

# KOMBINASI ANALISA DATA SUMUR, INVERSI SEISMIK DAN AMPLITUDE VERSUS OFFSET UNTUK KARAKTERISASI RESERVOAR PADA LAPANGAN B-1, SUB CEKUNGAN PALEMBANG SELATAN

M Ardian Pratama<sup>1\*</sup>, Mirza<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Sekolah Tinggi Teknologi Migas, Balikpapan

\*E-mail: [tama.utm@gmail.com](mailto:tama.utm@gmail.com)

## ABSTRACT

*The research area is the working area of PT. Pilon Petro Tanjung Lontar which is located in the southwest, South Palembang sub-basin. There are oil fields A, B, C and D which have been operating for almost 20 years. These four fields produce oil from the Muara Enim Formation Sandstone and are the focus of the reservoir in this study. The research location, called Field B-1, is an expansion area ("step out") from Field B. The results of seismic interpretation state that Field B-1 is an anticline wing of the B field structure so that there is little possibility of hydrocarbon accumulation in the low area and no further activity for development. However, the anticline wing area has the potential for hydrocarbon accumulation in the form of stratigraphic traps caused by gradual facies changes in the vertical direction as indicated by isolated strong amplitude indications in several seismic sections. Based on the results of bandlimited inversion, Field B-1 has a local anomaly that has relatively higher acoustic impedance and specific gravity values than the surrounding areas which also correlate with the results of the AVO analysis which is suspected of being a hydrocarbon accumulation with stratigraphic traps. The results of the AVO intercept\*gradient attribute analysis found an anomaly in the form of class 2p which means that the sandstone contains hydrocarbons with an oil type. To prove the results of this combination of analyses, it is necessary to propose a drilling well in the area where the anomaly exists so that validation can be carried out.*

**Keywords:** Oil fields, seismic inversion, Amplitude versus offset

## ABSTRAK

Daerah penelitian merupakan wilayah kerja PT. Pilon Petro Tanjung Lontar yang terletak di barat daya, sub cekungan Palembang selatan. Terdapat lapangan minyak A, B, C dan D yang beroperasi hampir 20 tahun. Keempat lapangan ini memproduksi minyak dari Batu Pasir Formasi Muara Enim dan menjadi fokus reservoir pada penelitian ini. Lokasi penelitian yang dinamakan Lapangan B-1, merupakan area perluasan ("step out") dari Lapangan B. Hasil interpretasi seismik menyatakan bahwa Lapangan B-1 merupakan sayap antiklin dari struktur lapangan B sehingga kecil kemungkinan akumulasi hidrokarbon pada daerah rendahan dan tiada aktivitas lanjut untuk pengembangan. Akan tetapi, daerah sayap antiklin berpeluang terdapatnya akumulasi hidrokarbon berupa perangkap stratigrafi yang disebabkan perubahan fasies secara bertahap ke arah vertikal yang ditunjukkan oleh indikasi *isolated strong amplitude* di beberapa penampang seismik. Berdasarkan hasil inversi *bandlimited*, Lapangan B-1 terdapat anomali lokal yang memiliki nilai impedansi akustik dan berat jenis yang relatif lebih besar daripada daerah disekitarnya yang juga berkorelasi dengan hasil analisis AVO yang dicurigai sebagai akumulasi hidrokarbon dengan perangkap stratigrafi. Hasil analisis atribut *AVO intercept\*gradient* didapati terdapat anomali berupa kelas 2p yang berarti batupasir mengandung hidrokarbon dengan tipe minyak. Untuk melakukan pembuktian dari hasil kombinasi analisis ini perlu diusulkan sumur pemboran pada daerah yang terdapat anomali agar dapat dilakukan validasi.

**Kata Kunci:** lapangan minyak, inversi seismik, amplitud versus offset

## PENDAHULUAN

Lapangan minyak A, B, C dan D yang telah beroperasi hampir 20 tahun yang memproduksi minyak dari Batu Pasir Formasi Muara Enim. Lapangan ini terletak pada Sub Cekungan Palembang, Cekungan Sumatera Selatan. Lapangan B-1 merupakan area perluasan (“*step out*”) dari Lapangan B. Berdasarkan data laporan studi sebelumnya, lokasi penelitian berada pada sayap antiklin dari struktur lapangan B sehingga akumulasi hidrokarbon akan berada pada puncak struktur. Akan tetapi pada daerah sayap antiklin berpeluang terdapatnya akumulasi hidrokarbon berupa perangkat stratigrafi yang disebabkan perubahan fasies secara bertahap ke arah vertikal (Sardjito. et al, 1991; Singh and Patidar, 2024). Formasi Muara Enim diendapkan pada sistem *fluvio-deltaic* sehingga berpotensi adanya *onlap* pada daerah rendahnya dan diperkuat dengan adanya indikasi anomali di beberapa penampang seismik (Sumotarto, 2008). Keterkaitan struktur Geologi dengan potensi hidrokarbon telah dilakukan di beberapa daerah antara lain Afrika Timur (Davison and Steel, 2018), wilayah tenggara Siberia Barat (Kontorovich, et. al., 2024), Lithuania (Malik, et. al., 2024), dan Iran (Sajedi, et. al., 2024).

