

**ANALISIS PERBANDINGAN METODE COMMON MID
POINT (CMP) DAN COMMON REFLECTION SURFACE
(CRS) PADA DATA SEISMIK FOLD COVERAGE RENDAH**



RISKA AWALIA LESTARI

H221 14 017

PROGRAM STUDI GEOFISIKA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

2018



**ANALISIS PERBANDINGAN METODE COMMON MID
POINT (CMP) DAN COMMON REFLECTION SURFACE
(CRS) PADA DATA SEISMIK FOLD COVERAGE RENDAH**



RISKA AWALIA LESTARI

H221 14 017

PROGRAM STUDI GEOFISIKA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

2018



**ANALISIS PERBANDINGAN METODE COMMON MID
POINT (CMP) DAN COMMON REFLECTION SURFACE
(CRS) PADA DATA SEISMIK FOLD COVERAGE RENDAH**

*Skripsi untuk melengkapi tugas tugas dan memenuhi
syarat untuk mencapai gelar sarjana*



RISKA AWALIA LESTARI

H221 14 017

PROGRAM STUDI GEOFISIKA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

2018



LEMBAR PENGESAHAN

**ANALISIS PERBANDINGAN METODE COMMON MID
POINT (CMP) DAN COMMON REFLECTION SURFACE
(CRS) PADA DATA SEISMIK FOLD COVERAGE RENDAH**

OLEH

RISKA AWALIA LESTARI

H221 14 017

S K R I P S I

Untuk memenuhi salah satu syarat ujian
Guna memperoleh gelar Sarjana Sains
Program Pendidikan Sarjana, Program Studi Geofisika ini
Telah disetujui oleh Tim Pembimbing pada tanggal
seperti tertera dibawah ini

Makassar, Desember 2018

Disetujui Oleh :

Pembimbing Utama



Sabrianto Aswad, S.Si, MT
NIP. 19780524 200501 1 002

Pembimbing Pertama

Pembimbing Kedua




Tumpal Bernhard Nainggolan, S.Si, MT
808260017


Tumpal Bernhard Nainggolan ST, MT
NIP. 19780224 200502 1 001

LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini menyatakan bahwa :

1. Karya tulis saya, skripsi ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik (sarjana) di Universitas Hasanuddin.
2. Karya tulis ini adalah murni gagasan, rumusan, dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain, kecuali arahan Tim Pembimbing dan masukan Tim Penelaah/Penguji.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh karena karya ini, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi.

Makassar, Desember 2018

Yang membuat pernyataan,



Riska Awalia Lestari
NIM. H221 14 017



“Sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan. Maka apabila engkau telah selesai dari satu urusan, tetaplah bekerja keras untuk urusan yang lain. Dan hanya kepada Tuhanmulah engkau berharap” (Q.S. Asy-Syarah : 6-8)

In the name of Allah, The Beneficent, The Merciful



Kupersembahkan untuk Bapak, Mama, dan Adik Tercinta,

Terima kasih atas do'a dan semangatnya

ABSTRAK

Tujuan utama pengolahan data seismik adalah menghasilkan penampang seismik dengan perbandingan sinyal terhadap noise yang tinggi dan menghasilkan model geologi yang mendekati kondisi sebenarnya di bawah permukaan. Namun dengan adanya keterbatasan jumlah fold pada data seismik dan event reflektor yang memiliki kemiringan membuat hasil pengolahan yang dihasilkan kurang optimal, sehingga tidak dapat mencitrakan kondisi bawah permukaan dengan baik. Untuk itu, diperlukan suatu metode yang mengaproksimasi kondisi bawah permukaan dengan lebih baik. Pada penelitian ini, digunakan dua data yakni data sintetis dan data real 2D laut Bali Utara dengan jumlah *fold coverage* yang rendah. Kedua data tersebut diolah dengan menggunakan dua metode stack yakni Common Mid Point (CMP Stack) dan Common Reflection Surface (CRS Stack) untuk melihat keefektifan kedua metode tersebut dalam mencitrakan struktur bawah permukaan. CMP Stack dilakukan dengan memanfaatkan model kecepatan yang dihasilkan dari proses analisis kecepatan, sedangkan CRS Stack memanfaatkan 3 atribut *kinematic wavefield* (α , RN, dan RNIP) yang memungkinkan segmen permukaan refleksi dilibatkan dalam proses stack. Sebelum dibandingkan dengan penampang stack CMP, terlebih dahulu dilakukan analisis aperture berdasarkan hasil perhitungan zona Fresnel untuk menentukan nilai aperture stack optimal. Analisis aperture menunjukkan bahwa aperture optimal untuk data sintetis adalah 100 m dan untuk data real adalah 150 m. Hasil penampang stack CRS dengan menggunakan aperture optimal kemudian dibandingkan dengan penampang stack CMP. Hasil perbandingan penampang stack antara kedua metode menunjukkan CRS stack mampu menghasilkan penampang stack dengan kualitas yang lebih baik dilihat dari kemenerusan reflektor dan noise yang tereduksi dengan baik.

Kata kunci : CMP Stack, CRS Stack, fold coverage, aperture



ABSTRACT

The main purpose of seismic data processing is to generate a seismic section with a high signal to noise ratio and provide a geological model that approaches the actual conditions of the subsurface. However, the limitation of fold coverage on seismic data and the reflector dipping event, conventional processing results cannot give a good result. For this reason, an advanced processing is needed to generate better seismic section. In this study, 2D synthetic and 2D real data of the northern East Java Basin in North Waters of Bali with low fold coverage were used. Both data are processed using Common Mid Point Stack (CMP Stack) and Common Reflection Surface Stack (CRS Stack) to see the effectiveness of both methods in imaging the subsurface. CMP Stack is done by utilizing the velocity model generated from the velocity analysis process. CRS Stack utilizes 3 kinematic wavefield attributes (α , RN, and RNIP) that consider more traces during the stack. To get the most optimal section of the CRS, an aperture analysis was performed based on the calculation of the Fresnel zone. The aperture analysis shows that the optimal aperture for synthetic data is 100 m and for real data is 150 m. Comparison of CRS stack and CMP stack has been carried out and shown that the CRS stack method can imaging subsurface with high signal to noise ratio based on reflector continuity and reduced noise.

Keywords : CMP Stack; CRS Stack; fold coverage; aperture



KATA PENGANTAR

Alhamdulillah penulis mengucapkan puji syukur kehadirat Allah SWT, karena dengan ridho dan izin-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik. Tugas akhir dengan judul “Analisis Perbandingan Metode Common Mid Point (CMP) dan Common Reflection Surface (CRS) pada Data Seismik Fold Coverage Rendah” ini dimaksudkan untuk memenuhi syarat akademik tingkat pendidikan sarjana strata satu, Program Studi Geofisika, Universitas Hasanuddin.

