

Karakterisasi Reservoir Berdasarkan Analisa Avo (*Amplitude Versus Offset*) Dan LMR (Lambda-Mu-Rho) Di Lapangan “Ap7” Formasi Keutapang Cekungan Sumatra Utara

Andika Prasetyo¹ Juventa¹

¹ Program Studi Teknik Geofisika Universitas Jambi, Jl. Jambi - Muara Bulian Km. 15, Mendalo Darat, Kec. Jambi Luar Kota, Kabupaten Muaro Jambi, Jambi 36122.

* Korespondensi: andikaprasetyo007@gmail.com

Abstrak : Karakterisasi reservoir batu pasir formasi Keutapang pada lapangan “Ap7” cekungan Sumatera Utara melalui analisa AVO *product* berupa *Intercept*, *gradient*, nilai poisson ratio dan inversi simultan, transformasi lambda rho dan mu rho sebagai output dari nilai impedansi p dan s. Analisis AVO menunjukkan nilai *intercept* bernilai positif, *gradient* bernilai positif pada *top zone interest* dan menunjukkan nilai *intercept* negatif, *gradient* negatif pada *base zone interest* berada pada kuadran 1 dan 3, peningkatan nilai amplitud seiring bertambahnya *offset* berada pada kedalaman 1230 meter dengan *thicknes* sebesar 30 ms, menunjukkan klasifikasi AVO berada pada kelas 3 ($R_0 < \text{Far Offset}$). Peta struktur waktu inversi simultan yang menggambarkan deliniasi fluida pengisi reservoir dengan sumur PTJN7, PTJN8 dan GJN1 sebagai kontrol, *zone interest* memiliki karakteristik *low impedansi p* sebesar 5.500-6000 dibanding batuan *non-sand* sekitar, mendeterminasi keberadaan fluida berupa gas yang melampar berarah selatan-utara dengan rekomendasi pengembangan sumur berikutnya berada pada utara daerah penelitian.

Kata kunci: AVO, LMR

Abstract : *Characterization of sandstone reservoir of the Keutapang formation in the "Ap7" field at North Sumatra Basin through AVO product analysis using intercept, gradient, poisson ratio and simultaneous inversion, lambda rho and mu rho transformations as the output of the impedance values of p and s. AVO analysis shows intercept value is positive, gradient is positive at top zone of interest and shows a negative intercept value, negative gradient at base zone of interest is in quadrants 1 and 3, the increases in amplitude value with increasing offset is at a depth of 1230 meters with a thickness of 30 ms. , shows the AVO classification is in class 3 ($R_0 < \text{Far Offset}$). Simultaneous inversion time structure map that depicts delineation of reservoir filling fluid with PTJN7, PTJN8 and GJN1 wells as controls, the zone of interest has a characteristic low impedance p of 5,500-6000 compared to the surrounding non-sand rocks, determines the presence of fluid in the form of gas that spreads in a south-north direction with the recommendation that the next well development is located in the north of the research area.*

Kata kunci: AVO, LMR.

Published By:

Jurusan Teknik Kebumihan, Universitas Jambi

Address:

Jl. Jambi – Muara Bulian Km 15, Mendalo Darat, 36122

Email:

jtk@unja.ac.id

Licensed By:

[Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License.](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/)

PENDAHULUAN

Dalam dunia eksplorasi hidrokarbon yang menjadi perhatian utama adalah menentukan keberadaan posisi reservoir yang berada di bawah lapisan permukaan bumi. Hidrokarbon yang terbentuk didalam batuan induk akan mengalami migrasi dan berpindah ke batuan penyimpan yang terbentuk oleh adanya jebakan (*trap*). Informasi mengenai persebaran reservoir dan keberadaan jebakan hidrokarbon merupakan informasi yang sangat penting dalam penentuan lokasi pemboran.