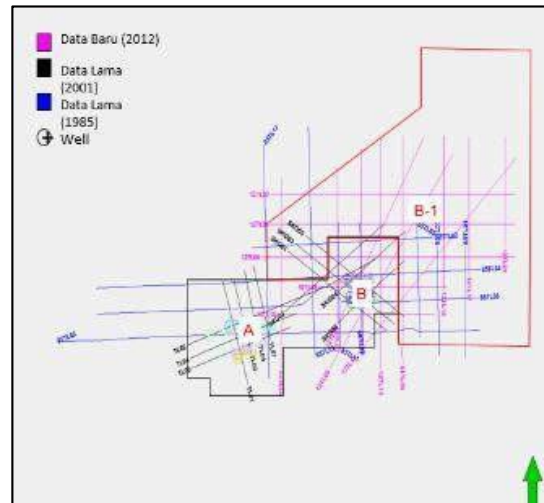
Oleh karena itu, untuk mengevaluasi indikasi adanya potensi hidrokarbon pada perangkat stratigrafi perlu dilakukan analisis lanjutan dengan menggunakan data seismik dan sumur yang telah ada. Seismik inversi adalah suatu teknik untuk membuat model geologi bawah permukaan dengan menggunakan data seismik sebagai *input* dan data sumur sebagai kontrol (Sukmono, 2000). Analisis AVO merupakan metode untuk melihat efek kehadiran hidrokarbon dalam medium batuan berdasarkan perubahan berbagai macam amplitudo gelombang P terhadap *offset* (Allen. et al, 1993; Castagna and Swon, 1997). Diharapkan dengan menggunakan kombinasi analisis data seismik berupa inversi seismik dan analisis AVO yang dikontrol dengan analisis data sumur dapat mengevaluasi indikasi perangkat stratigrafi dan memetakan prospek hidrokarbon pada area ini.

Dalam penelitian ini Penulis menggunakan data sumur di Lapangan B yang akan dilakukan analisis *crossplot* untuk mengkarakteristikan sifat fisis batuan reservoir. Kemudian data tersebut dijadikan parameter masukan untuk analisis seismik inversi dan AVO yang akan disebarkan pada semua penampang seismik yang melintasi lapangan B sampai ke lokasi penelitian. Hasil dari analisis seismik inversi dan AVO akan diintegrasikan untuk pemetaan prospek hidrokarbon dengan validasi data sumur di sekitar lokasi penelitian.

## METODE PENELITIAN

Terdapat data seismik 2-Dimensi sebanyak 40 lintasan yang masuk pada daerah penelitian. Data seismik 2D tersebut diakuisisi dalam 3 periode yaitu tahun 1985, 2001 dan

2012 seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.



**Gambar 1.** Peta Dasar Data.

Pada penelitian ini juga terdapat data sumur sebanyak 14 sumur yang masuk pada daerah penelitian dengan ketersediaan data log seperti yang terlihat pada Tabel 1.

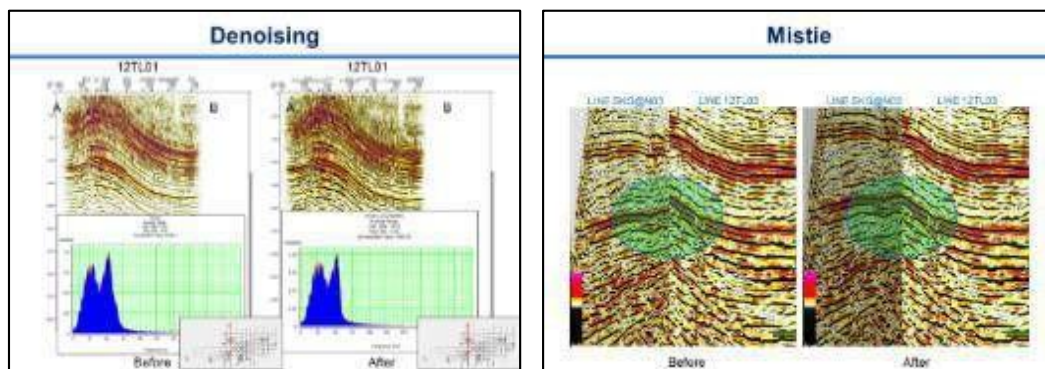
**Tabel 1.** Kelengkapan Data Sumur.

| Nama Sumur | Ketersediaan Data Log |    |     |     |     |      |     |     |      |      |      |     |    |
|------------|-----------------------|----|-----|-----|-----|------|-----|-----|------|------|------|-----|----|
|            | GR                    | SP | CAL | LLD | LLS | MSFL | ILM | ILD | SFLU | NPHI | RHOB | PEF | DT |
| TL60       | √                     | √  | √   | √   | √   | √    | -   | -   | -    | √    | √    | √   | √  |
| TL52       | √                     | √  | √   | √   | √   | √    | -   | -   | -    | √    | √    | √   | √  |
| TL48       | √                     | √  | √   | √   | √   | √    | -   | -   | -    | √    | √    | √   | √  |
| TL45       | √                     | √  | √   | -   | -   | -    | √   | √   | √    | √    | √    | √   | √  |
| TL44       | √                     | √  | √   | -   | -   | -    | √   | √   | √    | √    | √    | √   | √  |
| TL43       | √                     | √  | √   | -   | -   | -    | √   | √   | √    | √    | √    | √   | √  |
| TL42       | √                     | √  | √   | -   | -   | -    | √   | √   | √    | √    | √    | √   | √  |
| TL33       | √                     | √  | √   | -   | -   | -    | √   | √   | √    | √    | √    | √   | √  |
| TL32       | √                     | √  | √   | -   | -   | -    | √   | √   | √    | √    | √    | √   | √  |
| SKG23      | √                     | √  | √   | -   | -   | -    | √   | √   | √    | √    | √    | -   | √  |
| SKG19      | √                     | √  | √   | √   | √   | √    | -   | -   | -    | √    | √    | √   | √  |
| SKG16      | √                     | √  | √   | √   | √   | √    | -   | -   | -    | √    | √    | √   | √  |
| SKG15      | √                     | √  | √   | √   | √   | √    | -   | -   | -    | √    | √    | √   | √  |
| SKG09      | √                     | √  | √   | -   | -   | -    | √   | √   | √    | √    | √    | √   | √  |

