



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**PENGUNAAN CRS *GATHER* UNTUK MENINGKATKAN  
AKURASI MODEL MULTIPLE SRME**

**SKRIPSI**

**ICHWAN SATRIO DWI B**

**0706262426**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
PROGRAM STUDI FISIKA  
DEPOK  
MEI 2012**



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**PENGGUNAAN CRS *GATHER* UNTUK MENINGKATKAN  
AKURASI MODEL MULTIPLE SRME**

**SKRIPSI**

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana sains**

**ICHWAN SATRIO DWI B**

**0706262426**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
PROGRAM STUDI FISIKA  
PEMINATAN GEOFISIKA  
DEPOK  
MEI 2012**



## HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

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

Nama : Ichwan Satrio Dwi B

NPM : 0706262426

Tanda Tangan :



Tanggal : 7 Mei 2012

## HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh

Nama : Ichwan Satrio Dwi B  
NPM : 0706262426  
Program Studi : Fisika  
Judul Skripsi : Penggunaan CRS *Gather* untuk Meningkatkan Akurasi Model Multipel SRME


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 I : Dr. Eng. Supriyanto, Msc



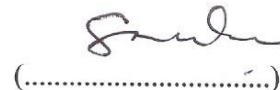
Pembimbing II : Ir. Bambang Avianthara, MT



Penguji I : Dr. Dede Djuhana, M.Si



Penguji II : Ir. Hasan Nurudin, MT



Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 7 Mei 2012

## KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr.Wb.

*Bismillahirrohmaanirrohiim,*

Segala puji dan syukur senantiasa penulis panjatkan kepada Allah SWT, Tuhan semesta alam, yang telah memberikan rahmat, karunia dan, hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini, serta diberi kesempatan untuk dapat menuangkan buah pikiran hasil dari penelitian yang dilakukan kedalam skripsi ini. Shalawat serta salam semoga senantiasa tercurah kepada junjungan kita Nabi Muhammad SAW beserta keluarga, sahabat, dan umatnya yang setia dalam mengikuti sunah beliau hingga akhir zaman.

Laporan tugas akhir ini merupakan hasil penelitian yang telah dilakukan penulis di PT. Elnusa, Divisi Geodata *Processing* mengenai pengolahan data seismik. Penulisan skripsi ini ditujukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana sains di pendidikan tingkat sarjana, pada Program Studi Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia. Hal ini juga sekaligus sebagai sarana penulis untuk menimba ilmu dan menambah pengalaman kerja yang sangat berharga sehingga penulis berharap ilmu dan pengalaman tersebut dapat berguna di bidang eksplorasi migas.

Penulis juga menyadari bahwa terlaksananya tugas akhir ini juga tidak lepas dari dukungan dan bantuan berbagai pihak yang telah memberikan dukungan berupa kontribusi ilmiah, moril dan materil baik secara langsung maupun tidak langsung. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada :

- 1) kedua orang tua, kakak, dan adik tercinta yang selalu memberikan doa, semangat, dukungan serta kasih sayang hingga saat ini;
- 2) Bapak Dr. Eng Supriyanto, Msc selaku pembimbing yang telah banyak meluangkan waktunya, tenaga, dan pikiran untuk memberikan bimbingan dan pengarahan selama penyusunan tugas akhir ini;
- 3) Bapak Ir. Bambang Avianthara, MT, selaku pembimbing tugas Akhir di PT. Elnusa Geosains, yang telah memberikan kesempatan penulis untuk melakukan penelitian ini, serta bimbingan, saran, dan masukan dari mulai

proses diskusi awal, data penelitian, dan tahapan pengolahan sehingga tugas akhir ini dapat selesai;

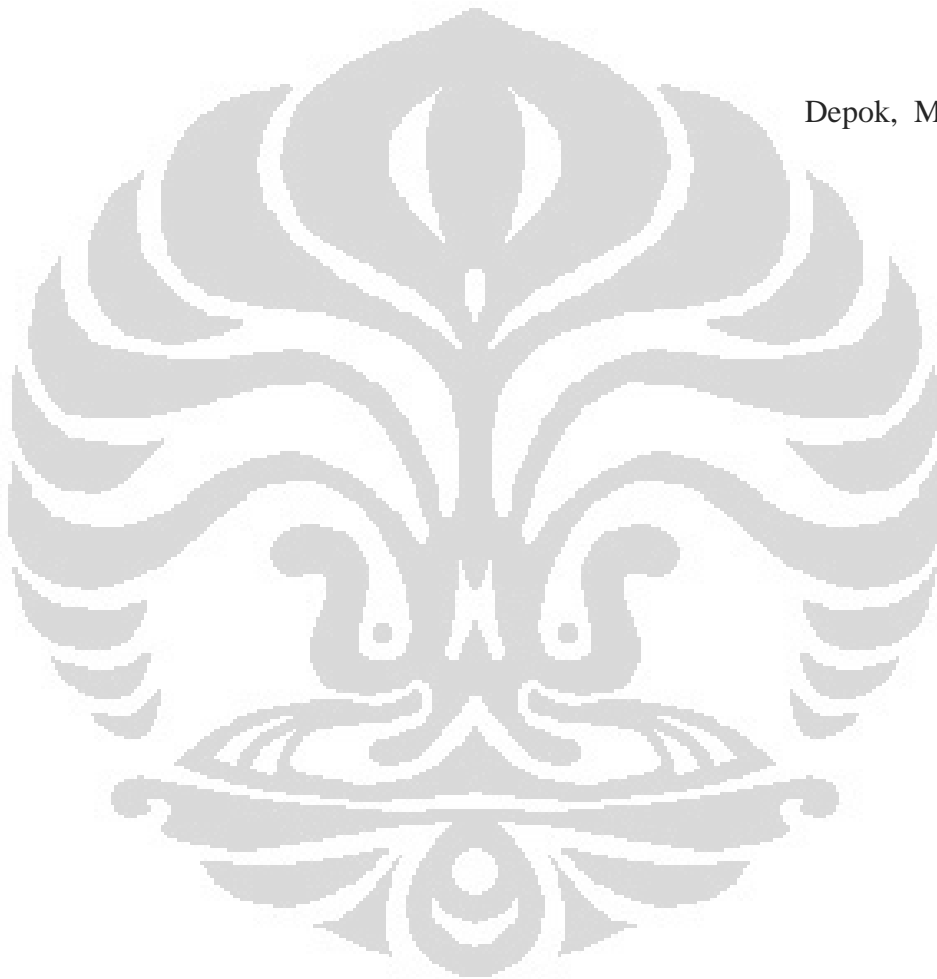
- 4) Bapak Dr. Dede Djuhana dan Bapak Ir. Hasan Nurudin, MT, selaku penguji pada penelitian ini atas segala saran dan masukan yang telah diberikan;
- 5) Mas Amri Widyatmoko selaku pembimbing teknis yang telah meluangkan waktunya untuk memberikan bimbingan dan pengarahan teknis dalam setiap proses diskusi selama pengerjaan penelitian ini;
- 6) Bapak Siswoyo yang juga banyak membantu penulis dalam mengatasi kesulitan yang penulis hadapi selama penelitian ini. Terima kasih juga kepada seluruh karyawan PT. Elnusa, divisi Geodata *Processing* lantai 14 yang telah membantu penulis selama mengerjakan penelitian ini;
- 7) Seluruh keluarga besar Departemen Fisika UI, seluruh dosen, karyawan (Mba Ratna, Pak Mardi, dll) dan rekan lainnya yang tidak dapat disebutkan satu-persatu atas segala bantuan, dan informasi yang telah diberikan;
- 8) Try Rachmaputra yang juga merupakan rekan tugas akhir di Elnusa atas segala bantuan dan kerja samanya, serta sahabat satu bimbingan: Tajudin Noor, Rino Isma, Kak Ari, Mas lilik, dan Mbak Tita yang telah berbagi semangat dan do'a selama penyusunan tugas akhir ini;
- 9) keluarga besar Fisika UI 07 yang selalu kompak dalam segala hal, teman-teman peminatan geofisika 07, rekan-rekan 'Laskar 5' atas kebersamaannya selama lima tahun terakhir, dan sahabat 'workshop' yang senantiasa memberikan dukungan dan hiburan untuk penulis;
- 10) rekan- rekan di Lab. (Tim G7) Piril, Siska, Ica, Ina, Diana, Khoiron, Santi, atas kerja sama & proses diskusinya selama ini, sehingga banyak sekali pengetahuan seputar geofisika yang penulis dapatkan;
- 11) teman-teman senior '06,'05,'04 serta para junior '08,'09,'10 fisika UI yang banyak memberikan pengalaman yang berwarna selama penulis kuliah di fisika UI; dan
- 12) semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu, terima kasih banyak atas dukungannya.

Semoga Allah membalas jasa semua pihak tersebut dengan sebaik-baiknya. Penulis juga menyadari bahwa laporan ini masih jauh dari sempurna, oleh karena itu perlulah kiranya saran dan kritik yang membangun demi perbaikan pada masa mendatang. Akhir kata, semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi penulis pribadi maupun bagi yang membacanya.

Wassalamualaikum Wr. Wb.

Depok, Mei 2012

Penulis



**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI  
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

---

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

Nama : Ichwan Satrio Dwi B  
NPM : 0706262426  
Program Studi : Fisika S1 Reguler  
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 :

**PENGGUNAAN CRS *GATHER* UNTUK MENINGKATKAN AKURASI  
MODEL MULTIPLE SRME**

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 : 7 Mei 2012

Yang menyatakan,



(Ichwan Satrio Dwi B)

## ABSTRAK

Nama : Ichwan Satrio Dwi B  
Program Studi : Fisika  
Judul : Penggunaan CRS *Gather* untuk Meningkatkan Akurasi Model Multipel SRME

Metode yang digunakan untuk menekan keberadaan multipel cukup banyak, tetapi terkadang masih sangat sulit untuk memisahkan multipel dengan sinyal primer, khususnya pada kasus laut dalam. Berbeda dengan metode atenuasi multipel yang lain, *surface related multiple elimination* (SRME) merupakan metode yang menggunakan algoritma untuk memprediksi multipel permukaan, dan tidak membutuhkan informasi mengenai bawah permukaan. Untuk mendapatkan prediksi multipel yang akurat, data seismik sebaiknya bebas dari *noise* dan memiliki kemenerusan reflektor yang baik. Salah satu metode untuk meningkatkan kualitas *image* dari data seismik adalah metode CRS. Pengolahan CRS memiliki kelebihan dalam menghasilkan rasio S/N yang lebih baik sehingga memudahkan dalam melakukan identifikasi *event* refleksi, baik itu sinyal primer maupun multipel. Pada penelitian ini, CRS *gather* yang dihasilkan dari metode CRS digunakan untuk membuat model multipel SRME. CRS *gather* dapat membantu mengidentifikasi multipel, karena sinyal primer dan multipel menjadi lebih jelas. Pada proses *adaptive subtraction*, CMP *gather* menjadi data masukan untuk disubtraksi dengan model mutipel dari CRS *gather*, sehingga data tersebut masih *preserve*. Hasil akhir pada penelitian ini menunjukkan bahwa CRS *gather* dapat menghasilkan model multipel yang lebih akurat dibandingkan model multipel konvensional. Kombinasi metode CRS dan SRME sangat membantu dalam menekan keberadaan multipel khususnya pada data seismik laut dalam.

Kata kunci : CRS, Multipel, SRME  
xvi + 71 halaman ; 41 Gambar; 3 tabel  
Daftar Acuan : 19 (1987-2010)

## ABSTRACT

Name : Ichwan Satrio Dwi B  
Study Program : Physics  
Title : The Use of CRS Gather to Improve Accuracy of SRME Multiple Model

Many methods have actually been to suppress multiples but sometimes very difficult to discriminate from primaries, especially in case of deep water. Unlike other methods, surface related multiple elimination (SRME) is an algorithm that predicts all surface multiples and doesn't rely on assumptions about the subsurface. To obtain an accurate prediction of multiples, the seismic data should be free of noise and has clean reflector continuity. One of method to improve imaging seismic data is CRS method. CRS processing provides advantage to a significantly better signal to noise ratio that makes it easier the identification of reflection events, both primaries and multiples. In this study, CRS gather which generated from CRS method that used to make SRME multiple models. CRS gather can help to identify multiple, because primaries and multiples become more pronounced. In adaptive subtraction process, original CMP gather become input data to be subtracted with multiple model from CRS gather and it means that the data is preserved. In final result, CRS gather could make multiples model in more accurate and be easily identified than previous multiple model of prior method. Combination CRS method and SRME was very useful to suppressed multiples especially in the deep water area.

Keywords : CRS, Multiples, SRME  
xvi + 71 pages ; 41 figures; 3 tables  
Bibliography : 19 (1987-2010)

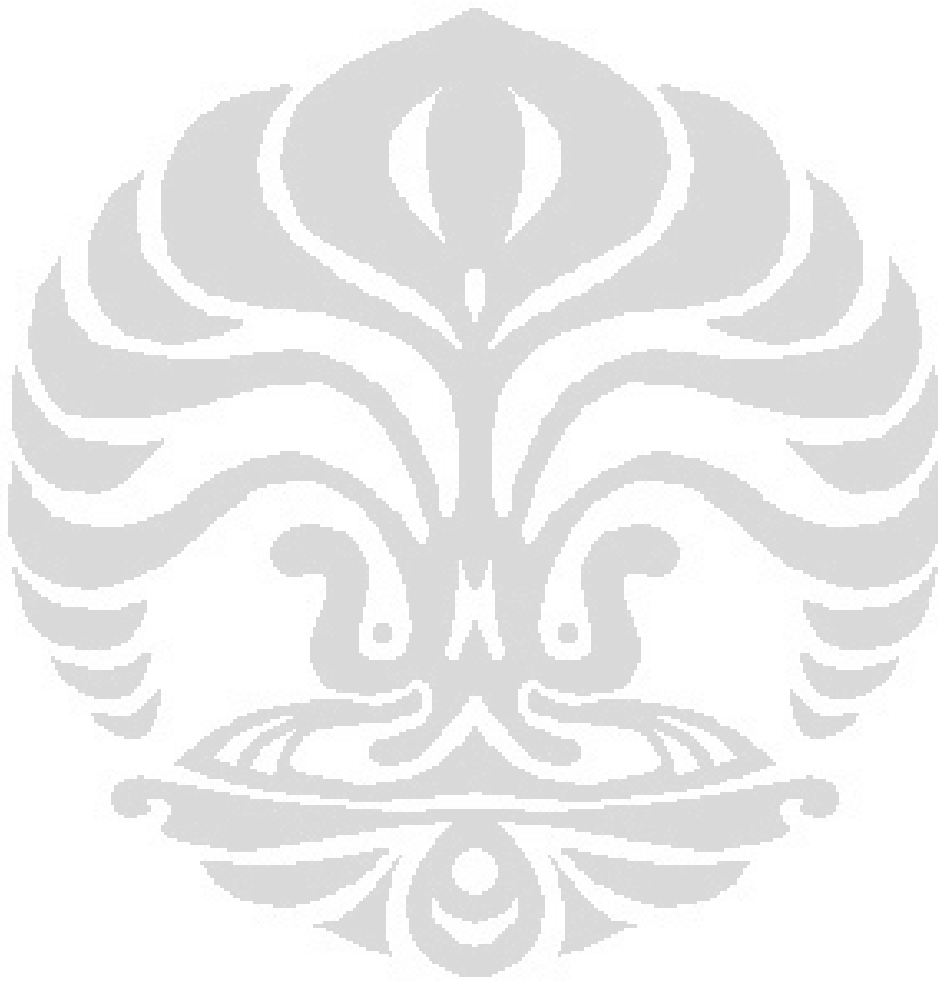


## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS .....	ii
HALAMAN PENGESAHAN .....	iii
KATA PENGANTAR .....	iv
LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH .....	vii
ABSTRAK .....	viii
ABSTRACT .....	ix
DAFTAR ISI .....	x
DAFTAR GAMBAR .....	xiii
DAFTAR TABEL .....	xvi
<b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Perumusan Masalah .....	2
1.3 Pembatasan Masalah .....	2
1.4 Tujuan Penelitian .....	2
1.5 Sistematika Penulisan .....	3
<b>BAB II DASAR TEORI.....</b>	<b>5</b>
2.1 Prinsip Metode Seismik dan Pengolahan Data Seismik .....	5
2.2 Pengolahan Data Seismik secara Konvensional .....	6
2.2.1 Sorting <i>CMP Gather</i> .....	7
2.2.2 Analisis Kecepatan.....	8
2.2.3 Koreksi <i>Normal Move Out</i> .....	9
2.2.4 <i>CMP Stack</i> .....	10
2.3 Metode <i>Common Reflection Surface (CRS)</i> .....	10
2.3.1 Atribut <i>Wavefield Kinematik CRS</i> .....	12
2.3.2 <i>CRS Stacking Surface</i> .....	14
2.3.3 Proses Pencarian Atribut CRS .....	16
2.4 Refleksi <i>Primary</i> dan <i>Multiple Noise</i> .....	17

2.5 Penyebab Terjadinya Multipel .....	20
2.6 <i>Surface Related Multiple Elimination (SRME)</i> .....	21
2.6.1 Proses SRME dan Pemodelan Multipel .....	22
2.6.2 <i>Least-Square Adaptive Subtract</i> .....	24
2.7 Metode Radon Demultipel .....	26
2.7.1 Transformasi Radon Parabolik.....	28
<b>BAB III DATA DAN PENGOLAHAN .....</b>	<b>30</b>
3.1 Metode Penelitian .....	30
3.2 Data Masukan .....	32
3.3 Perangkat .....	33
3.4 Pengolahan Data.....	33
3.4.1 Persiapan Data <i>Multicovered</i> .....	33
3.4.2 Atenuasi Multipel dengan Proses Konvensional.....	34
3.4.2.1 <i>Preconditioning Data</i> .....	34
3.4.2.2 Pembuatan Model Multipel SRME.....	35
3.4.2.3 <i>Adaptive Subtraction</i> .....	35
3.4.2.4 Penekanan Multipel Menggunakan Transformasi Radon.....	36
3.4.3 Pemodelan Atenuasi Multipel dengan Proses CRS .....	38
3.4.3.1 Pencarian Parameter CRS .....	38
3.4.3.2 Regeometri CRS <i>Gather</i> .....	41
3.4.4 Atenuasi Multipel Menggunakan Model CRS <i>Gather</i> .....	44
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>46</b>
4.1 Atenuasi Multipel dengan Proses Konvensional.....	46
4.2 Atenuasi Multipel dan Pemodelan Multipel dari Proses CRS.....	52
4.2.1 Pemilihan Parameter CRS.....	52
4.2.2 Perbandingan CMP <i>Gather</i> dan CRS <i>Gather</i> .....	57
4.2.3 Perbandingan Model Multipel CMP <i>Gather</i> dan CRS <i>Gather</i> .....	58
4.2.4 Atenuasi Multipel Menggunakan Model CRS <i>Gather</i> .....	60

4.3 Perbandingan Hasil <i>stack</i> dan Analisis Multipel.....	62
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>69</b>
5.1 Kesimpulan .....	69
5.2 Saran.....	69
<b>DAFTAR ACUAN .....</b>	<b>70</b>



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.	Sketsa Survey Seismik Laut.....	5
Gambar 2.2.	Konfigurasi CMP <i>Gather</i> .....	7
Gambar 2.3.	Prinsip Dasar NMO yang dilakukan untuk Proses <i>Stacking</i> .....	9
Gambar 2.4.	(a) Sebelum Koreksi NMO .....	9
	(b) Model Kecepatan yang Tepat.....	9
	(c) Kecepatan Terlalu Rendah.....	9
	(d) Kecepatan Terlalu Tinggi .....	9
Gambar 2.5.	Proses <i>Stacking</i> Setelah Koreksi NMO .....	10
Gambar 2.6.	(a) Kumpulan Ray CMP <i>Gather</i> .....	12
	(b) Detail Titik Refleksi CMP <i>Gather</i> .....	12
Gambar 2.7.	Penggambaran Gelombang NIP dan Gelombang Normal .....	13
Gambar 2.8.	<i>Curvature</i> Gelombang Normal dan NIP .....	14
Gambar 2.9.	Perbedaan Permukaan Operator <i>Stacking</i> .....	15
	(a) <i>Stacking</i> NMO/DMO.....	15
	(b) CRS <i>Stacking Surface</i> .....	15
Gambar 2.10.	Jenis Multipel Berdasarkan <i>Raypath</i> .....	19
Gambar 2.11.	Contoh Multipel Pada Penampang Seismik.....	19
Gambar 2.12.	Konsep Refleksi Multipel.....	20
Gambar 2.13.	Tahapan pada Metode SRME .....	21
Gambar 2.14.	Proses Komputasi Pembuatan Model Multipel.....	23
Gambar 2.15.	<i>Iterative Prediction</i> dan Subtraksi Multipel.....	26
Gambar 2.16.	(a) Pemetaan <i>Event</i> dari Domain $t-x$ ke Domain $\tau-\rho$ .....	27
	(b) Contoh Aplikasi Transformasi $\tau-p$ untuk Data Real .....	27
Gambar 3.1.	Diagram Alur Metodologi Penelitian.....	30
Gambar 3.2.	Alur Metodologi Atenuasi Multipel pada Proses Konvensional. ....	31
Gambar 3.3.	Alur Metodologi Atenuasi Multipel pada Proses CRS .....	32
Gambar 3.4.	Data CMP <i>Gather</i> yang Menjadi Data Masukan .....	34
Gambar 3.5.	Parameter pada Proses Radon Demultipel .....	36
Gambar 3.6.	(a) <i>Gather</i> Sebelum dilakukan Radon Demultipel.....	37

(b) <i>Gather</i> Setelah dilakukan Radon dengan DTCUT 200.....	37
(c) DTCUT 400 .....	37
(d) DTCUT 600.....	37
Gambar 3.7. Diagram Alur Pencarian Atribut CRS.....	39
Gambar 3.8. Alur Penentuan Parameter CRS untuk Mendapatkan Penampang Inisial yang Paling Optimum .....	40
Gambar 3.9. Konfigurasi Perbedaan Geometri CMP dan <i>offset</i> dari kedua <i>Gather</i> .....	42
Gambar 3.10. Perbandingan CRS <i>Gather</i> Sebelum dan Setelah dilakukan Proses Regeometri.....	43
Gambar 3.11. CMP <i>Gather</i> (kiri) dan CRS <i>Gather</i> (kanan).....	44
Gambar 4.1. (a) Data Masukan .....	46
(b) Model Multipel SRME.....	46
(c) Data Keluaran Setelah diaplikasikan Metode SRME.....	46
Gambar 4.2. Penampang <i>Stack</i> .....	48
(a) Sebelum dilakukan SRME.....	48
(b) Setelah dilakukan SRME .....	48
Gambar 4.3. <i>Gather</i> .....	49
(a) Sebelum dan.....	49
(b) Sesudah dilakukan Radon Demultipel .....	49
Gambar 4.4. Penampang <i>Stack</i> Seismik.....	50
(a) Sebelum dan.....	50
(b) Setelah dilakukan Metode SRME dan Radon Demultipel ...	51
Gambar 4.5. Penampang Seismik CRS <i>Stack</i> dengan Menggunakan Parameter <i>Angle</i> .....	53
(a) $-30^{\circ}$ & $30^{\circ}$ .....	53
(b) $-45^{\circ}$ & $45^{\circ}$ .....	53
Gambar 4.6. Penampang Seismik CRS <i>Stack</i> dengan Parameter <i>Maximum Aperture</i> .....	54
(a) 750 .....	54
(b) 650 .....	54
(c) 550 .....	55

(d) 450 .....	55
Gambar 4.7. Penampang Seismik CRS <i>Stack</i> dengan Parameter <i>Ndips</i> .....	56
(a) 1 .....	56
(b) 2, dan .....	56
(c) <i>Ndips</i> 3 .....	56
Gambar 4.8. Perbandingan antara CMP <i>Gather</i> (kiri) dan CRS <i>Gather</i> (kanan)	58
Gambar 4.9. Perbandingan Model Multipel Konvensional dan CRS .....	59
Gambar 4.10. Perbandingan <i>Gather</i> dari <i>Input</i> SRME(kiri), Model Multipel CRS(tengah), dan <i>Output</i> SRME(kanan) pada CMP 3892 .....	60
Gambar 4.11. Perbandingan <i>Gather</i> .....	61
(a) Sebelum dan .....	61
(b) Sesudah dilakukan Radon .....	61
Gambar 4.12. Hasil Penampang <i>Stack</i> dan Spektrum Frekuensi dari .....	63
(a) Data Masukan .....	62
(b) Atenuasi Multipel Proses Konvensional .....	63
(c) Penampang <i>Stack</i> dari Proses Atenuasi Multipel Menggunakan Model CRS .....	63
Gambar 4.13. Analisis Multipel pada Penampang <i>Stack</i> .....	65
(a) Data Masukan .....	65
(b) Setelah dilakukan Atenuasi Multipel (Model Konvensional )	65
(c) Setelah dilakukan Atenuasi Multipel Menggunakan Model Multipel CRS .....	66
Gambar 4.14. Perbandingan Model Multipel CMP <i>Gather</i> dan CRS <i>Gather</i> pada CMP 5052 .....	68

## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1. Informasi <i>Header</i> Data Seismik.....	32
Tabel 3.2. Informasi Parameter CRS yang dilakukan pada Penelitian .....	40
Tabel 4.1. Parameter CRS yang digunakan .....	55



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Kegiatan eksplorasi hidrokarbon pada metode seismik dikelompokkan dalam tiga tahapan, yaitu akuisisi data seismik, pengolahan data seismik, dan interpretasi data seismik. Dari ketiga tahapan tersebut, pengolahan data seismik memiliki peran yang sangat penting, yaitu untuk meningkatkan kualitas sinyal data seismik secara maksimal sehingga dihasilkan penampang seismik yang mendekati geologi bawah permukaan yang sebenarnya.

Pada saat akuisisi data seismik laut, banyak terdapat *noise* yang membuat gambaran bawah permukaan menjadi tidak jelas. Salah satu jenis *noise* yang sering ditemukan pada data seismik laut adalah *noise* multipel. Keberadaan *noise* multipel sampai saat ini masih menjadi permasalahan utama pada tahap pengolahan data seismik laut, karena energi multipel menyebabkan energi dari gelombang primer menjadi tidak fokus, sehingga sulit dibedakan antara gelombang primer dengan multipel. Padahal model dasar dalam pengolahan data seismik berasumsi bahwa data refleksi hanya mengandung sinyal primer (Hill et al., 1999). Oleh karena itu, dibutuhkan metode yang tepat untuk menekan keberadaan *noise* multipel.

Salah satu metode yang digunakan untuk menekan dan mengatenuasi keberadaan multipel adalah metode *surface related multiple elimination* (SRME). Metode SRME merupakan metode yang cukup efektif untuk melakukan penekanan multipel pada data seismik laut karena dapat memprediksi keberadaan multipel dengan membuat model multipel dari data seismik (Verschuur et al., 1992). Metode SRME dapat bekerja dengan optimal pada data seismik yang memiliki kualitas *image* atau kemenerusan reflektor yang jelas.

Metode *common reflection surface* (CRS) memiliki rasio S/N dari data seismik yang lebih baik jika dibandingkan dengan *CMP gather original* (Baykulov and Gajewski, 2009), sehingga memudahkan dalam mengidentifikasi *event* refleksi baik itu gelombang primer maupun multipel.



Kelebihan dari metode CRS tersebut dimanfaatkan pada penelitian ini untuk memodelkan multipel yang terdapat pada data seismik yang digunakan, sehingga keberadaan multipel pada data seismik dapat diidentifikasi dengan jelas. Kombinasi yang tepat antara metode CRS dengan metode SRME diharapkan dapat menjadi solusi untuk menghasilkan model multipel yang lebih akurat sehingga dapat menekan keberadaan multipel pada data seismik laut.

## 1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka masalah yang dirumuskan dalam penelitian ini adalah teknik pembuatan model multipel SRME dengan menggunakan metode *common reflection surface* (CRS), sehingga didapatkan model multipel yang lebih akurat pada metode SRME.

## 1.3 Pembatasan Masalah

Batasan masalah dalam penyusunan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Data seismik yang digunakan adalah data *real* seismik laut 2D yang telah dilakukan *sorting* kedalam CMP.
2. Metode *common reflection surface* (CRS) yang dilakukan pada penelitian ini untuk mendapatkan salah satu atribut CRS yaitu CRS *gather*.
3. Pembuatan model multipel SRME pada penelitian ini menggunakan data masukan dari CRS *gather* dan CMP *gather* sebagai pembanding.
4. Hasil yang diharapkan berupa penampang *stack* seismik yang memiliki *S/N ratio* tinggi.
5. Pembahasan pada penelitian ini difokuskan pada perbandingan antara hasil penampang *stack* yang menggunakan model multipel dari CMP *gather* dan model multipel dari CRS *gather*.

## 1.4 Tujuan Penelitian

Tugas akhir ini bertujuan untuk :

1. Melakukan atenuasi multipel yang lebih baik dari metode konvensional pada pengolahan data seismik laut dalam.

2. Memanfaatkan *gather* yang dihasilkan pada metode CRS (*CRS gather*) untuk mendapatkan model multipel SRME.
3. Menganalisa efek digunakannya *CRS gather* untuk mendapatkan model multipel SRME.
4. Membandingkan hasil pengolahan data seismik yang menggunakan model multipel dari *CMP gather* dengan model multipel yang didapatkan dari *CRS gather*.

### **1.5 Sistematika Penulisan**

Sistematika pada penulisan ini dibagi menjadi 5 bab, yang masing-masing terdiri dari beberapa sub-bab untuk mempermudah penjelasan. Penulisan bab tersebut dilakukan sebagai berikut :

#### **BAB I. PENDAHULUAN**

Pada bab ini berisi tentang penjelasan secara umum mengenai latar belakang permasalahan, perumusan masalah, pembatasan masalah, tujuan penelitian, dan sistematika penulisan.

#### **BAB II. DASAR TEORI**

Pada bab ini penulis menguraikan teori dasar yang digunakan pada penelitian ini sebagai landasan penyusunan tugas akhir ini.

