

INVERSI IMPEDANSI ELASTIK DAN $\lambda\rho$ UNTUK KARAKTERISASI KANDUNGAN RESERVOIR BATUPASIR

Harsano Jayadi^{1*}, Sismanto², Icha Untari Meidji¹, Ayusari Wahyuni³, Ninasafitri¹

¹Program Studi Teknik Geologi, Universitas Tadulako, Palu, Indonesia

²Program Studi Geofisika, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, Indonesia

³Jurusan Fisika, UIN Alauddin Makassar, Makassar, Indonesia

*Corresponding author. Email: harsanoj@gmail.com

Manuscript received: 10 March 2020; Received in revised form: 8 May 2020; Accepted: 30 May 2020

Abstrak

Penelitian ini berupa analisis inversi data seismik dengan menggunakan impedansi elastik dan $\lambda\rho$ (*lambda-rho*) untuk mengestimasi kandungan reservoir batupasir. Analisis *Inversi Amplitude Versus Offset* (AVO) dilakukan untuk mendapatkan reflektivitas impedansi elastik dan *lambda-rho* sehingga diperoleh kelas anomalnya. Dalam menentukan litologinya diperoleh sudut 30° sebagai sudut yang sensitif sehingga selanjutnya dilakukan proses inversi dengan sudut tersebut. Hasil dari analisis *Anomali Inversi Amplitude Versus Offset* (AVO) menetapkan kelas anomali respon terletak pada posisi I_p sehingga dengan menggunakan sudut 30° tersebut dilakukan pemetaan inversi impedansi elastik untuk mengetahui litologi batupasir yang diperkirakan mempunyai arah timurlaut-baratdaya. Selanjutnya untuk melakukan analisis untuk estimasi adanya fluida dengan menggunakan analisis inversi *lambda-rho* sehingga diperoleh nilai target 40-65 MPa*gr/cc pada litologi batupasir tersebut dengan arah orientasi utara-tenggara.

Kata kunci: batupasir; impedansi elastik; reservoir; $\lambda\rho$.

Abstract

This research is in the form of seismic data inversion analysis using elastic impedance and $\lambda\rho$ (*lambda-rho*) to estimate the sandstone reservoir content. *Amplitude Versus Offset Inversion* (AVO) analysis is performed to obtain elastic and *lambda-rho* impedance reflectivity so that the anomaly class is derived. In determining the lithology, an angle of 30° is obtained as a sensitive angle so that the inversion process with that angle is then performed. The results of the *Anomaly Inversion Versus Offset* (AVO) Anomaly analysis determine the response anomaly class is located at position I_p so that by using the 30° angle, the elastic impedance inversion mapping is performed to determine the sandstone lithology that is estimated to have a northeast-southwest direction. Furthermore, to carry out an analysis to evaluate the presence of fluid using *lambda-rho* inversion analysis so that the target value of 40-65 MPa*gr/cc is obtained in the sandstone lithology with a north-southeast orientation.

Keywords: elastic impedance; reservoir; sandstone; $\lambda\rho$.

Pendahuluan

Diakibatkan adanya tingkat keterbatasan dari sumber daya alam khususnya dalam sektor minyak dan gas membuat para peneliti melakukan suatu penyelidikan untuk mencari sumber cadangan baru atau

mampu mengelola sumur-sumur yang sudah beroperasi sehingga dapat menjaga keseimbangan dari permintaan produsen (Haryoko, 2013). Seismik refleksi merupakan metode yang sering dipakai, dikarenakan metode ini mampu lebih akurat dalam memberikan gambaran model

geologi bawah permukaan dalam penentuan lapisan batuan dan jebakan hidrokarbon (Jayadi dkk., 2020).

Metode seismik refleksi ini juga memiliki kemampuan dalam menganalisis sifat-sifat batuan dalam penentuan kandungan hidrokarbon baik berupa minyak dan gas bumi (Lindseth, 1982). Oleh karena itu, digunakan analisis lebih lanjut untuk mengetahui karakter reservoirnya. Dengan analisa seismik inversi yang dilakukan sehingga mampu menganalisis kandungan reservoir dengan data seismik yang digabungkan dengan data sumur yang ada (Sukmono, 2007).

Dalam geologi bawah permukaan, batuan reservoir merupakan suatu tempat di bawah permukaan bumi yang mengandung minyak dan gas bumi (Meidji dkk., 2019). Batupasir adalah batuan yang terdapat pada reservoir tersebut yang mana hampir 60% dari minyak dan gas bumi itu terdiri dari batupasir, 30% merupakan batugamping dan sisanya adalah batuan lain (Nurwidyanto dkk., 2005). Untuk melakukan analisis kandungan reservoir (Goodway et al., 1997) memperkenalkan metode *Amplitude Variation with Offset (AVO)* dengan melakukan suatu pendekatan dalam membedakan suatu reservoir dengan parameter fisika batuan yang lain berupa parameter *Lame*. Parameter ini berupa λ yang menyatakan suatu inkompressibilitas batuan dan μ yang menyatakan sifat rigiditas (Goodway dkk., 1997; Harun dkk., 2013). Parameter *lambda-rho* ($\lambda\rho$) dinyatakan sebagai suatu komponen dalam fisika batuan yang mampu melakukan indikasi adanya suatu fluida dan parameter *Mu-rho* ($\mu\rho$) sebagai indikator yang menyatakan adanya litologi yang mana kedua parameter ini dapat dianalisis menggunakan AVO (Goodway dkk., 1997).

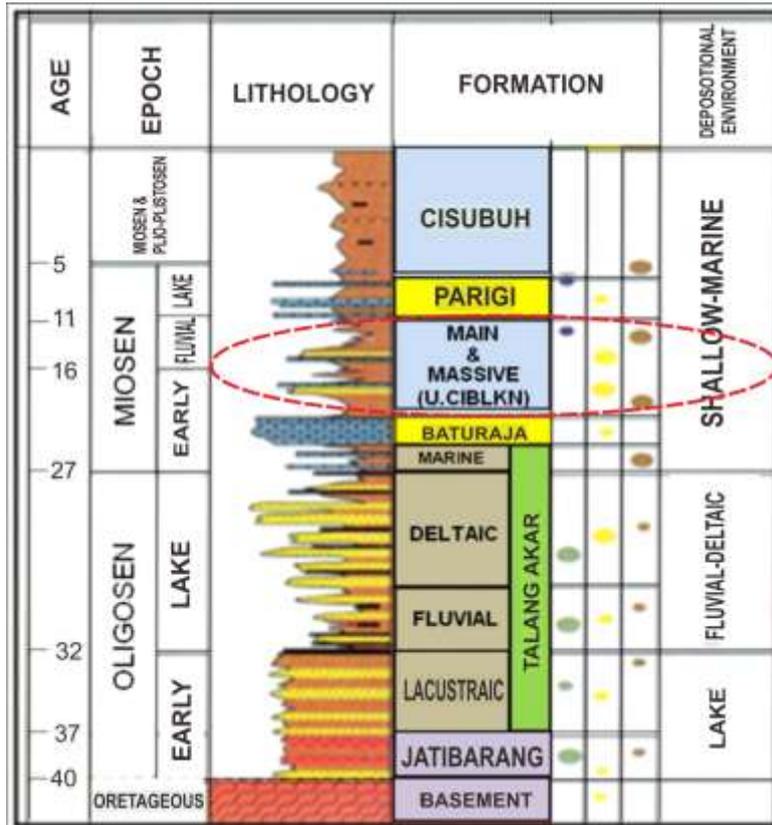
Selain konsep *lambda-rho* dikembangkan pula metode analisis lain yaitu impedansi elastik (*elastic impedance*), metode ini

menggabungkan analisis data seismik yang *pre-stack* dengan data sumur menggunakan sudut tertentu yang dikombinasikan dengan parameter data sumur untuk V_p , V_s , densitas serta sudut yang dibentuk dari gelombang yang datang sehingga diharapkan mampu melakukan proses karakterisasi reservoir yang ada (Connolly, 1999). Metode ini mampu bekerja pada sudut terbatas yang optimal yaitu $0-30^\circ$ (Hicks and Francis, 2006).