Selama pengerjaan Tugas akhir ini banyak pihak yang terlibat dalam memberikan kontribusi baik secara langsung maupun tidak langsung. Untuk itu dalam kesempatan ini, penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Sabrianto Aswad, S.Si, MT sebagai pembimbing utama yang telah meluangkan waktunya dengan sabar dalam memberikan pengarahan dan bimbingan dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
2. Bapak Muh. Fawzy Ismullah Massinai, S.Si, MT sebagai pembimbing pertama yang dengan ikhlas dan sabar memberikan ilmu dan waktunya.
3. Bapak Tumpal Bernhard Nainggolan, ST, MT sebagai pembimbing kedua yang dengan penuh keikhlasan meluangkan waktu dan pikirannya selama pengerjaan tugas akhir ini dan selalu menyemangati dengan menanyakan kabar dan kendala dalam proses pengerjaan tugas akhir.
4. Bapak Dr. Lantu, M.Eng.Sc.DESS, Bapak Dr. Muh. Hamzah, S.Si, MT, dan Bapak Syamsuddin, S.Si, MT selaku tim penguji skripsi yang telah memberikan masukan dan perbaikan kepada penulis.
5. Bapak Dr. Muh. Altin Massinasi, MT.Surv selaku ketua Program Studi Geofisika FMIPA Unhas.
6. Bapak Dr. Syamsu Arif, M.Si selaku penasehat akademik penulis.

Seluruh dosen pengajar di FMIPA Unhas yang telah memberikan ilmunya kepada penulis.



8. Seluruh staff Fakultas MIPA, Jurusan Fisika, dan Prodi Geofisika Unhas yang senantiasa membantu dalam proses administrasi.
9. Seluruh staff Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Kelautan, Bandung.
10. *Power Rangers Squad* (Dewi, Arman, Kadri, dan Reza) atas segala cerita yang dibagi dan terbagi, serta selalu ada mendengar keluh kesah penulis dalam dunia akademik maupun non akademik. *Thank you never enough.*
11. Teman-teman seperjuangan Geofisika 2014 atas kebersamaannya selama 4 tahun and still counting. *See you on top guys!*
12. Teman-teman selama pelaksanaan tugas akhir : Fikry, Raka, Alphard, dan Adit atas berbagai masukan dan semangat yang dikirimkan.
13. Teman teman Ex-fangirl (Fira dan wiwi) dan juga Andaa atas supportnya.
14. Adik-adik pengurus *Society of Petroleum Engineers Hasanuddin University Student Chapter 2017/2018* dan kakak-kakak pengurus SPE Unhas SC periode 2015/2016 (Kak Iban dan Kak Ika) atas segala ilmu yang diberikan.
15. Kepada semua pihak yang tidak dapat penulis sebut satu persatu. Terima kasih dan semoga Allah SWT membalas kebaikan semua pihak.

Ucapan terima kasih terakhir dan terpenting saya haturkan dengan setulus-tulusnya kepada orang tua penulis, Bapak Syamsuddin dan Mama Nismawati serta adikku tercinta Dea Desvita Sari yang telah menjadi motivasi terbesar, teladan bagi penulis dan selalu menyemangati penulis secara moral, spiritual, dan finansial. *Indeed, I am incomplete without them in my life.*

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari pembaca (email : riskaawalialestari@gmail.com). Akhir kata, penulis berharap agar Tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi siapapun. Terima kasih.

Makassar, Desember 2018

Riska Awalia Lestari



DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
LEMBAR PERNYATAAN	ii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
DAFTAR SINGKATAN	xv
BAB I. PENDAHULUAN	1
I.1 Latar Belakang	1
I.2 Batasan Masalah.....	3
I.3 Tujuan Penelitian	3
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	4
II.1 Prinsip Dasar Seismik.....	4
II.2 Metode Common Mid Point Stack (CMP Stack)	6
II.3 Analisis Kecepatan	9
II.4 Koreksi Normal Moveout (NMO)dan Dip Moveout (DMO).....	10
II.5 Metode Common Reflection Surface Stack (CRS Stack)	12
II.5.1 Atribut <i>Kinematik Wavefield</i>	14
II.5.2 Persamaan Waktu Tempuh CRS.....	15
II.5.3 Penentuan Atribut CRS.....	16
II.5.4 Proyeksi Zona Fresnel dan Aperture	17
METODOLOGI PENELITIAN	20
1 Waktu dan Lokasi Penelitian.....	20
2 Data Penelitian.....	20



III.2.1 Data Sintetik : Lestari	20
III.2.2 Data Sintetik : BG Line 35	22
III.3 Pengolahan Data	23
III.2.1 Data Sintetik : Lestari	23
III.2.2 Data Sintetik : BG Line 35	29
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	39
IV. 1 Analisis Hasil Pengolahan CMP Stack dan CRS Stack	39
IV. 2 Perbandingan Hasil Stack CMP dan CRS Data Sintetik	42
IV. 3 Perbandingan Hasil Stack CMP dan CRS Data Riil	44
IV. 4 Aperture CRS Stack Data Sintetik	47
IV. 5 Aperture CRS Stack Data Riil	51
BAB V. PENUTUP	56
V.1 Kesimpulan	56
V.2 Saran	56
DAFTAR PUSTAKA	57
LAMPIRAN	59



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Fold Coverage	6
Gambar 2. 2 Geometri CMP Gather (Bataglia, 2013)	8
Gambar 2. 3 Titik refleksi yang bergeser pada reflektor miring.....	12
Gambar 2. 4 Operator stacking pada (Mann, 2002)	
a) CMP Stack	13
b) CRS Stack	13
Gambar 2. 5 Ilustrasi Proses Terjadinya	
a) Gelombang NIP	14
b) Gelombang N.....	14
Gambar 2. 6 Proyeksi zona Fresnel	18
Gambar 3. 1 Model data sintetik Lestari.....	21
Gambar 3. 2 Peta Lokasi Penelitian	22
Gambar 3. 3 Source Gather Lestari FFID 13	
a) Sebelum first break mute	24
b) setelah first break mute.....	24
Gambar 3. 4 Hasil stack menggunakan metode CMP data sintetik.....	25
Gambar 3. 5 Penampang dip dengan spasi cdp 5	
a) dip aperture 50 m	26
b) dip aperture 100 m.....	26
c) dip aperture 150 m	26
d) dip aperture 200 m.....	26
Gambar 3. 6 Penampang dip dengan spasi cdp 10	
a) dip aperture 50 m	27
b) dip aperture 100 m.....	27
c) dip aperture 150 m	27