#### **BAB III. DATA DAN PENGOLAHAN**

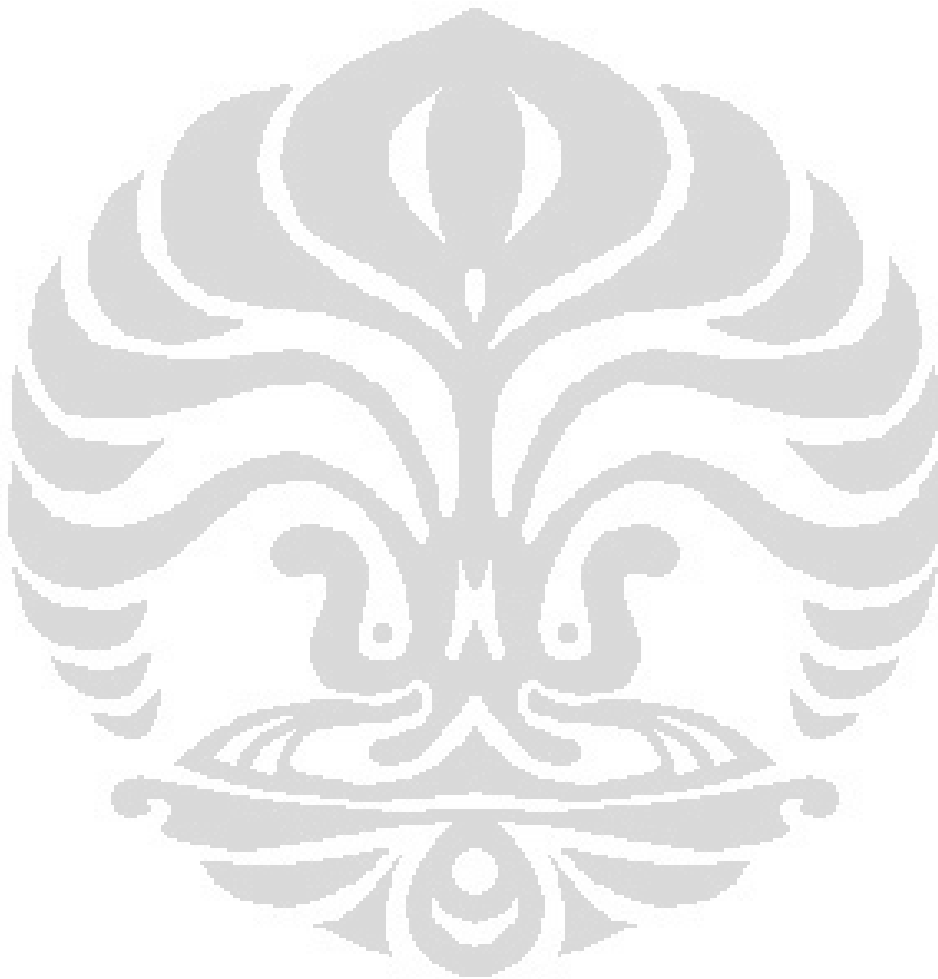
Bab ini berisi tahapan keseluruhan metode yang dilakukan pada penelitian ini, mulai dari persiapan data sampai pengolahan data agar siap untuk dianalisis.

#### **BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN**

Bab ini merupakan pemaparan dari hasil penelitian yang telah dilakukan dan berbagai analisa yang mendukung hasil tersebut.

## BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN

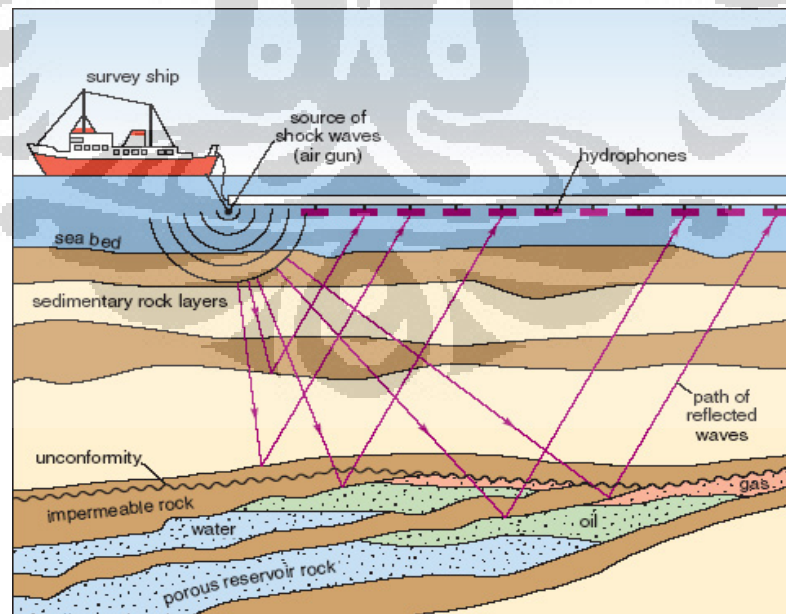
Pada bab ini penulis membuat kesimpulan terhadap penelitian yang telah dilakukan, ditambahkan saran-saran yang berguna untuk pengembangan penelitian lebih lanjut.



## BAB II DASAR TEORI

### 2.1 Prinsip Metode Seismik dan Pengolahan Data Seismik

Metode seismik merupakan metode yang biasa digunakan dalam kegiatan eksplorasi migas. Dengan metode ini, kita dapat memperoleh informasi mengenai struktur lapisan yang ada di bawah permukaan bumi. Prinsip metode seismik yaitu dengan memanfaatkan gelombang *elastik* yang merambat dibawah permukaan bumi. Kualitas data seismik yang baik akan sangat membantu dalam proses interpretasi struktur bawah permukaan. Untuk mendapatkan kualitas dari data seismik yang lebih baik, diperlukan proses pengolahan data seismik yang tepat dan sesuai dengan kondisi dari bawah permukaan. Secara umum kegiatan seismik eksplorasi dibagi menjadi tiga tahapan yaitu akuisisi data seismik, pengolahan data seismik, dan interpretasi data seismik. Pada bab ini akan lebih difokuskan pada pengolahan data seismik, dimana tujuan akhir dari pengolahan data seismik adalah mendapatkan penampang seismik yang memiliki rasio S/N yang tinggi.



Gambar 2.1. Sketsa Survey Seismik Laut

[OpenLearn LabSpace, 2010]

## 2.2 Pengolahan Data seismik secara Konvensional

Pengolahan data seismik secara konvensional merupakan pengolahan dengan tahapan yang biasa dilakukan pada pemrosesan data seismik. Menurut Yilmaz (1987) secara garis besar, pengolahan data seismik dibagi menjadi tiga tahapan utama, yaitu:

### a) Dekonvolusi

Dekonvolusi adalah suatu proses untuk merancang wavelet seismik untuk mendapatkan estimasi dari reflektifitas lapisan bumi. Dekonvolusi berguna untuk meningkatkan resolusi temporal dari data seismik. Gelombang seismik yang menjalar dibawah permukaan bumi mengalami proses konvolusi (*filtering*). Dalam hal ini bumi bersikap sebagai filter terhadap energi seismik tersebut. Akibat efek filter bumi, maka bentuk gelombang seismik (*wavelet*) yang semula tajam dan memiliki amplitude yang tinggi (dalam domain waktu), menjadi lebih lebar dan menurun amplitudonya (*stretching*).

### b) Stacking

Proses *stacking* merupakan proses penjumlahan (penggabungan) *trace – trace* seismik yang bertujuan untuk memperbesar *signal to noise ratio* (S/N). Pada proses ini sinyal yang koheren akan saling menguatkan dan sinyal yang tidak koheren akan saling menghilangkan. Selain itu proses *stacking* juga akan menghilangkan *noise* yang bersifat acak (*random noise*). *Stacking* biasanya dilakukan pada *trace-trace* yang terdapat pada satu *common mid point (CMP)* yang telah terkoreksi NMO. Kualitas *stacking* bergantung pada koherensi dari *trace gather* (kumpulan *trace* yang akan digabung), sedangkan koherensi bergantung pada fungsi kecepatan yang digunakan dalam koreksi NMO. Selain itu penguatan sinyal seismik akan semakin tajam dengan bertambahnya jumlah *trace* dalam satu *trace gather* yang berarti semakin besar jumlah lingkungannya.

### c) Migrasi

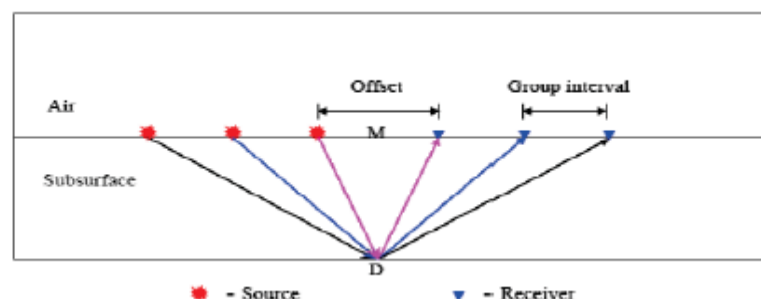
Migrasi dilakukan untuk memindahkan posisi reflektor yang terlihat pada rekaman data seismik menjadi posisi yang sebenarnya sesuai dengan posisi di bawah permukaan. Untuk struktur geologi yang memiliki kemiringan dan bentuk kompleks maka penampang yang terlihat pada data

seismik tidaklah menggambarkan posisi penampang yang sebenarnya di bawah permukaan. Selain itu, struktur kompleks yang memiliki bentuk penampang tertentu mampu menghasilkan efek difraksi pada rekaman data seismik. Pada kasus difraksi gelombang seismik terdapat suatu titik difraktor di bawah permukaan dimana pada titik ini akan dipancarkan gelombang seismik baru yang menjalar ke segala arah dan direkam oleh *geophone* yang berada di permukaan bumi. Adanya titik difraktor ini menjadikannya terlihat seperti bidang reflektor pada rekaman data seismik. Dengan dilakukannya migrasi maka bidang reflektor yang disebabkan sebuah titik difraktor ini akan dikembalikan menjadi satu titik reflektor sedangkan kemiringan dan kedalaman reflektor akan dibuat sesuai dengan kondisi yang sebenarnya.

Selain itu pada pengolahan data seismik secara konvensional juga dilakukan beberapa tahapan, yaitu *sorting* CMP, analisa kecepatan, dan koreksi *normal move out*. Berikut ini akan dibahas tahapan – tahapan tersebut.

### 2.2.1 Sorting CMP Gather

CMP (*Common Mid Point*) adalah posisi titik-titik reflektor yang sama, dan didefinisikan sebagai titik pada permukaan bumi yang terletak diantara pasangan sumber (*source*) dan penerima (*receiver*). Pada data seismik dari hasil akuisisi lapangan, konfigurasi yang didapatkan adalah *common source gather*. Data tersebut selanjutnya dikelompokkan dan diurutkan atau disorting berdasarkan CMP yang sama. Hal ini dilakukan agar mendapatkan gambaran geometri dari susunan konfigurasi sumber dan penerima. Data seismik yang telah disorting terhadap CMP yang sama kemudian dilakukan penggabungan sehingga dihasilkan *CMP gather*.



Gambar 2.2. Konfigurasi CMP Gather  
[Cao, 2006]

### 2.2.2 Analisis Kecepatan

Kecepatan adalah variabel yang sangat penting dalam pengolahan data seismik konvensional, karena kecepatan diperlukan untuk menghitung kedalaman reflektor dibawah permukaan dari data seismik yang direkam dalam domain waktu. Analisa Kecepatan adalah proses pemilihan kecepatan yang sesuai dan nantinya digunakan untuk pemrosesan yang lebih lanjut. Prinsip dari analisa kecepatan adalah mencari persamaan hiperbola yang sesuai dengan sinyal yang dihasilkan dan memberikan hasil *stack* yang terbaik.

Pada CMP *gather* yang berasal dari titik reflektor, dimana *trace* seismik yang dihasilkan merupakan fungsi jarak sumber dengan penerima, sinyal yang diperoleh akan membentuk hiperbola.

- Kecepatan *Root Means Square* ( $V_{rms}$ )

Merupakan kecepatan total dari sistem perlapisan horizontal dalam bentuk akar kuadrat, persamaannya dapat dituliskan :

$$V_{rms} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n v_i^2 \Delta t_i}{\sum_{i=1}^n \Delta t_i}} \quad (2.1)$$

- Kecepatan *Stacking* ( $V_s$ )

Kecepatan *stacking* adalah kecepatan NMO rata-rata yang memberikan *stacking* yang optimum. Dalam pengolahan data seismik, kecepatan *stacking* dapat diperoleh dari hasil analisa kecepatan dengan melihat amplitudo *stacking* yang paling optimum. Kecepatan ini seringkali disebut juga sebagai kecepatan NMO. Untuk jarak *offset* ( $x$ ) yang kecil, kecepatan *stacking* sama dengan kecepatan rms. Kecepatan ini diperoleh dari persamaan:

$$T^2(x) = T^2(0) + \frac{x^2}{V_s^2} \quad (2.2)$$

dimana,  $T(x)$  = waktu tempuh gelombang dari *source* ke *receiver*

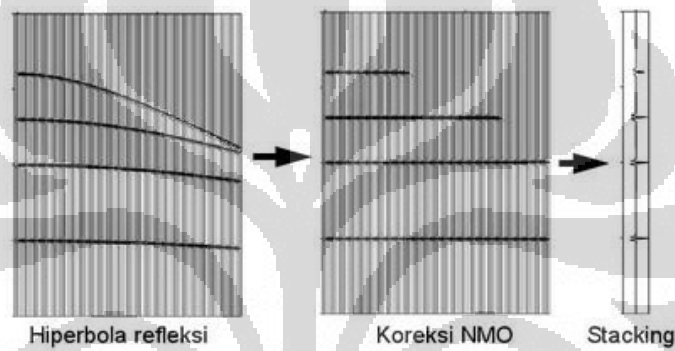
$T(0)$  = waktu tempuh pada normal *incidence*

$x$  = jarak *offset*

$V_s$  = kecepatan *stacking*

### 2.2.3 Koreksi Normal Move Out

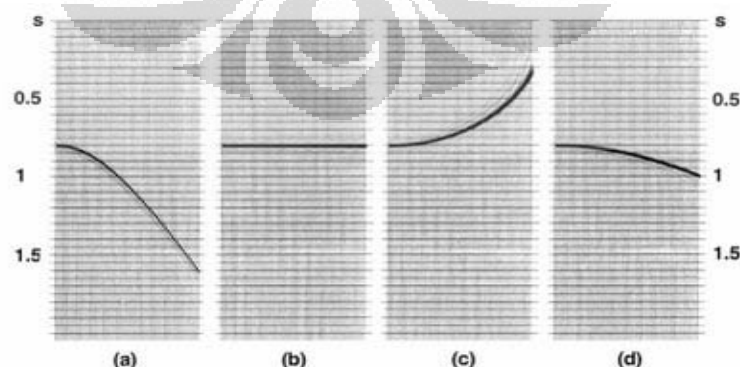
Koreksi *normal move out* dilakukan untuk menghilangkan efek jarak *offset* yang berbeda - beda dari setiap *receiver*. Karena semakin jauh jarak *offset* suatu *receiver* maka semakin besar waktu yang diperlukan gelombang untuk merambat dari *shot point* untuk sampai ke *receiver*, sehingga efek yang ditimbulkan dari peristiwa ini adalah reflektor yang terekam seolah - olah berbentuk hiperbolik. Koreksi *normal move out* menghilangkan pengaruh *offset* seolah - olah gelombang pantul datang dari arah vertikal. Dengan kata lain, antara sumber (*shot point*) dengan *receiver* berada pada titik yang sama atau biasa disebut dengan *zero offset*.



Gambar 2.3. Prinsip Dasar NMO yang dilakukan untuk Proses *Stacking*

[Yilmaz, 1987]

Didalam melakukan koreksi NMO, pemilihan model kecepatan ( $V_{rms}$  atau  $V_{stack}$ ) merupakan hal yang sangat penting. Gambar 2.4 menunjukkan efek yang ditimbulkan dari pemilihan model kecepatan.



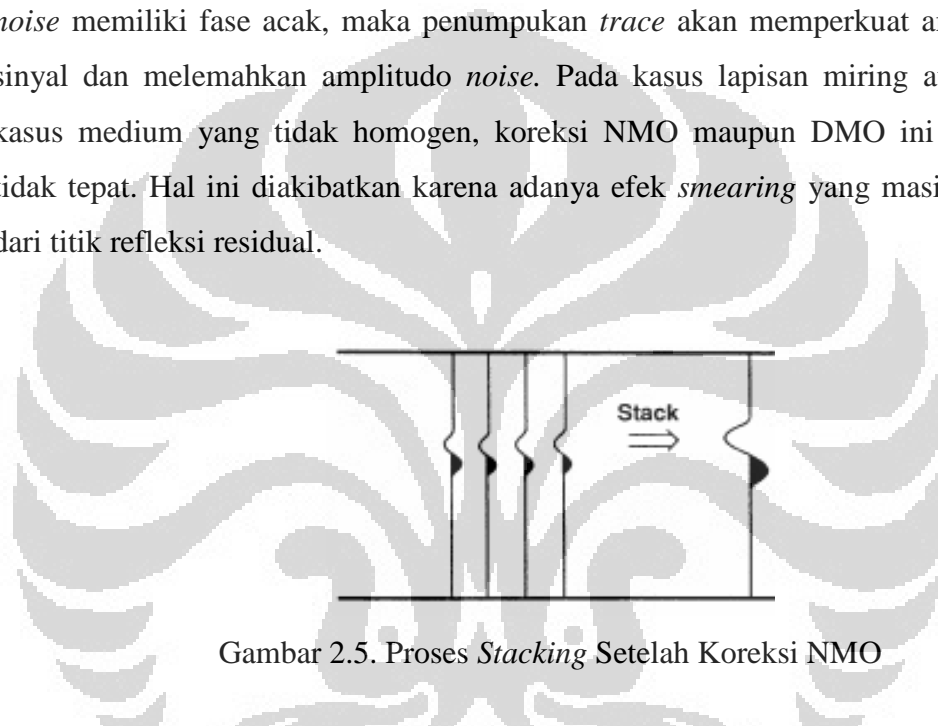
Gambar 2.4. (a) Sebelum Koreksi NMO (b) Model Kecepatan yang Tepat (c) Kecepatan Terlalu Rendah (d) Kecepatan Terlalu Tinggi.

[Yilmaz, 1987]



### 2.2.4 CMP Stack

Proses *stacking* merupakan proses penjumlahan (penggabungan) *trace – trace* yang bertujuan untuk memperbesar *signal to noise ratio* (S/N). Proses CMP *stack* dilakukan pada data yang telah melalui koreksi NMO. Metode *stack* konvensional dilakukan dengan menjumlahkan *trace-trace* dari *offset* yang berbeda-beda dan mengandung informasi untuk titik yang sama pada reflektor horizontal. Dengan asumsi bahwa sinyal memiliki fase yang sama dan *random noise* memiliki fase acak, maka penumpukan *trace* akan memperkuat amplitudo sinyal dan melemahkan amplitudo *noise*. Pada kasus lapisan miring atau pada kasus medium yang tidak homogen, koreksi NMO maupun DMO ini menjadi tidak tepat. Hal ini diakibatkan karena adanya efek *smearing* yang masih terjadi dari titik refleksi residual.



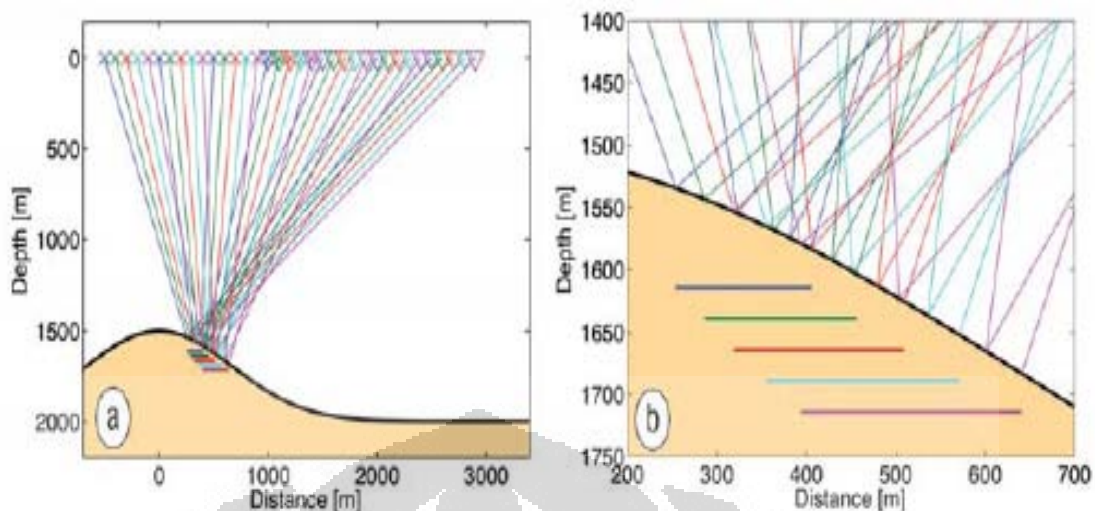
Gambar 2.5. Proses *Stacking* Setelah Koreksi NMO

### 2.3 Metode *Common Reflection Surface* (CRS)

Kondisi bawah permukaan yang semakin kompleks membuat semakin berkembangnya teknik dalam pengolahan data seismik. Pengolahan data konvensional yang mengandalkan model kecepatan, pada akhirnya memiliki kelemahan, dari tingkat subyektifitas pemilihan kecepatan *stack*, hingga pada penerapan konsep *stack* yang hanya menggunakan beberapa data CMP *gather* saja. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, salah satu metode yang diperkenalkan adalah metode *common reflection surface* (Muller,1999). Metode ini merupakan pengembangan dari metoda konvensional CMP *stack gather* dengan menggunakan pendekatan yang berbeda, yaitu dengan menambahkan beberapa parameter yang terkait dengan bentuk reflektor bawah permukaan.

Metode *common reflection surface* (CRS) memiliki konsep yang berbeda dengan pengolahan data konvensional. Pada pengolahan data seismik, data disorting kedalam satu CMP yang sama menjadi *CMP gather*. Pada bidang reflektor datar, titik refleksi untuk setiap pasangan *source-receiver* berada pada satu titik sehingga dapat kita sebut *Common Depth Point* (CDP) *gather*. Refleksi primer yang terdapat pada penampang *CMP gather* akan tepat berada di sepanjang fungsi *traveltime* hiperbola. Parameter yang berperan dalam penentuan kelengkungan hiperbola ini hanyalah kecepatan medium bawah permukaan. Namun, ketika medium tidak lagi berupa lapisan horizontal, bentuk dari kelengkungan hiperbola dipengaruhi oleh lebih dari satu parameter. Untuk kasus reflektor yang berbentuk miring planar, ada dua parameter yang berpengaruh terhadap fungsi *traveltime* hiperbola, yaitu parameter yang menentukan *local slope* dari fungsi kecepatan dan parameter yang berhubungan dengan kelengkungan hiperbola. Parameter pertama hanya bergantung pada *dip* atau kemiringan reflektor saja, sedangkan parameter yang kedua merupakan parameter kombinasi antara pengaruh *dip* dan pengaruh kecepatan medium.

Pada kasus reflektor yang memiliki kemiringan, fungsi *traveltime* merupakan kombinasi dari unit kecepatan dan *dip* yang dikenal dengan nama *Normal Move Out* (NMO). Parameter ini bergantung pada kemiringan reflektor dan kecepatan medium itu sendiri. Pada kasus perlapisan yang memiliki kemiringan planar, *CMP gather* akan mengalami kondisi yang disebut *smearing*. Dimana tiap titik refleksi dalam satu *CMP gather* tidak akan tepat berada di titik CMP yang dimaksudkan. Hal ini dijelaskan dalam gambar 2.6, yang tampak bahwa titik-titik refleksi dalam satu *CMP gather* tidak lagi berada dalam satu titik, namun tersebar dalam sebuah kisaran tertentu. Pada kasus lapisan miring yang planar, situasi ini dapat di atasi dengan menggunakan koreksi DMO (*Dip Move Out*). Namun untuk kasus lapisan miring yang berbentuk melengkung, atau pada kasus medium yang tidak homogen, koreksi ini menjadi tidak tepat lagi. Meskipun telah dilakukan koreksi NMO dan DMO, *smearing* dari titik refleksi residual masih terjadi. Efek ini akan semakin besar dengan bentuk reflektor yang semakin melengkung atau medium yang semakin tidak homogen. Hal inilah yang mendasari konsep dari metode CRS *stacking surface*.



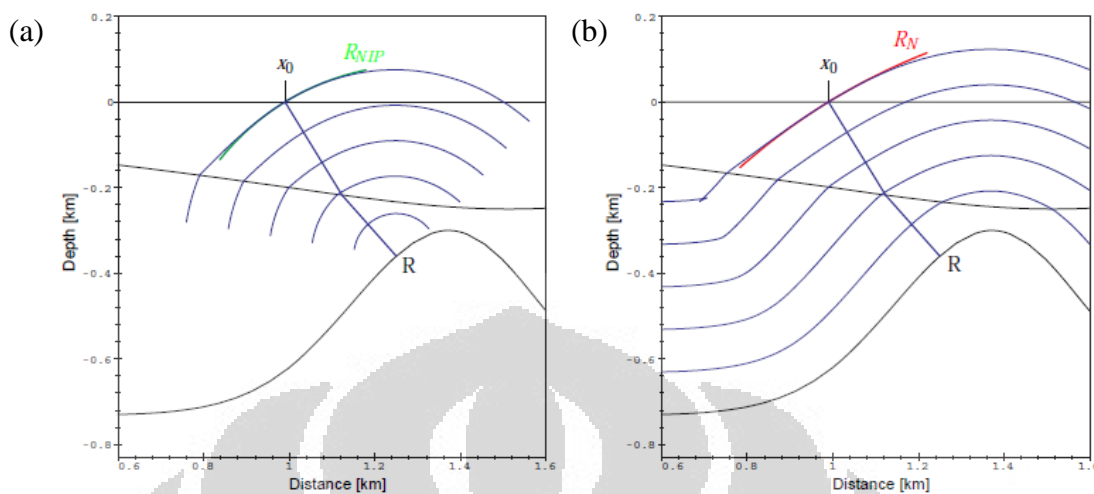
Gambar 2.6. (a) Kumpulan Ray CMP *Gather* (b) Detail Titik Refleksi CMP *Gather*, garis horizontal menunjukkan bagian reflektor yang mencakup titik refleksi dari kumpulan CMP tertentu

[Mann, 2002]

Pada Gambar 2.6 terlihat bahwa titik-titik refleksi yang dikumpulkan dalam setiap CMP gather, ternyata mengandung informasi yang sama dengan titik-titik refleksi di bagian yang sama dengan CMP yang berada di tengah (merah). Sehingga sebenarnya memungkinkan untuk menggunakan informasi titik refleksi dari CMP *gather* sekitar bagian tengah CMP, untuk proses *stacking*. Jika kumpulan informasi *trace* tersebut dijumlahkan sepanjang bagian tengah CMP *gather*, peningkatan kualitas hasil pengolahan data seismik dapat dilakukan. Selain itu hal ini akan menyebabkan jumlah *fold stack* lebih banyak dibandingkan jumlah *fold* CMP *gather stack*.

### 2.3.1 Atribut *Wavefield* Kinematik CRS

Ada dua jenis gelombang pada proses CRS, yaitu gelombang pertama yang didapatkan dengan menempatkan sebuah sumber berupa titik pada reflektor yang menghasilkan gelombang *normal incident point* (NIP). Sedangkan gelombang kedua didapatkan dengan menempatkan suatu sumber berupa luasan (*exploding reflector*) yang menghasilkan gelombang normal (N), (Mann et al., 1999). Kedua gelombang tersebut akan memiliki atribut kinematik yang terukur dipermukaan  $x_0$ .

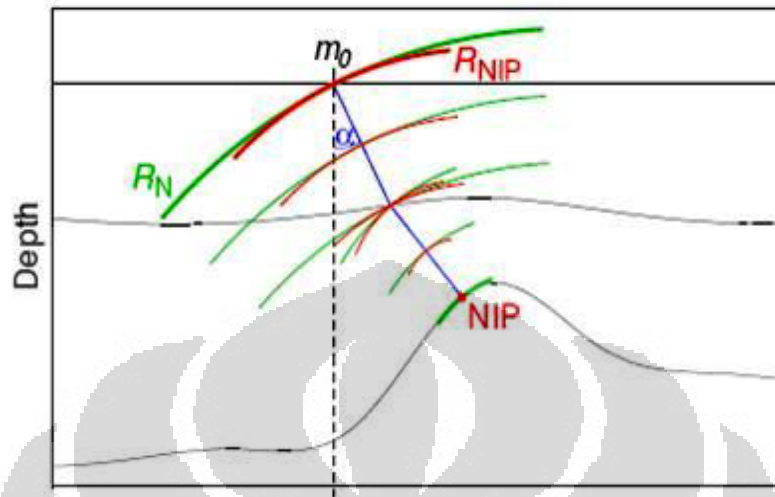


Gambar 2.7. Penggambaran Gelombang NIP dan Gelombang Normal, (a) Gelombang NIP yang dibangkitkan dari Titik NIP, (b) Gelombang Normal

[Mann et al., 1999]

Metode CRS bergantung pada atribut seismik yang dapat menjelaskan respon refleksi kinetik medium. Atribut tersebut yaitu sudut antara sinar ZO dengan bidang normal ( $\alpha$ ), radius kelengkungan gelombang *Normal Incidence Point* ( $R_{NIP}$ ), dan radius kelengkungan gelombang Normal ( $R_N$ ). Parameter  $\alpha$ ,  $R_N$ ,  $R_{NIP}$  adalah parameter yang tidak bergantung pada model kecepatan. Parameter  $\alpha$  adalah *emergence angle*, atau sudut datang yang memiliki kaitan erat dengan kemiringan dari reflektor. Parameter  $R_{NIP}$  adalah jari-jari dari gelombang NIP, dimana *normal incident point* didefinisikan sebagai gelombang yang menjalar dari permukaan ke reflektor dan kembali lagi ke permukaan. *Wavefront* ini mengerucut menjadi satu titik di reflektor, dengan asumsi tidak adanya energi yang hilang selama penjalaran gelombang, *wavefront* gelombang yang mencapai satu titik di reflektor menjadi sumber gelombang baru, yaitu gelombang NIP. *Normal Incident Point* adalah gelombang yang dihasilkan oleh satu titik *point source*. Dengan asumsi kecepatan konstan, maka parameter  $R_{NIP}$  dapat digunakan untuk menentukan jarak dari reflektor ke titik  $x_0$ . Parameter  $R_N$  didefinisikan sebagai gelombang yang menjalar dengan arah normal. Gelombang ini dihasilkan oleh sebuah *exploding reflector* dan membawa

informasi mengenai bentuk kelengkungan dari reflektor. Gambar 2.8 memberikan ilustrasi mengenai parameter *wavefield* atribut CRS.

