

## INVERSI AMPLITUDE VERSUS OFFSET UNTUK MENGETAHUI PENYEBARAN HIDROKARBON Di LAPANGAN “X”

Muhammad Nur Handoyo<sup>1</sup>, Agus Setyawan<sup>1</sup> dan Muallimin<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Fisika, Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Diponegoro

<sup>2</sup>Pertamina EP Region Jawa, Cirebon

Email : mnur\_handoyo@yahoo.com

### ABSTRACT

*Inversion of AVO (Amplitude Versus Offset) can be used to identify and mapping the spread of hydrocarbons on seismic data. The research was conducted on the field "X" TAF layer Talang Akar's formation's North West Java basin. AVO inversion performed to obtain angle stack, intercept, gradient and fluid factor attribute. The results of the angle stack analysis indicate AVO anomaly in TAF layer's. Based on the crossplot between the intercept with the gradient, TAF layer's included in Class III AVO anomaly. The results of fluid factor analysis showed TAF layer's has a negative value, that is estimated to have hydrocarbon potential*

**Key words:** Amplitude Versus Offset (AVO), angle stack, intercept, gradient, fluid factor.

### ABSTRAK

*Inversi AVO (Amplitude Versus Offset) dapat digunakan untuk mengidentifikasi dan memetakan penyebaran hidrokarbon pada data seismik. Penelitian ini dilakukan pada lapangan "X" lapisan TAF formasi Talang Akar cekungan Jawa Barat Utara. Inversi AVO dilakukan untuk memperoleh atribut angle stack, intercept, gradient dan fluid factor. Hasil analisa angle stack menunjukkan adanya anomali AVO pada lapisan TAF. Berdasarkan hasil crossplot antara intercept dengan gradient, lapisan TAF termasuk dalam anomali AVO kelas III. Hasil analisis atribut fluid factor menunjukkan lapisan TAF memiliki nilai negatif, sehingga diperkirakan memiliki potensi hidrokarbon.*

**Kata kunci:** Amplitude Versus Offset (AVO), angle stack, intercept, gradient, fluid factor.

### PENDAHULUAN

Di dalam kegiatan eksplorasi hidrokarbon, seismik refleksi merupakan salah satu metode yang sering digunakan. Metode ini dapat memberi gambaran struktur geologi bawah permukaan bumi dengan cukup baik. Hidrokarbon yang berada di bawah permukaan bumi biasanya tersimpan pada pori-pori batuan. Keberadaan hidrokarbon yang mengisi pori-pori batuan dapat menyebabkan pantulan yang kuat terhadap gelombang seismic (*bright spot*). *Bright spot* mulai dikenal sejak tahun 1970 dan dianggap sebagai salah satu indikator langsung mengenai keberadaan hidrokarbon yang terlihat pada penampang seismik. Di dalam kenyataannya, tidak semua *bright spot* mengandung hidrokarbon, banyak kondisi-kondisi bawah permukaan yang lain dapat memberikan efek *bright spot*, misal sisipan tipis batubara, batuan berpori atau rekah-rekah, lapisan garam, konglomerat, turbidit,

ataupun efek tuning dari lapisan tipis. Sehingga konsep *bright spot* yang terlihat pada penampang seismik, tidak menjadi jaminan tentang adanya hidrokarbon [1].

Orstander (1984) mulai mengembangkan metode analisa AVO (*Amplitude Versus Offset*) untuk mengamati *brighspot* pada penampang seismik [2]. Secara prinsip konsep AVO berdasar kepada suatu anomali bertambahnya amplitudo sinyal terpantul terhadap jarak dari sumber gelombang ke *geophone* penerima (*offset*). Inversi AVO merupakan proses mengubah data seismik kedalam reflektifitas-reflektifitas guna memperoleh berbagai macam atribut yang akan digunakan dalam memprediksi keberadaan hidrokarbon.

