

Skripsi Geofisika

**ANALISA ATENUASI MULTIPLE MENGGUNAKAN
METODE TRANSFORMASI RADON, WEMR, DAN SRME
PADA DATA SEISMIC LAUT 2D**



DEWI RAHMA AHMADI

H221 14 505

PROGRAM STUDI GEOFISIKA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

2018



Skripsi Geofisika

**ANALISA ATENUASI MULTIPLE MENGGUNAKAN
METODE TRANSFORMASI RADON, WEMR, DAN SRME
PADA DATA SEISMIC LAUT 2D**



DEWI RAHMA AHMADI

H221 14 505

PROGRAM STUDI GEOFISIKA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

2018



**ANALISA ATENUASI MULTIPLE MENGGUNAKAN
METODE TRANSFORMASI RADON, WEMR, DAN SRME
PADA DATA SEISMIC LAUT 2D**

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



DEWI RAHMA AHMADI

H221 14 505

PROGRAM STUDI GEOFISIKA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

2018



LEMBAR PENGESAHAN

**ANALISA ATENUASI MULTIPLE MENGGUNAKAN
METODE TRANSFORMASI RADON, WEMR, DAN SRME
PADA DATA SEISMIC LAUT 2D**

OLEH

DEWI RAHMA AHMADI

H221 14 505

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



ullah., S.Si, MT
308260017

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Tumpal'.

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,

Dewi Rahma Ahmadi
NIM. H221 14 505



“... bahwa manusia hanya memperoleh apa yang telah diusahakannya. Dan sesungguhnya usahanya itu kelak akan dipelihatkan kepadanya. ”

(Q.S. An-Najm : 39-40)



*Teruntuk Mama, Kakak, dan Adik Tercinta,
Terima kasih atas do'a dan semangatnya*

ABSTRAK

Survey seismik bertujuan untuk memperoleh data yang dapat memprediksi geologi bawah permukaan yang mendekati kondisi sebenarnya. Saat melakukan survey seismik, data yang terekam bukan hanya berupa data primer tetapi noise juga ikut terekam. Salah satunya adalah multipel. Multipel dapat didefinisikan sebagai refleksi yang berulang. Keberadaan multipel ini akan menimbulkan ambiguitas dan merusak kualitas data seismik sehingga diperlukan suatu metode untuk mengatenuasi keberadaan multipel ini. Beberapa tahun terakhir, metode yang paling umum digunakan dalam mengatenuasi multipel yaitu transformasi radon, WEMR, dan SRME, sehingga dalam penelitian ini digunakan ketiga metode ini untuk menganalisa efektifitas dari ketiga metode tersebut. Data yang digunakan dalam penelitian ini berupa data sintetik dan data rill seismik laut 2D di perairan utara Bali Lombok. Data sintetik digunakan untuk melihat pengaruh offset terhadap atenuasi multipel dan efektivitas atenuasi dari ketiga metode tersebut sebelum diaplikasikan pada data seismik rill. Hasil dari penelitian ini menunjukkan transformasi radon efektif dalam mengatenuasi multipel tetapi masih menyisakan multipel residual dan menimbulkan efek *smearing* setelah dilakukan *stacking* pada data seismik, metode WEMR efektif mengatenuasi multipel baik di daerah *near* dan *far* offset tetapi kurang efektif dalam mengatenuasi multipel yang disebabkan oleh lapisan kedua dan data seismik yang memiliki kemiringan yang cukup curam. Sedangkan metode SRME efektif dalam mengatenuasi multipel di daerah *near* offset tetapi kurang efektif dalam mengatenuasi multipel di daerah *far* offset.

Kata kunci : Multipel, Transformasi Radon, WEMR, SRME



ABSTRACT

Seismic surveys aim to obtain data that can predict a geological model which is approaches the actual condition of the subsurface. While conducting a seismic survey, the data recorded not only the primary data but also recorded noises. One of the noises is multiple. Multiple can be define as repeated reflection. The existence of this multiple will cause ambiguity and decrease the quality of seismic data. The methods to attenuate these multiple is needed to produce the seismic data with good quality. In the last few years, the most commonly methods are used are radon transform, WEMR, and SRME. In this study, those methods are used to analyze the effectiveness in attenuate the multiple. The data used are 2D synthetic and 2D real data of North Sea Bali-Lombok. 2D synthetic data is used to see the effect of offsets on multiple attenuation and attenuation effectiveness of those methods before applied to real seismic data. The results of this study shows radon transformation is effective in multiple attenuation but still have multiple residuals and have smearing effect in seismic data after stacking, the WEMR method is effective in multiple attenuation in near and far offset but is less effective to attenuate multiple caused by the second layer and data that have dip in seismic data. While the SRME method is effective in multiple attenuation in near offset but is less effective to attenuate multiple in the far offset.

Keywords : Multiple, Radon Transform, WEMR, SRME



KATA PENGANTAR

Alhamdulillah *rabbilalamin*, Puji syukur penulis panatkan Ke hadirat Allah SWT karena atas Rahmat dan izin-Nya penyusunan tugas akhir ini dapat diselesaikan pada waktu yang tepat. Tugas akhir dengan judul “Analisa Atenuasi Multipel menggunakan Metode Transformasi Radon, WEMR, dan SMRE pada Data Seismik Laut 2D” ini dimaksudkan untuk memenuhi syarat akademik tingkat pendidikan sarjana strata satu, Program Studi Geofisika, Universitas Hasanuddin.

Tugas akhir ini dapat diselesaikan berkat bimbingan, semangat, bantuan baik secara langsung maupun tidak langsung dari berbagai pihak. Untuk itu dalam kesempatan ini, penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Allah Swt atas segala nikmat kesempatan dan kesehatan, juga rezeki yang diluar ekspektasi yang diberikan selama menempuh studi di Unhas.
2. Keluarga Penulis; Mama, Kakak Nur, dan Ozi yang terus menerus memberikan dukungan, semangat, dan doa selama menempuh studi di Unhas.
3. Bapak Sabrianto Aswad, S.Si, MT dan Bapak Muh. Fawzy Ismullah Massinai, S.Si, MT sebagai pembimbing utama dan pembimbing pertama meluangkan waktunya dengan sabar dalam memberikan pengarahan dan bimbingan dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
4. 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.
5. 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.

