

**ATENUASI WATER-BOTTOM MULTIPLE MENGGUNAKAN METODE SURFACE RELATED
MULTIPLE ELIMINATION PADA DATA SEISMIC 2D DI PERAIRAN WAIPOGA, PAPUA**
Maria Raffelia Pardede^{1*}, Fatkhan², Mokhammad Puput Erlangga³ dan Tumpal Bernhard Nainggolan⁴

^{1,3}Program Studi Teknik Geofisika ITERA, Lampung

²Program Studi Teknik Geofisika ITB, Bandung

⁴Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Kelautan, Bandung

*Email: mariaraffeliapardede@gmail.com

ABSTRAK

Water-bottom multiple sering muncul dalam data seismik laut karena kontras impedansi akustik yang sangat tinggi. *Multiple* ini biasanya terjadi sampai beberapa kali orde dalam satu rekaman seismik. Hal ini menyebabkan sinyal yang direkam pada penerima bercampur dengan derau yang sulit dihilangkan dengan proses pengolahan data konvensional. Penelitian ini bertujuan membandingkan hasil atenuasi *multiple* model seismik sintetik dengan seismik lapangan dengan menggunakan dekonvolusi prediktif untuk atenuasi *multiple* periode pendek, kemudian dilanjutkan dengan metode *surface related multiple elimination* (SRME) untuk memprediksi dan menghilangkan efek *multiple* batas permukaan air dan udara. Dekonvolusi prediktif memberikan hasil yang memuaskan dalam melemahkan *multiple* periode pendek. Berdasarkan hasil dan pembahasan pada model seismik sintetik dan seismik lapangan, metode SRME berhasil melemahkan *water-bottom multiple* terutama pada bagian jarak dekat (*near offset*), namun kurang berhasil dalam melemahkan *multiple* tersebut pada bagian jarak lebih jauh (*far offset*).

Kata kunci: derau, dekonvolusi prediktif, *surface related multiple elimination*, *water-bottom multiple*

ABSTRACT

Water-bottom multiples often appear in marine seismic data due to high acoustic impedance contrast. These multiples are commonly generated in several orders in one shot gather. This causes the signal recorded by the receiver mix with noise which is difficult to remove by using conventional processing method. This study aims to compare attenuation results between synthetic seismic model and field seismic by using predictive deconvolution to attenuate short period multiple, then continued by surface related multiple elimination (SRME) to predict and eliminate multiple effect of surface boundary. Predictive deconvolution is successfully attenuate short period multiple. Based on results and discussion on synthetic seismic model and field seismic, SRME method shows very good results in attenuating water-bottom multiple especially in near offset, but it shows adequate result in far offset.

Keywords: noise, predictive deconvolution, *surface related multiple elimination*, *water-bottom multiple*

I. PENDAHULUAN

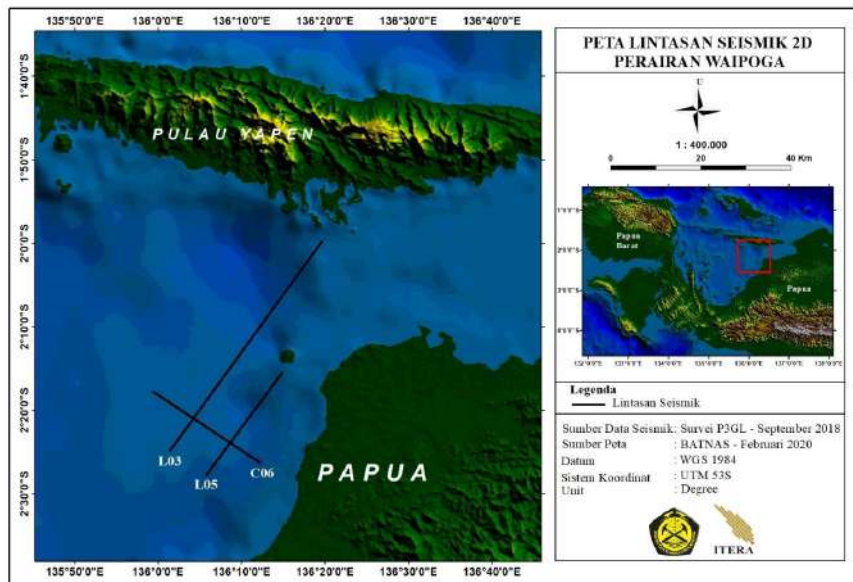
Metode seismik refleksi menjadi salah satu metode geofisika yang dimanfaatkan untuk eksplorasi hidrokarbon. Metode ini mempergunakan prinsip penalaran gelombang seismik untuk memperkirakan kondisi bawah permukaan bumi. Gelombang seismik yang menjalar di bawah permukaan bumi diasumsikan terpantul satu kali disetiap kontras koefisien refleksi. Namun dalam praktiknya, gelombang akustik yang menjalar kembali ke permukaan akan melewati ketidakhomogenan yang menghasilkan hamburan energi sekunder sehingga mengakibatkan beberapa refleksi akan terjadi. Refleksi ini akan dianggap sebagai suatu kebisingan yang mengganggu data dan perlu dihilangkan untuk menghindari ambiguitas data. Peristiwa refleksi yang terekam lebih dari satu kali disebut sebagai *multiple* (Verschuur, 1996). *Multiple* merupakan pengulangan refleksi akibat terperangkapnya gelombang seismik dalam air laut atau dalam lapisan batuan lunak. Keberadaan *multiple* tersebut dapat mengakibatkan gangguan pada data seismik karena mengakibatkan energi dari gelombang primer menjadi tidak fokus sehingga memengaruhi kualitas data seismik. Oleh karena itu, perlu dilakukan