Pada tahun 2010, Supriyono melakukan penelitian AVO berdasarkan hasil inversi *extended elastic impedance (eei)* di daerah tinggian Pamanukan cekungan Jawa

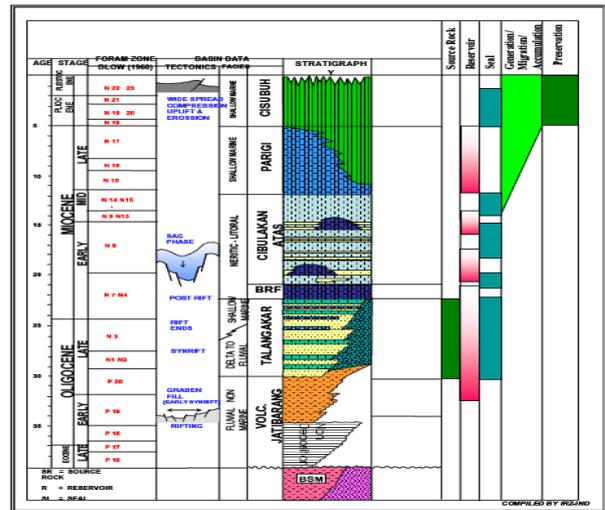
Barat Utara pada lapisan Talang Akar [3]. Berdasarkan hasil inversi *extended elastic impedance (eei)* yang dilakukan oleh Supriyono, lapisan formasi Talang Akar mempunyai potensi hidrokarbon. Sedangkan penelitian kami akan melakukan analisis AVO di lapangan “X” pada lapisan TAF formasi Talang Akar cekungan Jawa Barat Utara dengan menggunakan atribut *angle stack, intercept, gradient* dan *fluid factor*. Tujuan penelitian ini yaitu untuk mengetahui adanya anomali AVO berdasarkan hasil analisis atribut *angle stack*, mengetahui kelas anomali AVO dengan berdasarkan hasil *crossplot* antara atribut *intercept* dengan *gradient*, memprediksi keberadaan hidrokarbon berdasarkan hasil analisis atribut *fluid factor* dan mengetahui penyebaran hidrokarbon berdasarkan *horizon slice* dari masing-masing atribut.

**KAJIAN PUSTAKA**

**Geologi Regional**

Sedimentasi Cekungan Jawa Barat Bagian Utara mempunyai kisaran umur dari Kala Eosen Tengah sampai Kuartar. Deposit tertua adalah pada Eosen Tengah yaitu pada formasi Jatibarang yang terendapkan secara tidak selaras di atas batuan dasar.

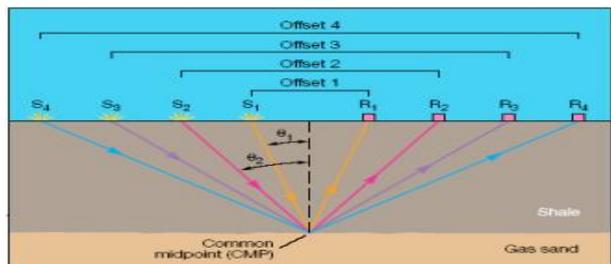
Urutan stratigrafi regional dari yang paling tua sampai yang muda adalah Batuan Dasar, Formasi Jatibarang, Formasi Cibulakan Bawah (Talang Akar, Baturaja), Formasi Cibulakan Atas (Massive, Main, Pre-Parigi), Formasi Parigi dan Formasi Cisubuh. Urutan stratigrafi tersebut dapat dilihat pada gambar 1 [4].



Gambar 1 Stratigrafi regional cekungan Jawa Barat Utara (Pertamina, 2008).

**Prinsip Dasar AVO (Amplitude Versus Offset)**

Analisis AVO bertumpu pada perubahan amplitudo sinyal terpantul terhadap jarak dari sumber gelombang ke *geophone* penerima (*offset*). Seperti terlihat pada gambar 2, semakin besar jarak antara sumber ke *geophone* penerima (*offset*) semakin besar pula sudut datangnya.



Gambar 2 Hubungan antara offset dengan sudut datang ( $\theta$ ) dan sinyal datang yang terekam dalam titik reflektor yang sama (Chiburis et al., 1993) [5].

