



Prediksi Fluida Hidrokarbon Menggunakan *Amplitude Versus Offset* (AVO) di Lapangan “CHA”, Cekungan Sumatera Selatan

Hydrocarbon Fluid Prediction Using Amplitude versus Offset (AVO) In “CHA” Field, South Sumatera Basin

Istifani Ferucha¹, Ordas Dewanto, Muh. Sarkowi³, Rahmat C. Wibowo⁴, Nurul Hikmah⁵

^{1,2,3,4}Jurusan Teknik Geofisika, Fakultas Teknik, Universitas Lampung

⁵PT Pertamina EP Asset 2, Prabumulih, Sumatera Selatan

email : rahmat.caturwibowo@eng.unila.ac.id

Naskah diterima : 11 Agustus 2020, Revisi terakhir : 03 Desember 2020 Disetujui : 08 Desember 2020, Online : 08 Desember 2020

DOI: <http://dx.doi.org/10.33332/jgsm.geologi.21.4.217-225p>

Abstrak - Lapangan “CHA” yang berada di Sub-Cekungan Palembang, Cekungan Sumatera Selatan, merupakan lapangan tua yang hingga saat ini masih dilakukan eksplorasi dan eksploitasi. Dalam penelitian ini, zona target berada pada Formasi Talang Akar yang secara *petroleum system* diketahui sebagai batuan induk dan reservoir. Untuk mengetahui kandungan fluida hidrokarbon yang terkandung dalam reservoir tersebut, maka dilakukan prediksi fluida dengan menggunakan metode *Amplitude Versus Offset* (AVO). Data yang digunakan dalam penelitian ini terdiri atas data *3D pre-stack time migration* dan 2 data sumur (CHA-1 dan CHA-2) dengan kedalaman 1226-1300 ms pada sumur CHA-1 dan 1262-1340 ms pada sumur CHA-2. Berdasarkan analisis AVO, dapat diketahui bahwa zona target penelitian termasuk ke dalam AVO kelas I yang diketahui sebagai *high impedance contrast sand* serta memiliki respon penurunan AVO seiring dengan bertambahnya offset. Dengan demikian, dapat diketahui bahwa reservoir pada zona target tidak terindikasi keberadaan gas, melainkan terindikasi sebagai zona *wet sand* yang mengandung fluida berupa minyak. Hasil tersebut juga didukung dengan nilai saturasi air sebesar 48.27% pada sumur CHA-1, sedangkan pada sumur CHA-2 sebesar 36.85%.

Katakunci: Prediksi fluida hidrokarbon, AVO, *wet sand reservoir*, Formasi Talang Akar.

Abstract- The “CHA” Field in Palembang Sub-Basin, South Sumatera Basin, is an old field which have been explored and exploited. In this study, the target zone is in Talang Akar Formation which in petroleum system is known as source rock and reservoir. The hydrocarbon fluid prediction of the reservoir was carried out by using the *Amplitude Versus Offset* (AVO) method. The data that was used in this study are *3D pre-stack time migration* data and 2 wells data (CHA-1 and CHA-2) with a depth of 1226-1300 ms in CHA-1 well and 1262-1340 ms in CHA-2 well. Based on AVO analysis, the target zone of study belongs to class I AVO which is known as *high impedance contrast sand* and has a decreased response to AVO along with increasing offset. So, it can be seen that the reservoir in the target zone is not indicated the presence of gas, but is indicated as a *wet sand* zone containing fluid in the form of oil. This result is also supported by the water saturation value of 48.27% in the CHA-1 well, while in the CHA-2 well is 36.85%.

Keywords: Hydrocarbon fluid prediction, AVO, *wet sand reservoir*, Talang Akar Formation.

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Bahan bakar hidrokarbon khususnya minyak dan gas bumi merupakan sumber energi yang sangat diperlukan pada saat ini. Hal ini tidak lepas dari berbagai bidang kegiatan manusia yang mengandalkan penggunaan bahan bakar hidrokarbon. Seiring peningkatan akan kebutuhan bahan bakar minyak dan gasbumi, diperlukan upaya untuk meningkatkan produksi migas dengan mencari sumber-sumber hidrokarbon baru atau dengan dilakukannya pengembangan dan pengoptimalan produksi cadangan hidrokarbon di lapangan yang sudah ada (Soerjaningsih dkk.,2018).

Salah satu lapangan tua yang hingga saat ini masih dilakukan eksplorasi dan eksploitasi, yaitu Lapangan “CHA” yang berada pada Sub-Cekungan Palembang, Cekungan Sumatera Selatan. Target dalam penelitian ini berada di Formasi Talang Akar yang secara *petroleum system* diketahui sebagai batuan induk dan reservoir (Bishop, 2001).

Sehubungan dengan hal itu, untuk mengetahui letak dan sifat-sifat fisik suatu reservoir, maka dilakukan karakterisasi reservoir. Karakterisasi reservoir didefinisikan sebagai suatu proses untuk menjelaskan karakter reservoir secara kualitatif dan kuantitatif menggunakan data seismik sebagai data utama serta data pendukung lainnya (Sukmono, 2002).

Dalam mengkarakterisasi zona tersebut, diperlukan beberapa metode geofisika yang mampu memetakan persebaran litologi dan fluida hidrokarbon, seperti metode *Amplitude Versus Offset (AVO)*. Metode ini merupakan suatu teknik untuk mengkarakterisasi respon reservoir dengan bertambahnya sudut datang, bagaimana perubahan amplitudo yang terjadi. AVO terjadi akibat partisi energi pada bidang batas antar lapisan, dimana sebagian energi dipantulkan dan sebagian energi ditransmisikan. Konversi *P-Wave* menjadi *S-Wave* terjadi ketika gelombang seismik menuju batas antar lapisan memiliki sudut datang tidak sama dengan nol, sehingga kecepatan *P-Wave* (V_p) dan kecepatan *S-Wave* (V_s) akan berbeda pada bidang *interface*. Perbedaan kecepatan pada bidang batas tersebut menyebabkan variasi nilai koefisien refleksi, dimana nilai variasi tersebut menjadi dasar dari analisis AVO (Chiburis dkk., 1993).