Pada penelitian ini akan diperoleh data *checkshot* sebanyak 5 sumur, untuk *well seismic tie*, kemudian data konversi kedalaman (sumur) ke domain waktu (seismik) dan koreksi sonik P, serta data *picking* horizon marker dan zona resevoir sebanyak 8 buah.

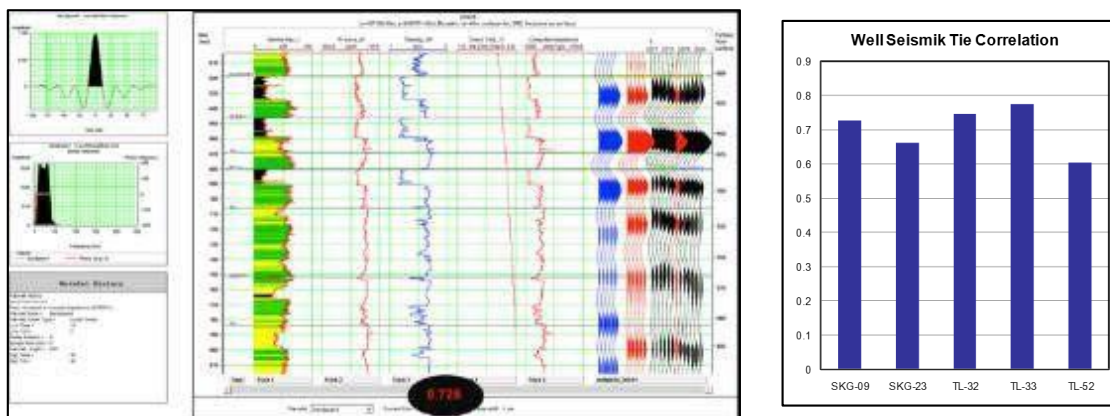
### Pengolahan Data

*Pre-conditioning* data seismik dilakukan dengan melakukan *denoising* (membuang frekuensi yang menjadi *noise*) dan *mistie* (menyamakan perbedaan elevasi pada lintasan yang berbeda *vintage*).



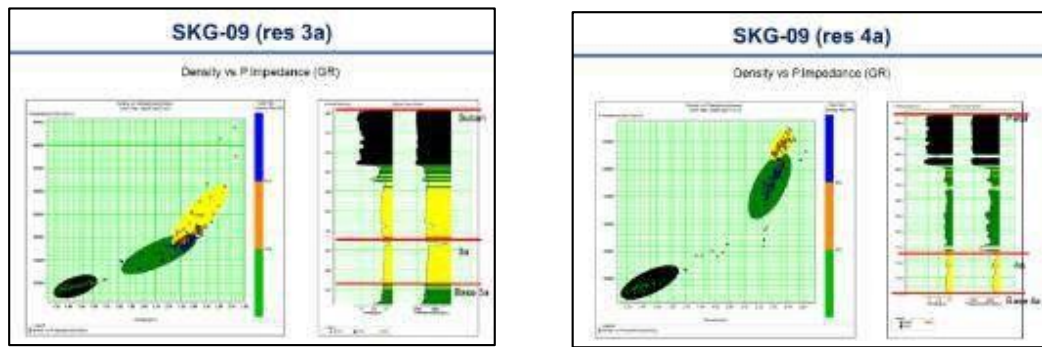
**Gambar 2.** Hasil *balancing & mistie* sebelum dan sesudah.

*Well Seismic Tie* merupakan proses mengkonversi kedalaman (sumur) ke domain waktu (seismik) dan mengkoreksi sonic P dengan menggunakan data *checkshot* sumur.