**Persamaan Zoeppritz dan Aproksimasinya**

Persamaan dasar AVO pertama kali diperkenalkan oleh Zoeppritz (1919) dengan menggambarkan koefisien refleksi dan

transmisi sebagai fungsi dari sudut datang pada medium elastik (densitas, kecepatan gelombang P, kecepatan gelombang S) [6]. Persamaan Zoeppritz (1919) dapat dituliskan dalam persamaan (1):

$$\begin{bmatrix} \sin \theta_1 & \cos \phi_1 & -\sin \theta_2 & \cos \phi_2 \\ -\cos \theta_1 & \sin \phi_1 & -\cos \theta_2 & -\sin \phi_2 \\ \sin 2\theta_1 & \frac{v_{P1}}{v_{S1}} \cos 2\phi_1 & \frac{\rho_1 v_{S1}^2 v_{P1}}{\rho_1 v_{S1}^2 v_{P2}} \sin 2\phi_1 & -\frac{\rho_2 v_{S2}^2 v_{P1}}{\rho_1 v_{S1}^2} \cos 2\phi_2 \\ \cos 2\phi_1 & -\frac{v_{S1}}{v_{P1}} \sin 2\phi_1 & -\frac{\rho_2 v_{P2}}{\rho_1 v_{P1}} \cos 2\phi_2 & -\frac{\rho_2 v_{S2}}{\rho_1 v_{P1}} \sin 2\phi_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R_P \\ R_S \\ T_P \\ T_S \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\sin \theta_1 \\ -\cos \theta_1 \\ \sin 2\theta_1 \\ -\cos 2\theta_1 \end{bmatrix} \quad (1)$$

dengan  $R_P$  adalah amplitudo gelombang P refleksi,  $R_S$  adalah amplitudo gelombang S refleksi,  $T_P$  adalah amplitudo gelombang P transmisi,  $T_S$  adalah amplitudo gelombang S transmisi,  $v_P$  adalah kecepatan gelombang P,  $v_S$  adalah kecepatan gelombang S,  $\theta_1$  adalah sudut datang gelombang P,  $\theta_2$  adalah sudut bias gelombang P,  $\phi_1$  adalah sudut pantul gelombang S,  $\phi_2$  adalah sudut bias gelombang S,  $\rho$  adalah densitas.

Aki dan Richard (1980) melakukan pendekatan terhadap persamaan Zoeppritz [7]. Persamaan Aki dan Richard (1980) dapat ditulis sebagai persamaan (2):

$$R(\theta) = \left[ \frac{1}{2} \left( 1 - 4 \frac{v_S^2}{v_P^2} \sin^2 \theta \right) \right] \frac{\Delta \rho}{\rho} + \left[ \frac{1}{2} (1 + \tan^2 \theta) \right] \frac{\Delta v_P}{v_P} - \left[ 4 \frac{v_S^2}{v_P^2} \sin^2 \theta \right] \frac{\Delta v_S}{v_S} \quad (2)$$

Shuey (1985) memodifikasi pendekatan Aki dan Richard (1980) menjadi persamaan Shuey (1985) yang tertulis pada persamaan (3):

$$R(\theta) = \frac{1}{2} \left( \frac{\Delta v_P}{v_P} + \frac{\Delta \rho}{\rho} \right) + \left( \frac{1}{2} \frac{\Delta v_P}{v_P} - 4 \frac{v_S^2}{v_P^2} \frac{\Delta v_S}{v_S} - 2 \frac{v_S^2}{v_P^2} \frac{\Delta v_P}{v_P} \right) \sin^2 \theta + \frac{1}{2} \frac{\Delta v_P}{v_P} (\tan^2 \theta - \sin^2 \theta) \quad (3)$$

