

Analisis AVO untuk Mengetahui Penyebaran Hidrokarbon Berdasarkan Faktor Fluida (Studi Kasus Lapangan “H” Formasi Talang Akar Cekungan Jawa Barat Utara)

Muhammad Nur Handoyo¹, Agus Setyawan², Mualimin Muhammad¹

¹Elnusa Geosains, Jl. TB Simatupang Kavling, Jakarta 12560

²Jurusan Fisika FMIPA UNDIP
muhammad.handoyo@elnusa.co.id

Received 26-02-2013, Revised 06-09-2013, Accepted 10-09-2013, Published 13-10-2013

ABSTRACT

Amplitude versus offset (AVO) inversion analysis can be used to determine the spread of hydrocarbons on seismic data. In this study we conducted AVO on reservoir layer Talang Akar's formation (TAF). AVO inversion results are angle stack, normal incident reflectivity (intercept), gradient and fluid factor. Angle stack attribute analysis showed an AVO anomaly in the reservoir TAF layer, amplitude has increased negative value from near angle stack to far angle stack. The result of crossplot normal incident reflectivity (intercept) with gradient indicates reservoir TAF layer including Class III AVO anomaly. While the analysis of fluid factor attribute has a negative value thus reservoir TAF layer indicates a potential hydrocarbon.

Key words: amplitude versus offset (AVO), angle stack, fluid factor, hydrocarbon.

ABSTRAK

Analisis inversi (*Amplitude Versus Offset*) AVO dapat digunakan untuk mengetahui penyebaran hidrokarbon pada data seismik. Penelitian AVO ini dilakukan pada *reservoir* lapisan (formasi Talang Akar) TAF. Hasil inversi AVO pada penelitian ini yaitu atribut *angle stack*, *normal incident reflectivity (intercept)*, *gradient* dan *fluid factor*. Analisa atribut *angle stack* memperlihatkan adanya anomali AVO pada *reservoir* lapisan TAF, amplitudo mengalami peningkatan ke arah negatif dari *near angle stack* ke *far angle stack*. Hasil *crossplot* atribut *normal incident reflectivity (intercept)* dengan *gradient* menunjukkan *reservoir* lapisan TAF termasuk anomali AVO kelas III. Sedangkan analisis atribut *fluid factor* mempunyai nilai negatif, sehingga *reservoir* lapisan TAF mengindikasikan adanya potensi hidrokarbon.

Kata kunci: *amplitude versus offset (AVO)*, *angle stack*, *fluid factor*, hidrokarbon.

PENDAHULUAN

Seismik refleksi merupakan salah satu metode dalam eksplorasi hidrokarbon. Metode ini dapat memberi gambaran keadaan geologi bawah permukaan bumi dengan cukup baik, sehingga perangkap-perangkap hidrokarbon dan *reservoir* hidrokarbon dapat terlihat dengan jelas.

Hidrokarbon biasanya berada pada pori-pori batuan yang memiliki nilai porositas tinggi. Keberadaan hidrokarbon yang mengisi pori-pori batuan dapat menyebabkan pantulan yang kuat terhadap gelombang seismik, gejala ini disebut *bright spot*. *Bright spot* mulai dikenal sejak tahun 1970 dan dianggap sebagai salah satu indikator langsung mengenai keberadaan akumulasi gas hidrokarbon yang terlihat pada penampang seismik. Di dalam praktek, tidak

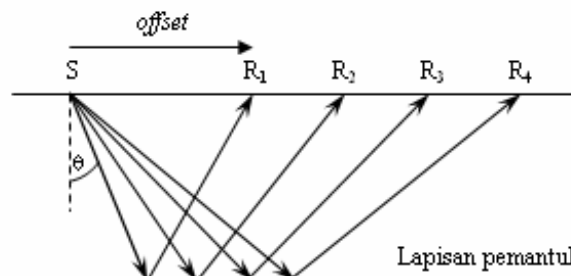
semua *bright spot* mengandung gas, banyak kondisi-kondisi bawah permukaan yang lain dapat memberikan efek *bright spot*, misal sisipan tipis batubara, batuan berpori atau rekah-rekah, lapisan garam, konglomerat, turbidit, ataupun efek tuning dari lapisan tipis. Sehingga konsep *bright spot* yang terlihat pada penampang seismik, tidak menjadi jaminan tentang adanya hidrokarbon ^[1].