**Gambar 3.** Hasil korelasi *well seismic tie* pada sumur SKG09 (kiri) dan semua sumur (kanan).

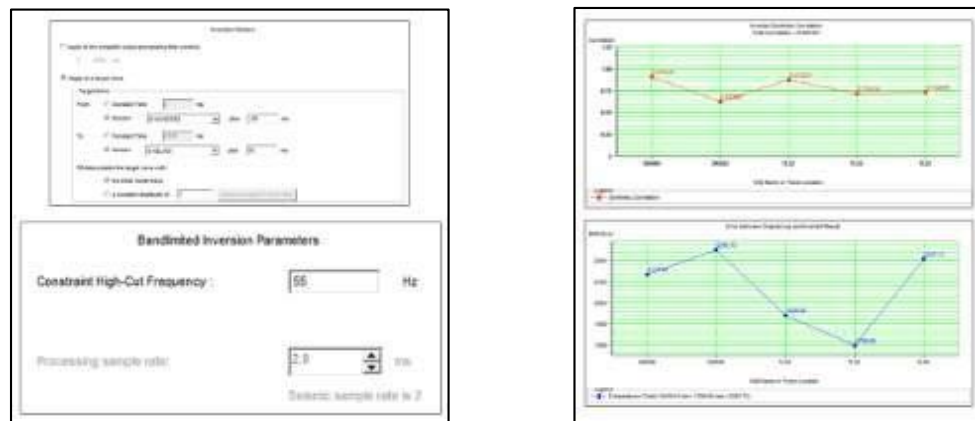
Analisis Data Sumur dilakukan untuk mendapatkan sensitivitas parameter data fisis sumur yang akan membantu menginterpretasi hasil analisis inversi. Pada analisis ini dilakukan *crossplotting* dengan beberapa parameter dari data log seperti Gamma-Ray, Density, P-Impedance, Accoustic Impedance, Water Saturation untuk mengetahui apakah terdapat parameter yang sensitif dan berkorelasi.



**Gambar 4.** Proses analisis crossplot sumur SKG09.

#### *Inversi Akustik Impedans Bandlimited.*

Inversi AI (*Acoustic Impedance Inversion*) adalah proses untuk menghasilkan volume AI (impedansi akustik) dari data seismik 2D berdasarkan AI dari data log sumur. Produk akhir dari inversi AI adalah volume AI. AI (*Acoustic Impedance*) adalah sifat fisik batuan sebagai hasil perkalian antara P wave dan densitas. Masukan untuk inversi AI adalah data sumur, data seismik, horison target dan *wavelet*. Hasil dari proses Inversi AI digunakan untuk melihat apakah terdapat anomali dengan nilai AI yang relatif rendah dibandingkan daerah sekitarnya. Nilai AI yang rendah ini juga berkorelasi dengan hasil analisis data sumur yang mengindikasikan bahwa nilai AI yang rendah berkorelasi dengan nilai GR batupasir dan memiliki kandungan hidrokarbon.

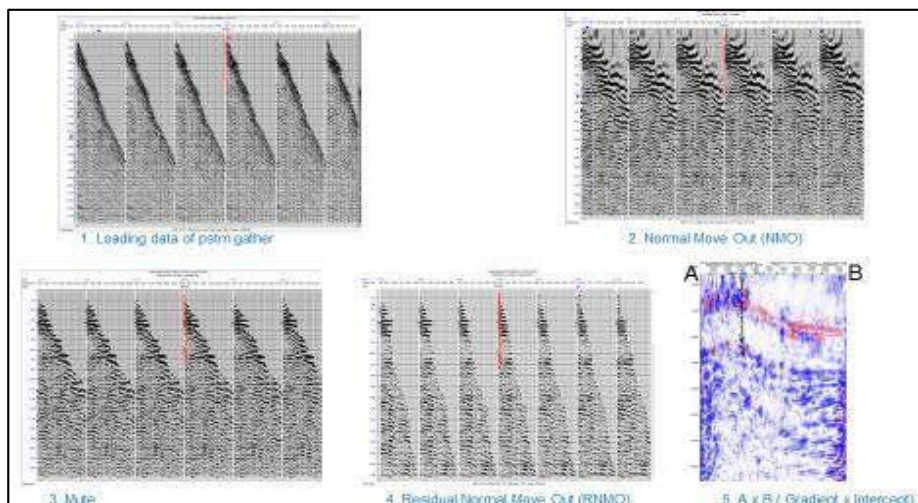


**Gambar 5.** Parameter dan korelasi dengan sumur analisis inversi *bandlimited*.



### Analisis Amplitude Versus Offset.

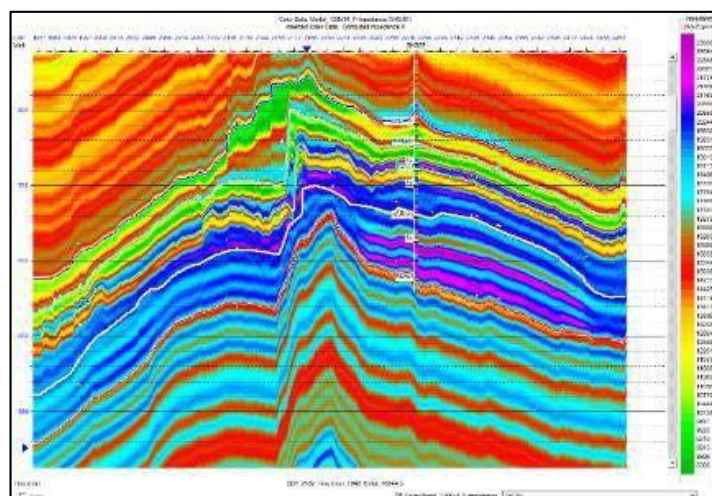
Analisa AVO menggunakan atribut  $A*B$  ( $gradient*intercept$ ) untuk mengidentifikasi kemungkinan keberadaan anomali reservoir dari data seismik. Attribute  $gradient*intercept$  dihitung dari data *pstm gather*. Dari pendekatan *Aki-Richards* dua term hingga persamaan *Zoeppritz* telah digunakan untuk menghitung nilai atribut  $gradient*intercept$ . Atribut  $gradient$  dan  $intercept$  dipakai untuk menghasilkan perkalian  $gradient$  dengan  $intercept$  ( $gradient*intercept$ ).



Gambar 6. Proses analisis AVO.