Cara untuk melakukan penemuan hidrokarbon dapat dilakukan diantaranya dengan menggunakan metode seismik refleksi sebagai salah satu metode geofisika. Metode seismik refleksi adalah metode eksplorasi hidrokarbon yang menggunakan prinsip penjaralan gelombang. Metode ini dianggap baik dalam memberikan gambaran struktur geologi dan perlapisan batuan bawah permukaan secara lateral dengan memanfaatkan penjaralan gelombang seismik yang melewati material bumi. Sumber gelombang seismik bisa berasal dari sumber buatan seperti palu, ledakan dinamit dan juga *vibroiseis* (pembangkit getaran) sumber tersebut mengakibatkan terjadinya getaran pada sekitar titik ledak, yang kemudian energi bergerak kesegala arah disekelilingnya berupa gelombang mekanik. Gelombang yang dipantulkan oleh *reflector* dibawah permukaan akan terekam oleh *receiver*.

Metode pengolahan data seismik yang sudah umum dikenal diantaranya adalah seismik inversi AVO (*Amplitude Variation With Offset*). Inversi seismik didefinisikan sebagai suatu teknik pembuatan model bawah permukaan dengan menggunakan data seismik sebagai input dan data sumur sebagai pengontrol yang pada prinsipnya menganalisis anomali amplitudo sinyal terpantul dengan bertambahnya jarak sumber gelombang ke penerima (*offset*). Metode AVO lebih banyak digunakan untuk kasus reservoir gas, dan juga dapat dilakukan analisis untuk reservoir minyak, sehingga diharapkan dengan analisis AVO dan inversi seismik, reservoir dapat dikarakterisasi secara lebih baik.

Amplitudo memiliki sifat dan nilai yang berbeda beda pada setiap medium penjaralannya, hal ini dapat terjadi karena sumber gelombang yang mengalami penjaralan melewati medium yang berbeda dari sebelumnya dan memiliki nilai koefisien refleksi yang berbeda pada setiap mediumnya, perbedaan atau yang sering juga disebut dengan anomali amplitudo inilah yang digunakan sebagai identifikasi awal dari perbedaan litologi batuan yang dilalui.

Anomali nilai amplitudo dapat dikorelasikan terhadap jarak atau yang dikenal dengan istilah *offset*. Keterkaitan antara amplitudo terhadap jarak (*Offset*) inilah yang dikenal dengan AVO (*Amplitude Variation With Offset*).

Sebagai studi dan keperluan lebih lanjut, hasil inversi berupa Impedansi Akustik (AI) dan *Shear Impedance* (SI) dapat ditransformasikan menjadi produk Lambda-Rho ($\lambda\rho$) yang lebih sensitif terhadap perubahan fluida dan Mu-Rho ($\mu\rho$) yang lebih sensitif terhadap perubahan litologi.

Geologi Daerah Penelitian

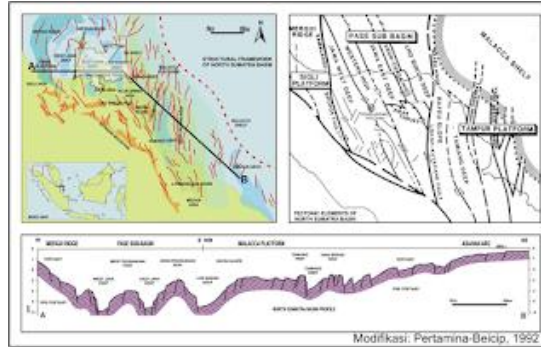
Aktivitas tektonik cekungan Sumatera Utara dibedakan antara Pra-Miosen dan Miosen hingga pasca-Miosen pola struktur berarah utara-selatan terutama dihasilkan oleh tektonik pra-miosen (Mulhadiono dan Sutomo, 1984). Pola struktur miosen - pasca miosen arah utamanya adalah barat laut-tenggara. Orientasi struktur tersebut berkaitan dengan pengangkatan Bukit Barisan. Pola sesar berarah Utara-selatan (pola pra-tercier) dan arah barat laut-tenggara maupun timur laut-baratdaya merupakan reaktivasi sesar plio-pleistosen sejak miosen tengah (Gambar 1).

Evolusi tektonik terciar sumatera terbentuk sebagai akibat subduksi lempeng indo australia ke bawah kraton sunda secara oblik sepanjang barat daya pulau sumatera. Gerak lempeng samudera indo-australia ke bawah lempeng kontinental eurasia berlangsung sejak oligosen akhir (Daly dkk, 1987, 1991, Plunggono dan Cameron, 1984).

