

Identifikasi Hidrokarbon Gas Dengan Menggunakan Atribut *Energy-weighted* AVO pada Lapangan Penobscot, Kanada

Aries A.* dan Triyoso W.

Teknik Geofisika, Fakultas Teknik Pertambangan dan Perminyakan, Institut Teknologi Bandung,
Jalan Ganesa No 10, Bandung, 40132

*Email: ashariaries09@yahoo.co.id

Submit: 20 April 2017; Revised: 25 Mei 2017; Accepted: 28 Mei 2017

Abstract: *Amplitude Variation with Offset* (AVO) adalah teknik yang sering digunakan sebagai indikator keberadaan hidrokarbon pada data seismik. Teknik ini secara matematis menggunakan pendekatan terhadap persamaan Zoeppritz untuk mengidentifikasi perubahan amplitudo sebagai fungsi dari sudut datang dan menghubungkannya dengan sifat batuan dan kandungan fluida yang ada di dalamnya. Pada penelitian ini, atribut baru, *Energy-weighted* AVO, digunakan untuk mengidentifikasi keberadaan hidrokarbon pada lapangan Penobscot, Kanada. Prinsip utama atribut ini adalah meningkatkan respon anomali yang berkaitan dengan hidrokarbon sekaligus mengatenuasi seismik *background* di sekitar anomali. Keunggulan atribut ini adalah mampu membedakan respon anomali hidrokarbon terhadap anomali lain yang disebabkan oleh litologi seperti batubara. Selain itu, atribut ini aplikatif terhadap data seismik *pre-stack* maupun *post-stack*.

Kata kunci: AVO, energi seismik, hidrokarbon, *post-stack*, *pre-stack*.

1 PENDAHULUAN

Teknik AVO sangat sering digunakan dalam studi interpretasi seismik dan karakterisasi reservoir. Secara metodologi, teknik AVO dapat dilakukan dengan tiga metode yakni *modelling method*, *recon method*, dan *inversion* AVO. Hal fundamental sebagai input pada ketiga metode tersebut adalah data seismik *pre-stack* dan data log. Umumnya log kecepatan gelombang *shear* tidak tersedia dalam suatu set data log. Maka dari itu, diperlukan transformasi dari log lain untuk menghitung log kecepatan gelombang *shear*.

Farfour dkk (1) menurunkan sebuah atribut yang diberi nama *energy-weighted* AVO. Berbeda dengan atribut AVO yang lain, atribut ini tidak membutuhkan data log kecepatan gelombang *shear*. Atribut ini menggunakan prinsip Zoeppritz (1919) (2) melalui pendekatan yang dilakukan oleh Shuey (1985) (3) sebagai berikut:

$$R(\theta) = R_p + G \sin^2 \theta \quad (1)$$

dimana R_p dan G adalah *intercept* dan gradien dari suatu data seismik gather. Berangkat dari atribut *instantaneous energy* yang kemudian dilakukan pembobotan dengan mengalikan energi seismik dengan *trace* seismik itu sendiri

maka diperoleh persamaan atribut *Energy-weighted* AVO (Eq.3).

$$R(\theta)^3 = E_n(\theta)R(\theta) \quad (2)$$

$$R(\theta)^3 = R_p^3 \left(1 + \frac{G}{R_p} \sin^2 \theta\right)^3 \quad (3)$$

Atribut ini dapat meningkatkan respon anomali *sandstone* yang mengandung hidrokarbon gas serta mengatenuasi seismik *background* disekitar anomali, Selain itu, atribut adalah aplikatif terhadap data seismik *pre-stack* dan *post-stack*.

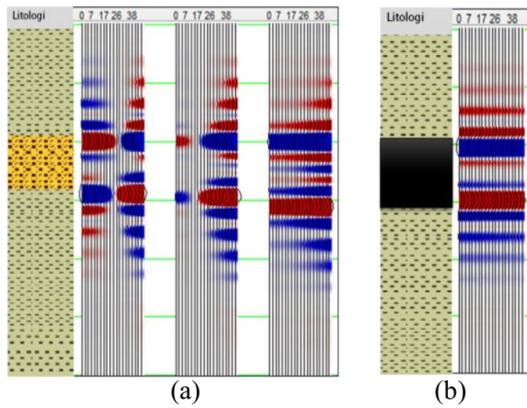
Dalam penelitian ini, penulis mencoba untuk mengaplikasikan atribut ini pada data seismik riil dan menganalisa lebih lanjut perihal atribut ini.