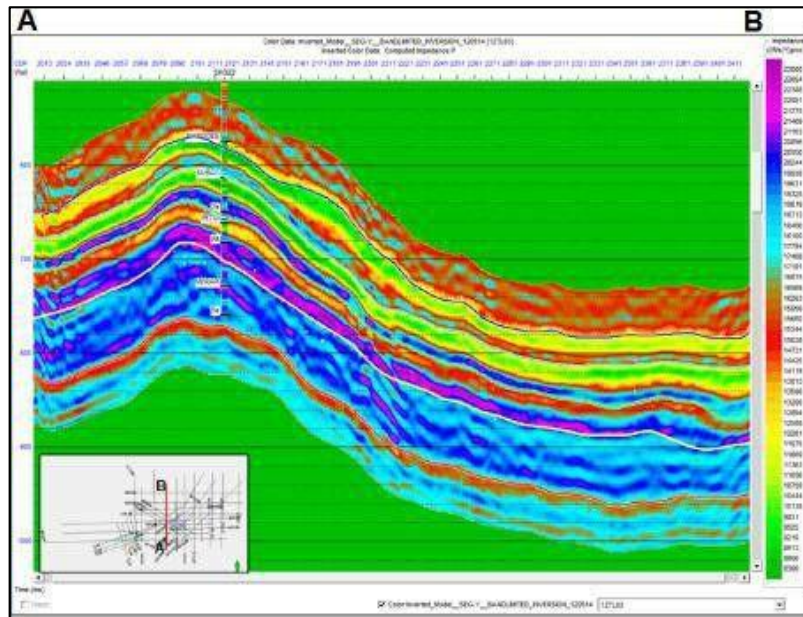
### HASIL DAN PEMBAHASAN

Model Inisial yang dihasilkan dari permodelan inversi akustik impedance menunjukkan korelasi yang cukup baik dari hasil permodelan sumuran dengan menggunakan data dari sumur SKG09 yang ditunjukkan pada Gambar 7.

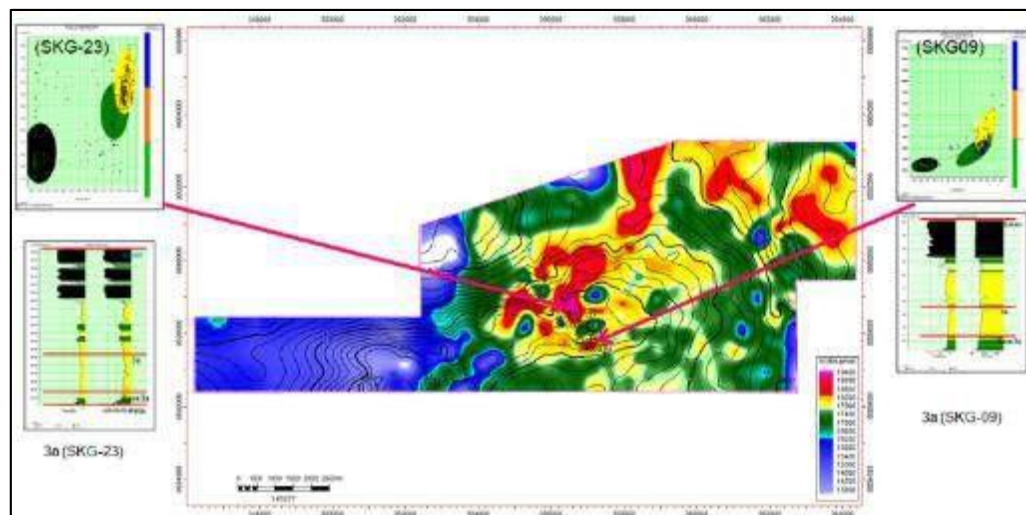


Gambar 7. Model awal inversi akustik impedans di sumur SKG09.

Hasil Inversi *Bandlimited* menunjukkan korelasi yang baik dengan hasil inversi yang dilakukan pada sumur SKG23 yang ditunjukkan pada Gambar 8. Berdasarkan hasil *horizon slice* pada lapisan reservoir batupasir 3A pada Gambar 9, menunjukkan bahwa terdapat daerah yang memiliki anomali nilai akustik impedans yang rendah dibandingkan area lain. Hal ini juga dilakukan validasi dengan melihat hasil *crossplotting* pada sumur di daerah anomali tersebut yang menunjukkan adanya nilai anomali pada sumur.