Bapak Dr. Muh. Altin Massinasi, MT.Surv selaku ketua Program Studi Geofisika FMIPA Unhas.

Bu Makhrani, S.Si, M.Si selaku penasehat akademik penulis.



8. Seluruh dosen pengajar di FMIPA Unhas yang telah memberikan ilmunya kepada penulis.
9. Seluruh staff Fakultas MIPA, Jurusan Fisika, dan Prodi Geofisika Unhas yang senantiasa membantu dalam proses administrasi.
10. Seluruh staff Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Kelautan, Bandung. Terima kasih atas kesempatan yang diberikan untuk belajar di P3GL.
11. Tim yang tidak pernah lelah memberi dukungan dan semangat. Terima Kasih *Power Rangers Squad* (Riska, Arman, Kadri, dan Reza) telah memberi banyak pelajaran kepada penulis baik secara langsung ataupun tidak. Semoga kata “terbaik” selalu menyertai kalian.
12. Teman-teman seperjuangan Geofisika 2014 atas segala candaan dan kenangan indah selama menempuh studi di Unhas.
13. Teman-teman selama pelaksanaan tugas akhir : Fikry, Raka, Alphard, dan Adit atas berbagai masukan dan semangat yang dikirimkan.
14. Teman dan kakak seperjuangan dalam pengurusan skripsi. Terima Kasih Kak Arfah, Ila, Fina, Riska, Arman, dan Kadri.
15. Kakak-kakak pengurus SPE Unhas SC utamanya Kak iban dan Kak Ika terima kasih atas ilmu yang diberikan. Juga teman dan adik-adik pengurus SPE Unhas SC terima kasih atas bantuan dan kerja samanya selama kepengurusan SPE Unhas SC 2016/2017.
16. Mas dan Mba pengurus Society of Petroleum Engineers Balikpapan Section (Mba Anggi, Mas Arasy, Mas Wilsen, dan Mba Ramot) atas segala masukan, ilmu, dan segala kesempatan yang diberikan untuk belajar.
17. Kakak-kakak pengurus HIMAFI FMIPA Unhas periode 2014/2015.
18. Bapak, Ibu, Kakak Gojek dan Grab yang telah baik hati mengantarkan dan menjemput penulis selama perkuliahan, terima kasih atas cerita dan motivasi yang diberikan selama perjalanan.



19. Kepada semua pihak yang tidak dapat penulis sebut satu persatu. Terima kasih dan semoga Allah SWT membalas kebaikan semua pihak yang telah membantu.

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

Makassar, Desember 2018

Dewi Rahma Ahmadi



DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
LEMBAR PERNYATAAN	ii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xviii
DAFTAR SINGKATAN	xix
BAB I PENDAHULUAN	1
I.1 Latar Belakang	1
I.2 Ruang Lingkup	3
I.3 Tujuan Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
II.1 Noise	4
II.2 Gelombang Multipel (<i>Multiple</i>)	5
II.3 Metode Atenuasi Gelombang Multipel	8
II.3.1 Transformasi Radon	8
II.3.2 Wave Equation Multipel Rejection (WEMR)	10
II.3.3 Surface Related Multipel Elimination (SRME)	13
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	17
III.1 Data dan Perangkat Penelitian	17
III.1.1 Data Sintetik	17
III.1.2 Data Riil	20



III.2 Pengolahan Data	21
III.2.1 Metode konvensional	21
III.2.2 Radon Filter	24
III.2.3 WEMR.....	25
III.2.4 SRME.....	26
III.3 Bagan Alir	28
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	29
IV. 1 Data Sintetik.....	29
IV.1.1 Analisa Multipel	29
IV.1.2 Atenuasi Multipel dengan Menggunakan Transformasi Radon	32
IV.1.3 Atenuasi multipel menggunakan metode WEMR.....	37
IV.1.4 Atenuasi multipel menggunakan metode SRME	39
IV.2 Data Riil	43
IV.2.1 Analisa Multipel	43
IV.2.2 Atenuasi multipel dengan menggunakan filtering radon.....	45
IV.2.3 Atenuasi multipel dengan menggunakan WEMR	48
IV.2.3 Atenuasi multipel dengan menggunakan SRME.....	51
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	55
V.1 KESIMPULAN	55
V.2 SARAN.....	56
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Ilustrasi <i>raypath</i> gelombang seismik (refleksi primer)	4
Gambar 2.2 <i>Raypath</i> gelombang refleksi dan multipel.....	6
Gambar 2.3 Ilustrasi <i>raypath</i> jenis even multipel berdasarkan waktu penjarannya	
a) <i>Long-period</i> multipel	7
b) <i>Short-period</i> multipel.....	7
Gambar 2.4 Ilustrasi <i>raypath</i> jenis even multipel berdasarkan pantulannya	
a) multipel permukaan (<i>surface related multiple</i>).....	7
b) multipel internal.....	7
Gambar 2.5 Penampang seismik yang mengandung multipel internal (kotak biru) dan multipel permukaan (kotak merah)	8
Gambar 2.6 Analisis multipel dengan <i>filtering radon parabolic</i>	
a) domain $t-x$	9
b) domain $\tau - p$	9
Gambar 2.7 Skematik yang menggambarkan formasi multipel	11
Gambar 2.8 Hubungan antara gelombang downgoing dan upgoing pada dasar laut.....	11
Gambar 2.9 Multipel permukaan orde pertama dapat dilihat sebagai kombinasi dua refleksi primer yang dihubungkan satu sama lain pada titik refleksi permukaan	13
Gambar 3.1 Model data sintetik	17
Gambar 3.2 Ilustrasi survei seismik laut	18
Gambar 3.3 Peta Lokasi Penelitian	20
Gambar 3.4 <i>Shot gather</i> hasil geometri.....	22
Gambar 3.5 <i>Shot gather</i> 1000 hasil geometri.....	23
Gambar 3.6 Analisa Spektrum	24



