

## **ATENUASI *MULTIPLE* DENGAN KOMBINASI METODE *SURFACE RELATED MULTIPLE ELIMINATION* DAN TRANSFORMASI RADON DI LAUT SERAM**

### ***MULTIPLE ATTENUATION USING COMBINATION OF SURFACE RELATED MULTIPLE ELIMINATION AND RADON TRANSFORM METHODS OF SERAM SEA***

**Hanita N. Fitria<sup>1\*</sup>, Henry M. Manik<sup>2</sup>, & Tumpal B. Nainggolan<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Program Studi Ilmu dan Teknologi Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, IPB University, Bogor, 16680, Indonesia

<sup>2</sup>Departemen Ilmu dan Teknologi Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, IPB University, Bogor, 16680, Indonesia

<sup>3</sup>Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Kelautan, Bandung, 40174, Indonesia

\*E-mail: hanitanurfitria@gmail.com

#### **ABSTRACT**

*Indonesia is a maritime country has a wealth of marine resources, in addition to abundant fishery products there are oil and gas in seabed rocks. Oil and gas exploration in Indonesia is still widely carried out today. One of the methods used in the search is seismic reflection method. The seismic reflection method utilizes sound wave generated by source. The waves will propagate into the earth's bedrock then are reflected back and received by the receiver. The 2D marine seismic data used in this study are raw data from acquisition in deepwater of Seram Sea, West Papua. Raw data from acquisition are still mixed with multiples due to different acoustic impedance of earth subsurface layers. This causes misinterpretation due to apparent reflector. Therefore, proper multiple attenuation methods are needed to minimize noise. This study applies combination of Surface Related Multiple Attenuation (SRME) and Radon transform to produce seismic cross section that are free of multiples. The obtained results shows the combination of SRME and Radon transform are effective to reduce long period multiples in near offset, middle offset and far offset. These combinations also relieve some insignificant primary reflectors due to mixed signal and multiple in the same moveout domain. The combination of these two methods is good for eliminating multiple types of water bottom multiple in deepwater seismic data, and improve the quality of the signal to noise ratio.*

**Keywords:** *multiple attenuation, seismic method, SRME, Radon transform*

#### **ABSTRAK**

Indonesia merupakan negara maritim yang memiliki kekayaan sumber daya laut, selain hasil tangkap perikanan yang melimpah terdapat kandungan minyak dan gas di dalam batuan dasar laut. Eksplorasi minyak dan gas di Indonesia masih banyak dilakukan hingga saat ini. Salah satu metode yang digunakan dalam pencariannya adalah metode seismik refleksi. Metode seismik refleksi memanfaatkan gelombang suara yang dihasilkan oleh sumber, gelombang akan menjalar ke dalam batuan dasar bumi kemudian dipantulkan kembali dan diterima oleh *receiver*. Penelitian ini menggunakan data seismik 2D laut berupa data lapang hasil akuisisi di Perairan Seram, Papua Barat. Data lapang hasil akuisisi masih bercampur dengan multipel yang disebabkan perbedaan impedansi akustik dari lapisan-lapisan bawah permukaan bumi. Keberadaan multipel dapat menyebabkan kerumitan pada saat interpretasi karena menimbulkan efek reflektor semu. Oleh karena itu perlu diterapkan metode atenuasi multipel yang tepat, untuk mengurangi derau multipel. Penelitian ini menerapkan kombinasi antara *Surface Related Multiple Elimination* (SRME) dan transformasi Radon yang diharapkan mampu mereduksi *water bottom multiple* dari penampang seismik. Hasil dari pengolahan data menunjukkan bahwa kombinasi metode SRME dan transformasi Radon efektif untuk menghilangkan multipel periode panjang pada zona *near offset*, *middle offset* dan *far offset*. Penerapan kombinasi metode ini juga menghapus beberapa bagian yang tidak signifikan pada reflektor utama oleh karena bercampurnya sinyal dan multipel dalam domain *moveout* yang sama. Kombinasi kedua metode ini baik untuk menghilangkan multipel jenis *water bottom multiple* pada data seismik perairan dalam, dan meningkatkan kualitas sinyal terhadap gangguan.

**Kata kunci:** atenuasi multipel, metode seismik, SRME, transformasi Radon

## I. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara maritim yang memiliki luas laut lebih besar daripada luas daratan. Hal ini menjadikan negara Indonesia memiliki sumber daya laut melimpah. Tidak hanya kaya akan sumber daya ikannya, laut Indonesia menyimpan kekayaan minyak dan gas di dalam batuan dasar laut. Eksplorasi minyak dan gas di Indonesia masih banyak dilakukan hingga saat ini. Ada banyak metode yang digunakan dalam pencarian sumber daya minyak, salah satunya adalah metode seismik refleksi. Metode seismik memanfaatkan gelombang suara yang dipancarkan dari suatu sumber yang kemudian akan dipantulkan oleh lapisan dasar bumi dan diterima oleh *receiver* (Pesma *et al.*, 2020). Saat ini *receiver* belum dapat membedakan sinyal dengan derau. Hal ini mengakibatkan proses akuisisi data *receiver* tidak hanya menerima sinyal primer namun juga derau atau *noise*. Umumnya *noise* terdiri dari dua jenis yaitu *noise* koheren dan acak. *Noise* koheren merupakan *noise* yang dihasilkan oleh sumber pada saat peledakan, sedangkan *noise* acak (*ambient noise*) dihasilkan dari lingkungan seperti angin, dan arus laut. Contoh dari *noise* koheren adalah *ground roll*, gelombang langsung, dan multipel. Multipel merupakan *noise* pengulangan refleksi akibat terperangkapnya gelombang karena adanya perbedaan impedansi yang kontras (Maricci & Setyawan, 2015). Menurut waktu penjararannya, multipel dibedakan menjadi multipel periode panjang dan multipel periode pendek. Keberadaan multipel dapat menyebabkan kerumitan pada saat interpretasi karena menimbulkan efek reflektor semu (Saputra & Namigo, 2015), sehingga perlu dilakukan proses pengolahan data seismik. Penelitian yang dilakukan oleh Verschuur *et al.* (1992) memperkenalkan sebuah metode *Surface Related Multiple Elimination* untuk atenuasi multipel pada data seismik laut dalam dengan struktur kompleks. Menurut (Yilmaz, 2001),