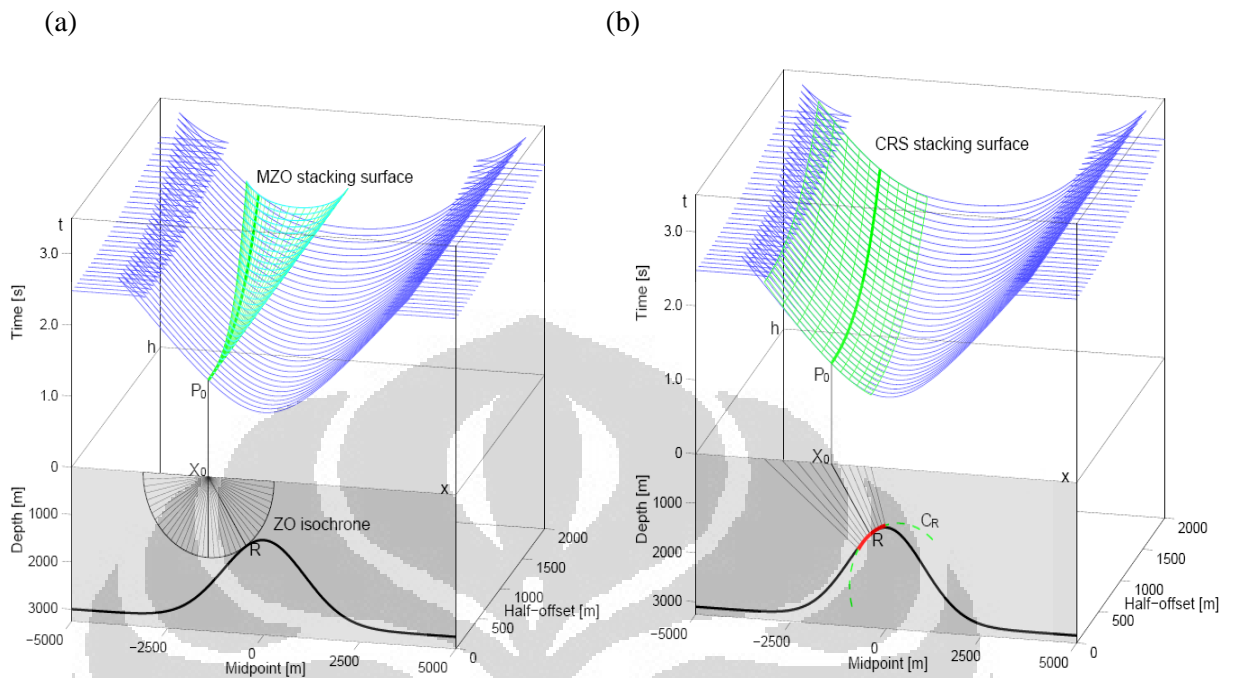


Gambar 2.8. *Curvature* Gelombang Normal(hijau) dan *Curvature* Gelombang NIP(merah)

[Duvencek, 2004]

### 2.3.2 CRS *Stacking Surface*

CRS *stack* merupakan teknik *stacking* multiparameter. Konsep *stacking* yang digunakan sama halnya dengan konsep *stacking* pada NMO *stack*, yaitu menjumlahkan *trace* pada suatu operator permukaan tertentu. Parameter dari *surface stacking* CRS diturunkan menggunakan teori gelombang ray method. Dengan mengasumsikan penjalaran gelombang dalam gelombang *normal incidence point* (NIP) dan gelombang normal (N), *traveltime* hiperbolik yang digunakan disebut sebagai *traveltime* aproksimasi CRS, yang merupakan ekspansi deret Taylor orde dua dari *traveltime* refleksi untuk gelombang paraxial di sekitar gelombang *normal incident*. Dengan menggunakan teori gelombang paraxial (Schleicher et al., 1993) atau dengan menggunakan pendekatan geometri (Höcht et al., 1999) maka dapat diturunkan persamaan *traveltime* untuk CRS. Tiga atribut aproksimasi *traveltime* ini mendefinisikan permukaan CRS *stacking* pada koordinat  $(x_m, h, t)$ .



Gambar 2.9 Perbandingan Permukaan Operator *Stacking* pada Proses  
 (a) *Stacking* NMO/DMO dan (b) Proses CRS *Stacking Surface*  
 [Jager, 1999]

Pada gambar 2.9 diilustrasikan mengenai operator CMP stack dan CRP (*Common Reflection Point*) stack (Jager, 1999). Teknik simulasi ZO dalam metode ini adalah penjumlahan sepanjang satu garis *multicoverage* data menjadi satu trace yang ditempatkan di titik  $P_0$ . Untuk metode CMP stack, penjumlahan dilakukan sepanjang hiperbola dalam satu CMP gather yang mewakili respon seismik di titik  $P_0$ . Sedangkan pada CRS *stack* penjumlahan dilakukan disepanjang permukaan yang ditandai dengan garis berwarna hijau yang hasilnya dikumpulkan dititik  $P_0$ .

Persamaan waktu tempuh dari CRS diturunkan dari ekspansi *hyperbolic* Taylor orde kedua yaitu:

$$t^2 = \left( t_0 + \frac{2 \sin \alpha}{v_0} \Delta x \right)^2 + \frac{2t_0 \cos^2 \alpha}{v_0} \left( \frac{\Delta x^2}{R_N} + \frac{h^2}{R_{NIP}} \right) \quad (2.3)$$

dengan  $\Delta x = x_m - x_0$ ,  $t_0$  adalah *traveltime*,  $v_0$  adalah kecepatan dekat permukaan dimana  $x_0$  berada. *Midpoint* diwakili oleh  $x_m$  dan half offset diwakili oleh  $h$ . Parameter  $\alpha$ ,  $R_N$ ,  $R_{NIP}$ , adalah parameter atribut *wavefield*, yang juga merupakan parameter dari stacking *surface* CRS di titik  $x_0$ . Tiga parameter tersebut merepresentasikan lokasi, orientasi, dan bentuk dari reflektor.

Persamaan parabolik dapat dituliskan dalam persamaan,

$$t_{hyp(1),ZO(x_m)} = t_0 + \frac{2 \sin \alpha}{v_0} (x_m - x_0) \quad (2.4)$$

dan fungsi *traveltime* hiperbolik dirumuskan dalam persamaan,

$$v_{NMO}^2 = \frac{2v_0 R_{NIP}}{t_0 \cos^2 \alpha} \quad (2.5)$$

Oleh karena itu CRS *stack* tergantung pada tiga atribut *wavefield* tersebut. Ketiga parameter tersebut dapat dicari dengan menggunakan optimasi global yaitu dengan melakukan perhitungan koherensi (*semblance*) sepanjang permukaan *traveltime*.

### 2.3.3 Proses Pencarian Atribut CRS

Pencarian parameter CRS dilakukan dengan menggunakan persamaan hiperbola berikut:

$$t_{hypCMP}^2(h) = t_0^2 + 2 \frac{t_0}{v_0} \cos^2 \alpha \frac{h^2}{R_{NIP}} \quad (2.6)$$

dengan menggunakan parameter  $q$ , maka persamaan ini bisa disederhanakan menjadi hanya tergantung pada satu parameter, yaitu parameter  $q$ . Parameter  $q$  tersebut adalah sebagai berikut:

$$q = \frac{\cos^2 \alpha}{R_{NIP}} \quad (2.7)$$

Hubungan parameter  $q$  dengan kecepatan NMO adalah sebagai berikut:

$$v_{NMO}^2 = \frac{2v_0 R_{NIP}}{t_0 \cos^2 \alpha} \quad (2.8)$$

Dengan menggunakan persamaan (2.6), parameter  $q$  ditentukan untuk tiap ZO. Kemudian untuk setiap nilai  $q$  ini dianalisis koherensinya dengan data *pre-stack*,

nilai  $q$  dengan koherensi tertinggi disimpan sebagai nilai  $q$  *initial*. Dengan mendapatkan nilai  $q$  yang optimum, sebenarnya juga didapatkan nilai NMO yang optimum. Penjumlahan dari setiap sampel dari *prestack* data menggunakan kecepatan *stacking* NMO ini dilakukan untuk mendapatkan penampang *CMP stack*.

Langkah selanjutnya yaitu penentuan parameter *emergence angle* ( $\alpha$ ) dari *event* refleksi. Penentuan ini dilakukan dengan menggunakan persamaan hiperbola pada kasus ZO, dimana  $h=0$ , persamaan hiperbola menjadi persamaan berikut:

$$t_{hyp,ZO}^2(x_m, h) = (t_0 + \frac{2 \sin \alpha}{v_0} (x_m - x_0))^2 + 2t_0 \frac{\cos^2 \alpha}{v_0} \frac{(x_m - x_0)^2}{R_N} \quad (2.9)$$

Persamaan di atas kemudian bisa disederhanakan dengan aproksimasi orde satu pada  $(x_m - x_0)$  menjadi persamaan berikut:

$$t_{hyp(1),ZO(x_m)} = t_0 + \frac{2 \sin \alpha}{v_0} (x_m - x_0) \quad (2.10)$$

dengan menggunakan persamaan (2.10) maka nilai dari *emergence angle* bisa ditentukan. Nilai ini disimpan sebagai nilai *initial emergence angle*.

Setelah  $q$  dan  $\alpha$  *initial* didapatkan, maka nilai *initial* dari jari-jari NIP dapat ditentukan. Dengan menggunakan persamaan (2.9) suku yang kedua, maka dapat ditentukan nilai *initial* jari-jari N ( $R_N$ ), setelah didapatkan nilai  $R_{NIP}$  dan  $\alpha$ . Selanjutnya setelah tiga parameter *stacking* untuk tiap ZO *time* sampel sudah didapatkan, pasangan parameter ini merepresentasikan *stacking surface* pada domain  $(x_m, h, t)$ . Dengan menjumlahkan data *pre-stack* di sepanjang permukaan ini, maka didapatkan penampang *stack initial* dan juga *CRS gather*.

#### 2.4 Refleksi *Primary* dan *Multiple Noise*

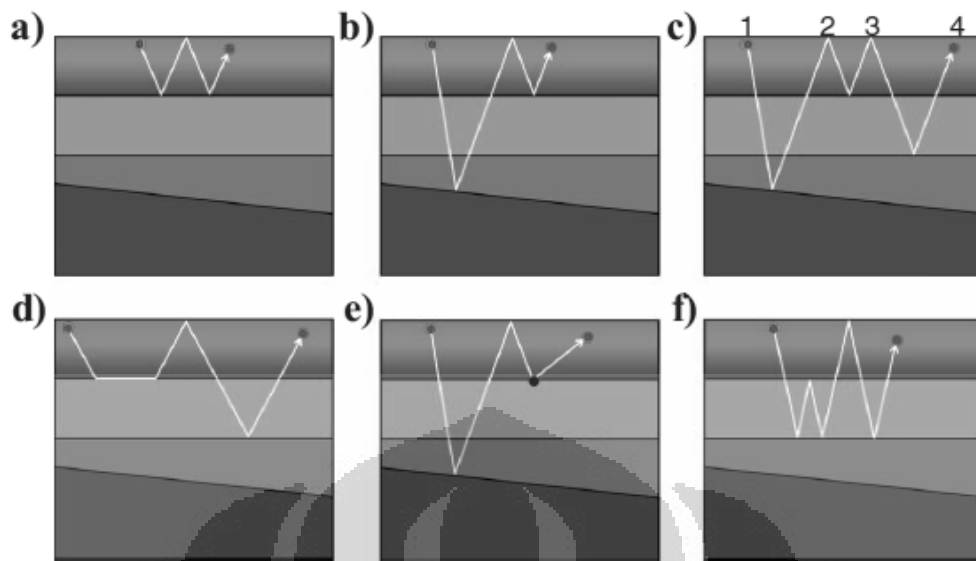
Data seismik diperoleh dengan menggunakan sumber energi yang menghasilkan gelombang elastik dan direfleksikan kembali oleh lapisan bawah permukaan ke *receiver* yang ada di permukaan. Refleksi gelombang utama yang memberikan informasi penting seperti kecepatan dan identifikasi struktur bawah permukaan disebut sebagai refleksi *primary*. Selain refleksi gelombang utama (*primary*) didalam rekaman seismik juga terdapat *noise* yang merupakan sebuah



gelombang dalam rekaman seismik yang tidak diinginkan. Salah satu jenis *noise* yang sering muncul khususnya pada data laut yaitu *noise* multipel.

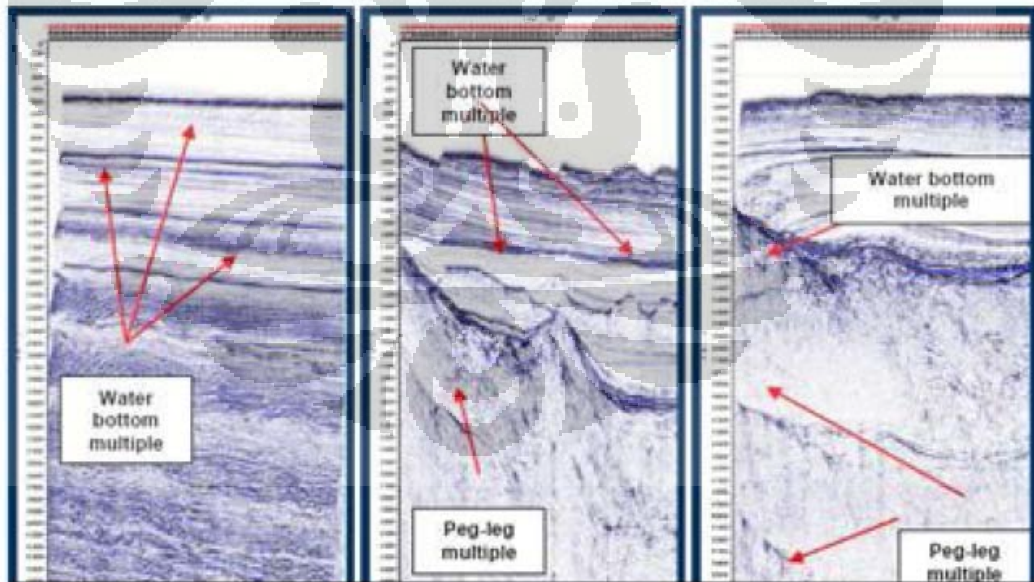
Multipel merupakan salah satu *noise* yang terjadi akibat terperangkapnya gelombang seismik dalam air laut dan lapisan batuan lunak. Pada multipel terjadi pengulangan refleksi dimana gelombang seismik akan terpantul pada perlapisan yang sama baru kemudian terpantulkan ke permukaan dan diterima oleh *receiver*. Hal ini akan membuat gambaran permukaan dari data seismik yang diperoleh menjadi tidak jelas. Multipel merupakan masalah serius dalam survei seismik karena keberadaannya dapat mengganggu refleksi *primary* sehingga menyebabkan interpretasi dari penampang seismik menjadi sulit dan sering mengakibatkan kesalahan dalam proses interpretasi. Untuk dapat menghilangkan multipel perlu adanya pengetahuan mengenai karakteristik dari multipel itu sendiri. Didalam rekaman seismik, multipel memiliki beberapa jenis diantaranya *watter-bottom multiple*, *peg-leg multiple*, dan *intra-bed multiple*. Didalam rekaman seismik, masing-masing multipel akan menunjukkan morfologi reflektor yang sama dengan reflektor utamanya (*primary*) namun memiliki waktu yang berbeda.

Untuk model *watter-bottom multiple*, apabila waktu tempuh yang dimiliki adalah sebesar 500 ms, maka multipel yang akan muncul pada data seismik adalah  $500 \times 2 = 1000$  ms, berada pada waktu 1000 ms atau waktu tempuh yang dimilikinya yaitu dua kali waktu tempuh *watter bottom*. Apabila gelombang tersebut terperangkap sebanyak tiga kali, maka *watter-bottom multiple* berikutnya adalah  $500 \times 3 = 1500$  ms, atau berada pada waktu 1500 ms, begitu seterusnya pengulangan pada multipel, sesuai dengan jumlah terperangkapnya gelombang seismik pada batas air dan udara atau pada lapisan yang memiliki densitas batuan dari yang lebih rapat ke kurang rapat, sehingga terjadi penurunan kecepatan gelombang seismik. Untuk *peg leg multiple*, multipel akan muncul pada waktu tempuh gelombang refleksi primer ditambah waktu tempuh *sea bottom*. Untuk model yang lainnya, multiple akan muncul pada waktu tempuh gelombang primer ditambah pengulangannya. Berikut ini adalah contoh fenomena multipel pada rekaman seismik yang diilustrasikan pada gambar 2.10.



Gambar 2.10. Jenis Multipel Berdasarkan *Raypath*, yang merupakan klasifikasi dari *Surface Multiple* (a) *Water-bottom Multiple* (b) *Peg-leg Multiple* (c) *Second-order Multiple* (d) *Refracted Multiple* (e) *Diffraacted Multiple* (f) *Hybrid Multiple*

[Dragoset et al., 2010]



Gambar 2.11. Contoh Multipel Pada Penampang Seismik

[Brooymans et al., 2003]

## 2.5 Penyebab Terjadinya Multipel

Multipel merupakan salah satu *noise* yang memiliki karakteristik yang hampir sama dengan gelombang primer. Multipel terjadi akibat adanya kontras penurunan kecepatan, atau dengan kata lain terjadinya koefisien refleksi negatif. Sebagai contoh pada data seismik laut, refleksi gelombang multipel banyak terjadi karena adanya kontras impedansi yang tinggi antara permukaan lapisan air dan udara, dimana koefisien refleksi air-udara mendekati -1 sesuai dengan persamaan (2.11). Jika dibagian bawah air padat, maka lapisan air akan menjebak energi antara permukaan air dan bagian bawahnya, sehingga refleksi multipel bisa lebih kuat daripada refleksi *primary*.

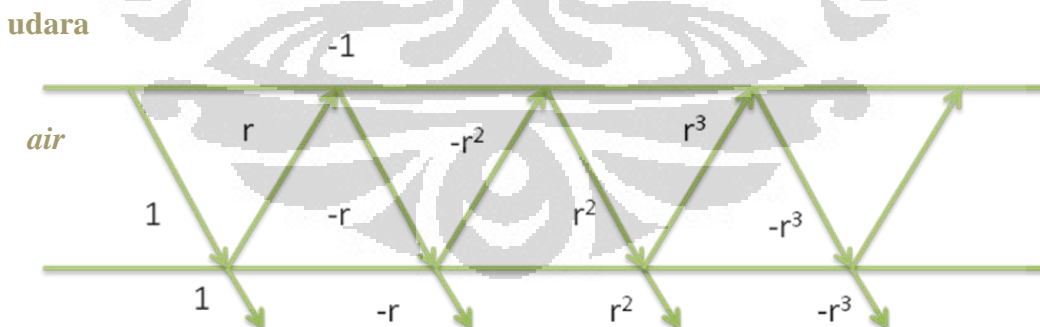
$$KR = \frac{IA_2 - IA_1}{IA_2 + IA_1} = \frac{\rho_2 v_2 - \rho_1 v_1}{\rho_2 v_2 + \rho_1 v_1} \quad (2.11)$$

Dimana :

KR = Koefisien refleksi

IA1= Impedansi akustik lapisan atas

IA2= Impedansi akustik lapisan bawah

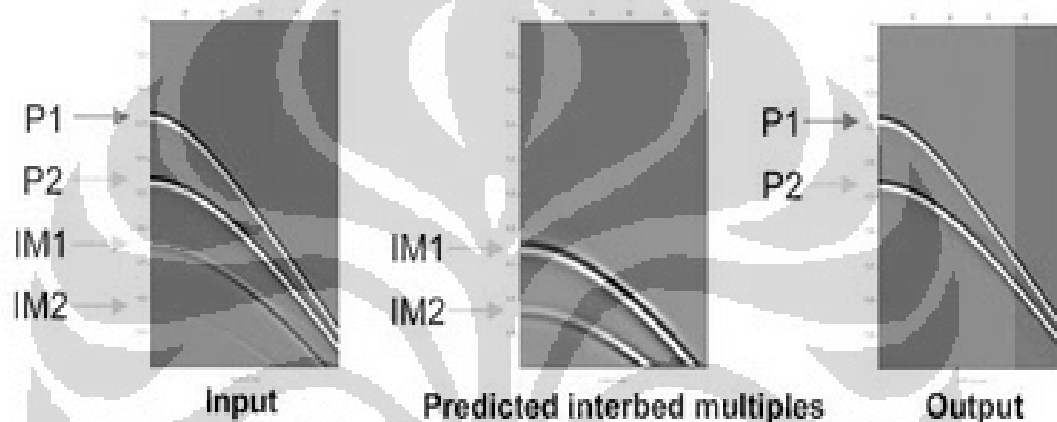


- -1 KR untuk batas air – udara
- r KR untuk batas bawah permukaan

Gambar 2.12. Konsep Refleksi Multipel

## 2.6 *Surface Related Multiple Elimination (SRME)*

Metode SRME merupakan salah satu metode yang digunakan untuk melakukan eliminasi atau atenuasi multipel. Cara kerja dari metode SRME adalah dengan membuat model multipel yang berasal dari data *gather* yang akan dieliminasi *noise* multipelnya. Pemodelan multipel yang dilakukan pada metode SRME mengasumsikan bahwa semua multipel memiliki keterkaitan dengan permukaan. Metode SRME melakukan prediksi terhadap model multipel dengan cara mengkonvolusikan data pada permukaan.



Gambar 2.13. Tahapan pada Metode SRME

[Long et al., 2005]

Pada metode ini, informasi yang dibutuhkan hanyalah informasi pada data permukaan saja. Metode SRME tidak membutuhkan informasi dari perlapisan yang ada dibawah permukaan. Dari data *gather* yang dijadikan data masukan, dibuatlah model multipel berdasarkan data permukaannya. Data *gather* awal yang terdiri dari data *primary* dan *noise* multipel kemudian dieliminasi oleh pemodelan multipel yang telah dibuat sebelumnya. Hasil akhirnya berupa data yang hanya terdiri dari data saja tanpa mengandung *noise* multipel. Metode ini lebih praktis dalam pengerjaannya karena tidak melakukan *picking* seperti yang dilakukan pada metode filtering. Biasanya, metode SRME ini dilakukan sebelum melakukan atenuasi multiple dengan menggunakan radon demultiple agar didapatkan hasil yang lebih baik.

### 2.6.1 Proses SRME dan Pemodelan Multipel

Metode SRME merupakan metode yang tidak memerlukan informasi bawah permukaan tetapi berkaitan dengan informasi dipermukaan untuk memprediksi keberadaan multipel yang nantinya dibuat model dari hasil prediksi tersebut. Algoritma perhitungan model multipel pada metode SRME dimulai dengan pemodelan *forward modeling* pada data seismik. Untuk menjelaskan bagaimana prosesnya bekerja, dapat diasumsikan pada gelombang bidang horizontal pada *layer* bumi, dimana respon dari gelombang refleksi primer  $P(\omega)$  dapat ditulis,

$$P(\omega) = R(\omega)S(\omega). \quad (2.12)$$

dengan  $R(\omega)$  respon gelombang refleksi dari bumi (tanpa multipel permukaan) dan  $S(\omega)$  adalah *wavelet* dari gelombang bidang. Selanjutnya *first-order* multipel dapat didefinisikan menjadi respon bawah permukaan pada gelombang primer setelah terjadi penjalaran gelombang kebawah permukaan dengan koefisien refleksi  $r_0$ ,

$$M_1(\omega) = R(\omega)r_0P(\omega) = r_0R^2(\omega)S(\omega). \quad (2.13)$$

Disini, setiap multipel dapat dibangun secara *iterative*, sehingga menjadi,

$$M_i(\omega) = R(\omega)r_0M_{i-1}(\omega) = r_0^iR^{i+1}(\omega)S(\omega). \quad (2.14)$$

Semua multipel yang terkait dengan permukaan dapat diperoleh dengan menjumlahkan hasil untuk semua orde multipel,

$$M(\omega) = \sum_i M_i(\omega) = [r_0R^2(\omega) + r_0^2R^3(\omega) + \dots]S(\omega). \quad (2.15)$$

Data seismik  $D(\omega)$  didefinisikan sebagai penjumlahan dari gelombang primer dengan semua multipel permukaan,

$$\begin{aligned} D(\omega) &= P(\omega) + M(\omega) \\ &= [R(\omega) + r_0R^2(\omega) + r_0^2R^3(\omega) + \dots]S(\omega). \end{aligned} \quad (2.16)$$

Hasilnya dapat diperoleh setelah menuliskan multipel pada persamaan diatas dengan persamaan 2.15, sehingga persamaannya menjadi,

$$D(\omega) = P(\omega) + r_0R(\omega)D(\omega) \quad (2.17)$$

atau menggunakan persamaan 2.12, maka didapatkan:

$$D(\omega) = P(\omega) + r_0S^{-1}(\omega)P(\omega)D(\omega). \quad (2.18)$$

Persamaan diatas menggambarkan hubungan antara data total dengan data *primary*. Data *primary* dapat ditulis menjadi,

$$P(\omega) = \frac{D(\omega)}{1 + r_0 S^{-1}(\omega) D(\omega)}. \quad (2.19)$$

Persamaan diatas dapat disubstitusikan sehingga didapatkan persamaan:

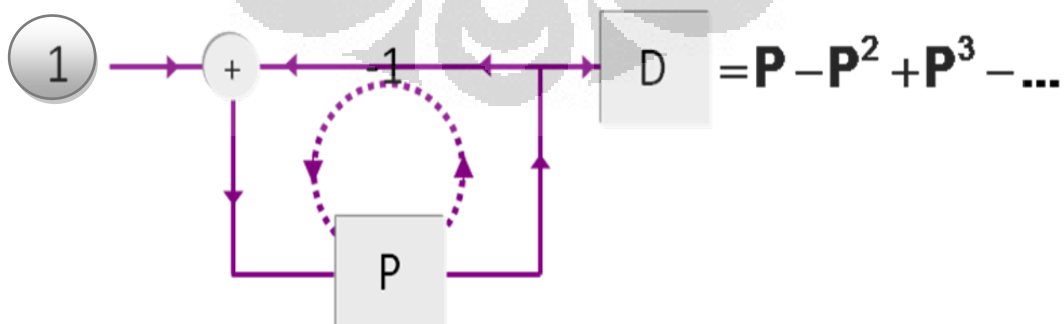
$$P(\omega) = D(\omega) - A(\omega)D^2(\omega) + A^2(\omega)D^3(\omega) - \dots, \quad (2.20)$$

Dengan,  $A(\omega) = r_0 S^{-1}(\omega)$ , tanda positif dan negatif yang menggambarkan multipel pada persamaan diatas disesuaikan dengan orde multipel seperti yang sudah dijelaskan pada gambar 2.12. Estimasi untuk mendapatkan gelombang primer pada proses iterasi selanjutnya dapat dituliskan:

$$P^{(i+1)}(\omega) = D(\omega) - A(\omega)P^{(i)}(\omega)D(\omega), \quad (2.21)$$

$i$  mengindikasikan banyaknya iterasi yang digunakan, dengan  $P^{(1)}(\omega) = D(\omega)$  (Berkhout and Verschuur, 1997). Untuk pembuatan model multipel SRME, secara sederhana prosesnya dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\mathbf{D} = \mathbf{P} + \mathbf{M} \quad (2.22)$$



Gambar 2.14. Proses Komputasi Pembuatan Model Multipel

Dari gambar 2.14 maka didapatkan model multipel:

$$M = -P^2 + P^3 - \dots = -DP \quad (2.23)$$

Pada kasus 2D, algoritma yang dipakai ditambahkan dengan koordinat posisi dari *source* dan *receiver*. Sehingga persamaan multipelnya menjadi,

$$M^{(n)}(\omega, x_r, x_s) = \sum_{x_k} P_0^{(n-1)}(\omega, x_r, x_k) P(\omega, x_k, x_s), \quad (2.24)$$

Untuk mendapatkan data *primary* saja, dapat dirumuskan sebagai berikut,

$$P_0^{(n)}(\omega, x_r, x_s) = P(\omega, x_k, x_s) - A(\omega) M^{(n)}(\omega, x_k, x_s). \quad (2.25)$$

### 2.6.2 Least-square Adaptive Subtract

Teori mengenai *least-square adaptive subtract* merupakan metode inversi yang dilakukan dalam proses subtraksi atau pengurangan antara data masukan dengan model multipel pada metode SRME. Matriks pada persamaan 2.26 menunjukkan bahwa data ( $d$ ), model multipel ( $m$ ), dan  $f$  adalah 1-D filter yang digunakan untuk mencocokkan matriks  $m$  dan  $d$ , dengan  $n$  adalah jumlah data yang didefinisikan oleh *window*.

$$d = \begin{bmatrix} d_1 \\ d_2 \\ \vdots \\ d_n \end{bmatrix}, \quad m = \begin{bmatrix} m_1 \\ m_2 \\ \vdots \\ m_n \end{bmatrix}, \quad f = \begin{bmatrix} f_1 \\ f_2 \\ \vdots \\ f_n \end{bmatrix} \quad (2.26)$$