suatu metode atenuasi *multiple* untuk menekan keberadaan *multiple* pada data. Pada studi ini, atenuasi *multiple* dilakukan dengan metode *Surface Related Multiple Elimination* (SRME). Metode SRME merupakan suatu metode yang dapat menghilangkan *multiple* yang penalaran gelombangnya berhubungan dengan permukaan (Verschuur, 2013). Metode ini merupakan metode eliminasi berbasis *data driven*, artinya dari data itu sendiri yang akan digunakan untuk memprediksi *multiple* (Hokstad dan Sollie, 2006). Dalam penelitian ini, dibahas atenuasi *multiple* pada data seismik sintetik dan data *real* menggunakan metode SRME 2D.

II. METODE PENELITIAN

2.1 Waktu dan Lokasi Penelitian

Akuisisi data seismik dilaksanakan pada tahun 2018 di Perairan Waipoga, Papua, Indonesia oleh Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Kelautan (PPPGL). Lokasi akuisisi data berada di Perairan Waipoga, Papua, Indonesia. Studi ini menggunakan tiga lintasan akuisisi seismik yaitu lintasan C06, L03, dan L05. Gambar 1 menampilkan peta lokasi dan lintasan akuisisi data.

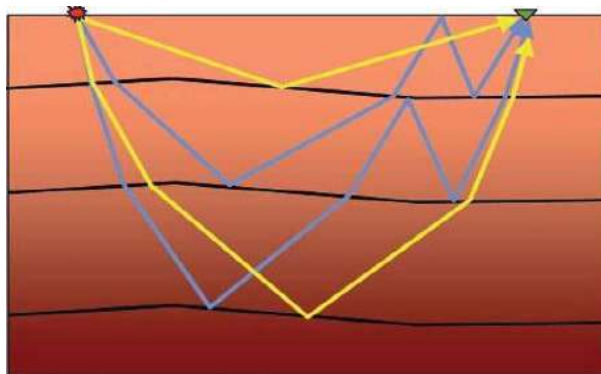


Gambar 1. Peta lintasan seismik 2D perairan Waipoga

2.2 Multiple

Multiple terbentuk akibat adanya perbedaan kontras yang tinggi antara koefisien refleksi air laut dengan batuan dibawahnya maupun udara diatasnya. *Multiple* merupakan pengulangan refleksi yang terjadi akibat terperangkapnya gelombang seismik pada batuan. *Multiple* merupakan bagian dari derau (*noise*) yang dapat menyebabkan ketidakakuratan keluaran yang diterima *receiver* dan disimpan dalam rekaman *Field File Identification (FFID)*. *Receiver* gelombang seismik sejauh ini belum dapat membedakan gelombang primer

dengan *multiple* (Abbasi dan Jaiswal, 2013). Sehingga gelombang seismik yang terpantul kemudian dianggap sebagai gelombang baru akibat kontras lapisan tersebut. *Multiple* yang terbentuk biasanya muncul dua kali dari lapisan *water-bottom* atau waktu data utama. Semakin jauh dasar laut yang terekam sebagai reflektor, semakin jauh pula *multiple* yang nantinya akan terbentuk. Sehingga, *multiple* akan lebih mudah diidentifikasi pada data seismik laut dalam.



Gambar 2. Refleksi primer dan refleksi *multiple* pada lapisan (Verschuur, 2013)

2.3 Surface Related Multiple Elimination

Metode *Surface Related Multiple Elimination (SRME)* merupakan salah satu metode eliminasi yang berbasis *data driven* yang menggenerasi data itu sendiri untuk menentukan prediksi *multiple* dan mengeliminasi *multiple* yang berhubungan dengan permukaan. Metode SRME tidak membutuhkan informasi geologi bawah permukaan tapi menggunakan model prediksi pengulangan dari garis reflektor permukaan dasar air laut (Yuza *et al.*, 2020). Jika respon impuls bumi $x_0(t)$ menyentuh permukaan bebas, maka akan merefleksikan kembali ke medium. Setiap peristiwa dari respon impuls akan dikonvolusikan dengan respon impuls yang lain untuk menjadi *multiple* orde pertama.

Multiple orde pertama didefinisikan sebagai $m_1(t)$ kemudian dapat dinyatakan sebagai:

$$m_1(t) = -x_0(t) * x_0(t) \dots\dots\dots (1)$$

dimana tanda minus diperkenalkan untuk menggambarkan pantulan terhadap permukaan. Selanjutnya seluruh even respon impuls ini akan sampai dipermukaan kembali, dan setiap *multiple* orde pertama akan beraksi sebagai sumber baru bagi *multiple* orde kedua. *Multiple* permukaan orde kedua didefinisikan sebagai $m_2(t)$ kemudian dapat dinyatakan sebagai:

$$m_2(t) = -x_0(t) * m_1(t) = x_0(t) * x_0(t) * x_0(t) \dots\dots\dots (2)$$

Dengan demikian total respon $x(t)$ dari seluruh *multiple* permukaan ditulis menjadi suatu deret:

$$x(t) = x_0(t) - x_0(t) * x_0(t) + x_0(t) * x_0(t) * x_0(t) - \dots\dots\dots (3)$$

Oleh karena itu, respon total *downgoing* adalah *source* asli yaitu suatu fungsi delta yang dikombinasikan dengan seluruh refleksi respon total $-x(t)$, dan respon dari bumi $x_0(t)$. Hubungan implisit ini dapat ditulis:

$$x(t) = x_0(t) * [\delta(t) - x(t)] = x_0(t) - x_0(t) * x(t) \quad \dots\dots\dots(4)$$