penerapan satu metode saja masih belum efektif untuk menghilangkan multipel. Oleh karena itu dilakukan penerapan kombinasi metode untuk hasil yang lebih optimal. Tujuan dari penelitian ini adalah melihat seberapa efektif kombinasi metode *Surface Related Multiple Elimination* dan Transformasi Radon dalam mereduksi *long period multiple*, serta pengaruhnya terhadap kontinuitas reflektor pada penampang seismik.

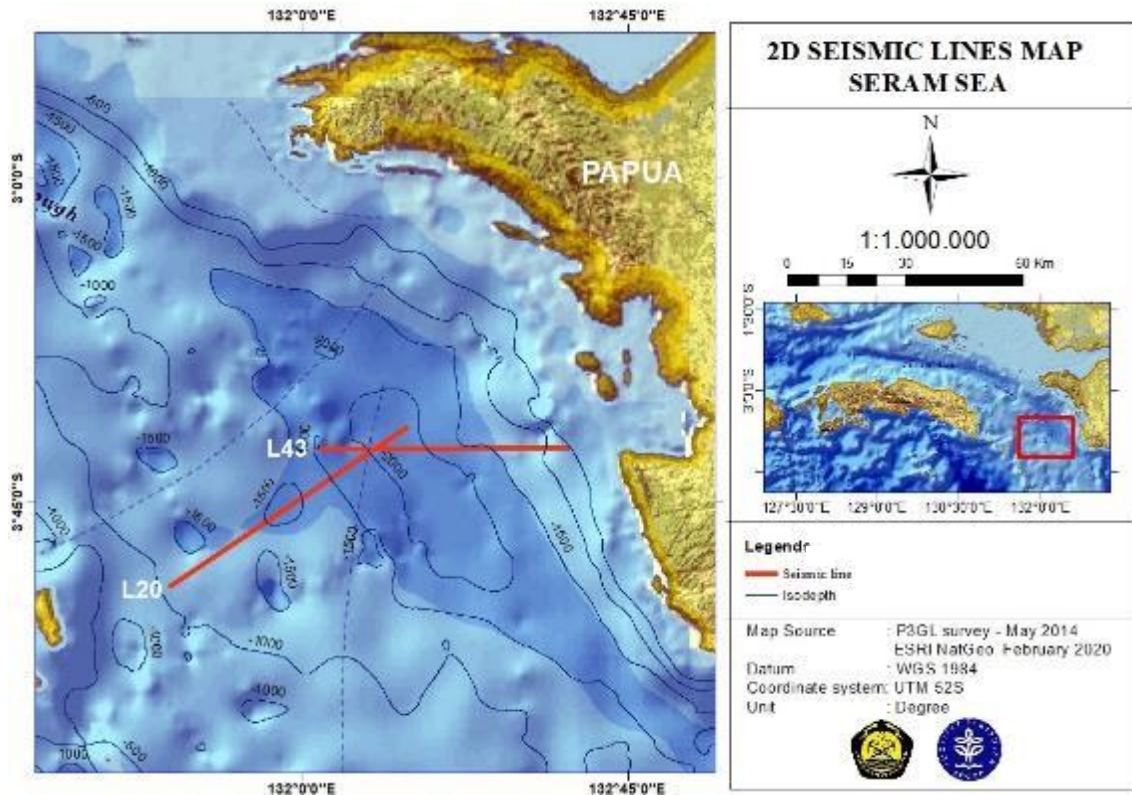
## II. METODE PENELITIAN

### 2.1. Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian ini menggunakan data seismik yang didapatkan dari Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Kelautan. Pengambilan data seismik dilakukan pada bulan Mei - Juni tahun 2014 di Laut Seram, Papua Barat. Laut Seram merupakan salah satu laut di Indonesia Bagian Timur yang merupakan daerah tatanan tektonik yang kompleks. Selain itu, daerah ini merupakan pertemuan tiga lempeng besar yaitu Eurasia, Indo-Australia dan Pasifik-Filipina. Akuisisi data dilakukan dengan menggunakan Kapal Riset GEOMARIN III yang dilengkapi dengan peralatan seismik. Pengolahan data ini dilakukan pada data seismik 2D lintasan L20 dan L43 yang memiliki kedalaman sampai 2000 m. Perairan dalam dengan struktur kompleks memiliki potensi terdapat hidrokarbon pada struktur batuanannya. Peta lintasan seismik pada penelitian ini ditunjukkan dalam Gambar 1.