Dengan melakukan inversi seismik impedansi elastik dan inversi *lambda-rho* diharapkan dapat membantu mendapatkan informasi yang lebih baik di zona target yang terdapat pada Gambar 1, tentang gambaran litologi dan persebaran fluida reservoir di bawah permukaan dengan gambaran stratigrafi daerah penelitian yang berupa batupasir gampingan yang berselingan dengan napal yang akan mengalami perubahan ke batulanau dan batulempung yang seiring dengan lingkungan pengendapan batugamping.

Tatanan Geologi

Tatanan stratigrafi Jawa Barat secara umum terdiri dari batuan dasar di daerah Cekungan Jawa Barat Utara yang berumur *Pra-Tersier* sampai *Pleosen* yang memiliki kemungkinan kecil adanya akumulasi hidrokarbon terdiri atas batuan beku dan karbonat (Patmosukismo and Yahya, 1974). Formasi Jatibarang merupakan formasi yang berada di atas batuan dasar (Gambar 1), yang mengisi bagian *graben* dengan ketebalan yang bervariasi dan berkurang ke arah barat (Adnan and Sukowitono, 1991). Formasi Talang Akar secara tidak selaras terendapkan terhadap formasi Jatibarang di periode Neogen pertama (Arpandi and Patmosukismo, 1975). Formasi ini berumur *Oligosen Akhir-Miosen Awal* dengan lingkungan pengendapannya berupa daerah transisi sampai neritik, sehingga (Patmosukismo and Yahya, 1974) memasukkan formasi ini ke dalam Formasi Cibulakan bagian bawah.



Gambar 1. Stratigrafi Cekungan Jawa Barat Utara (Adnan and Sukowitono, 1991).

Formasi Baturaja merupakan formasi yang terendapkan di atas Formasi Talang Akar yang terdiri dari paparan batugamping terumbu dengan perselingan serpih dan napal (Adnan and Sukowitono, 1991). Formasi Cibulakan Atas terdiri dari batupasir gampingan yang berselingan dengan napal dan mengalami perubahan ke arah atas menjadi batulanau dan batulempung, seiring dengan perubahan lingkungan pengendapan batugamping ini berubah menjadi pasiran yang semula berupa *neritic* (Martodjojo, 2003). Formasi Parigi mulai terendapkan di atas Formasi Cibulakan Atas pada periode *Neogen* kedua, yakni formasi ini terdiri dari litologi batugamping karbonat terumbu yang berumur akhir *Miosen* Tengah sampai *Miosen* Akhir (Arpandi and Patmosukismo, 1975). Selanjutnya adanya Formasi Subuh yang berada di atas Formasi Parigi dengan litologi batulempung perselingan batupasir dan batugamping dengan umur dari *Miosen* Akhir sampai *Plio-Plistosen* (Arpandi and Patmosukismo, 1975). Selain Formasi

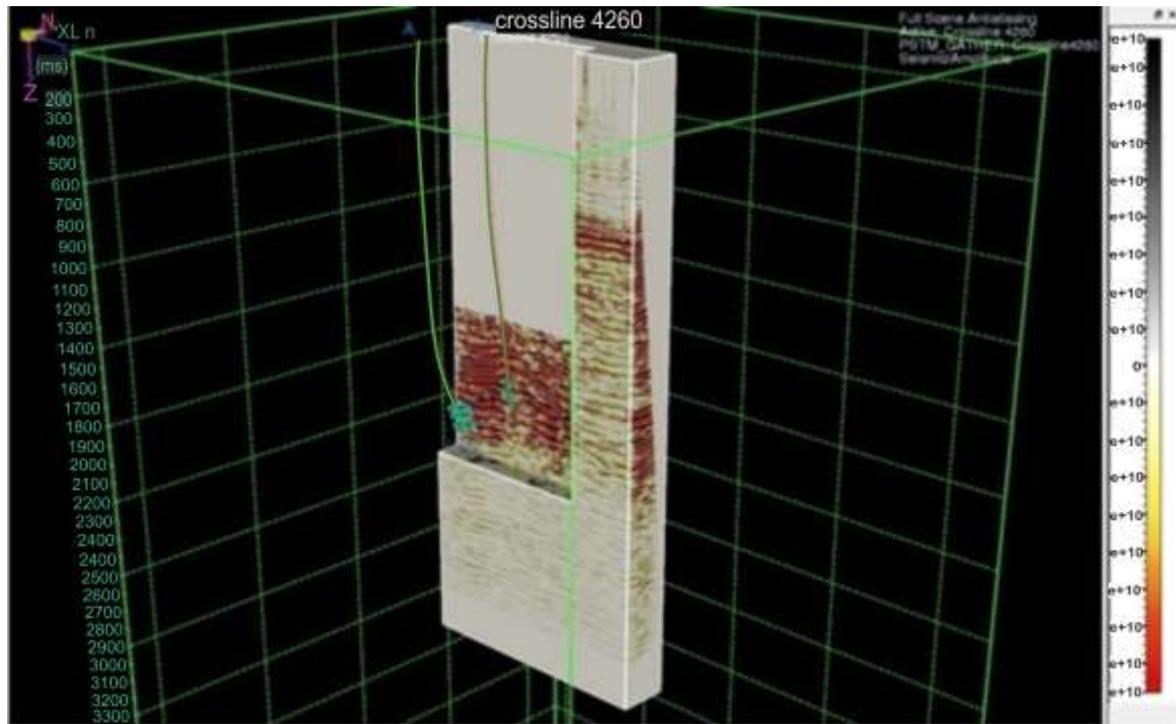
Subuh, terdapat juga Formasi Tambahan yang berupa vulkanik muda di atas Formasi Parigi yang mengalami perubahan dari breksi menjadi batupasir dan lempung ke lepas pantai.

Tektonik regional di Cekungan Jawa Barat Utara berlangsung selama Kapur Akhir sampai Eosen Awal yang ditandai dengan adanya vulkanisme *andesitik* yang dihasilkan oleh subduksi meratus (Gresko dkk., 1995).

Tetapi berdasarkan adanya pengeboran yang dilakukan di Sub Cekungan Jatibarang ditemukan interval batuan beku *andesitik* dan *piroklastik* di sumur-sumur yang berumur pada *Oligosen* Awal. Oleh karena itu, Subduksi Meratus pada Cekungan Jawa Barat Utara berhenti pada *Oligosen* Awal. Berbeda dengan (Ryacudu and Bachtiar, 1999), memberikan informasi bahwa Subduksi Meratus berhenti pada *Eo-Oligosen*.

Metode Penelitian

Data



Gambar 2. Model data seismik dan data log di penelitian dengan batasan *inline* 1080-1280 dan *crossline* 4140-4365 yang terletak di daerah Jawa Barat Bagian Utara.

Dalam penelitian ini digunakan data seismik *Pre Stack Time Migration* (PSTM) dan *Common Receiver Point* (CRP) *gather* dengan *inline* 25 meter, *crossline* 25 meter yang diolah menggunakan *Software Paradigm Probe* EPOS 4.0 dan *Vanguard* EPOS 4.0. Data sumur yang digunakan pada penelitian ini berupa data log utama yang terdiri dari log gelombang P, log gelombang S, log densitas, log *gamma ray* dan log penggabungan antara log-log utama sehingga menghasilkan log turunan impedansi elastik dan log *lambda-rho*, seperti yang terlihat pada Gambar 2.