Hal tersebut berarti seluruh *multiple* yang berhubungan dengan permukaan dapat dihasilkan dari konvolusi antara respon primer dengan respon totalnya. Persamaan tersebut ditransformasikan kedalam domain frekuensi sehingga diperoleh total data dan seluruh *multiple* di permukaan:

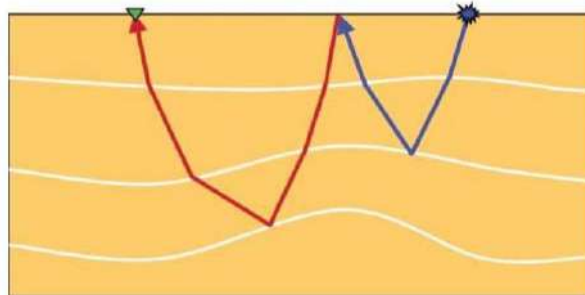
$$X(f) = X_0(f) - X_0(f)X(f) \quad \dots\dots\dots(5)$$

Hubungan antara refleksi primer dengan data total yang dinyatakan oleh Persamaan 5 dapat dituliskan kembali secara eksplisit untuk $X_0(f)$:

$$X_0(f) = X(f)[1 - X(f)]^{-1} \quad \dots\dots\dots(6)$$

Persamaan tersebut digunakan untuk memperoleh respon bebas *multiple* $X_0(f)$ dari respon total $X(f)$. Persamaan ini dapat ditulis kembali kedalam domain waktu bentuk deret sehingga respon bebas *multiple* diperoleh dari data dengan *multiple-multiple* menggunakan deret konvolusi menjadi:

$$x_0(t) = x(t) + x(t) * x(t) + x(t) * x(t) * x(t) - \dots \quad \dots\dots\dots(7)$$



Gambar 3. *Multiple* orde pertama (Verschuur, 2013)

2.4 Pengolahan Data

Prosedur pengolahan data dibagi menjadi dua yaitu pengolahan data sintetik dan data lapangan. Proses pengolahan data sintetik akan diterapkan pada data *real* khususnya dalam pemilihan parameter yang tepat agar menghasilkan penampang seismik yang baik. Pengolahan data dilakukan dengan pembuatan alur *processing* data seismik ditampilkan pada diagram alir Gambar 4.

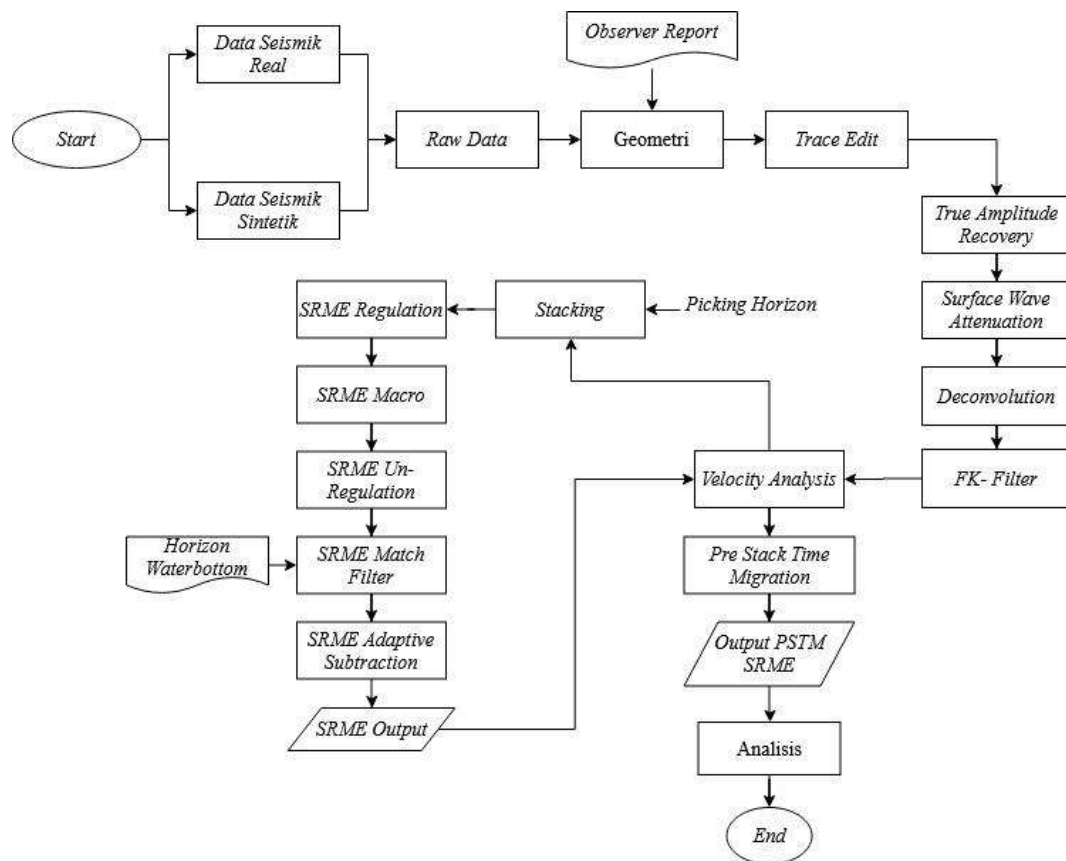
Tahapan awal dari pengolahan data dimulai dengan memasukkan data lapangan kedalam *database ProMAX* sehingga akan ditampilkan dalam bentuk serangkaian *trace* seismik. Untuk mengkombinasikan parameter akuisisi dengan data hasil rekaman maka dilakukan proses geometri. Data rekaman yang mengandung sinyal dan derau dilakukan proses penyuntingan untuk menghilangkan bagian yang mengganggu pada data. Proses *True Amplitude Recovery* (TAR) juga diterapkan untuk mempertahankan amplitudo gelombang seismik akibat terjadinya atenuasi saat proses penjalaran gelombang. Selain itu, hasil rekaman seismik umumnya memiliki *random noise* seperti *swell noise* oleh gelombang laut. Eliminasi derau tersebut dapat dilakukan dengan *Surface Wave Attenuation* (SWA) untuk melemahkan derau pada permukaan. Proses dekonvolusi diterapkan untuk memperbaiki resolusi temporal dari data seismik dan memampatkan gelombang seismik (Nainggolan dan Setiady, 2017).