Gambar 3.7 Tampilan transformasi radon	
a) domain t-x	25
b) domain tau- <i>residual moveout</i>	25
Gambar 3.8 Picking horizon dari beberapa reflektor yang diperkirakan menjadi Penyebab munculnya refleksi multipel pada data sintetik	26
Gambar 3.9 Picking horison pada data rill.....	26
Gambar 3.10 Bagan Alir Penelitian	28
Gambar 4.1 <i>Shot gather</i>	
a) data <i>far</i> offset 675 m dengan jumlah channel 25	29
b) domain tau- <i>residual moveout</i>	29
Gambar 4.2 a) <i>shot gather</i>	30
b) <i>Semblance CDP gather</i> dimana panah nomor 4 menunjukkan kehadiran multipel pada data seismik	30
Gambar 4.3 Analisa multipel pada	
a) nilai <i>semblance</i>	31
b) CDP gather setelah dikoreksi NMO pada CDP 35 data sintetik.....	31
Gambar 4.4 Frekuensi dan phasa	
a) gelombang primer	31
b) gelombang multipel	31
Gambar 4.5 Analisa multipel pada penampang CMP stack.....	31
Gambar 4.6 Analisa transformasi radon yang mengelompokkan sinyal primer Dan sinyal multipel pada data sintetik berdasarkan <i>moveout</i> -nya	
a) data <i>far</i> offset 675 m dengan jumlah <i>channel</i> 25	33
b) data <i>far</i> offset 675 m dengan jumlah <i>channel</i> 49.....	33
c) data <i>far</i> offset 1300 m dengan jumlah <i>channel</i> 50.....	33



Gambar 4.7 Desain *muting* yang digunakan dalam menghilangkan multipel

a) data <i>far</i> offset 675 m dengan jumlah <i>channel</i> 25	34
b) data <i>far</i> offset 675 m dengan jumlah <i>channel</i> 49.....	34
c) data <i>far</i> offset 1300 m dengan jumlah <i>channel</i> 50.....	34

Gambar 4.8 Hasil CDP *gather*

a.1) sebelum diaplikasikan radon filter	35
a.2) setelah diaplikasikan radon filter data <i>far</i> offset 675 m dengan jumlah <i>channel</i> 25	35
b.1) sebelum diaplikasikan radon filter	35
b.2) setelah diaplikasikan radon filter data <i>far</i> offset 675 m dengan jumlah <i>channel</i> 49	35
c.1) sebelum diaplikasikan radon filter	35
c.2) setelah diaplikasikan radon filter data <i>far</i> offset 1300 m dengan jumlah <i>channel</i> 50	35

Gambar 4.9 (1) even multipel dalam

a) dalam domain t-x	36
b) dalam domain tau-p	36
(2) Data CDP <i>gather</i> pada <i>zero</i> offset	
a) dalam domain t-x	36
b) dalam domain tau-p	36
(3) Data CDP <i>gather</i> pada <i>far</i> offset	
a) dalam domain t-x	36
b) dalam domain tau-p	36

Gambar 4.10 Penampang Seismik



a) Stacking konvensional <i>far</i> offset 675 m dengan jumlah <i>channel</i> 49	37
---	----

Stacking setelah diaplikasikan radon *filter*

(b) <i>far</i> offset 675 m dengan jumlah <i>channel</i> 25	37
(c) <i>far</i> offset 675 m dengan jumlah <i>channel</i> 49	37
(d) <i>far</i> offset 1300 m dengan jumlah <i>channel</i> 50	37

Gambar 4.11 Hasil *shot gather*

a.1) sebelum diaplikasikan WEMR	38
a.2) setelah diaplikasikan WEMR data <i>far</i> offset 675 m dengan jumlah <i>channel</i> 25	38
b.1) sebelum diaplikasikan WEMR	38
b.2) setelah diaplikasikan WEMR data <i>far</i> offset 675 m dengan jumlah <i>channel</i> 49	38
c.1) sebelum diaplikasikan WEMR	38
c.2) setelah diaplikasikan WEMR data <i>far</i> offset 1300 m dengan jumlah <i>channel</i> 50	38

Gambar 4.12 Penampang Seismik

a) Sebelum diaplikasikan WEMR	39
Stacking setelah diaplikasikan WEMR	
b) <i>far</i> offset 675 m dengan jumlah <i>channel</i> 25	39
c) <i>far</i> offset 675 m dengan jumlah <i>channel</i> 49	39
d) <i>far</i> offset 1300 m dengan jumlah <i>channel</i> 50	39

Gambar 4.13 Shot *gather* sebelum dan setelah rekontruksi *offset* pada data

Sintetik yang memiliki offset 675 <i>channel</i> 49	40
---	----

Gambar 4.11 Hasil *shot gather*

a.1) sebelum diaplikasikan SRME	41
a.2) setelah diaplikasikan SRME data <i>far</i> offset 675 m dengan jumlah <i>channel</i> 25	41
b.1) sebelum diaplikasikan SRME	41



b.2) setelah diaplikasikan SRME data <i>far</i> offset 675 m dengan jumlah <i>channel</i> 49	41
c.1) sebelum diaplikasikan SRME	41
c.2) setelah diaplikasikan SRME data <i>far</i> offset 1300 m dengan jumlah <i>channel</i> 50	41

Gambar 4.15 Penampang Seismik

a) Sebelum diaplikasikan SRME	42
Stacking setelah diaplikasikan SRME	
b) <i>far</i> offset 675 m dengan jumlah <i>channel</i> 25	42
c) <i>far</i> offset 675 m dengan jumlah <i>channel</i> 49	42
d) <i>far</i> offset 1300 m dengan jumlah <i>channel</i> 50	42

Gambar 4.16 Analisa multipel pada *picking* kecepatan..... 43

Gambar 4.17 Analisa multipel pada CDP *gather* setelah dilakukan koreksi
NMO..... 44

Gambar 4.18 Analisa multipel pada penampang CMP *stack*..... 44

Gambar 4.19 Analisis transformasi radon yang mengelompokkan sinyal
primer dan multipel pada data riil berdasarkan *moveout*-nya 45

Gambar 4.20 a) data riil dalam domain t-x primer dan multipel pada data riil berdasarkan <i>moveout</i> -nya	46
b) desain muting untuk memisahkan sinyal primer dan multipel pada domain tau-residual <i>moveout</i>	46
c) data hasil muting dalam domain t-x	46

Gambar 4.21 Penampang seismik

a) <i>stacking</i> konvensional	47
b) <i>stacking</i> setelah diaplikasikan transformasi radon.....	47
4.22 <i>Picking water bottom</i>	48