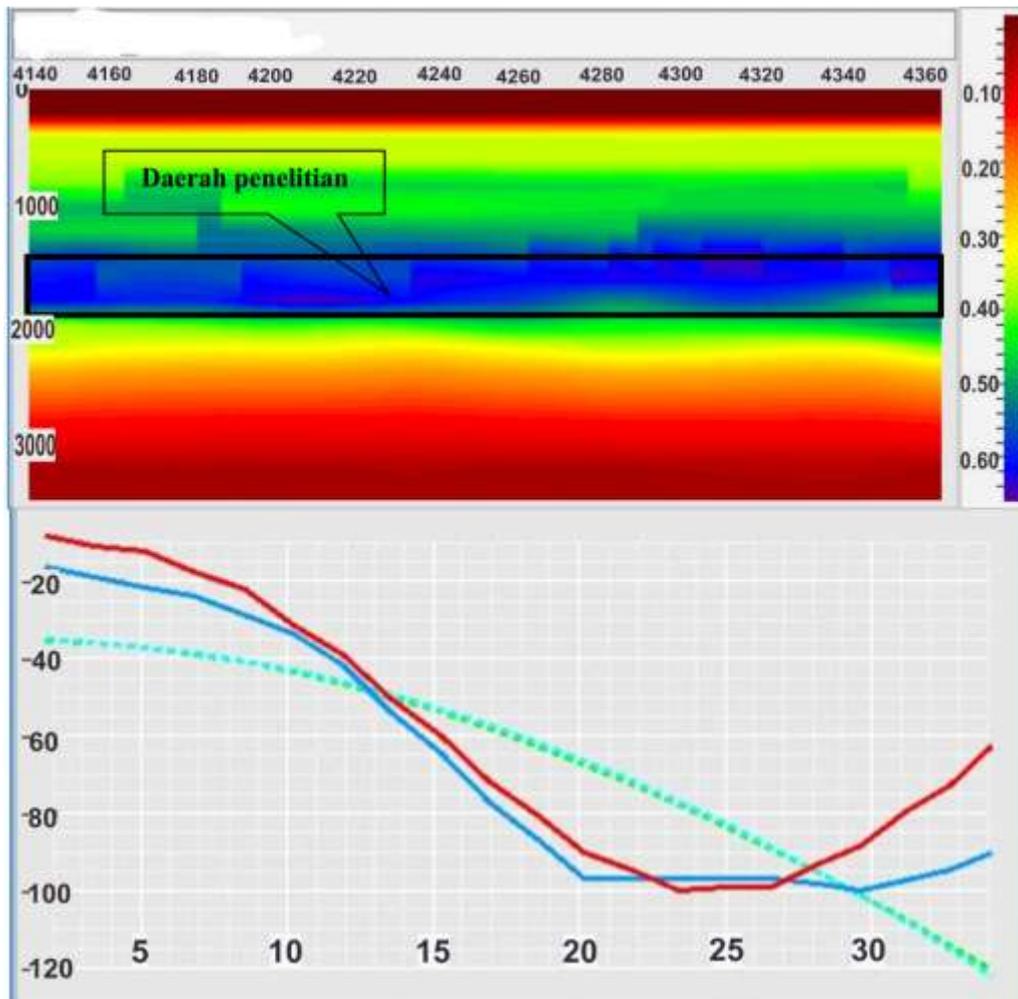
Pengolahan Data

Tahap ini dilakukan analisis data log sumur yang digabungkan dengan data seismik yang ada. Adapun hasil yang diperoleh berupa log turunan impedansi

elastik yang diperoleh dari log utama, data hasil *seismic well tie* untuk semua log, data seismogram sintetik serta sensitivitas log sumur yang satu dengan yang lain, seperti yang terlihat pada Gambar 3. Untuk analisis data seismiknya dilakukan berupa tes kelayakan, analisis *AVO* dan grafiknya, reflektivitas impedansi elastik, membuat *background* model dan analisis inversi.

Pengolahan Data Sumur

Dengan menggunakan data dua sumur yaitu sumur UI-08 dan UI-10, dimana UI-10 sebagai sumur utama dan sumur UI-08 sebagai sumur untuk validasi hasil interpretasi dan hasil inversi. Pada tahap ini dibuat log turunan impedansi elastik, analisis sudut impedansi elastik dan menentukan sudut yang paling sensitif untuk pemisahan litologi dan fluida.

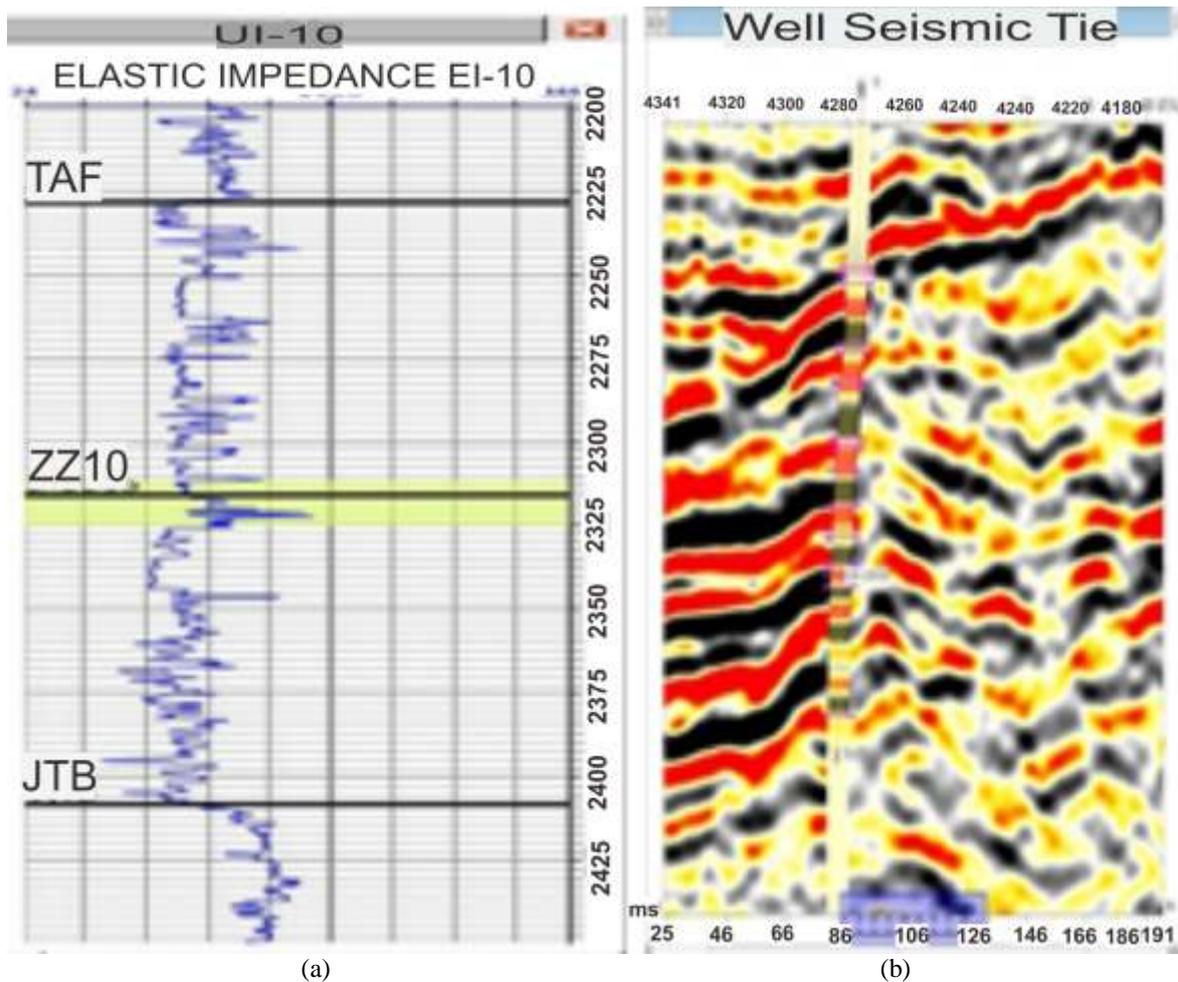


Gambar 3. (atas) Hasil tes kelayakan pengolahan inversi AVO yang dilakukan pada waktu 400 ms – 2300 ms dengan nilai *feasibility factor* lebih dari 0,3 *inline* 1141 *crossline* 4260. (bawah) Plot amplitudo terhadap sudut.

