lapisan reflektor bawah permukaan merupakan lapisan horizontal. CDP dan CMP akan menjadi berbeda untuk lapisan reflektor yang miring.

CMP *gather* umumnya digunakan pada pengolahan data konvensional. Pada pengolahan data ini, berbagai metode analisis kecepatan digunakan untuk mendapatkan kecepatan *stacking*. Dengan bervariasikan kecepatan *stacking*, didapatkan kurva waktu tempuh CMP yang cocok dengan refleksi.

2.2.2 Normal Moveout (NMO) dan Dip Moveout (DMO) Correction

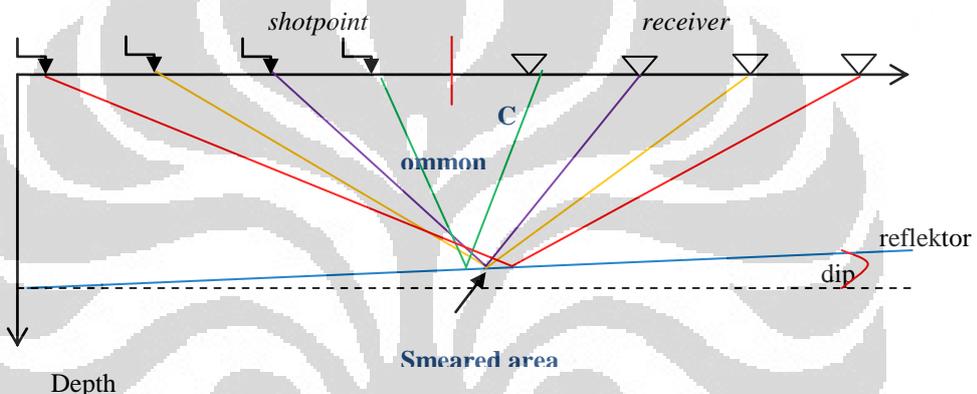
Koreksi ini diterapkan untuk mengoreksi efek adanya jarak offset antara *shot point* dan *receiver* pada suatu *trace* yang berasal dari satu CDP (*Common Depth Point*). Koreksi ini menghilangkan pengaruh offset sehingga seolah-olah gelombang pantul datang dalam arah vertikal (*normal incident*). Untuk reflektor datar dengan medium homogen, refleksi hiperbola dapat dikoreksi terhadap jarak apabila kecepatan medium yang digunakan dalam persamaan NMO sudah tepat. Bila kecepatan (NMO) lebih besar daripada kecepatan medium sebenarnya, maka hiperbola tersebut tidak dapat didatarkan dengan baik. Hal ini disebut *undercorrection*. Sebaliknya bila kecepatan yang digunakan lebih rendah hasilnya *overcorrection*.

Kurva waktu tempuh untuk *interface* horizontal dengan lapisan homogen pada konfigurasi CMP memiliki bentuk hyperbola (Yilmaz, 1987)

$$t^2(h) = t_0^2 + \frac{4h^2}{v_{NMO}^2} \quad (2.1)$$

dimana t_0 merupakan waktu tempuh ZO dan h adalah *half offset*. Kecepatan NMO (v_{NMO}) identik dengan konstanta kecepatan pada lapisan.

Untuk reflektor bidang dengan dip yang kecil, digunakan koreksi DMO untuk titik refleksi yang bergeser (*reflection point smear*) yang diakibatkan oleh dip pada reflektor (Gambar 2.2)



Gambar 2.2 Reflection Point Smear

Waktu tempuh untuk *single reflector dipping* (Levin, 1971)

$$t^2(h) = t_0^2 + \frac{4h^2 \cos^2 \delta}{v_{NMO}^2} \quad (2.2)$$

Dengan δ merupakan sudut dip. Suku kedua dapat dipisahkan menjadi NMO dan DMO

$$t^2(h) = t_0^2 + \frac{4h^2}{v_{NMO}^2} - \frac{4h^2 \sin^2 \delta}{v_{NMO}^2} \quad (2.3)$$

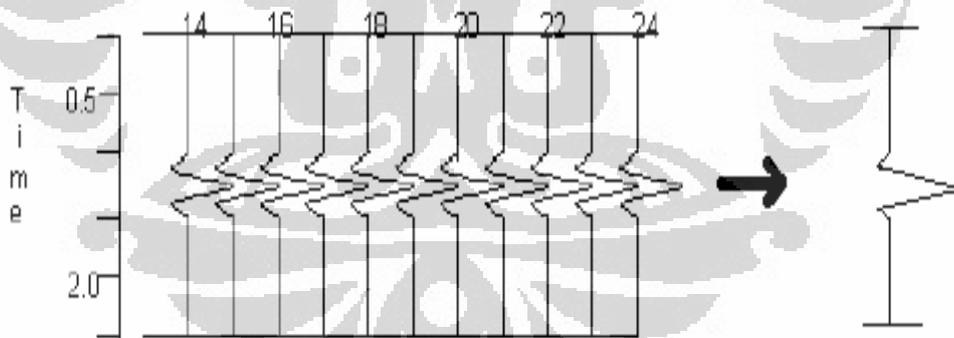
Persamaan 2.3 menyiratkan bahwa koreksi NMO/DMO bisa dibagi menjadi dua bagian. Pertama, koreksi NMO pada CMP *gather* dilakukan untuk menentukan estimasi kecepatan. Kemudian, koreksi DMO digunakan untuk reflektor dengan *dip* yang tidak terlalu besar. Koreksi DMO mengeliminasi *dip*

yang bergantung pada v_{NMO} , sehingga persamaan 2.3 dapat disederhanakan menjadi persamaan 2.1. Dan akhirnya ZO section didapatkan melalui *stacking* semua signal yang berada pada waktu tempuh yang telah dikoreksi.

2.2.3 CMP Stack

CMP *stack* pertama kali dikenalkan oleh Mayne, (1962). CMP Stack adalah proses penjumlahan trace-trace dalam satu *gather* data setelah dilakukan koreksi NMO yang bertujuan untuk mempertinggi sinyal to noise ratio (S/N). Proses ini biasanya dilakukan berdasarkan CDP yaitu *trace-trace* yang tergabung pada satu CDP dan telah dikoreksi NMO kemudian dijumlahkan untuk mendapat satu *trace* yang tajam dan bebas noise inkoheren.

Sinyal gelombang akan terlihat datar apabila pemilihan kecepatan NMO, pada koreksi NMO, tepat untuk tiap-tiap CMP *gather*. Sinyal gelombang primer akan diperkuat dengan melakukan penjumlahan dari seluruh *offset* pada tiap-tiap CMP *gather*, sedangkan untuk *random noise* sendiri akan melemah setelah proses penjumlahan ini. Oleh karena itu CMP *stack* dapat meningkatkan *signal to noise ratio*.



Gambar 2.3 Proses *stacking* terhadap *trace-trace* dalam satu CDP

2.2.4 Root Mean Square (RMS) Velocity

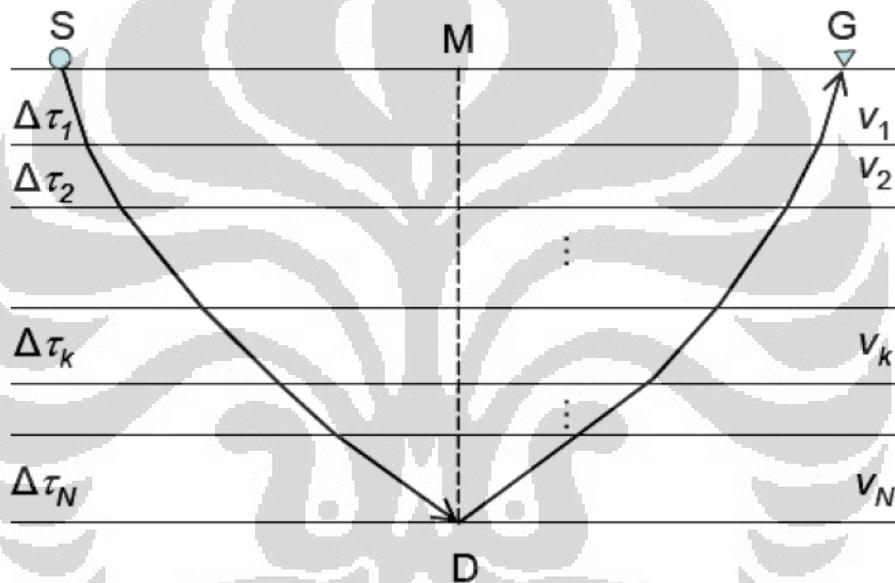
Untuk kasus model lapisan yang horizontal, seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.4, kecepatan NMO pada persamaan 2.1 dapat digantikan oleh kecepatan rata-rata kuadrat akar atau *Root Mean Square Velocity* (RMS). Sehingga, persamaan 2.1 menjadi:

$$t^2(h) = t_0^2 + \frac{4h^2}{v_{RMS}^2} \quad (2.4)$$

Kecepatan RMS (V_{RMS}) dapat didefinisikan oleh persamaan Dix (Dix, 1955) sebagai berikut:

$$v_{rms} = \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^N \Delta\tau_k v_k^2}{\sum_{k=1}^N \Delta\tau_k}} \quad (2.5)$$

Dimana v_k merupakan kecepatan interval dari lapisan ke- k suatu model, $\Delta\tau_k$ merupakan *traveltime* vertikal pada lapisan ke- k suatu model dengan banyak lapisan sebanyak N lapisan.



Gambar 2.4 Model lapisan mendatar (Cao, 2006)

2.2.5 Analisa *Semblance*

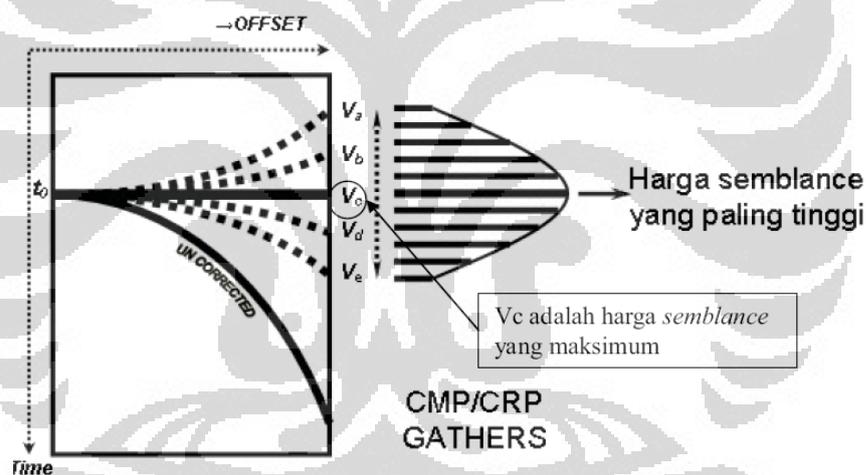
Semblance merupakan *ratio* energi normalisasi output ke input, yang diberikan dengan persamaan:

$$NE = \frac{1}{M} * \frac{\sum_t \sum_{i=1}^M f_{i,t(i)}}{\sum_t \sum_{i=1}^M f_{i,t(i)}^2} \quad (2.6)$$

Dimana M merupakan jumlah *trace* pada *CMP gather*, $f_{i,t(i)}$ merupakan nilai amplitudo pada *trace* ke- i pada *two way time* [$t(i)$].

Semblance plot digunakan untuk melakukan analisis kecepatan *stacking*, dalam hal ini kecepatan RMS. Analisis kecepatan *stacking* mengasumsikan bahwa fungsi nilai *moveout*-nya berbentuk hiperbola. Kemudian dilakukan *scanning* terhadap kisaran kecepatan tertentu, kurva *moveout* yang dibentuk untuk tiap-tiap kecepatan. Nilai *Coherency* dari data disepanjang kurva ini kemudian dihitung dengan menggunakan persamaan 2.6 dan dilakukan secara berulang untuk tiap-tiap kecepatan yang di-*scan* dari setiap sample waktu (dt). Kemudian nilai *Coherency* akan diplot dalam bentuk kontur warna yang biasa dikenal dengan *semblance plot*.

Warna kontur tersebut merepresentasikan nilai tiap-tiap *semblance*. Warna yang lebih gelap menunjukkan nilai *Coherency* mendekati 1. Mem-pick nilai kecepatan pada *semblance plot* dengan mem-pick nilai *semblance* maksimum atau biasa juga disebut dengan proses analisa kecepatan.



Gambar 2.5 Skema *moveout* pada CMP *Gather* dan hubungannya dengan maksimum *semblance* untuk mendapatkan kecepatan optimum

2.2.6 Flow Umum Pengolahan Data Seismik Konvensional

Secara garis besar, pengolahan data seismik dibagi menjadi tiga tahapan utama, yaitu:

- Dekonvolusi

Dilakukan untuk menghilangkan atau mengurangi pengaruh *ground roll*, *multiple*, *reverberation*, *ghost* serta memperbaiki bentuk *wavelet* yang kompleks akibat pengaruh *noise*. Dekonvolusi merupakan proses *invers filter* karena bumi merupakan suatu filter. Bumi merupakan *low pass filter* yang baik sehingga sinyal impulsif diubah menjadi *wavelet* yang panjangnya sampai 100 ms. *Wavelet* yang terlalu panjang mengakibatkan turunnya resolusi seismik karena kemampuan untuk membedakan dua *event* refleksi yang berdekatan menjadi berkurang.

- *Stacking*

Stacking adalah proses penjumlahan *trace* dalam satu *gather* data yang bertujuan untuk meningkatkan *S/N ratio*. Proses ini biasanya dilakukan pada *trace* yang terdapat pada satu CMP dan telah dikoreksi NMO kemudian dijumlahkan untuk mendapat satu *trace* yang tajam dan bebas *noise* inkoheren.

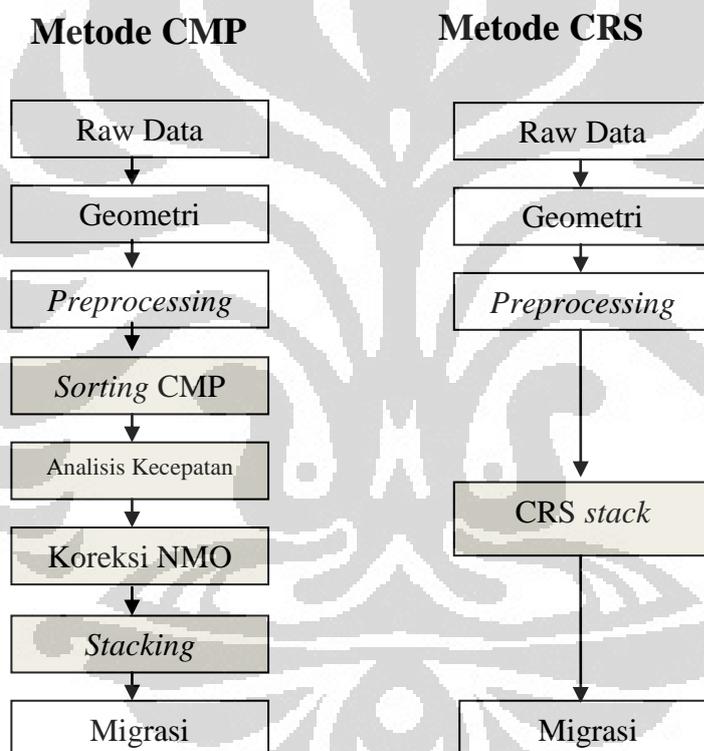
- Migrasi

Migrasi adalah suatu proses untuk memindahkan kedudukan reflektor pada posisi dan waktu pantul yang sebenarnya berdasarkan lintasan gelombang. Hal ini disebabkan karena penampang seismik hasil *stack* belumlah mencerminkan kedudukan yang sebenarnya, karena rekaman *normal incident* belum tentu tegak lurus terhadap bidang permukaan, terutama untuk bidang reflektor yang miring. Selain itu, migrasi juga dapat menghilangkan pengaruh difraksi gelombang yang muncul akibat adanya struktur-struktur tertentu (patahan, antiklin).

2.3 Konsep Processing Metode *Common Reflection Surface (CRS) Stack*

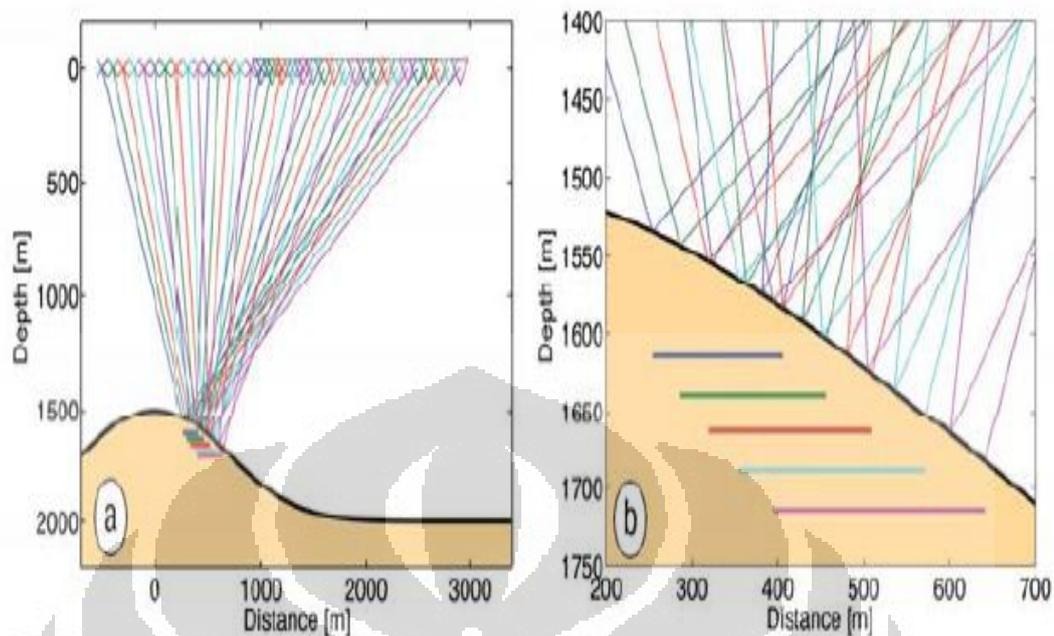
Common reflection surface (CRS) stack merupakan salah satu metode *stacking* yang menghasilkan *ZO section*, misalnya untuk tujuan migrasi. Berbeda dengan metode konvensional yang membutuhkan model kecepatan untuk memberikan hasil yang tepat, metode *CRS stack* bebas dari model kecepatan. Yang dibutuhkan hanyalah kecepatan permukaan (*near surface velocity*).

Pada metode konvensional, perlu dilakukan koreksi NMO dan DMO terhadap data yang akan *distack*. Namun pada metode *CRS*, *stacking* dapat langsung dilakukan pada data, tanpa dikoreksi NMO dan DMO terlebih dahulu.



Gambar 2.6 Perbandingan metode CRS dan metode Konvensional

Pada metode *CRS*, digunakan lebih banyak data dibandingkan dengan metode konvensional. *CRS stack* didasarkan pada refleksi yang terjadi pada *common reflection surface*. Semua data refleksi digunakan dengan asumsi bahwa refleksi yang terkumpul pada *CMP gather* yang berdekatan memiliki titik refleksi pada bagian reflektor yang sama (Gambar 2.7).

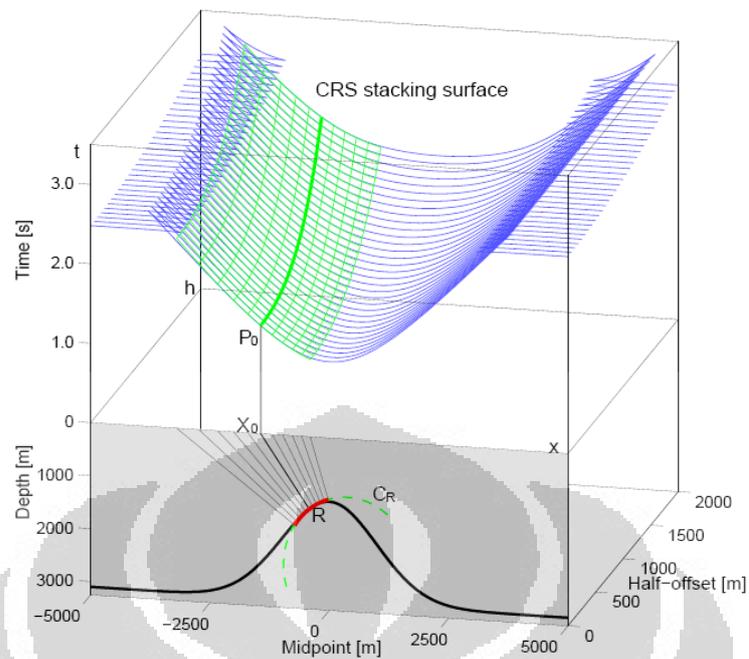


Gambar 2.7 *Reflection Point Smear*. Garis horizontal menunjukkan bagian reflektor yang mencakup titik refleksi dari kumpulan CMP tertentu.

(Mann et al., 2007)

Pada metode konvensional, *stacking* dilakukan pada *trace* yang berasal dari satu titik pusat, yaitu CMP. Sedangkan pada metode CRS permukaan *stacking* didesain untuk menjumlahkan refleksi dari semua pasangan *source* dan *receiver* yang berada disekitar titik pusat (Gambar 2.8).