Untuk sudut yang kecil,  $\sin^2 \theta \approx \tan^2 \theta$ , sehingga persamaan (3) dapat dituliskan kembali menjadi persamaan (4):

$$R(\theta) = A + B \sin^2 \theta \quad (4)$$

Persamaan (4) merupakan persamaan linier dengan

$$A = \frac{1}{2} \left( \frac{\Delta v_P}{v_P} + \frac{\Delta \rho}{\rho} \right)$$

dan

$$B = \left( \frac{1}{2} \frac{\Delta v_P}{v_P} - 4 \frac{v_S^2}{v_P^2} \frac{\Delta v_S}{v_S} - 2 \frac{v_S^2}{v_P^2} \frac{\Delta v_P}{v_P} \right)$$

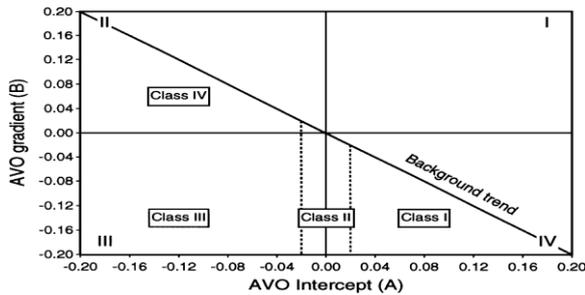
B merupakan *gradient* AVO sedangkan A merupakan *normal incidence reflectivity* yang dikenal sebagai *intercept* [8]. Persamaan (2) dapat digunakan untuk mendapatkan atribut inversi AVO *fluid factor*. *Fluid factor* merupakan indikator untuk mengetahui keberadaan hidrokarbon dan nilai *fluid factor* dapat diperoleh dengan persamaan (5):

$$\Delta F = \frac{\Delta v_P}{v_P} - 1,16 \frac{v_S}{v_P} \frac{\Delta v_S}{v_S} \quad (5)$$

Nilai *fluid factor* mendekati nol atau positif menunjukkan *background (non pay zone)*, nilai negatif menunjukkan keberadaan *shale* di atas gas *sand* [9].

### Klasifikasi AVO (*Amplitude Versus Offset*)

Rutherford dan Williams (1989) mengklasifikasikan anomali AVO berdasarkan kandungan minyak dan gas menjadi tiga kelas yaitu kelas I (*high impedance contrast sands*), kelas II (*near-zone impedance contrast sands*), kelas III (*low impedance contrast sands*) [10]. Castagna (1998) memperkenalkan *sandstone* kelas IV setelah ia melakukan *crossplot* AVO berdasarkan klasifikasi Rutherford dan Williams, yang ditunjukkan oleh gambar 3 [11].



Gambar 3 Crossplot antara intercept (A) dan gradient (B). (Rutherford dan William, 1989) (Castagna dkk., 1998).

**METODE PENELITIAN**

**Lokasi Penelitian**

Daerah yang menjadi objek penelitian adalah lapangan “X” yang merupakan salah satu lapangan PERTAMINA yang berada di Cekungan Jawa Barat Utara (gambar 4). Lapisan pada penelitian ini yaitu lapisan TAF formasi Talang Akar cekungan Jawa Barat Utara.



Gambar 4 Peta lokasi penelitian (Pertamina, 2008).