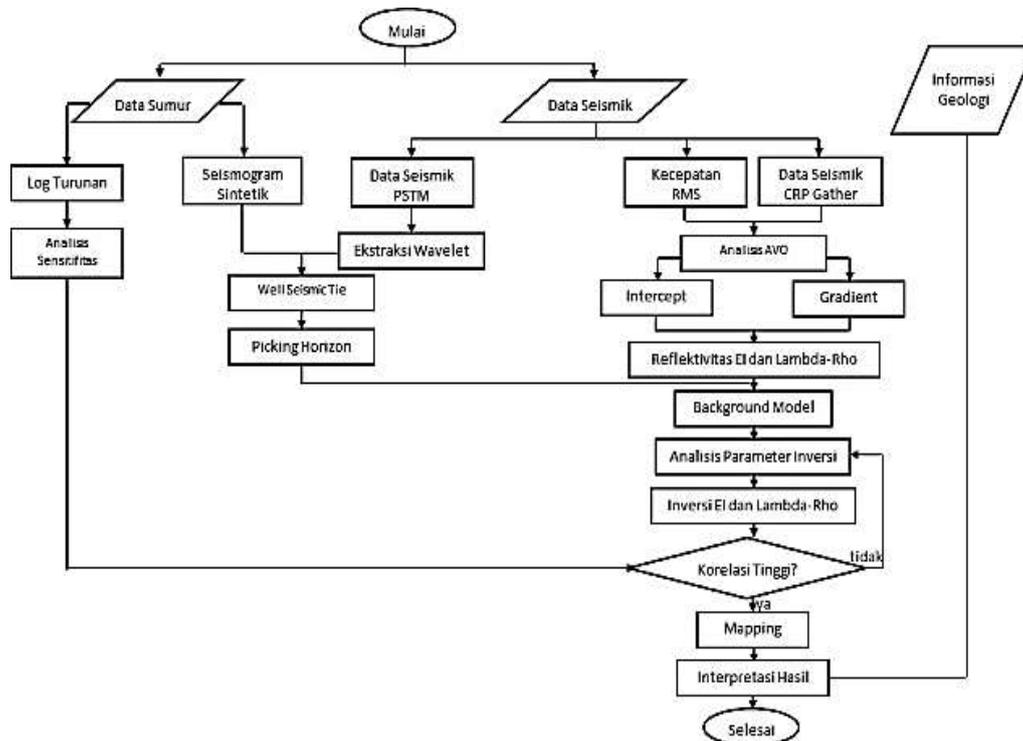
Pengolahan Data Seismik

Dalam tahap ini beberapa analisis yang dilakukan antara lain *picking horizon*/penelusuran horizon yang berguna untuk memberikan nilai waktu datang gelombang pada *shot point* yang dilakukan pada horizon TAF (*Talang Akar Formation*), horizon VJTB (*Volcanic Jatibarang Formation*). Hasil yang diperoleh memperlihatkan pada zona daerah penelitian mempunyai model struktur geologi berupa sinklin dan antiklin.

Selain ini dilakukan pula tes kelayakan (Gambar 4), yang berguna untuk menentukan tingkat kelayakan data seismik dalam zona penelitian untuk dilakukan inversi AVO. Hasil yang dicapai antara 0 dan 2 sehingga dalam inversi nilai tersebut sangat layak dan stabil jika dilakukan proses inversi (Goodway dkk., 1997). Hal ini sesuai dengan standar nilai kelayakan, di mana nilai lebih besar dari 0,3 layak dilakukan proses inversi (Goodway dkk., 1997).



Gambar 4. (a) Log turunan dari impedansi Elastik pada sudut 30° dan (b) Seismic Well Tie di sumur UI-10 pada inline 1141 dengan korelasi 0,62.



Gambar 5. Tahapan-tahapan yang dilakukan dalam penelitian.

Ada pun langkah – langkah yang dilakukan dalam penelitian ini diperlihatkan dalam diagram alir pada Gambar 5.

Hasil dan Pembahasan

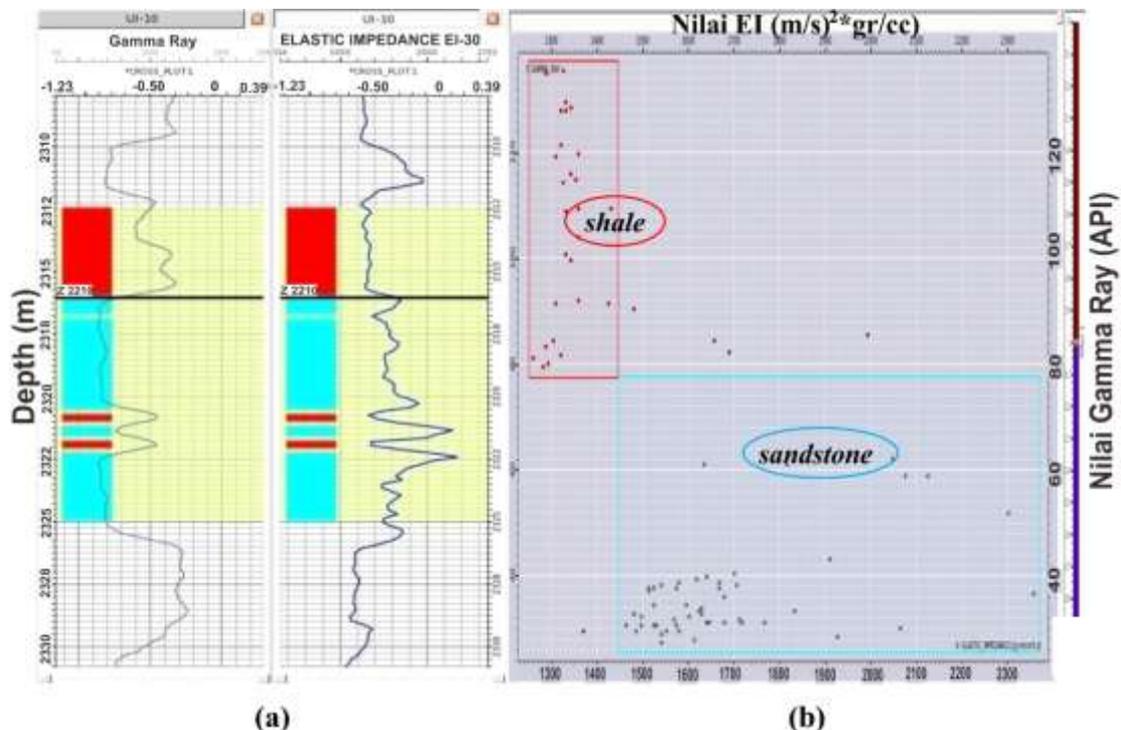
Analisa Log Sumur

Log sumur yang digunakan untuk pembuatan *background* model serta analisa log sumur yang lain sehingga nantinya diperoleh log impedansi elastik dan log λ - ρ . Dua sumur, yaitu UI-08 dan UI-10 dengan zona target yang berada pada 1789,7 ms – 1795,3 ms dan 1799,7 ms – 1799,3 ms terdapat pada litologi batupasir. Hal ini sesuai dengan daerah target dari

penelitian yang berupa zona reservoir dengan kedalaman masing-masing sumur 2389 – 2403 meter dan 2312 – 2325 meter.

Analisis Sensitivitas dan Crossplot

Dalam hal ini digunakan log sumur pada UI-10 sebagai sumur uji untuk dilakukan proses pembuatan *cross section* dan *crossplot* (Gambar 6). Untuk proses *crossplot* dilakukan antara log impedansi elastik dengan log γ ray yang sensitivitasnya sangat baik dalam membedakan litologi batupasir dan serpih serta log γ ray dengan log λ - ρ yang tujuannya untuk mengetahui adanya keberadaan fluida.



Gambar 6. Analisis log sumur dan crossplot antara log impedasni elastik dan log gamma ray pada sudut 30°.

Hasil yang diperoleh dari analisis *crossplot* tersebut adalah adanya nilai pemisahan yang baik dalam litologi batupasir dan serpih. Adanya lapisan yang *permeable* dan lapisan yang *impermeable* dengan nilai log γ ray sekitar 28 – 62 API dan berada di atas 62 API, dengan nilai *cut off* berkisar antara 62 API – 78 API.