2 DATA

Pada penelitian ini, data seismik yang digunakan terbagi menjadi dua kelompok, yakni data seismik sintetik 1D dan data seismik riil. Data seismik sintetik dibuat dari data log sintetik menggunakan program AVO yang tersedia di dalam software HRS. Adapun data seismik riil merupakan data seismik lapangan Penobscot, Nova Scotia, Kanada, yang berupa 3D CDP Gathers yang telah dikoreksi NMO dengan format SEG-Y. Data sumur yang digunakan adalah sumur L-30 yang diketahui bahwa terbukti mengandung hidrokarbon. Data log pada sumur L-30 terdiri dari log V_p , GR, RhoB, SP, Res, dan Nphi. Sumur ini juga dilengkapi dengan data *marker* yang menandai batas-batas lapisan di bawah permukaan bumi. Data checkshot digunakan untuk pengikatan data sumur yang memiliki domain kedalaman terhadap data seismik yang memiliki domain waktu.

3 PENGOLAHAN

Pada penelitian ini, terlebih dahulu dibuat data seismik sintetik untuk mengecek efektivitas dari atribut ini. Data seismik sintetik yang akan dibuat terdiri dari model anomali AVO kelas 1, 2, dan 3. Selain itu penulis menambahkan model anomali dari litologi lain yakni batubara. Pembuatan



Gambar 1. (a) Model sintetik respon AVO kelas 1, 2, dan, 3 (kiri ke kanan) dan (b) Model sintetik respon batubara. Biru adalah *trough* dan merah adalah *peak*.

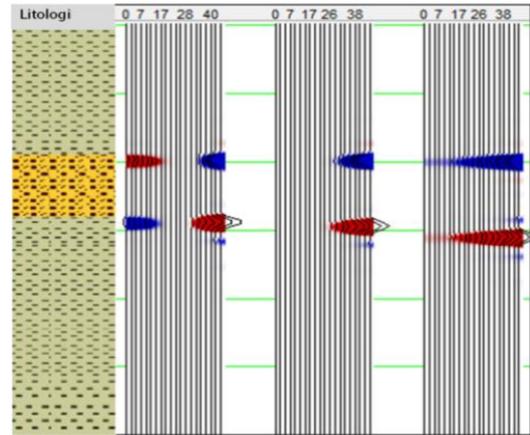
model sintetik ini menggunakan persamaan model Zoeppritz. Model sintetik AVO (Gambar 1a) dibuat menjadi tiga lapisan dengan urutan *shale-gas sands- shale*. Pada model AVO kelas 1, perubahan polarisasi terjadi pada sudut 26° . Kontras impedansi pada *near offset* adalah positif besar.

Untuk model AVO kelas 2, perubahan impedansi akustik kecil pada *near offset* dan gradien yang cukup besar. Dan pada model AVO kelas 3, terlihat pada seismik sintetiknya bahwa perubahan impedansi akustik yang besar pada *near offset* namun gradien lebih kecil daripada model AVO kelas 2. *Poisson's ratio* pada kolom anomali adalah 0.1 yang mengindikasikan jenis reservoir *clean gas sand*. Model sintetik respon batubara (Gambar 1b) menunjukkan respon yang mirip dengan model AVO kelas 3 yakni berupa *brighspot*.