Selanjutnya didefinisikan bahwa  $AC$  adalah autokorelasi dari  $d$  dan  $XC$  merupakan *crosskorelasi* antara  $d$  dan  $m$ , pada persamaan (2.27),

$$AC(t) = f(t) * XC(t) \quad (2.27)$$

dimana  $*$  adalah konvolusi pada domain waktu. Pada kasus ini, data pada domain waktu dilakukan transformasi *fourier* kedalam domain frekuensi. Jika pada domain frekuensi, persamaannya menjadi:

$$AC(f) = f(f) \times XC(f) \quad (2.28)$$

Dari persamaan diatas jelas bahwa jika  $m$  adalah besaran *exact* dari  $d$ , dan  $AC$  sama dengan  $XC$ , maka  $f$  merupakan satu kesatuan. Persamaan (2.28) dapat ditulis,

$$f = AC \times XC^{-1} \quad (2.29)$$

$XC^{-1}$  merupakan *invers* matriks dari  $XC$ . Solusi *least square* mencoba untuk memperkecil perbedaan antara  $AC$  dan  $XC$  (atau perbedaan antara data  $d$  dan model  $m$ ) pada persamaan *least square*. Solusi tersebut memang tidak memenuhi persamaan awal, tetapi total perhitungan yang residual dari setiap persamaan dapat diperkecil. Selanjutnya untuk *error* matrik yang menggambarkan perbedaan antara  $f \times XC$  dan  $AC$ ,

$$e = AC - (f \times XC) \quad (2.30)$$

Perhitungan *error* didefinisikan sebagai  $S$ , sehingga menjadi:

$$S = e^T e = (AC - (f \times XC))^T (AC - (f \times XC)) \quad (2.31)$$

Dengan *superscript T* menunjukkan matriks *transpose*. Kondisi untuk  $S$  menjadi minimum jika,

$$\frac{\partial S}{\partial f} = 0$$

$$\frac{\partial}{\partial f} (f^T XC^T XCf - AC^T XCf - f^T XC^T AC + AC^T AC) = 0 \quad (2.32)$$

Solusi persamaan (2.33) dapat ditemukan dengan mengikuti persamaan normal,

$$XC^T XCf = XC^T AC \quad (2.33)$$

Disini,  $f$  dapat disederhanakan menjadi:

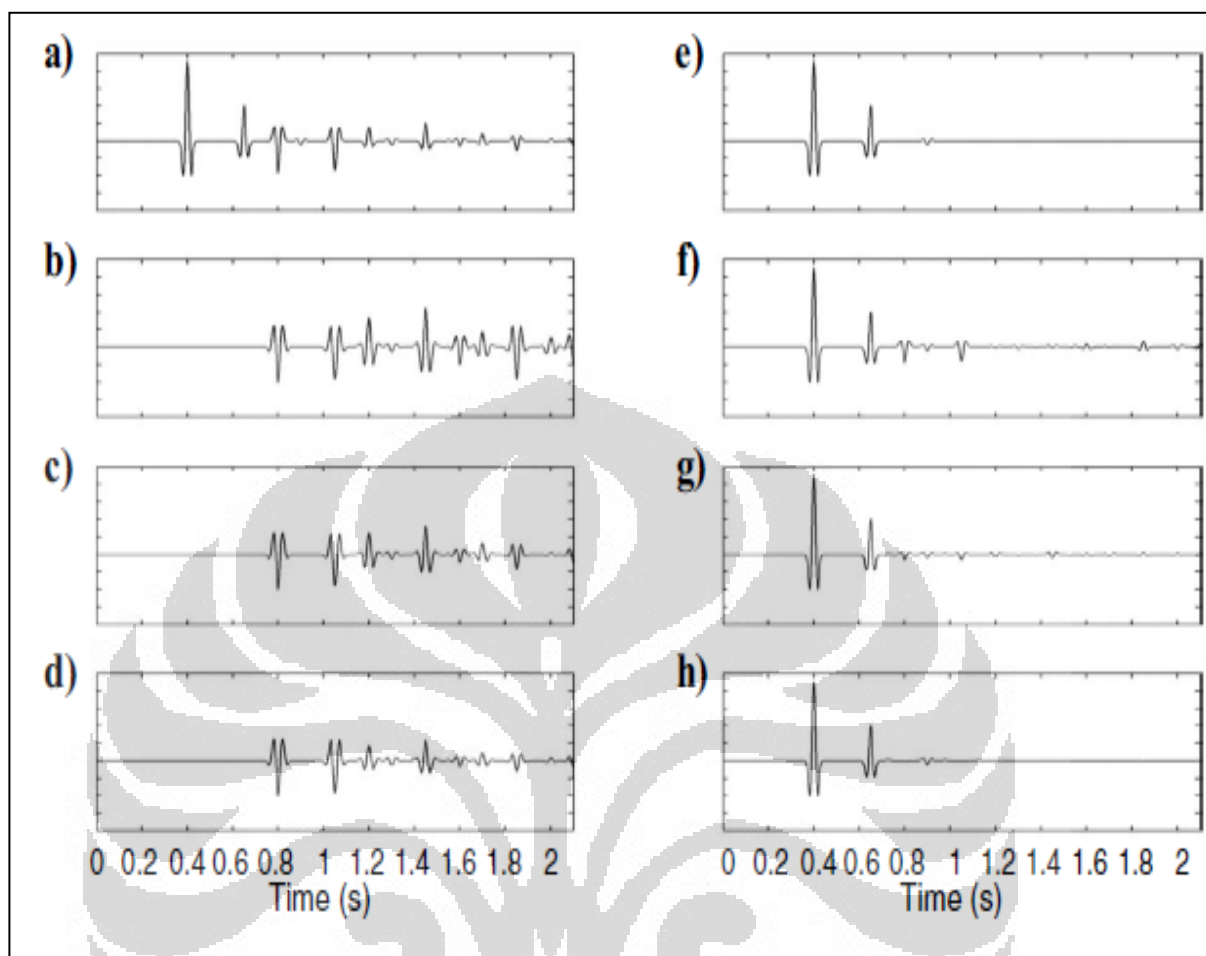
$$f = (XC^T XC)^{-1} XC^T AC \quad (2.34)$$

Sehingga filter yang digunakan untuk memperkecil perbedaan antara  $XC$  dan  $AC$  pada persamaan *least square* (*adaptation filter*) dapat diperoleh. Subtraksi multipel dilakukan setelah menggunakan filter ini pada model multipel yang dibuat dari data masukan. Filter ini hanya dapat diaplikasikan pada *single window*. Proses inversi dari *source wavelet* diestimasi secara statistik dengan menggunakan *adaptive subtraction*, berdasarkan asumsi energi minimum,

$$\begin{aligned} P^{(0)} &= D \\ \begin{cases} M^{(n)} = -D \otimes P^{(n-1)} \\ P^{(n)} = D - f^{(n)} * M^{(n)} \end{cases} \end{aligned} \quad (2.35)$$

Dimana  $f^{(n)}$  merupakan *adaptation filter* pada persamaan 2.34, sehingga didapatkan data *primary* yang hanya terdiri dari gelombang primer saja.





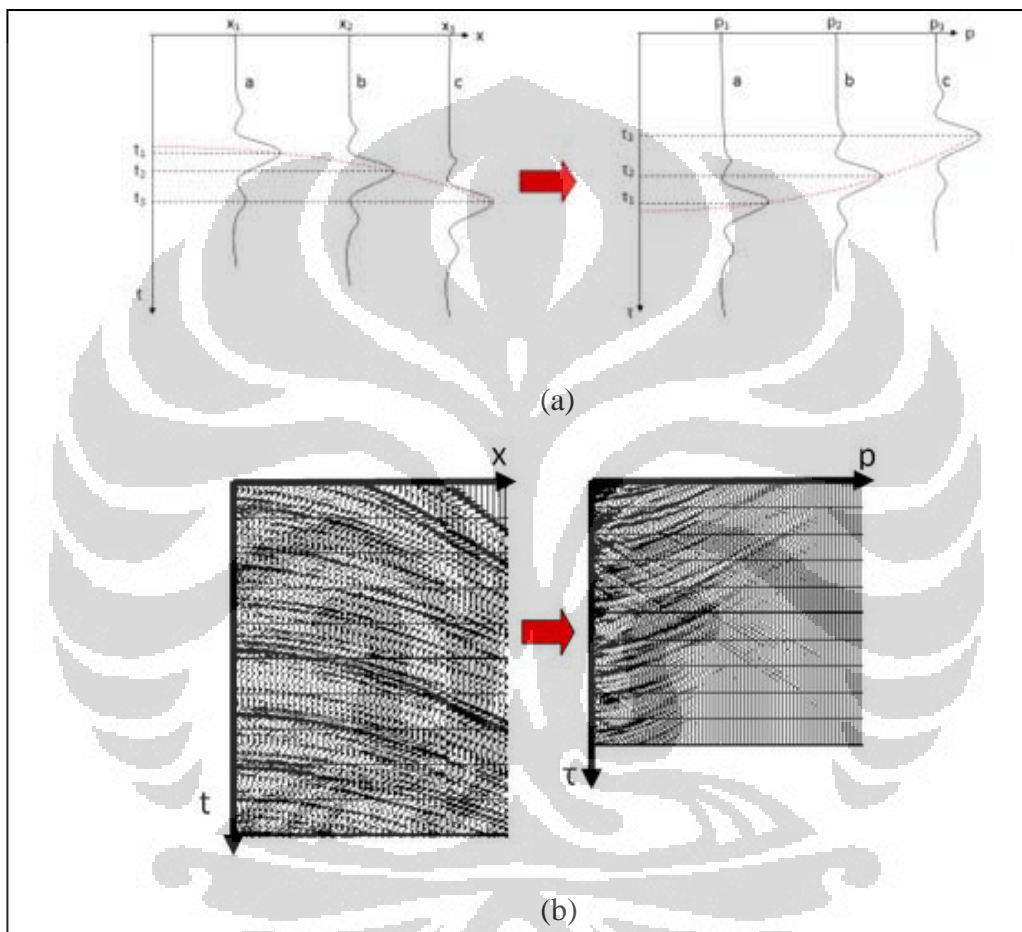
Gambar 2.15. *Iterative Prediction* dan Subtraksi Multiple (a) respon gelombang bidang masukan pada medium dengan dua bidang, (b-d)Estimasi *surface* multiple setelah iterasi 1,2, dan 5, (e) Respon sebenarnya tanpa multiple, (f-h) Estimasi sinyal primer setelah iterasi 1,2, dan 5.

[Dragoet et al., 2010]

## 2.7 Metode Radon Demultiple

Radon demultiple merupakan teknik atenuasi multiple yang menggunakan transformasi radon. Ada tiga jenis transformasi radon yang biasa digunakan untuk menekan multiple yaitu transformasi radon parabolik dan hiperbolik. Transformasi radon diterapkan untuk mengatenuasi multiple berdasarkan perbedaan *moveout* antara gelombang utama (*primary*) dan multiple.

Prinsip kerjanya yaitu dengan merubah data dari domain  $t$ - $x$  (waktu-*offset*) ke domain  $\tau$ - $\rho$  (*intercept time-ray* parameter) seperti pada gambar 2.16. Transformasi radon dilakukan pada data CMP *gather* yang sudah terkoreksi NMO atau pada *common shot gather*. Dengan ray parameter  $p = 1/v$ , maka *event primary* akan dipetakan sekitar  $p=0$  dan *event multiple* pada daerah  $p > 0$ .



Gambar 2.16. (a) Pemetaan *Event* dari Domain  $t$ - $x$  ke Domain  $\tau$ - $\rho$

(b) Contoh Aplikasi Transformasi  $\tau$ - $p$  untuk Data Real

[Yilmaz, 1987]

Transformasi radon memiliki kekurangan yaitu tidak dapat menangani energi multipel pada *near-offset* dan tidak bisa menahan amplitudo dari *primary* sehingga ada kebocoran energi primer. Sehingga kombinasi metode Radon dan SRME sangat tepat untuk dapat saling melengkapi dalam tahapan atenuasi multipel.

### 2.7.1 Transformasi Radon Parabolik

Refleksi multipel pada CMP *gather* yang sudah terkoreksi NMO bisa diperkirakan dengan melihatnya sebagai parabolik. Transformasi radon parabolik bisa dikenakan pada CMP *gather* yang sudah terkoreksi NMO dengan menjumlahkan data sepanjang jalur *stacking* yang didefinisikan dengan persamaan  $t = \tau + qx^2$  dengan  $q=p$ . Sebuah kurva parabolik yang tepat pada domain CMP dapat dipetakan secara teori pada satu titik yang terfokus pada transformasi radon parabolik. Persamaan  $t = \tau + qx^2$  bisa dianggap sebagai suatu *event* dengan *two-way travelttime* pada *zero-offset*  $t_0$  dan kecepatan RMS ( $V_{rms}$ ). Jika *event* ini dikoreksi dengan satu kecepatan  $V_c$ , maka *event* tersebut akan tampak pada time  $T(x)$  dimanadinyatakan dengan persamaan :

$$T(x) = t_0 + \sqrt{t_0^2 + \frac{x^2}{v_{rms}^2}} - \sqrt{t_0^2 + \frac{x^2}{v_c^2}} = t_0 \left[ 1 + \sqrt{1 + \frac{x^2}{v_{rms}^2 t_0^2}} - \sqrt{1 + \frac{x^2}{v_c^2 t_0^2}} \right] \quad (2.36)$$

Peramaan diatas dapat diturunkan dalam deret Taylor, sehingga didapatkan:

$$\begin{aligned} T(x) &= t_0 \left[ 1 + \left[ 1 + \frac{1}{2} \frac{x^2}{v_{rms}^2 t_0^2} + L \right] - \left[ 1 + \frac{1}{2} \frac{x^2}{v_c^2 t_0^2} + L \right] \right] \\ &= t_0 \left[ 1 + \frac{1}{2} \frac{x^2}{t_0^2} \left[ \frac{1}{v_{rms}^2} - \frac{1}{v_c^2} \right] + L \right] \end{aligned} \quad (2.37)$$

Kecepatan *residu*  $V_r$  bisa didapatkan dengan :

$$\frac{1}{v_r^2} = \frac{1}{v_{rms}^2} - \frac{1}{v_c^2} \quad (2.38)$$

Persamaan diatas bisa juga dituliskan sebagai:

$$T(x) = t_0 + \frac{x^2}{2t_0 v_r^2} + A \quad (2.39)$$

Jika  $(x / (V_r t_0)) \ll 1$ , maka persamaan dengan orde lebih tinggi dapat dihentikan. *Event* yang sudah terkoreksi NMO pada data masukan bisa dilihat sebagai parabolik dan dipetakan pada titik dalam domain radon oleh persamaan:

$$u(\tau, q) = \sum_x d(t = \tau + qx^2, x) \quad (2.40)$$

dengan  $q = \frac{1}{2} t_0 v_r^2$  sebagai *event* yang memiliki selisih dengan bentuk ideal parabolik, hal itu membuat *amplitude* yang tidak jelas bisa diperkirakan dalam domain *radon*, sehingga *event* yang dipisahkan menjadi lebih tegas. *Radon transform* parabolik didefinisikan pada  $t^2$  *stretched CMP* atau *shot gather* karena hiperbola pada domain CMP menjadi parabola setelah peregangan  $t^2$  pada koordinat waktu (Yilmaz, 1987). Asumsi *event* pada CMP gather dengan *traveltime* hiperbolik didefinisikan oleh:

$$t^2 = t_0^2 + \frac{x^2}{v^2} \quad (2.41)$$

Selanjutnya dilakukan peregangan (*stretching*) pada arah waktu (*time*) dengan menentukan  $t' = t^2$  dan  $t_0' = t_0^2$ . Maka persamaan (2.41) menjadi:

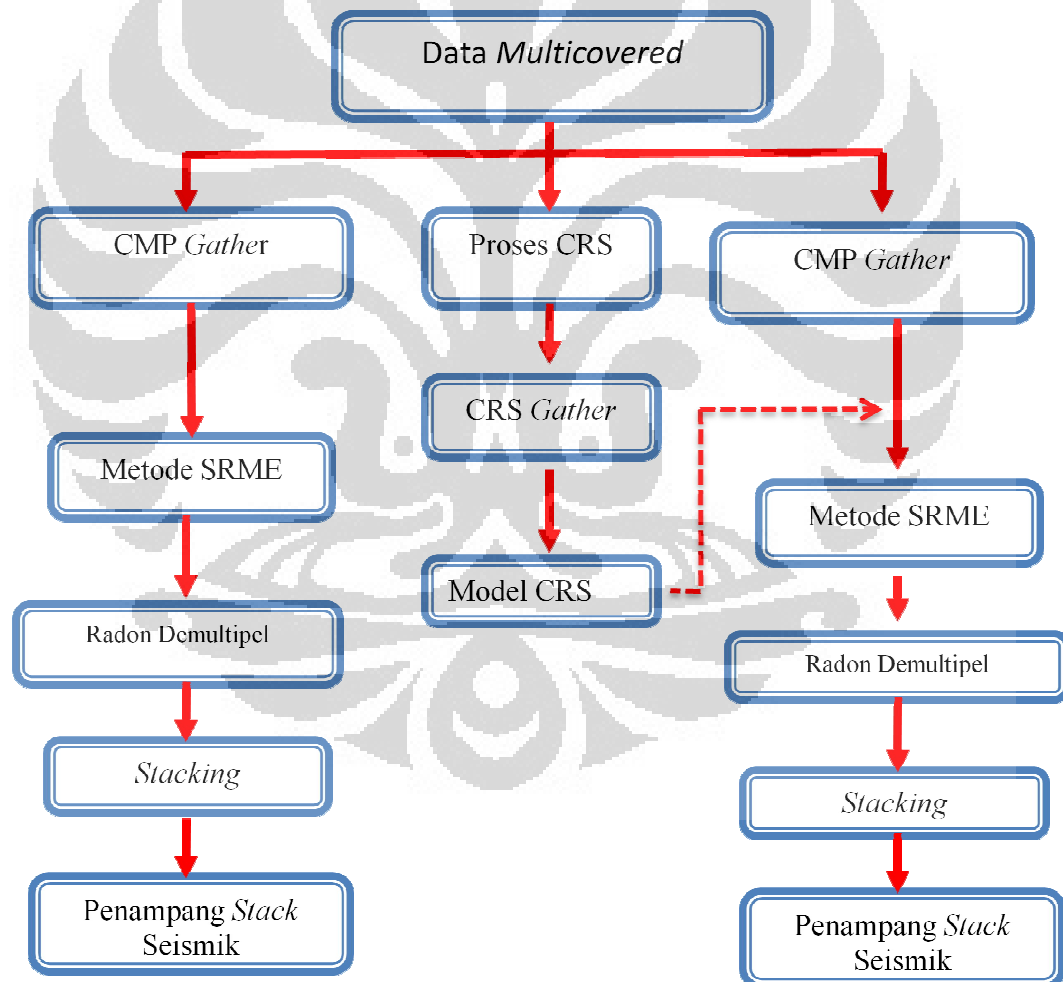
$$t' = t_0' + \frac{x^2}{v^2} \quad (2.42)$$

Persamaan diatas didefinisikan sebagai parabola. Sehingga, transformasi radon parabolik bisa didefinisikan pada  $t^2$  *stretched CMP* atau dapat dilakukan juga pada *shot gather*.

## BAB III DATA DAN PENGOLAHAN

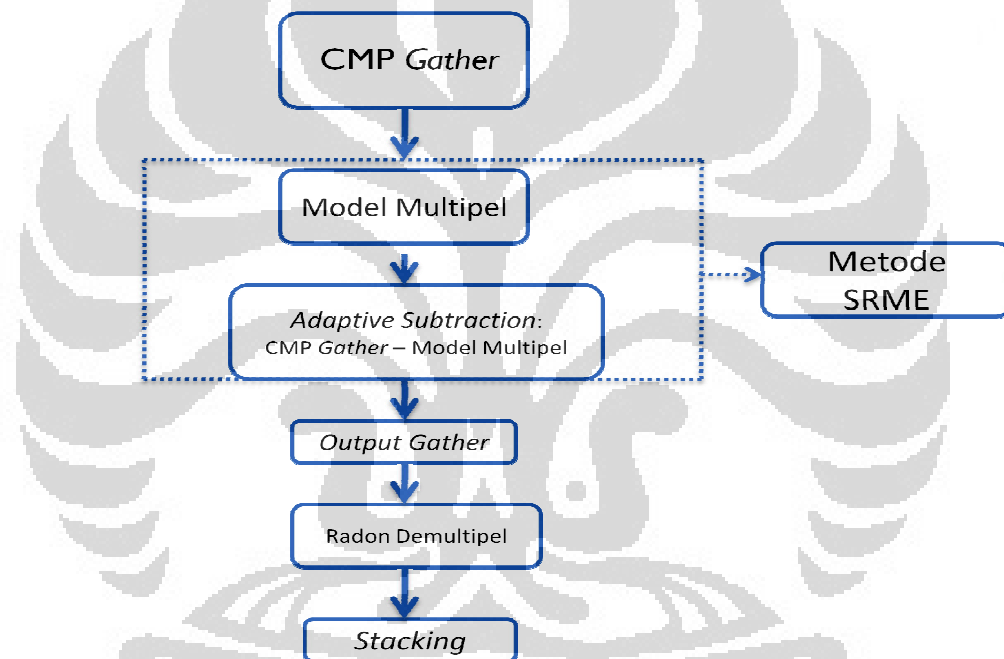
### 3.1 Metode Penelitian

Penelitian dilakukan dengan menggunakan dua metode dalam mengatenuasi multipel, yaitu metode konvensional dan metode CRS. Secara umum alur metodologi penelitian dapat dilihat pada gambar 3.1, dimana data seismik yang digunakan adalah data seismik laut *multicovered* yang telah dilakukan *sorting* kedalam CMP.



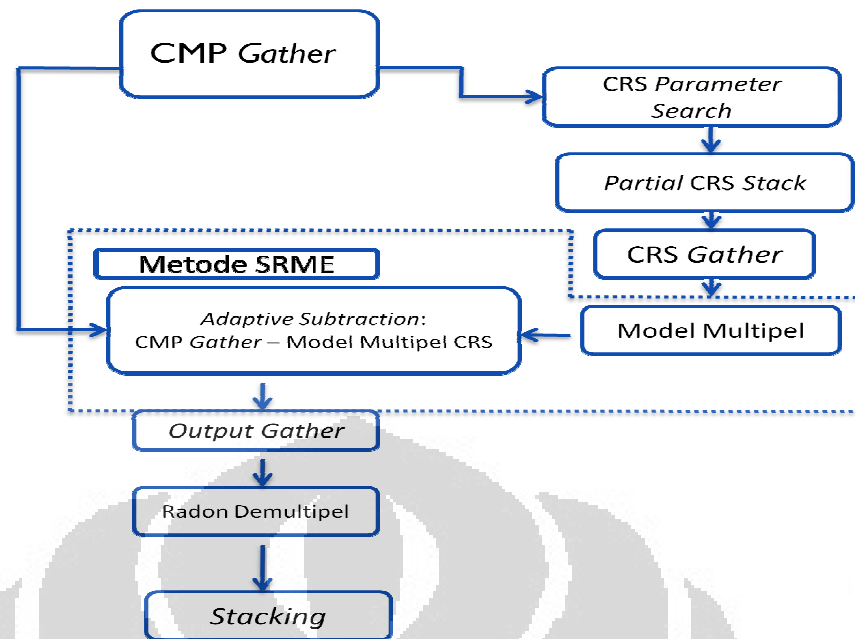
Gambar 3.1. Diagram Alur Metodologi Penelitian

Alur metodologi penelitian pada gambar 3.1 secara lebih rinci dibagi kedalam dua proses utama, yaitu atenuasi multipel dengan proses konvensional dan proses CRS. Pada skematik alur penelitian yang pertama, dilakukan proses atenuasi multipel dengan proses konvensional, dimana data masukan yang digunakan adalah *CMP gather*, kemudian dilakukan proses SRME untuk membuat model multipel yang selanjutnya dilakukan proses substraksi antara data *input CMP gather* dan model multipel. Untuk mendapatkan hasil *stack* yang lebih baik, dilakukan metode radon demultipel agar multipel yang terdapat pada *far offset* juga dapat dihilangkan. Alur pemrosesan konvensional ini dapat dilihat pada gambar 3.2.



Gambar 3.2. Alur Metodologi Atenuasi Multipel pada Proses Konvensional

Alur penelitian yang kedua yaitu menggunakan metode CRS untuk memodelkan multipel pada proses SRME. Model multipel yang dibuat dari data masukan *CRS gather* selanjutnya dilakukan proses *adaptive subtraction*, dimana pada tahap ini dilakukan proses pengurangan antara data masukan *CMP gather* dengan model multipel dari *CRS gather*. Selanjutnya pada langkah terakhir dilakukan radon demultipel sama seperti pada proses konvensional. Alur pemrosesan yang melibatkan proses CRS ini dapat dilihat pada gambar 3.3.



Gambar 3.3. Alur Metodologi Atenuasi Multipel pada Proses CRS

Hasil keluaran dari penelitian ini adalah penampang *stack*, yang kemudian dibandingkan antara hasil dari alur pertama dan kedua pada tahapan analisis multipel.

### 3.2 Data Masukan

Data masukan yang digunakan pada penelitian ini merupakan data seismik *real* laut dalam 2D. Data *multicovered* yang merupakan data masukan pada penelitian ini adalah data yang telah di sorting berdasarkan kesamaan letak *common mid point* (CMP) dalam bentuk *gather* atau biasa disebut *CMP gather*. Data seismik yang digunakan memiliki konfigurasi sebagai berikut :

Tabel 3.1. Informasi *Header* Data Seismik.

Parameter	Nilai
CMP	2512 - 8071
<i>Receiver Interval</i>	50 m
<i>Offset</i>	113 - 3100
<i>Sampling Rate</i>	4 ms
<i>Record Length</i>	4000 m

### 3.3 Perangkat

Perangkat yang digunakan pada pengolahan data ini berupa perangkat keras (*hardware*) yang meliputi satu PC komputer dengan sistem operasi LINUX. Untuk perangkat lunak (*software*) yang digunakan yaitu *Wave Inversion Technology* (WIT) dan Geocluster CGGVERITAS. WIT merupakan *software* yang digunakan untuk pengolahan metode CRS dengan format perintah dalam *Seismic Unix*. Sedangkan *software* Geocluster CGGVERITAS merupakan salah satu *software* yang digunakan pada pengolahan data seismik. *Software* ini menggunakan *command unique* dalam pengaplikasiannya karena setiap perintah yang diberikan pada *software* ini merupakan perintah dalam bentuk numerik. Perintah- perintah yang terdapat dalam *software* ini didesain dalam format job, dan untuk penamaan data pada setiap job harus dilakukan dalam format angka.

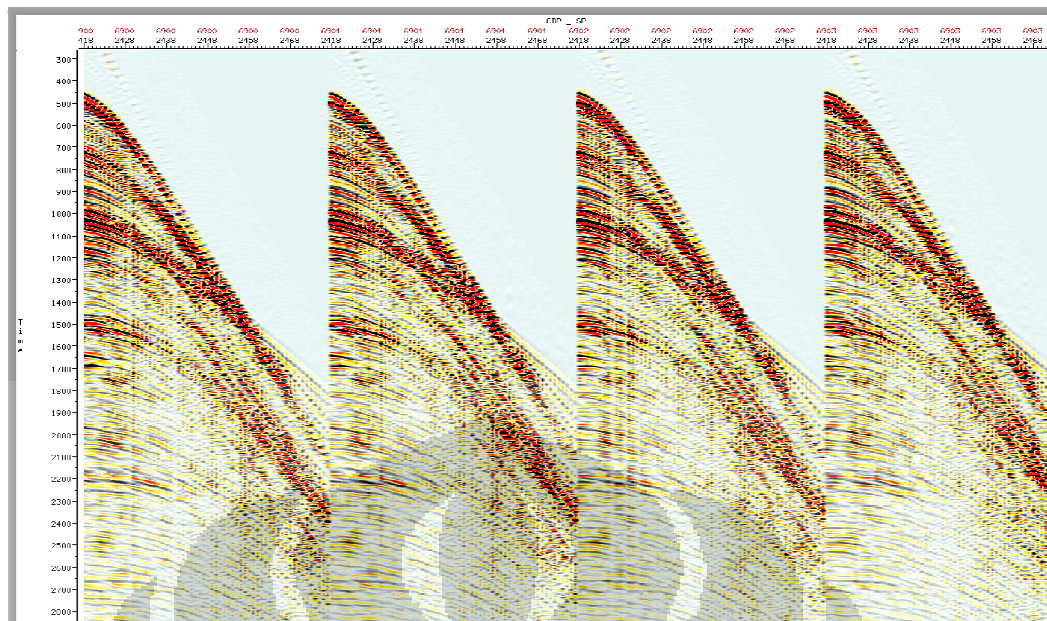
### 3.4 Pengolahan Data

Pengolahan data pada penelitian ini dilakukan dalam beberapa tahap, yaitu *pre conditioning* data atau persiapan data *multicovered*, atenuasi multipel dengan proses konvensional, dan atenuasi multipel dengan proses CRS. Berikut ini akan dijelaskan mengenai tahapan pengolahan data tersebut.

#### 3.4.1 Persiapan Data *Multicovered*

Pada proses ini dilakukan beberapa tahapan sebelum masuk ke dalam tahapan utama dalam melakukan atenuasi multipel. Tahapan ini terdiri dari beberapa proses yaitu *labeling*, *muting* dan dekonvolusi. Tahapan awal dilakukan proses *labeling*, yang bertujuan untuk melakukan penomoran CMP dan *shot point*. Dalam proses ini dilakukan *sorting* atau pengurutan sehingga *offset* hasil pengukuran dapat diketahui. Nomor *shot point* dan CMP akan diurutkan berdasarkan nomor *shot point* dan CMP terendah hingga terbesar agar struktur lapisan dibawah permukaan dapat terlihat dengan benar. Penomoran CMP dan *shot point* yang benar dapat terlihat dari geometri yang dapat ditampilkan. Geometri ini akan menunjukkan rekaman data yang terjadi di lapangan sehingga memiliki gambaran yang sama dengan pada saat akuisisi di lapangan.