Gelombang yang menjalar dibawah permukaan bumi memiliki kecepatan yang berbeda setiap melewati kontras refleksi sehingga dilakukan proses analisis kecepatan untuk menentukan nilai kecepatan tersebut. Kemudian diterapkan proses koreksi *Normal Moveout*

(NMO) untuk mengoreksi efek adanya jarak *offset* antara *shot point* dan *receiver* pada suatu *trace* yang berasal dari satu *Common Depth Point* (CDP). Metode SRME sepenuhnya tergantung pada data lapangan, sehingga tidak membutuhkan data tambahan seperti kecepatan dan *picking horizon* (Nainggolan *et al.*, 2019).

Dalam metode SRME dilakukan beberapa tahapan pengolahan untuk atenuasi *multiple*. Tahapan pertama yang dilakukan adalah *picking water bottom* dimana informasi dari *water-bottom* ini akan mempengaruhi prediksi *multiple*. Prediksi *multiple* dilakukan berdasarkan waktu kedatangan gelombang primer dalam hal ini *water-bottom* sebagai reflektor primer. Akuisisi seismik refleksi tidak didesain untuk mendapatkan data pada daerah *zero offset* sehingga perlu dilakukan rekonstruksi *offset* dengan memunculkan *trace* baru melalui ekstrapolasi *trace* sehingga akan diperoleh data dari offset nol sampai offset maksimum. Proses prediksi *multiple* dilakukan dengan konvolusi dari masing-masing kejadian untuk menentukan kemungkinan terjadinya *multiple*.

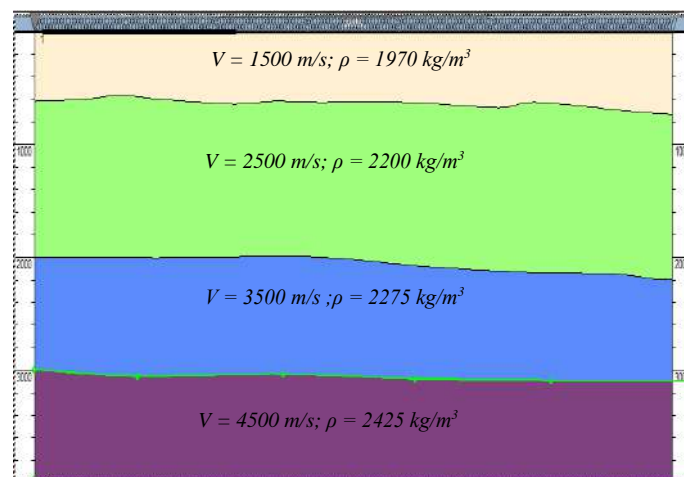
Hasil dari prediksi *multiple* yang diperoleh dari konvolusi *trace* disubstrak terhadap data seismik yang mengandung kejadian primer dan *multiple* sehingga diperoleh data yang bebas derau. Proses akhir dari pengolahan data seismik yaitu tahap migrasi dengan menggunakan migrasi Kirchhoff (Yilmaz, 2001). Data yang digunakan adalah data keluaran proses SRME sebelum dilakukan penumpukan. Tahapan ini bertujuan untuk memindahkan kedudukan reflektor pada posisi dan waktu pantul yang sebenarnya.



Gambar 4. Diagram alir penelitian

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data *gather* sintetik yang diperoleh dari perangkat lunak *Tesseral Pro* dan data seismik yang diperoleh dari akusisi di Perairan Waipoga, Papua. Data sintetik merupakan model sederhana 2D dengan empat perlapisan dengan lintasan M01 seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 5. Konfigurasi penembakan yang digunakan adalah *off end spread* dengan *sampling rate* 2 ms dan frekuensi 35 Hz. Model ini dibuat untuk

memberikan pemahaman lebih mendalam mengenai cara kerja metode SRME, sehingga model ini memfokuskan pada munculnya efek *multiple* pada data seismik yang akan di atenuasi. Model sintetik diperoleh dari penjalaran gelombang pada model sederhana dengan asumsi mempunyai sifat parameter fisika yang homogen secara lateral dan perlapisan yang mendatar (Subarsyah dan Nainggolan, 2014).