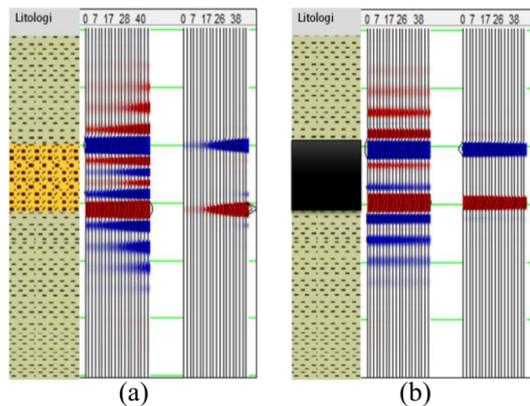
Gambar 2 adalah model sintetik AVO setelah dilakukan *energy-weighting*. Hal yang paling signifikan adalah hilangnya seismik *background* sehingga tersisa respon anomali *gas sands*. Untuk kelas 1 dan 2 terjadi sedikit atenuasi pada bagian *top* dan *base*. Khusus untuk kelas 1, amplitudo pada *top* dan *base* terkumpul pada *offset* yang berbeda sehingga menyulitkan untuk dideteksi pada penampang *stack*. Untuk kelas 2, amplitudo relatif kecil sehingga juga sulit dideteksi pada penampang *stack*. Untuk kelas 3, amplitudonya relatif jauh lebih besar daripada respon kelas 2. Terlihat bahwa respon kelas 3 mengalami *weighted energy* seiring pertambahan sudut. Bagian *top* dan *base* mudah dideteksi pada penampang *stack*. Dengan demikian dapat diketahui bahwa atribut EAVO unik pada AVO kelas 3 saja.

Kemudian Gambar 3a menunjukkan respon AVO kelas 3 yang mengalami *weighted energy* sedangkan Gambar 3b menunjukkan respon anomali batubara yang tidak demikian setelah diaplikasikan atribut EAVO. Hanya saja, pada kedua *gather*, seismik *background* atau yang bisa dianggap *noise* mengalami atenuasi. Hal ini menjadi kelebihan atribut ini karena dapat membedakan antara respon anomali AVO kelas 3 dan batubara yang pada *gather* biasa kedua respon ini mirip.

Untuk data riil, *flowchart* pengolahan data (Gambar 4) cukup sederhana. Langkah pertama yang dilakukan adalah membuat *super gather* dari data seismik *gather* yang ada. Proses ini tujuannya untuk meningkatkan *S/N ratio* data



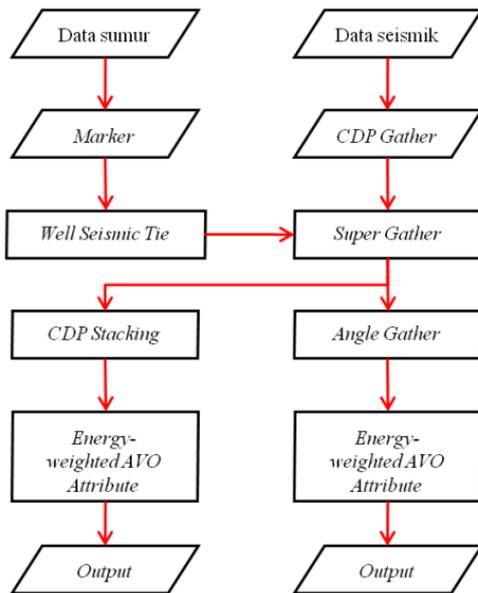
Gambar 2. Sintetik CDP gathers berupa respon AVO kelas 1, 2, dan 3 (kiri ke kanan) setelah diaplikasikan atribut EAVO. Urutan litologi dari atas ke bawah adalah *shale-gas sandstoneshale*. Biru *trough* dan merah *peak*.



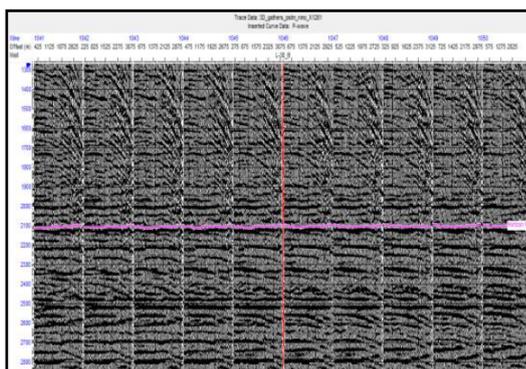
Gambar 3. (a) Model sintetik AVO kelas 3 (kiri) dan respon setelah dilakukan *weighting energy* (kanan). (b) Model batubara (kiri) dan respon setelah *weighting energy* (kanan).