Pada tahun 1982, Ostrander mulai mengembangkan metode analisa *Amplitude Versus Offset* (AVO). 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 2007, Sumirah dkk melakukan penelitian AVO di lapangan MERAH cekungan Jawa Barat Utara pada lapisan formasi Cibulakan Atas dengan menggunakan atribut *lambda rho* ($\lambda\rho$) dan *mu rho* ($\mu\rho$) ^[2]. Hasil inversi AVO yang dilakukan oleh Sumirah dkk menunjukkan lapisan formasi Cibulakan Atas mempunyai potensi hidrokarbon ^[2]. Sedangkan penelitian kami akan melakukan analisis AVO di lapangan "H" cekungan Jawa Barat Utara pada lapisan TAF sumur "H9" dengan menggunakan atribut *angle stack*, *normal incidence reflectivity (intercept)*, *gradient* dan *fluid factor*. Tujuan penelitian ini yaitu untuk mengetahui adanya anomali AVO dengan menggunakan atribut *angle stack*, mengetahui kelas anomali AVO dengan berdasarkan hasil *crossplot* antara atribut *normal incidence reflectivity (intercept)* dengan *gradient* dan untuk memprediksi keberadaan hidrokarbon dengan menggunakan atribut *fluid factor*.

LANDASAN TEORI

Prinsip Dasar *Amplitude Versus Offset* (AVO)



Gambar 1. Hubungan antara *offset* dan sudut datang (θ). Makin besar *offset*, makin besar pula sudut datangnya ^[3].

Analisis AVO bertumpu pada perubahan amplitudo sinyal terpantul terhadap jarak dari sumber gelombang ke *geophone* penerima (*offset*). Seperti terlihat pada gambar 1, semakin besar jarak antara sumber ke *geophone* penerima (*offset*) semakin besar pula sudut datangnya.

Persamaan Zoeppritz dan Aproksimasinya

Persamaan dasar AVO pertama kali diperkenalkan oleh Zoeppritz (1919) ^[4] dengan menggambarkan koefisien refleksi dan transmisi sebagai fungsi dari sudut datang pada medium elastik (densitas, kecepatan gelombang P, kecepatan gelombang S). Persamaan Zoeppritz (1919) dapat dituliskan dalam persamaan (1):

$$\begin{bmatrix} \sin \theta_1 & \cos \phi_1 & -\sin \theta_2 & \cos \phi_2 \\ -\cos \theta_1 & \sin \phi_1 & -\cos \theta_2 & -\sin \phi_2 \\ \sin 2\theta_1 & \frac{v_{p1}}{v_{s1}} \cos 2\phi_1 & \frac{\rho_2 v_{s2}^2 v_{p1}}{\rho_1 v_{s1}^2 v_{p2}} \sin 2\phi_1 & -\frac{\rho_2 v_{s2} v_{p1}}{\rho_1 v_{s1}^2} \cos 2\phi_2 \\ \cos 2\phi_1 & -\frac{v_{s1}}{v_{p1}} \sin 2\phi_1 & -\frac{\rho_2 v_{p2}}{\rho_1 v_{p1}} \cos 2\phi_2 & -\frac{\rho_2 v_{s2}}{\rho_1 v_{p1}} \sin 2\phi_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R_p \\ R_s \\ T_p \\ T_s \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\sin \theta_1 \\ -\cos \theta_1 \\ \sin 2\theta_1 \\ -\cos 2\phi_1 \end{bmatrix} \quad (1)$$

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, θ_1 adalah sudut datang gelombang P, θ_2 adalah sudut bias gelombang P, ϕ_1 adalah sudut pantul gelombang S, ϕ_2 adalah sudut bias gelombang S, ρ adalah densitas [4].