### 2.2. *Surface Related Multiple Elimination (SRME)*

Cara kerja metode SRME adalah sistem membuat model multipel dengan cara mengidentifikasi multipel dari data seismik itu sendiri, kemudian secara otomatis derau multipel akan tereduksi (Verschuur & Berkhout, 1992). Metode SRME tidak membutuhkan informasi apapun mengenai bawah permukaan tetapi memanfaatkan



Gambar 1. Peta lokasi jalur di Laut Seram.  
 Figure 1. Line location map in Seram Sea.

refleksi yang terdapat pada data seismik *pre-stack* untuk memprediksi multipel (Dragoset *et al.*, 2010) Pengerjaan metode SRME ini lebih praktis karena tidak perlu melakukan pemisahan *noise* dan sinyal secara manual.

### 2.3. Transformasi Radon

Prinsip transformasi Radon adalah mengubah domain waktu-jarak ( $t-x$ ) menjadi domain tau-pi ( $\tau-p$ ). Multipel, *ground roll* dan gelombang langsung sulit dipisahkan di domain  $t-x$  namun dalam domain  $\tau-p$  mereka dapat dipisahkan dengan mudah karena memiliki sudut datang atau nilai  $p$  yang berbeda (Maricci & Setyawan, 2015). Dalam domain tau-pi dilakukan proses *muting* pada data CMP *gather* yang telah terkoreksi *Normal Move Out* (NMO), dengan menjumlahkan data sepanjang jalur *stacking*. Domain  $\tau-p$  dalam transformasinya dilakukan linear *moveout* terlebih dahulu, dengan hubungan input koordinat ( $h,t$ ) dan

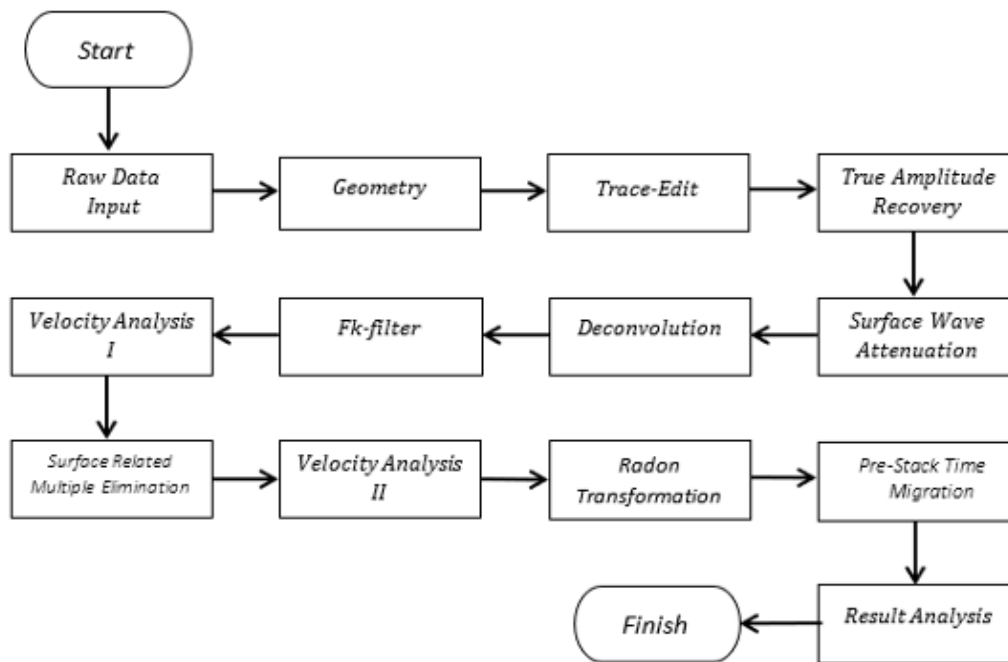
transformasi koordinat ( $\tau, p$ ) (Yilmaz, 2001), didefinisikan sebagai:

$$t = \tau + 2ph \dots\dots\dots(1)$$

Pada persamaan 1,  $p$  merupakan ray parameter,  $t$  merupakan waktu tempuh atau *two way travel time*,  $\tau$  merupakan waktu intercept atau *two-way intercept time* dan  $h$  merupakan setengah *offset*. Setelah multipel dan sinyal primer terpisahkan, perlu dilakukan transformasi balik (*invers*) domain ( $\tau-p$ ) ke domain  $t-x$  untuk menghasilkan data refleksi primer dengan multipel teratenuasi.

### 2.4. Pengolahan Data

Pengolahan data dilakukan pada perangkat lunak ProMAX yang terdiri dari beberapa tahapan. Proses pengolahan data dilakukan mulai dari input *raw data* sampai dengan tahap PSTM. Diagram alir tahap pengolahan data seismik dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram alir pengolahan data seismik.  
 Figure 2. Flow chart of seismic data processing.