seismik. Langkah kedua adalah *well seismic tie* yang bertujuan untuk mengikat data sumur yang berdomain *depth* ke dalam data seismik yang berdomain *time*. Langkah ketiga adalah pembuatan *angle gather* yakni mengubah domain *offset* dari data seismik menjadi domain sudut. Kemudian dilakukan *partial stack* dari data *angle gather* untuk melihat ekspresi perubahan amplitudo di zona target seiring kenaikan sudut. Setelah itu diaplikasikan atribut EAVO pada data *pre-stack* dan *post-stack* dan kemudian dibandingkan hasil antara keduanya. Langkah terakhir adalah membandingkan atribut EAVO dengan atribut konvensional seperti atribut Product ($A * B$) sebagai bentuk evaluasi terhadap atribut tersebut.

Gambar 5 adalah data seismik CDP *gather* sebelum diolah pada penampang inline yang melewati sumur L-30. Gambar 6 adalah data seismik *super gather*. Dapat dilihat bahwa *S/N ratio* lebih tinggi pada data *super gather* dibandingkan dengan data *gather* biasa. Dari penampang seismik *angle gather* (Gambar 7) diketahui bahwa jangkauan sudut pada daerah target adalah $0^\circ - 43^\circ$. Setelah itu dilakukan



Gambar 4. Diagram alir pengolahan data seismik riil.



Gambar 5. Penampang seismik CDP gather pada inline 1284 di sekitar lokasi sumur L-30. Daerah target ditunjukkan oleh horizon ungu.

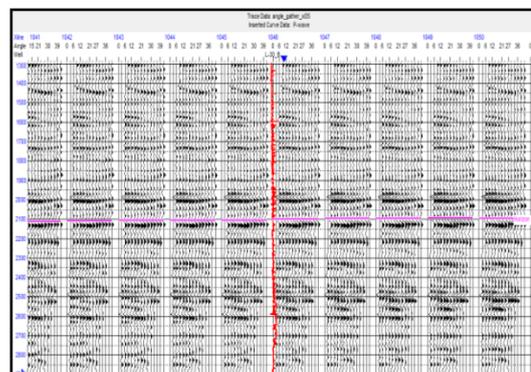
partial angle gather seperti yang ditunjukkan pada Gambar 8. Dapat dilihat bahwa terjadi kenaikan amplitudo pada daerah target yang ditandai dengan horizon ungu (kotak kuning) dari near angle stack ke mid angle stack kemudian berangsur menurun saat di far angle stack.

Gambar 9 adalah penampang suatu CDP angle gather setelah dilakukan weighting energy. Posisi CDP tersebut merupakan posisi sumur L-30. Dari gambar tersebut dapat dilihat bahwa sebagian besar seismik background dapat diatenuasi. Pada time sekitar 1980 ms, tidak menunjukkan respon anomali AVO tertentu. Sedangkan pada time 2100 ms, respon seismik menunjukkan respon yang mirip dengan AVO kelas 3 sesuai respon pada data sintetik. Adapun hasil well-seismic-tie, zona target pada time 2100 ms fit dengan marker sand #4. Keberadaan hidrokarbon ini dapat dikorelasikan dengan hasil test RFT (Repeat Formation Tester) yang menunjukkan bahwa pada sampel batuan di zona ini mengandung 3800 cc condensate dan 10 cf gas.

Kemudian kita memiliki penampang stack dari CDP



Gambar 6. Penampang seismik super gather pada inline 1284 di sekitar lokasi sumur L-30. Daerah target ditunjukkan oleh horizon ungu.