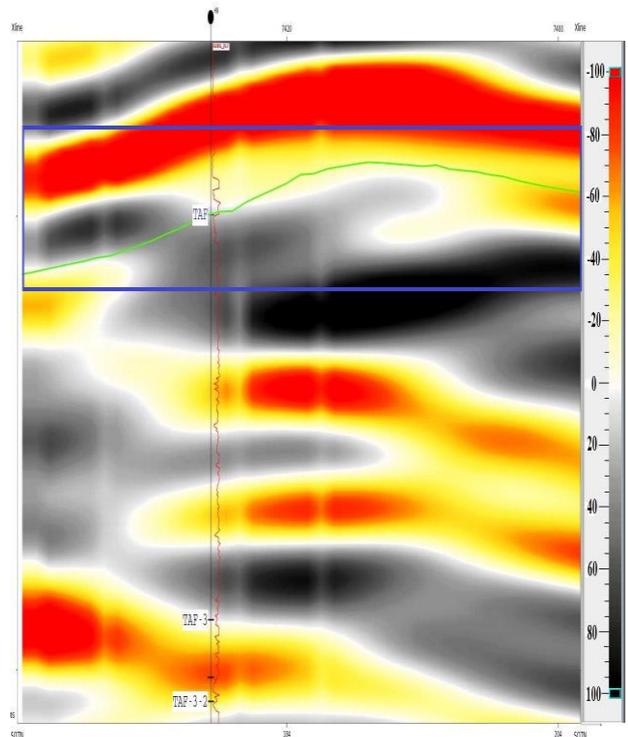
**Data Penelitian**

Data yang digunakan pada penelitian ini merupakan data sekunder yang berupa data seismik 3D *time migrated* CRP (*common reflection point*) gather, data sumur “X1” yang meliputi log densitas, log  $v_p$ ,  $v_s$  dan data checkshot. Semua data tersebut milik Pertamina EP Region Jawa.

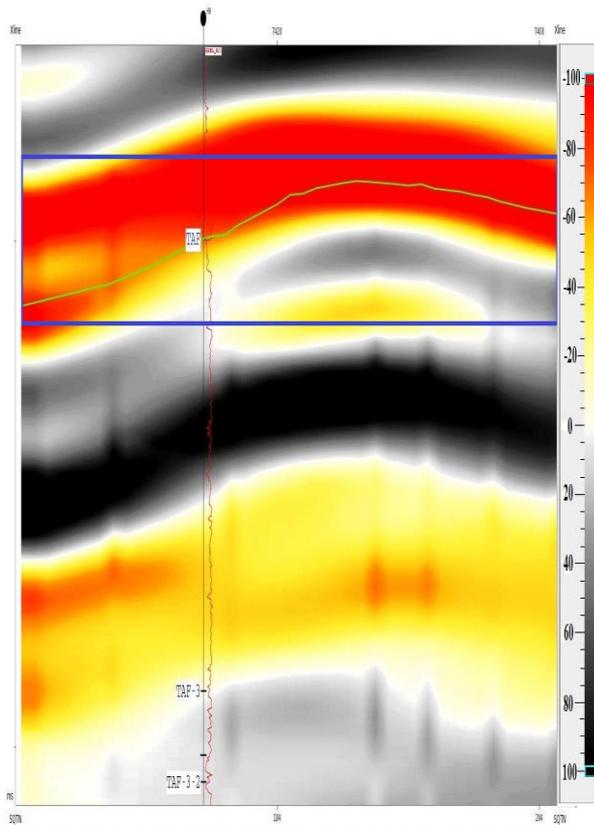
**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Analisis Atribut Angle Stack**

Atribut *angle stack* diperoleh dengan cara melakukan *stacking* pada data CRP *gather* berdasarkan sudut datang dari gelombang seismik. *Angle stack* menggambarkan perubahan amplitudo gelombang seismik dari sumber sampai sudut datang yang ditentukan. Batas sudut datang maksimal dalam penelitian ini adalah 35°. Gambar 5 merupakan penampang *near angle stack* (sudut 0-10°), lapisan TAF memiliki nilai reflektivitas -10 sampai -30 (kotak biru). Gambar 6 merupakan penampang *far angle stack* (sudut 20-35°), lapisan TAF memiliki nilai reflektivitas -80 sampai -100 (kotak biru). Adanya perbedaan nilai amplitudo pada penampang *near angle stack* dan *far angle stack* dapat dijadikan acuan untuk keberadaan hidrokarbon.

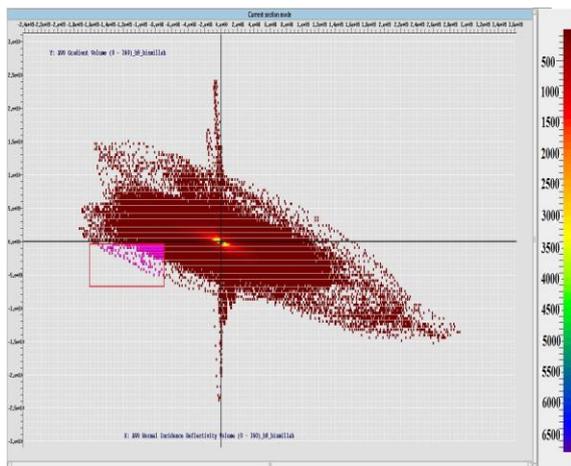


Gambar 5 Penampang seismik *near angle stack*.