Gambar 3.4. Data CMP *Gather* yang Menjadi Data masukan

Tahapan selanjutnya yaitu *muting* untuk memotong *noise-noise* yang bercampur dengan data ataupun membuang data yang rusak. Proses ini dilakukan terhadap CMP *gather*. Proses untuk menampilkan CMP *gather* yang baik, yaitu telah mengalami koreksi NMO, diperlukan nilai kecepatan yang baik. Pada penelitian ini nilai kecepatan (*velocity*) didapatkan dari *velocity guide* dan *velocity picking* yang telah dilakukan. Setelah proses *muting*, selanjutnya dilakukan tahapan dekonvolusi yang berfungsi untuk meningkatkan resolusi temporal dari data seismik. Data dari hasil proses *pre conditioning* (gambar 3.4) merupakan data input yang digunakan untuk tahapan pengolahan data selanjutnya.

### 3.4.2 Atenuasi Multipel dengan Proses Konvensional

Tahapan ini merupakan tahapan yang biasa dilakukan dalam melakukan atenuasi multipel. Pada tahapan ini akan dilakukan atenuasi multipel dengan menggunakan metode SRME dan Radon Demultipel. Data masukan yang digunakan yaitu data *multicovered* berupa CMP *gather* yang telah diproses pada tahapan sebelumnya.

#### 3.4.2.1 Preconditioning Data

Proses ini merupakan tahapan awal yang dilakukan pada metode SRME.

Untuk melakukan proses 2-D SRME perlu dilakukan beberapa hal agar algoritma dari 2-D SRME dapat bekerja dengan baik. Berikut ini adalah beberapa tahapan yang dilakukan pada proses ini,

- Regularisasi data sehingga diperoleh grid sumber-penerima yang konstan. Data masukan harus memiliki geometri yang *exact* dan harus berada pada *regular CMP gather*. Kesalahan informasi geometri yang diberikan akan sangat berpengaruh terhadap multipel yang diprediksi.
- Interpolasi *near* dan *intermediate offset* yang hilang.
- Menghilangkan gelombang langsung dan gelombang permukaan.
- Menghilangkan *noise* non fisis. Keberadaan *noise* dapat membuat artifisial multipel pada model yang diprediksi.

Oleh karena itu untuk menjalankan proses ini informasi data *header* dari geometri sangat diperlukan.

#### **3.4.2.2 Pembuatan Model Multipel SRME**

Pada tahapan ini, data *gather* yang telah dilakukan proses *pre-conditioning* disorting kedalam *CMP-offset* sebelum proses pembuatan model. Tahapan selanjutnya yaitu mendefinisikan parameter yang digunakan pada pembuatan model. Parameter tersebut antara lain jumlah maksimum *trace* pada *input gather*, jumlah *loop output* utama (untuk menentukan jumlah proses *looping* yang akan dilakukan pada proses komputasi) dan *increment* dari data. Selain itu, pada proses regularisasi juga harus memasukan nilai *maximum offset* yang mengalami perubahan atau pergeseran yang digunakan. Nilai ini digunakan untuk mengontrol ekstrapolasi yang dilakukan ke *zero offset*, maksimum *offset* dalam grid, interval antara *CMP input* yang berdekatan, dan iterasi yang akan dilakukan untuk menghitung model. Data keluaran dari tahapan ini adalah data *gather* yang berupa model multipel yang telah disorting berdasarkan *trace*.

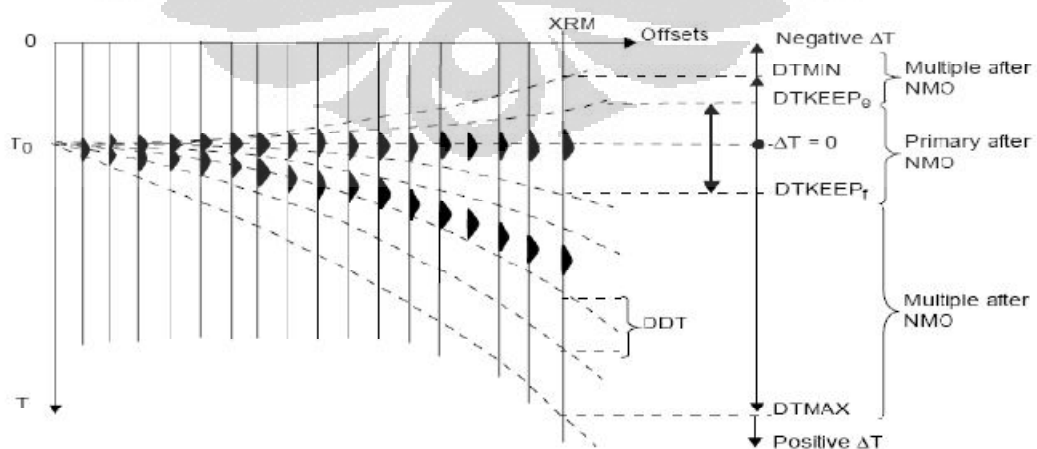
#### **3.4.2.3 Adaptive Subtraction**

Setelah dilakukan pembuatan model multipel, tahapan selanjutnya yaitu proses subtraksi atau pengurangan antara data input *CMP gather* yang mengandung gelombang primer dan multipel dengan model multipel yang telah

diprediksi pada proses sebelumnya. Ketika proses iterasi sudah ditentukan, *adaptation* parameter harus didefinisikan agar perhitungan sinyal primer ( $primaries = data - adapted\ model$ ) sesuai dengan urutan dari proses iterasi yang dilakukan. Dalam proses subtraksi, parameter spesifik yang harus diketahui yaitu *statistical* dan *deterministic adaptation*. Parameter pada *statistical adaptation* yaitu panjang dari *adaptation window* (dalam ms), jumlah *trace* dari *adaptation window*, panjang dari *adaptation filter* (parameter ini harus kurang dari waktu *water bottom*), dan jumlah *trace* dari *adaptation filter*. Sedangkan untuk *deterministic adaptation* diantaranya jumlah *trace* dari *amplitude adaptation window* dan panjang dari *amplitude adaptation window* (dalam ms). Data keluaran pada tahapan ini adalah data primer yang sudah dikurangi dengan model multipel.

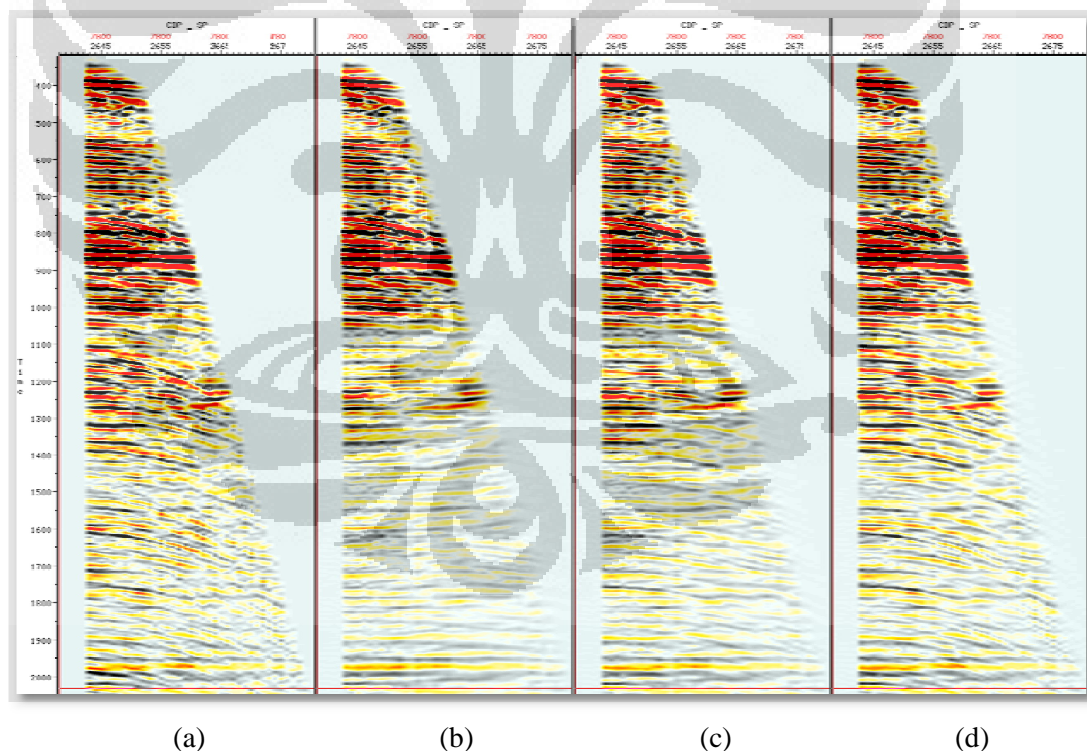
#### 3.4.2.4 Penekanan Multipel Menggunakan Transformasi Radon

Setelah melakukan metode SRME, agar penampang *stack* akhir yang didapatkan lebih optimal, maka dilakukan tahapan penekanan multipel menggunakan transformasi radon. Hal ini dilakukan untuk menghilangkan multipel yang tidak dapat diprediksi dengan baik oleh metode SRME. Metode ini sangat efektif untuk menghilangkan multipel pada *far offset* yang masih terdapat pada data. Data masukan pada tahapan ini adalah data *gather* yang telah dikoreksi NMO dan sudah dilakukan metode SRME.



Gambar 3.5. Parameter pada Proses Radon Demultipel

Beberapa parameter yang harus ditentukan pada tahap ini dapat dilihat pada gambar 3.5. XRM merupakan *offset* terjauh (meter) yang merupakan referensi dalam perhitungan model Radon. DTMIN adalah batas minimum untuk melakukan *scanning* terhadap garis parabola dan garis lurus relatif dengan arah horizontal (ms), sedangkan DTMAX yaitu batas maksimum untuk melakukan *scanning* terhadap garis parabola dan garis lurus relatif dengan arah horizontal (ms). DDT merupakan *increment* antara garis parabola dan garis lurus pada *offset* XRM. Dalam menentukan zona dari multipel dan *linear noise* yang akan dipotong (dalam ms) digunakan separasi DTCUT, sedangkan DTKEEP digunakan untuk menentukan zona data *primary* atau sinyal yang akan dipertahankan (ms). Dengan menentukan parameter tersebut, maka dapat ditentukan pemisahan antara *primary* dan multipel. Penentuan parameter DTKEEP dan DTCUT yang tepat juga sangat menentukan keberhasilan dalam mereduksi multipel karena hanya data *primary* saja yang dipertahankan sedangkan multipel akan dihilangkan.



Gambar 3.6. (a) *Gather* Sebelum dilakukan Radon Demultiple, (b) *Gather* Setelah dilakukan Radon dengan DTCUT 200, (c) DTCUT 400, dan (d) DTCUT 600

Penentuan zona dari multipel dilakukan dengan metode *trial error* dengan mencoba memasukkan beberapa nilai dari parameter DTCUT. Nilai yang digunakan yaitu 200, 400, dan 600 ms. Pada gambar 3.6 dapat dilihat perbedaan dari masing-masing nilai yang digunakan. Dari hasil tersebut, nilai yang dipilih yaitu DTCUT 400 karena pada DTCUT 600 masih banyak multipel yang belum dapat dibuang, sedangkan pada DTCUT 200 hasilnya sangat baik dan relatif bersih dari multipel tetapi ada sinyal dari *primary* yang ikut terbuang.

Setelah dilakukan proses atenuasi multipel menggunakan metode SRME dan transformasi radon, tahapan selanjutnya yaitu dilakukan proses *stacking* terhadap *output gather* dari data hasil atenuasi multipel.

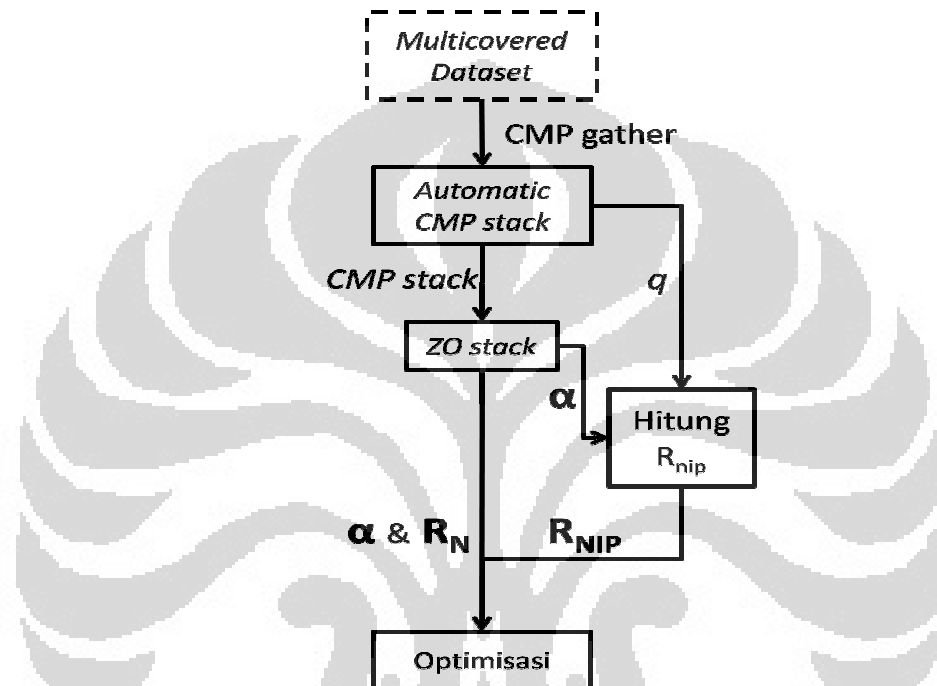
### 3.4.3 Pemodelan Atenuasi Multipel dengan Proses CRS

Sebagai perbandingan proses atenuasi multipel secara konvensional, langkah selanjutnya adalah melakukan tahapan pemodelan atenuasi multipel dengan memanfaatkan metode CRS untuk mendapatkan *gather* dari metode CRS. Tahapan ini dimulai dengan proses pencarian parameter CRS untuk mendapatkan parameter CRS yang optimal, proses regeometri agar CRS *gather* memiliki geometri yang sama dengan CMP *gather*, dan tahapan terakhir yaitu atenuasi multipel dengan metode SRME dan transformasi radon. Berikut ini akan dijelaskan proses pengolahan data yang dilakukan pada setiap tahapan.

#### 3.4.3.1 Pencarian Parameter CRS

Proses pencarian parameter CRS yang dilakukan terdiri atas tiga tahap yaitu *automatic CMP stack*, *zero offset stack (ZO stack)*, dan optimisasi. Pada tahap *automatic stack* dilakukan *stack* data masukan berupa CMP *gather*. Nilai kecepatan NMO diketahui untuk setiap sampel ZO yang kemudian digunakan untuk proses CMP *stack*. Langkah itu dilakukan secara otomatis. Dari tahap *automatic CMP stack* didapatkan keluaran berupa penampang CMP *stack*, penampang koherensi, penampang kecepatan NMO, dan penampang  $q$ . Hasil keluaran dari tahap *automatic CMP stack* selanjutnya digunakan untuk tahapan ZO *stack*.

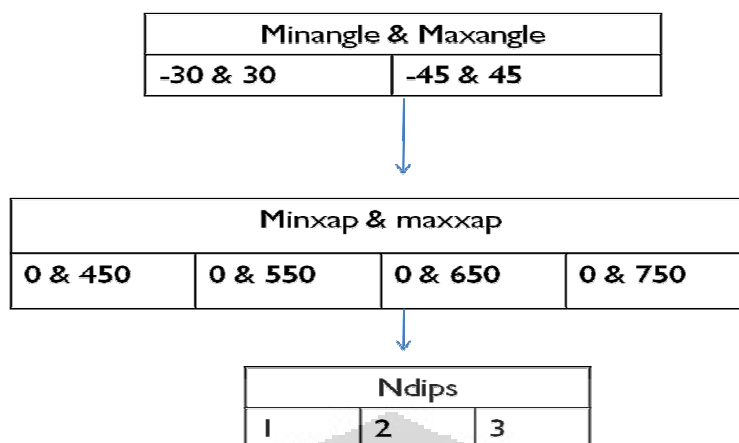
Proses ZO stack yang dilakukan pada tahapan ini digunakan dalam pencarian parameter  $\alpha$  dan  $R_N$ . Nilai dari parameter  $\alpha$  digunakan untuk menghitung nilai  $R_{NIP}$ . Maka dari proses ZO stack didapatkan tiga atribut yaitu  $\alpha$ ,  $R_N$ , dan  $R_{NIP}$ . Tahapan selanjutnya yaitu proses optimisasi. Proses optimisasi dilakukan pada penampang ZO stack, penampang koherensi, penampang atribut  $\alpha$ , penampang  $R_N$ , dan penampang  $R_{NIP}$ .



Gambar 3.7. Diagram Alur Pencarian Atribut CRS

Untuk menjalankan proses *stacking* CRS tersebut diperlukan beberapa parameter masukan. Penentuan parameter pada proses CRS sangat bervariasi.. Parameter tersebut antara lain nilai minimum dan maksimum *emergence angle* (*minangle*, *maxangle*), nilai minimum dan maksimum lebar aperture (*minxap*, *maxxap*), serta nilai jumlah *conflicting dips* (*ndips*). Parameter nilai tersebut ditentukan dengan memasukkan beberapa nilai percobaan dengan metode *trial* dan *error*. Variasi dari nilai dan alur penentuan parameter dapat dilihat pada gambar 3.8.





Gambar 3.8. Alur Penentuan Parameter CRS untuk Mendapatkan Penampang Inisial yang Paling Optimum

Parameter awal yang ditentukan adalah nilai kecepatan dekat permukaan. Nilai kecepatan dekat permukaan (*near surface velocity*) yaitu sebesar 1500 m/s, dimana nilai tersebut didapatkan dari informasi geologi daerah penelitian. Nilai *emergence angle* ( $\alpha$ ) yang digunakan yaitu nilai variasi pasangan  $(-30^\circ, 30^\circ)$  dan  $(-45^\circ, 45^\circ)$ . Untuk variasi nilai *aperture* digunakan variasi nilai 450m, 550m, 650m, dan 750m. Dengan menggunakan prinsip zona fresnel kita dapat mengetahui asumsi awal *aperture* optimum dari suatu data. Namun hal itu tidaklah menjadi suatu referensi pasti dalam penentuan *aperture* yang optimal melainkan hanya pendekatan awal saja atau sebagai pemandu dalam mencari *aperture* sebenarnya, yang memiliki tingkat koherensi tinggi. Untuk nilai *conflicting* dips (ndips) dilakukan variasi nilai 1,2, dan 3. Pada penelitian ini proses pencarian nilai parameter yang dipilih dilakukan dengan cara melihat perbandingan dari hasil analisis secara kualitatif dengan meninjau kemenerusan reflektor, *artefak* yang muncul, serta koherensi yang dihasilkan dari proses CRS pada penampang *stack* yang didapatkan. Berikut ini adalah parameter yang digunakan dalam proses CRS *stack* :

Tabel 3.2. Informasi Parameter CRS yang dilakukan pada Penelitian

<b>Target window</b>	Lower time boundary ZO CRS <i>stack</i>	0
	No. of time sampel per trace	1250
	Time sample spacing	0.004

	Minimum CDP	2512
	Maximum CDP	8071
<b>Velocities</b>	Survel	1500 m/s
	Avgvel	2500 m/s
	Vnmo min	1500 m/s
	Vnmo max	2500 m/s
<b>Aperture</b>	Minofftime	0 s
	Minoffsetap	200 m
	Maxofftime	3 s
	Maxoffsetap	2575 m
	Minxap	0 m
	Maxap	450, 550, 650, 750 m
<b>Angel and Rn Search</b>	Maxangel	30 <sup>0</sup> , 45 <sup>0</sup>
	Minangel	(-30 <sup>0</sup> , -45 <sup>0</sup> )
	Dangel	1
<b>Conflicitng Dip Handling</b>	Globacohtresh	0.2
	Relcohtresh	0.2
	Ndips	1 3
<b>Local Optimization</b>	Mincohtres	0
	Maxcohtres	0

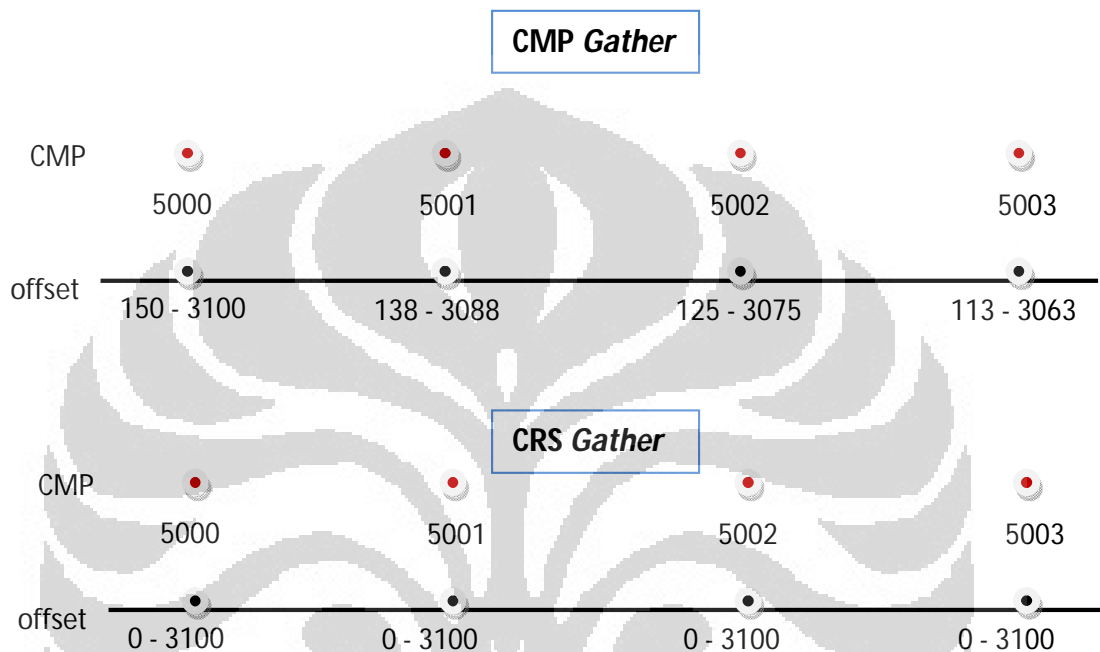
Dari atribut yang dihasilkan pada metode CRS, hanya *gather* dari metode ini yang digunakan pada penelitian. Data keluaran berupa CRS *gather* digunakan sebagai data masukan untuk melakukan tahapan atenuasi multipel pada proses selanjutnya.

#### 3.4.3.2 Regeometri CRS Gather

Geometri yang dimiliki oleh CRS *gather* berbeda dengan geometri dari CMP *gather*. Hal itu disebabkan karena perbedaan konsep *stacking* pada metode CRS dan konvensional. CRS tidak melakukan penjumlahan *stack* antar titik tetapi bidang sehingga CRS *gather* memiliki jumlah *trace* yang lebih banyak dan geometri yang berbeda dengan CMP *gather*. Pada gambar 3.9 terlihat bahwa kedua *gather* memiliki rentang *offset* yang berbeda. Data tersebut memiliki *receiver* interval 50 m. CMP *gather* memiliki jumlah *trace* pada setiap CMP yaitu 59 *trace*. Sedangkan pada CRS *gather* memiliki rentang *offset* yang sama



pada setiap CMP yaitu dari 0 sampai 3100 m. *Offset* terjauh dan terdekat dari kedua *gather* jelas berbeda. CRS *gather* mengisi *offset* terdekat pada semua CMP, sehingga memiliki jumlah trace yang lebih banyak yaitu sebanyak 122 trace. Selain itu hasil pengolahan pada metode CRS menyebabkan hilangnya sebagian informasi geometri seperti *shot point* dan posisi *receiver*.

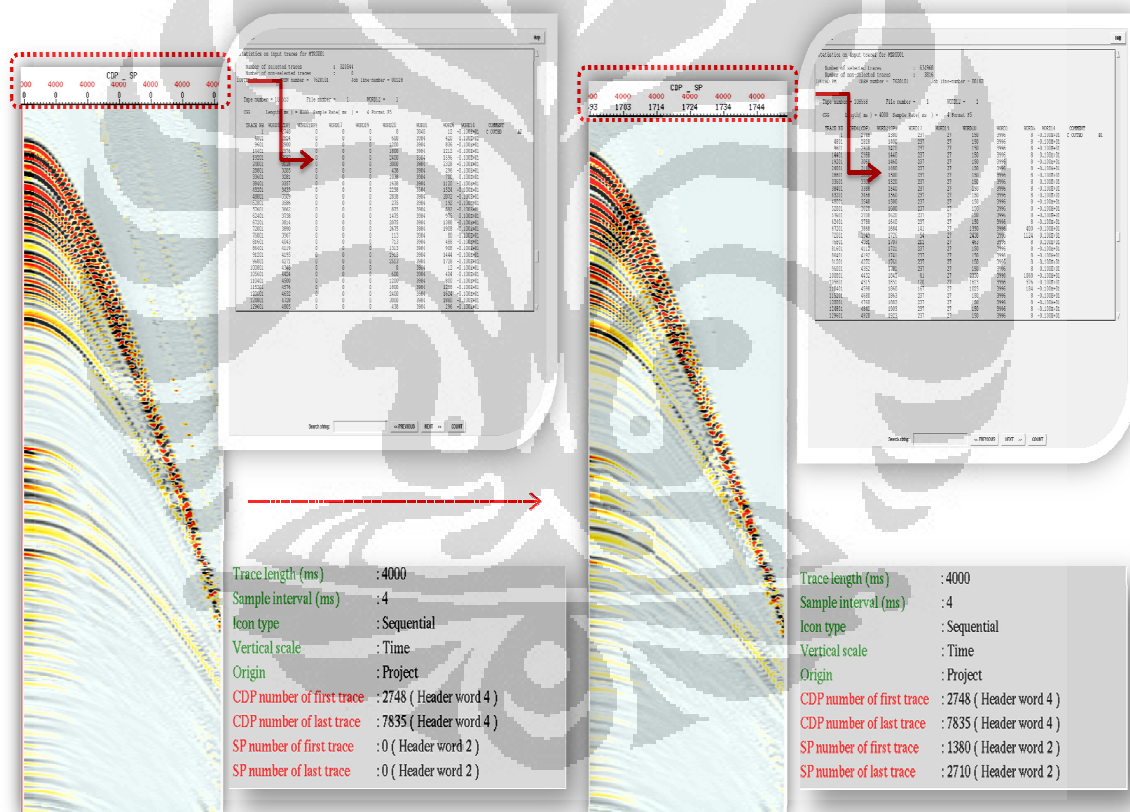


Gambar 3.9. Konfigurasi Perbedaan Geometri CMP dan *offset* dari kedua *Gather*

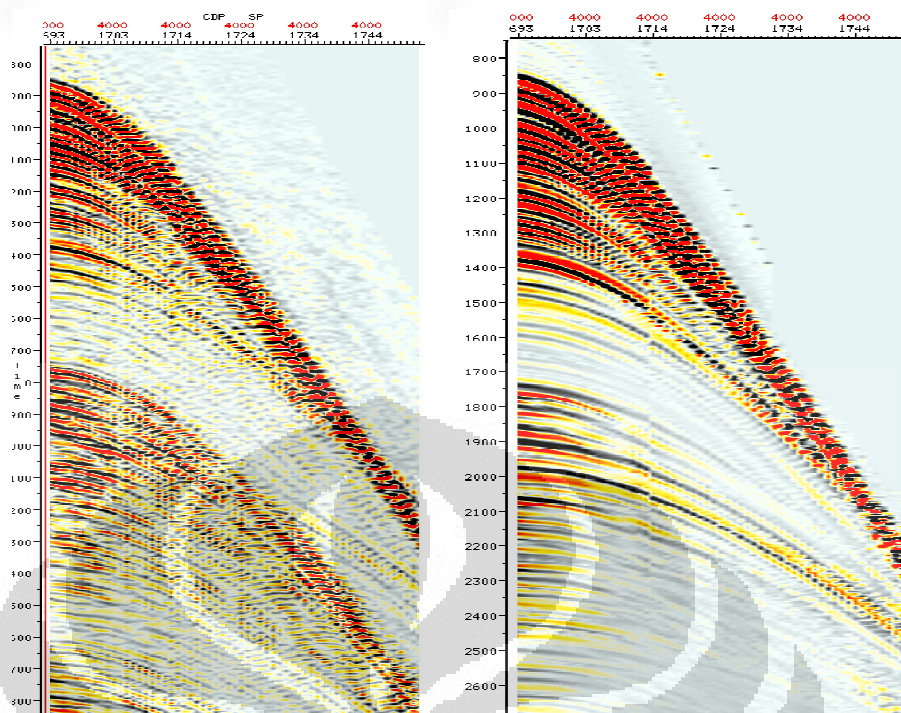
Proses regeometri ini dilakukan untuk menyamakan geometri dan informasi *header* CRS *gather* dengan CMP *gather* sehingga proses subtraksi pada metode SRME dapat dilakukan. Langkah awal yang dilakukan pada proses ini adalah mendefinisikan posisi *offset* terdekat dari ke dua *gather*.

Langkah selanjutnya yaitu menyamakan posisi *offset* terdekat dan terjauh CRS *gather* dengan posisi *offset* yang dimiliki oleh CMP *gather*. Kelebihan *offset* terdekat pada CRS *gather* tidak digunakan pada penelitian ini, karena menyebabkan perbedaan geometri dengan CMP *gather*. Setelah *offset* dari kedua *gather* sama, tahapan berikutnya yaitu mengisi informasi *shot point* dan posisi dari *receiver* pada CRS *gather* sesuai dengan informasi geometri yang dimiliki

oleh CMP *gather*. Pada gambar 3.10 tampak perbedaan antara CRS *gather* sebelum dan setelah proses regeometri. Tanda garis putus-putus yang berwarna merah menandakan bahwa sebelum proses regeometri, *gather* tidak memiliki informasi *shot point*, jadi hanya dapat disorting berdasarkan CMP saja. Tabel yang terdapat pada gambar menandakan informasi yang hilang pada CRS *gather* tetapi setelah dilakukan proses regeometri, informasi geometrinya sudah terisi sehingga memiliki geometri yang sama dengan CMP *gather*. Setelah kedua *gather* memiliki informasi geometri yang sama, CRS *gather* yang telah mengalami proses regeometri menjadi data masukan pada tahapan selanjutnya.