Input data dilakukan pada data seismik 2D berekstensi SEG-D dengan format perekaman *demultiplex*. Selanjutnya, dilakukan *geometry matching* atau penyesuaian geometri lapang dengan data hasil akuisisi. Parameter yang digunakan saat proses *geometry matching* dapat dilihat dalam Tabel 1. Tahap selanjutnya adalah *trace-editing*, pada tahap ini akan dilakukan *trace muting*, *trace kill*, *trace length* dan *bandpass filter*. *True Amplitude Recovery* (TAR) bertujuan untuk mengembalikan nilai amplitudo sinyal dari sumber getar ke nilai aslinya akibat adanya atenuasi amplitudo (Pertiwi *et al.*, 2018). Gelombang seismik yang merambat melalui permukaan bumi (*surface wave*) seperti *swell noise* dilemahkan dengan menerapkan *Surface Wave Attenuation* (SWAT). Dekonvolusi merupakan proses inversi dari konvolusi yang bertujuan untuk menghilangkan derau dan multipel periode pendek yang terdapat dalam rekaman. *Wavelet* yang mengalami *stretch* akibat dari efek filter bumi dimampatkan pada tahap dekonvolusi. Metode *F-k filter* mampu mereduksi derau

dengan baik melalui pemilihan frekuensi yang sesuai dengan data seismik, dengan cara *picking polygon* pada domain frekuensi gelombang ( $f$ ) dan bilangan gelombang ( $k$ ). Analisis kecepatan gelombang seismik harus dilakukan sebaik mungkin karena informasi kecepatan tersebut akan digunakan untuk menghitung kedalaman reflektor bawah permukaan. Data input yang digunakan dalam SRME adalah data hasil *Pre-Stack*. Metode SRME yang digunakan terdiri dari empat modul yakni SRME *Regularization*, SRME *Macro*, SRME *Un-Regularization*, SRME *Adaptive Substraction*. Transformasi Radon dilakukan untuk menghilangkan multipel pada data seismik dengan cara melakukan *muting* Radon untuk memisahkan sinyal dengan derau pada domain tau-pi ( $\tau$ - $p$ ). Tahap pengolahan data terakhir adalah *Pre-stack Time Migration* (PSTM) yang bertujuan untuk menghilangkan efek difraksi pada titik-titik diskontinuitas (patahan) dan memindahkan kedudukan reflektor berdasarkan posisi dan waktu pantul yang sebenarnya berdasarkan lintasan gelombang (Sidiq *et al.*, 2019).

Tabel 1. Parameter data akuisisi.  
 Table 1. Parameter of acquisition data.

Parameters	Unit	L20	L43
Active Channel	-	1-60	1-60
Nominal Source Depth	m	6	6
Nominal Receiver Depth	m	7	7
Shot Interval	m	25	25
Group Interval	m	12.5	12.5
Shot Number	-	3352	2334
Minimum Offset	m	150	150
Maximum Offset	m	887.5	887.5
Maximum Fold	-	15	15
Line Azimuth	0	236	270

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

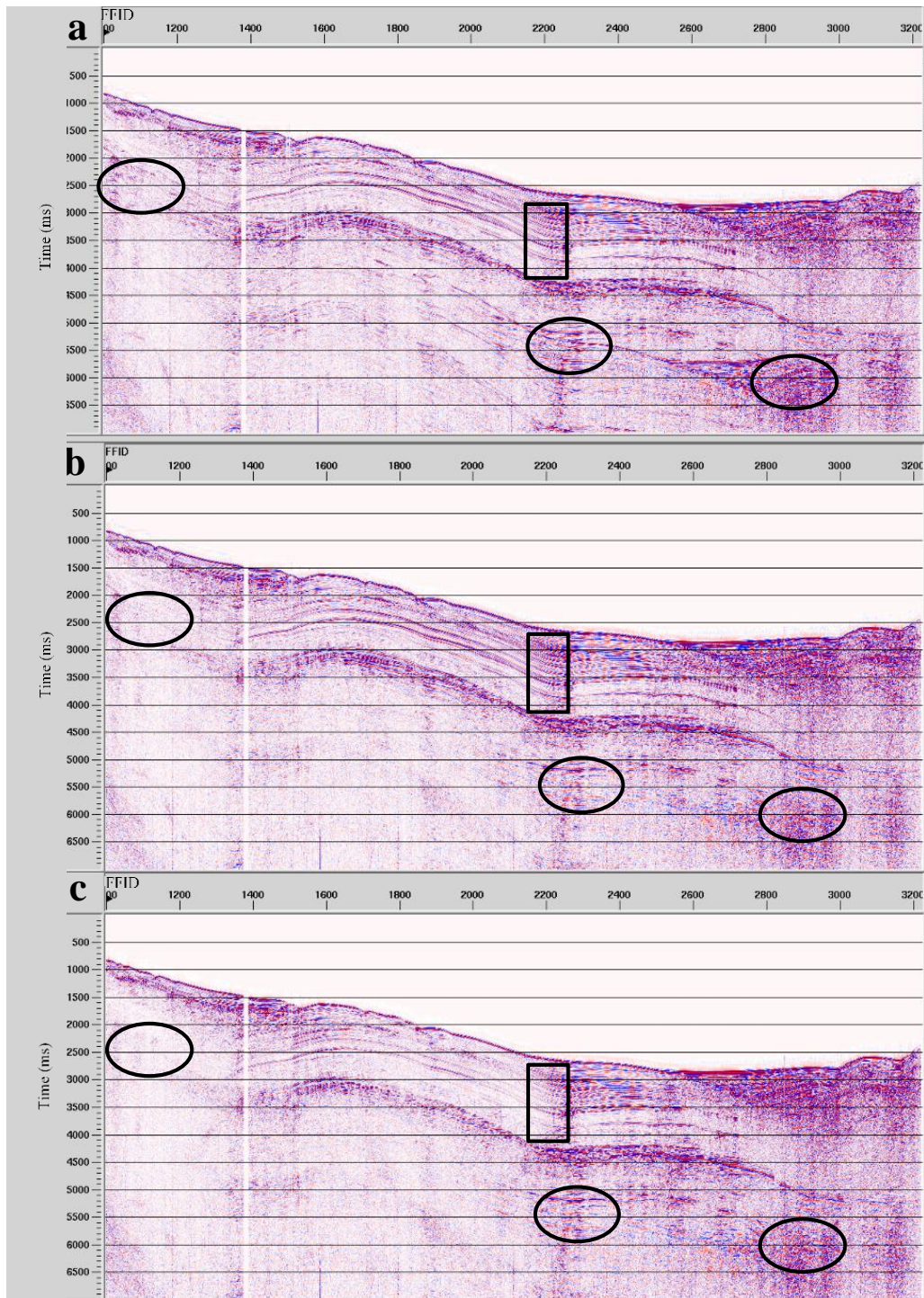
Data seismik lintasan L43 dan L20 berada di Laut Seram, Indonesia Bagian Timur. Daerah ini memiliki tatanan tektonik kompleks, mempertemukan tiga lempeng besar yaitu Eurasia, Indo-Australia, dan Pasifik. Diketahui pada bagian dasar laut Seram terdapat zona subduksi aktif yang termasuk bagian dari Busur Banda, yaitu busur vulkanik yang aktif serta sangat kompleks. Beberapa kondisi tersebut menjadikan proses akuisisi data akan banyak menerima gangguan berupa *noise* pada sinyal, sehingga akan menurunkan kualitas data. Sebelum dilakukan proses atenuasi multipel, kedua penampang seismik teridentifikasi mengandung *water bottom multiple* pada zona *near offset*, *middle offset* dan *far offset*. Gambar 4 dan 5 menunjukkan perbandingan sebelum dilakukan (a) dan setelah dilakukan (b dan c) reduksi multipel pada lintasan L43 dan L20. *Water bottom multiple* yang teridentifikasi ditandai dengan oval hitam dan kontinuitas reflektor ditandai dengan kotak hitam. *Near offset* adalah *trace* yang berada terdekat dengan sumber tembakan, sedangkan *far offset* adalah *trace* terjauh.