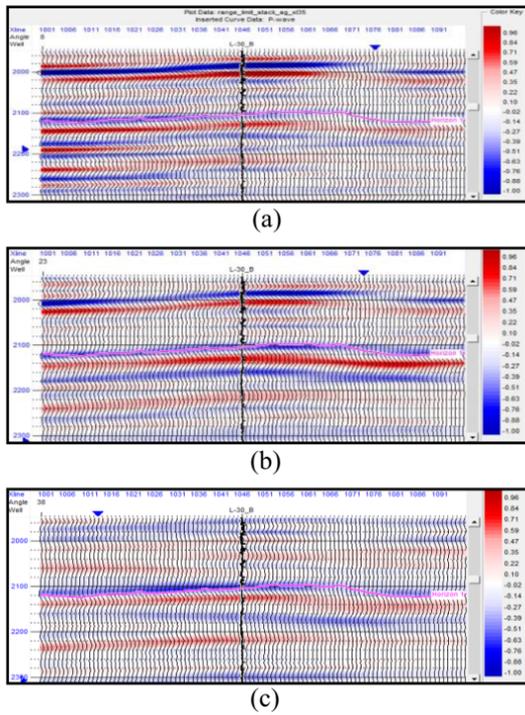


Gambar 7. Penampang seismik angle gather pada inline 1284 di sekitar lokasi sumur L-30. Range sudut 0° – 43°. Daerah target ditunjukkan oleh horizon ungu.

gather biasa (Gambar 10) dan dari CDP gather yang sudah diaplikasikan EAVO (Gambar 11). Tampak bahwa lapisan sands yang mengandung gas tersisa yakni pada horizon ungu, selain itu teratenuasi. Selain itu jika atribut ini diaplikasikan langsung pada penampang stack biasa (Gambar 12) tampak respon yang sama pada penampang stack dari CDP gather setelah EAVO. Hal ini diperjelas dari selisih kedua penampang ini (Gambar 13).

Adapun hal yang menarik dari atribut ini dapat kita lihat dari Gambar 14 yang menunjukkan perbedaan respon amplitudo dari penampang seismik sebelum dan sesudah diaplikasikan atribut EAVO. Jika dilihat pada Gambar 14 kiri, bagian yang lingkari menunjukkan respon amplitudo yang relatif konstan sepanjang daerah target (horizon ungu). Sedangkan pada Gambar 14 kanan, respon amplitudo pada bagian yang dilingkari tersebut berangsur hilang (drop) relatif terhadap anomali di sekitarnya. Bagian yang hilang tersebut dapat diinterpretasikan sebagai ketidakhadiran hidrokarbon atau respon gas AVO kelas 3.

Faktanya, atribut ini baik bekerja pada data pre-stack maupun post-stack. Kemudian atribut ini dibandingkan dengan atribut AVO yang umum yakni atribut Product (A*B). Hasilnya tetap menunjukkan respon yang sama khususnya pada gas sand AVO kelas 3 (Gambar 15).



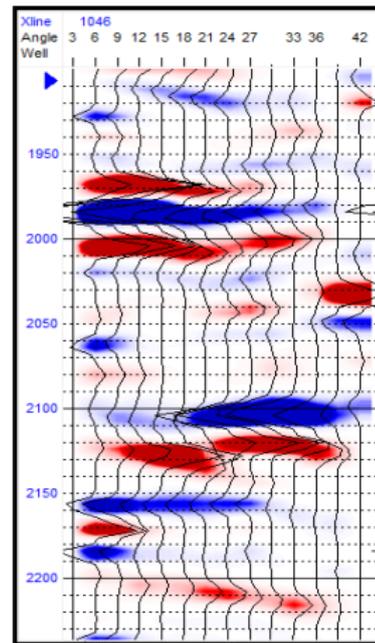
Gambar 8. Partial angle stack (a) Near angle stack ($0^{\circ} - 14^{\circ}$); (b) Mid angle stack ($15^{\circ} - 28^{\circ}$); (c) Far angle stack ($29^{\circ} - 42^{\circ}$).