Aki dan Richard (1980) melakukan pendekatan terhadap persamaan Zoeppritz [5]. 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) [6]:

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

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

$$A = \frac{1}{2} \left(\frac{\Delta v_p}{v_p} + \frac{\Delta \rho}{\rho} \right) \text{ dan } B = \left(\frac{1}{2} \frac{\Delta v_p}{v_p} - 4 \frac{v_s^2}{v_p^2} \frac{\Delta v_s}{v_s} - 2 \frac{v_s^2}{v_p^2} \frac{\Delta v_p}{v_p} \right).$$

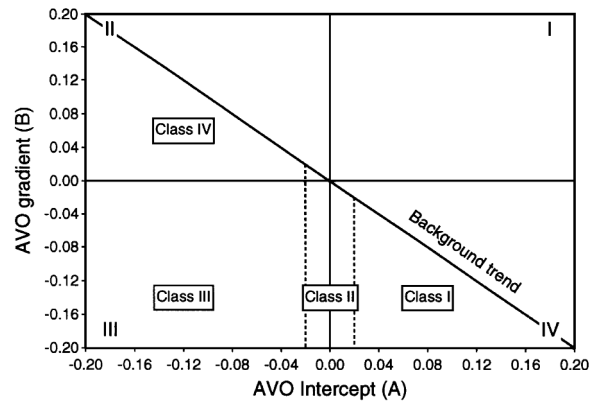
B merupakan *gradient AVO* sedangkan A merupakan *normal incidence reflectivity* yang dikenal sebagai *intercept* [6]. Persamaan (2) dapat digunakan untuk mendapatkan atribut inversi AVO *fluid factor*. *Fluid factor* merupakan indikator untuk mengetahui keberadaan hidrokarbon dan nilai *fluid factor* 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* [7].

Klasifikasi AVO

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*) [8]. Castagna (1998) memperkenalkan *sandstone* kelas IV setelah ia melakukan *crossplot* AVO berdasarkan klasifikasi Rutherford dan Williams, yang ditunjukkan oleh gambar 2 [9].



Gambar 2. Crossplot antara intercept (A) dan gradient (B).^{[8][9]}

METODE PENELITIAN

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 “H9” yang meliputi log densitas, log v_p , v_s dan data checkshot. Semua data tersebut milik Pertamina EP Region Jawa.

Metode Penelitian

Atribut *angle stack* diperoleh dengan cara melakukan *stacking* pada data CRP *gather* berdasarkan sudut datang.

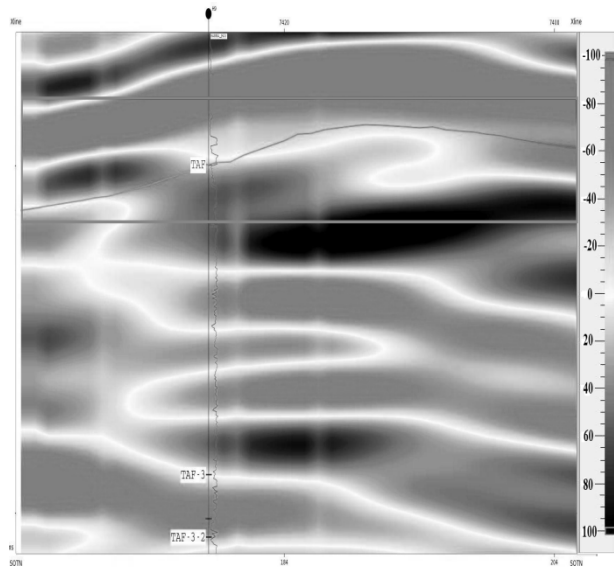
Atribut *normal incidence reflectivity (intercept)* dan *gradient* diperoleh berdasarkan hasil inversi dengan menggunakan persamaan (3). Kemudian dilakukan *crossplot* antara *intercept* dengan *gradient* untuk mengetahui kelas anomali AVO.

Atribut *fluid factor* diperoleh berdasarkan hasil inversi AVO dengan menggunakan persamaan (2).