Gambar 3.10. Perbandingan CRS *Gather* Sebelum (kiri) dan Setelah dilakukan Proses Regeometri (kanan)



Gambar 3.11. CMP *Gather* (kiri) dan CRS *Gather* (kanan)

#### 3.4.4 Atenuasi Multipel Menggunakan Model CRS *Gather*

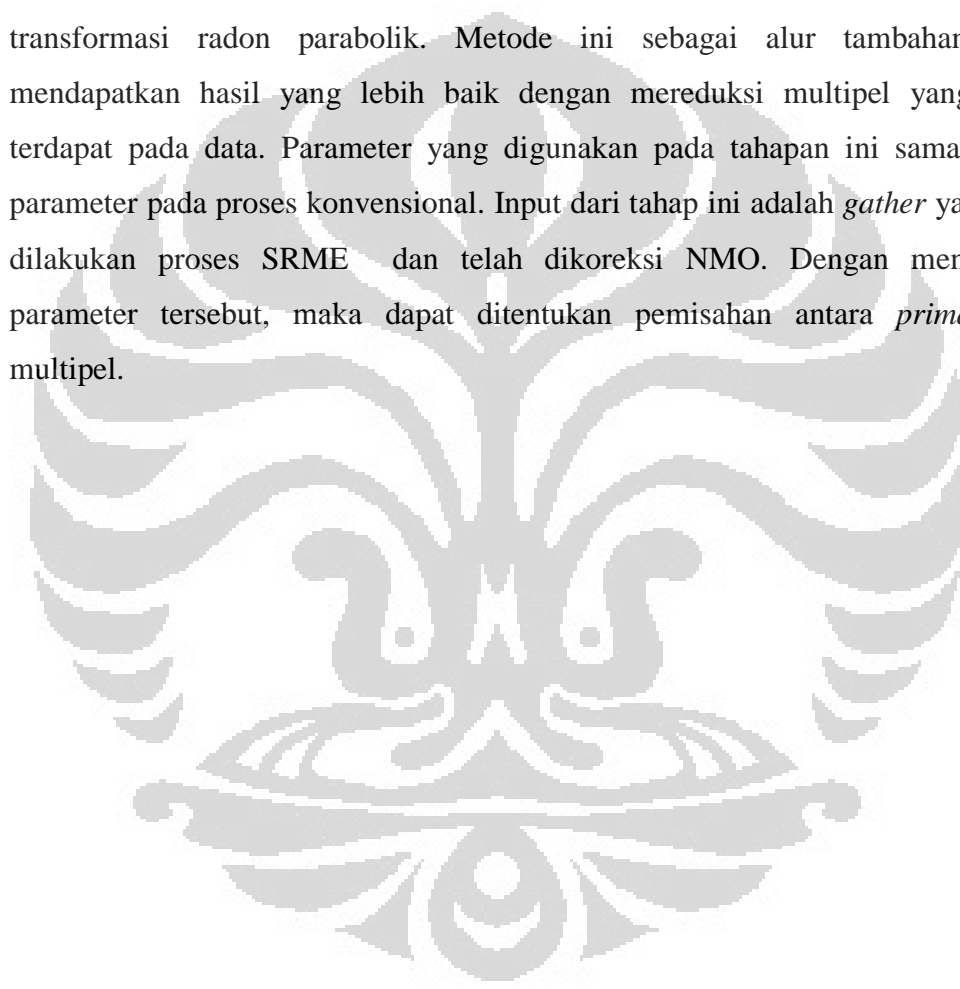
Tahap awal yang dilakukan pada proses ini yaitu melakukan pemodelan multipel dengan menggunakan data masukan CRS *gather* yang telah mengalami proses regeometri pada tahap sebelumnya. Proses pembuatan model pada tahap ini menggunakan algoritma pembuatan model pada metode SRME dengan parameter yang sama pada proses konvensional.

Alur kerja dari metode SRME pada tahap ini sama dengan yang dilakukan pada tahap konvensional. Proses ini melalui tiga tahap yaitu *preconditioning* data, pembuatan model multipel, dan proses subtraksi antara CMP *gather* dengan model multipel dari CRS *gather*. Proses dan alur pembuatan model pada tahap ini menggunakan parameter yang sama dengan proses konvensional agar hasil keluaran dari keduanya dapat dibandingkan.

Selanjutnya, saat melakukan proses subtraksi terlebih dahulu dilakukan *sorting* berdasarkan *trace* terhadap kedua data, baik itu yang dijadikan *input*

maupun model multipel yang telah dibuat. Setelah dilakukan *sorting* berdasarkan *trace*, maka data yang terdiri dari data *primary* dan *noise* multipel yang telah diurut berdasarkan *trace* tersebut dikurangi dengan model multipel yang telah diurut berdasarkan *trace*. Data keluaran dari job ini adalah suatu data yang sudah diurut berdasarkan *trace* yang hanya terdiri dari data saja.

Setelah melakukan metode SRME, untuk menekan multipel yang masih terdapat pada data digunakan metode Radon Demultipel yang menggunakan transformasi radon parabolik. Metode ini sebagai alur tambahan untuk mendapatkan hasil yang lebih baik dengan mereduksi multipel yang masih terdapat pada data. Parameter yang digunakan pada tahapan ini sama dengan parameter pada proses konvensional. Input dari tahap ini adalah *gather* yang telah dilakukan proses SRME dan telah dikoreksi NMO. Dengan menentukan parameter tersebut, maka dapat ditentukan pemisahan antara *primary* dan multipel.

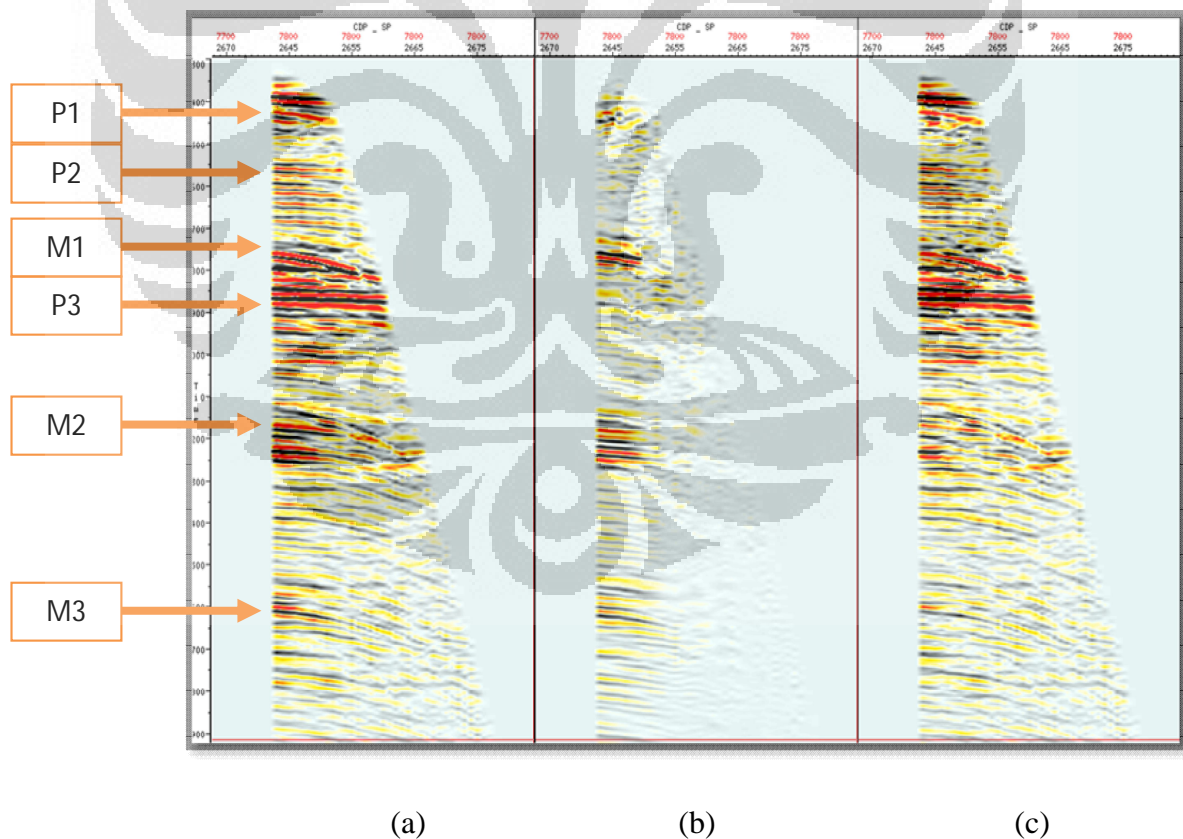


## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Atenuasi Multipel dengan Proses Konvensional

Proses konvensional yang dilakukan pada penelitian ini adalah sebagai pembandingan dari atenuasi multipel yang menggunakan model multipel CRS *gather*. Pada proses konvensional, data masukan yang digunakan untuk pembuatan model adalah CMP *gather*. Berikut ini akan dijelaskan analisis dari hasil pemrosesan tersebut.

Hasil percobaan metode SRME yang dilakukan dapat dilihat pada gambar 4.1. Pada pembahasan kali ini ditampilkan data *gather* hasil pemrosesan SRME pada CMP 7800. Multipel dapat terlihat pada *time* 750 ms sampai 1700 ms.



Gambar 4.1. (a) Data Masukan, (b) Model Multipel SRME, (c) Data Keluaran Setelah diaplikasikan Metode SRME

Data masukan yang digunakan merupakan CMP *gather* yang telah dilakukan koreksi NMO meskipun pada metode SRME tidak dibutuhkan data kecepatan. Hal ini dilakukan agar pada data tersebut dapat dibedakan antara multipel dan sinyal primer. Multipel dapat dibedakan dari sinyal primer karena semakin besar *offset* maka akan terjadi perbedaan *moveout* diantara keduanya. Hal itu menyebabkan multipel akan terlihat lebih jelas berbeda pada *far offset*. Selain itu keberadaan multipel juga dapat dibedakan dengan melihat spektrum kecepatannya. Meskipun sinyal primer dan multipel memiliki karakteristik yang sama tetapi multipel memiliki kecepatan yang lebih rendah.

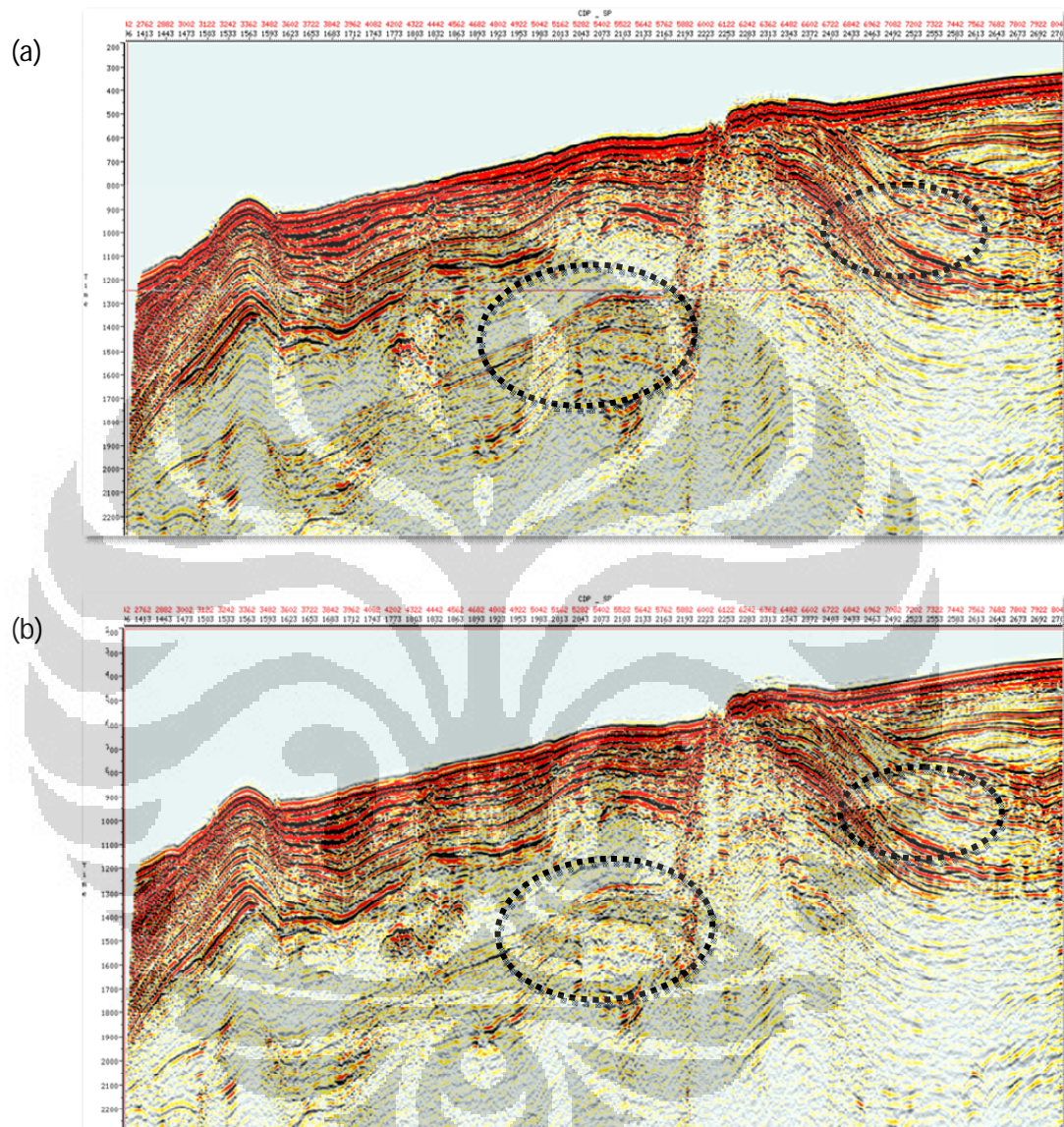
Pada gambar 4.1, sinyal primer (P1) pada data masukan terdapat pada *time* 375 ms sampai 400 ms. Sedangkan pada sinyal primer (P2) berada pada *time* 550 ms sampai 700 ms, dan untuk sinyal primer (P3) terdapat dalam *time* 850 ms. Sinyal primer pada data masukan dapat dilihat dari *gather* yang relatif lurus.

Multipel pada gambar 4.1, terdapat pada *time* 750 ms untuk M1. Multipel tersebut merupakan *water bottom multiple* atau *surface multiple* karena memiliki karakteristik yang sama dengan reflektor pertama (P1) dan memiliki waktu tempuh dua kali waktu P1. Gelombang tersebut terperangkap dua kali dalam air laut sehingga memiliki waktu tempuh gelombang dua kalinya. Multipel yang ke dua juga merupakan *water bottom multiple* dari reflektor kedua (P2) karena memiliki waktu tempuh dua kali dari P2 yang berada pada kisaran waktu 1150 ms sampai 1250 ms. Sedangkan untuk multipel yang ketiga memiliki waktu tempuh antara 1300 ms sampai 1700 ms, dan merupakan jenis *peg leg* multipel.

Pada gambar 4.1 terlihat bahwa metode SRME dapat memodelkan multipel dengan sangat baik khususnya multipel yang berkaitan dengan data permukaan. Metode ini menggunakan pendekatan pada data yang berhubungan langsung dengan data permukaan sehingga metode ini cukup efektif dalam menghilangkan multipel terutama multipel yang terdapat pada *near offset*. Dari hasil pengolahan data juga terlihat bahwa sinyal primer yang terdapat pada data tidak ikut termodelkan, sehingga data keluaran yang merupakan hasil pengurangan atau subtraksi antara data dengan model, sudah tereduksi dari *noise* multipel.



Data *gather* hasil keluaran dari metode SRME selanjutnya di lakukan proses *stacking* untuk melihat penampang *stack* sebelum dan sesudah dilakukan metode SRME.

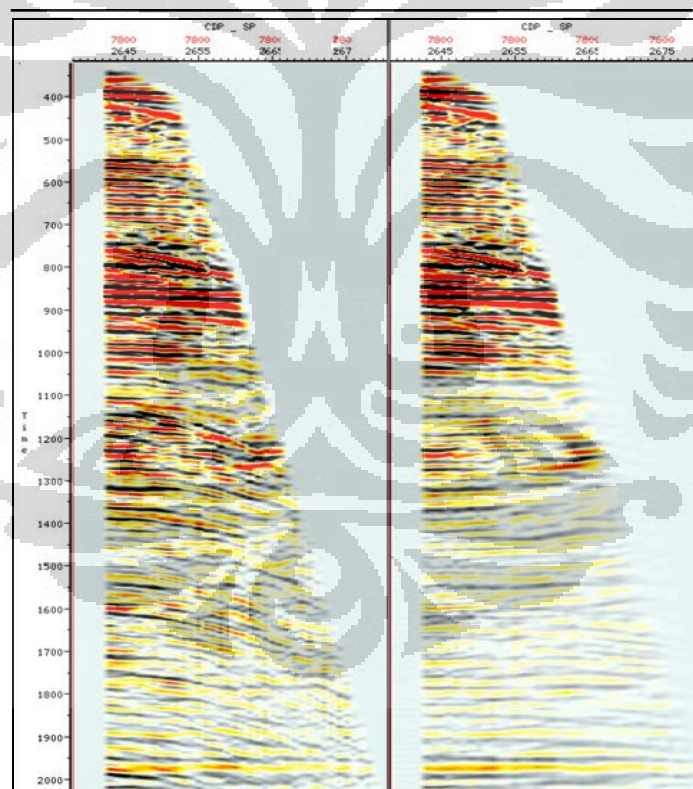


Gambar 4.2. Penampang *Stack* (a) Sebelum dilakukan SRME (b) Setelah dilakukan SRME

Setelah melakukan analisis dari hasil metode SRME, pembahasan selanjutnya mengenai hasil dari radon demultipel. Metode ini merupakan metode yang menggunakan transformasi radon parabola dalam mereduksi *noise* multipel.

Metode ini dilakukan untuk mereduksi *noise* multipel yang tidak dapat di atenuasi oleh metode SRME khususnya multipel yang terdapat pada *far offset*. Data masukan yang digunakan merupakan data *gather* yang sudah dilakukan koreksi NMO.

Radon *filter* secara umum digunakan untuk menekan multipel dengan meloloskan energi *primary*. Transformasi radon dapat membedakan antara sinyal primer dan multipel berdasarkan pada *residual moveout* dari *offset* terdekat sampai *offset* terjauh. Bentuk parabolik dari transformasi radon digunakan karena multipel masih mempunyai bentuk parabolik setelah dikoreksi NMO. Multipel bisa dibedakan dari sinyal primer karena semakin besar *offset* akan terjadi perbedaan *moveout* antara keduanya. Sehingga gelombang multiple akan terlihat lebih jelas berbeda pada *offset* terjauh.



(a)

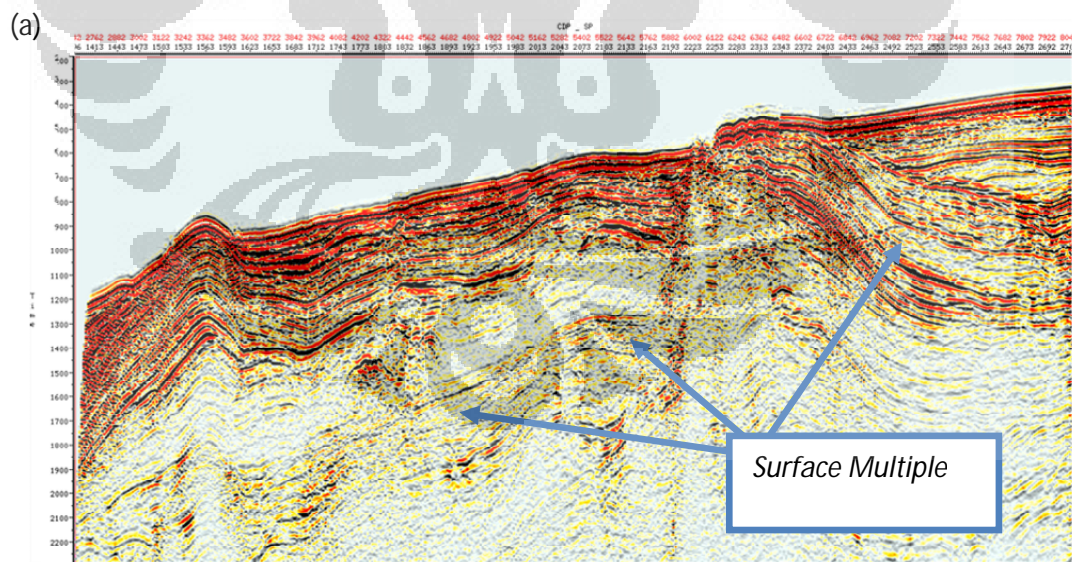
(b)

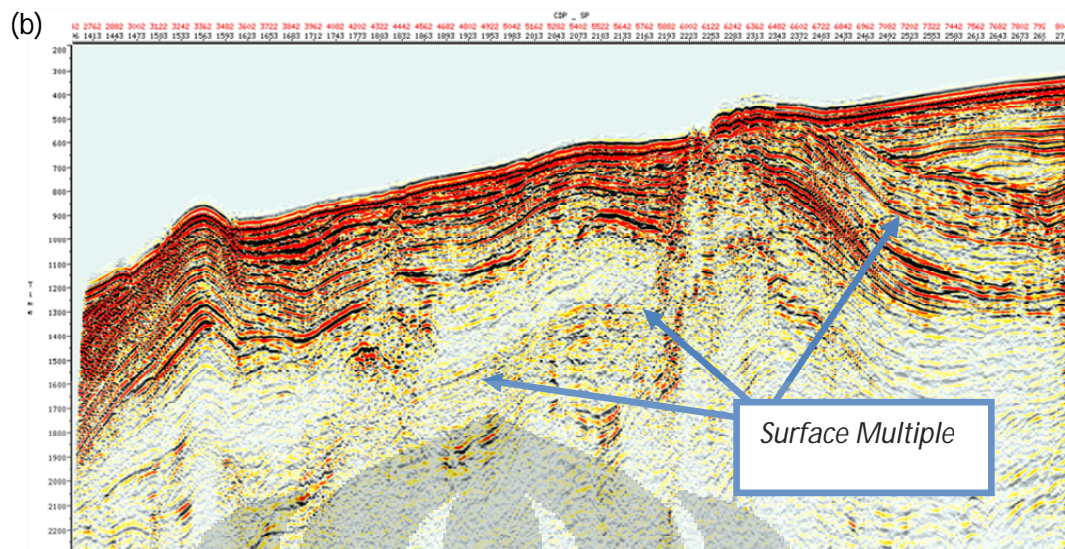
Gambar 4.3. *Gather* (a) Sebelum dan (b) Sesudah dilakukan Radon Demultiple



Terlihat perbedaan yang jelas antara sinyal primer dan mutipel pada gambar 4.3. Sinyal primer relatif lurus karena telah mengalami koreksi NMO sehingga dapat menghilangkan perbedaan jarak *offset* waktu tempuh gelombang. Selain itu, untuk mendapatkan hasil yang lebih baik, proses *picking velocity* harus dilakukan dengan tepat karena kecepatan  $v_{rms}$  yang menjadi data keluaran dari proses *picking*, nantinya digunakan pada saat melakukan koreksi NMO. Kecepatan yang tepat akan menyebabkan reflektor menjadi lurus sehingga memudahkan dalam mengidentifikasi keberadaan multipel.

Pada gambar 4.3 multipel masih terlihat pada *time* 1100 ms sampai 1700 ms. Multipel tersebut membentuk pola hiperbola pada *far offset* sehingga dapat terlihat jelas pada data *gather tersebut*. Multipel pada *far offset* tidak dapat di eliminasi dengan baik oleh metode SRME sehingga metode ini dapat melengkapi metode SRME dalam melakukan atenuasi multipel. Data keluaran pada proses ini berupa *gather* yang selanjutnya dilakukan proses *stacking* untuk mendapatkan penampang *stack* seismik yang sudah tereduksi multipelnya.





Gambar 4.4. Penampang *Stack* Seismik (a) Sebelum dan (b) Setelah dilakukan Metode SRME dan Radon Demultiple

Penampang *stack* seismik pada gambar 4.4 terlihat perbedaan penampang *stack* seismik sebelum dilakukan atenuasi multipel dan setelah dilakukan atenuasi multipel menggunakan metode SRME-Radon. Kombinasi antara metode SRME dan juga Radon Demultiple cukup efektif dalam mereduksi keberadaan multipel. Multipel pada *offset* terjauh yang tidak dapat direduksi secara optimal oleh metode SRME dapat direduksi dengan metode radon karena konsep parabolik *scanning* yang dilakukan pada metode radon sehingga multipel yang terdapat pada *offset* terjauh juga dapat dijangkau.

Pada gambar 4.4, *Surface multiple* yang terdapat pada *time* 1350 ms dapat sedikit direduksi tetapi keberadaan multipel masih cukup jelas sehingga nantinya penampang seismik tersebut akan menyulitkan pada saat proses interpretasi. Multipel ini merupakan jenis multipel yang sangat berkaitan dengan data permukaan. Metode SRME seharusnya dapat bekerja dengan optimal dalam melakukan atenuasi multipel yang terkait dengan permukaan jika memiliki model multipel yang mampu mengidentifikasi keberadaan multipel lebih baik. Oleh karena itu diperlukan metode lain dalam melakukan pemodelan multipel SRME untuk menekan keberadaan multipel sehingga penampang *stack* seismik yang didapatkan lebih optimal dibandingkan dengan proses konvensional.

## 4.2 Atenuasi Multipel dan Pemodelan Multipel dari Proses CRS

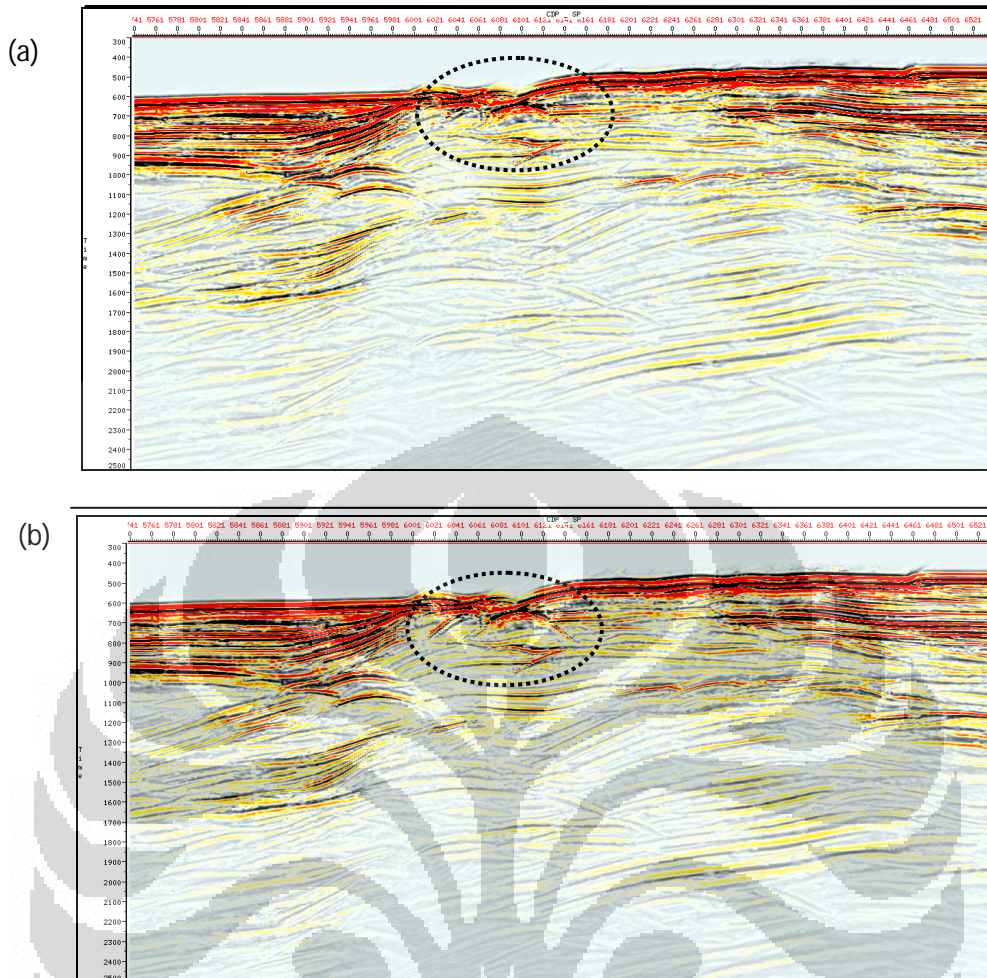
Pembahasan utama yang dilakukan pada penelitian ini yaitu melakukan atenuasi multipel dengan memanfaatkan atribut yang dihasilkan dari metode CRS. Salah satu atribut yang dihasilkan dari metode CRS yaitu CRS *gather*. CRS *gather* inilah yang nantinya digunakan sebagai data masukan dalam pembuatan model multipel SRME. Sebelum memodelkan multipel, proses yang dilakukan yaitu pemilihan parameter CRS dan proses regeometri yang akan dibahas pada subbab selanjutnya.

### 4.2.1 Pemilihan Parameter CRS

Pada proses CRS *stack*, ada beberapa parameter yang harus dimasukkan sebelum melakukan proses *stacking* dengan metode CRS. Pemilihan parameter yang tepat tentunya akan meningkatkan hasil *stacking*. Parameter utama yang sangat berpengaruh terhadap hasil *stacking* CRS adalah *emergence angel*, lebar *aperture*, dan jumlah *conflicting dips*. Proses pencarian parameter ini dilakukan dengan membandingkan hasil penampang *stack* dari setiap parameter secara kualitatif. Pada proses ini, untuk mengefisiensikan waktu maka tidak semua CMP diproses tetapi dilakukan pemilihan CMP yang menjadi zona target dalam menentukan kemenerusan reflektor pada penampang seismik yang dihasilkan. CMP yang digunakan pada proses pencarian parameter CRS adalah CMP 5740 sampai CMP 6540.