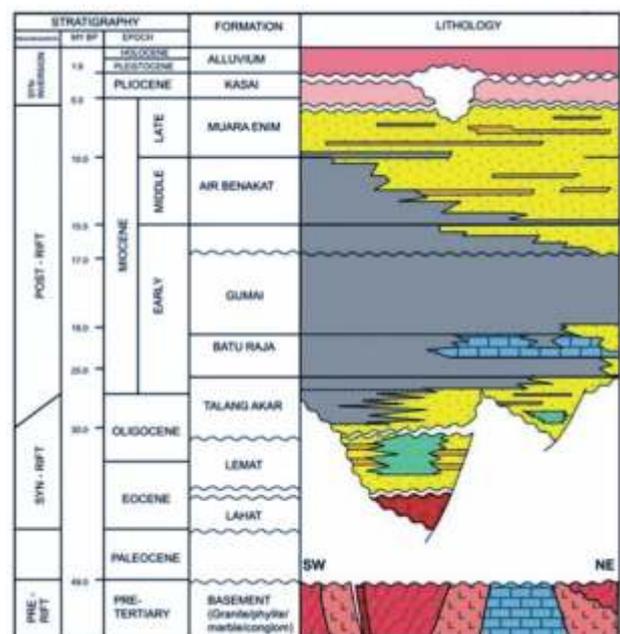
Tinjauan Pustaka

Cekungan Sumatera Selatan merupakan cekungan busur belakang (*back arc basin*) yang terbentuk akibat

interaksi antara Lempeng Indo-Australia dengan Lempeng Mikro-Sunda. Cekungan ini terbagi menjadi dua bagian utama, yaitu Sub-Cekungan Palembang (Utara, Tengah, Selatan) dan Sub-Cekungan Jambi (Milsom dan Eriksen, 2005).

Tektonik Cekungan Sumatera dipengaruhi oleh pergerakan konvergen antara Lempeng Hindia-Australia dengan Lempeng Paparan Sunda. Terdapat 3 kerangka tektonik utama pembentuk Cekungan Sumatera Selatan, yaitu *Syn-Rift Megasequence* (c.40-c.29 Ma), *Post-Rift Megasequence* (c.29-c.5 Ma), dan *Syn-Orogenic* atau *Inversion Megasequence* (c.5 Ma-sekarang)(Heidrick dan Aulia, 1993).

Stratigrafi Cekungan Sumatera Selatan terdiri atas beberapa formasi, antara lain Formasi Lahat, Formasi Talang Akar, Formasi Baturaja, Formasi Gumai, Formasi Air Benakat, Formasi Muara Enim, dan Formasi Kasai, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1. Penelitian ini difokuskan pada Formasi Talang Akar. Secara *petroleum system*, Formasi Talang Akar diketahui sebagai batuan induk (*source rock*) dan reservoir. Cekungan Sumatera Selatan menghasilkan hidrokarbon yang diperoleh dari batuan induk *terrestrial coal* dan *coaly shale* pada Formasi Talang Akar. Secara umum, Formasi Talang Akar terdiri atas *quartzone sandstone*, *siltstone*, dan *shale*, sehingga pada *sandstone* sangat baik untuk menjadi reservoir. Formasi Talang Akar diperkirakan mengandung 75% produksi minyak dari seluruh Cekungan Sumatera Selatan (Bishop, 2001).



Sumber:Ginger dan Fielding (2005).

Gambar 1. Stratigrafi Cekungan Sumatera Selatan.

METODOLOGI PENELITIAN

Metode Seismik Refleksi

Metode Seismik refleksi merupakan metode seismik yang memanfaatkan penjaralan gelombang yang terefleksi (Murdiman dan Namigo, 2016). Pada umumnya seismik refleksi digunakan untuk mendeteksi struktur bawah permukaan yang berada jauh di bawah permukaan. Dengan kata lain, gelombang ini memiliki cakupan rekaman struktur bawah permukaan yang cukup jauh dengan menggunakan frekuensi rendah (*low frequency*).

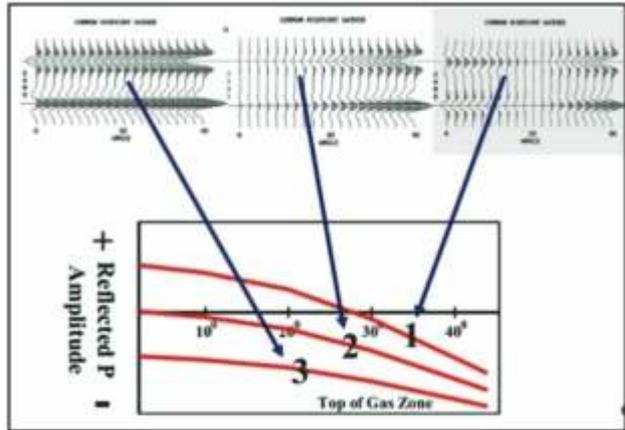
Seismik refleksi hanya mengamati gelombang pantul yang datang dari batas-batas formasi geologi (Danusaputro, 2010). Ketika gelombang seismik melalui lapisan batuan dengan impedansi akustik yang berbeda dari lapisan batuan yang dilalui sebelumnya, maka gelombang akan terbagi. Gelombang tersebut sebagian terefleksikan kembali ke permukaan dan sebagian diteruskan merambat ke bawah permukaan.

Amplitude Versus Offset (AVO)

Amplitude Versus Offset (AVO) merupakan suatu konsep yang didasari oleh perubahan amplitudo gelombang pantul seiring bertambahnya sudut datang. Respon amplitudo yang dihasilkan dapat menafsirkan perubahan properti dalam suatu formasi (Chiburis, 1984). Konsep AVO ini dapat digunakan untuk menganalisis respon amplitudo pada data seismik yang berasosiasi dengan kehadiran gas dalam reservoir (Ostrander, 1984).