4 ANALISIS EFEKTIVITAS RANGE ANGLE

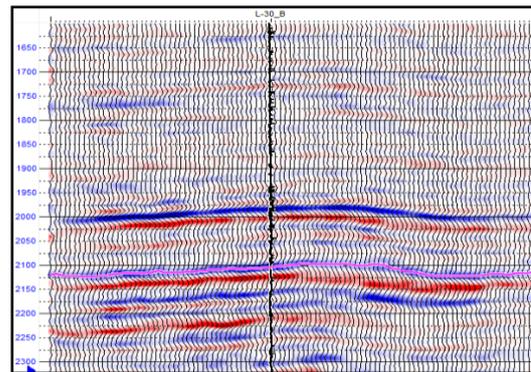
Analisis ini perlu dilakukan untuk mengetahui range sudut yang efektif pada penggunaan atribut ini. Gambar 16 menunjukkan kurva hubungan antara respon perubahan amplitudo model AVO kelas 3 setelah weighting energy dengan jangkauan sudut. Model AVO kelas 3 dipilih karena atribut ini unik hanya untuk AVO kelas 3. Dari kurva tersebut terlihat bahwa perubahan amplitudo tidak signifikan pada range sudut sempit (20°). Perubahan amplitudo yang signifikan bisa terlihat pada range sudut yang lebar ($30^{\circ} - 40^{\circ}$). Hal ini menunjukkan bahwa atribut ini bergantung kepada range sudut yang lebar dari data seismik agar memberikan hasil yang optimal.

5 KESIMPULAN

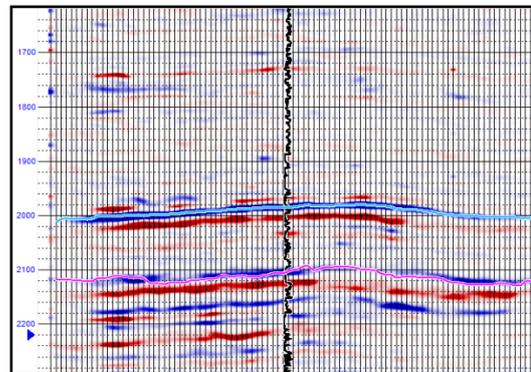
Pada data Penobscot, atribut EAVO dapat mengidentifikasi kehadiran hidrokarbon pada kedalaman sekitar 2639 m atau pada time 2100 ms. Hal ini sejalan dengan laporan RFT yang menemukan 3800 cc condensate dan 10 cf gas di zona tersebut. Atribut ini berhasil mengidentifikasi keberadaan hidrokarbon AVO kelas 3 yang jika dibandingkan dengan atribut AVO Product maka akan menunjukkan hal yang sama. Atribut ini dapat mengurangi ambiguitas anomali AVO pada data pre-stack dengan mampu membedakan anomali AVO kelas 3 dengan kelas lainnya termasuk anomali dari batubara. Atribut ini memberikan respon yang sama pada data seismik pre-stack dan post-stack. Selain itu, penerapan dan penggunaan atribut ini cepat dan sederhana.



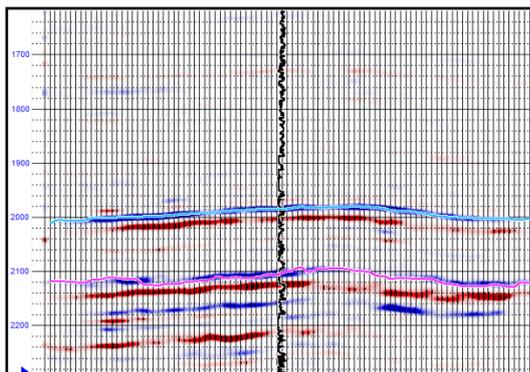
Gambar 9. Penampang seismik angle gather pada salah satu CDP lokasi sumur L-30 setelah diaplikasikan atribut EAVO.



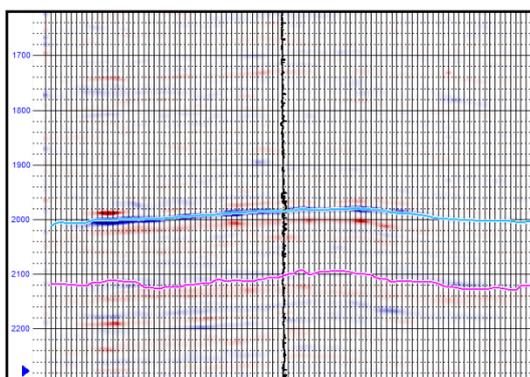
Gambar 10. Penampang stack dari seismik gather awal.