Gambar 4.23 Model multipel WEMR yang telah dikoreksi NMO.....	48
Gambar 4.24 a) CDP <i>gather</i> koreksi NMO yang mengandung sinyal primer dan multipel.....	49
b) <i>Shot gather</i> setelah diaplikasikan WEMR.....	49
Gambar 4.25 Penampang seismik	
a) <i>stacking</i> konvensional.....	50
b) <i>stacking</i> setelah diaplikasikan WEMR.....	50
Gambar 4.26 <i>Shot gather</i> sebelum dan setelah regulasi offset.....	51
Gambar 4.27 CDP <i>gather</i> prediksi multipel SRME yang telah dikoreksi NMO.....	52
Gambar 4.28 CDP <i>gather</i> yang telah dikoreksi NMO sebelum dan setelah diaplikasikan SRME.....	52
Gambar 4.29 Penampang seismik	
a) <i>stacking</i> konvensional.....	53
b) <i>stacking</i> setelah diaplikasikan SRME.....	53



DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Parameter Akusisi Data Sintetik	19
Tabel 3.2 Parameter Akusisi Data Sintetik	19
Tabel 3.3 Parameter Akusisi Data Sintetik	19
Tabel 3.4 Parameter Akusisi Data Riil.....	21



DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN 1 TRANSFORMASI RADON PARABOLIK.....	59
LAMPIRAN 2 PENGOLAHAN DATA DALAM <i>SOFTWARE</i>	61



DAFTAR SINGKATAN

CMP	: Common Mid Point
CDP	: Common Depth Point
NMO	: Normal Moveout
Multipel	: Multiple
SRME	: Surface Related Multiple Elimination
WEMR	: Wave Equation Multiple Rejection
q	: Curvature Parabola
τ	: Two way time pada zero offset
t	: waktu
x	: Offset
•	: operator yang tidak diketahui



BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Metode seismik refleksi merupakan metode eksplorasi geofisika yang didasarkan pada respon gelombang seismik yang diinjeksikan ke bawah permukaan dan kemudian direfleksikan sepanjang batas lapisan batuan. Secara umum, metode seismik terbagi atas tiga tahapan utama yaitu akuisisi, pengolahan, dan interpretasi data seismik. Dari ketiga tahapan ini, tahap pengolahan data seismik memiliki peran yang sangat penting karena pada tahapan ini, data telah direkam dari tahap akuisisi akan diolah sehingga menghasilkan suatu penampang seismik dengan *S/N ratio* yang baik tanpa mengubah bentuk kenampakan refleksi, sehingga dapat diinterpretasikan keadaan dan bentuk dari peralihan di bawah permukaan bumi. Dengan demikian mengolah data seismik merupakan kegiatan untuk meredam *noise* dan memperkuat signal (Sismanto, 2006).

Keberadaan *noise* biasanya akan merusak kualitas data dan meningkatkan ambiguitas ketika dilakukan interpretasi. Salah satu jenis *noise* yang mengganggu hasil perekaman data seismik yaitu multipel. Multipel ini biasanya lebih sering muncul pada data seismik laut akibat kontras impedansi yang besar.

Multipel biasanya dipisahkan dari refleksi primer berdasarkan karakteristik yang berbeda dari keduanya. Karakteristik yang sering digunakan untuk mengidentifikasi multipel yaitu melalui kecepatan *moveout* yang relatif kecil oleh



metode yang diaplikasikan sebelum *stack* (Fail dan Grau, 1963 ; Embree dkk, 1963 dalam Erlangga, 2010) dan prediksi dan pengurangan energi *multipel* dari *input* data seismik (Badriyah, 2013).

Beberapa penelitian terakhir, metode yang sering digunakan dalam mengatenuasi *multipel* yaitu transformasi radon, WEMR dan SRME. Transformasi radon merupakan metode yang memanfaatkan *moveout* dalam memisahkan *multipel* dan refleksi primer. Prinsip utama metode ini memisahkan sinyal primer dan *multipel* dengan mengubah domain jarak-waktu ke domain *tau-phi* sehingga proses mengatenuasi *multipel* dengan melakukan desain *muting* pada data seismik. Menurut Erlangga (2010) syarat utama agar refleksi *multipel* dapat dipisahkan dan diatenuasi adalah nilai perbedaan *moveout* antara refleksi primer dan *multipel* yang cukup signifikan. Tetapi, dalam kasus nilai perbedaan *moveout* yang terlalu kecil, *multipel* sulit untuk dipisahkan dengan refleksi primer sehingga diperlukan metode lain dalam memisahkan dan mengatenuasi *multipel*.

SRME dan WEMR merupakan metode yang mengatenuasi *multipel* tanpa dipengaruhi oleh perbedaan *moveout*. Metode WEMR mengatenuasi *multipel* berdasarkan ekstrapolasi waktu penjalaran ke *seabed*, sehingga *multipel* yang berada pada waktu yang sama akan diatenuasi. Sedangkan metode SRME memprediksi

dilakukan menggunakan data asli dari rekaman. Dalam penelitian ini, analisa ketiga metode tersebut untuk melihat efektivitas dalam atenuasi *multipel*.



I.2 Ruang Lingkup

Penelitian ini difokuskan pada atenuasi multipel pada data *gather* seismik sehingga mendapatkan penampang seismik dengan *signal to noise ratio* yang tinggi menggunakan data sintetik dan data riil dari lapangan di perairan Bali Utara.

I.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari Penelitian ini yaitu :

1. Mendapatkan hasil perbandingan *stack* dari penerapan metode transformasi radon, WEMR, dan SMRE dalam mengatenuasi multipel pada data seismik laut 2D.
2. Mengetahui kelebihan dan kekurangan dari penerapan metode transformasi radon, WEMR, dan SMRE dalam mengatenuasi multipel pada data seismik laut 2D.