Berbeda dengan metode konvensional yang hanya bergantung kepada satu parameter *stacking* (kecepatan *stacking*), operator CRS *stack* bergantung kepada tiga atribut kinematik gelombang. Sehingga metode CRS menggunakan lebih banyak informasi model bawah permukaan dibandingkan dengan metode konvensional. Atribut ini bisa diturunkan langsung dari data *input* dengan cara analisis koherensi. Atribut kinematik gelombang ini juga bisa digunakan untuk membentuk model kecepatan makro, menghitung *geometrical-spreading*, dan membedakan *event* refleksi dan difraksi.



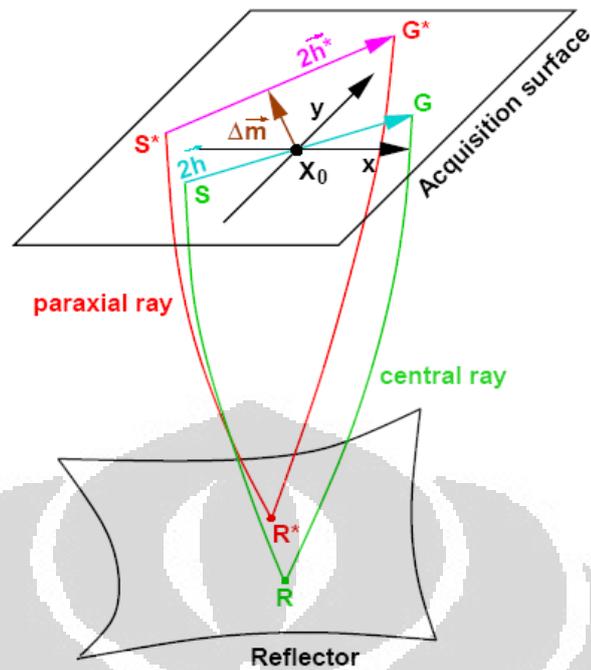
Gambar 2.8 Permukaan hijau merupakan *stacking* CRS. Hasil *stacking* dikumpulkan pada titik P_0 (Mann, 2002)

2.3.1 Persamaan waktu tempuh CRS

Persamaan waktu tempuh CRS merupakan pendekatan teori sinar paraksial. Menurut teori ini terdapat hubungan linear antara sinar utama (*central ray*) dan sinar sekitar (*paraxial ray*). Perbedaan waktu tempuh antara sinar utama yang menghubungkan titik S dan G dan sinar paraksial yang menghubungkan S^* dan G^* dapat dituliskan :

$$dt = t(S, G) - t(S^*, G^*) \quad (2.7)$$

$t(S, G)$ menunjukkan waktu tempuh gelombang utama (S-G), sedangkan $t(S^*, G^*)$ merupakan waktu tempuh gelombang utama (S-G).



Gambar 2.9 Sinar utama dan sinar paraksial

Berdasarkan teori sinar paraksial ini, maka dapat diturunkan persamaan waktu tempuh. Untuk CRS stack, digunakan ekspansi Taylor orde dua. Ekspansi Taylor t , merupakan pendekatan waktu tempuh CRS parabolik

$$t_{par}(x, h) = t_0 + \frac{2}{v_0} (x - x_0) \sin \alpha + \frac{\cos^2 \alpha}{v_0} \left[\frac{(x - x_0)^2}{R_N} + \frac{h^2}{R_{NIP}} \right] \quad (2.9)$$

Dan ekspansi Taylor t^2 merupakan pendekatan waktu tempuh hiperbolik

$$t_{hyp}^2(x, h) \Big|_{(h=0)} = \left[t_0 + \frac{2}{v_0} (x - x_0) \sin \alpha \right]^2 + \frac{2}{v_0} t_0 \cos^2 \alpha \left[\frac{(x - x_0)^2}{R_N} + \frac{h^2}{R_{NIP}} \right] \quad (2.10)$$

2.3.2 Atribut CRS

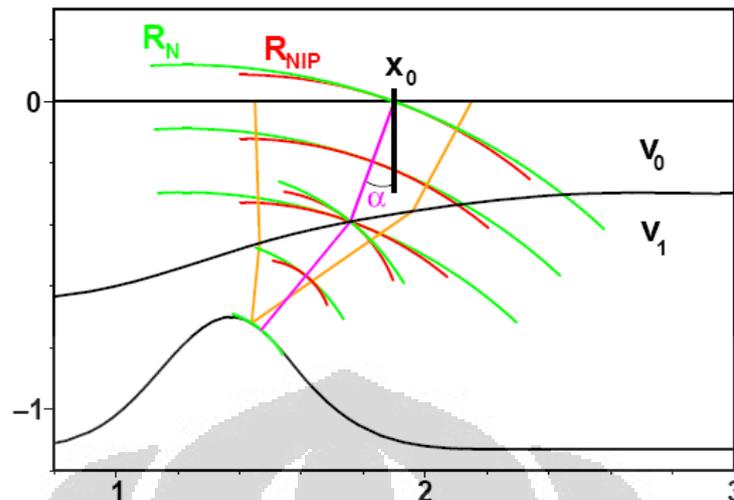
Pada persamaan waktu tempuh CRS terlihat bahwa metode CRS *stack* bergantung kepada tiga atribut seismik yang dapat menjelaskan respon refleksi kinematik medium :

1. Sudut antara sinar ZO dengan bidang normal (α).
2. Radius kelengkungan gelombang *Normal Incidence Point* (R_{NIP}).
3. Radius kelengkungan gelombang Normal (R_N).

Ketiga atribut seismik tersebut dicari dengan menggunakan optimasi global yaitu dengan melakukan perhitungan koherensi (*semblance*) sepanjang permukaan waktu tempuh. Hasil yang optimal didapatkan ketika dicapai nilai koherensi mencapai nilai maksimal.

Atribut seismik pada CRS *stack* dapat diterangkan melalui dua eksperimen teoritikal (Hubral, 1983). Kedua eksperimen ini disebut eksperimen *eigenwave*, yang berarti bahwa masing-masing muka gelombang sebelum dan sesudah refleksi pada titik yang dicari sama, kecuali arah dari perambatannya

Eksperimen *eigenwave* pertama merupakan eksperimen gelombang *normal incidence point* (NIP). Eksperimen ini bisa diinterpretasikan sebagai ledakan titik sumber pada titik akhir dari *normal incidence ray* pada bawah permukaan. Sudut kritis (α) dihitung antara sinar normal dengan permukaan pada x_0 . Sedangkan kelengkungan lokal dari muka gelombang x_0 merupakan atribut radius kelengkungan muka gelombang NIP (R_{NIP}). Disebut kelengkungan lokal karena secara umum muka gelombang tidak berbentuk lingkaran ketika berbenturan dengan permukaan pada saat terjadi refraksi.



Gambar 2.10 Eksperimen eigenwave
(Mann, et al., 1999)

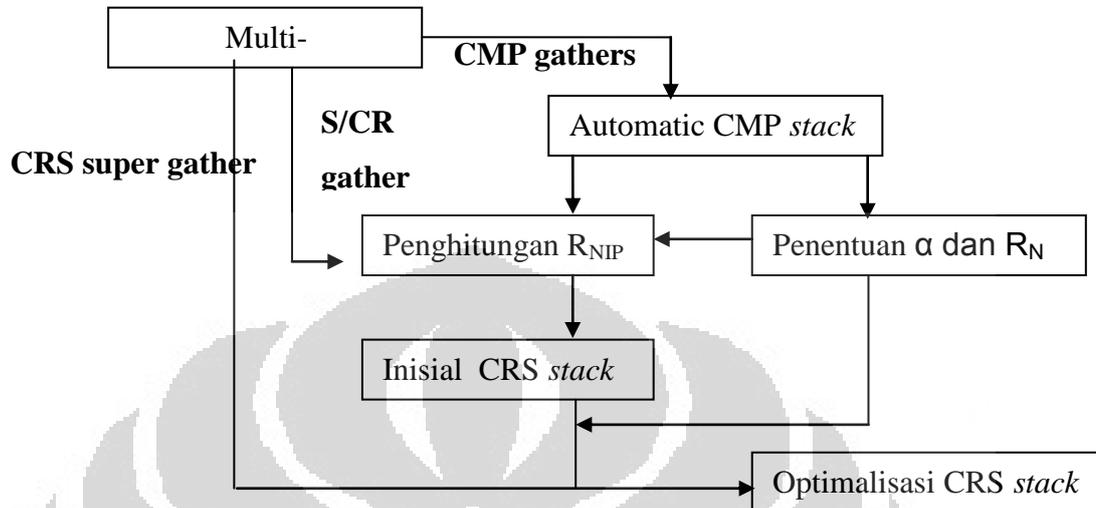
Eksperimen *eigenwave* kedua merupakan eksperimen gelombang normal. Pada eksperimen ini terjadi ledakan reflektor termasuk titik reflektor NIP. Muka gelombang yang dihasilkan tegak lurus terhadap sinar normal. Sudut kritis (α) dihitung kembali antara permukaan dan sinar normal pada titik x_0 . Radius kelengkungan gelombang normal pada x_0 merupakan radius kelengkungan muka gelombang normal (R_N).

Sudut kritis (α) bersifat identik untuk kedua eksperimen. Sehingga hanya tiga atribut CRS yang perlu ditentukan pada kasus dua dimensi.

2.3.3 Penentuan Atribut CRS

Berdasarkan persamaan hiperbolik waktu tempuh CRS, ketiga atribut CRS harus ditentukan secara tepat sehingga menghasilkan permukaan yang sesuai dengan *event* refleksi yang sebenarnya. Penentuan atribut ini dapat dilakukan dengan cara pencarian ketiga parameter (*three parametric search*), namun cara ini membutuhkan waktu yang sangat lama. Oleh sebab itu, atribut CRS ini sebaiknya dilakukan dengan cara *three subsequent one parametric search* (Muller, 1999). Optimalisasi lokal bisa dilakukan pada domain atribut dimana nilai inisial

ditentukan pada langkah awal kemudian dilakukan optimalisasi pada langkah selanjutnya.



Gambar 2.11 Diagram CRS stack

Langkah-langkah penentuan atribut CRS adalah sebagai berikut :

- *Automatic CMP stack*

Pada konfigurasi CMP ($x_m = x_0$), operator CRS (persamaan 2.10) hanya bergantung pada satu (kombinasi) parameter

$$t_{hyp}^2(x, h) \Big|_{x=x_0} = t_0^2 + 2 \frac{t_0}{v_0} \cos^2 \alpha \frac{h^2}{R_{NIP}} \quad (2.11)$$

Dibandingkan dengan persamaan 2.1, maka kecepatan *stack* bisa dituliskan dalam bentuk α dan R_{NIP} (Hubral and Krey, 1980)

$$v_{stack}^2 = \frac{2v_0 R_{NIP}}{t_0 \cos^2 \alpha} = \frac{2v_0}{t_0 q} \quad \text{dengan } q = \frac{\cos^2 \alpha}{R_{NIP}} \quad (2.12)$$

Parameter q dicari untuk parameter kombinasi (persamaan 2.12). Parameter ini divariasikan untuk mendapatkan kurva hiperbola yang cocok terhadap kurva waktu tempuh pada CMP *gather*. Koherensi maksimum menunjukkan kurva yang paling tepat.

- *Linear ZO stack*

Berdasarkan langkah pertama, bagian *ZO stack* ditentukan. Dengan asumsi $R_N = \infty$ dan $h=0$, maka persamaan 2.10 dapat disederhanakan menjadi

$$t_{hyp}(x, h) \Big|_{(h=0, R_N=\infty)} = t_0 + \frac{2}{v_0} (x - x_0) \sin \alpha \quad (2.13)$$

Berdasarkan persamaan 2.13, maka nilai sudut kritis (α) dapat ditentukan. Jika nilai sudut kritis dimasukkan pada persamaan 2.12 maka didapatkan nilai R_{NIP} .

- *Hyperbolic ZO stack*

Setelah parameter R_{NIP} dan α diperoleh, maka nilai R_N dapat dicari dengan menggunakan persamaan

$$t_{hyp}^2(x, h) \Big|_{(h=0)} = \left[t_0 + \frac{2}{v_0} (x - x_0) \sin \alpha \right]^2 + \frac{2}{v_0} t_0 \cos^2 \alpha \frac{(x - x_0)^2}{R_N} \quad (2.14)$$

Nilai R_N diperoleh melalui koherensi maksimum disepanjang kurva waktu tempuh pada data *prestack*.

Dengan ketiga atribut yang didapat, maka operator *CRS stacking* dapat ditentukan. Kemudian dilakukan *stacking* menggunakan operator tersebut. Metode ini dilakukan untuk setiap titik *ZO*, dan menghasilkan *initial CRS stack*. Hasil dari *initial stack* digunakan sebagai nilai awal untuk proses optimalisasi. Hasil *stack* yang didapat melalui proses optimalisasi ini disebut *optimized CRS stack*.

Penentuan operator *CRS stack* terbaik yang berhubungan dengan *event* refleksi, dilakukan melalui analisis koherensi. Hal ini berarti bahwa melalui proses perhitungan, didapat banyak nilai operator, setiap operator memiliki nilai

koherensi masing-masing, dan ketiga atribut yang menghasilkan koherensi tertinggi dipilih sebagai atribut CRS.

2.4 Metode-Metode dalam Mengatenuasi *Multiple*

Tiga metode dasar untuk penekanan *multiple* telah dipublish dalam berbagai literatur. Metode dekonvolusi menggunakan *periodicity multiple* dalam mengatenuasi *multiple* dan efektif untuk atenuasi *short-period free-surface multiple* yang terjadi pada reflektor dangkal. Metode *filtering* menggunakan *differential moveout* antara sinyal primer dan *multiple* yang terseparasi dalam domain $f-k$, $\tau-p$, atau domain radon. Metode *filtering* dapat menekan *multiple* yang terjadi pada reflektor sedang hingga reflektor dalam dimana *multiple* terseparasi dengan baik dengan sinyal primernya. Metode ketiga adalah *wavefield prediction and subtraction method*, yang didasarkan pada persamaan gelombang, menggunakan data rekaman untuk memprediksi *multiple* dengan ekstrapolasi gelombang dan inversi. Metode *wavefield* menghasilkan data yang terbebas dari *multiple* dengan cara mengurangi *predicted multiple* dan dapat menekan semua *multiple* yang disebabkan oleh sistem reflektor yang kompleks. Keunggulan metode *wavefield prediction and subtraction* dibandingkan dengan metode-metode lainnya adalah kemampuannya dalam menekan *multiple-multiple* yang berinterferensi tanpa mengatenuasi sinyal primer (Xiao, 2003).

Metode *wavefield prediction and subtraction* adalah metode yang paling menjanjikan dalam penekanan *multiple*, namun metode ini sangat mahal dan terbatas pada akuisisi data dan *processing* tertentu yang lebih dibanding metode lainnya. Oleh karena itu, pemilihan metode penekanan *multiple* harus memperhatikan keefektifan, biaya, dan tujuan *processing*nya.

Model dasar dalam seismik *processing* berasumsi bahwa data refleksi hanya mengandung sinyal primer (Hill, Dragoset, and Weglein, 1999; Weglein, 1999). Sejauh ini *multiple* adalah dianggap sebagai noise pada data seismik. Kita harus menghilangkan *multiple* tersebut sebelum dilakukan migrasi, inversi, analisa AVO dan interpretasi stratigrafi. Jika tidak *multiple* dapat menyebabkan kesalahan interpretasi, atau *multiple* dapat bercampur dengan sinyal primer, dan

akibatnya fatal dapat mengganggu hasil migrasi, inversi, analisa AVO dan interpretasi stratigrafi.

Mengacu pada dimana *downward reflection* dari *raypath* terjadi, *multiple* dapat dibagi menjadi dua tipe (Dragoset, 1998, 1999). Tipe pertama adalah *free-surface multiple* atau kadang-kadang disebut sebagai *surface-related multiples* atau *surface multiples*. Tipe *multiple* ini mempunyai sedikitnya satu *downward reflection* pada udara-air 'free surface'. *Water-bottom multiples* (atau *pure water-bottom multiples*) dan *second-order water-bottom multiples* (atau *seafloor peg-leg*) atau reverberation termasuk pada tipe *multiple* ini. Tipe lainnya adalah *multiple* internal yang mempunyai *downward reflection* di bawah *free surface*. Tipe *multiple* ini banyak dijumpai pada target eksplorasi lapisan sub-basalt.

Dalam beberapa tahun, beberapa teknik penekanan *multiple* telah diujicobakan. Baru-baru ini, teknik penekanan *multiple* yang berdasarkan pada persamaan gelombang telah menarik perhatian karena keberhasilannya dalam menekan semua *multiple* tanpa mengganggu sinyal primer (Dragoset, 1998).

Metode-metode untuk penekanan *multiple* digolongkan menjadi tiga kategori umum:

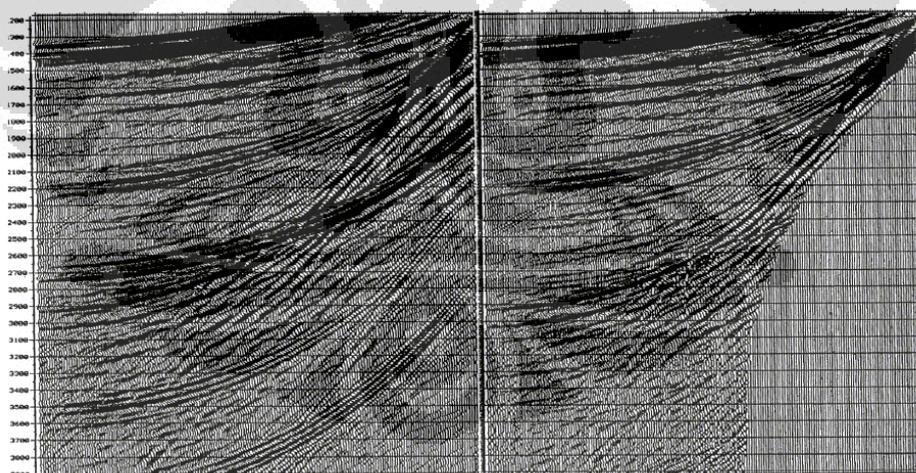
1. Metode dekonvolusi yang berasumsi bahwa *multiple* mempunyai *periodicity* yang dapat membedakannya dengan sinyal primer;
2. Metode filtering yang berasumsi bahwa *multiple* terpisah dari sinyal primer dalam domain tertentu;
3. Metode *wavefield predication and subtraction* yang menggunakan data recorded atau model untuk memprediksi *multiple* dan kemudian prediksi *multiple* tersebut digunakan untuk mengurangi data original atau data awal.

2.4.1 Metode Dekonvolusi

Metode dekonvolusi menggunakan *periodicity* dalam penekanan *multiple*. Pada dasarnya, asumsi *periodic* ini hanya valid pada zero offset di dalam domain $t-x$, dan hanya pada *multiple* dari interface horizontal dan tidak mempunyai variasi lateral, contohnya pada water-layer satu dimensi. Dalam prakteknya, metode dekonvolusi masih dapat efektif dalam gangguan minor dengan asumsi

layer satu dimensi. Pada situasi dimana interface atau layer inline atau cross-line yang tidak horizontal seperti pada struktur water bottom yang kompleks, metode dekonvolusi menjadi kurang efektif digunakan pada struktur yang demikian.

Asumsikan bahwa bumi adalah satu dimensi, pembatasan zero offset dapat diatasi dengan mentransformasikan data ke domain τ - p atau *slant-stack* (Calderon–Macias et al., 1997). Pada domain ini, multiple menjadi bersifat periodik untuk masing-masing nilai p , dan kemudian multiple tersebut dapat dihilangkan menggunakan teknik dekonvolusi (misalnya dengan *predictive deconvolution*). Pada shallow water dimana water bottom sangat flat dan *peg-leg multiple* banyak dijumpai, dekonvolusi τ - p menjadi sangat efektif digunakan. Umumnya metode dekonvolusi kurang efektif digunakan pada deep water dimana periode multiple lebih panjang, relatif terhadap record length. Hal ini mungkin dikarenakan multiple tidak cukup untuk memenuhi syarat periodisitas pada record length tertentu. Problem lainnya adalah bahwa long-period multiple membutuhkan long operator. Karena sinyal primer dapat menjadi bersifat periodik pada *long time windows*, maka long operator berpotensi dapat menghilangkan sinyal primer dan juga multiple.



a)

b)

Gambar 2.12 CMP gather pada domain τ - p a) sebelum dan b) setelah dekonvolusi multichannel dari suatu area dengan kemiringan *water bottom* yang tinggi (Lokshantov, 1999).

Dekonvolusi dalam domain τ - p akan berefek kurang baik pada reflektor yang tidak datar. *Missing near-offset* juga berefek kurang baik dalam prediksi *water-bottom multiple* karena amplitudonya tidak dapat diprediksi dengan tepat dari reflektor sinyal primernya. Bahkan jika waktu tempuh lebih ataupun kurang baik, amplitudo akan menjadi error. Oleh karena itu, perekaman *precritical near offset* pada reflektor dangkal akan meningkatkan performa metode dekonvolusi.