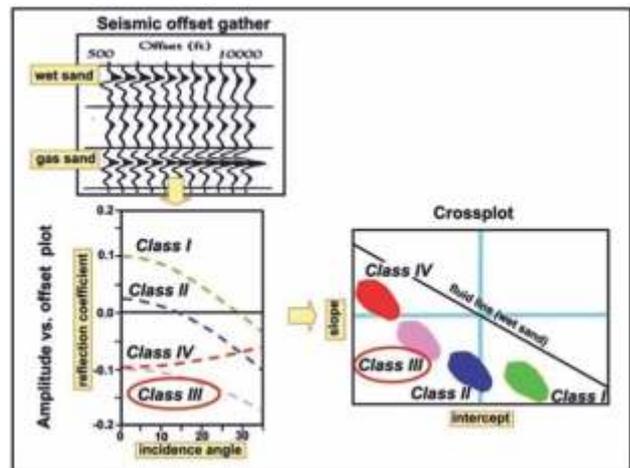
Rutherford dan Williams (1989) mengklasifikasikan anomali AVO menjadi tiga kelas berdasarkan koefisien reflektivitas *P-wave* dengan sudut datang normal, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2. Castagna dkk. (1998) memperoleh klasifikasi AVO kelas IV dengan memperluas klasifikasi Rutherford dan Williams (1989) berdasarkan *top gas sand* pada *crossplot intercept* dan *gradient*, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3. Pada tahun 2003, Young dan LoPiccolo memperoleh 5 kelas klasifikasi AVO berdasarkan *crossplot* antara *intercept* dan *gradient* terhadap persebaran data AVO, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.

Klasifikasi AVO selanjutnya dilakukan oleh Goodway dkk. (2008) yang menyebutkan bahwa terdapat enam kelas klasifikasi AVO berdasarkan parameter reflektivitas *P-wave* dan reflektivitas *S-wave*, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.



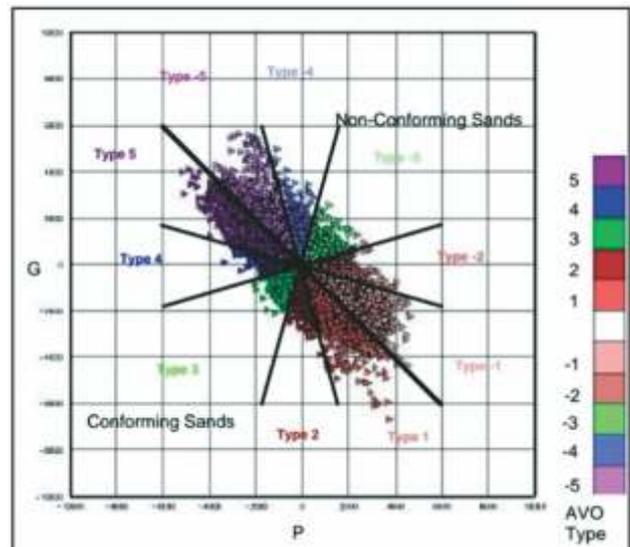
Sumber: Rutherford dan Williams (1989).

Gambar 2. Klasifikasi 3 kelas AVO.



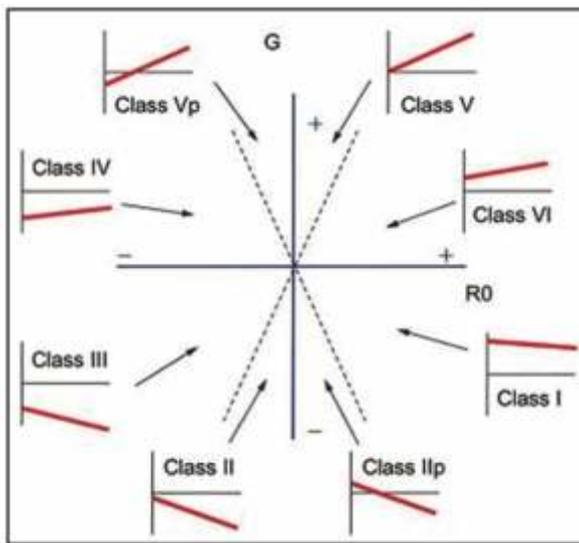
Sumber: Castagna dkk. (1998).

Gambar 3. Klasifikasi 4 kelas AVO.



Sumber: Young dan LoPiccolo (2003).

Gambar 4. Klasifikasi 5 kelas AVO.



Sumber: Goodway (2008).

Gambar 5. Klasifikasi 6 kelas AVO.

Perangkat dan Data Penelitian

Adapun perangkat dan data penelitian yang diperlukan dalam penelitian ini terdiri atas *Software Geoview Humpson Russel Suite (HRS-9 Beta 64.1)*, *Software Interactive Petrophysics v 3.0*, data 3D seismik *Pre-Stack Time Migration*, data sumur, data *checkshot*, dan *data marker*.

Prosedur Penelitian

1. Analisis Data Sumur

Analisis data sumur ini dilakukan secara kualitatif dan kuantitatif. Analisis kualitatif dilakukan untuk mengetahui zona prospek hidrokarbon yang dicirikan dengan adanya lapisan permeabel serta separasi antara *log density* dan *log neutron*. Sementara, analisis kuantitatif dilakukan untuk mengetahui nilai saturasi air pada setiap sumur.

2. Analisis Data Seismik

Analisis data seismik dilakukan untuk mengetahui respon anomali *brightspot* pada zona prospek hidrokarbon di kedua data sumur CHA-1 dan CHA-2.

3. Well to Seismic Tie

Well to seismic tie merupakan proses pengikatan data sumur dengan data seismik, dimana data sumur yang berdomain kedalaman akan diubah ke dalam domain waktu dengan bantuan data *checkshot* dan *data marker*.