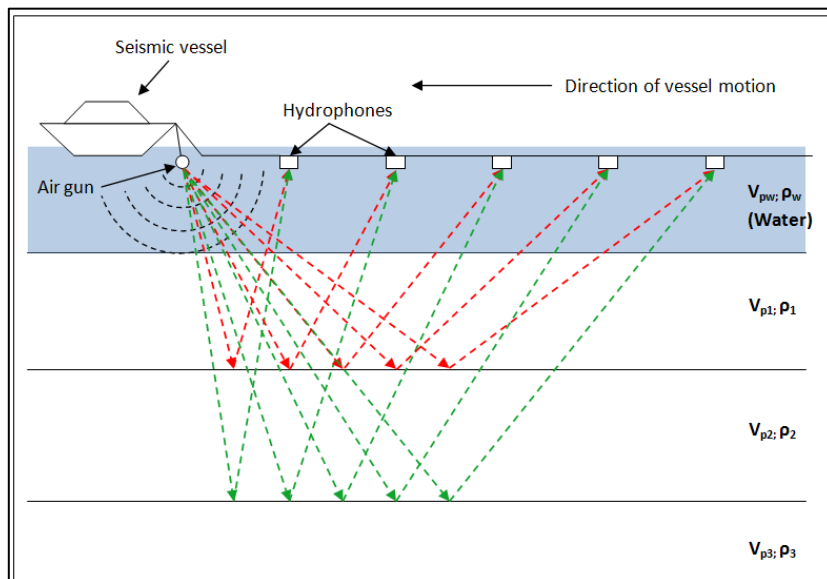


BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

II.I Noise

Data seismik diperoleh dengan menggunakan sumber energi untuk menghasilkan gelombang elastik yang dipantulkan kembali ke *receiver* (Gambar 2.1). Data ini berupa refleksi-refleksi primer yang merupakan gelombang seismik yang dipantulkan sekali pada lapisan sebelum gelombang tersebut tiba di *receiver*. Refleksi primer ini berupa informasi yang dibutuhkan dalam mengidentifikasi struktur lapisan bawah permukaan.



Gambar 2.1 Ilustrasi *raypath* gelombang seismik (refleksi primer) (USNA, 2014)



Selain refleksi primer, *receiver* juga merekam gangguan-gangguan yang tidak diharapkan yang dapat mempengaruhi kualitas data seismik yang disebut sebagai *noise* (Abdullah, 2007). *Noise* dapat dibedakan menjadi dua yaitu *noise* koheren dan *noise* tidak koheren :

1. *Noise* Koheren

Noise ini dapat diidentifikasi dalam bentuk pola-pola khusus gelombang yang terekam. Beberapa contoh *noise* koheren yaitu :

- a. *Ground roll*, terdapat di data seismik darat yang dicirikan dengan amplitudo yang kuat dan frekuensi yang rendah.
- b. Multipel, umumnya terdapat dalam data seismik laut berbentuk kenampakan refleksi sekunder akibat gelombang yang terperangkap.
- c. Gelombang langsung, dicirikan dengan frekuensi yang cukup tinggi dan dengan waktu datang lebih awal.

2. *Noise* tidak koheren (*random*)

Noise yang disebabkan oleh sesuatu yang tidak disebabkan oleh sumber.

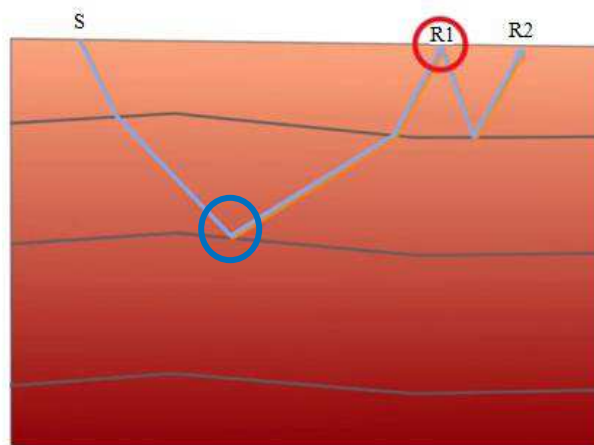
Contoh: Kendaraan yang lewat saat perekaman, angin, dll.

II.2 Gelombang Multipel (*Multiple*)

Dalam akusisi data seismik, *receiver* tidak hanya merekam refleksi primer saja, akan

a merekam salah satu jenis *noise* yaitu multipel.





Gambar 2.2 Raypath gelombang refleksi dan multipel (Veschuur, 2006)

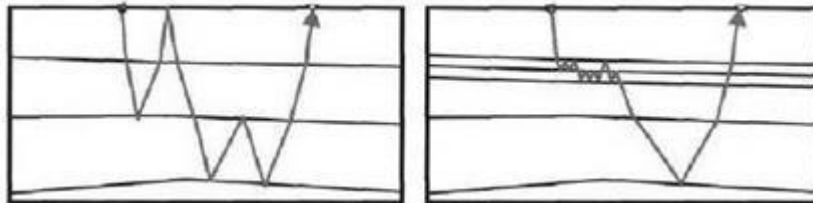
Jika refleksi primer merupakan satu *upward reflection* dibawah permukaan (lingkaran biru gambar 2.2) maka multipel dapat dapat didefinisikan sebagai refleksi primer yang memiliki setidaknya satu *downward* di permukaan atau di bawah permukaan (lingkaran merah pada gambar 2.2). Menurut Abdullah (2007), Multipel dapat didefinisikan sebagai pengulangan refleksi akibat terperangkapnya gelombang seismik dalam air laut atau terperangkap dalam lapisan lunak. Pantulan dari multipel lebih sering ditemui pada data seismik laut karena adanya perbedaan impedansi yang sangat tajam antara permukaan air dan udara. Koefisien refleksi dari udara-air mendekati satu (Cao, 2006). Keberadaan multipel sering kali mengganggu pantulan dari refleksi primer dan menjadikan gambaran seismik memiliki kualitas yang buruk.