Metode dekonvolusi meliputi *predictive deconvolution*, *adaptive deconvolution* dan *multichannel deconvolution*. *Predictive deconvolution* adalah metode dekonvolusi konvensional. Metode ini menekan *water-bottom multiple* menggunakan operator dekonvolusi orde satu dan *peg-leg multiple* menggunakan operator dekonvolusi orde dua. Kedua operator tersebut tidak dapat digunakan pada data window dengan *pure water-layer multiple* dan *water-layer peg-leg multiple* (Lokshtanov, 1999). *Adaptive deconvolution* telah berhasil diaplikasikan pada data lapangan (Verschuur et al., 1992; Verschuur and Prein, 1999). Teknik ini akan berhasil menekan multiple pada *short time-varying period*, tetapi mahal untuk mengaplikasikannya, serta dapat menjadi tidak stabil karena adanya noise (Hardy and Hobbs, 1991). *Multichannel deconvolution* digunakan pada kondisi *inhomogeneity* yang tinggi yang tidak dapat dipecahkan oleh metode dekonvolusi konvensional (Lamont, Hartley, dan Uren, 1999; Morley dan Claerbout, 1983). Metode ini sekarang telah dikembangkan untuk mengatasi semua jenis *free-surface multiple* yang disebabkan oleh dasar lautan dan reflektor kuat di bawah water bottom (misalnya karena *top salt* atau *basalt layer*) (Landa, Keydar, dan Beyfer, 1999; Landa, Belfer, dan Keydar, 1999; Lokshtanov, 1999).

Gambar 2.12 menunjukkan *CMP gather* di dalam domain τ - p dari data real sebelum dan setelah diaplikasikan operator dekonvolusi multichannel dari sebuah data suatu area dengan kemiringan water bottom yang tinggi. *Water bottom multiple* dan *peg-leg multiple* dapat dengan mudah diidentifikasi dalam kolom τ - p gather. Multiple sukses dihilangkan pada gambar 2.12b.

2.4.2 Metode *Filtering*

Metode *filtering* menggunakan *differential moveout* antara sinyal primer dan multiple yang dapat dipisahkan di dalam domain τ - p , f - k , atau domain *Radon* untuk menekan multiple. Metode ini terdiri dari *stacking*, *slant-stack*, f - k *filtering* dan *Radon filtering*.

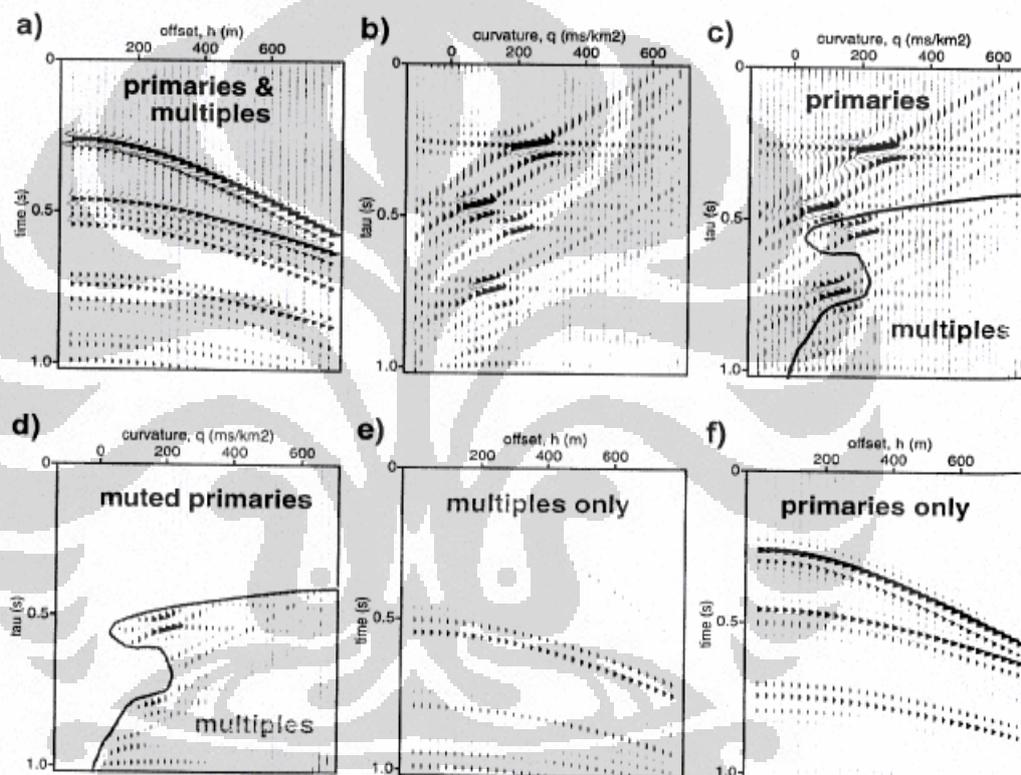
Metode *filtering* bekerja efektif ketika multiple dapat dibedakan dari sinyal primernya berdasarkan kepada *differential moveout*. Namun, metode ini gagal untuk data seismik *near-offset* (Yilmaz, 1989). Hal ini dikarenakan *differential moveout* berkurang pada *near-offset*, *inner mute* biasanya diaplikasikan untuk mengeliminasi beberapa *trace* pada range tersebut. Pada kasus *large water column*, hiperbola NMO cenderung flat sehingga dapat meningkatkan jumlah *near trace* yang terbuang. Tetapi karena *trace-trace near-offset* mempunyai resolusi tertinggi, terhapusnya *trace-trace* tersebut adalah solusi yang tidak optimal (Filpo dan Tygel, 1999).

Radon filtering mempunyai kemampuan untuk memisahkan energi sinyal primer dengan multiple pada transformasi domain karena perbedaan *moveout* kecepatannya. Fungsi kecepatan diestimasi dan digunakan untuk mem-flatkan sinyal primer pada CMP gather. *Moveout-corrected gathers* kemudian ditransformasikan ke dalam domain *Radon*. Transformasi ini memetakan *flattened hyperbolic* sinyal primer dari domain *time-offset* ke dalam domain *Radon* dimana multiple terpisahkan dari sinyal primernya. Karena transformasi *forward* dan *inverse* menimbulkan distorsi, multiple diestimasi dalam domain *Radon*, kemudian transformasi balik ke dalam domain *time-offset*, lalu mengurangkannya pada data awal dan hasilnya hanya data sinyal primer (Berndt dan Moore, 1999).

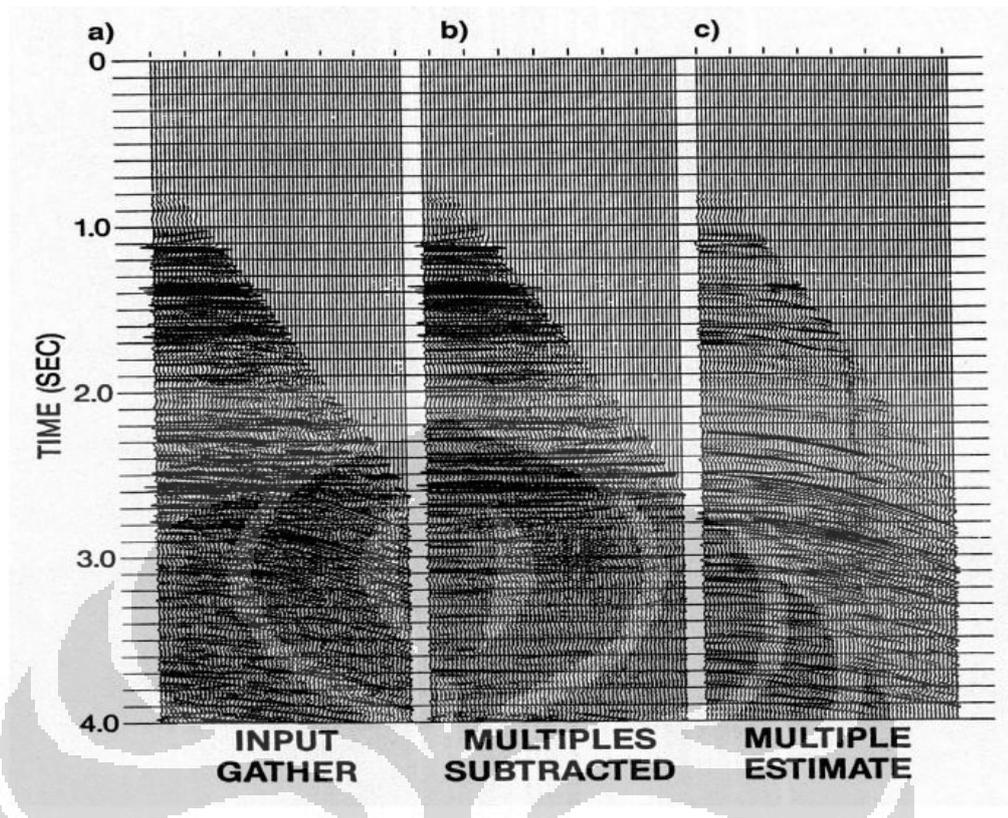
Gambar 2.13 menunjukkan prinsip dasar *Radon filtering*. Transformasi *Radon* pertamakali dilakukan transformasi *forward* terhadap data (gambar 2.13a) ke dalam model *space parameter* (gambar 2.13b) dimana sinyal primer dan multiple akan terpisahkan dengan lebih baik. Tidak seperti transformasi Fourier, transformasi *Radon* adalah bukan transformasi penuh (perfect). Oleh karena itu, untuk menghindari distorsi pada sinyal primer karena transformasi *forward* dan *inverse*, *mute* biasanya dipilih untuk menghilangkan bagian dari *Radon space* yang mengandung sinyal primer (gambar 2.13c-d). Kemudian multiple tersebut

ditransformasikan kembali ke dalam domain *time-offset* (gambar 2.13e) lalu dikurangkan pada data awal sehingga yang tersisa hanya sinyal primer (gambar 2.13f).

Metode *filtering* dapat menekan *peg-leg multiple* yang timbul pada moderate hingga deep water-bottom dimana *peg-leg* terseparasi cukup baik dari sinyal primernya. Namun metode ini tidak dapat menekan *peg-leg multiple* pada *shallow water* dimana *peg-leg multiple* ini memiliki *differential moveout* yang kecil terhadap sinyal primernya (Xiao, 2003).



Gambar 2.13. Multiple-removal menggunakan transformasi Radon parabolik. (a) data awal. (b) setelah transformasi forward. (c-d) proses mute pada sinyal primer. (e) transformasi inverse. (f) estimasi sinyal primer setelah (a) dikurangi (e). (Kabir dan Marfurt, 1999.)



Gambar 2.14. (a) CMP gather setelah koreksi NMO; (b) sinyal primer setelah *Radon filtering*; (c) estimasi multiple pada gather. (Foster, 1992.)

Gambar 2.14a adalah raw CMP gather dan estimasi multiple pada gather tersebut ditunjukkan oleh gambar 2.14c. Sinyal primer setelah *Radon filtering* ditunjukkan oleh gambar 2.14b.

2.4.3 *Wavefield predication and subtraction methods*

Wavefield predication and subtraction methods didasarkan pada persamaan gelombang, menggunakan data recorded atau model untuk memprediksi multipel. Dengan cara ekstrapolasi dan inversi gelombang lalu mengurangi prediksi *multiple* pada data awal untuk memperoleh data yang terbebas dari multipel. Keunggulan utama dari metode ini dibandingkan dengan metode lainnya adalah kemampuannya dalam menekan semua multipel khususnya multipel-multipel yang mempunyai stacking velocities yang hampir mirip dengan refleksi sinyal primer tanpa mengganggu sinyal primer. Pada analisa data *prestack*

misalnya pada analisa amplitude versus offset (AVO), kemungkinan hanya metode ini yang tepat untuk atenuasi multipel.

Source wavelet atau *reflectivity* tidak selalu diketahui dari observasi report dan harus diestimasi dari data seismik dengan cara meminimalkan energi. *Wavefield prediction and subtraction methods* mendefinisikan algoritma supresi multipel pada data dengan energi minimum yang dianggap *free-multiple*.

Metode ini mencari data dengan energi minimum dengan cara *adaptive subtraction*. Metode ini secara umum diklasifikasikan dalam dua kategori : pertama berdasarkan pada estimasi *source function* yang disebut sebagai *source-related multiple-suppression methods*. Dan yang kedua membutuhkan nilai *reflectivity* struktur yang disebut sebagai *reflectivity-based multiple-suppression methods* (Liu, 2000).

2.5 Transformasi Radon

Transformasi radon merupakan teknik secara matematika yang telah luas digunakan dalam pengolahan data seismik. Ada tiga jenis transformasi radon yang biasa digunakan untuk menekan *multiple* yaitu *slant-stack* atau τ - p transform; *radon transform* hiperbolik; dan *radon transform* parabolik (Trad, 2001). *Radon transform* hiperbolik dan parabolik diterapkan untuk mengatenuasi *multiple* berdasarkan perbedaan *moveout* antara gelombang *primary* dan *multiple*. Pada tugas akhir ini, pembahasan akan difokuskan pada satu tipe saja yaitu *radon transform* parabolik, baik pada *CMP gather* maupun *CRS gather*.

Transformasi radon pertama kali diperkenalkan oleh Johan Radon (1917). Deans (1983) mendiskusikan teori matematikanya, dan Durrani and Bisset (1984) menguji sifat dasar dari *radon transform* ini. Thorson and Claerbout (1985) menggunakan *radon transform* hiperbolik sebagai *velocity analysis tool*, dan *radon transform* parabolik pertama kali digunakan dalam teknik mengatenuasi *multiple* oleh Hampson (1986). Sejak itu, *radon transform* menjadi salah satu pendekatan yang banyak digunakan untuk mengatenuasi *multiple*.

Pemilihan kecepatan stacking harus dilakukan dengan benar untuk mengkoreksi *moveout* dari sinyal primer dan bukan untuk *multiple*. Pada zero-offset, kecepatan *primary* lebih besar daripada *multiple* sehingga setelah dikoreksi

NMO primary menjadi flat, sedangkan multiple masih memiliki nilai moveout tertentu. Transformasi radon parabolik memanfaatkan perbedaan tersebut dengan menjumlahkan amplitudo trace sepanjang garis parabola dari perbedaan zero-offset dan curvature. Karena itu, transformasi dilakukan dari domain $t-x$ ke dalam domain parabolic moveout (p) dan domain zero-offset time (τ).

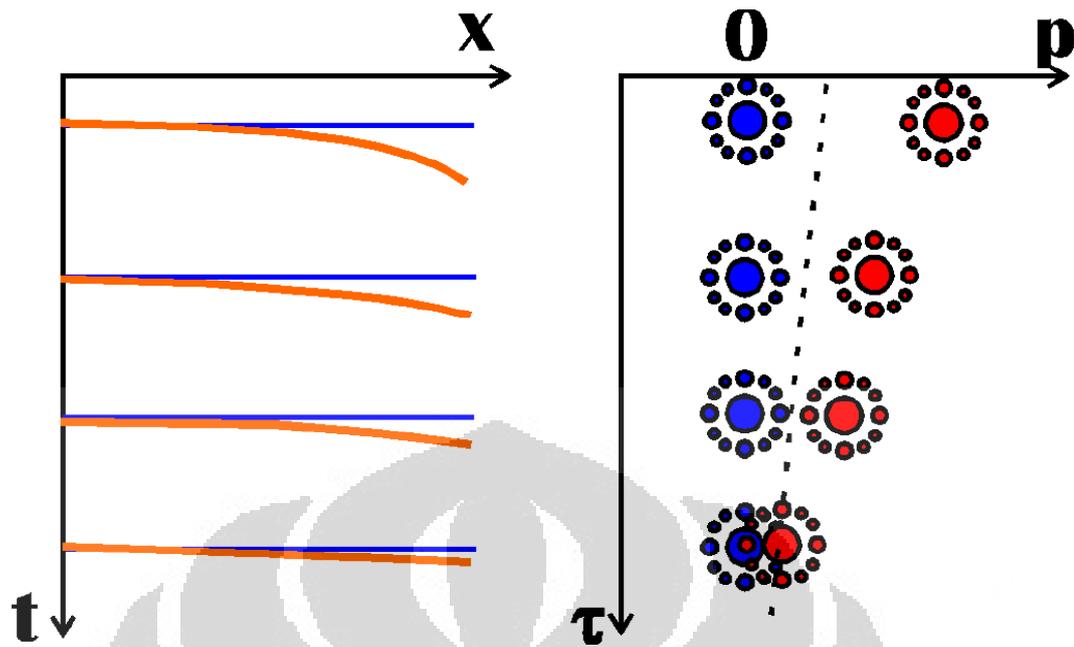
Skematiknya ditunjukkan dalam gambar 2.15 yang menunjukkan bahwa event horizontal dalam domain $t-x$ dipetakan ke dalam strip vertikal dalam domain $\tau-p$ pada $p=0$. Sedangkan multiple dipetakan dalam domain $\tau-p$ di wilayah yang jauh dari garis vertikal $p=0$. Separasi ini digunakan untuk mengatenuasi energi multiple dengan cara meng-cut atau membuang region $\tau-p$ di sebelah kanan garis putus-putus gambar 2.15. Kemudian dilakukan transformasi balik $\tau-p$ primary ke dalam domain $t-x$.

Persamaan matematika transformasi radon parabolik dapat dideskripsikan secara kualitatif adalah sebagai berikut:

$$y(p, \tau) = \int_{x_{min}}^{x_{max}} z(x, t = \tau + px^2) dx \quad (2.15)$$

$$z(x, t) = \rho(t) * \int_{p_{min}}^{p_{max}} y(p, \tau = t - px^2) dp \quad (2.16)$$

Persamaan 2.15 adalah transformasi maju (dari $t-x$ ke $\tau-p$) dan persamaan 2.16 adalah transformasi mundur (dari $\tau-p$ ke $t-x$). z dan y merepresentasikan amplitudo trace dalam domain $t-x$ dan $\tau-p$. Sedangkan x_{min} dan x_{max} adalah CMP offset minimum dan maksimum, p_{min} dan p_{max} adalah kelengkungan parabola minimum dan maksimum yang digunakan dalam transformasi, dan simbol $*$ adalah simbol konvolusi. Dua persamaan tersebut pada dasarnya adalah sama, ρ merepresentasikan filter untuk mengoreksi high frequency loss yang terjadi selama transformasi maju (Claerbout, 1995).

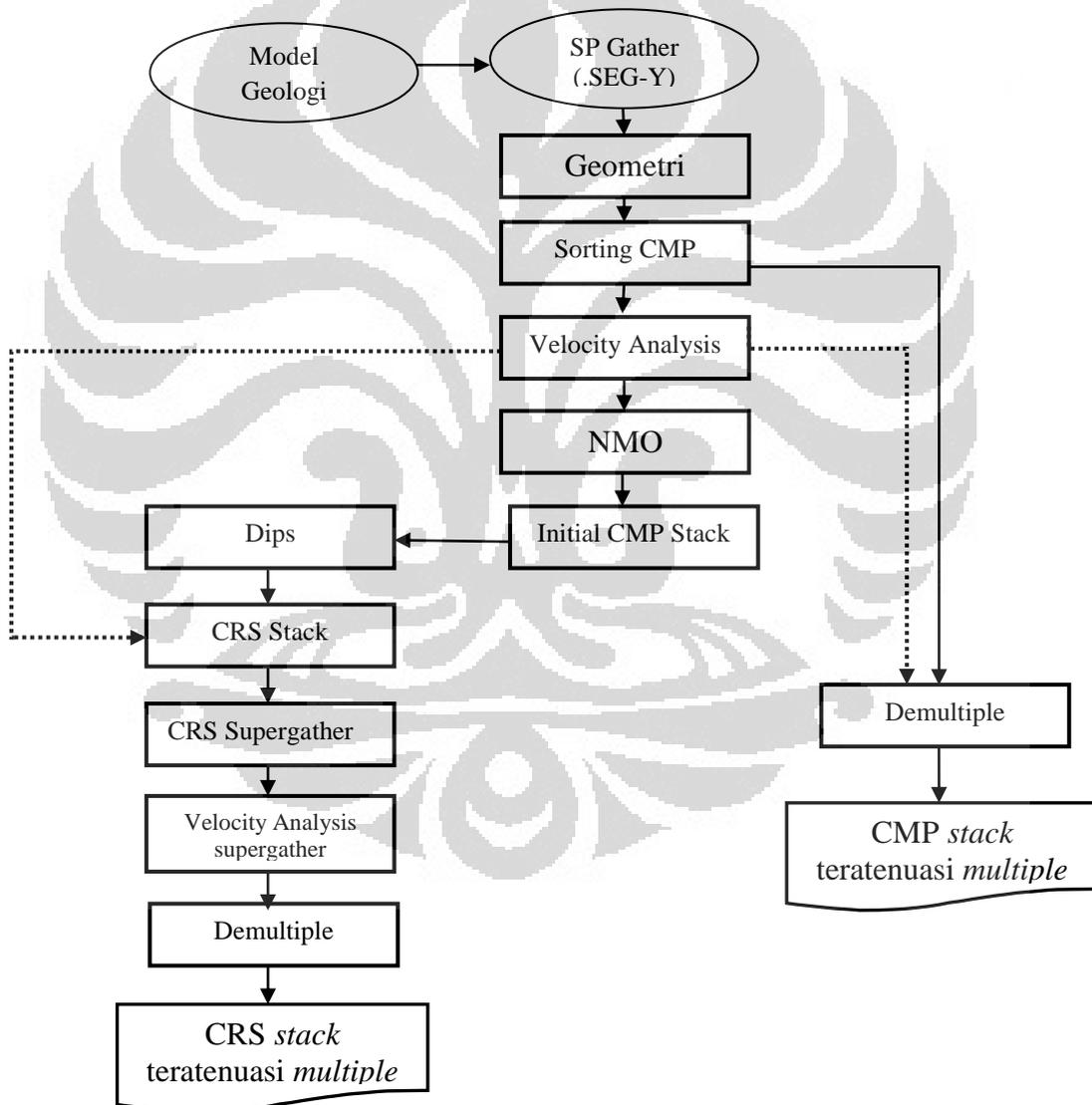


Gambar 2.15. Atenuasi multiple dengan filtering radon parabolic, kiri: domain t - x , kanan: domain τ - p . (Gabriel, 2001)

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Alur Studi

Studi ini dilakukan dalam beberapa tahapan dimulai dari pengumpulan dan input data, pengolahan data hingga diperoleh suatu hasil yang dapat dianalisis dan akhirnya dapat ditarik suatu kesimpulan, dimana kesatuan tahapan tersebut merupakan suatu rangkaian optimalisasi *processing* data seismik.