Parameter awal yang menjadi pembahasan pada penelitian ini adalah *emergence angel* atau sudut. Parameter ini sangat erat kaitannya dengan kemiringan dari reflektor. Data masukan pada penelitian ini memiliki struktur yang cukup kompleks terutama pada sudut kemiringan reflektornya, sehingga parameter *emergence angel* yang tepat dapat menghasilkan hasil yang lebih optimal. *Angel* yang dipilih pada tahap ini disesuaikan dengan kemiringan reflektor dengan melihat hasil *stack* awal dari proses konvensional.





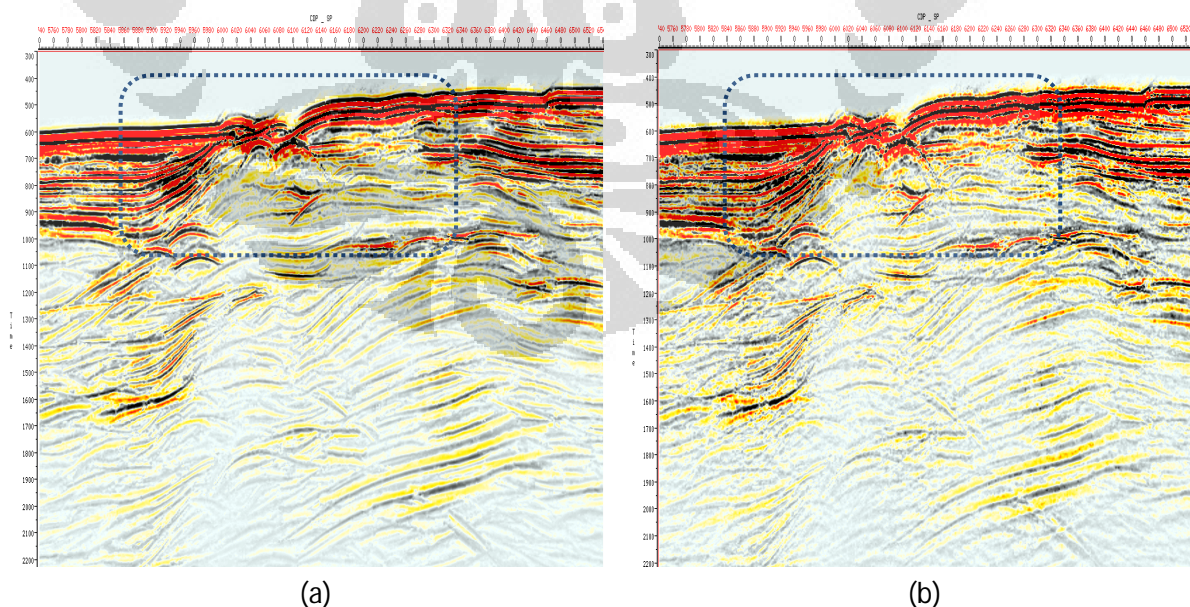
Gambar 4.5. Penampang Seismik CRS Stack dengan Menggunakan Parameter Angle (a)  $-30^\circ$  &  $30^\circ$  (b)  $-45^\circ$  &  $45^\circ$

Dari gambar 4.5 terlihat bahwa adanya perbedaan dalam hal kemenerusan reflektor pada daerah yang ditandai dengan garis putus-putus. Hal ini disebabkan karena nilai masukan *emergence angle* akan menghitung sudut datang sinar normal terhadap sumbu vertikal. Pada *angle*  $45^\circ$  memiliki kemenerusan reflektor yang lebih baik dari *angle*  $30^\circ$ . Oleh karena itu nilai parameter *emergence angle* yang lebih besar akan menghasilkan kemenerusan yang lebih baik pada reflektor dengan kemiringan yang besar. Sehingga penentuan nilai parameter *emergence angle* harus disesuaikan dengan kondisi kemiringan reflektor.

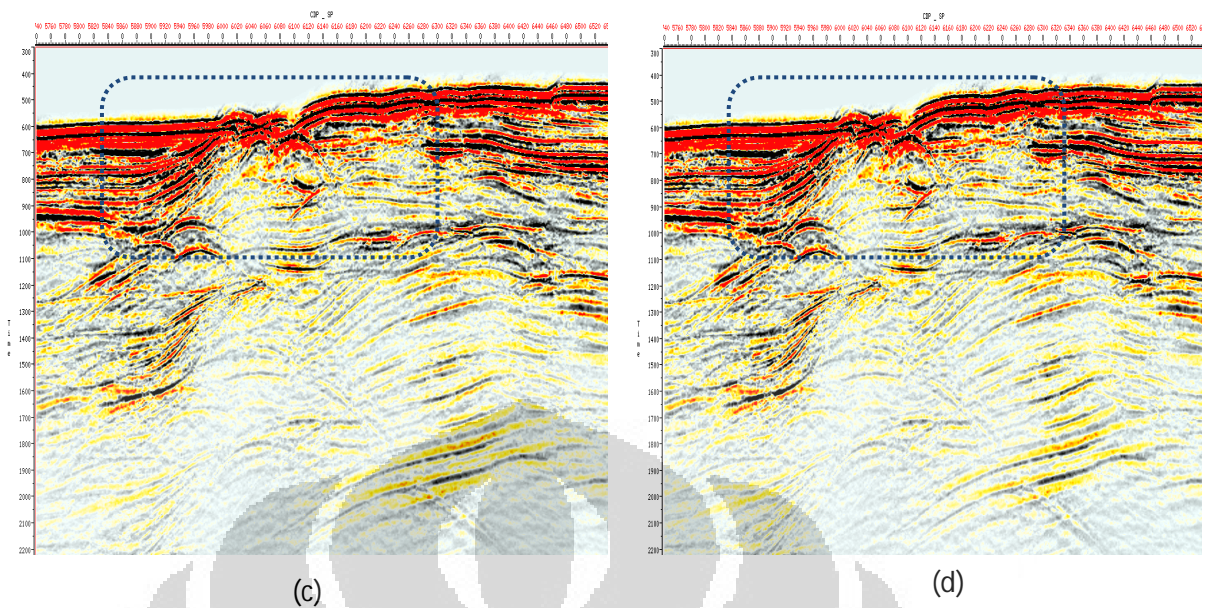
Setelah mendapatkan nilai *angle* yang tepat, proses selanjutnya adalah pemilihan nilai maksimum *aperture* yang tepat. Parameter *aperture* akan menentukan jumlah *trace* yang dilibatkan pada proses *stacking* dan juga

menggambarkan batas zona Fresnel. Pada penelitian ini nilai *aperture* yang dibandingkan yaitu *aperture* 450, 550, 650, dan 750. Pada penelitian ini, nilai *aperture* yang paling optimal berdasarkan hasil penampang CRS *stack* adalah nilai maksimum *aperture* 750. *Aperture* 750 memiliki kemenerusan reflektor yang lebih baik jika dibandingkan dengan nilai *aperture* yang lain, dapat dilihat pada gambar 4.6. Dari perbandingan penampang tersebut maka dapat dianalisis bahwa pemilihan nilai *aperture* akan berpengaruh terhadap *event* yang lebih dalam. Semakin besar nilai *aperture* yang ditentukan maka jumlah sampel yang dijumlahkan jadi semakin banyak sehingga diperoleh tampilan reflektor yang lebih jelas.

Proses selanjutnya adalah pemilihan parameter *ndips*, dimana parameter yang diuji yaitu *ndips* 1,2, dan 3. Pemilihan parameter *ndips* atau jumlah *conflicting dips* sangat berpengaruh terhadap frekuensi dari data seismik yang dimiliki. Pemilihan *ndips* yang tepat sangat berguna untuk meningkatkan frekuensi dari data seismik sehingga dapat meningkatkan S/N rasio dari data yang diolah dengan metode CRS. Pada gambar 4.7, terlihat bahwa parameter dengan *ndips* 1 memiliki kemenerusan reflektor yang lebih baik.





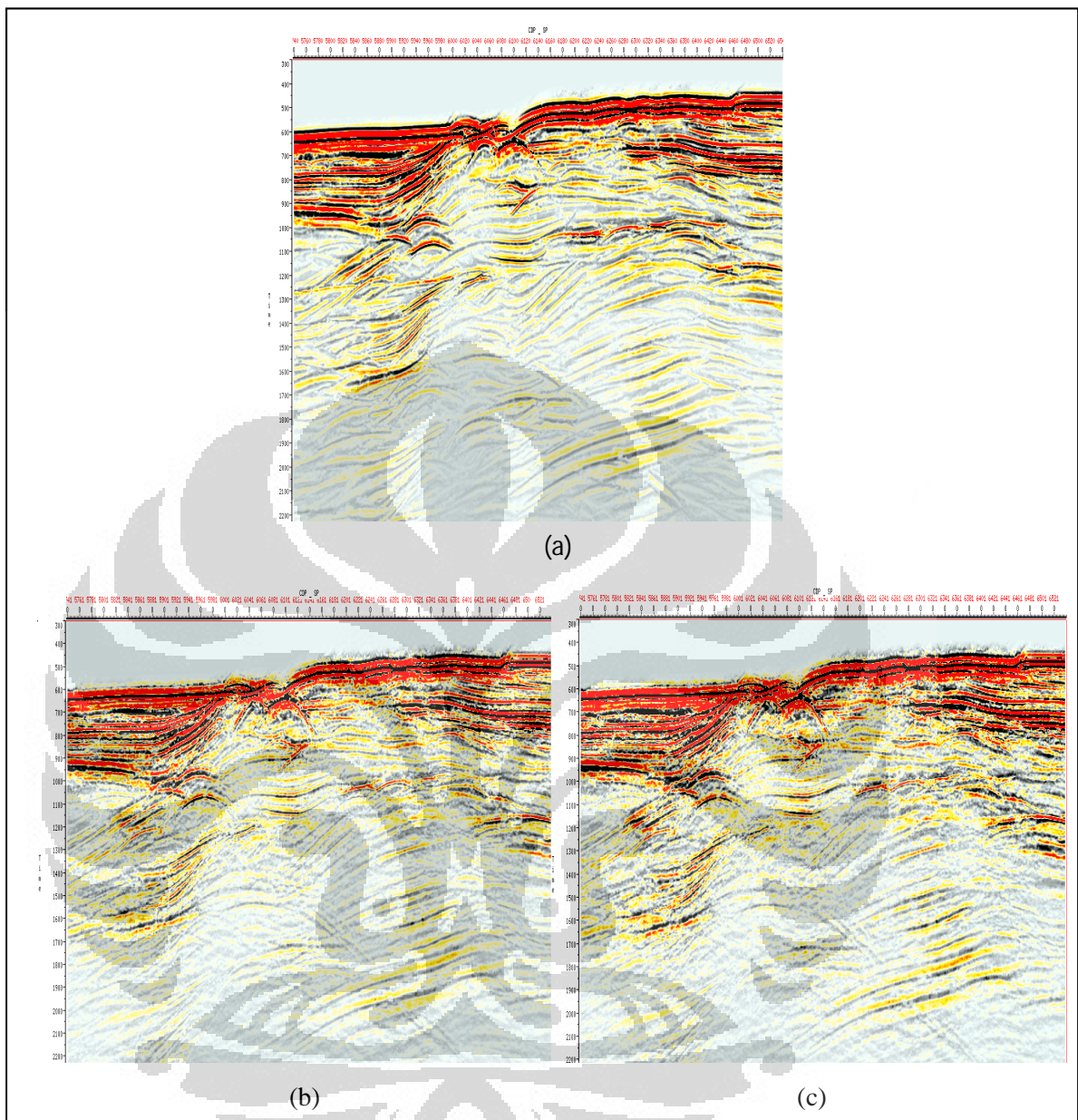


Gambar 4.6. Penampang Seismik CRS *Stack* dengan Parameter *Maximum Aperture* (a) 750 (b) 650 (c) 550 dan (d) 450

Dari hasil perbandingan secara kualitatif pada penampang *stack* awal, maka didapatkan parameter dengan nilai yang dianggap menghasilkan penampang CRS *stack* yang paling optimal. Nilai parameter tersebut dapat dilihat pada tabel 4.1.

Tabel 4.1. Parameter CRS yang digunakan

Parameter	Nilai
<i>Near Surface Velocity</i>	1500 m/s
<i>Emergence Angle</i> (min, max)	-45 <sup>0</sup> , 45 <sup>0</sup>
<i>Aperture</i> (min, max)	0, 750
Jumlah <i>Conflicting Dips</i>	1



Gambar 4.7. Penampang Seismik CRS *Sack* dengan Parameter *Ndips* (a) 1 (b) 2, dan (c) *Ndips* 3

Setelah mendapatkan parameter yang dianggap paling optimal, pada proses selanjutnya didapatkan atribut dari metode CRS seperti penampang koherensi, *inisialisasi stack*, dan juga *gather*. Pada penelitian ini data keluaran dari metode CRS yang digunakan hanyalah CRS *gather* atau data *gather* yang dihasilkan dari proses CRS.

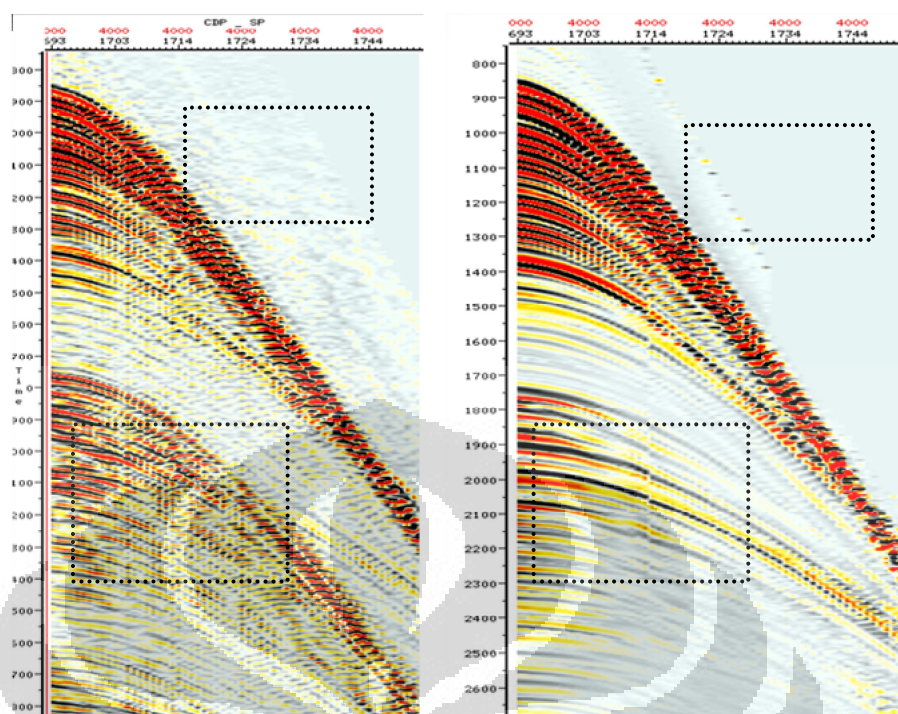
#### 4.2.2 Perbandingan CMP *Gather* dan CRS *Gather*

Perbedaan konsep *stacking* antara metode CRS dengan konvensional menyebabkan perbedaan *gather* dari metode CRS jika dibandingkan dengan CMP *gather*. Meskipun CRS *gather* telah memiliki informasi geometri dan jumlah *trace* yang sama dengan CMP *gather* setelah proses regeometri, tetapi keduanya memiliki kualitas data yang berbeda. Pada gambar 4.8, tampak perbedaan antara CMP *gather* dan CRS *gather* pada CMP 4000. Pada CMP *gather* masih banyak sekali *random noise* dan juga *direct wave* seperti yang ditandai dengan garis putus-putus, sedangkan pada CRS *gather* terlihat lebih bersih dari *noise*. Selain itu CRS *gather* juga memiliki kemenerusan reflektor yang lebih baik.

Hal ini menjadi pembahasan yang penting, mengingat bahwa pada tahap pembuatan model multipel harus dilakukan tahapan *pre conditioning*. *Direct wave* dan *noise* lainnya sebaiknya harus sudah dihilangkan dari data, agar *noise* tersebut tidak berinterferensi dengan *event* refleksi (Dragoset et al., 2010). Keberadaan *noise* tersebut dapat menyebabkan algoritma dari metode SRME tidak dapat bekerja dengan baik pada saat memodelkan multipel.

*Gather* yang dihasilkan dari metode CRS memiliki karakteristik yang berbeda. Hal ini disebabkan karena pada metode CRS yang dijumlahkan pada proses *stacking* bukan hanya titik *midpoint* tetapi juga bidang. Perbedaan tersebut menyebabkan *gather* yang dihasilkan dari metode CRS lebih bersih dari *random noise* dan memiliki S/N rasio yang cukup tinggi. Hal itu membuat *gather* yang dihasilkan dari metode CRS tidak membutuhkan waktu yang lama pada tahap *preconditioning* data karena setelah dilakukan proses CRS, data yang dihasilkan relatif lebih bersih dari *noise*. Multipel yang terdapat pada *far offset* CRS *gather* juga relatif berkurang. Hal ini disebabkan karena *velocity constraint* atau referensi *velocity* yang digunakan pada proses CRS. Sehingga pada saat *time* yang berbeda, jika atribut CRS menemukan nilai kecepatan yang sama atau lebih rendah, tidak dianggap sebagai *event* refleksi oleh metode CRS (Mann, 2002). Selain itu, *event* refleksi baik itu sinyal primer maupun multipel pada CRS *gather* juga terlihat lebih jelas dan memiliki kemenerusan reflektor yang kontinu. *Gather* dari proses CRS inilah yang nantinya digunakan pada tahap pembuatan model multipel.





Gambar 4.8. Perbandingan antara CMP *Gather* (kiri) dan CRS *Gather* (kanan)

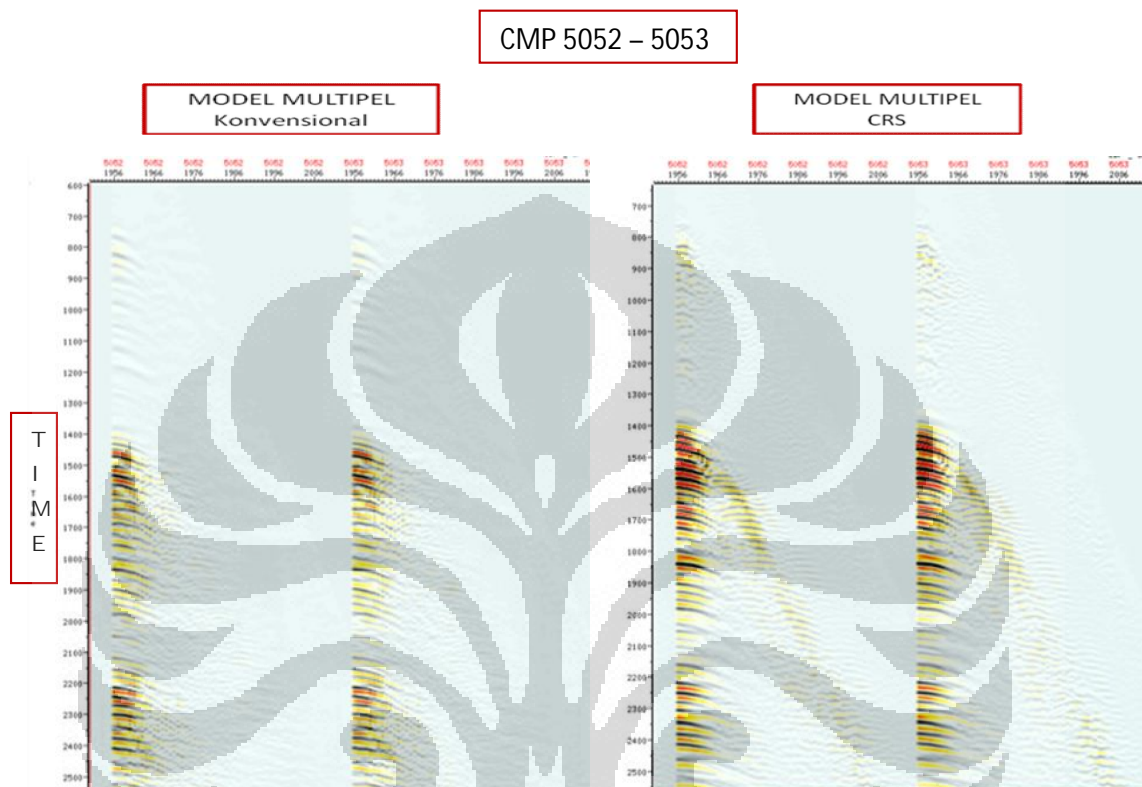
#### 4.2.3 Perbandingan Model Multipel CMP *Gather* dan CRS *Gather*

CRS *gather* yang telah melalui proses regeometri sudah memiliki informasi geometri yang sama dengan CMP *gather* sehingga menjadi data masukan pada pembuatan model multipel SRME. Untuk mendapatkan model multipel SRME yang lebih optimal dibutuhkan proses *pre-conditioning* data yang lebih baik. Kelebihan dari metode CRS yang memiliki rasio S/N yang tinggi dapat mempermudah proses yang dilakukan pada *pre-conditioning* metode SRME.

Model multipel yang dihasilkan dari metode CRS terlihat lebih jelas dalam mengidentifikasi *event* refleksi baik itu *primary* maupun multipel. Hal tersebut tentu saja membuat algoritma dari metode SRME lebih mudah dalam memprediksi keberadaan multipel pada data. Perbandingan dari kedua model multipel dapat dilihat pada gambar 4.9.

Model multipel dari CRS *gather* terlihat lebih jelas dalam memprediksi multipel pada *time* 1400 – 2000 ms. Multipel yang terdapat pada *time* tersebut

merupakan *surface* multipel yang disebabkan oleh layer pertama yang terdapat pada permukaan. Sedangkan *peg-leg multiple* berada pada *time* 2200 – 2400 ms. Selain itu pada model multipel CRS *gather* juga memodelkan multipel yang terdapat pada *middle* dan *far-offset*.

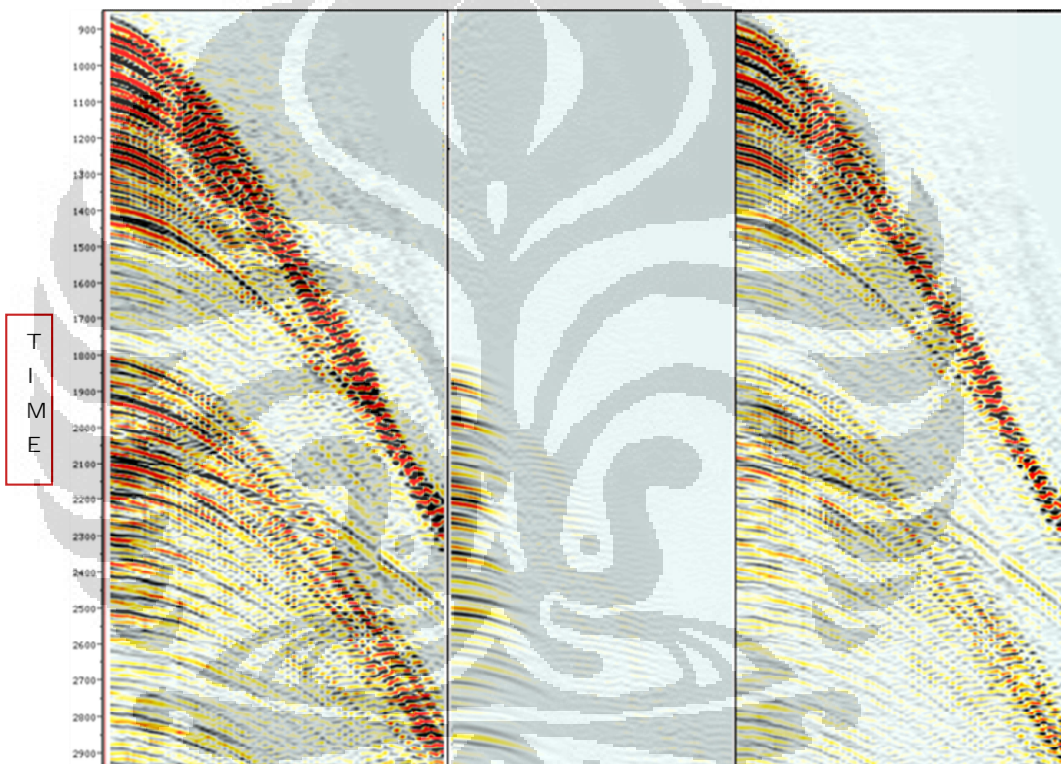


Gambar 4.9. Perbandingan Model Multipel Konvensional dan CRS

Model multipel yang sangat jelas membuat algoritma proses subtraksi atau pengurangan data dengan model pada metode SRME dapat bekerja dengan optimal. Selain itu keberadaan *noise* non fisis juga dapat membuat *artificial* pada multipel model yang diprediksi. Oleh karena itu sebelum dilakukan pembuatan model, hal yang harus dilakukan terlebih dahulu adalah menghilangkan *noise* non fisis. Salah satu kelebihan dari metode CRS yaitu dapat meningkatkan rasio dari sinyal, sehingga model multipel yang didapatkan pada proses CRS lebih baik dibandingkan pada proses konvensional karena dapat mereduksi dan mengurangi keberadaan *random noise* atau *noise* non fisis. *Stacking surface* yang dilakukan pada metode CRS menyebabkan kemenerusan dari *event* refleksi menjadi lebih jelas.

#### 4.2.4 Atenuasi Multipel Menggunakan Model CRS Gather

Pada gambar 4.10 terlihat bahwa metode SRME dapat memodelkan multipel dengan baik pada *time* 1800 – 2500 ms, yang merupakan *water bottom multiple* karena merupakan pengulangan refleksi pada reflektor yang berada pada *time* 900 ms. *Output SRME* pada gambar 4.10 merupakan hasil subtraksi atau pengurangan antara *input SRME* dan model multipel CRS sehingga relatif bersih dari *noise* multipel khususnya *water bottom multiple* yang banyak terdapat pada *near offset*.

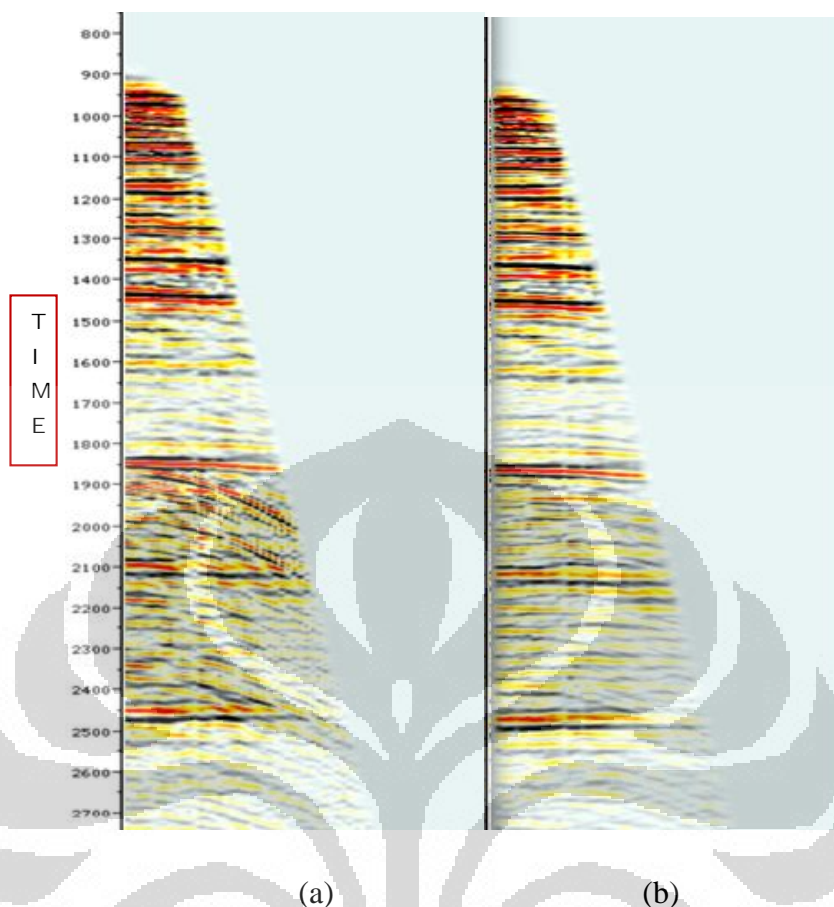


Gambar 4.10. Perbandingan *Gather* dari *Input SRME* (kiri), Model Multipel CRS (tengah), dan *Output SRME* (kanan) pada CMP 3892

Atenuasi multipel yang dilakukan dengan menggunakan model CRS juga memiliki alur yang sama dengan yang dilakukan pada proses konvensional. Metode transformasi radon parabola juga dilakukan untuk menambah kualitas dari data sehingga multipel yang masih ada dapat direduksi lagi dengan metode ini.