Gambar 5. Model seismik sintetik 2D lintasan M01

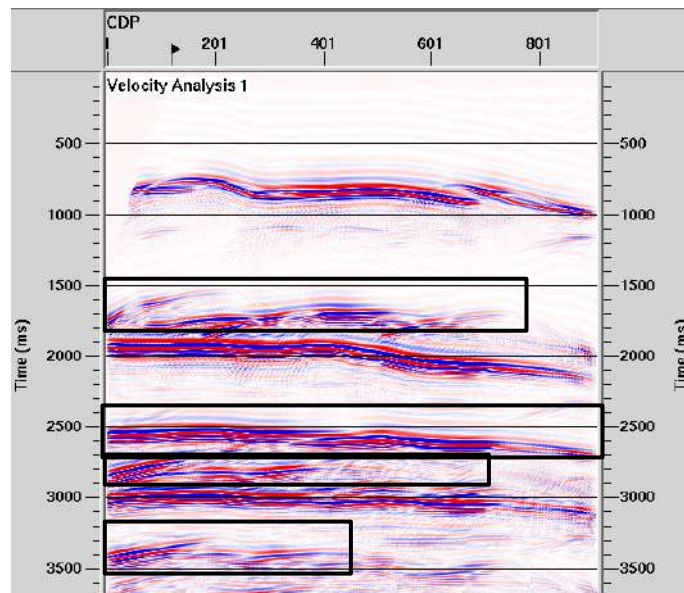
Tabel 1. Parameter akuisisi data seismik sintetik dan seismik *real*

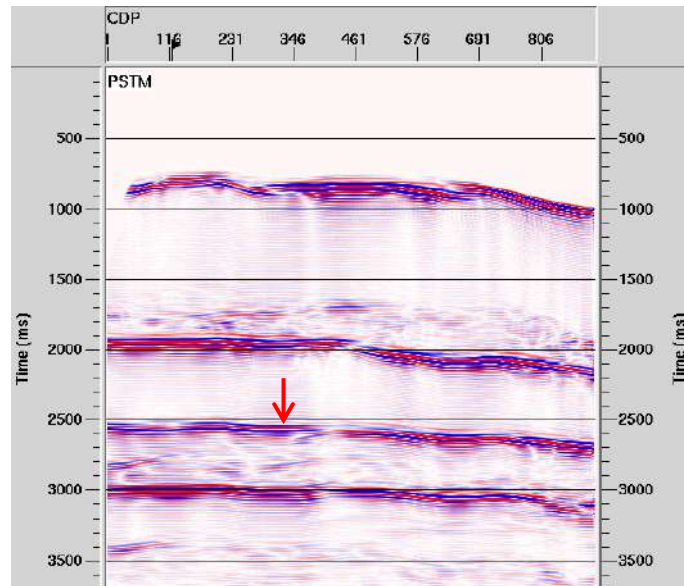
Lintasan	Unit	M01	C06	L03	L05
Jumlah tembakan	-	200	1133	2285	1121
Jarak tembakan	m	25	25	25	25
Group Interval	m	12.5	12.5	12.5	12.5
Jumlah Channel	-	120	120	120	120
Interval Channel	m	12.5	12.5	12.5	12.5
Near/Minimum Offset	m	75	75	75	75
Far/Maximum Offset	m	1562.5	1562.5	1562.5	1562.5
Nominal Source Depth	m	-	8	8	8
Nominal Receiver Depth	m	-	9	9	9
Distance Between CDP	m	6.25	6.25	6.25	6.25
Fold Coverage	-	30	30	30	30
Sail Line Azimuth	°	36	306	36	36
Panjang Lintasan	km	5	28.3	32.1	28

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Akuisisi data seismik laut menghasilkan hasil rekaman yang berisi data primer dan derau. Pengolahan data konvensional telah diterapkan namun amplitudo gelombang data primer dan *multiple* semakin kuat. Untuk melakukan proses atenuasi *multiple*, maka perlu dilakukan identifikasi jejak *multiple* pada data sehingga dapat dilakukan pelemahan *multiple*. Kemudian dilakukan analisis data dalam bentuk *stack* untuk melihat tingkat keberhasilan metode SRME dalam mengatenuasi *multiple* permukaan. Jejak *multiple* pada gambar ditandai dengan kotak berwarna hitam. Identifikasi waktu penjalaran gelombang primer dan

multiple lintasan M01 dapat diketahui melalui model data sintetik pada Gambar 5 dapat dihitung. Gambar 6 menunjukkan hasil penampang *brutestack*, dimana gambar tersebut memperlihatkan jejak *water bottom multiple* orde pertama dan kedua pada waktu 1600 ms dan 3200 ms, *peg leg multiple* pada waktu 2800 ms serta *interbed multiple* pada waktu 2500 ms. Proses atenuasi *multiple* dengan metode SRME berhasil menekan *water bottom multiple* dan *peg leg multiple* namun tidak berhasil mengatenuasi *interbed multiple* karena *multiple* tersebut tidak berhubungan permukaan ditunjukkan dengan tanda panah (Gambar 7).