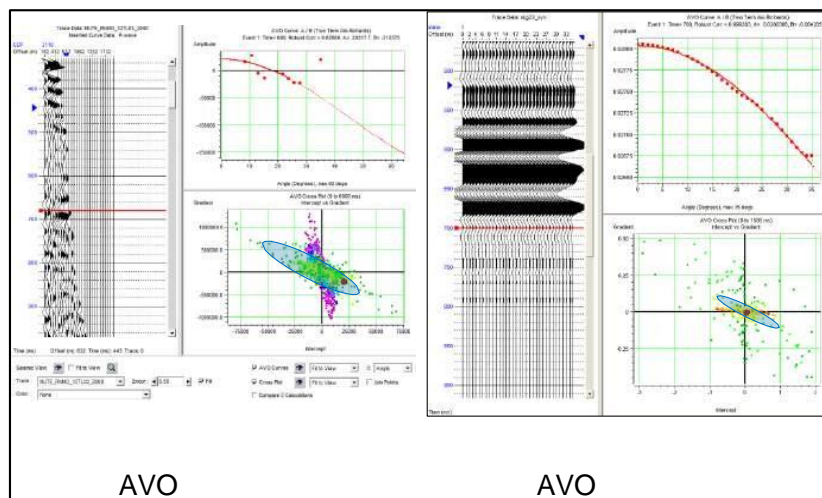


**Gambar 8.** Penampang hasil impedansi akustik pada sumur SKG23.

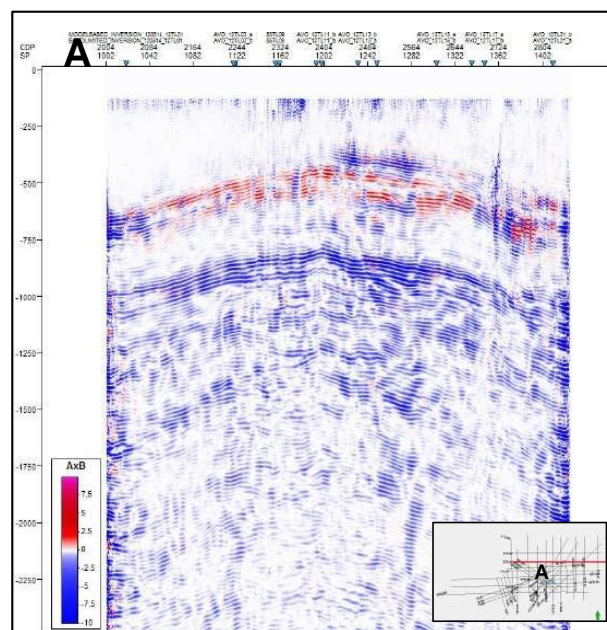


**Gambar 9.** Hasil Slice akustik impedans pada reservoir sand 3a.

*Amplitude Versus Offset* dilakukan untuk melihat indikasi keberadaan hidrokarbon pada lapisan reservoir. Berdasarkan analisa *Amplitude Versus Offset* menunjukkan bahwa terdapat anomali *class-2* yang menunjukkan terdapat keberadaan hidrokarbon jenis minyak yang juga telah dilakukan validasi dengan membandingkan gradien analisis pada data sumuran (SKG23) dengan data *real gather* dan model yang ditunjukkan pada Gambar 10. Proses validasi juga dilakukan dengan membandingkan hasil analisis dengan melihat penampang  $\text{Gradien} \times \text{Intercept}$  yang berpotongan dengan sumur pada lintasan 12TL04.



**Gambar 10.** Perbandingan gradien analisis AVO sumur SKG23 AVO pada Sand 4a antara Real gather (kiri) dan Model (kanan).