d) dip aperture 200 m	27
Gambar 3. 7 Penampang dip dengan spasi cdp 15	
a) dip aperture 50 m	27
b) dip aperture 100 m	27
c) dip aperture 150 m	27
d) dip aperture 200 m	27
Gambar 3. 8 Penampang stack menggunakan metode CRS	28
Gambar 3. 9 Spektrum energi shot FFID 1460 Data BG Line-35	30
Gambar 3. 10 Tampilan tras display	
a) Sebelum dilakukan SRME.....	31
b) Setelah dilakukan SRME.....	31
Gambar 3. 11 Analisis kecepatan metode CMP pada CDP Gather 2400	32
Gambar 3. 12 Hasil stack menggunakan metode CMP stack	33
Gambar 3. 13 Penampang dip menggunakan spasi cdp 5	
a) dip aperture 75 m	34
b) dip aperture 125 m	34
a) dip aperture 250 m	34
b) dip aperture 375 m	34
Gambar 3. 14 Analisis kecepatan metode CRS pada CDP Gather 2400	35
Gambar 3.15 Analisa frekuensi pada beberapa interval waktu menggunakan Interactive spectral Analysis	37
Gambar 3. 16 Penampang CRS Stack.....	37
Gambar 3. 17 Bagan Alir Penelitian	38
Gambar 4. 1 (a) CMP gathers pada CDP 20	40
(b) CRS gathers pada CDP 20	40
Gambar 4. 2 (a) CMP gathers pada CDP 5501	41



(b) CRS gathers pada CDP 5501	41
Gambar 4. 3 (a) Penampang CMP Stack data sintetik.....	42
(b) Penampang CRS Stack data sintetik.....	42
Gambar 4.4 Selisih amplitudo hasil CRS stack dan CMP stack data sintetik	43
Gambar 4. 5 (a) Penampang CMP Stack data riil	44
(b) Penampang CRS Stack data riil	44
Gambar 4.6 Perbandingan penampang stack CMP (kiri) dan penampang stack CRS (kanan) pada beberapa titik CD Selisih amplitudo hasil CRS stack dan CMP stack data sintetik	46
Gambar 4.7 Selisih amplitudo hasil CRS stack dan CMP stack data sintetik	47
Gambar 4. 5 Penampang CRS data sintetik menggunakan beberapa aperture stack	
(a) Aperture stack 50 m	50
(b) Aperture stack 100 m.....	50
(c) Aperture stack 150 m	50
(d) Aperture stack 200 m.....	50
Gambar 4. 5 Penampang CRS data riil menggunakan data beberapa aperture stack	
(a) Aperture stack 35 m	54
(b) Aperture stack 70 m.....	54
(c) Aperture stack 125 m	54
(d) Aperture stack 275 m.....	54
(e) Aperture stack 350 m	54



DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Parameter Akusisi Data Sintetik Lestari	21
Tabel 3.2 Parameter Akusisi Data Riil BG Line 35.....	22
Tabel 4.1 Hasil perhitungan zona Fresnel Data Sintetik.....	48
Tabel 4.2 Hasil perhitungan zona Fresnel Data Real.....	52



DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN 1 PERSAMAAN WAKTU TEMPUH CMP DAN NMO	61
LAMPIRAN 2 PERSAMAAN WAKTU TEMPUH DMO	63
LAMPIRAN 3 PERSAMAAN WAKTU TEMPUH CRS	65
LAMPIRAN 4 PENYEDERHANAAN WAKTU TEMPUH CRS.....	67



DAFTAR LAMBANG DAN SINGKATAN

CMP	: Common Mid Point
CRS	: Common Reflection Surface
NMO	: Normal Moveout
DMO	: Dip Moveout
ZO	: Zero Offset
α	: Emergence Angle
Z	: Impedansi Akustik
ρ	: Densitas
v	: Kecepatan Gelombang
RC	: Koefisien Refleksi
s(t)	: Tras Seismik
w(t)	: Wavelet seismic
n(t)	: Noise
*	: Operator Konvolusi
Δz	: Beda kedalaman
Δt	: Beda waktu
RMS	: Root Mean Square
NIP	: Gelombang Normal Incident Point
N	: Gelombang Normal
r	: Half offset
δ	: Sudut Dip
CS	: Common Shot
CDP	: Common Depth Point
CRP	: Common Reflection Point



BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Pengolahan data seismik memegang peranan penting dalam kegiatan eksplorasi hidrokarbon, khususnya pada daerah yang memiliki struktur geologi yang kompleks. Pengolahan data seismik akan menghasilkan gambaran struktur bawah permukaan yang akan menjadi acuan dalam proses interpretasi.

Pengolahan data seismik dilakukan dalam beberapa tahap, salah satunya adalah *stack* (penjumlahan tras seismik). Umumnya, *stack* didasarkan pada kesamaan titik *mid point* atau yang dikenal dengan *common mid point (CMP) stack* yang diperkenalkan oleh Mayne (1962). Metode pengolahan ini dalam pengerjaannya mengaplikasikan koreksi *Normal moveout (NMO)* atau pun *Dip Moveout (DMO)* untuk menghilangkan pengaruh *offset* dan mengoreksi kemiringan reflektor yang berbentuk planar. Namun pengolahan data dengan metode ini tidak dapat memberikan hasil yang optimal untuk data seismik dengan struktur geologi yang kompleks dan dengan adanya keterbatasan pada data seismik penelitian seperti jumlah *fold coverage* yang rendah.

Pada tahun 1997, dikembangkan metode *Common Reflection Surface (CRS) stack* oleh Konsorsium *Wave Inversion Technology (WIT)* di Jerman dan dipresentasikan

konferensi EAGE pada tahun 1998 oleh Hubral dan Müller (Hertweck, 2007). Metode ini merupakan pengembangan dari metode *CMP stack* dengan menerapkan



tiga atribut kinematik *wavefield*, yaitu sudut antara sinar *zero offset* (ZO) dengan bidang normal (α), radius kelengkungan gelombang *Normal Incidence Point* (R_{NIP}) dan radius kelengkungan gelombang Normal (R_N). Metode CRS mengasumsikan bahwa reflektor seismik tidak hanya berada pada satu titik reflektor melainkan berupa permukaan segmen. Dengan asumsi tersebut, memungkinkan informasi dari seluruh tras sepanjang segmen reflektor digunakan dalam proses *stack*.

Beberapa penelitian mengenai penerapan CRS *stack* telah dilakukan baik dengan menggunakan data sintetik maupun data riil. Enzo Bataglia (2013) berhasil meningkatkan rasio *signal to noise* pada data seismik di lingkungan Paleolake, Sardinia Selatan, Italia menggunakan metode CRS. Eduardo Jemenez (2009) juga berhasil mencitrakan struktur geologi yang kompleks pada basin Middle Magdalena meskipun dengan data seismik kualitas rendah. Selain itu, Taufiqurrahman (2009) menerapkan metode CMP dan CRS *stack* pada data sintetik dan data seismik 2D laut Kepulauan Mentawai dan hasilnya menunjukkan bahwa penampang *stack* yang dihasilkan oleh metode CRS *stack* terlihat lebih baik dibandingkan dengan metode CMP *stack*.