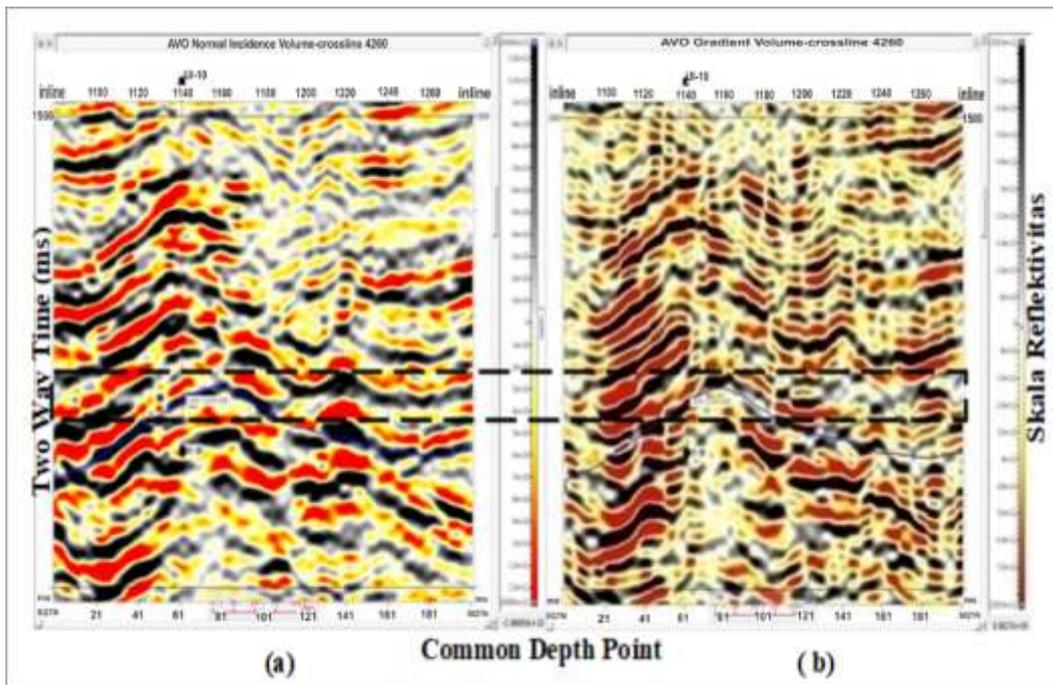
Analisis dari *crossplot* antara log γ ray dan λ - ρ pada zona yang

litologinya batupasir diperoleh nilai λ - ρ yang cukup besar dengan kisaran 48 - 83 MPa*gr/cc dan < 48 MPa*gr/cc yang diindikasikan sebagai batulempung. Nilai *cut off* dari analisis ini adalah 46 MPa*gr/cc.

Analisis Amplitude Variation with Offset (AVO)

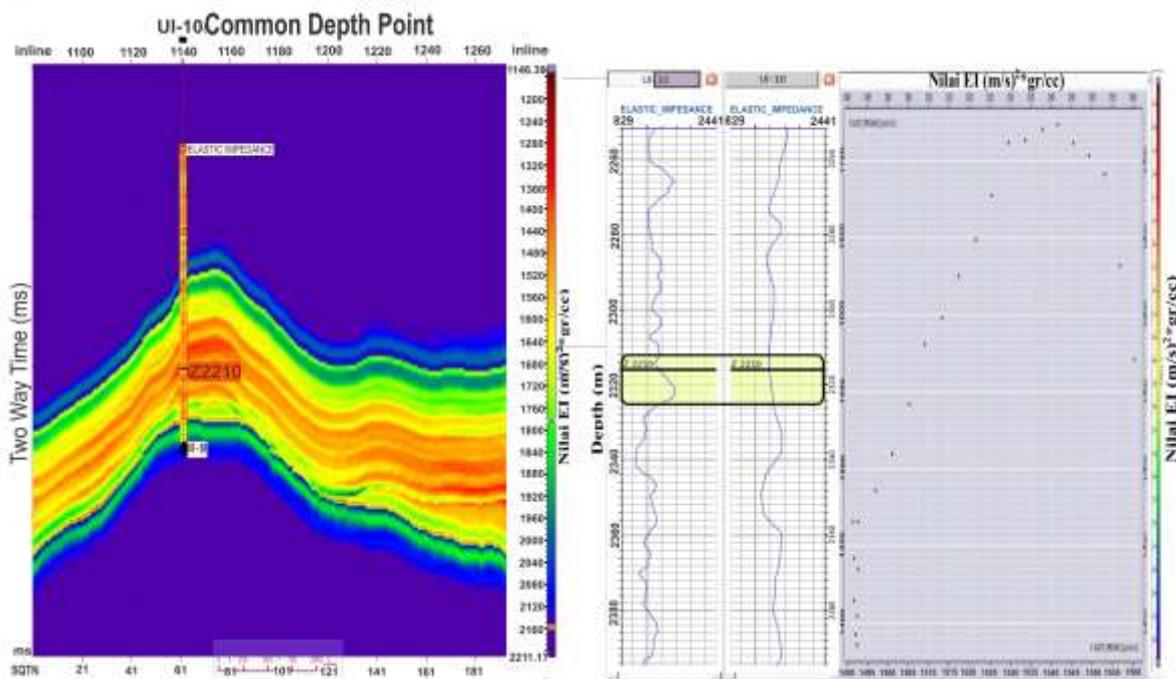
Gambar 7 memperlihatkan bahwa pada zona target Z.2210 diperoleh reflektivitas untuk sudut datang berkisar antara $-2e+10$ sampai $-5e+10$, sedangkan pada *far angle stack*, nilai reflektivitas berkisar antara -

$6e+10$ sampai $-1.2e+11$, sehingga zona target tersebut masuk dalam klasifikasi kelas (Rutherford and Williams, 1989). Sedangkan pada zona yang diindikasikan adanya keberadaan fluida hidrokarbon diperoleh nilai *intercept* dan *gradient* masing-masing bernilai positif dan negatif (Jayadi, 2016).



Gambar 7. Analisis amplitude variation with offset untuk intercept dan gradient.

Analisis Impedansi Elastik Sudut 30°



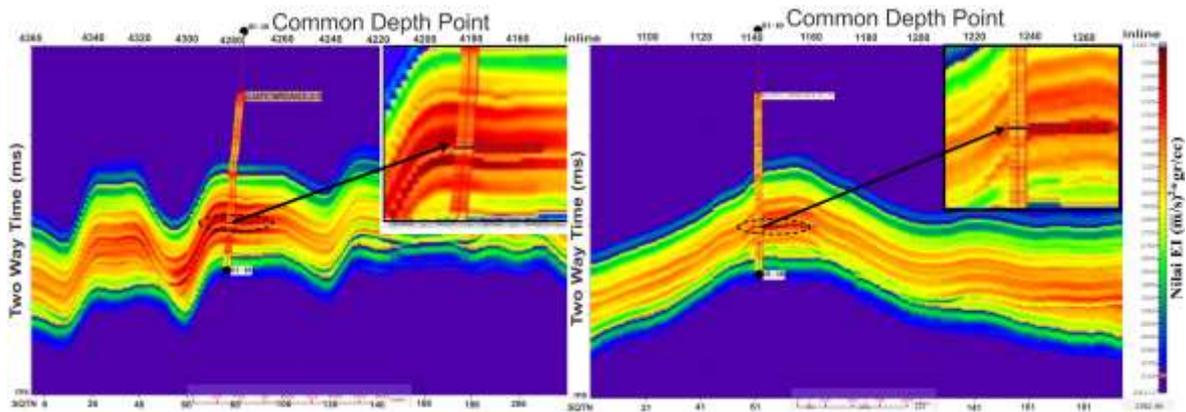
Gambar 8. Hubungan antara log impedansi elastik hasil inversi dengan log turunannya pada sudut 30°.

Untuk mendapatkan hubungan dari hasil inversi log impedansi elastik dengan log turunannya dengan sudut yang sama maka dilakukan analisis *crossplot* (Gambar 8), dengan hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa terdapat suatu korelasi yang baik dengan nilai sekitar 0.84 (Jayadi, 2016).

Analisis Inversi Penampang

Tahap ini dilakukan analisis penampang pada sudut 30° untuk impedansi elastik, di mana analisisnya dibuat dengan cara

melakukan pemetaan pada zona target untuk arah *inline* dan *crossline*, seperti yang terlihat pada Gambar 9. Untuk *inline* 1141 pada arah utara-selatan dan *crossline* 4260 pada arah barat-timur didapatkan nilai inversi impedansi elastik untuk litologi batupasir berkisar antara $1460 - 1570$ $(\text{m/s})^2 \cdot \text{gr/cc}$ (merah – orange) dan untuk litologi serpih berada di skala sebelah atas dan bawah dari litologi batupasir, yaitu berkisar $1146 - 1400$ $(\text{m/s})^2 \cdot \text{gr/cc}$ (merah tua) dan $1600 - 1800$ $(\text{m/s})^2 \cdot \text{gr/cc}$ (kuning – hijau muda).



Gambar 9. *Inline* 1141 dan *crossline* 4260 pada arah utara-selatan dan barat-timur hasil inversi impedansi elastik sudut 30° .