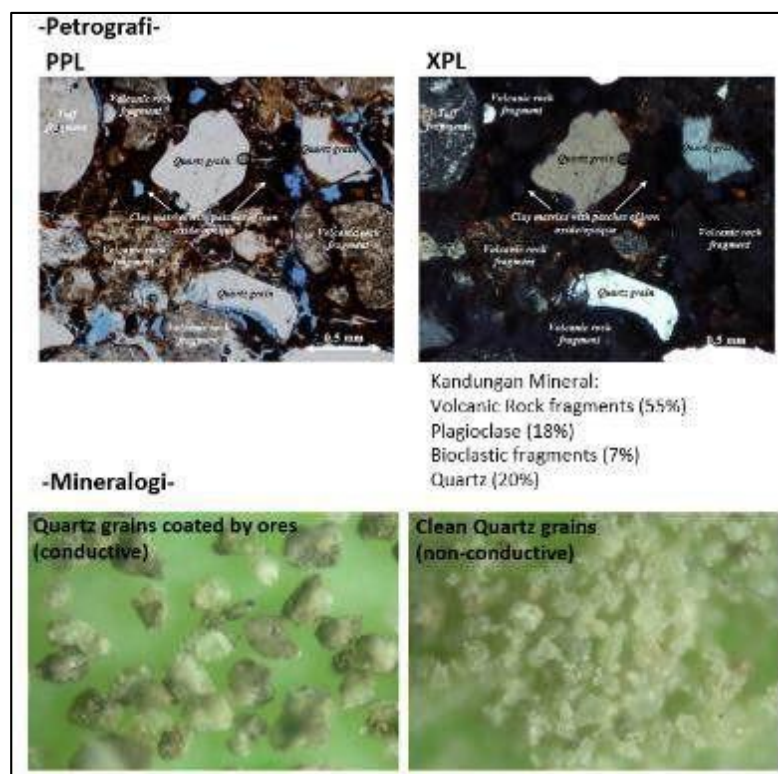


**Gambar 11.** Penampang Gradient\*Intercept lintasan 12TL04.



### Reservoir dengan Impedansi Akustik yang tinggi

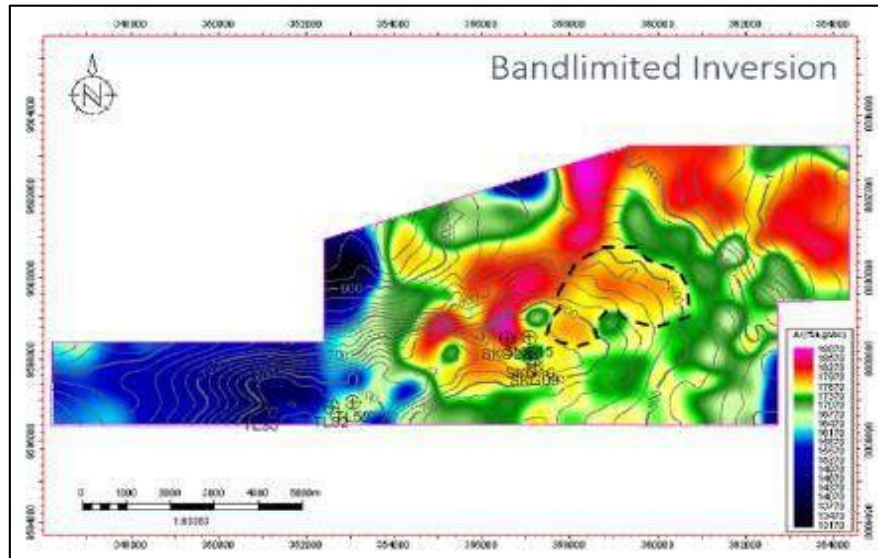
Berdasarkan dari hasil *crossplot* data sumur didapati bahwa parameter fisis *P Impedance* dan densitas pada zona reservoir hidrokarbon menunjukkan nilai yang lebih tinggi dibandingkan dengan zona batu serpih. Pada umumnya, batu serpih memiliki nilai *P Impedance* dan densitas yang relatif lebih tinggi dibandingkan batu pasir. Hal itu disebabkan oleh batu pasir pada daerah penelitian terindikasi dipengaruhi oleh unsur vulkanik yang terlihat pada hasil analisis petrografi dan mineralogi pada sampel *Side Wall Core* pada Gambar 12. Berdasarkan analisis petrografi menunjukkan kandungan mineral pada data *side wall core* sumur adalah *Volcanic Fragment* sebesar 55%, Kuarza sebesar 20%, *Plagioclase* sebesar 18% dan *Bioclastic Fragment* sebesar 7%.



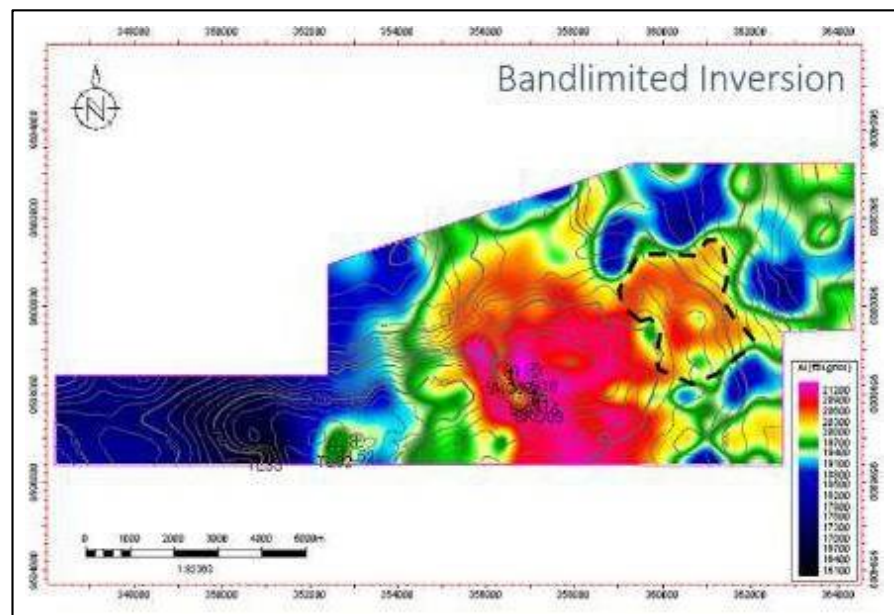
**Gambar 12.** Hasil analisis Petrografi dan Mineralogi pada SWC sumur SKG-1.

Analisa *intercept\*gradient AVO* pada daerah penelitian ini menunjukkan bahwa sebagian besar zona hidrokarbon berada pada *AVO* kelas 2p. Berdasarkan hasil *slice* inversi impedansi akustik terdapat indikasi kesamaan sifat reservoir pada interval slice reservoir 3a, 4a, dan 5a. Area area yang berpotensi sebagai reservoir tersebut memiliki nilai impedansi akustik dan density dan gamma ray yang relatif sama dengan area di sekitar sumur SKG-23, SKG-09, TL-32, TL-33 dan TL-52. Berdasarkan hasil tersebut dapat dimungkinkan bahwa area yang terletak pada arah Timur Laut dari