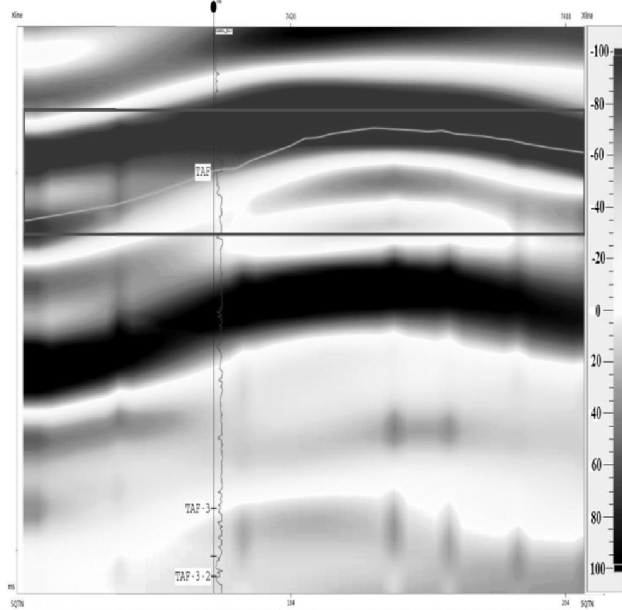
HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Atribut Angle Stack

Atribut *angle stack* dapat menggambarkan perubahan amplitudo gelombang seismik dari sumber sampai sudut yang ditentukan, dimana sudut tersebut menggantikan fungsi jarak. Batas sudut maksimal dalam penelitian ini adalah 35° . Gambar 3 merupakan penampang *near angle stack* (sudut $0-10^\circ$), lapisan TAF memiliki nilai reflektivitas -10 sampai -30 (kotak biru). Gambar 4 merupakan penampang *far angle stack* (sudut $20-35^\circ$), lapisan TAF memiliki nilai reflektivitas -80 sampai -100 (kotak biru). Hal tersebut berarti menandakan adanya peningkatan amplitudo ke arah negatif terhadap kenaikan *offset* dan daerah di sekitar lapisan TAF sumur “H9” diperkirakan mempunyai potensi hidrokarbon.



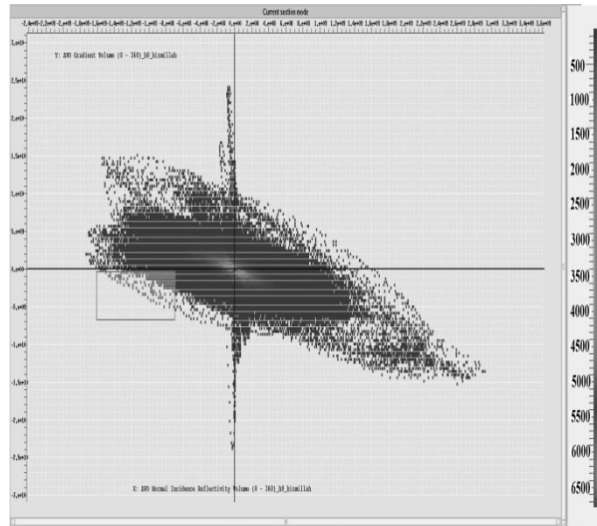
Gambar 3. (color online) Penampang seismik *near angle stack*.



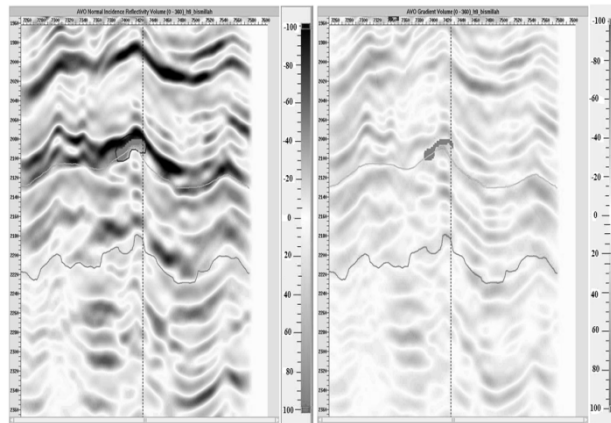
Gambar 4. (color online) Penampang seismik *far angle stack*.

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

Gambar 5 (a) memperlihatkan hasil *crossplot* antara *normal incidence reflectivity (intercept)* pada sumbu x dengan *gradient* pada sumbu y. Berdasarkan klasifikasi Rutherford dan William [8], hasil *crossplot* pada gambar 5 (a) menunjukkan bahwa daerah sekitar sumur H9 lapisan TAF berada pada kuadran III (warna pink).