Gambar 3.1. Diagram Alir Studi

3.2 Model Data Seismik Sintetik GM 1

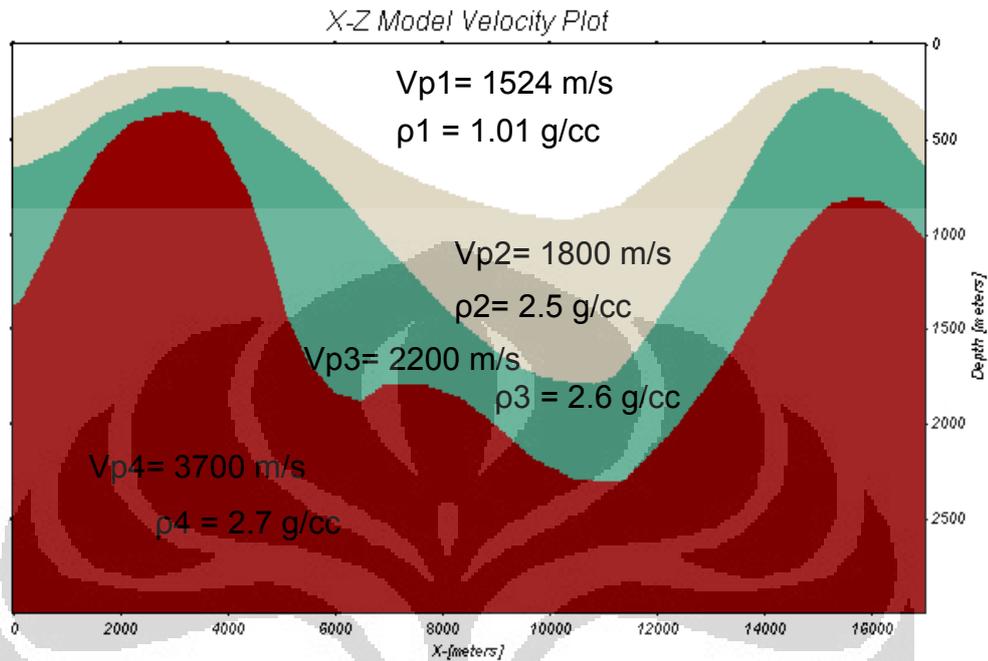
Model data sintetik GM 1 merupakan model 2-D yang telah dibuat menggunakan perangkat lunak *Aku2D* pada penelitian terdahulu oleh Eddy Arus tahun 2008. Model ini menggambarkan struktur antiklin pada lingkungan pengendapan *marine* yang ditunjukkan pada gambar 3.2. Model struktur ini memiliki model kecepatan makro yang relatif *smooth* dengan perubahan geometri yang cukup besar.

Model memperlihatkan perlapisan batuan sedimen yang terkena kompresi. Dimana terdapat 4 lapisan dengan undulasi antiklin yang cukup tinggi. Lapisan pertama dalam model bawah permukaan (berwarna putih) adalah lapisan air laut dengan kecepatan penjalaran gelombang seismik dalam medium tersebut adalah 1524 m/s dan densitas 1,01 g/cc dengan *water bottom* bervariasi dari kedalaman 100 m sampai dengan 920 m. Lapisan kedua (abu-abu) adalah batuan *unconsolidated* sehingga kecepatan penjalaran gelombang *P* dan densitas masih rendah yaitu 1800 m/s dengan densitas 2,5 g/cc. Lapisan ketiga mempunyai velocity 2200 m/s dengan densitas 2,6 g/cc; dan lapisan terakhir adalah batuan yang paling padat dan dianggap sebagai *basement* mempunyai velocity 3700 m/s dengan densitas 2,7 g/cc. Dari model geologi tersebut kemudian diekstrak menjadi data seismik SEG-Y berupa *Shot Point Gather* dengan parameter lapangan yang digunakan saat akuisisi data seperti ditunjukkan pada tabel 3.1.

Akuisisi data dilakukan dengan konfigurasi *split-spread* dimana *source* diletakkan di tengah antara receiver. Karena jumlah *channel* yang dipakai adalah 120 *channel*, maka *source* diletakkan antara *channel* 60 dan *channel* 61. Penembakan dilakukan sebanyak 500 kali tembakan yang direkam selama 4 detik tiap kali tembakan. Frekuensi dominan yang digunakan untuk membuat seismogram sintetik adalah 15 Hz. Model GM 1 memiliki maksimum *fold coverage* sebesar 60 *fold*.

Bentuk struktur berupa antiklin yang sangat tajam dimaksudkan untuk memvalidasi metode CRS sehingga dapat diketahui metode ini mampu menghasilkan gambaran yang lebih baik dibandingkan dengan metode konvensional baik sebelum maupun setelah dilakukan atenuasi *multiple*. Secara teori, metode pengolahan konvensional dengan menggunakan NMO/DMO *stack*

memiliki kelemahan dalam mencitrakan model struktur bawah permukaan dengan struktur yang kompleks.



Tabel 3.1 Parameter Akuisisi Data

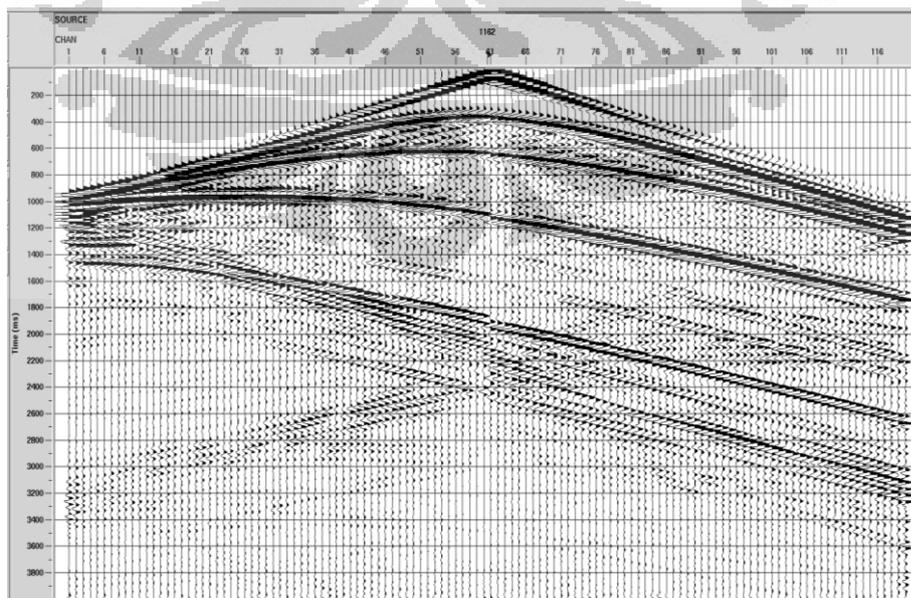
No.	Parameter	Value
1.	Shot Position	2500 meter
2.	Left Far Offset	-1525 meter
3.	Near Offset	50 meter
4.	Shot Spacing	25 meter
5.	Number of Channel	120 channel
6.	Source Freq-Dominant	15 Hz
7.	Source Depth	12,5 meter
8.	Receiver Depth	12,5 meter
9.	Number of Shooting	500 shot
10.	Station Spacing	25 meter
11.	Recording Time Max	4 second

3.3 Pengolahan Data

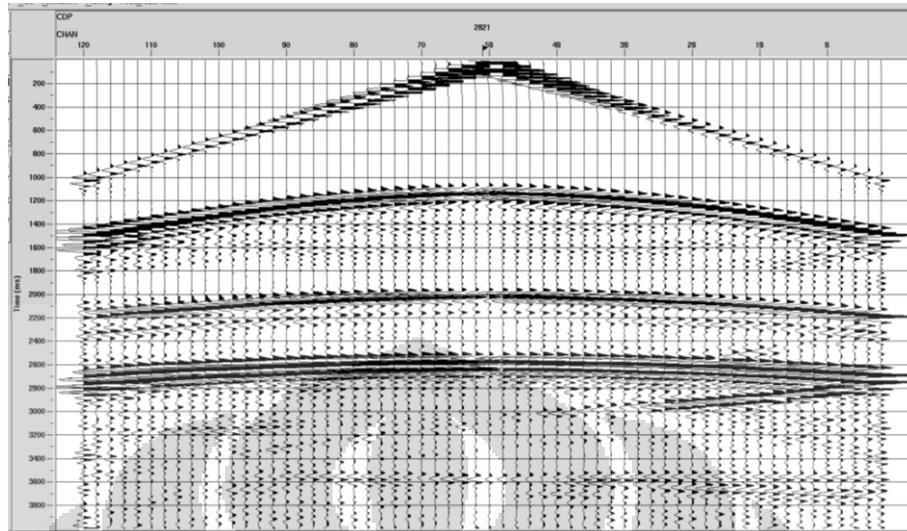
Data SEG-Y yang diekstrak dari model geologi gambar 3.2 akan dilakukan beberapa pengolahan data yang dilakukan dengan menggunakan software ProMAX dan WIT. Pengolahan data ini terbagi menjadi tiga bagian umum yaitu metode *processing* konvensional, metode *processing CRS* dan proses atenuasi *multiple* baik pada *CMP gather* maupun pada *CRS supergather*.

3.3.1 Metode konvensional

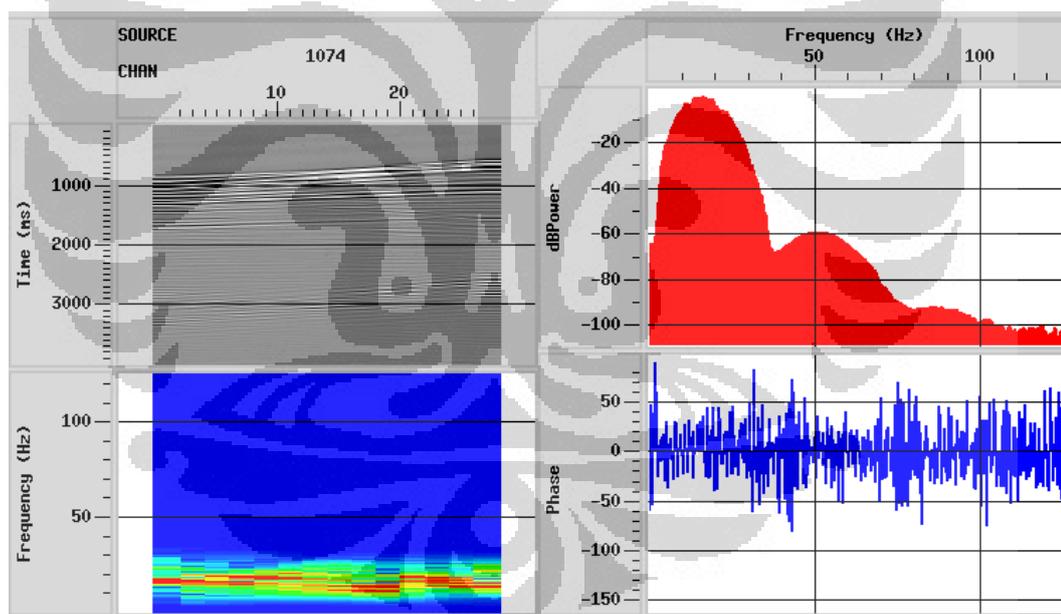
Pengolahan dimulai dengan raw data SEG-Y dan kemudian didefinisikan dengan memasukan parameter akuisisi lapangan ke dalam raw data tersebut, proses ini sering disebut *geometry*. Pembuatan geometri diperlukan ketelitian karena apabila terjadi kesalahan dalam melakukan pembuatan geometri, maka pada tahap pengolahan selanjutnya tidak akan berjalan dengan baik dan menghasilkan gambaran geometri yang keliru. Data geometri tersebut berupa informasi-informasi lapangan yang berkaitan dengan lokasi data seismik diambil. Geometri juga digunakan untuk *Quality Control (QC)* identifikasi kemungkinan adanya kesalahan dengan melihat *stacking chart*-nya. Gambar 3.3 menunjukkan *shot point gather* hasil geometri pada *source* 1162 dengan jumlah *channel* sebanyak 120.



Gambar 3.3 *Common Shot Point gather* 1162 hasil geometri



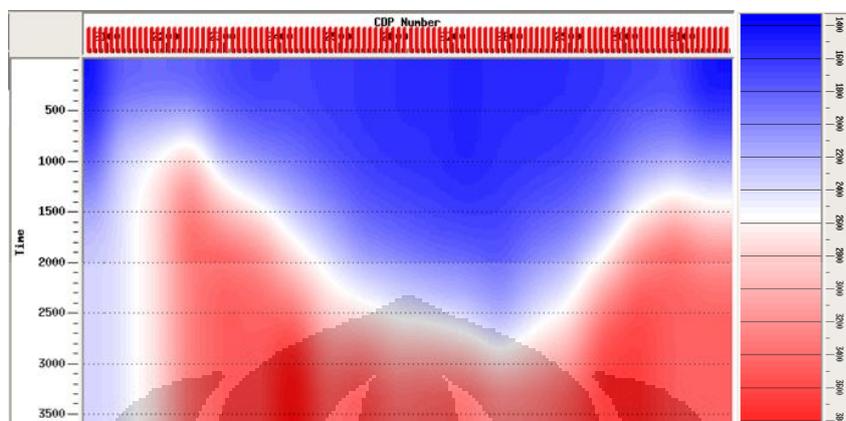
Gambar 3.4 Common Deep Point (CDP) gather 2821 hasil sorting CDP



Gambar 3.5 Analisis spektrum

Dari gambar analisa spektrum terlihat bahwa frekuensi dominan adalah 15 Hz. Terlihat ada dua *peak*, *peak* yang pertama berfrekuensi 15 Hz yang merupakan frekuensi dominan sinyal, sedangkan *peak* yang kedua berfrekuensi 50 Hz. Munculnya *peak* yang kedua kemungkinan mengindikasikan adanya *noise multiple*, *noise* ini muncul karena pengambilan data dilakukan pada daerah *marine*

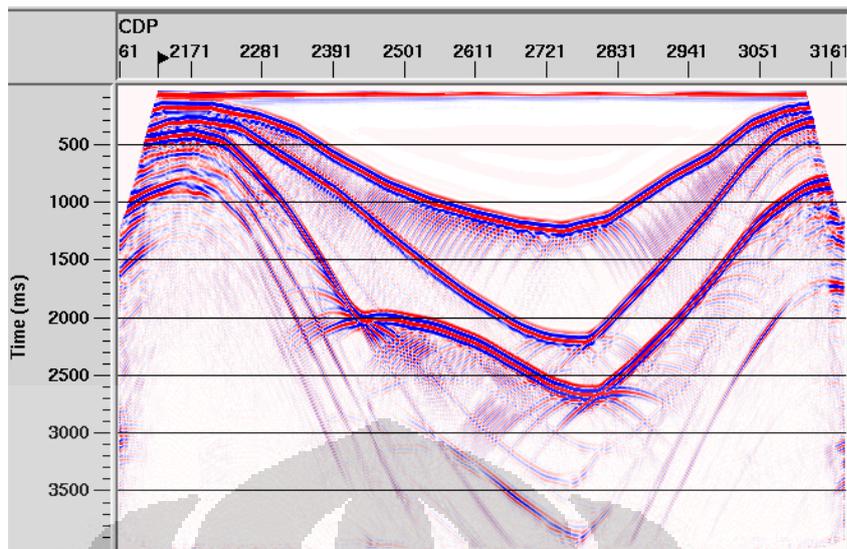
dimana gelombang seismik terperangkap dalam air laut dan atau lapisan lunak sebelum terekam oleh *receiver* di permukaan.



Gambar 3.6 Model kecepatan RMS hasil analisa kecepatan

Dilakukan *velocity analysis* dengan mem-*picking* pada *semblance* maksimum yang dianggap sebagai sinyal reflektor sehingga diharapkan dapat memperoleh nilai kecepatan RMS yang tepat. Pada *picking velocity* ini menggunakan parameter *CDP increment* sebesar 60 CDP dan *CDPs to combine* 11 CDP. Nilai kecepatan hasil *picking* dapat terlihat tepat atau tidaknya pada saat digunakan untuk NMO (*Normal Moveout Correction*), nilai kecepatan yang benar akan menghasilkan reflektor yang *flat* pada *CDP gather* dan ketika dilakukan *stacking* akan menghasilkan *amplitude* yang konstruktif. Sebaliknya jika nilai kecepatan RMS dari *picking* tersebut tidak tepat (terlalu rendah ataupun terlalu besar dari harga sebenarnya) maka tidak akan menghasilkan reflektor yang *flat* dan ketika dilakukan *stacking* akan menghasilkan *amplitude* yang destruktif.

Sebelum dilakukan *stacking*, *CDP gather* perlu dikoreksi *Normal Move Out (NMO)* dengan menggunakan data kecepatan RMS (*Root Mean Square*) yang didapat dari *velocity analysis*. Koreksi NMO ini bertujuan untuk menghilangkan efek dari jarak (*offset*) antara *shot point* dan *receiver* pada suatu *trace* dalam satu CDP (*Common Depth point*), sehingga seolah-olah gelombang pantul datang pada waktu yang sama. Setelah garis NMO pada *CDP gather* sudah cukup *flat*, kemudian dilakukan proses *CMP stacking*.



Gambar 3.7 Penampang *CMP Stack*

3.3.2 Pengolahan Data CRS pada Software ProMAX

Pengolahan dengan metode CRS merupakan suatu proses pengolahan data dengan memasukan informasi struktur ke dalam data *processing* dalam domain time (Taufiqurrahman, 2009). Informasi struktur tersebut dapat dipakai sebagai perbaikan kualitas *imaging* data seismik, analisa kecepatan dan bahkan analisa *residual moveout*. Data *dips* atau struktur digunakan dan digabungkan dengan data sesuai dengan *bin*-nya.

Pada perangkat lunak ProMAX, ada 3 langkah untuk mendapatkan parameter yang optimal agar mendapatkan hasil CRS stack yang baik (Taufiqurrahman, 2009), yaitu:

1. *CRS ZO Search*

Digunakan untuk memperoleh *dips* refleksi dalam data penampang *ZO stack*. Inputnya dibutuhkan *aperture dip* (*dip search aperture*), spasi waktu pencarian (*time search spacing*), dan kecepatan permukaan (V_0). *Aperture dips* merupakan radius dari zona *Fresnel* untuk mendapatkan *semblance*. *Time search spacing* digunakan untuk menentukan lokasi analisis *dips*. Apabila struktur berubah dengan cepat maka spasi waktu harus diperkecil. Sedangkan kecepatan awal diperlukan untuk mendapatkan nilai maksimum *dips* ($slowness\ maksimum = 2/V_0$). Dalam flow *CRS ZO search* diperoleh *dips*

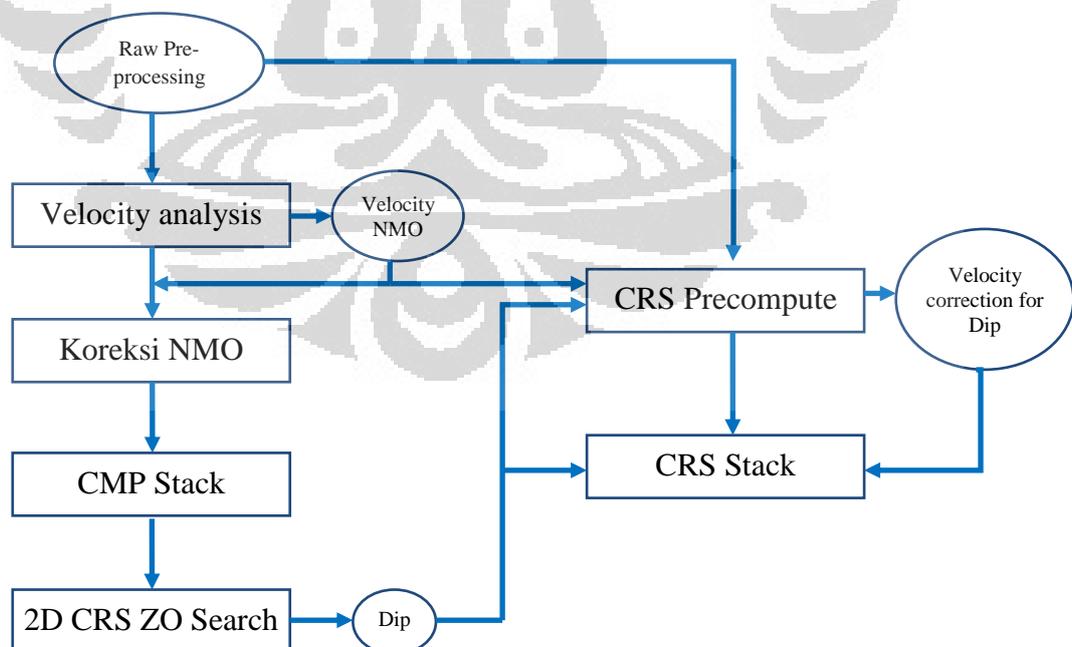
berupa *emergence angle* (α) dan R_N dari muka gelombang *ZO section* yang muncul. *Dips* merupakan sudut dalam domain time pada lokasi x dan t tertentu dalam *stack section* dan *dips* ini mengukur nilai *slowness* atau kemiringan. Nilai *dips* didapatkan dengan melakukan pengukuran pada *stack section* menggunakan interval pencarian tertentu. Jarak antar lokasi analisa dapat ditentukan dengan 2 parameter yaitu interval CDP (inline) dan interval *time*. Pada setiap lokasi dapat ditentukan *dips* yang memiliki koherensi paling tinggi antara *event* pada data dan radius *Fresnel* (*dip aperture*).