4.x Analisis Amplitude Versus Offset (AVO)

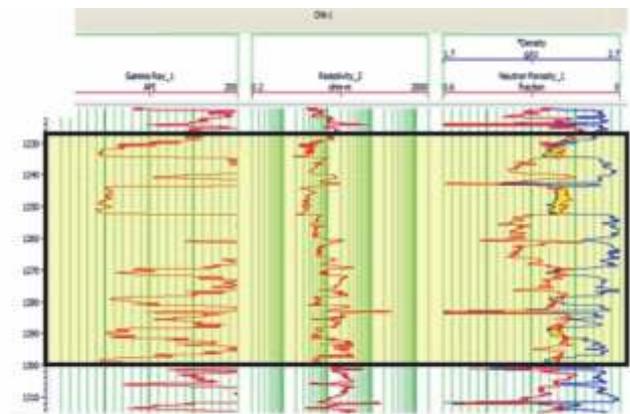
Dalam analisis AVO dilakukan *AVO gradient analysis* dan *AVO attribute volume*. *AVO gradient analysis* akan memberikan informasi berupa kelas-kelas AVO, sedangkan *AVO attribute volume* akan memberikan informasi berupa litologi maupun persebaran atribut AVO pada daerah penelitian.

HASIL DAN DISKUSI

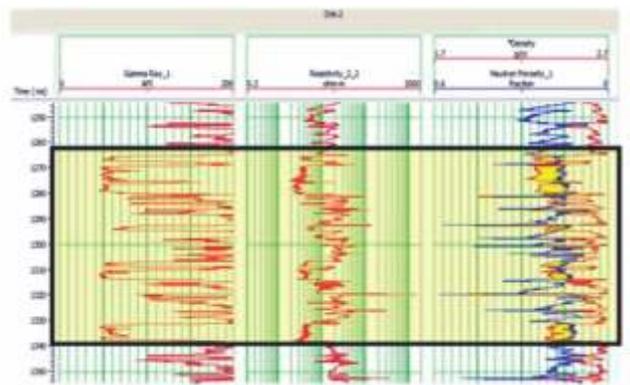
Analisis Data Sumur

1. Analisis Kualitatif

Zona target pada sumur CHA-1 berada pada kedalaman 1226-1300 ms, dimana pada *range* kedalaman tersebut terdapat 4 *interest zone reservoir* batupasir yang bersifat permeabel serta memiliki separasi antara *log density* dan *log neutron porosity*, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6, sedangkan pada sumur CHA-2 berada pada kedalaman 1262-1340 ms dengan 7 *interest zone reservoir* batupasir, seperti yang terlihat pada Gambar 7. Namun, zona target penelitian merupakan zona *low resistivity* sehingga nilai resistivitas tidak dapat dijadikan acuan dalam penentuan jenis fluida reservoirnya.



Gambar 6. Zona target pada Sumur CHA-1.



Gambar 7. Zona target pada Sumur CHA-2.

2. Analisis Kuantitatif

Dalam penelitian ini dilakukan analisis kuantitatif berupa penentuan saturasi air di setiap zona target pada kedua sumur. Dapat diketahui nilai *cutoff water saturation* (S_w) pada zona target penelitian ini memiliki nilai sebesar 0.4827 atau 48.27% pada sumur CHA-1 dan sebesar 0.3685 atau 36.85% pada sumur CHA-2, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 8 dan Gambar 9. Jika dilihat dari besarnya nilai saturasi air di kedua sumur tersebut, maka dapat diperkirakan bahwa jenis fluida yang terkandung dalam reservoir adalah minyak. Hal tersebut dapat diketahui berdasarkan acuan besarnya nilai $S_w < 25\%$ dianggap sebagai gas, $25\% > S_w < 75\%$ dianggap minyak, $S_w > 75\%$ dianggap sebagai air (Irawan dan Utama, 2009). Selain itu, dapat ditinjau pula berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, reservoir pada Formasi Talang Akar Cekungan Sumatera Selatan, mengandung fluida minyak (Utama dkk., 2020).

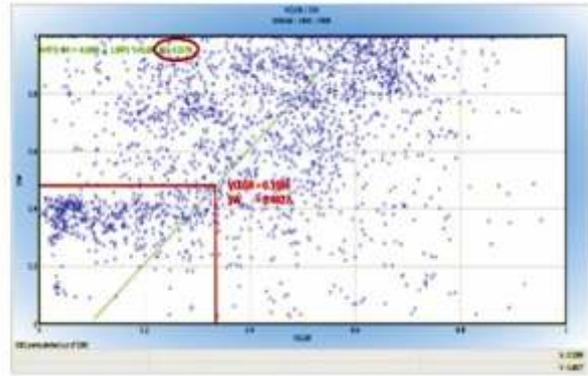
Analisis Data Seismik

Analisis data seismik dalam penelitian ini dilakukan pada *data gather* dan *data stack* di masing-masing sumur untuk melihat respon anomali *brightspot* atau perubahan nilai amplitudo seiring dengan pertambahan *offset*. Pada Gambar 10 dan Gambar 11 menunjukkan adanya anomali *brightspot* pada *interest zone* di kedua data sumur CHA-1 dan CHA-2 yang ditunjukkan dalam kotak berwarna kuning.