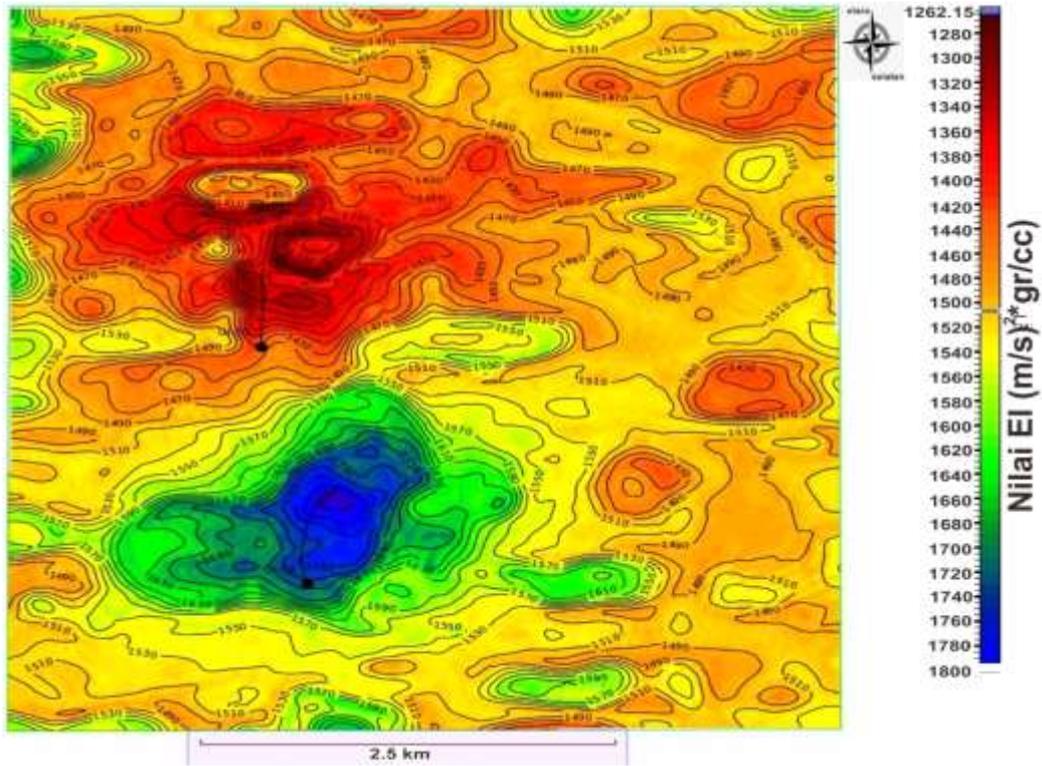
Analisis Persebaran Litologi Reservoir Batupasir

Untuk melihat model volume dari impedansi elastik dilakukan analisis dengan cara menyayat bagian zona target pada horizon Z.2210 yang nantinya akan digabungkan dengan peta *time migrated horizon* pada jarak *window* untuk bagian atas dan bawah masing-masing 2 ms dan 5 ms dari zona target.

Hasil *slicing* horizontal inversi impedansi elastik sudut 30° diperoleh bahwa litologi batupasir ditandai dengan adanya garis

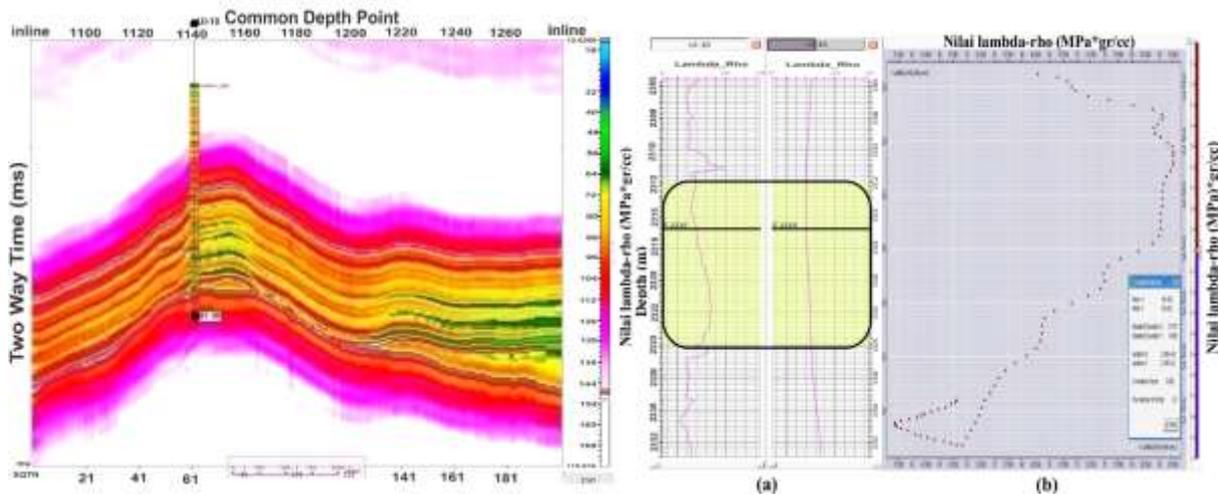
hitam, seperti yang terlihat pada Gambar 10. Adapun arah berkembangnya distribusi dari litologi batupasir relatif ke arah timur laut-barat daya dengan nilai antara $1410 - 1460$ $(\text{m/s})^2 \cdot \text{gr/cc}$ (orange), nilai ini masuk dalam kisaran nilai untuk litologi batupasir dengan nilai sensitivitas bernilai $1460 - 2360$ $(\text{m/s})^2 \cdot \text{gr/cc}$.

Untuk litologi reservoir batupasir yang dilingkari warna hitam berada di sumur uji UI-10 karena sumur ini memiliki nilai impedansi elastik rendah yang mempunyai litologi batupasir.



Gambar 10. Analisis *slice horizon* pada zona target Z.2210 hasil inversi impedansi elastik yang digabungkan dengan peta horizon pada domain waktu.

Analisis Lambda Rho

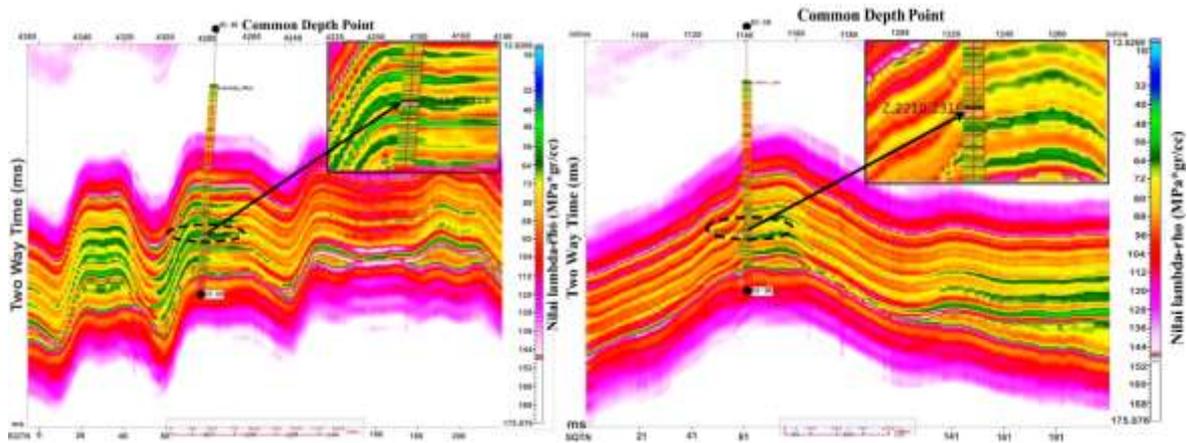


Gambar 11. (a). Analisis data log *lambda-rho* hasil inversi terhadap log turunan *lambda-rho* dengan arah *crossline* 4260 (b). Hubungan antara log *lambda-rho* inversi dengan *lambda-rho* sumur.

Untuk mendapatkan hubungan dari hasil inversi log *lambda-rho* dengan log turunannya maka dilakukan dengan analisis *crossplot* yang dengan hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa terdapat suatu korelasi yang baik dengan nilai sekitar 0,86, seperti yang terlihat pada Gambar 11.