2. CRS Precompute

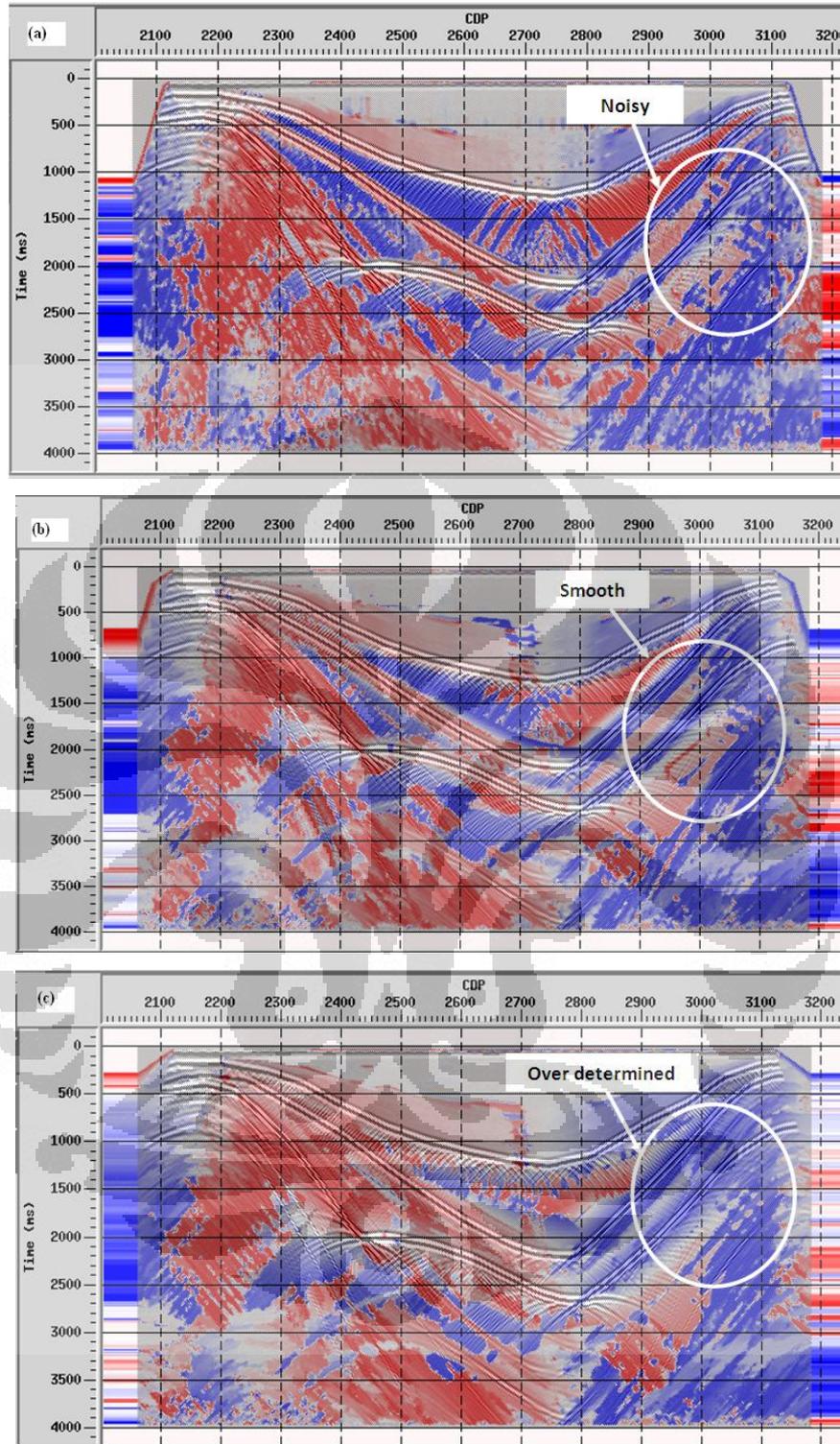
Dipakai untuk mengkomputasi panel *semblance*, *gather* dan mengkoreksi analisa kecepatan terhadap struktur atau informasi *dips*. *Gather* diperoleh menggunakan kecepatan referensi yang diperoleh dari kecepatan NMO untuk mengaplikasikan *CRS moveout* untuk tiap *trace* dan mengaplikasikan *inverse NMO* untuk tiap *offset bin*.

3. CRS Stack

Digunakan untuk membangun *ZO stack section* atau *gather* dengan peningkatan rasio *signal to noise* menggunakan *dips* dan kecepatan.



Gambar 3.8 Diagram Alir Pengolahan Data Metode CRS Stack di ProMAX



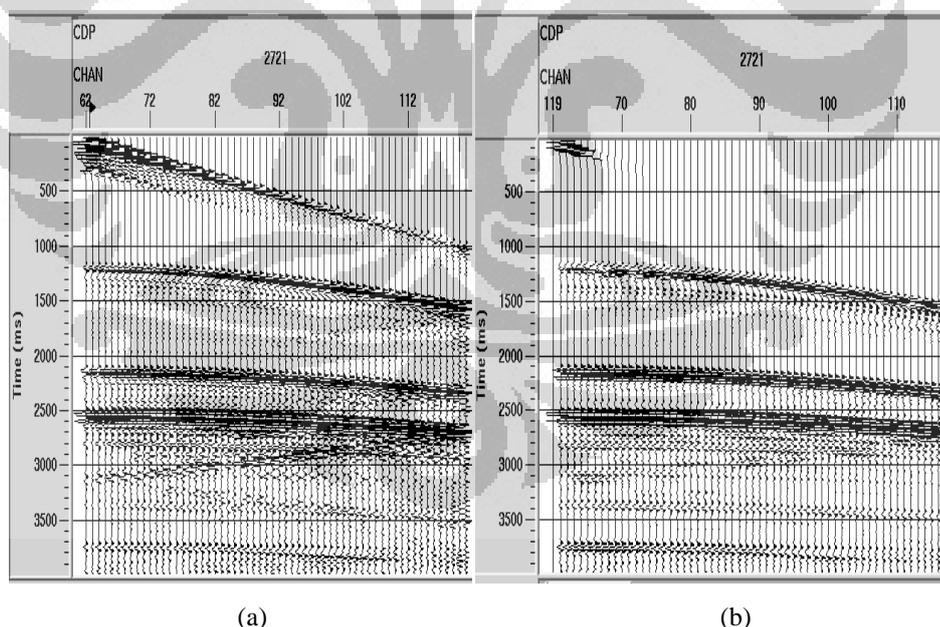
Gambar 3.9 Penampang dip dengan *dip aperture* (a) 70 m (b) 250 m (c) 600 m (Overlay dengan CMP stack)

Hasil dari CRS *ZO search* ditunjukkan pada gambar 3.9, terdapat 3 *dip section* dengan menggunakan masukan parameter *dip aperture* yang berbeda-

beda. Pada ketiga gambar tersebut menggunakan parameter-parameter yang sama yaitu; *CDP search spacing 2 CDPs, time search spacing 15 ms, Vo 1524 m/s, max dip for search 0.6*.

Dari pengukuran ketiga dip tersebut, *dip section* dengan *dip aperture 250 m* terlihat memiliki dip yang dianggap paling tepat (*smooth*) jika dibandingkan dengan menggunakan *dip aperture 70 m* yang terlihat *noisy* maupun yang menggunakan *dip aperture 600 m* yang terlihat *over determined*.

CRS *precompute* dilakukan dengan tujuan untuk mengkoreksi kecepatan terhadap *dip* dan menghasilkan model kecepatan yang *zero-dip*. Sehingga akan menghasilkan *semblance* hasil CRS *precompute* yang lebih sedikit karena *semblance* akan muncul hanya pada reflektor saja, maka akan mempermudah kita untuk melakukan *picking velocity* selanjutnya karena ambiguitas dalam *picking* menjadi berkurang. Dan hasil *velocity analysis*-nya akan digunakan sebagai *constrain* dalam CRS *stack*. Gambar 3.10 menunjukkan *gather* hasil CRS *precompute* lebih fokus dibandingkan *gather* biasa.

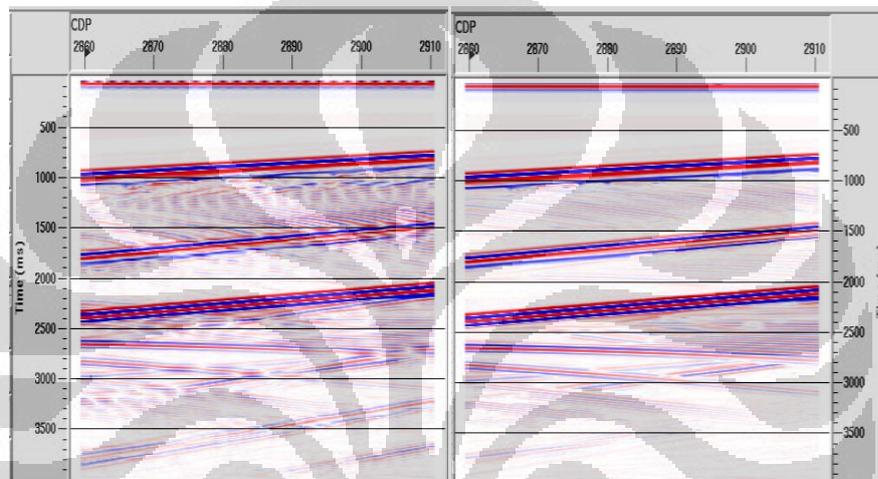


Gambar 3.10 (a) CDP gather 2721 (b) Gather 2721 hasil CRS pre-compute

Parameter input dari CRS *stack* adalah dip dari CRS *ZO search* dan kecepatan hasil CRS *precompute*. CRS *stack* menjumlahkan trace-trace yang

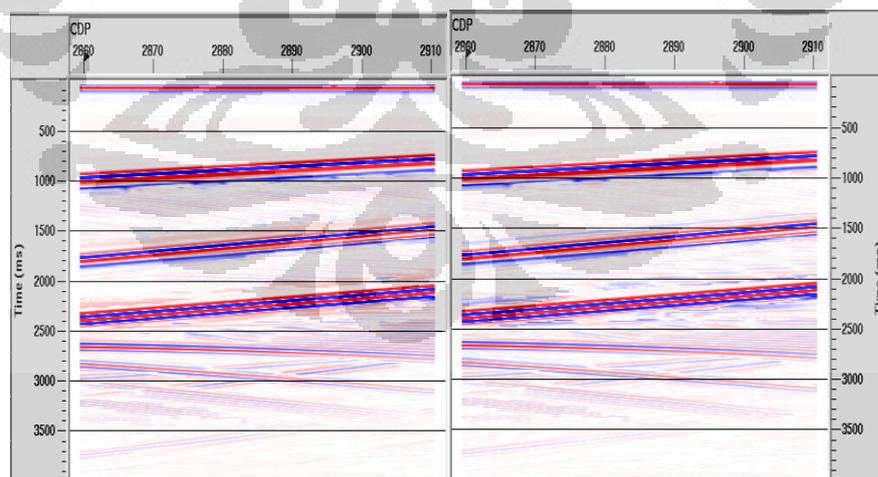
terletak dalam *aperture* di sekitar CDP, sehingga hasilnya diharapkan dapat meningkatkan *S/N ratio*.

Gather input untuk melakukan CRS *stack* adalah dengan menggunakan gather hasil *preprocessing* tetapi tidak perlu dilakukan koreksi NMO. Hal yang penting dalam CRS *stack* adalah proses menentukan panjang *operator stacking* (CRS *stack aperture*). Sehingga untuk mendapatkan hasil *stack* yang optimal, perlu dilakukan pengujian *aperture* yang paling tepat.



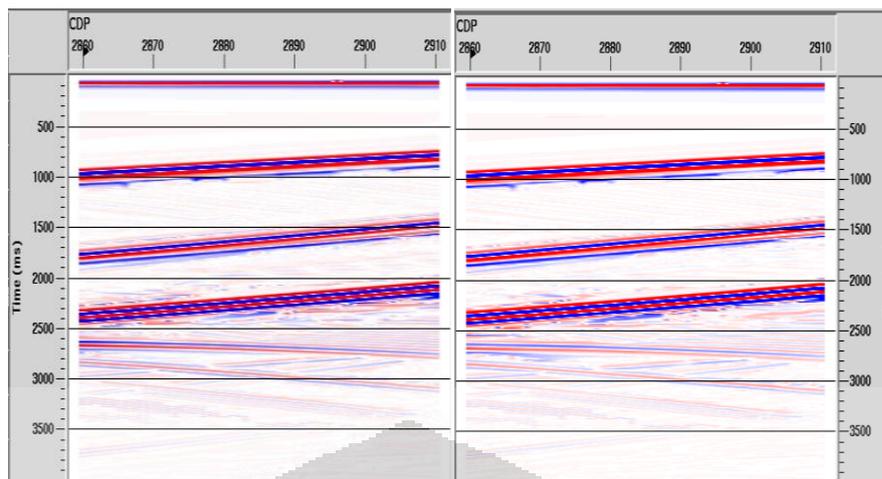
(a) Mini stack aperture konstan 0 m

(b) Mini stack aperture konstan 120 m



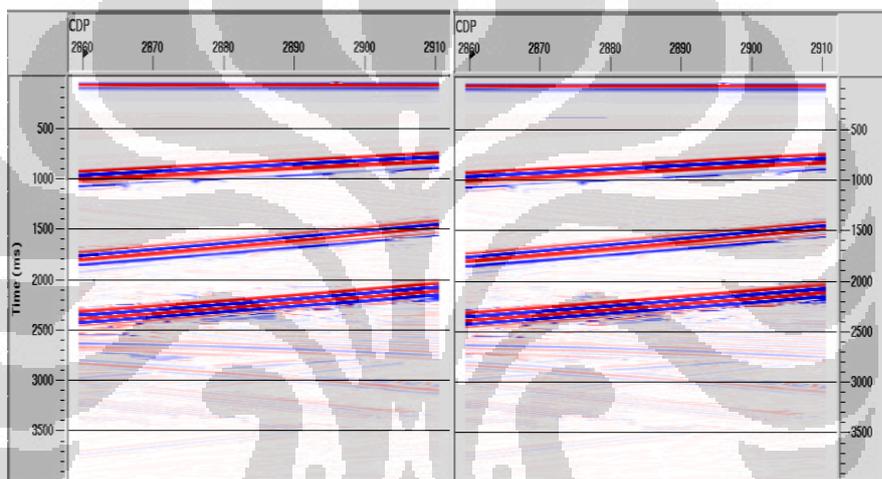
(c) Mini stack aperture konstan 240

(d) Mini stack aperture konstan 360



(e) Mini stack aperture konstan 480

(f) Mini stack aperture konstan 600



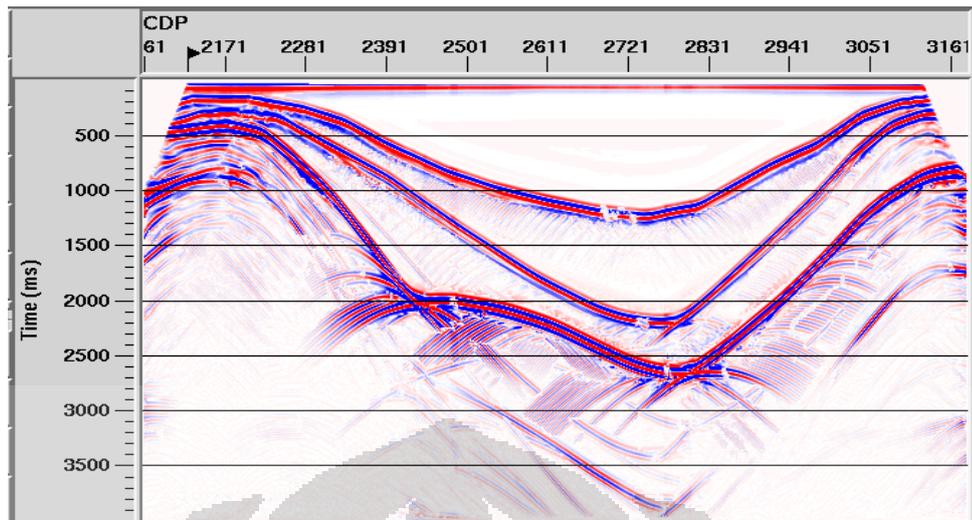
(g) Mini stack aperture konstan 720

(h) Mini stack aperture konstan 840

Gambar 3.11 Mini CRS stack (CDP 2860-2910) menggunakan *aperture stack* yang bervariasi

Dari hasil mini CRS stack gambar 3.11, hasil maksimum didapatkan pada penerapan *aperture stack* sekitar 240 m. Penggunaan *aperture stack* 0 m menghasilkan *stack section* yang *noisy* dan hasilnya mendekati *CMP stack* konvensional. Sedangkan jika *aperture* 360 m ke atas, dijumpai penampang yang blur dan resolusinya berkurang.

Oleh karena itu, CRS stack dilakukan dengan menggunakan *aperture* 240 m. Hasilnya dianggap sebagai hasil CRS stack yang paling optimal dengan signal to noise ratio yang tinggi.



Gambar 3.12 CRS stack dengan apperture 240 m (ProMAX)

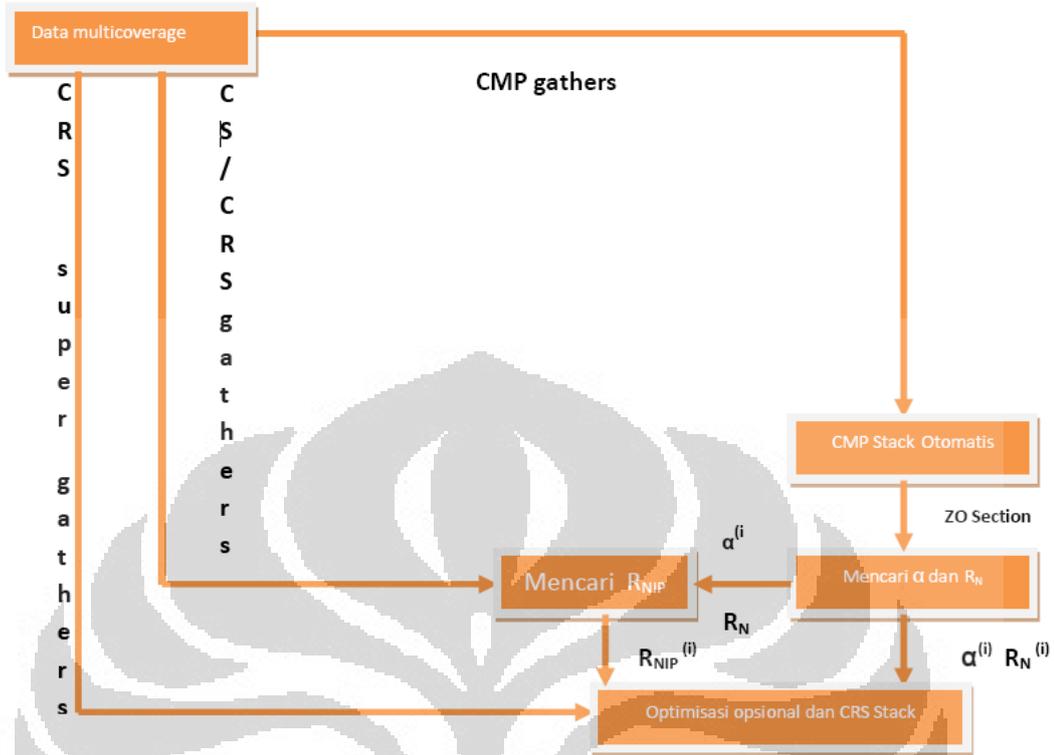
3.3.3 Pengolahan Data CRS pada Perangkat Lunak WIT

Pengolahan data pada metoda CRS *stack* dilakukan dalam berbagai tahap. Tahapan pertama adalah penentuan parameter *stacking*, diawali dengan melakukan *automatic CMP stacking*, dalam tahapan ini dihasilkan penampang ZO yang kemudian digunakan sebagai dasar untuk menentukan parameter *emergence angle*. Parameter *emergence angle* ini kemudian digunakan untuk pencarian parameter Rn , sedangkan penentuan $Rnip$ dilakukan dengan prosedur yang berbeda. Alur kerjanya seperti ditunjukkan pada gambar 3.13.