Gambar 3 merupakan tampilan penampang seismik lintasan L43. Reflektor utama pada penampang terlihat lebih jelas setelah dilakukan metode SRME. Prediksi

metode ini didasarkan pada observasi bahwa multipel yang terkait dengan permukaan dapat diprediksi melalui konvolusi temporal dan spasial, sehingga seluruh proses SRME akan berjalan secara otomatis dan tidak akan mengganggu data primer. Hasil akhirnya berupa data tanpa mengandung derau multipel. Ketiga zona pada hasil penampang memiliki multipel periode panjang. Setelah diterapkan metode SRME, terlihat *surface related multiple* pada ketiga zona berkurang jika dibandingkan dengan sebelum dilakukan reduksi. Menurut Verschuur & Berkhout (1992), penerapan SRME efektif digunakan pada data seismik laut dalam dengan struktur yang kompleks, metode ini dapat menghilangkan multipel yang sulit dibedakan dengan sinyal primer. Namun pada daerah *far offset*, multipel banyak menyisakan residu. Kemungkinan hal ini terjadi akibat adanya *feather angle* dari *streamer* pada saat akuisisi data (Dragoset *et al.*, 2010).

Tampilan penampang setelah dikenakan kombinasi SRME dan transformasi Radon memperlihatkan penurunan kualitas kontinuitas reflektor primer, dikarenakan proses *picking* yang dilakukan secara manual ikut memotong sinyal reflektor. Kombinasi metode ini berhasil menekan kembali multipel yang ada pada penampang seismik. Namun menyisakan residu multipel pada zona *middle offset* dan *far offset*. Penerapan kombinasi





Gambar 3. Garis seismik L43 sebelum eliminasi ganda (a), setelah eliminasi ganda dengan SRME (b), setelah eliminasi ganda dengan kombinasi transformasi SRME dan Radon (c). Oval hitam teridentifikasi ganda dan kotak hitam merupakan kontinuitas reflektor teridentifikasi.

Figure 3. Seismic line L43 before multiple elimination (a), after multiple elimination with SRME (b), after multiple elimination with combination of SRME and Radon transform (c). Black oval is multiple identified and black square is continuity of the reflector identified.

metode ini juga menghapus beberapa bagian yang tidak signifikan pada reflektor utama oleh karena bercampurnya sinyal dan multipel dalam domain *moveout* yang sama. Semakin kuat nilai koefisien refleksi gelombang seismik maka semakin besar pula nilai amplitudo gelombang tersebut (Ibrahim & Sacchi, 2013). Besarnya amplitudo menyebabkan *moveout* multipel dan sinyal primer sulit dipisahkan dalam dengan transformasi Radon.

Gambar 4 merupakan tampilan penampang seismik dari lintasan L20. Penerapan metode SRME mampu mempertahankan kontinuitas reflektor utama, karena permodelan dilakukan secara otomatis. Sehingga metode SRME mampu menekan multipel tanpa harus mengganggu reflektor utamanya *water bottom multiple* pada daerah *near offset* dan *middle offset* berhasil dihilangkan pada metode SRME. Sistem kerja metode ini berbasis data, menggunakan refleksi untuk merekonstruksi *surface related multiple*, sehingga keberhasilan metode ini bergantung pada informasi geometri yang telah dimasukkan. Sedangkan pada daerah *far offset*, multipel masih menyisakan residu. Kekurangan dari metode SRME adalah kurang efektif dalam menekan multipel yang berada pada daerah *far offset*. Hal ini disebabkan karena perbedaan antara model multipel yang dibentuk dengan multipel aslinya terutama pada zona *far offset* akibat dari adanya perbedaan amplitudo (Dragoset *et al.*, 2010).