Cekungan Sumatera utara adalah salah satu dari tiga cekungan busur belakang yang terbentuk selama terciar (oligosen awal), pada lempeng eurasia dan paparan sunda (Kamili, 1973).



Tektonik ekstensial sangat mendominasi cekungan Sumatera di awal tersier dan membentuk struktur tinggian dan juga rendahan. Membentuk *trap* sebagai struktur inversi.



Gambar1. Elemen tektonik Sumatera Utara (Pertamina-Becip, 1992).

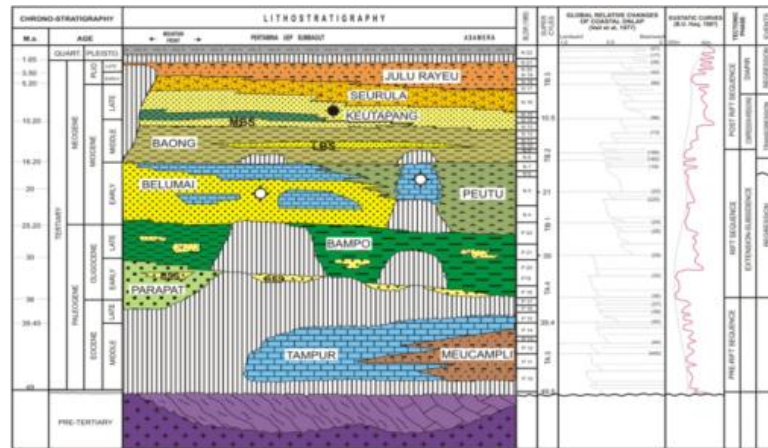
Statigrafi Daerah Penelitian

Statigrafi daerah Sumatera Utara dibedakan menjadi dua berdasarkan litostratigrafinya yakni tersier dan pra tersier. Dimana batuan pratersier di daerah darat umumnya terdiri dari batu gamping, dolomit dan batu pasir yang diendapkan pada lingkungan laut dangkal.

Sedangkan litostratigrafi pada masa tersier dapat dibedakan menjadi beberapa formasi seperti : formasi tampur-eosen akhir-oligosen awal, formasi parapat-oligosen awal, formasi bampo-oligosen akhir, formasi petu dan belumai-miosen awal, formasi baong-miosen tengah, formasi keutapang-miosen akhir, formasi seureula-pliosen awal, dan formasi julu rayeu-pliosen tengah-akhir.

Pada penelitian ini akan difokuskan pada formasi keutapang sebagai zona interest, formasi keutapang pertamakali diperkenalkan oleh t'Hoen pada tahun 1919 untuk area Lokseumawe dan Kuala simpang, Aceh. Formasi keutapang tersusun sebagian besar oleh batu pasir dan lempung dengan sisipan serpih dan lapisan tipis batugamping, sebenarnya formasi keutapang terbagi kedalam 3 unit litologi utama, yaitu: bagian bawah yang terdiri dari dominasi litologi pasir, bagian tengah disebut anggota securai yang terdiri dari batupasir laut. Bagian atas disebut formasi keutapang terdiri dari perselingan batupasir dan batu lumpur. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 2.

Formasi keutapang melampar tidak selaras diatas formasi baung, formasi ini terdiri batupasir fluvial sampai inner neritic dan klastik halus yang berasal saat mulai terjadinya pengangkatan pegunungan barisan di perisai sunda barat daya sampai kebagian timur. Mulhadiono (1976) mengidentifikasi empat lingkungan pengendapan dari batu pasir keutapang bagian bawah di area aru yaitu laut dangkal, interdeltatik, deltatik dan estuarin.



Gambar 2. Stratigrafi Cekungan Sumatera Utara (Kamioli dan Naim, 1973).

Secara umum kegiatan penelitian ini merupakan salah satu penelitian terapan yang menggunakan parameter kuantitatif dan penguatan secara kualitatif dengan menggunakan data sekunder dalam praktiknya dan pemahaman terhadap konsep pengolahannya sehingga mampu mencapai tujuan dalam penelitian.