Berdasarkan hal di atas, maka dalam penelitian ini akan dilakukan pengolahan data seismik refleksi dengan dua metode yang berbeda yaitu metode CMP *Stack* dan metode CRS *Stack* untuk kasus data seismik 2D laut dengan *fold coverage* rendah.

Kedua metode tersebut kemudian dibandingkan untuk mendapatkan penampang

g lebih baik.



I.2 Batasan Masalah

Batasan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Data yang digunakan adalah data sintetik dan data riil seismik 2D laut dengan jumlah *fold* yang rendah.
2. Masukan data pada proses *stack* baik metode CMP maupun metode CRS sudah melewati proses atenuasi multipel dengan metode *Surface Related Multiple Elimination* (SRME).

I.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mendapatkan penampang *stack* yang paling optimal dengan menggunakan metode CMP dan CRS *stack* pada data seismik 2D laut.
2. Membandingkan penampang seismik 2D laut hasil pengolahan data menggunakan metode CMP dan CRS *stack*.
3. Menganalisis parameter *aperture* yang tepat pada metode CRS.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

II.1 Prinsip Dasar Seismik

Gelombang seismik merupakan gelombang mekanis yang muncul akibat adanya suatu sumber pada bumi. Gelombang seismik menjalar melalui peralihan batuan dalam bentuk gelombang elastik. Gelombang ini mentransfer energi menjadi pergerakan partikel batuan yang menentukan kecepatan gelombang seismik (Monalia, 2011).

Dalam eksplorasi dengan target yang cukup dalam, biasanya digunakan metode seismik refleksi karena kedalaman penetrasinya lebih dalam dibanding metode seismik refraksi. Prinsip dasar dari seismik refleksi adalah merambatkan gelombang elastik ke segala arah dan akan dipantulkan jika mengenai batas lapisan yang mempunyai kontras impedansi dan akan direkam oleh penerima.

Nilai impedansi akustik (Z) suatu lapisan batuan bergantung pada densitas lapisan (ρ) dan cepat rambat gelombang (\bar{v}) yang menjalar di lapisan tersebut.

$$Z = \rho \bar{v} \quad (2.1)$$

Saat gelombang menemui perbedaan impedansi akustik antar lapisan, gelombang tersebut akan terpantul. Rasio impedansi akustik antara lapisan satu dengan yang

di hitung dalam koefisien refleksi yang ditulis sebagai berikut.

$$RC = \frac{Z_{(i+1)} - Z_{(i)}}{Z_{(i+1)} + Z_{(i)}} \quad (2.2)$$



Gelombang pantul yang direkam oleh penerima hasilnya dapat terlihat dalam bentuk kumpulan tras seismik. Bentuk dasar pemodelan konvolusi tras seismik dapat dinyatakan seperti berikut :

$$s(t) = w(t) * RC(t) + n(t) \quad (2.3)$$

dengan

$s(t)$ = tras seismik

$RC(t)$ = koefisien refleksi

$w(t)$ = wavelet seismik

$n(t)$ = *noise*

*

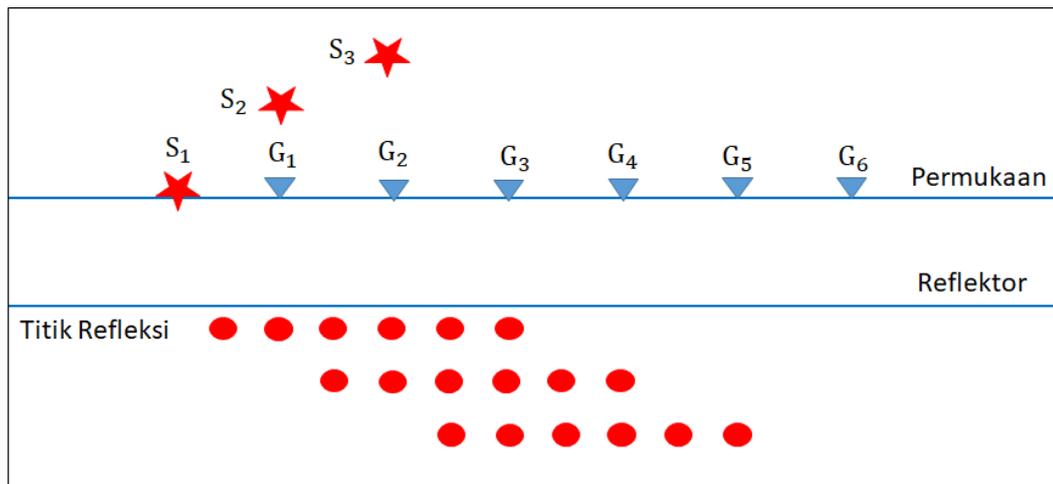
= operator konvolusi

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

Salah satu hal yang ikut mempengaruhi hasil processing adalah banyaknya *fold coverage* dalam suatu data seismik. *Fold coverage* merupakan banyaknya

tras seismik yang melewati satu titik pantul dibawah permukaan. Hal ini dipengaruhi dengan jumlah tras dalam CMP gather. Gambar 2.1 memperlihatkan fold coverage dengan skema *single ended spread* dengan 3 penerima dan 3 tembakan.





Gambar 2. 1 Fold Coverage

Fold coverage dapat dirumuskan dengan persamaan berikut.

$$Jumlah\ fold = \frac{RI \times N}{2 \times SI} \quad (2.4)$$

Dengan RI adalah interval penerima, SI adalah Interval tembakan dan N adalah jumlah penerima. Fold coverage sangat mempengaruhi rasio signal to noise, dalam hal ini akan mempengaruhi resolusi vertikal dalam pencitraan data seismik (Banuboro, 2017). Semakin besar jumlah foldnya, maka kualitas data yang dihasilkan juga akan semakin baik, begitupun sebaliknya.

II.2 Metode *Common Mid point Stack (CMP Stack)*

Metode seismik terdiri dari 3 tahapan yaitu akusisi, prosesi, dan interpretasi. Pada tahap akusisi, data seismik direkam dari suatu sumber menggunakan *geophone/hydrophone* kemudian hasil rekam seismik yang berupa tras seismik

berdasarkan penambahan *offset* dan dikumpulkan pada *Common Shot* (*CS gather*). Semua data hasil rekaman membentuk kumpulan data dalam



domain koordinat sumber, koordinat penerima, dan waktu perekaman ($x_s - x_g - t$). Oleh karena data seismik yang terekam tersebut juga mengandung *noise*, maka dilakukan proses *stack* (Rachmaputra, 2011).