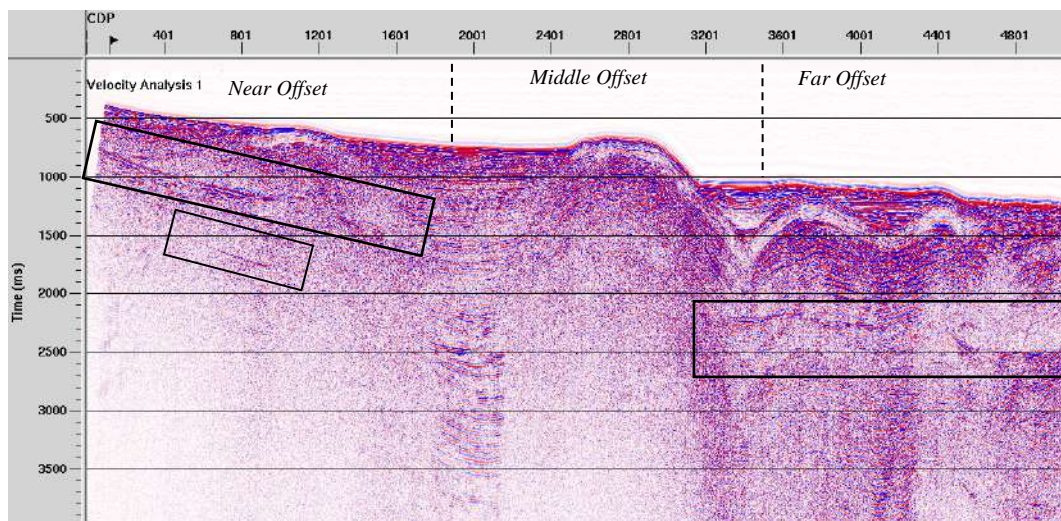
Gambar 6. Identifikasi *multiple* pada penampang *brutestack* lintasan M01



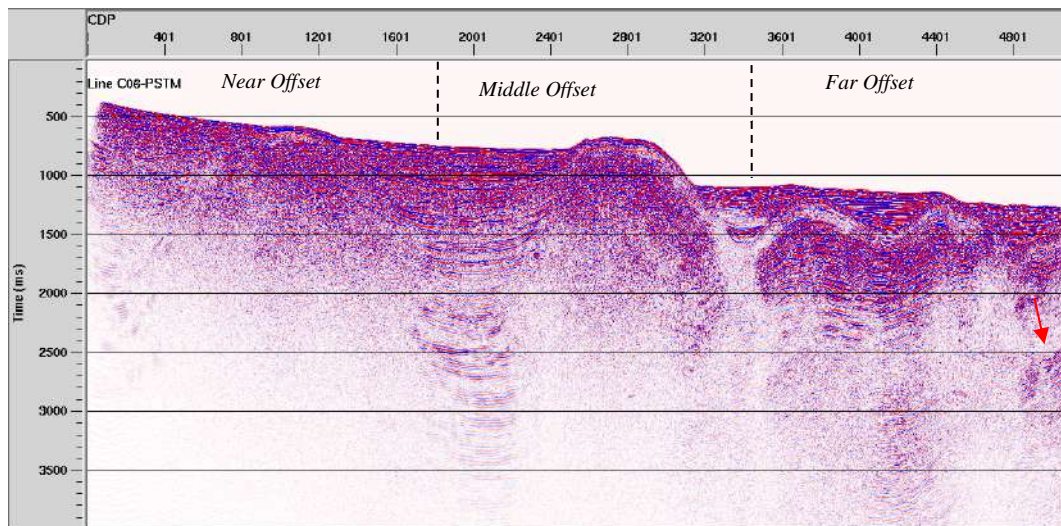
Gambar 7. Penampang *pre stack time migration* setelah proses SRME lintasan M01

Pada data seismik *real*, diidentifikasi *water bottom multiple* yang menutupi data primer. Gambar 8 ditampilkan penampang *brutestack* lintasan C06 dengan *trace length* 4000 ms dan jumlah CDP 5069. Data waktu utama berada pada 400-1250 ms. *Water-bottom multiple* diidentifikasi muncul di bagian *near offset* pada waktu 800-1500 ms dan *far offset* pada waktu 2200-2500 ms.

Pada *near offset* waktu 1800 ms terdapat pengulangan *multiple* yang diidentifikasi sebagai *peg leg multiple*. Proses SRME berhasil mengatenuasi *water bottom multiple* yang muncul pada *near offset* dan *peg leg multiple* pada *near offset* namun proses SRME masih menyisakan residu *water bottom multiple* pada *far offset*.



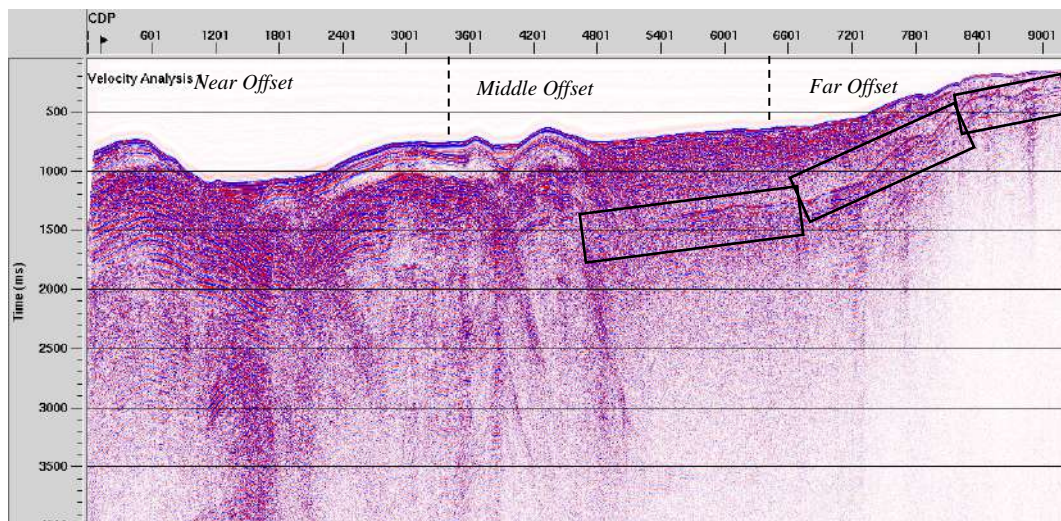
Gambar 8. Identifikasi *multiple* pada penampang *brutestack* lintasan C06