METODE PENELITIAN

Pengolahan Data

1. Well

Merupakan kegiatan merekam karakterisasi batuan sebagai fungsi kedalaman yang dibedakan menjadi dua pencatatan yaitu saat proses *drilling* atau pemboran dan setelah proses *drilling*.

2. Seismik

Adalah rambatan energi yang disebabkan karena adanya gangguan didalam kerak bumi seperti adanya patahan adanya ledakan yang akan tersebar ke seluruh bagian bumi dan terekam oleh seismometer.

3. Picking Horizon

Picking horizon merupakan penentuan lapisan berdasarkan lamplan batuan pada wilayah tersebut. Misalnya dapat menentukan puncak horizon dengan melihat kontinuitas reflektor (amplitudo yang seragam) ditandai dengan garis relatif tebal dengan warna yang sama.

4. Wavelet Analysis dan Well-Seismic Tie

Wavelet analysis adalah tahap pemilihan *wavelet* yang paling cocok dengan seismogram sintetik untuk melakukan *well seismic tie*. Proses *well seismic tie* sendiri merupakan pengikatan antara data *log* sumur dan data seismik dengan menggunakan data *checkshot* sebagai koreksi kedalaman, sehingga data seismik dalam domain *time* dapat *match* dengan data *log* sumur dalam domain *depth*. Proses pemilihan *wavelet* untuk *well-seismic tie* ini dilakukan dengancara mempertimbangkan frekuensi dominan pada data seismik agar pemilihan *wavelet* dapat maksimal.

5. InversiSeismik

- Model Awal(*Initial Model*)



Sebelum proses inversi, terlebih dahulu dilakukan pembuatan model awal untuk melihat batas litologi secara umum dari nilai *Acoustic Impedance (AI)* dan *Shear Impedance (SI)* pada tiap lapisan.

- **Analisis Inversi dan Proses Inversi**

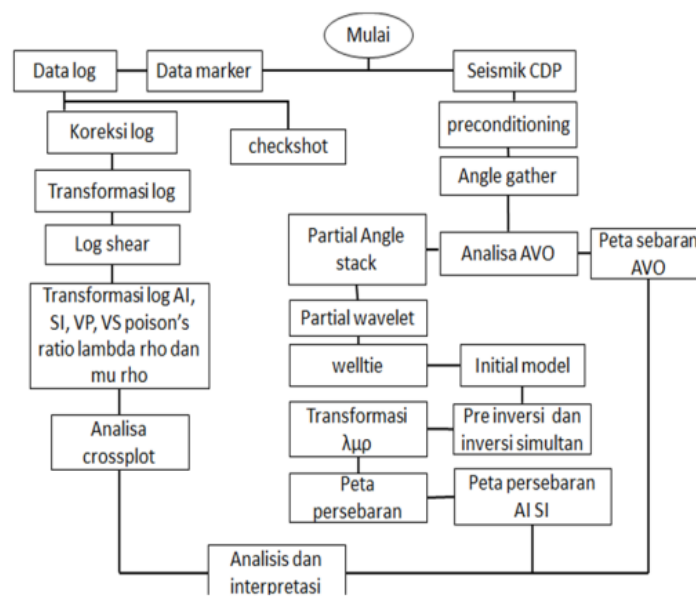
Analisis inversi ini memungkinkan kita untuk menentukan parameter yang akan digunakan pada proses inversi. Inversi akan maksimum jika kesesuaian antara seismogram sintetik dengan data seismik aslinya sudah cukup baik, ditunjukkan dengan nilai *error* yang relatif kecil.

6. Transformasi Lambda-Mu-Rho

Proses transformasi Lambda-Mu-Rho menggunakan data *input* hasil inversi dari parameter *Acoustic Impedance (AI)*, *Shear Impedance (SI)* dan Densitas (ρ).