Analisis Penampang Inversi Lambda Rho

Tahap ini dilakukan analisis penampang inversi *lambda-rho*, yang analisisnya dibuat dengan cara pemetaan pada zona target untuk arah *inline* dan *crossline*, seperti pada Gambar 12. Untuk *inline* 1141 pada arah utara-selatan dan *crossline* 4260 pada arah barat-timur dengan nilai yang didapatkan menunjukkan adanya keberadaan zona fluida hidrokarbon.



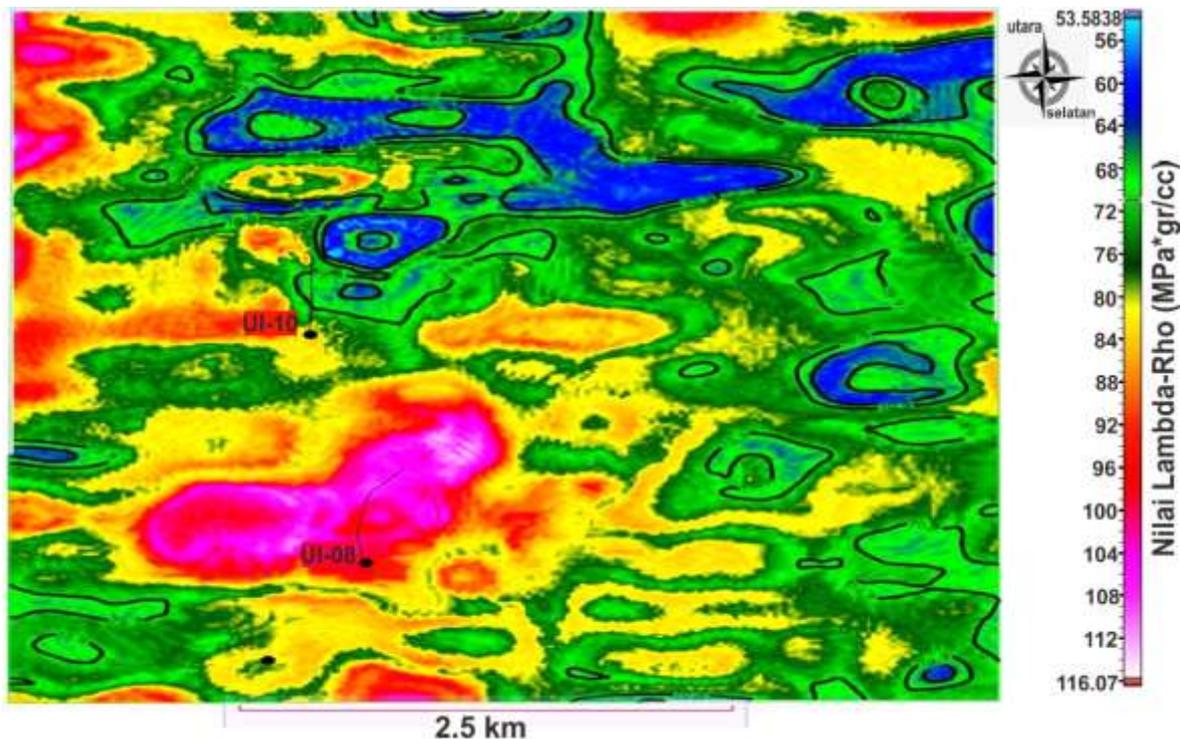
Gambar 12. Hasil inversi λ -rho inline 1141, dan crossline 4260 dengan arah masing-masing utara-selatan dan barat-timur.

Hasil inversi adanya fluida hidrokarbon dengan litologi batupasir berkisar 40 – 65 MPa*gr/cc (hijau) dan serpih berkisar dengan nilai 70 – 85 MPa*gr/cc (kuning).

Analisis Persebaran Fluida Hidrokarbon reservoir Batupasir

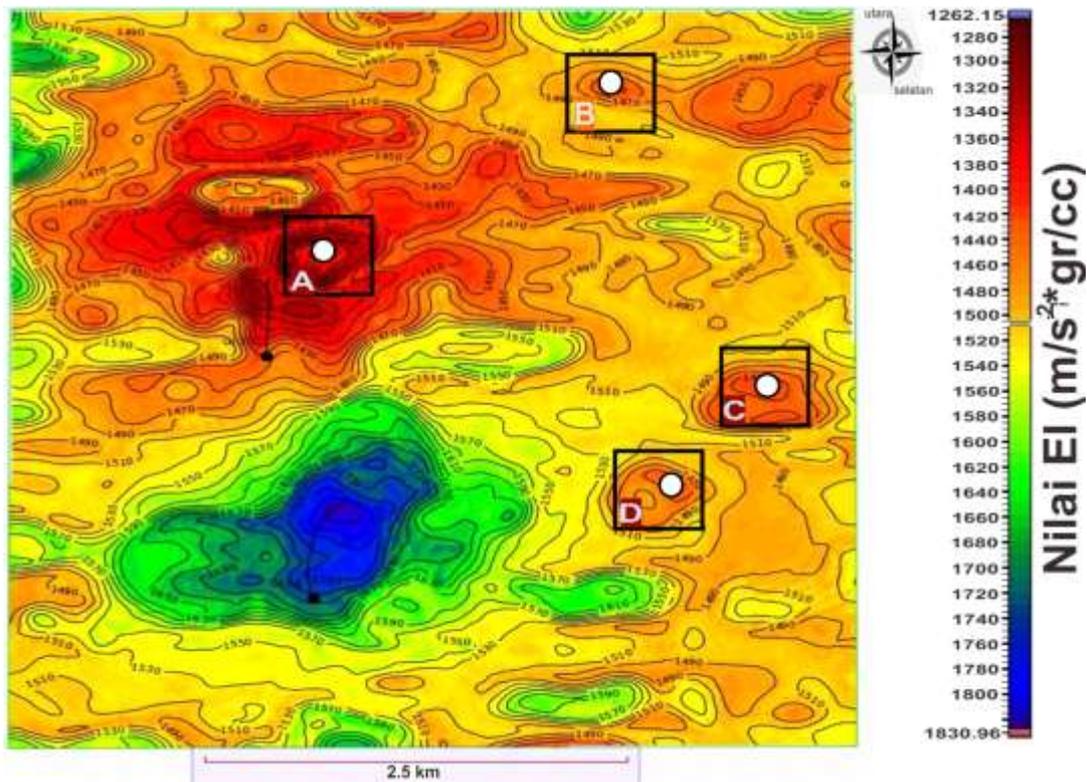
Analisis persebaran fluida pada zona target horizon Z.2210 dilakukan dengan melakukan penyayatan (*slicing*) dengan ukuran *window interval* 2 ms ke atas dan 5

ms ke bawah kemudian di gabungkan dengan peta *time migrated horizon* sehingga diperoleh persebaran nilai λ -rho. Dari hasil *slicing* diperoleh arah distribusi fluida hidrokarbon pada sumur uji UI-10 mempunyai arah utara-tenggara dengan nilai berkisar antara 53 – 78 MPa*gr/cc (biru – hijau tua), yang nilai ini memiliki kisaran dengan nilai sensitivitas fluida hidrokarbon yang berkisar antara 48 – 82 MPa*gr/cc, seperti yang terlihat pada Gambar 13.



Gambar 13. Analisis *slice horizon* pada zona target Z.2210 hasil inversi λ -rho yang digabungkan dengan peta horizon pada domain waktu.

Estimasi Daerah Prospek Baru



Gambar 14. Sumur-sumur prospek yang diduga mengandung fluida hidrokarbon di-overlay dengan peta *time migrated* struktur impedansi elastik dengan sudut 30° .

Hasil analisis impedansi elastik dan *lambda-rho* diidentifikasi adanya keberadaan beberapa sumur prospek (A, B, C, D) yang diduga mengandung fluida hidrokarbon.

Alasan dari pendugaan sumur baru tersebut dilihat dari bentuk dan *closure* kontur, yaitu daerah untuk sumur A, B, C, dan D adalah berupa antiklin yang merupakan media perangkap hidrokarbon, namun syarat daerah tersebut dapat diakumulasi minyak adalah konturnya harus tertutup karena kontur yang tertutup itu mengindikasikan bahwa daerah tersebut memiliki struktur reservoir yang prospek.