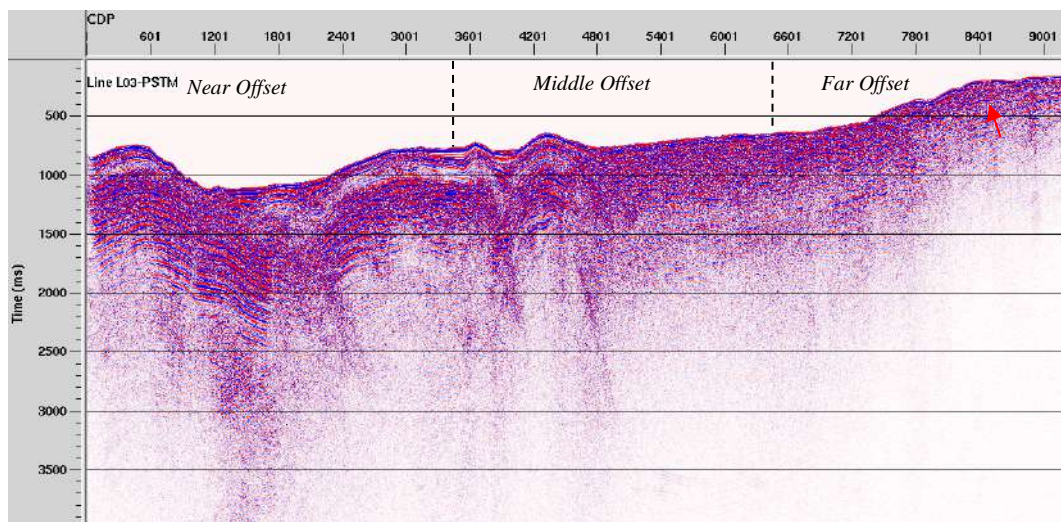
Gambar 9. Penampang *pre stack time migration* setelah proses SRME lintasan C06

Refleksi berulang juga terjadi pada lintasan L03 ditampilkan pada penampang *brutestack* (Gambar 10) dengan *trace length* 4000 ms dan jumlah CDP 9234. Data waktu utama berada pada 200-900 ms. *Water bottom multiple* diidentifikasi muncul pada *middle offset*

waktu 1300-1500 ms dan *far offset* waktu 400-1300 ms. Proses SRME berhasil mengatenuasi *water bottom multiple* yang diidentifikasi pada *middle offset* namun masih menyisakan residu *multiple* pada *far offset* (Gambar 11).



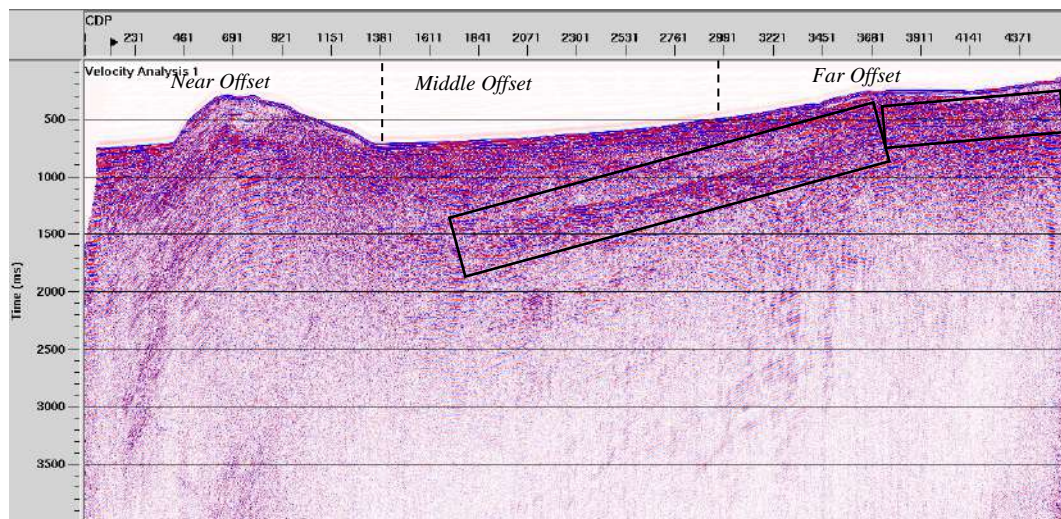
Gambar 10. Identifikasi *multiple* pada penampang *brutestack* lintasan L03



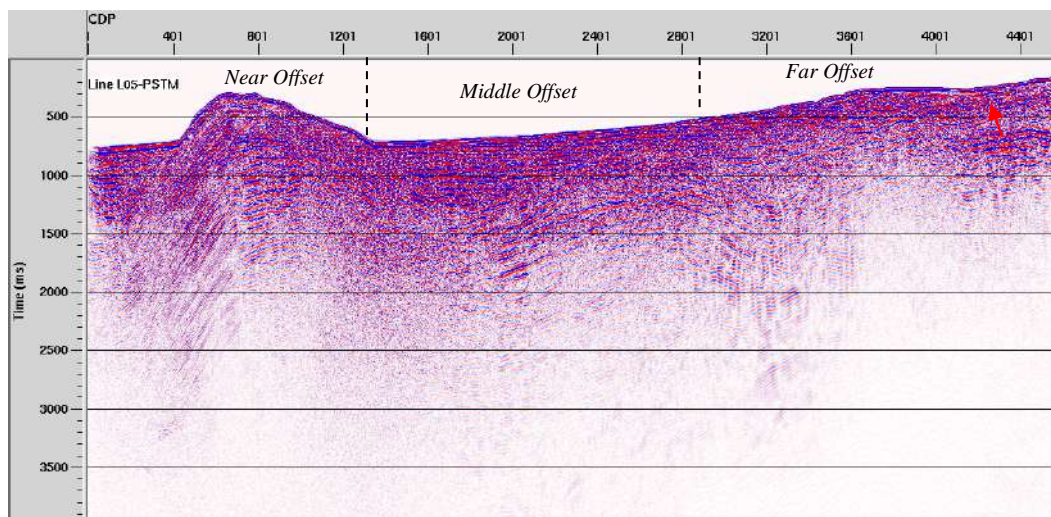
Gambar 11. Penampang *pre stack time migration* setelah proses SRME lintasan L03