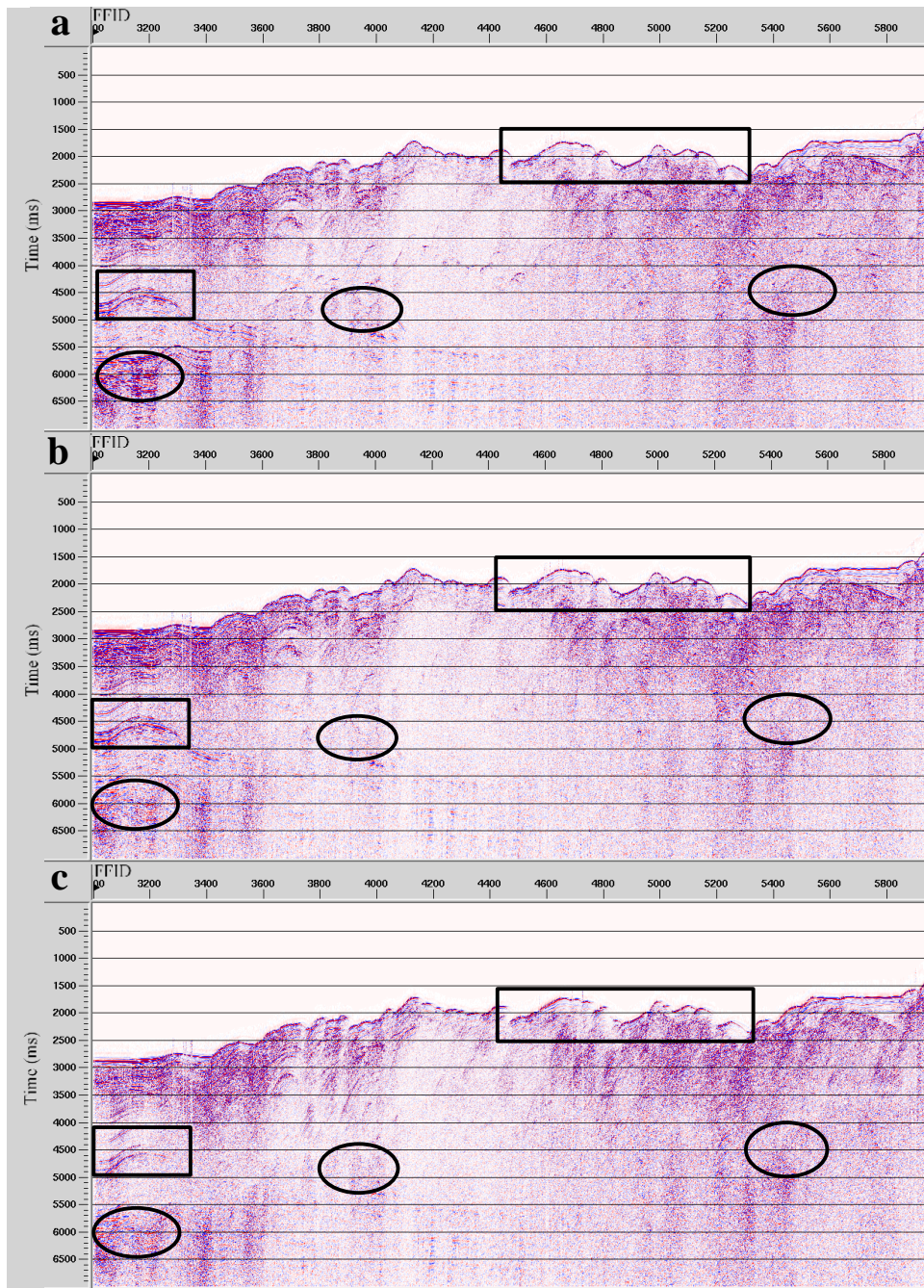
Reflektor yang pada awalnya terlihat jelas pada penampang hasil SRME menjadi kurang jelas setelah dilakukan filter Radon, hasil ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Nainggolan *et al.* (2019). Data seismik pada penelitian ini hanya memiliki jarak *offset* terjauh 887,5 m, ini memungkinkan *muting* yang dilakukan pada radon akan memotong data primernya. Konsekuensi yang terjadi bukan hanya multipel saja yang melemah, namun sinyal primer ikut melemah. Kombinasi kedua metode ini menghasilkan penampang seismik

yang bersih dari *water bottom multiple* pada ketiga zona. Multipel pada *near offset* dan *middle offset* berkurang, begitu juga dengan reflektor lain juga turut terhapus. Transformasi Radon efektif untuk menghilangkan multipel khususnya jenis multipel periode panjang pada daerah *far offset*. Zona *far offset* memiliki perbedaan *moveout* yang lebih besar, sehingga *picking* multipel menjadi lebih mudah dilakukan karena besaran *offset* sangat berpengaruh terhadap pemisahan antara reflektor primer dan multipel (Remiandayu & Namigo, 2016).