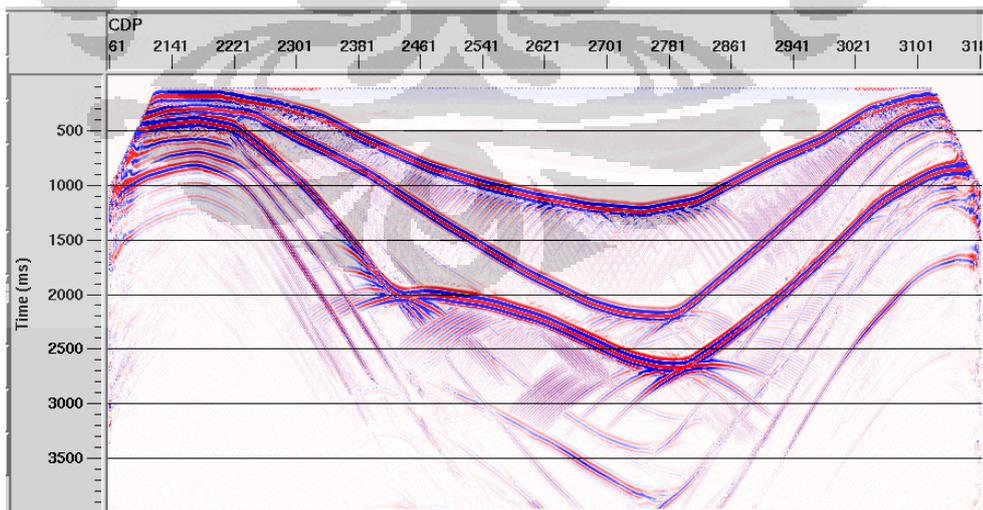
Pada pengolahan data ZO CRS stack menggunakan *software* WIT yang dibuat oleh Jurgen Mann, membutuhkan beberapa input parameter. Parameter yang digunakan dalam pengolahan data sintetik ZO CRS stack disimpan dalam *Makefile*, parameter ini diperlihatkan dalam tabel 3.2.

Tabel 3.2 Parameter input CRS pada software WIT

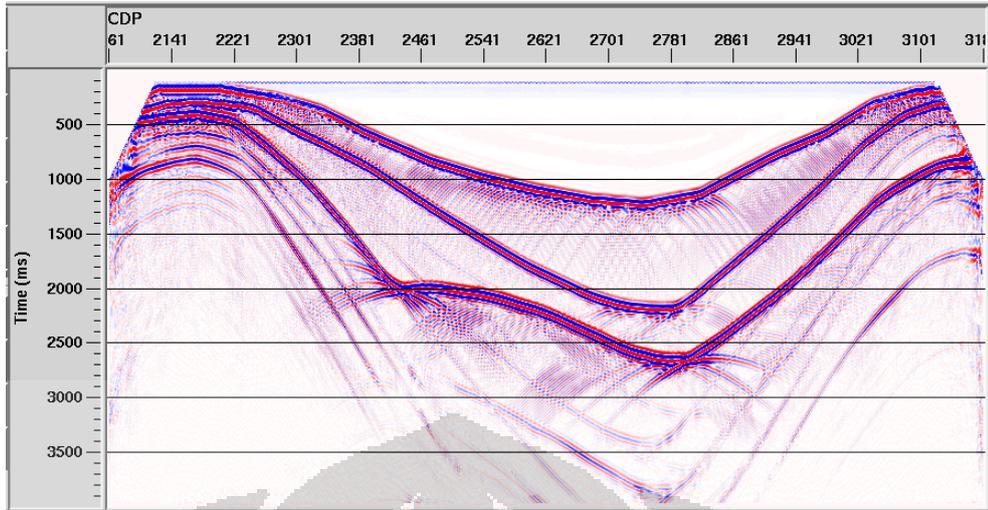
Kecepatan Permukaan	1524 m/s
Frekuensi Dominan	15 Hz
Vnmo (min, max)	1500 m/s – 6000 m/s
Angel (min, max)	-60, +60
Offset (min, max)	50, 1525
Apperture (min, max)	0, 240 m
CDP (first, last)	2061, 3181
dt	0.004



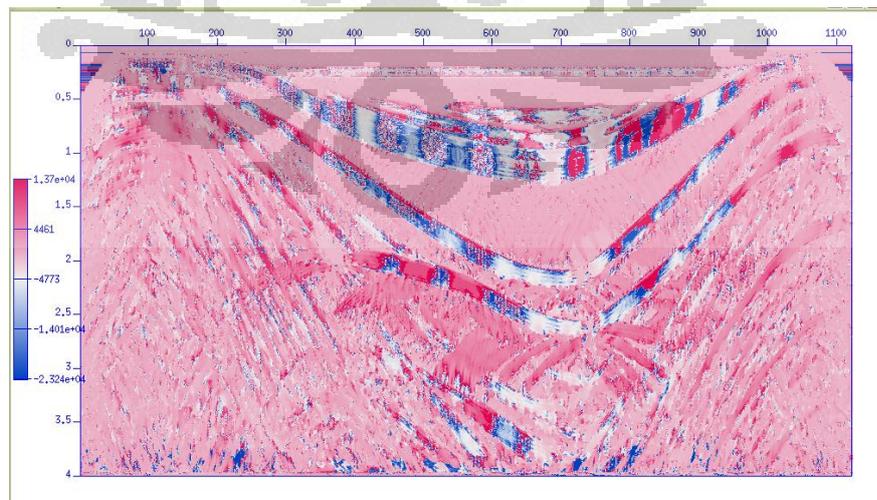
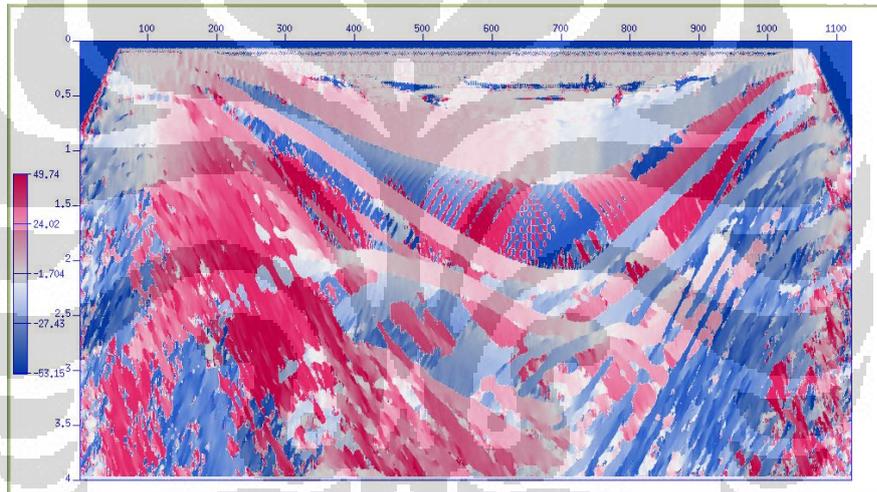
Gambar 3.13 Diagram alir pengolahan data CRS di WIT (Anggraeni, 2008)

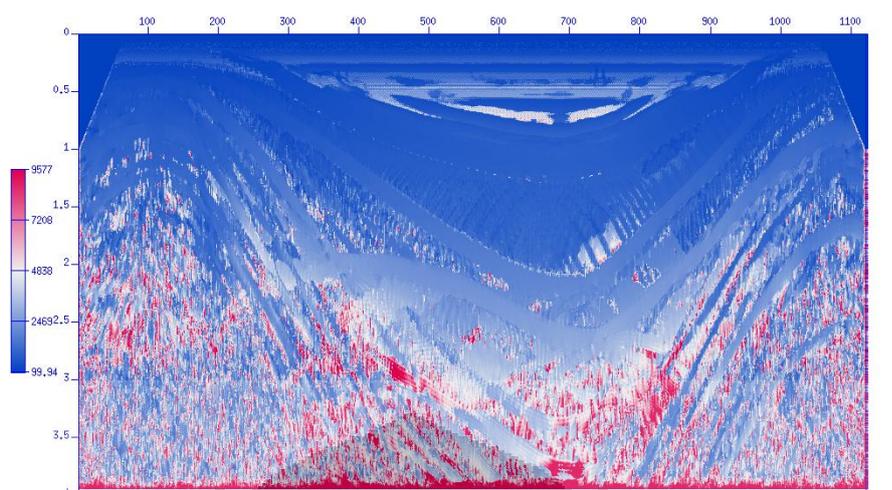


Gambar 3.14 CRS stack dengan parameter input pada table 3.2



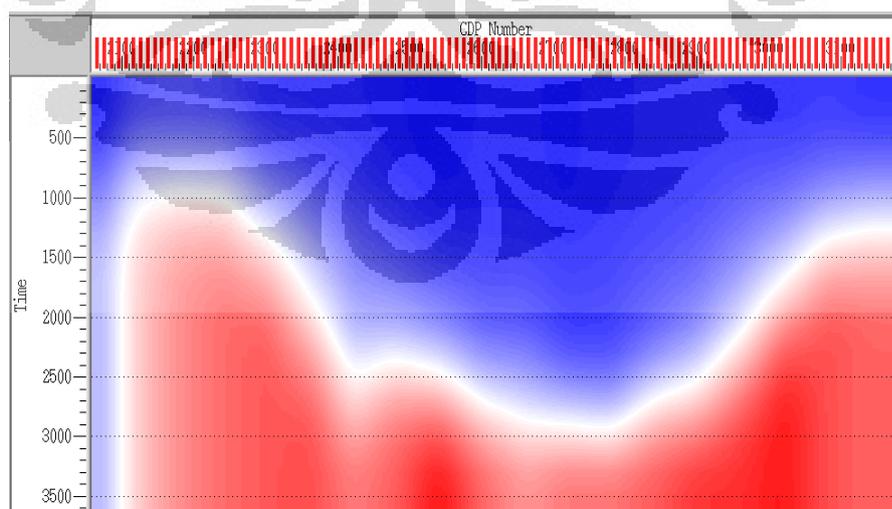
Gambar 3.15 Automatic CMP stack dengan parameter input pada table 3.2





Gambar 3.16 (a) emergence angle, (b) Rn, (c) Rnnp

Selain meng-output nilai parameter CRS, CRS *stack* dan *automatic CMP stack*, langkah ini juga menghasilkan CRS *supergather*. *Picking* kecepatan dilakukan kembali terhadap CRS *supergather* yang dihasilkan oleh software WIT. Hasil *picking* kecepatan pada *supergather* diharapkan menghasilkan kecepatan yang lebih tepat dibandingkan dengan hasil *picking* kecepatan sebelumnya pada *CMP gather*. Kemudian hasil analisa kecepatannya digunakan untuk proses NMO pada CRS *supergather* dan kemudian digunakan sebagai input dalam proses radon filtering.

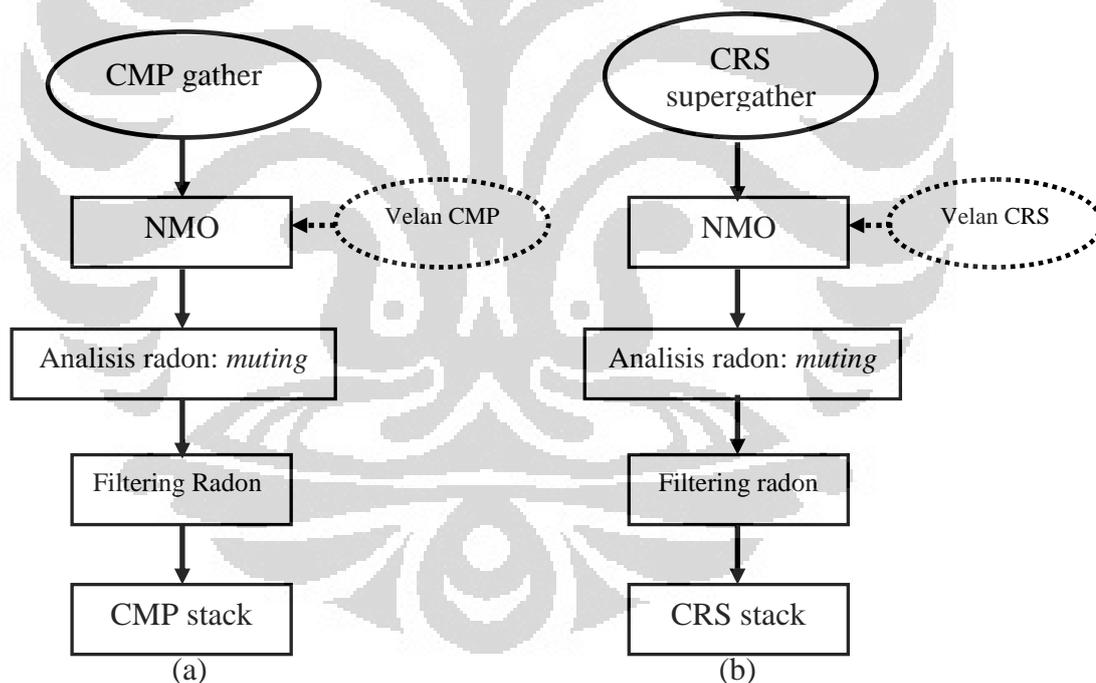


Gambar 3.17 Analisa kecepatan pada CRS *supergather*

3.3.4 Radon Filtering

Pelemahan *multiple* menggunakan analisis radon dilakukan pada software ProMAX. Melakukan *muting* pada domain *radon* untuk menghilangkan *event* yang dianggap sebagai *multiple*. Masukan proses ini adalah CMP *gather* yang telah terkoreksi NMO menggunakan kecepatan hasil analisa kecepatan pada CMP *gather*. Serta CRS *supergather* yang telah terkoreksi NMO menggunakan kecepatan hasil analisa kecepatan pada CRS *supergather*.

Radon filter biasanya digunakan untuk menekan *multiple*. *Multiple* dan *primary* dipetakan dalam domain *time-residual moveout* untuk dilakukan *picking mute* pada nilai *moveout* yang tidak diinginkan, dalam hal ini adalah *multiple*. Radon filter kemudian diaplikasikan untuk meloloskan energi *primary*. Berikut adalah diagram alir radon filtering di perangkat lunak ProMAX:



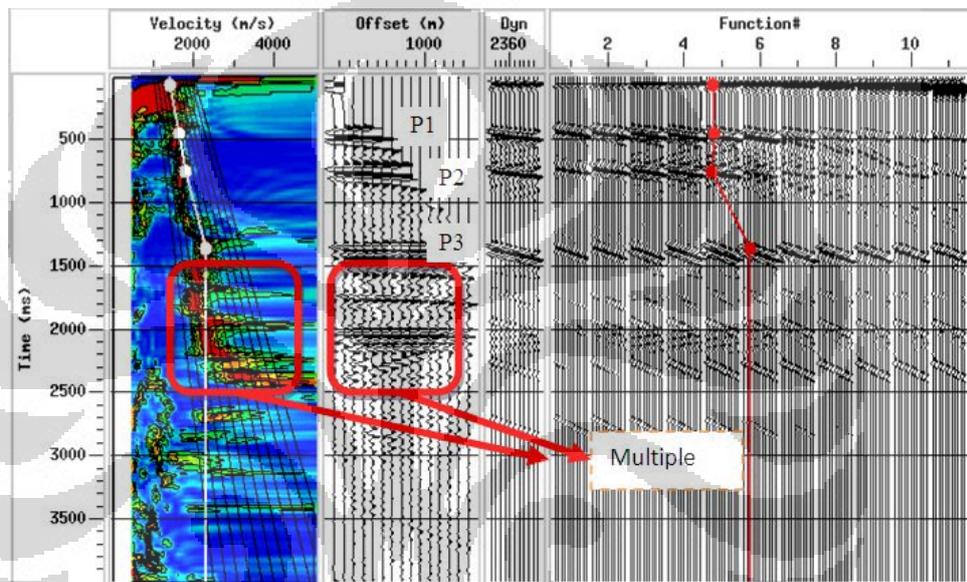
Gambar 3.18 Diagram alir *filtering* radon, (a) pada CMP *gather*, (b) pada CRS *supergather*.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisa *Multiple*

Multiple adalah pengulangan refleksi akibat 'terperangkapnya' gelombang seismik dalam air laut atau terperangkap dalam lapisan batuan lunak (Abdullah, 2010). Terdapat beberapa macam *multiple* yaitu; *water-bottom multiple*, *peg-leg multiple* dan *intra-bed multiple*.

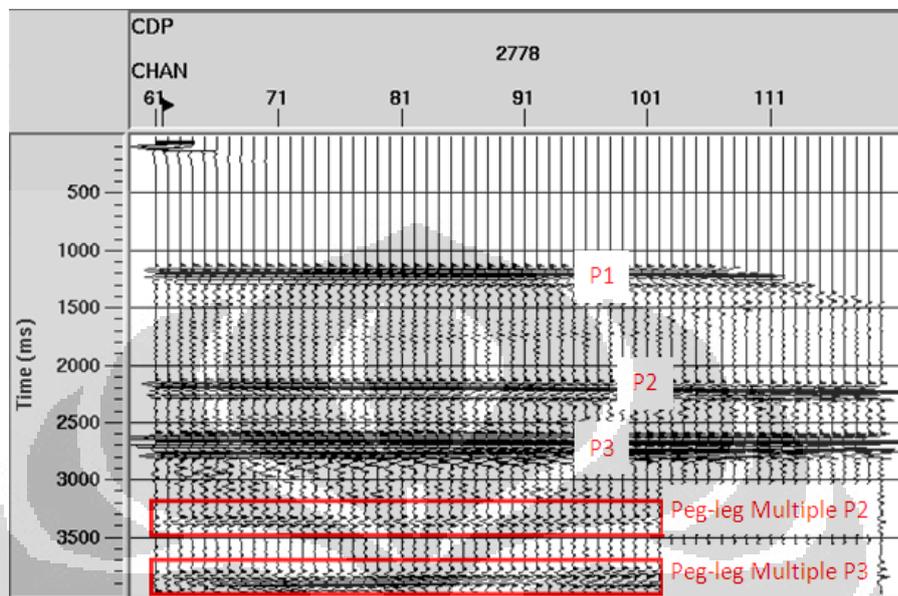


Gambar 4.1 Analisa *multiple* pada Picking kecepatan

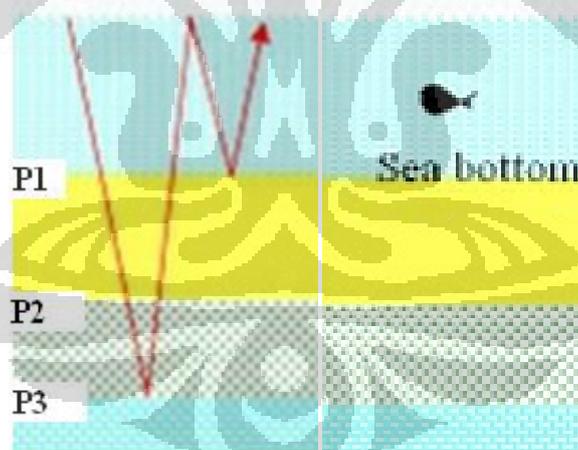
Gambar 4.1 merupakan proses *picking* kecepatan untuk mendapatkan kecepatan NMO yang tepat yang selanjutnya akan digunakan dalam proses *stacking*. Proses analisa kecepatan ini sangat berpengaruh baik terhadap hasil *stacking* CMP maupun terhadap proses atenuasi *multiple* selanjutnya. Kotak berwarna merah menunjukkan adanya *multiple*, nilai *semblance* maksimum terlihat konstan setelah *time* 1500 ms, sehingga pada daerah tersebut tidak boleh di-pick. Sehingga *multiple* tidak akan *flat* setelah dilakukan NMO.

Pada gambar 4.2 CDP *gather* 2278 setelah dilakukan proses koreksi NMO. Pada gambar terlihat ada tiga reflektor yaitu P1, P2 dan P3. Selain itu dijumpai juga *multiple* berjenis *peg-leg multiple* dari reflektor ke-2 dan *peg-leg multiple* dari reflektor ke-3. *Peg-leg multiple* P2 berada pada *time* 3400 ms yaitu

didapat dari penjumlahan time 2200 ms (P2) dengan time 1200 ms (P1). Dan *peg-leg multiple* P3 berada pada time 3900 ms didapat dari penjumlahan time 2700 ms (P3) dengan time 1200 ms (P1).

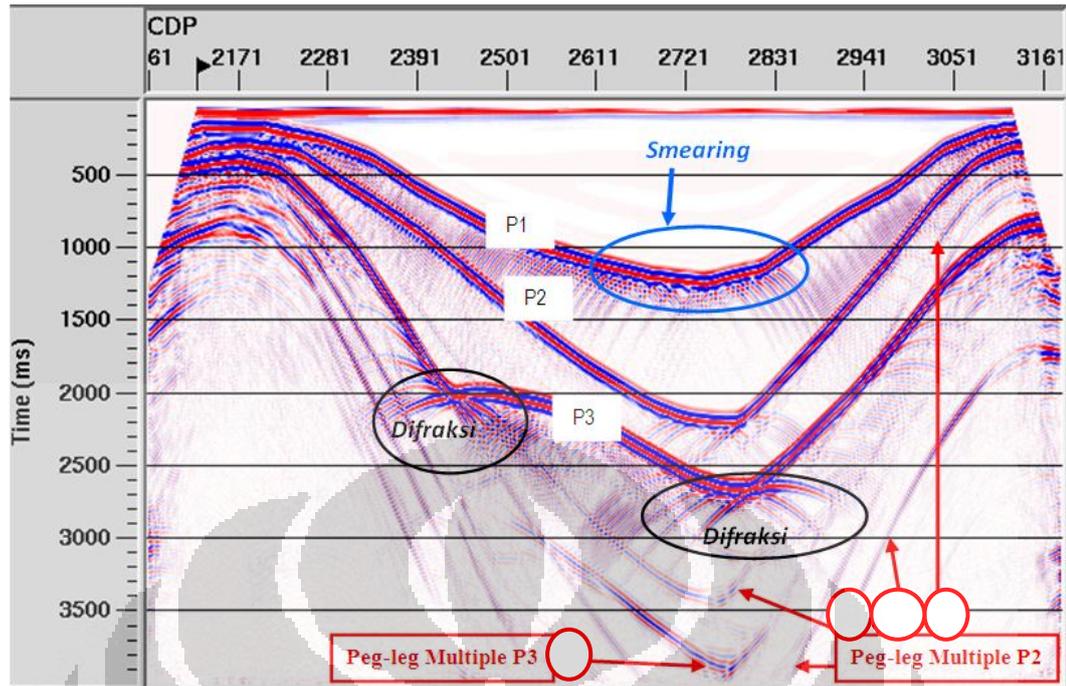


Gambar 4.2 Analisa Multiple pada CDP gather 2778 setelah NMO



Gambar 4.3 Ilustrasi *Peg-leg multiple*

Multiple semacam ini disebut sebagai *peg-leg multiple* karena *multiple* ini muncul pada TWT reflektor ditambahkan dengan TWT reflektor pertama yang notabennya adalah *water bottom*. Lebih jelasnya akan diilustrasikan pada gambar 4.3.