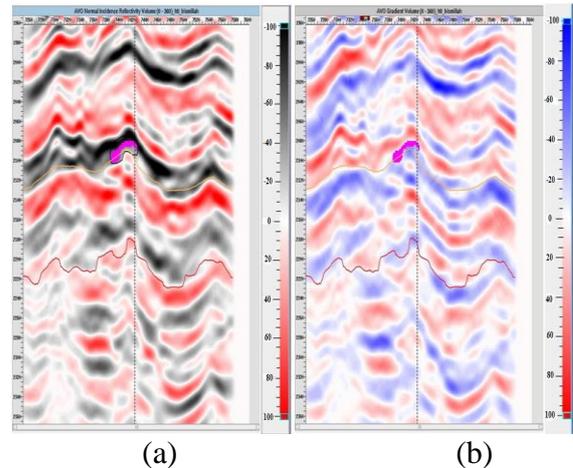


Gambar 6 Penampang seismik *far angle stack*.

**Analisis Crossplot Normal Incidence Reflectivity (Intercept) dan Gradient**



Gambar 7 Hasil *crossplot* normal incidence reflectivity (*intercept*) dengan *gradient*.



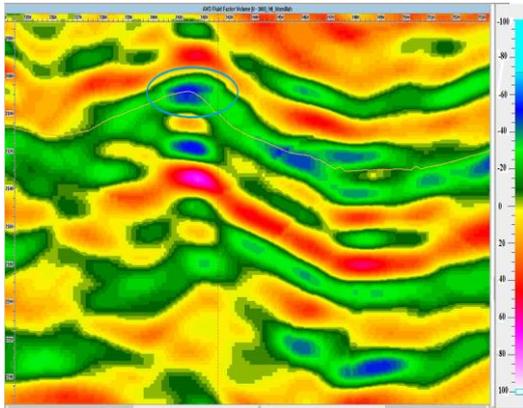
Gambar 8 (a) Penampang *normal incidence reflectivity* hasil *crossplot* (warna merah muda) (b) Penampang *gradient* hasil *crossplot* (warna merah muda)

Atribut *normal incidence reflectivity (intercept)* dan *gradient* diperoleh berdasarkan hasil inversi dengan menggunakan persamaan (3). Gambar 7 merupakan hasil *crossplot* antara *normal incidence reflectivity (intercept)* pada sumbu x dengan *gradient* pada sumbu y. Berdasarkan klasifikasi Rutherford dan William, hasil *crossplot* pada gambar 7 (a) menunjukkan bahwa daerah sekitar sumur “X1” lapisan TAF berada pada kuadran III (warna merah muda).