Hasil dari kombinasi SRME dan transformasi Radon selanjutnya diterapkan migrasi *Pre-stack Kirchhoff 2D Time Migration*. Tujuannya untuk meningkatkan resolusi lateral dengan menghilangkan efek difraksi pada titik-titik diskontinuitas (patahan) dan memindahkan kedudukan reflektor berdasarkan posisi dan waktu pantul yang sebenarnya. Tahap migrasi perlu dilakukan pada akhir proses pengolahan data untuk menampilkan penampang seismik dengan reflektor yang lebih tegas. Data seismik awal merupakan data seismik 2D dengan domain waktu, kemudian dikonversi menjadi domain kedalaman. Pengkonversian data ini menggunakan model kecepatan yang didapatkan pada tahap analisis kecepatan dengan menggunakan metode *semblance* (Murdiman & Namigo, 2016).

Gambar 5 merupakan hasil *Pre-stack Time Migration* dari Lintasan L43 (atas) dan L20 (bawah). Hasil PSTM lintasan L43 menampilkan reflektor primer yang jelas serta kontinuitas yang baik. Namun beberapa bagian reflektor yang ditandai dengan kotak hitam terlihat memutih akibat dari proses pemisahan derau yang turut menghapus keberadaan reflektor. Kemudian pada tampilan hasil PSTM lintasan L20 terlihat bahwa beberapa bagian pada reflektor utama yang ditandai dengan kotak hitam kehilangan tingkat kontinuitasnya. Berkurangnya kontinuitas reflektor terjadi setelah dilakukan atenuasi multipel menggunakan kombinasi metode SRME dan transformasi Radon.

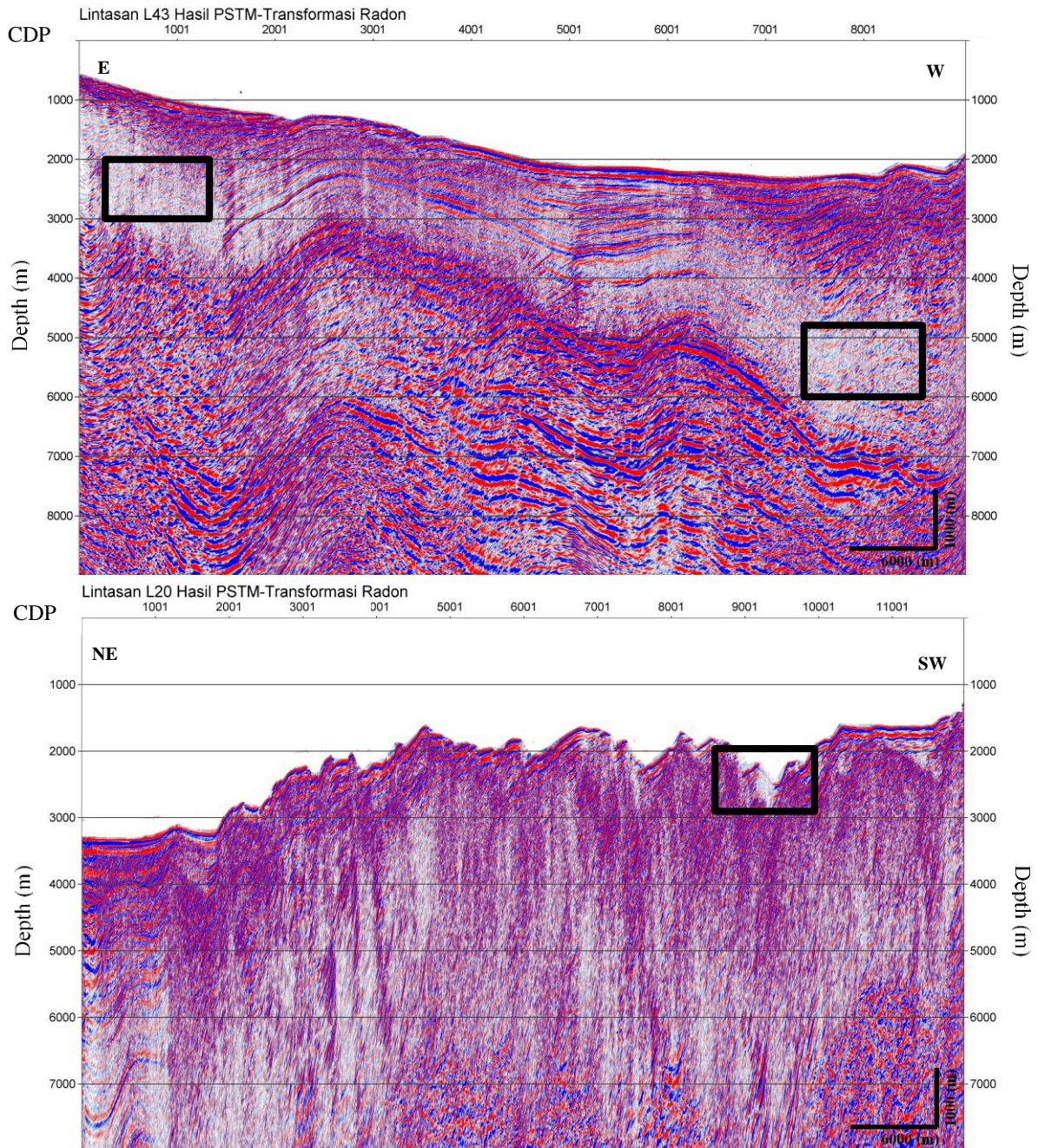




Gambar 4. Garis seismik L20 sebelum eliminasi ganda (a), setelah eliminasi ganda dengan SRME (b), setelah eliminasi ganda dengan kombinasi transformasi SRME dan Radon (c). Oval hitam teridentifikasi ganda dan kotak hitam merupakan kontinuitas reflektor teridentifikasi.