Proses *stack* bertujuan untuk meningkatkan sinyal dan mengurangi *noise* dengan cara menjumlahkan semua tras pada data *multicoverage*. Proses *stack* tidak dilakukan dalam koordinat sumber-penerima sebagaimana yang terekam pada saat akuisisi, melainkan dalam koordinat *mid point-offset*. Oleh karena itu, diperlukan transformasi koordinat dari koordinat sumber-penerima menjadi koordinat *mid point-offset* atau dari *common shot gather* menjadi *common mid point gather*. Pada *CMP gather* setiap tras dibedakan berdasarkan *mid point* antara lokasi sumber dan penerima. Tras yang memiliki koordinat *mid point* (x_m) yang sama dikumpulkan dalam satu grup kemudian diurutkan berdasarkan *half-offset*nya (r). Maka pada *CMP gather* data berada pada domain *mid point*, *half offset*, dan waktu ($x_m - r - t$) (Mayasari, 2009).

Untuk kasus lapisan horizontal, titik *mid point* dan *mid depth* akan berada dalam posisi yang sama. Jika lapisan reflektornya memiliki kemiringan atau dip, titik *mid point* dan *mid depth* akan berbeda. Posisi *CMP* didefinisikan sebagai titik tengah antara sumber dan penerima. Posisi *mid point* x_m di lintasan seismik dihitung dari posisi sumber x_s dan penerima x_g dengan persamaan berikut (Mann, 2005)

$$x_m = \frac{x_s + x_g}{2} \quad (2.5)$$

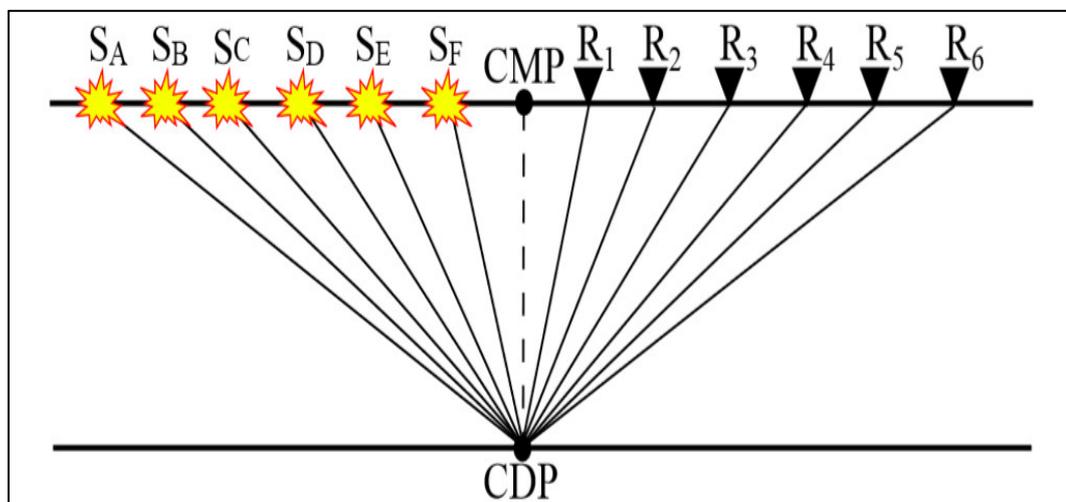
sumber dan penerima dari posisi *CMP* yang sama dikumpulkan dalam *CMP gather*. Jarak antara sumber dan penerima disebut sebagai *offset*, titik



tengah (r) antara sumber dan penerima didapatkan dari persamaan berikut (Mann, 2005)

$$r = \frac{x_s - x_g}{2} \quad (2.6)$$

Pada medium lapisan horizontal dengan kecepatan medium yang konstan, CMP *gather* merupakan kumpulan dari *ray* yang berasal dari satu titik reflektor. Pada gambar 2.2, terlihat bahwa ketika data disusun dalam CMP *gather*, maka CMP *gather* tersebut mengandung data yang berulang untuk tiap titik refleksi. Data tersebut dapat dijumlahkan selama masih berada dalam satu titik refleksi yang sama. Inilah ide dasar metode *stack* CMP yang digagas oleh Mayne (1962) dimana tras tras dari *offset* yang berbeda beda mengandung informasi untuk titik yang sama pada reflektor horizontal. Sehingga akan didapatkan satu titik refleksi dengan kualitas rasio signal terhadap *noise* yang baik.



Gambar 2. 2 Geometri CMP Gather (Bataglia, 2013)



II.3 Analisis Kecepatan

Analisis kecepatan merupakan satu proses yang berkaitan erat dengan koreksi NMO. Dengan melakukan analisa kecepatan, maka akan ditentukan kecepatan *stack*, dan dengan kecepatan *stack* ini koreksi NMO dilakukan pada CMP *gather*. Analisa ini sebenarnya dilakukan dengan analisa koherensi dari tes hiperbola yang dikorelasikan dengan data pengukuran. Biasanya dilakukan secara iteratif, dengan memilih pasangan waktu *zero offset* dan kecepatan NMO yang memiliki koherensi paling tinggi (Taufiqurrahman, 2009).

Berikut merupakan beberapa jenis kecepatan pada metode seismik yang berhubungan dengan waktu datang dan jarak tempuh (Herron, 2011)

1. Kecepatan interval yaitu kecepatan pada batas interval antara lapisan pantul atas dengan lapisan pantul bawah.

$$v_{int} = \frac{\Delta z}{\Delta t} \quad (2.7)$$

Dengan

Δz = beda kedalaman, Δt = beda waktu

2. Kecepatan rata-rata yaitu kecepatan yang dibutuhkan suatu gelombang seismik untuk melewati beberapa lapisan batuan dengan ketebalan tertentu.

$$v_{rata} = \frac{v_{int1} \Delta t_1 + v_{int2} \Delta t_2 + \dots + v_{intz} \Delta t_z}{\Delta t_1 + \Delta t_2 + \dots + \Delta t_z} = \frac{\sum_{i=1}^n v_{inti} \Delta t_i}{\sum_i \Delta t_i} \quad (2.8)$$

3. Kecepatan Root Mean Square (RMS) yaitu kecepatan total dari sistem

terlapisan horizontal dalam bentuk akar kuadrat rata-rata dari kecepatan interval.



$$v_{rms}^2 = \left[\frac{\sum_{i=1}^n v_i^2 \Delta t_i}{\sum_{i=1}^n \Delta t_i} \right] \quad (2.9)$$

4. Kecepatan NMO yaitu kecepatan yang diperlukan untuk melakukan proses NMO. Kecepatan NMO diperoleh dari hubungan refleksi waktu dengan jarak tras.

II.4 Koreksi *Normal moveout* (NMO) dan *Dip Moveout* (DMO)

Koreksi *Normal moveout* merupakan koreksi yang bertujuan untuk menghilangkan efek jarak *offset* antara *shot point* dan penerima pada tras yang berasal dari satu *Common Depth Point* (CDP). Jarak *offset* ini mengakibatkan waktu datang gelombang seismik bergeser dari yang sebenarnya, semakin besar *offset* semakin besar waktu datangnya. Jadi dengan kata lain koreksi NMO membawa gelombang refleksi seolah olah gelombang pantul datang dalam arah vertikal (*normal incident*).