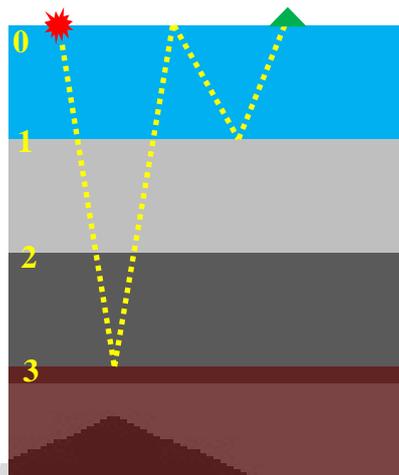
Gambar 4.4 Analisa *Multiple* pada penampang CMP *stack*



Gambar 4.5.a. Ilustrasi *multiple* 1 dan 3



Gambar 4.5.b. Ilustrasi *multiple* 2

Gambar 4.5.c. Ilustrasi *multiple* 4

Gambar 4.4 merupakan penampang *CMP Stack*, gambar memperlihatkan bahwa setelah proses *stacking* dilakukan, masih terdapat pola difraksi yang cukup kuat, efek *smearing* akibat *curvature dip* dan masih ditemukan beberapa *multiple*. Ditemukan beberapa *multiple* berupa *peg-leg multiple* baik berasal dari reflektor kedua ataupun berasal dari reflektor ketiga. Sebagai contoh, *peg-leg multiple* dari reflektor kedua (*peg-leg multiple P2*) berada pada TWT (*two way time*) 3400 ms di CDP 2721, yaitu didapat dari penjumlahan TWT reflektor kedua (2200 ms) dengan TWT pertama/*water bottom* 1200 ms, yang kedua-duanya berpatokan pada CDP 2721.

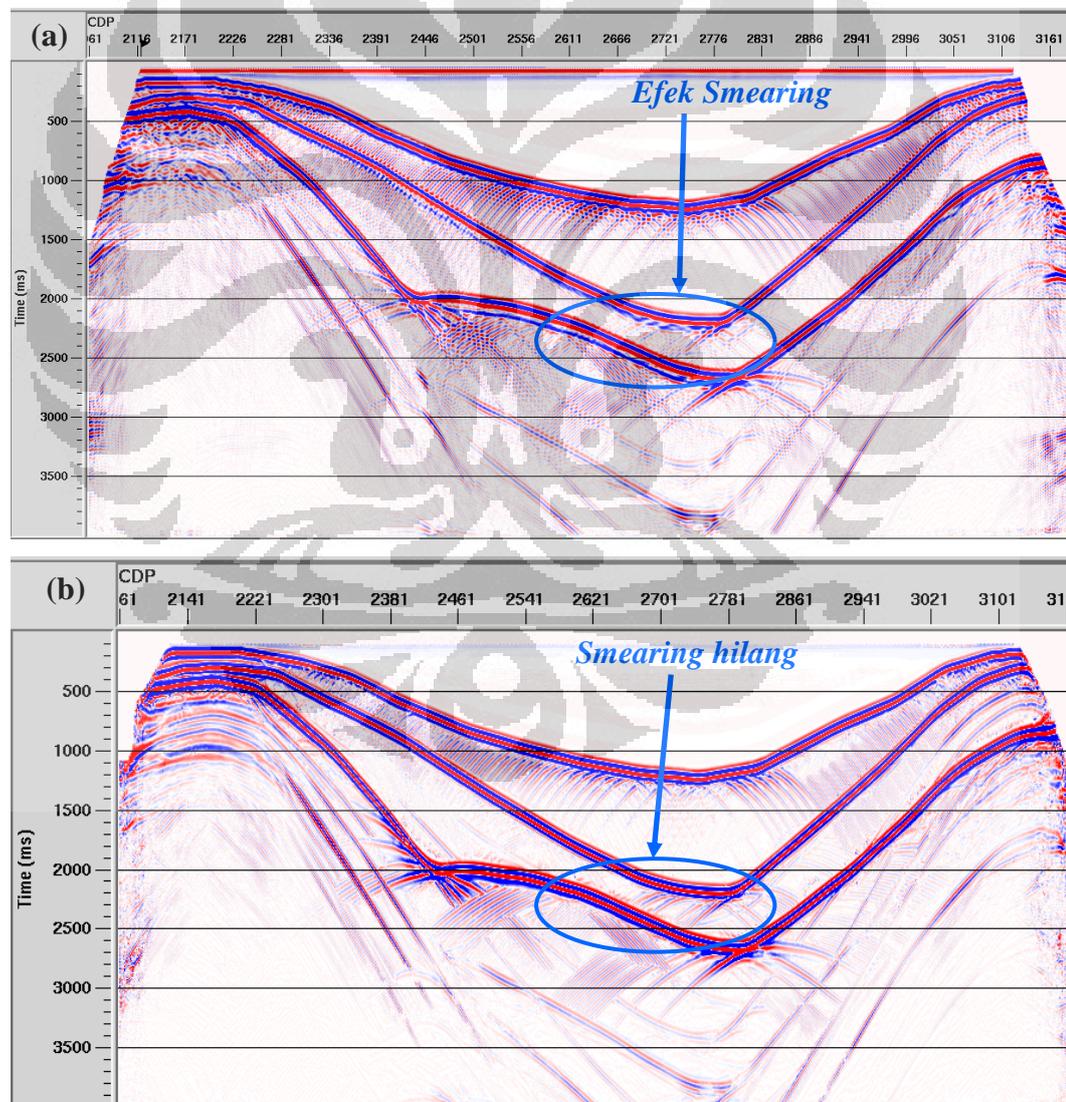
4.2 Perbandingan Penampang *CMP Stack* dan Penampang *CRS Stack*

Setelah didapatkan *stacking* yang dianggap paling optimal, maka perlu dilakukan perbandingan antara penampang *stacking* konvensional dan *CRS stack* untuk melihat keefektifan metode *CRS* dalam menggambarkan kondisi bawah permukaan *ZO* pada lingkungan reflektor yang mempunyai kemiringan dan kelengkungan yang tinggi. Gambar 4.6a adalah penampang *stack* konvensional, sedangkan Gambar 4.6b merupakan penampang *CRS stack*.

Gambar 4.6a adalah penampang *stack* konvensional, terlihat adanya efek *smearing* terutama pada reflektor miring. Hal ini disebabkan proses *stacking* dengan menggunakan operator *stacking* konvensional tidak mampu

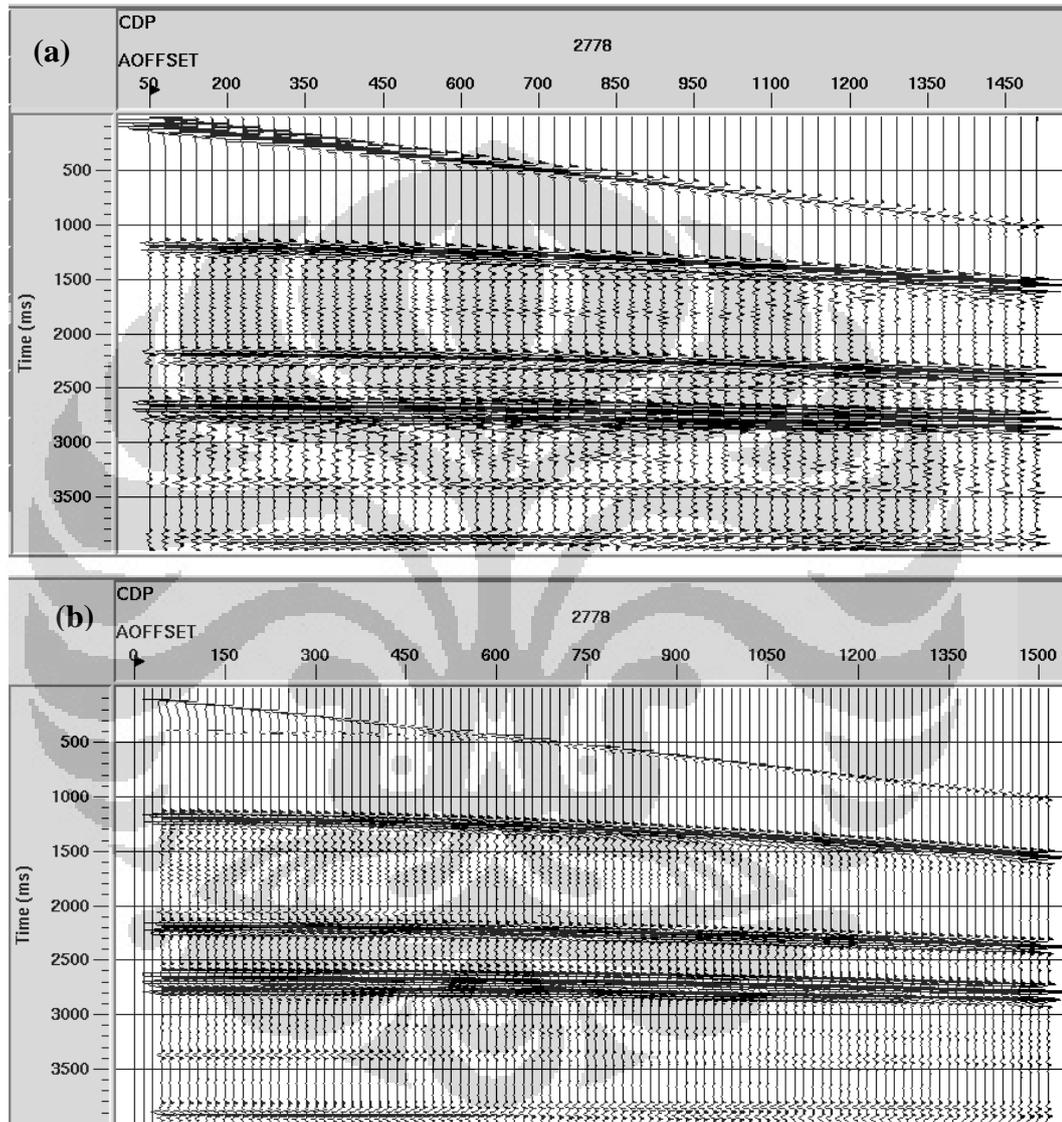
mengaproksimasi respon refleksi dengan tepat untuk kasus *curvature dip*. Operator *stacking* konvensional hanya bergantung pada proses NMO dan tidak terkoreksi secara kemiringan (*dip*) maupun kelengkungan (*curvature*).

Pada *CRS stack* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.6b, efek *smearing* pada reflektor dapat dihilangkan. Pada *CRS stack* mengalami peningkatan *signal to noise ratio* ditandai dengan hilangnya efek *smearing* dan event reflektor terlihat lebih tegas dan *continue* dibandingkan dengan *stacking* konvensional. Hal ini dikarenakan pada metode *CRS* telah mengalami koreksi *dip* (kemiringan) dan koreksi kelengkungan sehingga metode *CRS* dapat bekerja dengan baik pada reflektor yang miring dan lengkung.



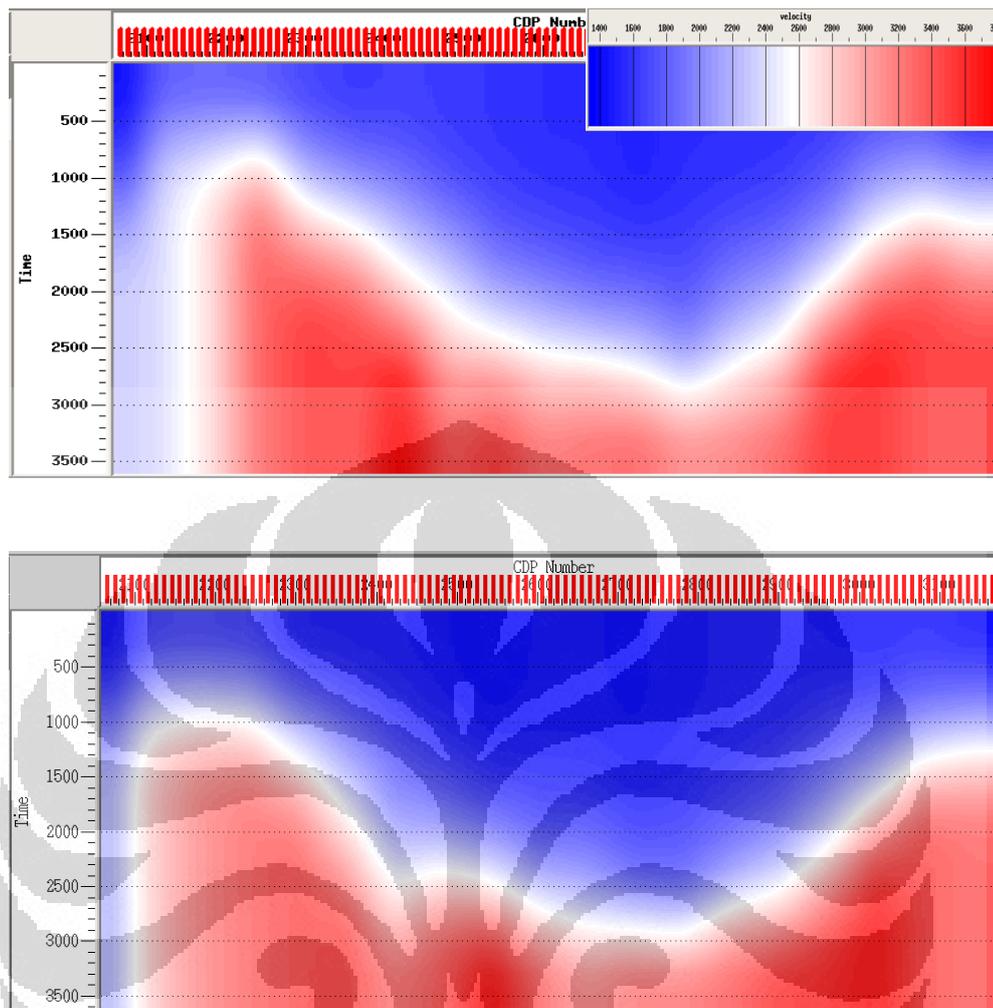
Gambar 4.6 Penampang seismik (a) stacking konvensional, (b) *CRS* stack

Berikut adalah perbandingan antara CMP gather dan CRS supergather. Dari gambar 4.7 terlihat bahwa supergather mempunyai jumlah *trace* lebih banyak daripada CMP gather, sehingga supergather memiliki informasi yang lebih banyak dibandingkan dengan CMP gather.



Gambar 4.7 (a) CMP gather, (b) CRS supergather

Dari supergather ini dapat dilakukan proses processing lebih lanjut yaitu proses analisa kecepatan. Analisa kecepatan yang dilakukan pada supergather menghasilkan nilai kecepatan yang lebih mendekati model geologi sebenarnya.



Gambar 4.8 (a) Analisa kecepatan CMP gather, (b) analisa kecepatan supergather

4.3 Atenuasi *Multiple* dengan Menggunakan *Filtering Radon*

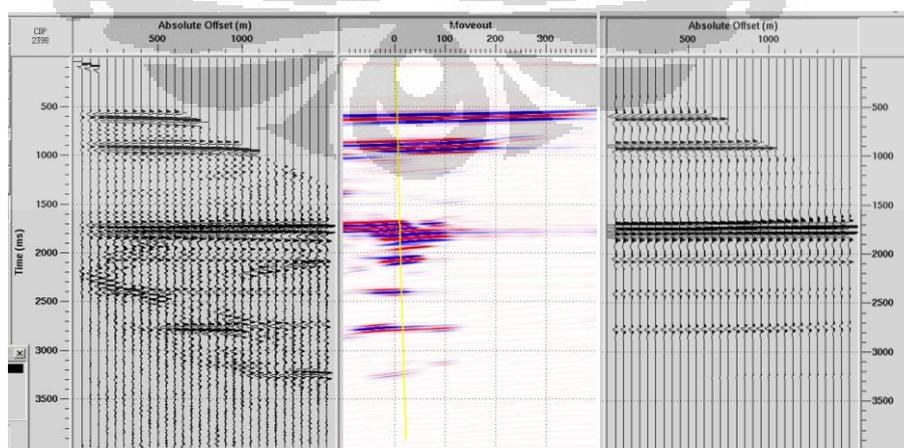
Proses atenuasi atau pelemahan *multiple* pada *CMP gather*, penulis kerjakan dengan menggunakan *Radon/Tau-p Analysis* yang merupakan salah satu modul di perangkat lunak ProMAX. Prinsip dasarnya adalah dengan mentransformasi data ke dalam domain *time-moveout* agar mempermudah *picking mute* untuk melemahkan *energy moveout* yang tidak diinginkan.

Radon filtering mempunyai kemampuan untuk memisahkan energi sinyal primer dengan *multiple* pada domain radon karena perbedaan *moveout* kecepatannya. Fungsi kecepatan diestimasi dan digunakan untuk mem-flatkan sinyal primer pada *CMP gather*. *Moveout-corrected gathers* kemudian ditransformasikan ke dalam domain *Radon*. Transformasi ini memetakan *flattened*

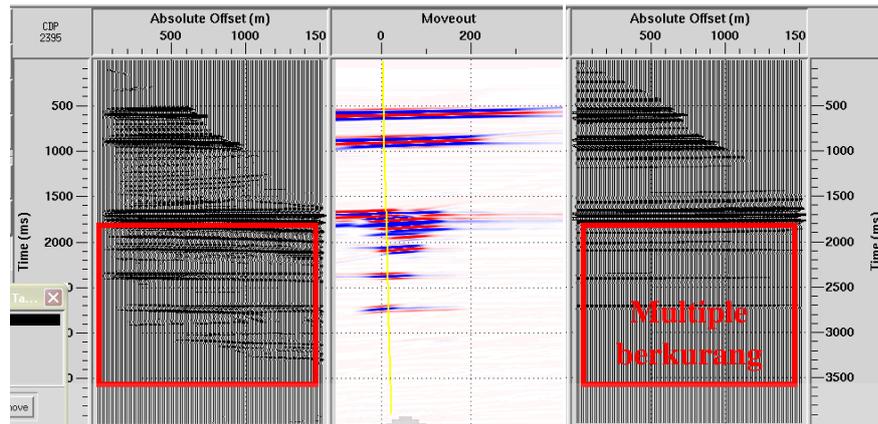
parabolic sinyal primer dari domain *time-offset* ke dalam domain *Radon* dimana *multiple* terpisahkan dari sinyal primernya. Karena transformasi *forward* dan *inverse* menimbulkan distorsi, *multiple* diestimasi dalam domain *Radon*, kemudian transformasi balik ke dalam domain *time-offset*, lalu mengurangkannya pada data awal dan hasilnya hanya data sinyal primer (Berndt dan Moore, 1999).

Masukan dari analisa Radon adalah *CMP gather* yang telah dilakukan proses NMO hasil analisa kecepatan. Pada *gather* yang telah terkoreksi NMO *event primary* akan *flat*, namun *multiple* akan memiliki *residual moveout* yang akan semakin bertambah menuju *far offset*. Oleh karena adanya perbedaan *moveout* antara *primary* dan *multiple* tersebut, maka keduanya akan lebih mudah dibedakan pada domain radon.

Pada perangkat lunak ProMAX, *Radon Analysis* men-display data dengan sumbu *time versus residual moveout*. *Primary* akan memiliki *zero residual moveout* ($P=0$) dalam domain *Radon*, sedangkan *multiple* akan memiliki *residual moveout* positif sehingga *multiple* akan berada pada zona $P>0$. Dan *overcorrected event* berada pada zona *residual moveout* negatif. Oleh karena itu *picking mute* dilakukan pada daerah dengan nilai *moveout* berharga positif karena diyakini *multiple* berada pada daerah sekitar itu. Hal ini dikarenakan energi *multiple* memiliki kecepatan lebih rendah jika dibandingkan dengan kecepatan *primary* pada *semblance*, sehingga *multiple* akan mempunyai nilai *residual moveout* positif.