Selain itu, hidrokarbon pada reservoir utamanya mengalami proses migrasi. Migrasi di sini maksudnya adalah migrasi sekunder, yaitu pergerakan fluida dari batuan reservoir menuju ke tempat akumulasi yang baru. Hal ini dikarenakan perbedaan massa jenis minyak dan air merupakan sumber tenaga dalam migrasi

sekunder sehingga gumpalan minyak akan selalu mencari tempat yang lebih tinggi, artinya minyak akan naik ke atas mencari tempat yang lebih dangkal seperti pada daerah prospek baru yang ditunjukkan pada Gambar 14. Daerah prospek yang baru itu merupakan daerah dangkal dibandingkan dengan daerah sekitarnya yang memiliki kedalaman antara 2316 – 2320 meter dari permukaan. Minyak akan mencari tempat yang lebih tinggi jika tekanan ke atas yang terjadi dapat mengurangi tekanan kapiler (tekanan yang menghalangi minyak bergerak ke atas yang disebabkan perbedaan tetes minyak dengan fase kontinu). Adanya suatu sentakan (*triggering action*) seperti gejala gempa bumi yang memungkinkan terbentuknya suatu gumpalan dari tetes-tetes minyak yang tersebar (Koesoemadinata, 1980). Gumpalan tersebut bergerak ke atas menuju daerah prospek A, B, C, dan D dengan mengikuti kemiringan penyekat batuan reservoir dan tetes-tetes minyak yang ada di jalannya akan ikut tertarik dan membuat

gumpalan tersebut semakin besar sehingga akan mempercepat gerakannya dan pada akhirnya akan terakumulasi di daerah-daerah yang diduga prospek baru tersebut.

Jika minyak ini bukan berasal dari reservoir utamanya tetapi keluar dari batuan induk (migrasi primer) dalam bentuk koloid atau larutan, maka diperlukan suatu mekanisme yang dapat mengeluarkan minyak dari tetes minyak sebagai fase yang terpisah. Dalam hal ini dimungkinkan oleh air asin yang mengandung suatu elektrolit yang berfungsi membuat koloid menjadi tidak stabil sehingga mengakibatkan terbentuknya tetes-tetes minyak (Koesoemadinata, 1980).

Kesimpulan

Hal-hal yang dapat disimpulkan dalam penelitian ini adalah:

1. Analisis sensitivitas log impedansi elastik untuk pemisahan litologi batupasir dan serpih berada pada sudut 30° dan pendugaan adanya fluida hidrokarbon menggunakan log λ -rho cukup baik tingkat sensitivitasnya.
2. Nilai penampang hasil inversi untuk impedansi elastik dengan sudut 30° menunjukkan adanya litologi batupasir pada zona target Z.2210 dengan nilai berkisar antara $1410 - 1570 \text{ (m/s)}^2 \cdot \text{gr/cc}$ dengan pola sebarannya litologi berorientasi pada arah timur laut-barat daya dengan impedansi rendah dan indikasi adanya fluida hidrokarbon diperoleh nilai yang berkisar antara $40 - 65 \text{ MPa} \cdot \text{gr/cc}$ dengan pola sebarannya berorientasi pada arah utara-tenggara.
3. Daerah usulan untuk lokasi pengeboran baru yaitu titik A (*inline 1230 crossline 4225*), titik B (*inline 1255 crossline 4310*), titik C (*inline 1180 crossline 4340*), dan titik D (*inline 1155 crossline 4335*) sebagai sumber prospek baru hidrokarbon.

Ucapan Terima Kasih

Kami mengucapkan terima kasih kepada Pihak PT. Pertamina E&P Cirebon yang telah memberikan akses data dan pengolahan data sehingga tulisan ini dapat disajikan.

DAFTAR PUSTAKA

- Adnan, A. and Sukowitono, S. 1991. *Jatibarang sub basin – a half graben model in the onshore of northwest Java*. 20th Annual Convention & Exhibition Proceedings, Indonesian Petroleum Association pp. 279 – 297.
- Arpandi, D. and Patmosukismo, S. 1975. *The Cibulakan Formation as one of the most prospective stratigraphic units in the north-west Java basinal area*. 4th Annual Convention & Exhibition Proceedings, Indonesian Petroleum Association pp. 181 – 210.
- Connolly, P. 1999. *Elastic impedance*. The Leading Edge 18, 438–452. <https://doi.org/10.1190/1.1438307>
- Goodway, B., Chen, T., Downton, J. 1997. *Improved AVO fluid detection and lithology discrimination using Lamé petrophysical parameters & fluid stack?, from P and S inversions*, in: SEG Technical Program Expanded Abstracts 1997, SEG Technical Program Expanded Abstracts. Society of Exploration Geophysicists, pp. 183 – 186. <https://doi.org/10.1190/1.1885795>
- Gresko, M., Suria, C., Sinclair, S. 1995. *Basin evolution of the Ardjuna rift system and its implications for hydrocarbon exploration, offshore Northwest Java, Indonesia*. 24th Annual Convention & Exhibition Proceedings, Indonesian Petroleum Association pp. 147 – 161.
- Harun, M.R., Sandria, L.A., Ilhami, A.S., Sukmawati, A., Razi, M. 2013. *Sandstone Reservoir Distribution of Cibulakan Formation Using Seismic Inversion Method: Extended Elastic Impedance (EEI), in Cemara Field*,

- North West Java Basin*. 37th Annual Convention & Exhibition Proceedings, Indonesian Petroleum Association.
- Haryoko. 2013. *Analisa Log Sumur dengan Metoda Probabilistik dan Deterministik Menggunakan Interactive Petrophysics*. Pertamina Learning Center (PLC). Bimbingan Profesi Sarjana PT. PERTAMINA EP TAHUN 2010.
- Hicks, G.J. and Francis, A.M. 2006. *Extended elastic impedance and its relation to AVO crossplotting and VP/VS*, in: 68th EAGE Conference and Exhibition Incorporating SPE EUROPEC 2006. European Association of Geoscientists & Engineers, p. cp-2.
- Jayadi, H. 2016. *Identifikasi Persebaran Litologi reservoir Batupasir Menggunakan Analisis Seismik Inversi Impedansi Elastik Di Lapangan Najlaa Formasi Cibulakan Cekungan Jawa Barat Utara*. Jurusan Fisika FST, Universitas Nusa Cendana 99–105.
- Jayadi, H., Meidji, I.U., Yusuf, Y.H.M., 2020. *Analisis Amplitude Versus Offset (AVO) Menggunakan Parameter Petrofisika Lambda Mu Rho (Lmr) dan Extended Elastic Impedance (EEI) untuk Karakterisasi reservoir Karbonat*. Jurnal Teknosains 14, 104 – 114.
- Koesoemadinata, R.P., 1980. *Geologi Minyak dan Gas Bumi, Jilid 1 dan 2*. Institut Teknologi Bandung: Bandung.
- Lindseth, R.O. 1982. *Digital processing of geophysical data: A review*: Soc. Expl. Geophys.
- Martodjojo, S. 2003. *Evolusi Cekungan Bogor Jawa Barat*. Penerbit ITB Bandung.
- Meidji, I.U., Jayadi, H., Saka, B.G.M., Wahyuni, A., Purwanti, R. 2019. *Karakterisasi reservoir Berdasarkan Analisis Petrofisika Batuan Dalam Penentuan Litologi dan Kandungan Hidrokarbon di Cekungan Banggai*. Jurnal Pendidikan Fisika Vol. 2(6).
- Nurwidyanto, M.I., Novianti, I., Widodo, S. 2005. *Estimasi Hubungan Porositas dan Permeabilitas pada Batupasir (Study Kasus Formasi Kerek, Ledok, Selorejo)*. Berkala Fisika Vol. 8(3) 87 – 90.
- Rutherford, S.R. and Williams, R.H. 1989. *Amplitude-versus-offset variations in gas sands*. GEOPHYSICS 54, 680–688. <https://doi.org/10.1190/1.1442696>
- Ryacudu, Bachtiar, 1999. *Geological Study on Semberah Block*. Final Report.
- Sukmono, S., 2007. *Post and Pre Stack Seismic Inversion for Hydrocarbon Reservoir Characterization*. Laboratorium Geofisika Reservoir, Program Studi Teknik Geofisika, Bandung.
- Patmosukismo, S. & Yahya, I. 1974. *The basement configuration of the north west Java area*. 3rd Annual Convention & Exhibition Proceedings, Indonesian Petroleum Association pp. 129 – 152.