Untuk reflektor datar dengan medium homogen, refleksi hiperbola dapat dikoreksi terhadap jarak apabila kecepatan medium yang digunakan dalam persamaan NMO sudah tepat. Sehingga dikatakan bahwa koreksi NMO sangat bergantung pada nilai kecepatan, karena jika salah menentukan nilai kecepatan maka koreksi NMO pun akan tidak tepat. Apabila kecepatan NMO lebih besar daripada kecepatan medium yang sebenarnya, maka akan terjadi *undercorrection*. Sebaliknya bila kecepatan yang digunakan lebih rendah dari medium yang sebenarnya, akan mengakibatkan *overcorrection*.

Dasar reflektor datar sederhana, persamaan waktu tempuh gelombang dalam CMP *gather* ditunjukkan pada persamaan berikut (Telford, 1990)



$$t^2(r) = t_0^2 + \frac{4r^2}{v^2} \quad (2.10)$$

Dimana r adalah *half offset* antara sumber dan penerima, v identik dengan konstanta kecepatan pada medium dan t_0 adalah waktu tempuh *zero offset*. Beda waktu tempuh antara $t(r)$ dan $t(0)$ dinamakan koreksi NMO Δt_{NMO} . Pengaruh *offset* tersebut dapat dihilangkan dengan mengembalikan waktu tempuh $t(r)$ menjadi waktu tempuh *zero offset* melalui koreksi dengan persamaan berikut :

$$\Delta t_{NMO}(r) = t(r) - t_0 = t_0 \left\{ \left[1 + \left(\frac{2r}{vt_0} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}} - 1 \right\} \quad (2.11)$$

Sementara itu untuk kasus lapisan yang miring, CMP gather dikaitkan dengan dispersi dari titik reflektor, yang disebut sebagai *CMP smearing*. Ketika asumsi dari NMO ini tidak valid pada kasus reflektor yang miring, maka akan menghasilkan distorsi amplitudo. Hal ini dapat dimaklumi karena jejak sinar (*raypath*) dari *near offset* dan *far offset* akan merambat melewati medium dengan kecepatan yang berbeda, sehingga koreksi NMO yang dilakukan akan menyebabkan gagalnya proses focusing. Oleh karena itu, untuk reflektor bidang dengan dip yang kecil, digunakan koreksi Dip *Moveout* (DMO) untuk titik refleksi yang bergeser (*reflection point smear*) yang diakibatkan oleh dip pada reflektor tersebut.

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

$$t^2(r) = t_0^2 + \frac{4r^2}{v_{NMO}^2} \quad (2.12)$$



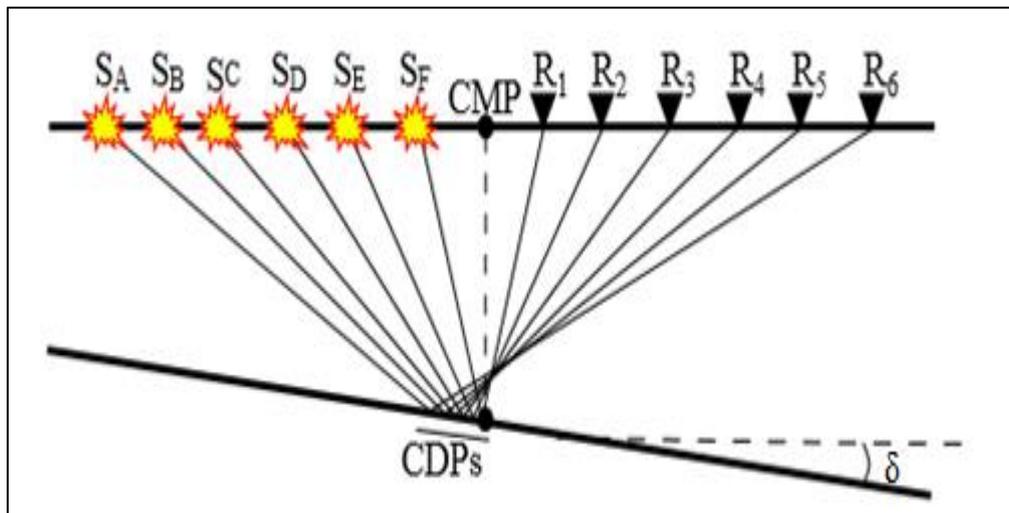
Dimana kecepatan NMO diturunkan dari persamaan kecepatan berikut :

$$v_{NMO} = \frac{v}{\cos \delta} \quad (2.13)$$

Dengan δ merupakan sudut dip. Persamaan diatas dapat dijabarkan untuk mendapatkan persamaan NMO dan DMO

$$t^2(r) = t_0^2 + \frac{4r^2}{v^2} - \frac{4r^2 \sin^2 \delta}{v^2} \quad (2.14)$$

Persamaan diatas menjelaskan bahwa koreksi NMO pada CMP *gather* dilakukan untuk menentukan estimasi kecepatan. Sedangkan koreksi DMO digunakan untuk reflektor dengan dip yang tidak terlalu besar.



Gambar 2. 3 Titik refleksi yang bergeser pada reflektor miring (Battaglia, 2013)

II.5 Common Reflection Surface Stack (CRS Stack)

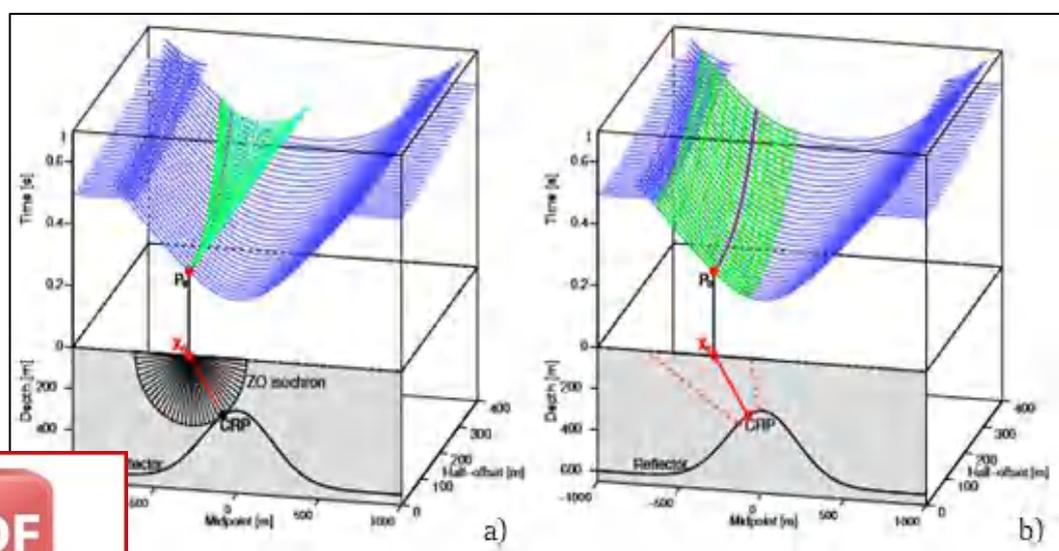
Metode CRS *stack* didasarkan pada ide dan prinsip yang sama dengan metode CMP

Perbedaan mendasar dari kedua metode ini adalah metode CRS akan mencakup daerah *stack* yang berupa segmen reflektor (kumpulan beberapa reflektor) sedangkan metode CMP *stack* hanya menggunakan satu titik CMP yang



menjadi daerah *stack*. Dengan alasan ini, tras yang digunakan dalam proses *stack* dalam metode CRS menjadi lebih banyak dibanding proses *CMP stack* (Mann, 2008). Hal ini didasarkan pada asumsi bahwa refleksi yang terkumpul pada *CMP gather* yang berdekatan memiliki titik refleksi pada bagian reflektor yang sama.