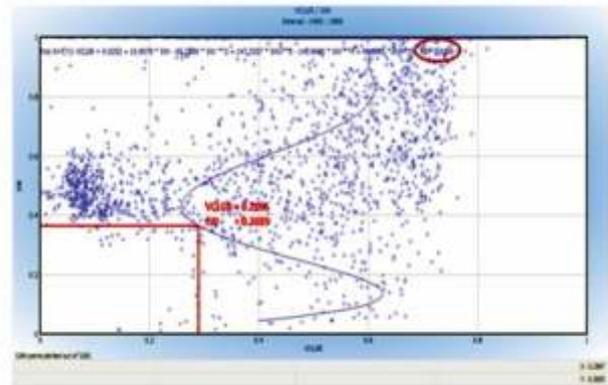
Dapat terlihat pula pada data *partial angle stack* yang ditunjukkan oleh Gambar 12, berdasarkan hasil tersebut dapat terlihat adanya perubahan amplitudo seismik yang mengalami penurunan respon atau semakin melemah (*dimming*) seiring dengan bertambahnya sudut. Respon ini mengindikasikan bahwa zona target penelitian merupakan zona *wet sand*, sehingga dalam reservoir tersebut tidak mengandung fluida gas

Well to Seismic Tie

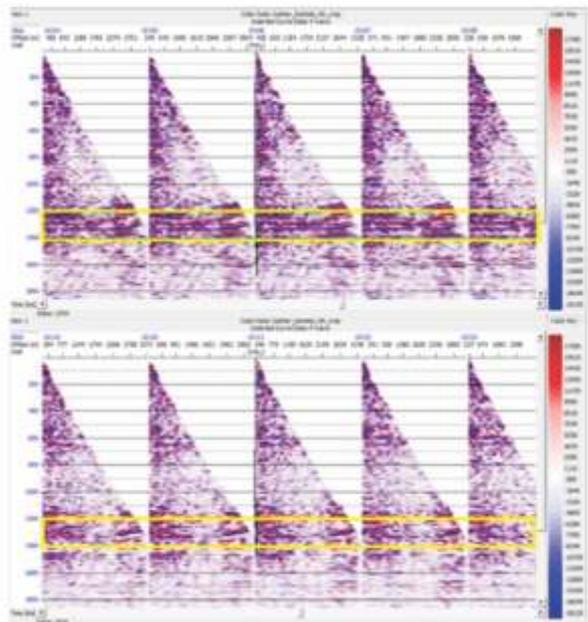
Sebelum dilakukan *well to seismic tie*, dapat diketahui bahwa terjadi *shifting* atau pergeseran sebesar -22 ms pada sumur CHA-1 dan -85 ms pada sumur CHA-2. Setelah dilakukan *well to seismic tie*, dapat diketahui bahwa korelasi pada sumur CHA-1 sebesar 0.792 dengan *time shift* 0 ms, sedangkan korelasi sumur CHA-2 sebesar 0.731 dengan *time shift* 0 ms.



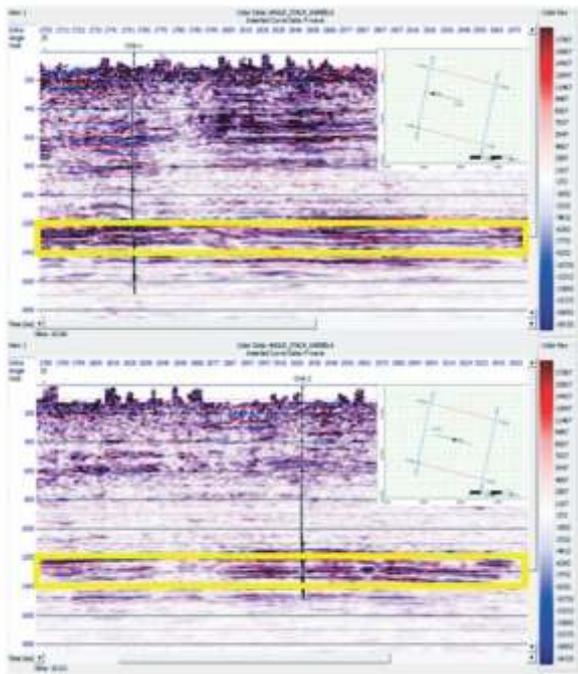
Gambar 8. Cutoff VCLGR-Sw Sumur CHA-1.



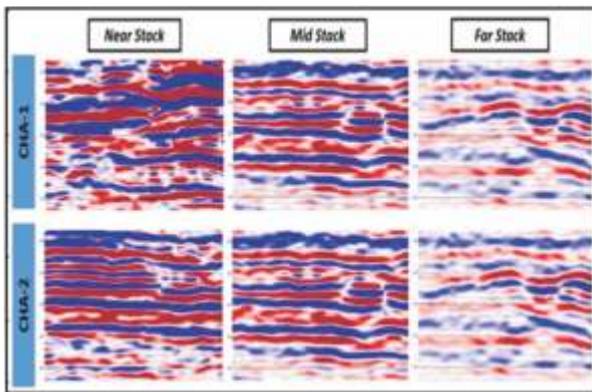
Gambar 9. Cutoff VCLGR-Sw Sumur CHA-2.



Gambar 10. Anomali *brightspot* pada *data gather* di Sumur CHA-1 (atas) dan Sumur CHA-2 (bawah).



Gambar 11. Anomali *brightspot* pada *data stack* di Sumur CHA-1 (atas) dan Sumur CHA-2 (bawah).



Gambar 12. Respon amplitudo pada *partial angle stack*.

Analisis Amplitude Versus Offset

1. AVO Gradient Analysis

Plotting *AVO gradient analysis* dilakukan dengan target di sumur CHA-1 pada 1238 ms, sedangkan di sumur CHA-2 pada 1282 ms. Plotting amplitudo dengan *two term Aki-Richards* didasarkan pada nilai *intercept* dan *gradient*. Pada *gradient curve* sumur CHA-1 dan CHA-2, menunjukkan nilai amplitudo yang semakin menurun seiring dengan bertambahnya sudut. Selain itu, dapat terlihat pula bahwa hasil *crossplot* antara *intercept* dan *gradient* berada pada kuadran IV. Hal tersebut menunjukkan bahwa zona target berada pada *intercept* yang bernilai positif (+) dan *gradient* yang bernilai negatif (-), seperti yang

terlihat pada Gambar 13 dan Gambar 14. Berdasarkan *AVO gradient analysis* yang telah dilakukan menunjukkan bahwa zona target berada pada AVO kelas I yang merupakan *high impedance contrast sands*, dimana reservoir kelas ini mempunyai nilai impedansi akustik yang lebih tinggi dibandingkan dengan lapisan *shale* di sekitarnya.