Menurut waktu penjarannya multipel terbagi atas *short period multipel* dan *long period multipel* (Gambar 2.3). *Short period* multipel memiliki *travel time* gelombang

terlalu jauh dari *travel time* gelombang primer, sehingga multipel yang terpancaran tidak jauh dari gelombang primer. Sedangkan *Long period* multipel

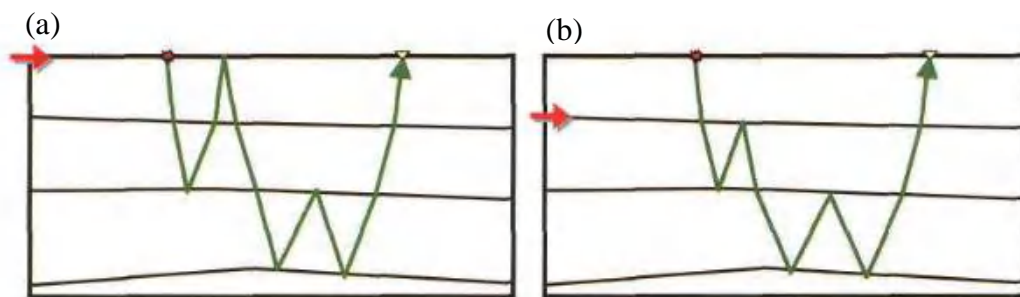


memiliki *travel time* gelombang yang sangat besar daripada *travel time* gelombang primer, sehingga multipel jenis *Long period* multipel akan tergambarkan jauh dari gelombang primer (Verschuur, 2006).



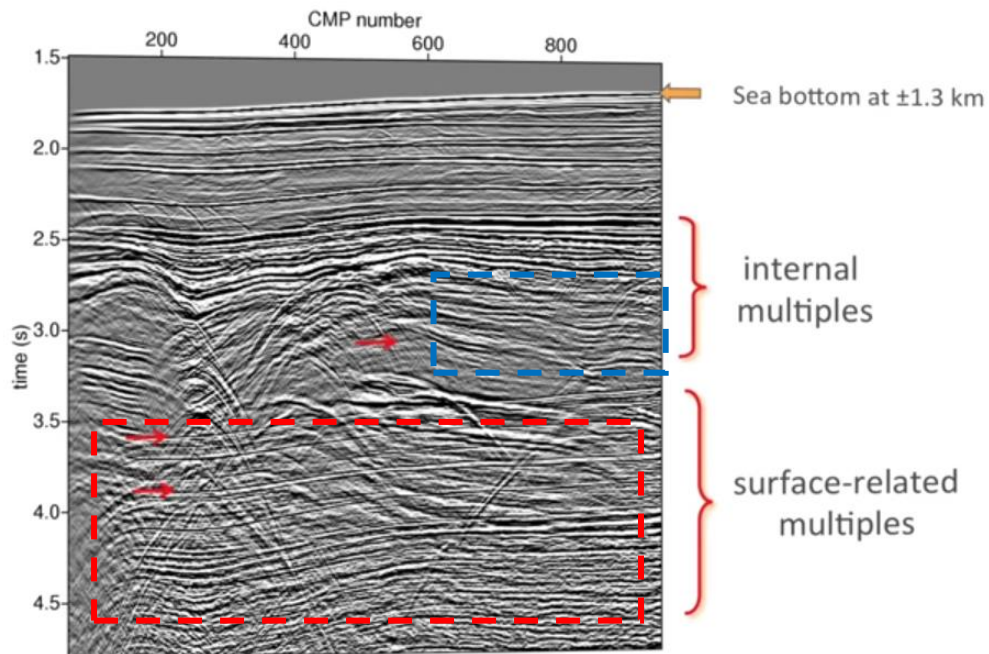
Gambar 2.3 Ilustrasi *raypath* jenis even multipel berdasarkan waktu penjararannya (a) *Long-period* multipel; (b) *Short-period* multipel (Verschuur, 2006).

Berdasarkan pada pantulannya multipel dapat dikategorikan menjadi dua yaitu multipel permukaan dan multipel internal (Gambar 2.4). Multipel disebut sebagai multipel permukaan jika memiliki setidaknya satu pantulan *downward* di permukaan (misalnya multipel *dasar laut* dalam data seismik laut) sedangkan multipel yang memiliki setidaknya satu *downward* di reflektor di bawah permukaan disebut sebagai multipel *internal* (misalnya multipel *peg-leg*). Gambar 2.5 merupakan contoh data seismik yang mengandung multipel internal dan multipel permukaan.



Gambar 2.4 Ilustrasi *raypath* jenis even multipel berdasarkan pantulannya (a) multipel permukaan (*surface-related multipel*) (b) multipel internal (Verschuur, 2006).





Gambar 2.5 Penampang sesmik yang mengandung multipel internal (kotak biru) dan multipel permukaan (kotak merah) (Verschuur, 2006).

II.3 Metode Atenuasi Gelombang Multipel

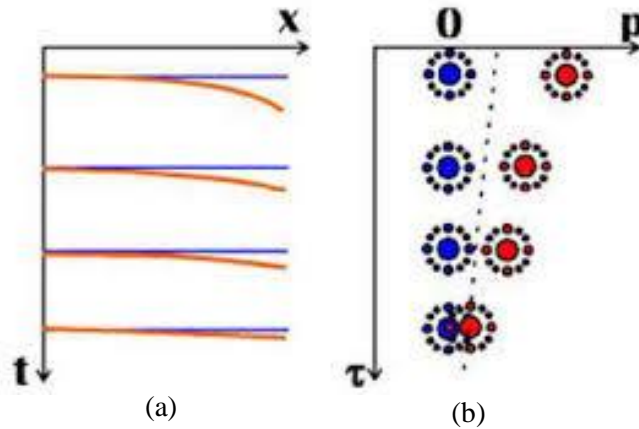
Atenuasi gelombang multipel merupakan proses yang dilakukan dalam menekan keberadaan multipel sehingga menghasilkan penampang bawah permukaan dengan kualitas *signal to noise ratio* yang tinggi. Ada beberapa metode dalam mengatenuasi multipel yang akan digunakan pada penelitian ini, yaitu :

II.3.1 Transformasi Radon

p-offset, kecepatan gelombang primer lebih besar daripada multipel sehingga koreksi NMO gelombang primer menjadi *flat* sedangkan multipel masih berbentuk hiperbola (memiliki nilai *moveout* tertentu). Sehingga diperlukan



pemilihan kecepatan *stacking* yang akurat dalam mengoreksi *moveout* dari sinyal primer dan multipel. Transformasi radon dilakukan dari domain t-x ke dalam domain parabolik *moveout* (p) dan domain *zero-offset time* (τ).