Gambar 2.4 mengilustrasikan operator *CMP stack* dan *CRS stack* dengan model geologi berupa antiklin. Bagian atas gambar menunjukkan data seismik yang diklasifikasikan berdasarkan *common-offset gather* (warna biru). Pada bagian atas gambar ditampilkan juga operator *stack* konvensional (gambar a) dan operator *stack* CRS (gambar b) yang berwarna hijau dimana tras hasil *stacking* ditempatkan di titik P_0 . Kurva berwarna jingga yang melewati titik P_0 merupakan lintasan *common reflection point* (CRP) dari titik CRP pada reflektor. Pada metode konvensional, titik P_0 didapatkan dengan menjumlahkan amplitudo sepanjang lintasan jingga sedangkan pada CRS, titik P_0 didapatkan dengan menjumlahkan amplitudo pada semua lintasan CRP yang berwarna hijau (Asikin, 2012).

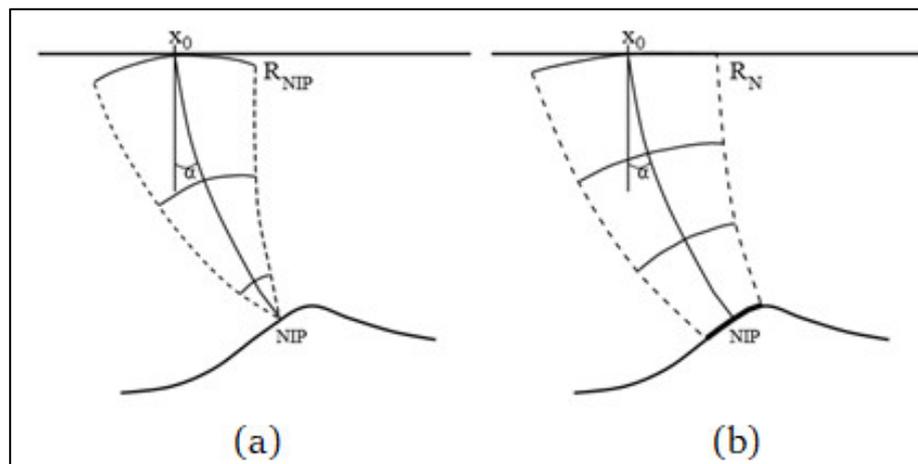


2. 4 Operator stacking pada a) *CMP Stack* b) *CRS Stack* (Mann, 2002)



II.5.1 Atribut Kinematik *Wavefield*

Berbeda dengan metode *CMP stack* yang sangat dipengaruhi oleh kecepatan NMO sebagai operator *stack*, *CRS stack* menggunakan respons kinematik *wavefield* pada segmen di reflektor sebagai operator *stack*. Respon kinematik *wavefield* ini menggambarkan lokasi, orientasi, dan bentuk reflektor. Untuk mendapatkan tafsiran secara fisik, Mann (2002) mengasumsikan sumber sebagai sebuah titik yang diletakkan di reflektor dan sumber sebagai sebuah segmen di reflektor (*exploding reflector*). Gelombang yang dihasilkan oleh kedua jenis sumber ini akan menghasilkan dua buah muka gelombang yang direkam di permukaan dengan *raypath* yang berimpit dengan *raypath zero-offset* sebagaimana yang diperlihatkan pada gambar 2.5



Gambar 2. 5 Proses terjadinya gelombang NIP (a) yang dibangkitkan sumber berupa titik di R, dan gelombang N (b) yang dibangkitkan sumber sepanjang segmen reflektor di titik R (Battaglia, 2013)

Sebagaimana gambar 2.5 metode CRS menerapkan dua tipe gelombang eigen yaitu

gelombang Normal Incident Point (NIP) dan gelombang normal. Dengan asumsi kecepatan konstan, kedua gelombang tersebut akan memberikan informasi masing



masing mengenai lokasi titik R terhadap titik x_0 dan bentuk reflektor disekitar titik R. Kedua gelombang yang dibangkitkan oleh sumber di titik NIP dan segmen reflektor disekitar titik NIP ini akan merambatkan energi gelombang pada jalur yang berhimpit dengan *raypath zero offset* dan memiliki sudut datang yang diterima pada titik x_0 di permukaan. Sudut datang tersebut merupakan parameter α atau *emergence angle*. Parameter α memiliki kaitan erat dengan kemiringan reflektor. Ketiga parameter (R_{NIP} , R_N , α) inilah yang kemudian menjadi operator *stack* pada CRS *stack*.

II.5.2 Persamaan Waktu Tempuh CRS

Tujuan utama dari metode CRS *stack* adalah untuk menentukan operator *stack* yang paling cocok dengan event refleksi yang sebenarnya pada data *multicoverage*. Untuk CRS *stack*, digunakan ekspansi Taylor orde dua dalam mengestimasi nilai travelttime berdasarkan ketiga atribut CRS (Mann J. B., 2002)

$$t^2(x, r) = \left[t_0 + \frac{2 \sin \alpha}{v_0} (x - x_0) \right]^2 + \frac{2 t_0 \cos^2 \alpha}{v_0} \left[\frac{(x - x_0)^2}{R_N} + \frac{r^2}{R_{NIP}} \right] \quad (2.15)$$

Dengan t_0 merupakan *zero offset travelttime*, v_0 merupakan kecepatan medium dekat permukaan, x_0 merupakan koordinat dari *mid point zero offset*, x merupakan koordinat *mid point* disekitar *midpoint zero offset*, r merupakan koordinat *half offset*, R_N radius kurvatur dari muka gelombang normal yang terukur pada *mid point zero offset*, R_{NIP} radius kurvatur dari muka gelombang *normal incidence point* yang

pada *mid point zero offset* dan α merupakan sudut datang di permukaan dari normal menuju reflektor bawah permukaan.