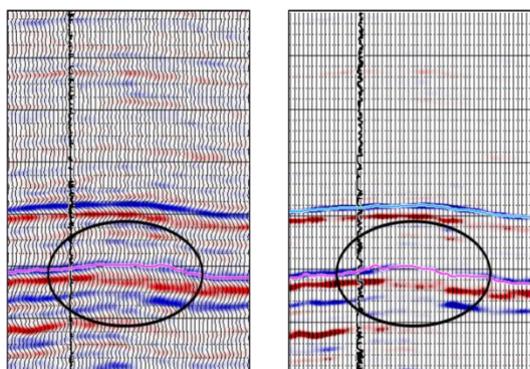
Gambar 11. Penampang stack dari seismik gather yang telah diaplikasikan atribut EAVO.



Gambar 12. Penampang seismik dengan mengaplikasikan langsung atribut EAVO pada data *post-stack*.



Gambar 13. Selisih antara kedua penampang sebelumnya.



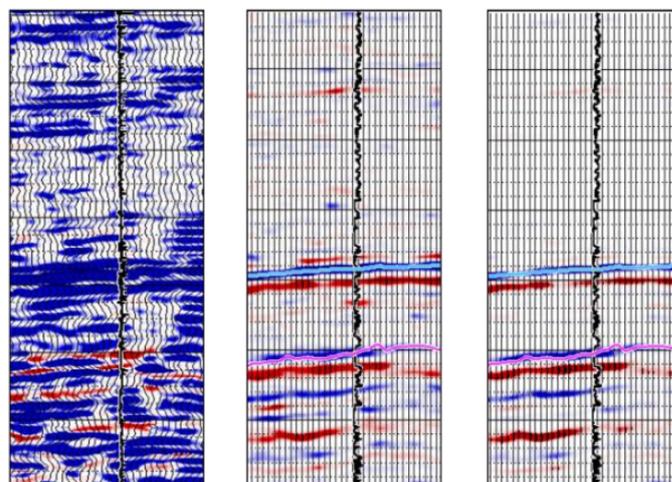
Gambar 14. Perbandingan deteksi hidrokarbon pada penampang seismik sebelum (kiri) dan sesudah (kanan) diaplikasikan atribut EAVO.

REFERENCES

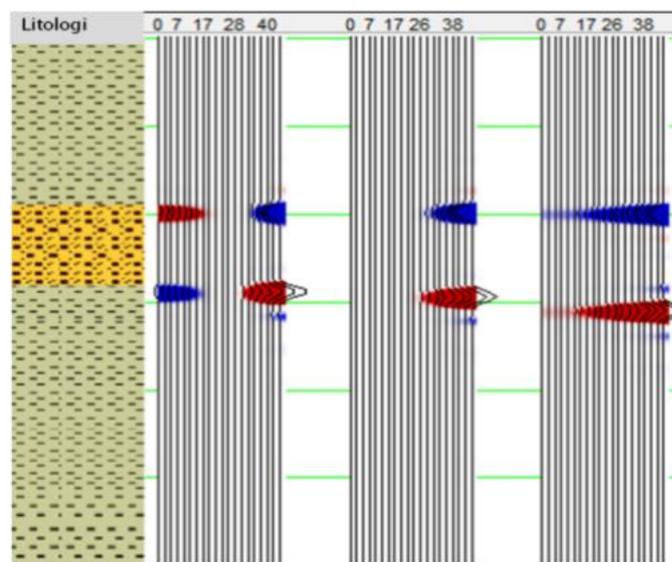
Farfour, M., Yoon, W. J., dan Jang, S. H. 2016. *Energy-Weighted Amplitude Variation with Offset: A new AVO attribute for Low Impedance Gas Sands*. Journal of Applied Geophysics, Elsevier, 129, 167-177.

Zoeppritz, K. 1919. *Erdbebenwellen VIII B, On the Reflection and Propagation of Seismic Waves*. Göttinger Nachrichten, I. pp. 66-84.

Shuey, R. T. 1985. *A simplification of the Zoeppritz equations*. Geophysics, 50, 609-614.



Gambar 15. Atribut Product ($A * B$) (kiri), atribut EAVO dari data *pre-stack* (tengah), dan data *post-stack* (kanan) menunjukkan respon anomali pada *gas sand* yang sama (ditunjukkan oleh panah).



Gambar 16. Kurva analisis efektivitas *range angle* pada atribut EAVO.