Water-bottom multiple juga diidentifikasi muncul pada lintasan L05 ditampilkan pada Gambar 12. Penampang *brutestack* lintasan L05 ditampilkan dengan *trace length* 4000 ms dan jumlah CDP 4591. Data waktu utama berada pada 120-740 ms. *Water bottom multiple* diidentifikasi pada *middle offset* waktu 1000-1500 ms dan *far offset* waktu 240-1000 ms. Proses SRME

diterapkan untuk mengatenuasi jejak *multiple* tersebut sehingga diperoleh penampang *pre stack time migration* SRME lintasan L05 (Gambar 13). Atenuasi *multiple* dengan metode SRME pada data seismik lintasan L05 berhasil melemahkan amplitudo *multiple* yang diidentifikasi pada *middle offset* namun masih menyisakan residu *multiple* pada *far offset*.



Gambar 12. Identifikasi *multiple* pada penampang *brutestack* lintasan L05



Gambar 13. Penampang *pre stack time migration* setelah proses SRME lintasan L05

Berdasarkan proses pengolahan data dari tahap *preprocessing*, *processing* sampai tahap atenuasi *multiple* dengan SRME, dapat dikatakan bahwa proses pengolahan yang dilakukan cukup efektif untuk menekan *multiple* permukaan yang diidentifikasi pada data seismik sintetis dan data seismik *real* perairan Waipoga terutama pada *near offset*. Hal tersebut karena proses SRME tidak bergantung pada *moveout* (Rahadian, 2011). Namun proses SRME masih kurang efektif untuk mengatenuasi *multiple* pada *offset* jauh. Hal tersebut kemungkinan terjadi karena adanya kesalahan dalam proses pengolahan. Proses SRME harus mencocokkan beberapa model estimasi dengan model sebenarnya (Yuza, 2020). Selain itu, proses *picking* NMO yang terlalu tinggi dan rendah juga dapat mempengaruhi proses SRME.

III. KESIMPULAN

Proses SRME melemahkan amplitudo gelombang *multiple* dan mempertahankan gelombang primer data. Hasil penelitian menunjukkan bahwa jejak *multiple* yang terkandung pada data sebagian besar telah berhasil diatenuasi sehingga kualitas data dapat dinyatakan lebih baik dan bebas derau. Metode SRME efektif dalam mengatenuasi *multiple* pada *near offset*. Kelemahan dari metode ini yaitu kesulitan dalam mengatenuasi *multiple* pada *far offset*.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Kelautan (PPPGL) Bandung atas izin penggunaan data dan

fasilitas selama penelitian hingga penelitian ini dapat terselesaikan.

REFERENSI

- Abbasi, S., dan Jaiswal, P. 2013. Attenuation long-period multiples in short-offset 2D streamer data: Gulf of California. *SEG Houston Annual Meeting*. <https://doi.org/10.1190/segam2013-1221.1>.
- Berkhout, A. J., & Verschuur, D. J. (1999). Removal of internal multiples. *1999 SEG Annual Meeting*. <https://doi.org/10.1190/1.1820758>.
- Hokstad, K. dan Sollie, R. 2006. 3D surface-related multiple elimination using parabolic sparse inversion. *GEOPHYSICS*, 71(6): 145-152. <https://doi.org/10.1190/1.2345050>.
- Nainggolan, T.B., Rasidin, S.M. dan Setiadi, I. 2019. Combined Multiple Attenuation Methods and Geological Interpretation: Seram Sea Case Study 2D Marine Seismic Data. *Bulletin of the Marine Geology*, 34(1): 17-28. <https://doi.org/10.32693/bomg.34.1.2019.622>.
- Nainggolan, T.B. dan Setiady, D. 2017. Practical Implementation of Multiple Attenuation Methods on 2D Deepwater Seismic Data: Seram Sea Case Study. *Bulletin of the Marine Geology*, 32(1): 11-22. <https://doi.org/10.32693/bomg.32.1.2017.365>.
- Rahadian. (2011) Penerapan Metode Surface Related Multiple Elimination Dalam Optimalisasi Pengolahan Data. *Jurnal*. Balai Teknologi Survei Kelautan – BPPT
- Verschuur, E. (2013). Seismic Multiple Removal Techniques: Past, present and future. Revised Edition. <https://doi.org/10.3997/9789073834569>.
- Yilmaz, O. 2001. Seismic Data Analysis: Processing, Inversion and Interpretation of Seismic Data. Society of Exploration Geophysicists, Volume 1, 983p. D <https://doi.org/10.1190/1.9781560801580>.
- Yuza, N.H., Nainggolan, T.B. dan Manik, H.M. 2020. Multiple attenuation methods in short-offset 2D marine seismic data: a case study in Cendrawasih Bay. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 429. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/429/1/012031>