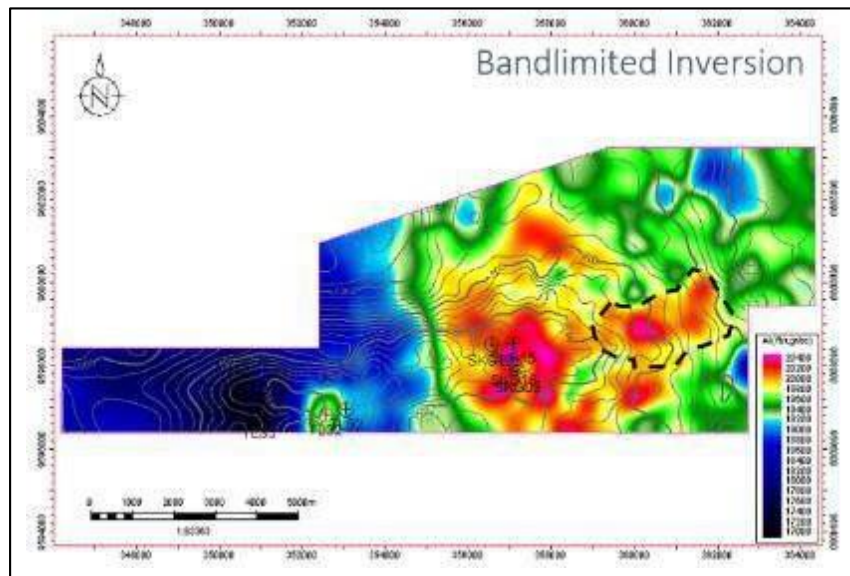
sumur SKG-09 memiliki potensi sebagai zona prospek reservoir. Area yang memiliki potensi tersebut ditunjukkan pada Gambar 13, 14, dan 15 untuk masing-masing interval slice reservoir. Namun hal tersebut tidak bisa dijadikan perkiraan yang benar-benar tepat karena data seismik yang digunakan adalah seismik 2D sehingga hasil sebaran properti batuan merupakan hasil interpolasi dan ekstrapolas



**Gambar 13.** Penampang irisan impedansi akustik zona reservoir 3a.



**Gambar 14.** Penampang irisan impedansi akustik zona reservoir 4a.



**Gambar 15.** Penampang irisan impedansi akustik zona reservoir 5a.

Inversi seismik dapat ditingkatkan efisiensinya melalui *the umbrella of convex optimization* yang memungkinkan penyertaan berbagai tingkat pengetahuan sebelumnya yang merangkum pemahaman geofisika dan geologi tentang bawah permukaan (Ravasi, et, al., 2024). Metode lain untuk optimisasi yaitu dengan mengkombinasikan inversi dengan *model-driven inversion* (Yan, et. al., 2024).

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil inversi dari metode *bandlimited*, ketiga reservoir yaitu 3a, 4a, dan 5a memiliki nilai impedansi akustik dan densitas yang relatif lebih besar daripada daerah disekitarnya. Hasil inversi tersebut juga berkorelasi dengan hasil model AVO dimana reservoir tersebut memiliki AVO kelas 2p. Jika kedua hasil tersebut dicocokkan dengan geologi regional batuan reservoir yang menunjukkan jenis batuan reservoir berupa batu pasir vulkanik yang mengandung hidrokarbon di dalamnya, maka kedua hasil tersebut telah berkorelasi sangat baik secara fisis dan keadaan geologi. Hasil irisan inversi AI pada ketiga reservoir menunjukkan bahwa area yang memiliki potensi reservoir dengan indikasi memiliki hasil impedansi akustik yang relatif sama dengan area disekitar sumur adalah di sebelah Timur laut dari sumur SKG-09.

## DAFTAR PUSTAKA

- Allen, J. L., and Peddy, C. P. (1993). *Amplitude Variation with Offset: Gulf Coast Studies*. SEG, p. 8.
- Castagna, J., and H. Swan. (1997). *Principle of AVO Amplitude vs Offset crosplotting, The Leading Edge*.
- Davison, I. and Steel, I., 2018. Geology and hydrocarbon potential of the East African continental margin: a review. *Petroleum Geoscience*, 24(1), pp.57-91.
- Kontorovich, V.A., Kontorovich, A.E., Ayunova, D.V., Ibragimova, S.M., Burshtein, L.M., Kalinin, A.Y., Kalinina, L.M., Kanakova, K.I., Kostyreva, E.A., Solov'yev, M.V., and Filippov, Y.F. (2024). Geological structure and prospects of hydrocarbon potential of Paleozoic deposits in southeastern regions of West Siberia. *Russian Geology and Geophysics*, 65(1), pp.60-84.
- Malik, S., Makauskas, P., Karaliūtė, V., Pal, M. and Sharma, R. (2024). Assessing the geological storage potential of CO<sub>2</sub> in Baltic Basin: A case study of Lithuanian hydrocarbon and deep saline reservoirs. *International Journal of Greenhouse Gas Control*, 133, p.104097.
- Ravasi, M., Romero, J., Corrales, M., Luiken, N. and Birnie, C. (2024). Striking a balance: Seismic inversion with model-and data-driven priors. *In Developments in structural geology and tectonics* (Vol. 6, pp. 153-200). Elsevier
- Sajedi, S.H., Faghih, A., Sarkarinejad, K. and Soleimany, B. (2024). The Palaeozoic of a future high potential hydrocarbon fold-thrust belt through the Zagros Basin, Iran. *Marine and Petroleum Geology*, 168, p.107008.
- Singh, R.K. and Patidar, A.K. (2024). A systematic approach for planning a Geochemical survey for Hydrocarbon exploration: an overview. *Iranian Journal of Earth Sciences*, 16(2).
- Sukmono, S. (2000). *Interpretasi Seismik Refleksi*, Jurusan Teknik Geofisika- ITB, Bandung.
- Yan, J., Huang, W. and Ren, L. (2024). Seismic Impedance Optimizing Inversion by Combining Deep Learning Inversion with Model-Driven Inversion. *In 85th EAGE Annual Conference & Exhibition (including the Workshop Programme)* (Vol. 2024, No. 1, pp. 1-5). European Association of Geoscientists & Engineers.