Gambar 2.6 Atenuasi multipel dengan filtering *radon parabolic* (a) domain t-x (b) domain ($\tau - p$) (Kabir, 1999 dalam Dewi dkk, 2016)

Gambar 2.6 menunjukkan reflektor primer (biru) dalam domain t-x dipetakan dalam domain $\tau - p$ pada $p=0$. Sedangkan multipel dipetakan dalam domain $\tau - p$ pada $p>0$. Separasi ini digunakan untuk mengatenuasi multipel dengan cara memotong atau membuang wilayah $\tau - p$ diselah kanan garis putus-putus gambar 2.6. selanjutnya dilakukan *inverse transform* $\tau - p$ ke dalam domain t-x sehingga dihasilkan data seismik yang bebas multipel.

Persamaan transformasi radon parabolik dapat dituliskan sebagai:

$$u(q, \tau) = \int_{-\infty}^{\infty} d(x, t = \tau + qx^2) dx \quad (2.1)$$



$$u(q, \tau) = \sum_x d(x, t = \tau + qx^2) \quad (2.2)$$

Persamaan 2.1 dan 2.2 adalah transformasi maju (dari t-x ke $\tau - p$) dan persamaan 2.3 dan 2.4 adalah transformasi mundur (dari $\tau - p$ ke t-x).

$$d(x, t) = \int_{-\infty}^{\infty} u(q, \tau = t - qx^2) dq \quad (2.3)$$

atau

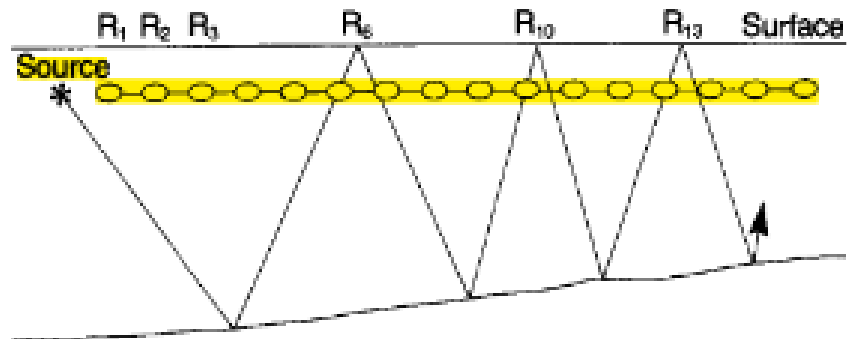
$$d(x, t) = \sum_x u(q, \tau = t - qx^2) \quad (2.4)$$

II.3.2 Wave Equation Multipel Rejection (WEMR)

Prinsip metode WEMR yaitu mengatenuasi multipel tanpa dipengaruhi offset. Dalam mengatenuasi multipel salah satu cara yaitu dengan memisahkan refleksi primer dan refleksi multipel. Pemisahan ini akan sulit dilakukan jika perbedaan *moveout*-nya terlalu kecil. Penyebab kecilnya perbedaan *moveout* antara refleksi primer dan refleksi multipel yaitu jarak offset yang terbatas.

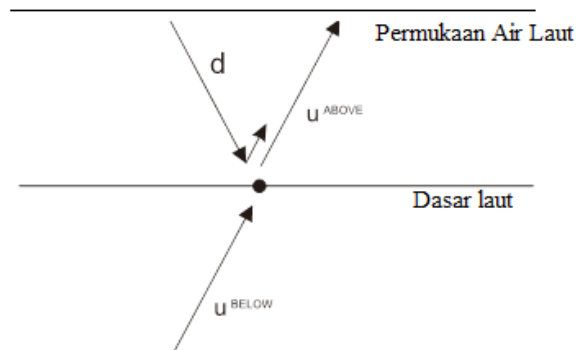
Metode WEMR baik digunakan dalam mengatenuasi multipel dasar laut dan multipel *peg-leg*. Multipel dasar laut dapat dieleminasi/dihilangkan, sedangkan multipel *peg-leg* tidak dapat dihilangkan namun dapat dikurangi.





Gambar 2.7 Skematik yang menggambarkan formasi multipel (Erlangga, 2010)

Gambar 2.7 mengilustrasikan medan gelombang multipel yang direkam pada R_6 , R_{10} , R_{13} , dst. Medan gelombang *upgoing* yang direkam pada R_6 dipantulkan pada permukaan air dan dasar laut dan kemudian tiba pada R_{10} , dimana *wavefield* tersebut direkam kembali hanya sesudah satu siklus sebelum direkam pada R_{13} . Medan gelombang tersebut tidak pernah menjaral lebih dari satu siklus tanpa melewati kabel rekaman. Oleh karena itu, hanya satu siklus yang sempurna dari sebuah proses yang menghasilkan multipel yang dimodelkan untuk memprediksi sebagian rangkaian multipel yang berasal dari kejadian sebelumnya.



Gambar 2.8 Hubungan antara gelombang *downgoing* dan *upgoing* pada dasar laut (Erlangga, 2010).



Gambar 2.8 mengilustrasikan hubungan antara refleksi multipel dan refleksi primer pada dasar laut. Gelombang *upgoing* yang berada diatas dasar laut terdiri dari refleksi primer yang ditransmisikan dari dasar laut dan gelombang *downgoing* yang direfleksikan. Hubungan ini secara sederhana dituliskan sebagai berikut.

$$U^{above} = U^{below} + r_B \bullet d \quad (2.5)$$

Dimana

U^{above} : gelombang *upgoing* diatas dasar laut

U^{below} : gelombang *upgoing* dibawah dasar laut

d : gelombang *downgoing* diatas dasar laut

U^{below} tidak terdiri dari beberapa multipel, tetapi sinyal yang terbebas dari multipel yang kita inginkan. Persamaan diatas dapat ditulis secara sederhana sebagai berikut.

$$U^{above} = U^{below} - r_B \bullet d \quad (2.6)$$

Dengan kata lain, kita mengatenuasi multipel dengan mengaplikasikan operator reflektivitas dasar laut r_B pada gelombang *downgoing* di atas dasar laut dan mensubstraksi hasil tersebut dari gelombang *upgoing* di atas dasar laut.