(a)



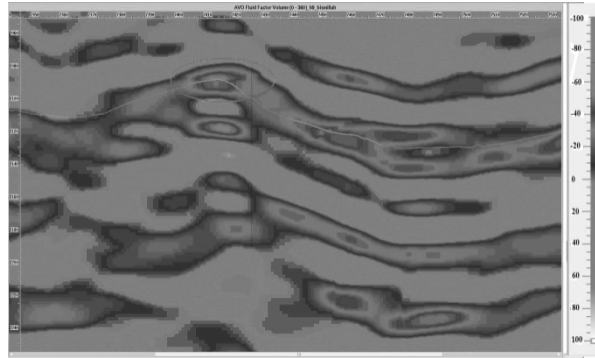
(b)

(c)

Gambar 5. (color online) (a) Hasil crossplot normal incidence reflectivity (intercept) dengan gradient (b) Penampang normal incidence reflectivity hasil crossplot (warna merah muda) (c) Penampang gradient hasil crossplot (warna merah muda)

Analisis Atribut Fluid Factor

Salah satu atribut AVO yang dapat digunakan untuk memprediksi keberadaan hidrokarbon adalah atribut *fluid factor*. Atribut *fluid factor* diperoleh dari deviasi *Mudrock line*. *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. Berdasarkan hal tersebut, dengan menggunakan persamaan yang diturunkan Smith dan Gidglow (1987) [7], *reservoir* yang mengandung hidrokarbon akan memiliki nilai *fluid factor* negatif. Pada gambar 6 penampang *fluid factor* inline 1749, *reservoir* lapisan TAF (lingkaran biru) memperlihatkan nilai *fluid factor* yang negatif, yaitu sekitar (-40) sampai (-60) dan diperkirakan mempunyai potensi hidrokarbon.



Gambar 6. (color online) Penampang *fluid factor*

KESIMPULAN

Kesimpulan dari hasil penelitian yang sudah penulis lakukan yaitu atribut *angle stack* pada lapisan TAF sumur "H9" memperlihatkan adanya perbedaan antara *near angle stack* dengan *far angle stack*. Hal tersebut dapat dijadikan petunjuk 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^[8]. Hasil analisis atribut *fluid factor* menunjukkan nilai negatif pada daerah sekitar lapisan TAF. Hal tersebut dapat mengindikasikan keberadaan hidrokarbon pada lapisan tersebut.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih saya kepada Pertamina EP Region Jawa atas berbagai data yang diberikan.

DAFTAR PUSTAKA

- 1 Sismanto. 1999. *Modul: 3, Interpretasi Data Seismik*, Geofisika FMIPA UGM: Yogyakarta
- 2 Sumirah. 2007. *Deteksi Reservoir Gas Menggunakan Analisis AVO dan Inversi $\lambda\rho$ & $\mu\rho$ Data Seismik 3D (Studi Kasus di PT. Pertamina DOH JBB Cirebon)*. Pusat Teknologi Sumberdaya Alam: Jakarta.
- 3 Munadi dan Suprajitno. 1993. AVO dan Eksplorasi Gas. *Lembaran publikasi LEMIGAS*, No.1, 3-13.
- 4 Zoeppritz, R. 1919. On the reflection and propagation of seismic waves, *Erdbebenwellen VIII B; Gotting Nachrichten I*, pp. 66-68.
- 5 Aki, A. and Richard, P.G. 1980. *Quantitative Seismology: Theory and Methods*, W.H.Freeman & Company.
- 6 Shuey, R.T. 1985. A simplification of the Zoeppritz equations. *Geophysics* 50, pp 609-614.
- 7 Smith, G.C. and Gidlow, P.M. 1987, Weighted stacking for rock property estimation in gas sands. *Geophys. Prosp.*, 35, pp 993-1014.
- 8 Rutherford, S., and Williams, R. 1989. Amplitude versus offset variation in gas sands. *Geophysics* 54, pp 680-688.
- 9 Castagna, J.P., Swan, H.W. and Foster, D.J. 1998. Framework For AVO Gradient and Intercept Interpretation. *Geophysics*, 63, pp 948-95.