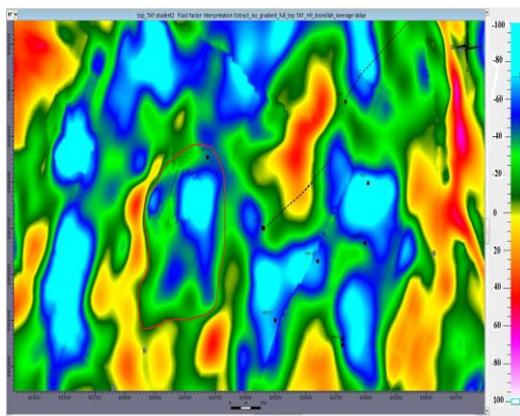
**Analisis Atribut Fluid Factor**

Atribut *fluid factor* dapat digunakan untuk memprediksi keberadaan hidrokarbon. Atribut *fluid factor* diperoleh berdasarkan hasil inversi AVO dengan menggunakan persamaan (2). *Reservoir* yang mengandung hidrokarbon diindikasikan dengan nilai *fluid factor* negatif. *Fluid factor* yang bernilai negatif disebabkan oleh penurunan kecepatan gelombang P karena keberadaan fluida hidrokarbon. Sedangkan kecepatan gelombang S tidak berubah karena sifat dari gelombang S yang tidak dapat merambat pada fluida. Gambar 9 merupakan penampang *fluid factor*. Pada gambar 9, *reservoir* lapisan TAF (lingkaran biru) memperlihatkan nilai *fluid factor* yang negatif, yaitu sekitar (-40) sampai (-60) dan

diperkirakan mempunyai potensi hidrokarbon. Gambar 10 merupakan *horizon slice* penampang *fluid factor* pada lapisan TAF. Garis merah pada gambar 10 memperlihatkan penyebaran hidrokarbon pada lapisan tersebut.



Gambar 9 Penampang *fluid factor*.



Gambar 10 *Horizon slice* penampang *fluid factor* pada lapisan TAF sumur "X1".

## KESIMPULAN

Kesimpulan dari hasil penelitian yang sudah penulis lakukan yaitu pada lapisan TAF sumur "X1" memperlihatkan adanya perbedaan antara *near angle stack* dengan *far angle stack* dan dapat dijadikan acuan awal untuk mengetahui penyebaran hidrokarbon. *Crossplot* antara *normal incidence reflectivity (intercept)* dan *gradient* menunjukkan lapisan TAF tergolong pada anomali AVO kelas III sesuai dengan klasifikasi Rutherford dan William (1989). Hasil analisis atribut *fluid factor* menunjukkan nilai negatif pada daerah sekitar lapisan TAF. Hal tersebut dapat

mengindikasikan keberadaan hidrokarbon pada lapisan tersebut. Analisis *horizon slice* pada penampang *fluid factor* dapat digunakan untuk memprediksi penyebaran hidrokarbon.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Sismanto, 1999, *Modul: 3, Interpretasi Data Seismik*, Geofisika FMIPA UGM, Yogyakarta.
- [2] Ostrander W.J., 1984, *Plane wave reflection coefficients for gas sands at non-normal angles of incidence*, *Geophysics* 49, pp 1637-1648
- [3] Supriyono, 2010, *Analisis Inversi Extended Elastic Impedance (EEI) Untuk Memprediksi Property Fisis Batuan Dari Data Seismik (Studi Kasus Lapangan "Kr" Formasi Talang Akar Cekungan Jawa Barat Utara)*. Skripsi S-1, FMIPA, Universitas Diponegoro, Semarang.
- [4] Pertamina, 2008, *Laporan Akhir Jasa Tenaga Ahli Pemodelan dan Interpretasi Seismik Tahun Anggaran 2007-2008*, Cirebon.
- [5] Chiburis, E., Leaney, S., Skidmore, C., Frank, C., and McHugo, S., 1993, *Hydrocarbon Detection with AVO*, *Oilfield Review*, Januari.
- [6] Zoeppritz, R., 1919, *On the reflection and propagation of seismic waves*, *Erdbebenwellen VIII B*; *Gottinger Nachrichten I*, pp 66-68.
- [7] Aki A., and Richard P.G., 1980, *Quantitative Seismology: Theory and Methods*, W.H. Freeman and Company.
- [8] Shuey, R.T., 1985, *A simplification of the Zoeppritz equations*, *Geophysics* 50, pp 609-614.
- [9] Smith, G.C., and Gidlow, P.M., 1987, *Weighted stacking for rock property estimation in gas sands*, *Geophys. Prosp.* 35, pp 993-1014.
- [10] Rutherford, S., and Williams, R., 1989, *Amplitude versus offset variation in gas sands*, *Geophysics* 54, pp 680-688.
- [11] Castagna, J.P., Swan, H.W., and Foster, D.J., 1998, *Framework For AVO Gradient and Intercept Interpretation*, *Geophysics*, 63, pp 948-956.