Figure 4. Seismic line L20 before multiple elimination (a), after multiple elimination with SRME (b), after multiple elimination with combination of SRME and Radon transform (c). Black oval is multiple identified and black square is continuity of the reflector identified.





Gambar 5. Migrasi Waktu Pre-stack dari baris L43 (atas) dan L20 (bawah). Kotak hitam adalah kontinuitas reflektor yang diidentifikasi.

Figure 5. Pre-stack Time Migration of line L43 (top) and L20 (bottom). Black square is continuity of the reflector identified.

Proses atenuasi multipel dengan metode transformasi Radon tidak dapat menguatkan sinyal gelombang, melainkan hanya melemahkan sinyal baik gelombang primer ataupun derau (Yuza *et al.*, 2020).

#### IV. KESIMPULAN

Penerapan metode *Surface Related Multiple Elimination* berhasil mengatenuasi *water bottom multiples* pada perairan dalam, terutama pada zona *near offset*. Metode

*Surface Related Multiple Elimination* juga sukses meningkatkan kualitas penampang tanpa menghapus reflektor. Kombinasi metode *Surface Related Multiple Elimination* dan transformasi Radon efektif untuk menghilangkan multipel periode panjang. Penerapan kombinasi metode ini juga menghapus beberapa bagian yang tidak signifikan pada reflektor utama oleh karena bercampurnya sinyal dan multipel dalam domain *moveout* yang sama.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Kelautan (PPPGL) Bandung atas izin penggunaan data dan fasilitas selama penelitian. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada Departemen Ilmu dan Teknologi Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor atas dukungan terhadap penelitian ini.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Dragoset, B., E. Verschuur, I. Moore, & R. Bisley. 2010. *A perspective on 3D surface related multiple elimination. Geophysics*, 75(5): 245-261. <https://doi.org/10.1190/1.3475413>
- Ibrahim, A. & M.D. Sacchi. 2013. *Simultaneous source separation using a robust radon transform. SEG Technical Program Expanded Abstracts*, 79(1): v1-v11. <https://doi.org/10.1190/segam2013-0447.1>
- Maricci, N.D. & A. Setyawan. 2015. Aplikasi metode transformasi radon untuk atenuasi multipel pada pengolahan data 2D laut di Perairan "X". *J. of Youngster Physics*, 4(4): 279-284. <https://adoc.pub/aplikasi-metode-transformasi-radon-untuk-atenuasi-multipel-p.html>
- Murdiman, I. & E.L. Namigo. 2016. Analisis kecepatan dengan metode tomografi *residual moveout. J. Fisika Unand*, 5(4): 384-389. <https://doi.org/10.25077/jfu.5.4.384-389.2016>
- Nainggolan, T.B., S.M. Rasidin, & I. Setiadi. 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>
- Pertiwi, R.N., T.J. Puspasari, E.L. Namigo, & D. Pujiastuti. 2018. Identifikasi gas hidrat pada Cekungan Simeuleu di Lintasan BGR-135 Menggunakan Analisis AVO (*Amplitude Versus Offset*). *J. Fisika Unand*, 7(4): 305-311. <https://doi.org/10.25077/jfu.7.4.305-311.2018>
- Pesma, R.A., M.P. Erlangga, I.A. Putri, & R.M. Antosla. 2020. Prediksi lapisan akuifer dengan menggunakan metode seismik refraksi di Desa Jatimulyo, Kecamatan Jati Agung, Lampung Selatan. *J. Geofisika Eksplorasi*, 6(2): 91-100. <https://doi.org/10.23960/jge.v6i2.66>
- Remiandayu, S. & E.L. Namigo. 2016. Aplikasi metode *surface related multiple elimination* (srme) dan radon parabolik pada data 2D Bryant Canyon Lepas Pantai Louisiana, Texas. *J. Fisika Unand*, 5(3): 261-267. <https://doi.org/10.25077/jfu.5.3.261-267.2016>
- Saputra, A. & E.L. Namigo. 2015. Atenuasi *Multiple* pada Data Seismik 2D Cekungan Bryant Canyon Lepas Pantai Teluk Louisiana, Texas. *J. Fisika Unand*, 4(4): 383-390. <https://doi.org/10.25077/jfu.4.4.%25p.2015>
- Sidiq, A.P., H.M. Henry, & T.B. Nainggolan. 2019. Studi komparasi metode migrasi seismik dalam

- mengkarakterisasi reservoir migas di Blok Kengaan, Laut Bali Menggunakan Inversi Impedansi Akustik Berbasis Model. *J. Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 11(2): 205-219.  
<https://doi.org/10.29244/jitkt.v11i1.23028>
- Verschuur, D.J. & A.J. Berkhout. 1992. *Surface-related multiple elimination: Practical Aspects. SEG Technical Program Expanded Abstracts*, 1100-1103.  
<https://doi.org/10.1190/1.1821919>
- Yilmaz, Ö. 2001. *Chapter 6. Noise and Multiple Attenuation*. In: *Seismic Data Analysis. Society of Exploration Geophysicists*. 837-1000 pp.  
<https://doi.org/10.1190/1.9781560801580>
- Yuza, N.H., T.B. Nainggolan, & H.M. Manik. 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: 1-10.  
<https://doi.org/10.1088/1755-1315/429/1/012031>
- Received : 07 December 2020  
Reviewed : 07 February 2021  
Accepted : 07 March 2021