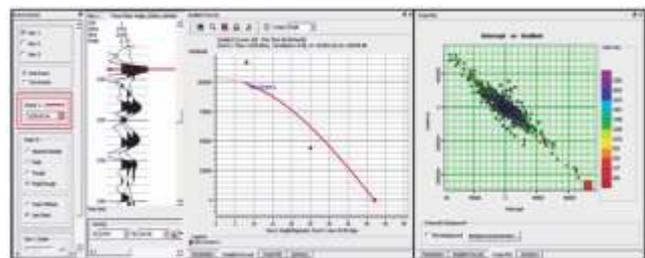
2. AVO Attribute Volume

Analisis atribut AVO terbagi menjadi atribut primer dan atribut sekunder. Atribut primer terdiri atas *intercept* (A) dan *gradient* (B). Atribut sekunder terdiri atas *product* (A*B) dan *scaled poisson's ratio change* (aA+bB).

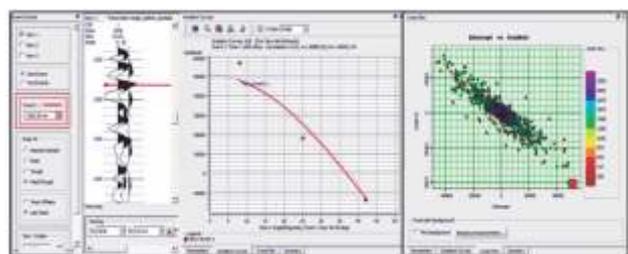
a) Atribut Primer AVO

Atribut primer AVO dari persamaan Aki-Richard, yaitu berupa *intercept* (A) dan *gradient* (B). *Intercept* dapat didefinisikan sebagai nilai koefisien refleksi atau reflektivitas gelombang P pada sumbu sudut datang nol. Pada zona target yang berada pada lingkaran hitam menunjukkan bahwa nilai reflektivitas gelombang P berwarna merah (+). Hal tersebut menunjukkan bahwa zona target memiliki impedansi yang tinggi. *Intercept* pada zona target sumur CHA-1 dapat terlihat pada Gambar 15, sedangkan *intercept* pada zona target sumur CHA-2 dapat terlihat pada Gambar 16.

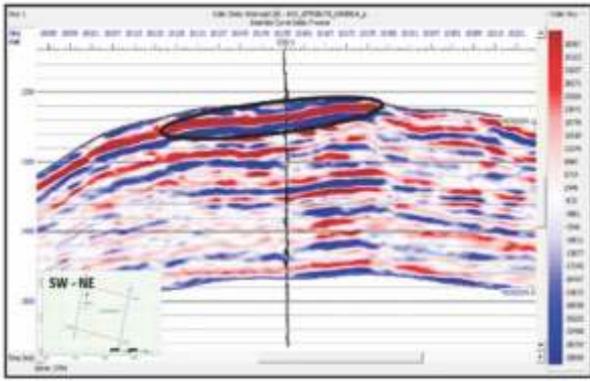
Atribut primer AVO selanjutnya berupa *gradient*. *Gradient* merupakan atribut AVO yang dapat menggambarkan perubahan amplitudo relatif dengan sudut datang. Kenaikan amplitudo yang semakin besar akan mempengaruhi perubahan *poisson's ratio*-nya. *Gradient* pada zona target sumur CHA-1 dapat terlihat pada Gambar 17, sedangkan *gradient* pada zona target sumur CHA-2 dapat terlihat pada Gambar 18.



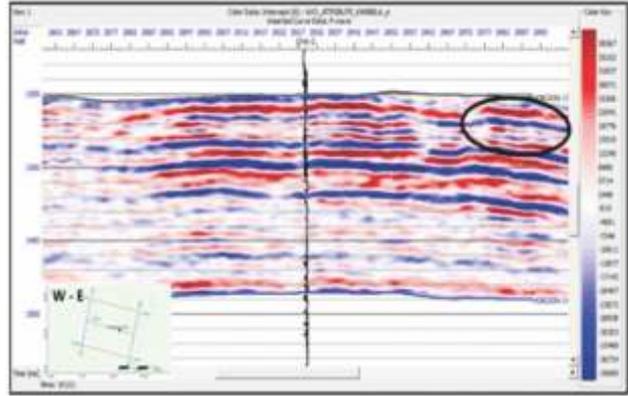
Gambar 13. AVO *gradient analysis two term* Aki-Richards CHA-1.



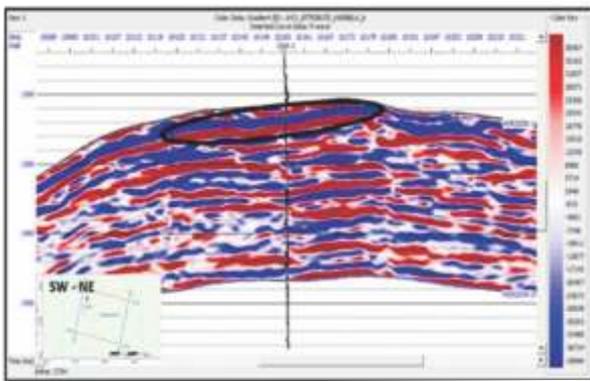
Gambar 14. AVO *gradient analysis two term* Aki-Richards CHA-2.



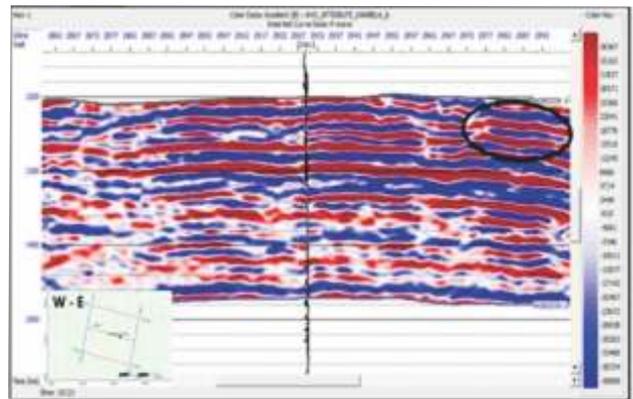
Gambar 15. Intercept pada Sumur CHA-1.