II.5.3 Penentuan Atribut CRS

Prosedur pengolahan data menggunakan metode *stack* CRS dapat dilakukan dengan mencari parameter atribut CRS dengan menggunakan *CMP stack*. Parameter tersebut kemudian dijadikan sebagai nilai awal untuk proses optimasi pada langkah berikutnya dan kemudian melakukan *stack* CRS. Cara ini dikenal dengan *three subsequent one parametric search* yang diinisiasi oleh Muller (1999).

Tahap pertama pencarian atribut CRS *stack* 2D adalah menentukan parameter emergence angle (α) dari event refleksi. Penentuan ini dilakukan dengan menggunakan persamaan hiperbola pada kasus ZO ($r=0$) sehingga menjadi persamaan berikut :

$$t_{hyp,ZO}^2(x, r) = \left[t_0 + \frac{2 \sin \alpha}{v_0} (x - x_0) \right]^2 + 2t_0 \frac{\cos^2 \alpha}{v_0} \frac{(x-x_0)^2}{R_N} \quad (2.16)$$

Persamaan diatas kemudian disederhanakan lagi dengan aproksimasi orde satu pada $x - x_0$ menjadi persamaan berikut :

$$t_{hyp(1),ZO(x)} = t_0 + \frac{2 \sin \alpha}{v_0} (x - x_0) \quad (2.17)$$

Dengan menggunakan persamaan (2.17) maka nilai dari emergence angle bisa ditentukan. Kemudian, dengan menggunakan persamaan 2.16 suku kedua, maka nilai inisial jari jari N (R_N) dapat ditentukan.

Selanjutnya, untuk mendapatkan nilai inisial dari jari jari NIP dapat digunakan

persamaan hiperbola berikut :

$$t_{hypCMP}^2(r) = t_0^2 + 2 \frac{t_0}{v_0} \cos^2 \alpha \frac{r^2}{R_{NIP}} \quad (2.18)$$



Dengan membandingkan persamaan diatas dengan persamaan waktu tempuh CMP *stack* maka dapat pula ditentukan bahwa kecepatan NMO untuk waktu tempuh hiperbola merupakan

$$v_{NMO}^2 = \frac{2v_0 R_{NIP}}{t_0 \cos^2 \alpha} \quad (2.19)$$

Dengan menggunakan parameter α dapat ditentukan pula nilai jari jari NIP dengan menganalisa koherensi dengan data *prestack*. Dengan memilih nilai α dan jari jari NIP dengan koherensi yang paling tinggi, sebenarnya juga didapatkan nilai NMO yang optimal.

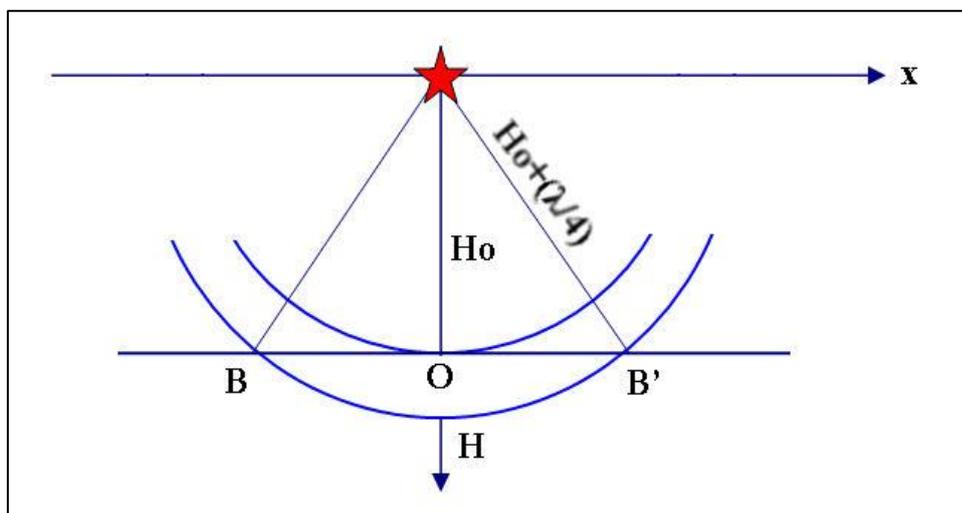
Dengan ketiga atribut yang didapat, maka operator CRS *stack* dapat ditentukan. Kemudian dilakukan *stack* menggunakan operator tersebut. Metode ini dilakukan untuk setiap titik ZO, dan menghasilkan initial CRS *stack*. Hasil dari inisial *stack* digunakan sebagai nilai awal untuk proses optimalisasi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

II.5.4 Proyeksi Zona Fresnel dan Aperture

Frekuensi wavelet dari sumber gelombang seismik memiliki sifat terbatas (bandlimited), dimana penjalaran gelombangnya akan semakin lebar terhadap kedalaman seiring dengan perubahan frekuensi dan panjang gelombang, sehingga menjadi tidak sesuai jika diasumsikan bahwa refleksi dari satu sumber di atas permukaan hanya mengiluminasi satu titik dibawah permukaan saja sebagaimana asumsi pada pengolahan data seismik selama ini. Pada kenyataannya, gelombang seismik yang menjalar dibawah permukaan bumi mengiluminasi suatu daerah yang berbentuk suatu garis yang disebut sebagai zona Fresnel (Ahman, 2010).



Metode CRS memanfaatkan informasi dari respon refleksi di sekitar titik zero offset dan sepanjang cakupan zona Fresnel sehingga didapatkan satu permukaan stacking untuk setiap titik Zero Offset. Kemudian dengan melakukan penjumlahan sepanjang permukaan stacking dan menaruhnya di titik zero offset, akan didapatkan penampang stacking CRS. Dalam pengolahan data metode CRS, dimana operator stacking ditentukan oleh lebar segmen dari reflektor atau aperture dari reflektor, maka zona Fresnel adalah optimum aperture dalam melakukan stacking CRS. Aperture sendiri adalah jarak atau cakupan suatu data yang akan dimasukkan kedalam perhitungan pada CRS stack.



Gambar 2. 6 Proyeksi zona fresnel pada reflektor horizontal BB' dan kedalaman H_o

Gambar 2.6 merupakan ilustrasi sederhana yang menunjukkan permukaan reflektor berupa bidang datar. Dari titik sumber seismik, gelombang seismik ditembakkan sampai kedalaman O sehingga menghasilkan permukaan reflektor (zona Fresnel)

BB'. Untuk mendapatkan luas zona Fresnel adalah dengan menggunakan titik di sekitar reflektor BB', H merupakan arah perambatan gelombang yang



tegak lurus terhadap bidang reflektor, H_0 merupakan kedalaman dari perambatan gelombang seismik, dan λ merupakan panjang gelombang. Radius zona Fresnel secara matematis dapat ditulis sebagai berikut :

$$r = \frac{v}{2} \sqrt{\frac{t}{f}} \quad (2.20)$$

Dengan

v = kecepatan rata-rata (m/s),

t = waktu tempuh twt (s)

f = frekuensi dominan (Hz)