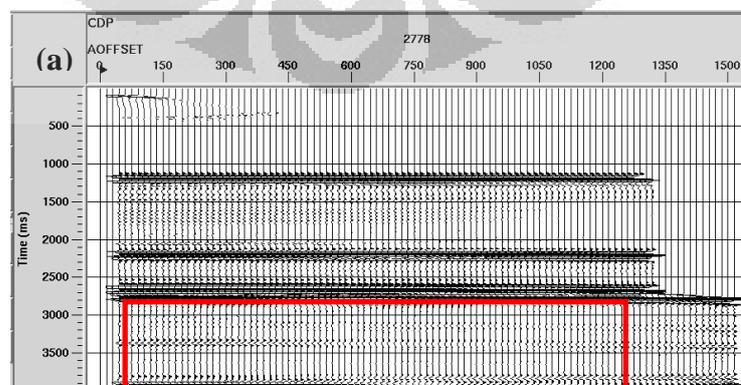
Gambar 4.9 Analisa radon pada CDP gather (a) sebelum analisis radon, (b) proses muting pada domain radon dan (c) setelah analisis radon

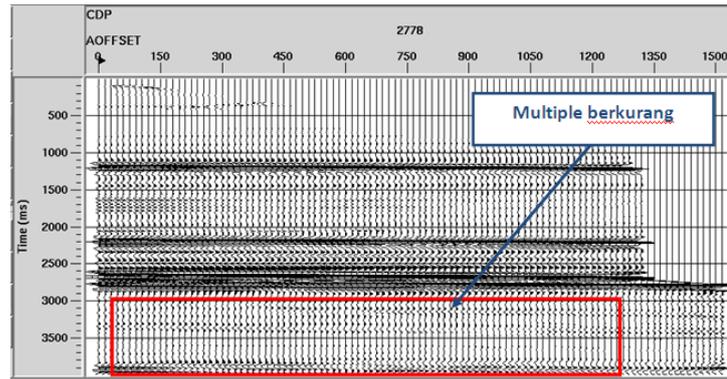


Gambar 4.10 Analisis radon pada supergather CRS, (a) input sebelum analisis radon, (b) muting pada domain radon, (c) setelah analisis radon.

Setelah proses *muting multiple* pada *Radon Analysis* telah dianggap cukup baik pada tiap-tiap CDP, maka akan dilakukan *Radon Filter* dengan masukan hasil *muting* dari proses *Radon Analysis* sebelumnya. *Radon Filter* secara umum digunakan untuk menekan *multiple* dengan meloloskan energi *primary*. Transformasi Radon dapat membedakan antara *primary* dan *multiple* berdasarkan pada *residual moveout* dari *near* hingga *far offset*. Bentuk parabolik dari transformasi Radon digunakan karena *multiple* masih mempunyai bentuk parabolik setelah dikoreksi NMO.

Multiple bisa dibedakan dari *primary* karena semakin besar *offset* akan terjadi perbedaan *moveout* antara keduanya. Sehingga gelombang *multiple* akan terlihat lebih jelas berbeda pada *far offset*. Dan pada spektrum kecepatan, *multiple* bisa dibedakan dari *primary* karena memiliki kecepatan yang lebih rendah.

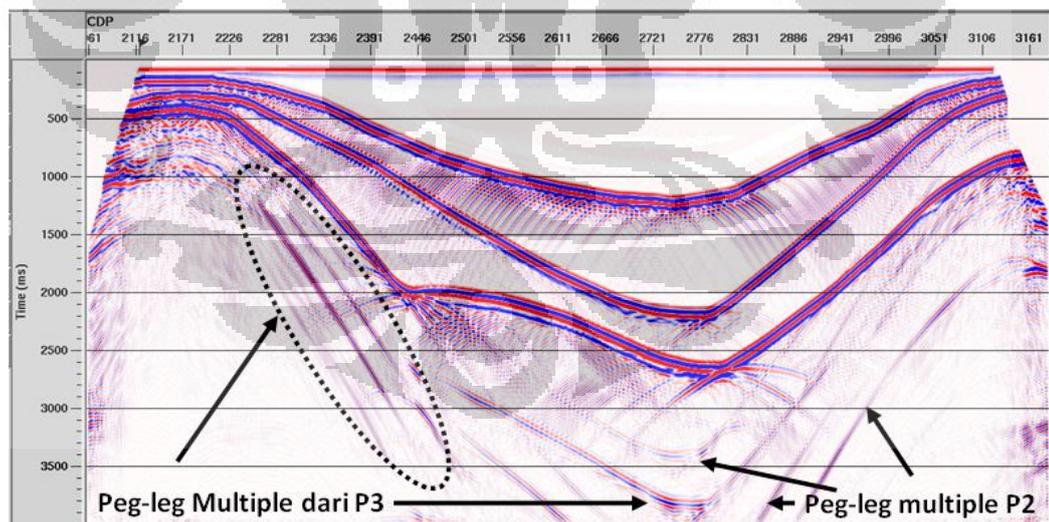


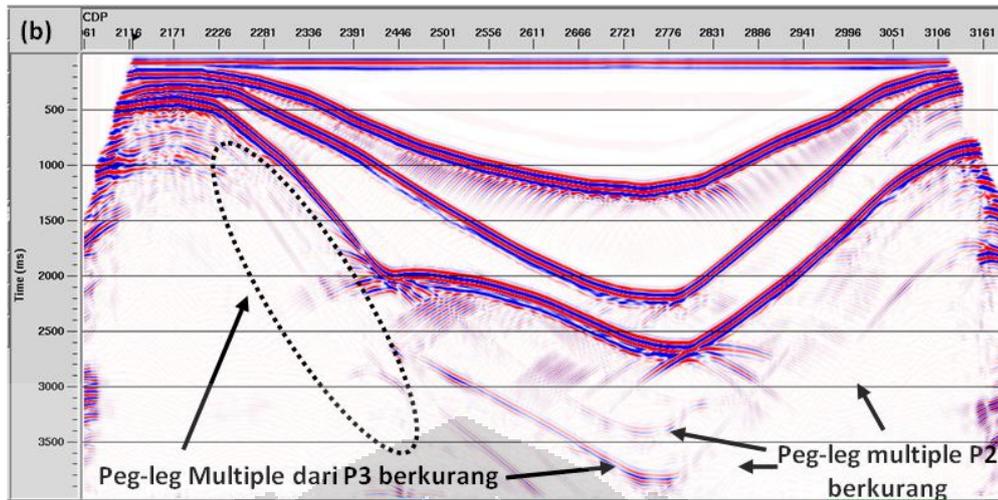


Gambar 4.11 *Supergather*, (a) sebelum dan, (b) setelah radon filtering

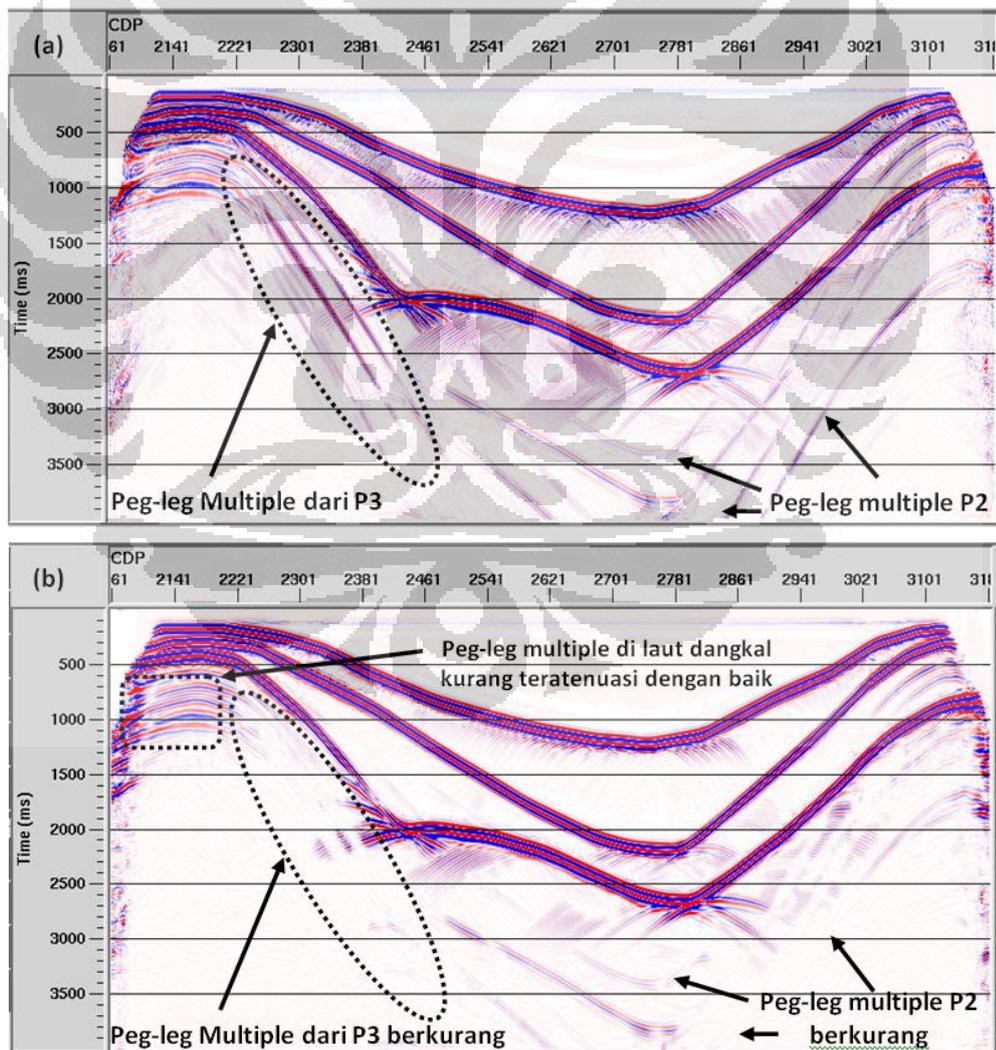
Pada gambar 4.9 dan gambar 4.10, terlihat pemisahan yang jelas antara *primary* dan *multiple*. Gradien kecepatan pada domain T-X adalah tak hingga untuk *event primary* setelah terkoreksi NMO, sehingga *primary* berada di sekitar $P=0$ pada domain radon. Sedangkan gradien kecepatan *multiple* masih memiliki nilai Δt terhadap *offset*, sehingga akan dipetakan pada daerah $P>0$.

Gambar 4.11 menunjukkan *supergather* CDP 2778 sebelum dan setelah radon filtering yang terkoreksi NMO. Terlihat bahwa *supergather* setelah radon filtering mengalami pelemahan *multiple* seperti yang ditunjukkan kotak merah.





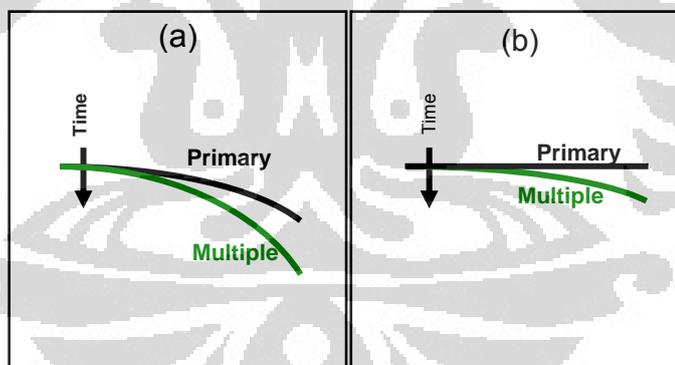
Gambar 4.12 Perbandingan CMP Stack, (a) sebelum dan, (b) setelah radon filtering



Gambar 4.13 Perbandingan penampang CRS Stack, (a) sebelum dan, (b) setelah analisis Radon

Pada penampang yang telah dikenakan *Radon filtering*, terlihat event *multiple* mengalami pelemahan walaupun masih memiliki *multiple* residu (gambar 4.12 dan 4.13). Hal ini menunjukkan bahwa *Radon filtering* mampu melemahkan *multiple*, namun kelemahan *Radon filtering* adalah tidak mampu membedakan *primary* dan *multiple* pada *near-offset* atau sekitar *zero-offset* pada domain T-X. Karena keterbatasan itu maka *Radon filtering* masih meninggalkan *multiple* residu terutama pada *near-offset*.

Metode *filtering* bekerja efektif ketika *multiple* dapat dibedakan dari sinyal primernya berdasarkan kepada *differential moveout*. Namun, metode ini gagal untuk data seismik *near-offset* (Yilmaz, 1989). Hal ini dikarenakan *differential moveout* berkurang pada *near-offset*, *inner mute* biasanya diaplikasikan untuk mengeliminasi beberapa *trace* pada range tersebut. Pada kasus *large water column*, hiperbola NMO cenderung flat sehingga dapat meningkatkan jumlah *near trace* yang terbuang. Tetapi karena trace-trace *near-offset* mempunyai resolusi tertinggi, terhapusnya trace-trace tersebut adalah solusi yang tidak optimal (Filpo dan Tygel, 1999).



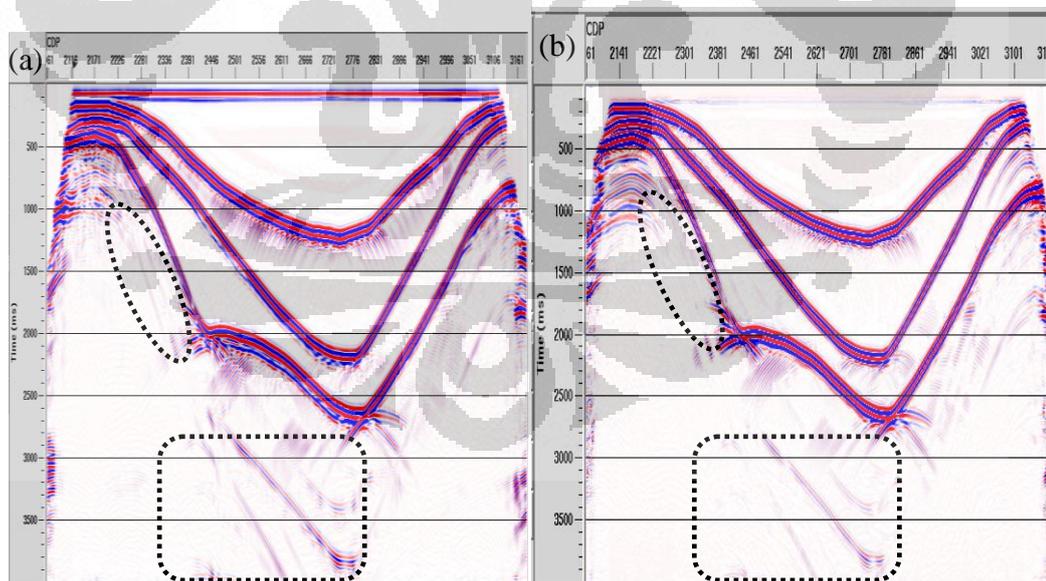
Gambar 4.14 ilustrasi *residual moveout multiple* dan *primary* (a) sebelum NMO dan (b) setelah NMO

Metode dekonvolusi menggunakan *periodicity multiple* dalam mengatenuasi *multiple* dan efektif untuk atenuasi *short-period multiple* yang terjadi pada reflektor dangkal. Metode *filtering* menggunakan *differential moveout* antara sinyal primer dan *multiple* yang terseparasi dalam domain $f-k$, dan domain radon. Metode *filtering* ($f-k$ dan *Radon*) dapat menekan *multiple* yang terjadi pada reflektor sedang hingga reflektor dalam, dimana *multiple* terseparasi dengan baik

dengan sinyal primernya (Xiao, 2003). Oleh karena itu, pada *CMP stack* dan *CRS stack* (gambar 4.15) yang telah dilakukan analisis radon masih menyisakan *multiple* pada reflektor-reflektor dangkal, *multiple-multiple* dangkal bisa diatasi dengan menggunakan atenuasi *multiple* metode dekonvolusi.

Metode *Radon Transform* dapat menekan *peg-leg multiple* yang timbul pada *moderate* hingga *deep water-bottom* dimana *peg-leg* terseparasi cukup baik dari sinyal primernya. Namun metode ini tidak dapat menekan *peg-leg multiple* pada *shallow water* dimana *peg-leg multiple* ini memiliki *differential moveout* yang kecil terhadap sinyal primernya.

Gambar 4.15 menunjukkan perbandingan penampang seismik yang telah dilakukan *radon filtering* antara *CMP stack* dan *CRS stack*. Selain memiliki event yang lebih menerus dan tajam, *peg-leg multiple* lebih teratenuasi dengan baik pada *CRS stack*. Hal ini dikarenakan bahwa pada *CRS stack* telah memakai analisa kecepatan supergather yang lebih baik daripada analisa kecepatan *CMP gather* pada proses *NMO*, sehingga antara *multiple* dan *primary* dapat terseparasi lebih baik.



Gambar 4.15 Perbandingan penampang radon filtering, (a) *CMP stack*, (b) *CRS stack*

Tabel 4.1 Perbandingan respon radon filtering

Event	Sebelum radon		Setelah radon	
	CMP	CRS	CMP	CRS
P1	Baik	Sangat Baik	Baik	Sangat Baik
P2	Baik	Sangat Baik	Baik	Sangat Baik
P3	Baik	Sangat Baik	Baik	Sangat Baik
M1	-	-	-	-
M2	Ada	Ada	Cukup Melemah	Melemah dengan baik
M3	Ada	Ada	Kurang melemah	Kurang melemah

Keterangan :

P1 : *Primary 1*

P2 : *Primary 2*

P3 : *Primary 3*

M1 : *Peg-leg Multiple 1*

M2 : *Peg-leg Multiple 2*

M3 : *Peg-leg Multiple 3*

Sangat Baik : Event menerus, jelas dan tanpa efek *smearing*

Baik : Event meneru, jelas tetapi masih terdapat efek *smearing*

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dari studi yang penulis kerjakan, didapat kesimpulan sebagai berikut:

1. Atenuasi *multiple* dengan menggunakan radon filter dapat diaplikasikan dengan cukup baik pada data seismik sintetik GM1, baik pada metode konvensional maupun pada metode CRS *stack*.
2. *Peg-leg multiple* dapat teratenuasi dengan baik pada daerah *marine* dengan *water bottom* yang dalam, tetapi kurang dapat mengatasi *peg-leg multiple* pada daerah laut dangkal.
3. Atenuasi *Multiple* dengan radon filter pada CRS *supergather* lebih baik daripada CMP *gather*.
4. Analisa kecepatan memiliki peranan dalam proses atenuasi *multiple* dengan analisis radon, pemilihan kecepatan NMO yang tepat sangat diperlukan untuk mengidentifikasi *multiple* dan *primary* berdasarkan perbedaan *moveout* setelah dilakukan proses NMO.
5. Metode CRS *stack* dapat meningkatkan *signal to noise ratio*, karena metode ini menggunakan lebih banyak data dibandingkan dengan metode *stacking* konvensional.

5.2. Saran

Berdasarkan pengalaman penulis selama melakukan penelitian ini, ada beberapa yang dapat dijadikan saran dalam peningkatan hasil pengolahan data pada studi selanjutnya, yakni:

1. Diperlukan ketelitian dalam *picking velocity* sebagai masukan untuk analisis radon.
2. Untuk mendapatkan hasil yang optimal maka perlu dilakukan proses atenuasi *multiple* dengan *predictive deconvolution* untuk mengatasi *short-period multiple*, dan metode SRME sebagai pembandingnya.
3. Studi ini sebaiknya diaplikasikan juga pada data seismik real.

DAFTAR ACUAN

- Abdullah, Agus, 2010, *Ensiklopedia Seismik Online*, 1 Februari 2010, <http://ensiklopediseismik.com>
- Alvarez, Gabriel, 2001, *Multiple Suppression with Land Data: A Case Study*, Stanford Exploration Project, Report 108.
- Anggraeni, P., 2008, *Metode Zero Offset Common Reflection Surface : Aplikasi pada Data Sintetik dan Data Real*, Tesis S-2, ITB, Bandung.
- Berndt, C. dan Moore, G.F., 1999, *Dependence of multiple-attenuation techniques on the geologic setting: A case study from offshore Taiwan: The Leading Edge*, **18**, 74–80.
- Cao, Zhihong, 2006, *Analysis and Application of the Radon Transform*, University of Calgary.
- Filpo, E. dan Tygel, M., 1999, *Deep-water multiple suppression in the near-offset range: The Leading Edge*, **18**, 81–84.
- Haris, Abdul, 2006, *Seismik Eksplorasi*, Program Studi Geofisika UI, Depok.
- Jager, Rainer, 1999, *The Common Reflection Surface : Theory and Application*, Master Thesis, Geophysical Institute, University of Karlsruhe.
- Levin, F. K, 1971, *Apparent Velocity from Dipping Interface Reflections*, *Geophysics*, **36**, 510 – 516.
- Hertweck, T., Schleicher, J., Mann, J., 2007, *Data Stacking beyond CMP*, *The Leading Edge*, July, 818-827.
- Hubral, P., and Krey, T., 1980, *Interval Velocities from Seismic Reflection Time Measurement*, Society of Exploration Geophysics.
- Mann, J., 2002, *Extensions and Applications of the Common-Reflection-Surface Stack Method*, Geophysical Institute, University of Karlsruhe.
- Mann, J., Hubral, P., Hocht, G., and Jager, R., 1999, *Common Reflection Surface Stack Method – Seismic Imaging without Explicit Knowledge of The Velocity Model*, Der Andere Verlag Badlburg.
- Russel, B., Hampson, D., dan Chun, J., 1990, *Noise Elimination and The Radon Transform: The Leading Edge*.

- Sismanto, 1996, *Pengolahan Data Seismik Modul 2*, Prodi Geofisika Jurusan Fisika, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Taufiqurrahman, 2009, *Pengolahan Data Seismik Menggunakan Metode Zero Offset-Common Reflection Surface Stack*, Skripsi S-1, ITB, Bandung.
- Vieth, K.U, 2001, *Kinematic Wavefield Attribut in Seismic Imaging*, University of Karlsruhe.
- Xiao et al. 2003, *Multiple suppression: A literature review*. CREWES Research Report- Volume 15.
- Yilmaz, Oz, 1987, *Seismik Data Processing*, Society of Exploration Geophysicists, Tulsa.