Gambar 16. Intercept pada Sumur CHA-2.



Gambar 17. Gradient pada Sumur CHA-1.



Gambar 18. Gradient pada Sumur CHA-2.

b) Atribut Sekunder AVO

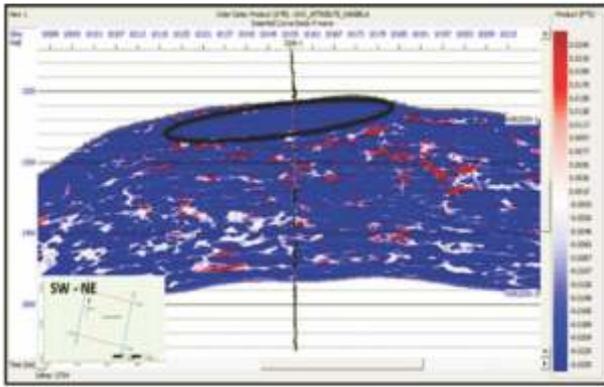
Dalam penelitian ini, hasil dari atribut sekunder AVO menggunakan persamaan Aki-Richard berupa *product* (A*B) dan *scaled poisson's ratio change* (aA+bB). *Product* merupakan hasil perkalian dari *intercept* dan *gradient* yang dapat digunakan untuk mengetahui *Direct Hydrocarbon Indicator* (DHI). Berdasarkan penampang *product* AVO seperti yang terlihat pada Gambar 19 dan Gambar 20, dapat diketahui bahwa *produk atribut A*B* pada zona target dalam lingkaran hitam ditunjukkan sebagai *brightspot zone* yang ditandai dengan warna biru (negatif) dan memiliki nilai sebesar -0.025 yang menunjukkan bahwa adanya penurunan nilai AVO pada zona target penelitian.

Terdapat pula atribut sekunder lainnya berupa *scaled poisson's ratio change*. Atribut ini merupakan perbandingan antara V_p dan V_s . Dimana, V_p/V_s menjadi indikator fluida pori. Dalam penelitian ini, atribut *scaled poisson's ratio change* menghasilkan

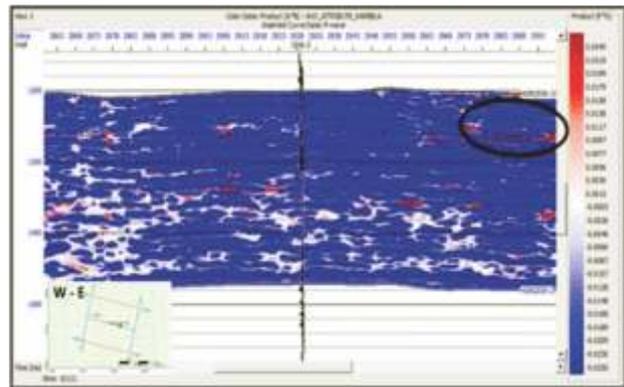
adanya perubahan dari nilai negatif (berwarna jingga) ke nilai positif (berwarna kuning) dikarenakan adanya kenaikan *poisson's ratio*. Hasil pada Gambar 21 dan Gambar 22 dalam lingkaran hitam menunjukkan nilai positif sebagai batupasir yang tersaturasi hidrokarbon.

Berdasarkan analisis AVO yang telah dilakukan, dapat diketahui bahwa zona target penelitian memiliki respon amplitudo yang akan semakin melemah (*dimming*) seiring dengan bertambahnya sudut. Kemudian, diketahui pula bahwa reservoir pada zona ini termasuk dalam klasifikasi AVO kelas I yang merupakan *high impedance contrast sands* dan terindikasi adanya keterdapatan fluida hidrokarbon berupa minyak.

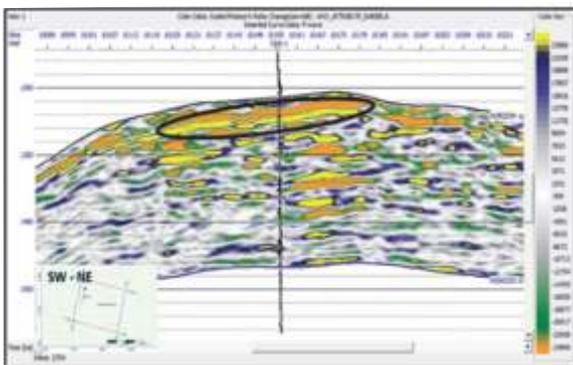
Meskipun secara umum diketahui bahwa AVO digunakan untuk mendeteksi keberadaan gas dan tidak dapat mendeteksi keberadaan minyak, namun hasil analisis AVO dalam penelitian ini menunjukkan bahwa metode ini memiliki potensi besar dalam memprediksi properti reservoir minyak. Hal tersebut juga pernah dilakukan dalam penelitian yang dilakukan oleh Xiang Xie dkk. (2016).



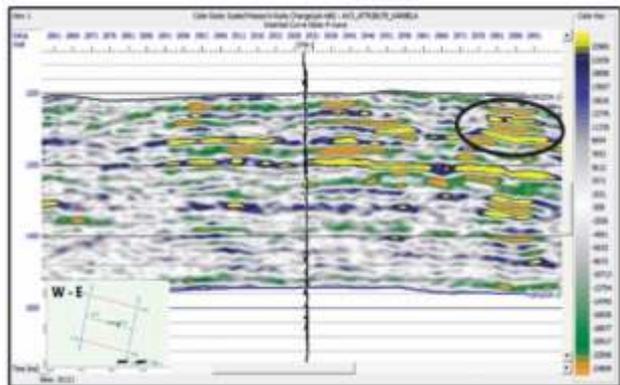
Gambar 19.Product Pada Sumur CHA-1.