CMP 3245



Gambar 4.11. Perbandingan *Gather* (a) Sebelum dan (b) Sesudah dilakukan Radon

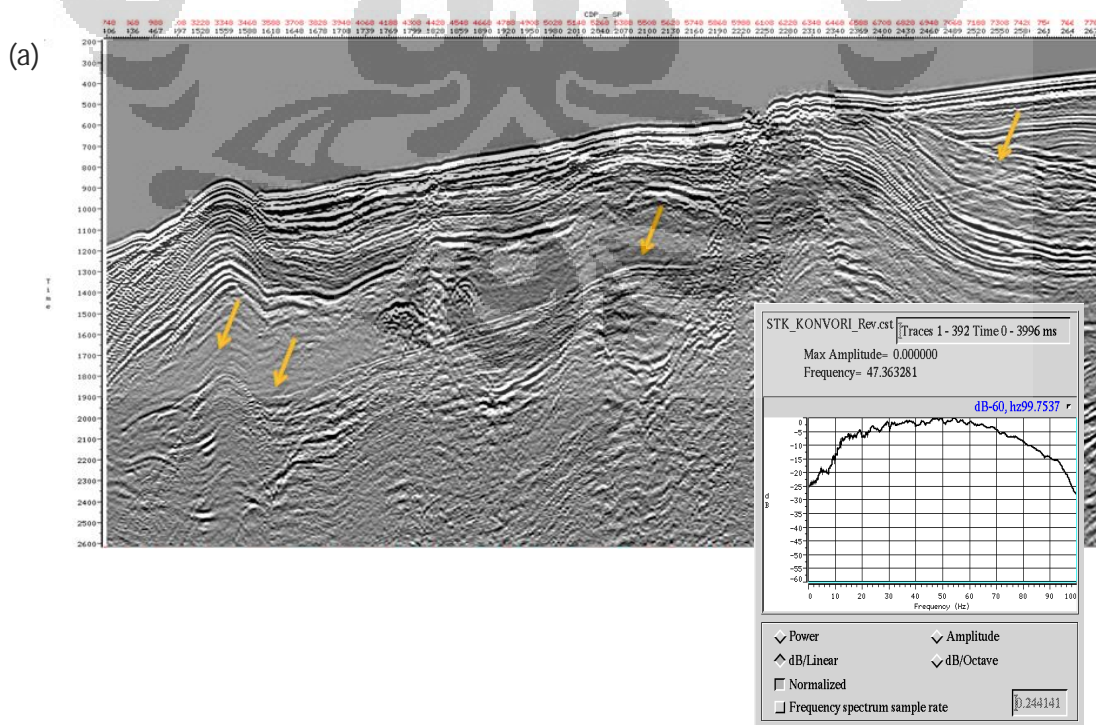
Setelah melakukan atenuasi multipel dengan menggunakan metode SRME, ada beberapa CMP yang masih meninggalkan multipel pada data, sehingga atenuasi multipel dengan mengombinasikan metode SRME dan radon juga perlu dilakukan pada tahapan ini. Perbandingan dari *gather* sebelum dan sesudah dilakukan metode radon dapat dilihat pada gambar 4.11.

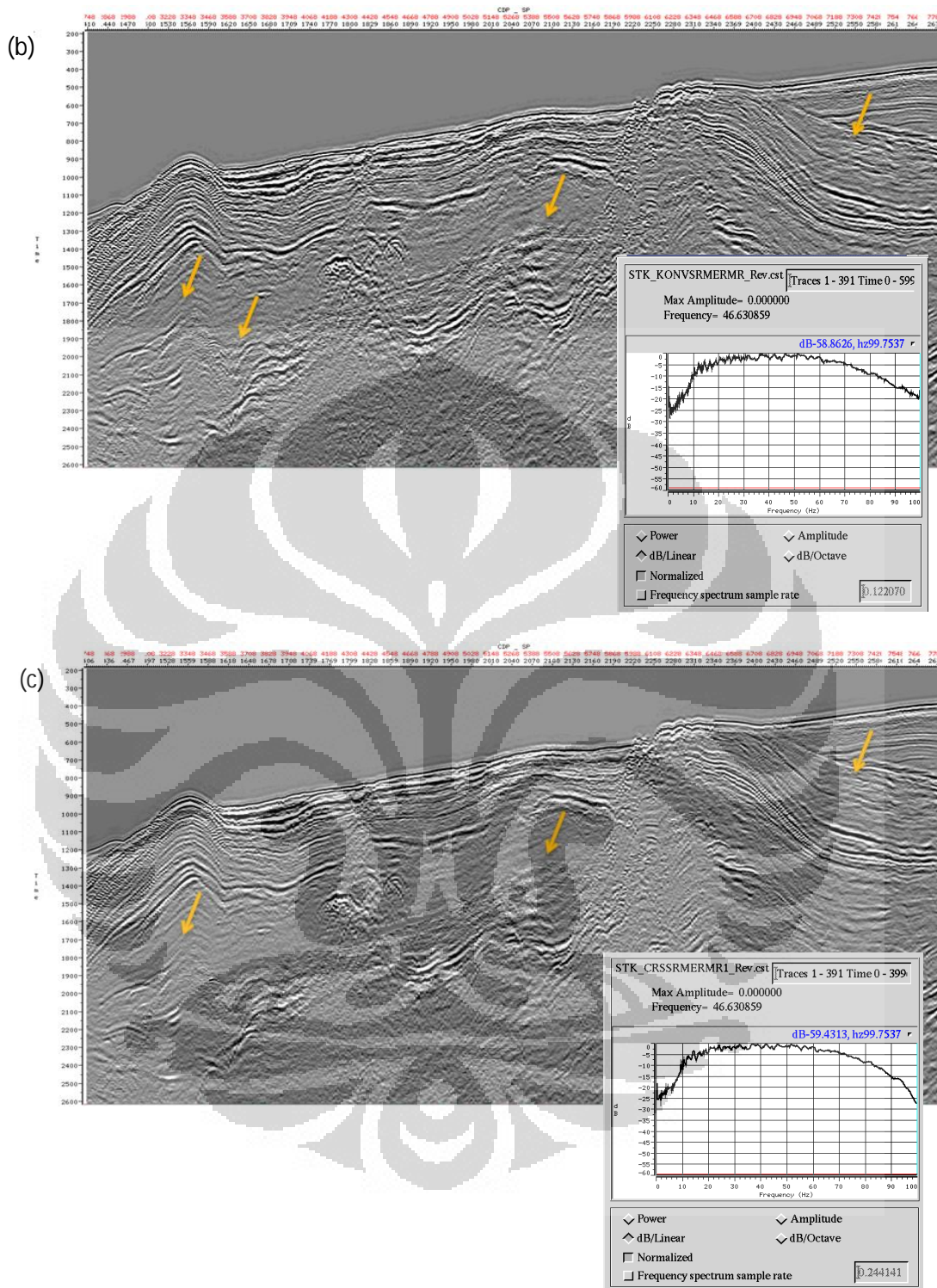
Pada gambar tersebut sangat jelas terjadi pemisahan antara sinyal dari gelombang primer dengan multipel. *Radon filtering* mempunyai kemampuan untuk memisahkan energi sinyal primer dengan multipel pada domain radon karena perbedaan *moveout* kecepatannya. Sedikit mengulang teori pada bab sebelumnya bahwa fungsi kecepatan diestimasi dan digunakan untuk membuat sinyal primer menjadi lurus 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 multipel terpisahkan dari sinyal primernya. Karena transformasi *forward* dan *inverse* menimbulkan distorsi, multipel diestimasi dalam domain radon, kemudian transformasi balik ke dalam domain *time-offset*, lalu mengurangkannya pada data awal sehingga hasilnya hanya data sinyal primer saja (Berndt and Moore, 1999).

### 4.3 Perbandingan Hasil *Stack* dan Analisis Mutipel

Pada bagian ini akan dibahas mengenai hasil penampang *stack* dari data masukan yang belum dilakukan proses atenuasi multipel dan yang sudah dilakukan serta perbandingan antara penampang *stack* dengan model multipel dari data *CMP gather* dan model dari *CRS gather*. Multipel pada data ditandai dengan panah yang berwarna kuning. Pada gambar 4.12 tampak bahwa pada penampang *stack input* jelas sekali terlihat keberadaan multipel yang ditandai dengan panah, yang merupakan *surface* multipel dan *peg leg* multipel pada *two way time* (TWT) 900 ms sampai 2000 ms. Tetapi setelah dilakukan metode atenuasi multipel, multipel tersebut telah berhasil direduksi. Dari hasil analisis dapat disimpulkan bahwa metode SRME dan radon cukup efektif dalam menekan keberadaan multipel.





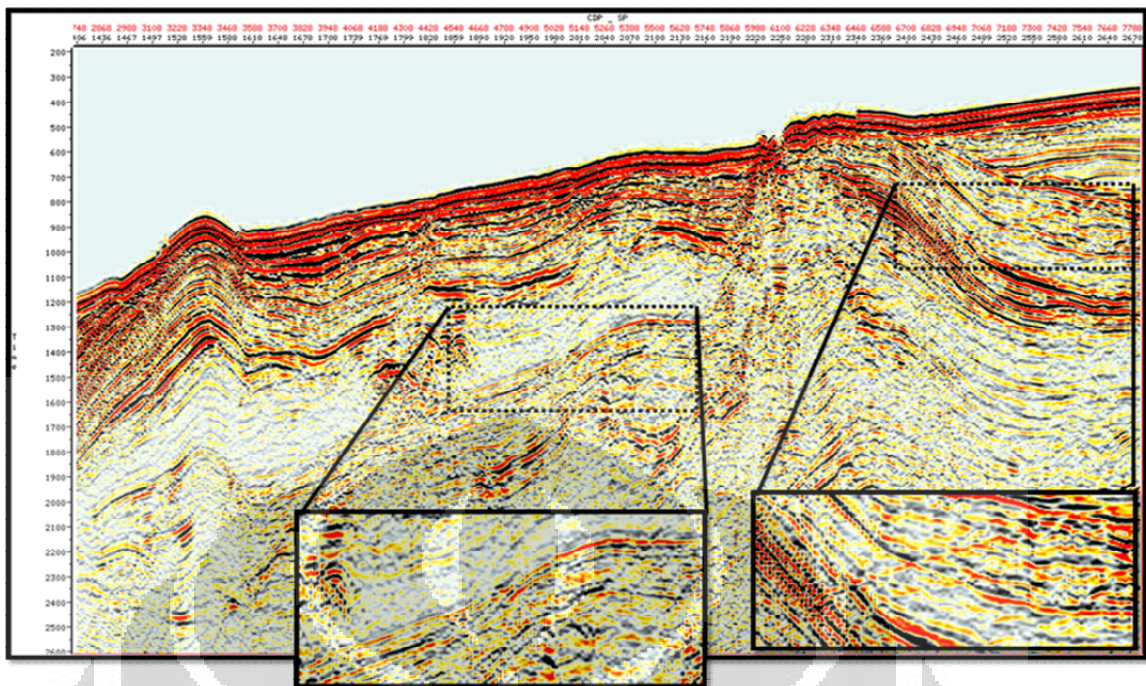
Gambar 4.12. Hasil penampang *Stack* dan Spektrum Frekuensi dari (a) Data Masukan, (b) Atenuasi Multipel Proses Konvensional, dan (c) Penampang *Stack* dari Proses Atenuasi Multipel Menggunakan Model CRS

Selain itu juga dilakukan analisis frekuensi dari data. Pada penampang *stack* pertama yang merupakan data masukan, memiliki nilai frekuensi sebesar 47,36 Hz. Setelah dilakukan metode atenuasi multipel konvensional frekuensinya turun menjadi 46,63 Hz. Frekuensi dari data hanya turun sebesar 0.73 Hz. Hal ini disebabkan karena proses subtraksi pada metode SRME. Subtraksi yang dilakukan mengakibatkan berkurangnya multipel pada data, sehingga berpengaruh terhadap nilai frekuensi pada data secara keseluruhan. Selanjutnya jika dibandingkan dengan penampang ketiga pada gambar 4.12, yaitu penampang *stack* yang menggunakan model multipel CRS, tidak terjadi penurunan frekuensi terhadap hasil konvensional. Analisis tersebut menyimpulkan bahwa model multipel dari CRS hanya merubah kualitas dari data dan tidak menyebabkan perubahan frekuensi atau *amplitude* dari data secara signifikan sehingga data keluaran dari proses ini dapat diasumsikan merupakan data yang masih *preserve*.

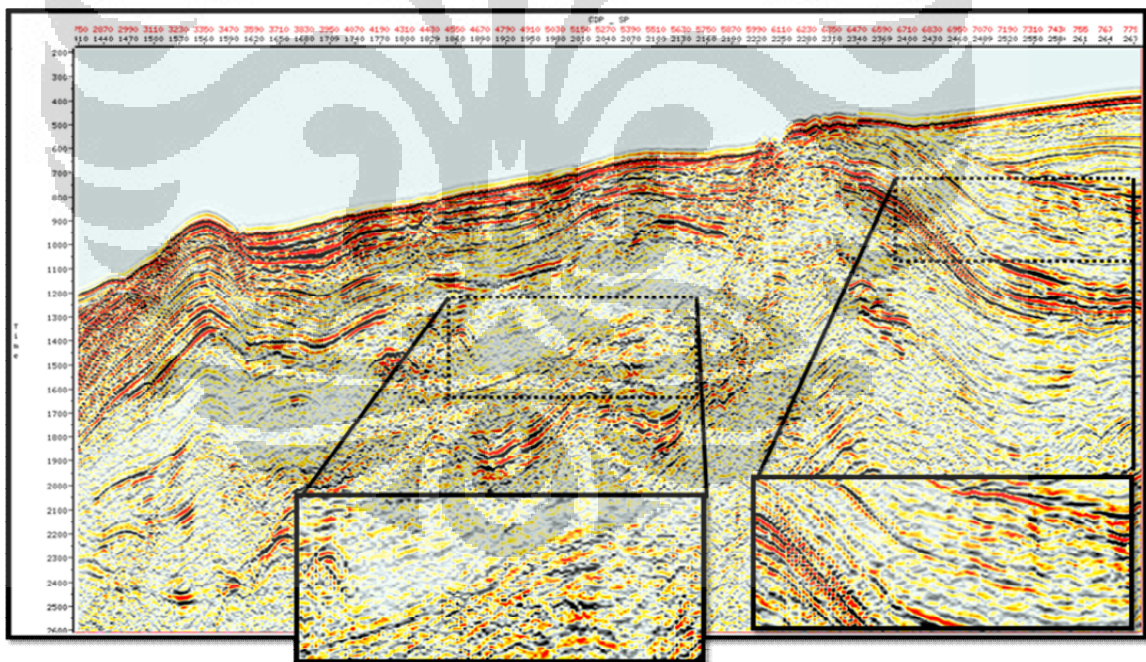
Pembahasan berikutnya merupakan analisis dari keberadaan multipel pada data penampang *stack* hasil pengolahan. Target utama pada penelitian ini adalah menekan dan mereduksi keberadaan *surface* multipel yang terdapat pada data. Pada gambar 4.13 terlihat bahwa keberadaan *surface* multipel sangat jelas pada data masukan yang ditunjukkan pada daerah yang diberi keterangan dengan garis putus-putus. Multipel tersebut berada pada *time* 900 ms dan 1400 ms. Multipel tersebut merupakan hasil pengulangan refleksi dari reflektor yang berada pada *time* 450 ms dan 700 ms. Posisi dari multipel tersebut berada pada dua kali *time* dari reflektor sinyal primer.

Pada gambar 4.13 (a) merupakan penampang *stack* dari data masukan yang merupakan data *multicovered*. Pada data masukan, sebelum dilakukan tahapan atenuasi multipel dengan metode SRME – Radon, sudah terlebih dahulu dilakukan tahapan dekonvolusi tetapi keberadaan multipel belum dapat diatenuasi dengan baik. *Surface* multipel yang terdapat pada data masih terlihat cukup jelas. Metode dekonvolusi yang diterapkan pada data *multicovered* kurang efektif digunakan pada kasus laut dalam dimana periode multipel lebih panjang, relatif terhadap *record length*. Hal ini dikarenakan multipel tidak cukup untuk memenuhi syarat periodisitas pada *record length* tertentu.



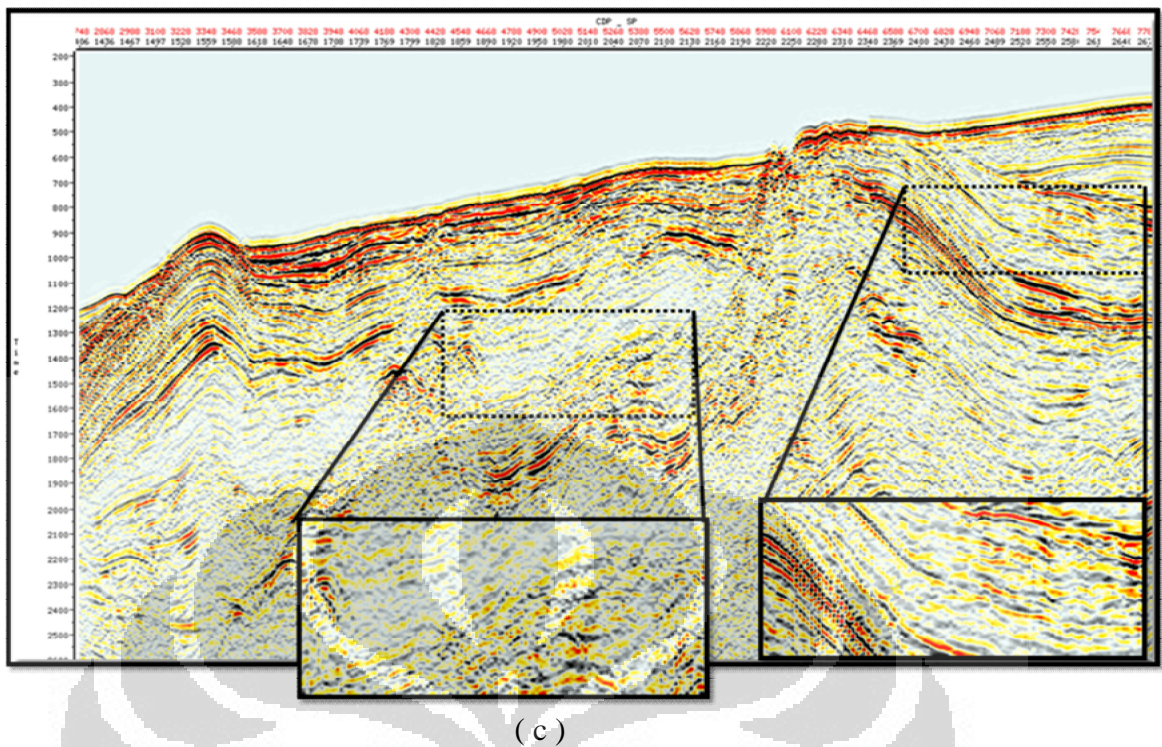


( a )



( b )





Gambar 4.13. Analisis Multipel pada Penampang *Stack* (a) Data Masukan (b) Setelah dilakukan Atenuasi Multipel (Model Konvensional), dan (c) Setelah dilakukan Atenuasi Multipel Menggunakan Model Multipel CRS

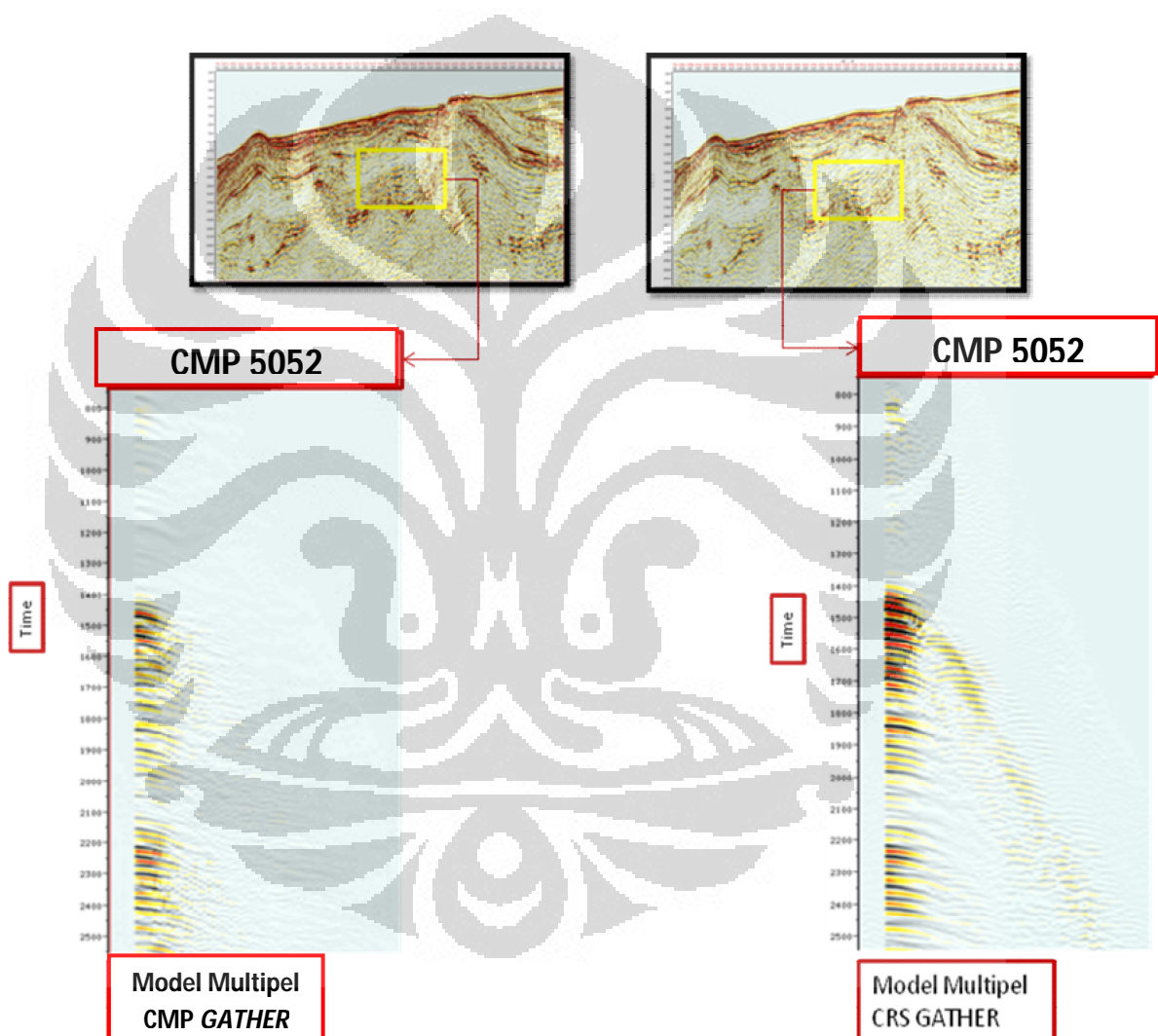
Pada gambar 4.13 (b) merupakan hasil penampang *stack* setelah dilakukan atenuasi multipel dengan metode konvensional. Pada gambar tersebut tampak bahwa keberadaan multipel dapat diatenuasi cukup baik jika dibandingkan dengan data masukan sebelum dilakukan atenuasi multipel. Tetapi multipel masih terlihat pada data jika zona target penampang *stack* tersebut diperbesar menjadi dua kalinya (dapat dilihat pada gambar 4.13 (b) yang diberi tanda dengan garis hitam). Jika dibandingkan dengan gambar 4.13 (c), atenuasi multipel dengan menggunakan model multipel dari CRS *gather* terlihat lebih baik. *Surface* multipel yang terdapat pada penampang *stack* yang menggunakan model multipel dari CRS *gather* dapat dihilangkan. Selain itu *random noise* yang terdapat pada data juga relatif berkurang.

Hal ini membuktikan bahwa atenuasi multipel dengan menggunakan kombinasi metode SRME dan radon pada kasus laut dalam dapat menghilangkan keberadaan multipel khususnya *surface* multipel jika model multipel yang digunakan memiliki prediksi yang akurat. Analisis ini didasarkan pada teori bahwa metode SRME merupakan metode yang didasarkan pada persamaan gelombang dan menggunakan data yang terekam atau model untuk memprediksi 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 (Verschuur and Berkhout, 1997). Sedangkan metode transformasi radon sangat efektif dalam memisahkan sinyal primer dan multipel pada *far offset* (Cao et al., 2003). Sehingga kombinasi antara kedua metode tersebut efektif digunakan untuk mereduksi keberadaan multipel jika algoritma dari kedua metode tersebut dapat bekerja secara optimal.

Hasil yang didapatkan pada penelitian ini berdasarkan perbandingan antara penampang *stack* yang dihasilkan dari proses atenuasi multipel yang menggunakan model multipel dari CRS *gather* dan proses konvensional yang menggunakan model multipel dari CMP *gather* ternyata jelas berbeda. Multipel yang berada pada penampang *stack* yang dihasilkan oleh model multipel dari CRS *gather* dapat direduksi dengan sangat baik. Selain itu penampang *stack* yang dihasilkan juga memiliki rasio *signal to noise* (S/N) yang lebih tinggi. Parameter yang digunakan pada saat melakukan atenuasi multipel dengan metode SRME dan radon dari kedua proses tersebut adalah sama, yang berbeda hanyalah model multipel dari kedua proses tersebut. Hal ini menjelaskan bahwa model multipel CRS *gather* yang dihasilkan dari proses CRS memiliki prediksi multipel yang lebih akurat.

Untuk dapat memperjelas pembahasan mengenai kelebihan dari model multipel CRS *gather*, dapat dilihat pada gambar 4.14. Pada gambar tersebut tampak perbedaan model multipel dari kedua *gather* pada CMP 5052, dimana CMP tersebut berada pada zona target dari keberadaan multipel yang harus dihilangkan. Pada *time* 1600 sampai 2000 ms, proses konvensional tidak dapat

memprediksi multipel dengan jelas jika dibandingkan dengan model multipel yang dibuat dari CRS *gather*. Hal ini sangat berpengaruh pada saat proses *adaptive subtraction* atau pengurangan antara data masukan dengan model multipel. Model multipel yang lebih akurat akan menyebabkan multipel yang dikurangkan lebih banyak sehingga data keluarannya hanya menyisakan reflektor *primary* saja pada data.



Gambar 4.14. Perbandingan Model multipel CMP *gather* dan CRS *gather* pada CMP 5052

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa:

- Model multipel yang dihasilkan dari CRS *gather* dapat memprediksi multipel lebih akurat dibandingkan dengan model multipel yang dihasilkan dari CMP *gather* khususnya pada kasus laut dalam.
- Model multipel yang dihasilkan dari CRS *gather* terlihat lebih efektif dalam menghilangkan komponen multipel pada data seismik.
- Metode SRME sangat efektif menghilangkan multipel yang terdapat pada *near offset*, sedangkan metode radon untuk menghilangkan multipel yang terdapat pada *far offset*, sehingga kombinasi keduanya cukup efektif dalam mengatenuasi multipel.
- Hasil penampang *stack* yang sudah dilakukan atenuasi multipel menggunakan model multipel CRS, terlihat lebih bersih dari *noise* dan tetap memiliki kandungan *signal to noise* rasio yang lebih baik.

#### 5.2 Saran

Berikut ini adalah saran dari penulis terhadap penelitian yang telah dilakukan:

1. Model Multipel dari CRS *gather* dapat menjadi alternatif untuk melakukan atenuasi multipel khususnya pada data seismik laut dalam.
2. Diperlukan pengembangan dan analisis lanjutan dari penelitian ini, terutama pada tahapan regeometri untuk memasukan input CRS *gather* pada pembuatan model multipel SRME.
3. Menerapkan teknik yang digunakan pada penelitian ini pada data seismik laut yang lebih kompleks dan memiliki variasi multipel yang lebih banyak.
4. Melakukan teknik atenuasi multipel dengan metode lain untuk membandingkan dengan teknik yang dilakukan pada penelitian ini.

## DAFTAR ACUAN

- Baykulov, M. and Gajewski, D. (2009). Prestack Seismic Data Enhancement with Partial Common-Reflection-Surface (CRS) Stack. *Geophysics*, Vol.74, No.3.
- Berndt, C., and Moore, G.F.. (1999). Dependence of multiple-attenuation techniques on the geologic setting: A case study from offshore Taiwan. *The Leading Edge*, No. 18, 74–80.
- Brooymans, R., Mojesky, T., and Pham, L. (2003). A Review of Current Marine Demultiple Techniques with Examples from the East Coast of Canada. Paper presented at the conference of the Canadian Society of Exploration Geophysicists (CSEG), Calgary, AB.
- Cao, Zhihong. (2006). *Analysis and Application of the Radon Transform*. University of Calgary.
- Cao, Zhihong, Bancroft, John C., Brown, and Xaio, Chunyan. (2003). Radon Transform and Multiple Attenuation. *Crewes Research Report*, Vol. 15.
- Dragoet, B., Verschuur, E., Moore, I., and Bisley, R. (2010). A Perspective on 3D Surface-Related Multiple Elimination. *Geophysics*, Vol.75, No.5.
- Duveneck, E. (2004). Velocity Model Estimation with Data-Derived Wavefront Attributes. *Geophysics*, Vol.69. 265-274.
- Hill, Stephen J., Dragoet, B., Weglein. (1999). A: The New World of multiple attenuation. *The Leading Edge*, No. 18.
- Höcht, G., de Bazelaire, E., Majer, P. and Hubral, P. (1999). Seismic and Optics: Hyperbola and Curvatures. *J. Appl. Geoph.*, 42(3,4):261-281.
- Jager, Rainer. (1999). *The Common Reflection Surface : Theory and Application*. Master Thesis, Geophysical Institute, University of Karlsruhe.
- Long, A., Zhao, P., Gatley, P., Cooke, D., Van Borselen, R., Schonewille, M., and Hegge, R. (2005). Multiple Removal Success in The Carnarvon Basin with SRME. *APPEA Journal 2005*. 399-406.

- Mann, Jurgen. (2002). *Extensions and Applications of the Common Reflection Surface Stack Method*. Dissertation, Geophysical Institute, University of Karlsruhe.
- Mann, J., Muller, T., Jager, R., Hocht, G., and Hubral, P. (1999). *Applications of the Common Reflection Surface Stack*. 69<sup>th</sup> Annual Internat. Mtg., Soc. Expl. Geophys., Expanded Abstracts.
- Muller, T. (1999). *The Common Reflection Surface Stack Method: Seismic Imaging without Explicit Knowledge of the Velocity Model*: Ph.D. thesis, University of Karlsruhe.
- OpenLearn LabSpace. (2010) . *Marine Seismic Acquisition*. February 13, 2012. Earth's Physical Resources:Petroleum.  
<http://www.labspace.open.ac.uk>
- Schleicher, J., Tygel, M., and Hubral, P. (1993). Parabolic and Hyperbolic Paraxial two-point Traveltimes in 3D Media. *Geophys. Prosp.*, 41(4):495-514.
- Verschuur, D.J., Berkhout, A.J., and Wapenaar, C.P.A. (1992). Adaptive Surface-Related Multiple Elimination. *Geophysics*. Vol.57. No.9.
- Verschuur, D.J., Berkhout, A.J. (1997). Estimation of Multiple Scattering by Iterative Inversion, Part I : Theoretical Considerations. *Geophysics*, Vol.62, No.5.
- Yilmaz, Ozdogan. (1987). *Seismic Data Processing*, Society of Exploration Geophysicists, Tulsa, Oklahoma.