Proses di atas adalah memprediksi dan menghilangkan multipel, tetapi hasil dari

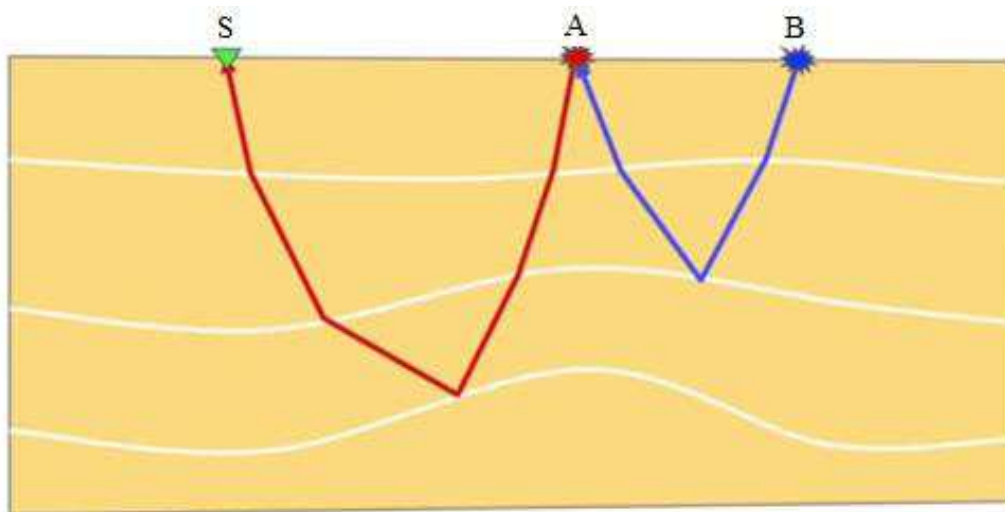
tersebut hanya menggambarkan medan gelombang yang berada di atas dasar laut. Untuk men-*cover* medan gelombang pada datum perekaman, ekstrapolasi



gelombang diperlukan untuk memindahkan ke belakang dalam waktu dan menaikkan ke atas pada permukaan. Ekstrapolasi ketiga ini melengkapi proses atenuasi multipel untuk satu *shot gather*.

II.3.3 Surface Related Multipel Elimination (SRME)

Metode SRME merupakan salah satu metode dalam mengatasi hadirnya multipel khususnya pada multipel yang berkaitan dengan permukaan (*surface-related multipel*). Metode ini dikemukakan oleh D.J Vershuur secara sederhana untuk memprediksi multipel dari hasil perekaman. Prediksi metode ini yaitu dengan mengkonvolusikan setiap *trace* yang ada pada suatu *gather*, dengan keseluruhan *gather* hasil perekaman.



Gambar 2.9 Multipel permukaan orde pertama dapat dilihat sebagai kombinasi dua refleksi primer yang dihubungkan satu sama lain pada titik refleksi permukaan (Vershuur, 2006)



Gambar 2.9 menunjukkan konsep dasar dari metode SRME. Multipel permukaan terekam pada receiver B dengan *shot* S. Penjalaran gelombang multipel permukaan seperti gambar dapat dibagi menjadi dua penjalaran gelombang yaitu SA dan AB. Dimana masing-masing penjalaran gelombang tersebut merupakan gelombang refleksi dan dapat ditemukan dalam data seismik. Jika kedua *trace* tersebut dipilih pada suatu data seismik dan dikonvolusikan maka akan menghasilkan satu *trace* baru yang merupakan multipel permukaan orde pertama.

Persamaan dalam memprediksi multipel sebagai berikut.

$$X_0(z_0, z_0) = P_0^-(z_0)[S^+(z_0) + R^-(z_0) + P_0^-(z_0)]^{-1} \quad (2.7)$$

Dengan $P_0^-(z_0)$ merupakan matrix dari gelombang *upgoing* yang terekam, $X_0(z_0, z_0)$ merupakan matriks dari keseluruhan data refleksi dan internal multipel dari bawah permukaan, $S^+(z_0)$ adalah matriks *downgoing source wavefield* dari permukaan, dan $R^-(z_0)$ adalah sebuah matriks koefisien refleksi bidang *free surface*. Persamaan di atas berasal dari pendefinisian $X_0(z_0, z_0)$ dari persamaan berikut.

$$P_0^-(z_0) = X_0(z_0, z_0)[S^+(z_0) + R^-(z_0) + P_0^-(z_0)] \quad (2.8)$$

Dengan menggunakan persamaan di bawah ini

$$P_0^-(z_0) = X(z_0, z_0)S^+(z_0) \quad (2.9)$$



Dengan $X(z_0, z_0)$ merupakan respon bawah permukaan termaksud mutipel permukaan. Persamaan 2.9 diperoleh

$$X_0(z_0, z_0) = X(z_0, z_0)[I + R^-(z_0) + X(z_0, z_0)]^{-1} \quad (2.10)$$

Kedua persamaan diatas menunjukkan pendefinisian matrix $X_0(z_0, z_0)$ dari sebuah rekaman gelombang pantul di bawah permukaan tanpa ada pengaruh gelombang mutipel permukaan dalam satu orde. Dalam orde yang lebih tinggi persamaan akan menjadi

$$X_0(z_0) = X_0(z_0, z_0)[\sum_{n=0}^{\infty}\{-R^-(z_0) X_0(z_0, z_0)\}^n] \quad (2.11)$$

Atau dapat dituliskan dalam bentuk deret sehingga persamaan 2.11 menjadi

$$X_0(z_0, z_0) = [I - \{R^-(z_0) X_0(z_0, z_0)\} + \{R^-(z_0) X_0(z_0, z_0)\}^2 - \{R^-(z_0) X_0(z_0, z_0)\}^3 + \dots.] \quad (2.12)$$

Dalam kasus seismik laut, matriks $R^-(z_0)$ dapat dituliskan sebagai

$$R^-(z_0) = r_0 I \quad (2.13)$$

Sehingga persamaan 2.12 dapat ditulis kembali menjadi

$$X_0(z_0, z_0) = X(z_0, z_0) - r_0 X^2(z_0, z_0) + r_0^2 X^3(z_0, z_0) - r_0^3 X^4(z_0, z_0) + \dots \quad (2.14)$$



Persamaan 2.12 bagian persamaan yang dicetak tebal mendefinisikan proses prediksi terhadap multipel permukaan yang dimiliki data seismik. Sedangkan persamaan 2.14 terlihat proses subtraksi dari data hasil perekaman awal dan hasil prediksi multipel. Sehingga matriks $X_0(z_0, z_0)$ nantinya berisi gelombang-gelombang primer dan internal multipelnya.