Gambar 20.Product Pada Sumur CHA-2.



Gambar 21. Poisson's ratio pada Sumur CHA-1.



Gambar 22. Poisson's ratio pada Sumur CHA-2.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan analisis data seismik dan *Amplitude Versus Offset*, dapat diketahui bahwa reservoir pada zona target tidak terindikasi keberadaan gas, melainkan terindikasi sebagai *wet zone* yang termasuk dalam AVO kelas I yang merupakan *high impedance contrast sands*. Berdasarkan analisis data sumur, dapat diketahui bahwa nilai Sw pada sumur CHA-1 sebesar 48.27%, sedangkan pada sumur CHA-2 sebesar 36.85%. Besarnya nilai Sw tersebut mengindikasikan bahwa fluida hidrokarbon pada zona target berupa minyak.

Saran

Diperlukan sumur tambahan untuk meningkatkan korelasi dalam tahapan penelitian ini serta diperlukan adanya metode analisis pendukung lainnya, seperti analisis multi atribut, untuk memudahkan dalam mengetahui dan memetakan sebaran litologi maupun fluida hidrokarbon pada zona target penelitian dengan lebih baik dan detail.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada PT. Pertamina EP Asset 2 Prabumulih, Jurusan Teknik Geofisika Universitas Lampung, serta pihak-pihak terkait yang telah memberi saran dan dukungan dalam penelitian ini.

ACUAN

- Bishop, M.G., 2001. South Sumatra Basin Province, Indonesia: The Lahat-Talang Akar-Cenozoic Total Petroleum System. Open File Report 99-50-S. USGS.
- Castagna, J.P., Swan, H.W., and Foster, D.J., 1998. Framework for AVO Gradient and Intercept Interpretation. *Geophysics*, 63: 948-956.
- Chiburis, E.F., 1984. Analysis of Amplitude versus Offset to Detect Gas/Oil Contacts in the Arabian Gulf. *SEG Technical Program Expanded Abstracts 1984*.

- Chiburis, E., Leaney, S., Skidmore, C., Frank, C., and McHugo, S., 1993. Hydrocarbon Detection with AVO. *Oilfield Review*.
- Danusaputro, H., 2010. Inversi Model Based untuk Gambaran Litologi Bawah Permukaan. *Jurnal Sains dan Matematika (JSM)*, 88-93.
- Soerjaningsih, Sidemen, I.G.S., Tursilowulan, dan Apriani, D., 2018. Mewujudkan Ketahanan Energi. *Jurnal Migas Issue 02, Juli-Desember 2018*. Direktorat Jenderal Minyak dan Gas Bumi, Jakarta.
- Ginger D. and Fielding K, 2005. The Petroleum System and Future Potential of the South Sumatra Basin. *Proceeding of Indonesian Petroleum Association 2005*, IPA 05-G-039, p. 67.
- Goodway, B., Szelewski, C., Overell, S., Corbett, N., and Skrypnek, T., 2008. Calibrated AVO and LMR Analysis Using a New DHI Flat-Spot AVO Class 6 Contact to Mitigate Reservoir Risk at Stonehouse, Offshore Nova Scotia. *CSEG Recorder*, 8: 22-32.
- Heidrick, T.L. and Aulia, K, 1993. A Structural and Tectonic Model of the Coastal Plain Block, Central Sumatra Basin, Indonesia. *Indonesian Petroleum Assosiation, Proceeding 22th Annual Convention, Jakarta*, 1: 285-316.
- Irawan, D. dan Utama, W., 2009. Analisis Data Well Log (Porositas, Saturasi Air, dan Permeabilitas) untuk Menentukan Zona Hidrokarbon, Studi Kasus: Lapangan "ITS" Daerah Cekungan Jawa Barat Utara. *Jurnal Fisika dan Aplikasinya*, 5(1), Januari 2009.
- Milsom, J. and Eriksen Asger, 2005. *Field Geophysics 4th Edition*. Wiley Blackwell.
- Murdiman, I. dan Namigo, E.L., 2016. Analisis Kecepatan Seismik dengan Metode Tomografi Residual Moveout. *Jurnal Fisika UNAND*, 5(4) Oktober, 2016, ISSN 2302-8491.
- Ostrander W.J., 1984. Plane Wave Reflektion Coefficients for Gas Sands at Non-Normal Angles of Incidence. *Geophysics*, 49: 1637-1648.
- Pulunggono, A., Haryo, A., and Kosuma, C.G., 1992. Pre-Tertiary and Tertiary Fault Systems as a Framework of the South Sumatra Basin: A Study of SAR-Maps. *Proceedings Indonesian Petroleum Association 21st Annual Convention, Jakarta*.
- Rutherford, S. and William, R.H., 1989. Amplitude Versus Offset Variation in Gas Sands. *Geophysics*, 54(6): 680-688.
- Sukmono, S., 2002. *An Introduction to Seismik Reservoir Analysis, in Seismik Inversion and AVO Analysis for Reservoir Characterization*. Department of Geophysical Engineering ITB Bandung.
- Utama, P.B., Pratama, A.W., dan Capoeira, 2020. Analisis Petrofisika dan Kalkulasi Cadangan Hidrokarbon Reservoir X Formasi Talangakar Lapangan EZ Cekungan Sumatera Selatan. *Jurnal Teknik Kebumihan*, 5(2): 7-18.
- Xie, X., Deng, J., Wu, K., and Guo, N., 2016. AVO Sensitivity Factors of Heavy Oil Reservoirs and the Application on Petrophysical Property Prediction. *Society of Exploration Geophysicist's Poster*, October, 2016.
- Young, A.R. and LoPiccolo, D.R., 2003. *A Comprehensive AVO Classification*. The Leading Edge October, p.1030-1037.