7. Slicing Map

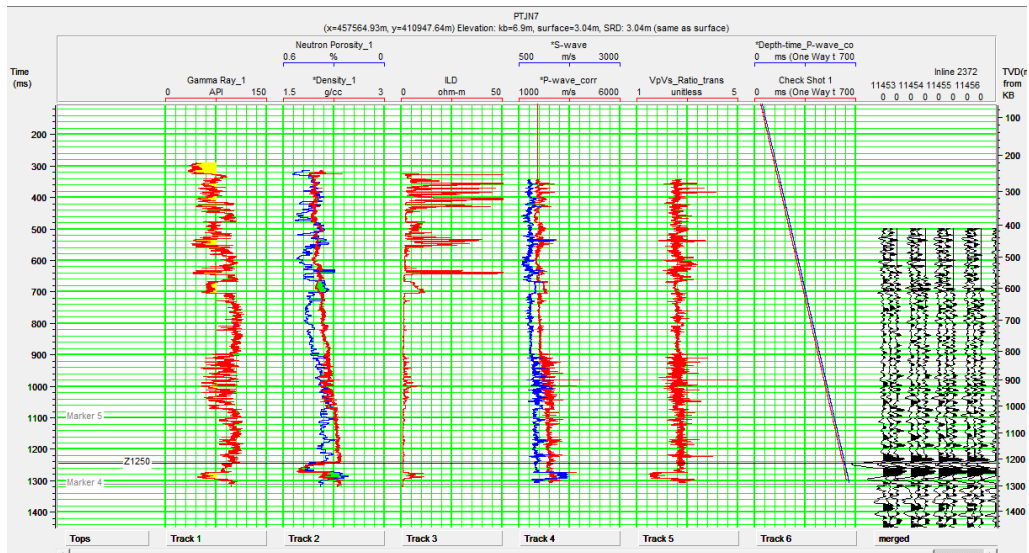
Slicing dilakukan untuk mengetahui persebaran lapisan reservoir dan menentukan zona prospek berdasarkan parameter AVO Dan LMR.



Gambar 3. Diagram Alir Penelitian

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

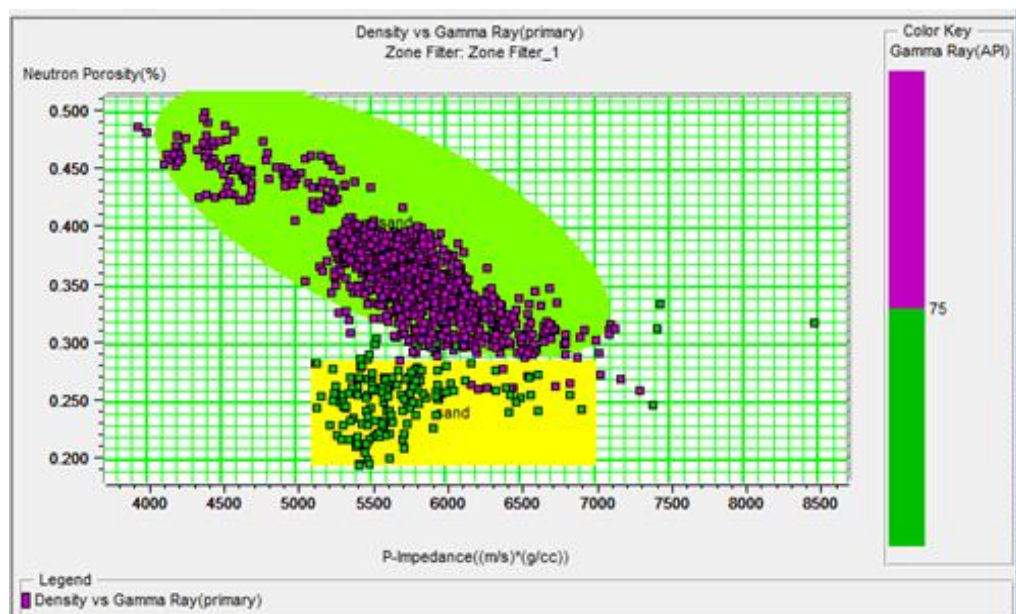
Dalam penelitian analisa anomali avo (*amplitude versus offset*) dan parameter lambda mu rho ini menggunakan data seismik prestack 3D sebagai data utama dan data log sebagai masukan, dimana terdapat tiga data log yang digunakan dalam identifikasi awal zona target secara vertikal yaitu PTJN 7, PTJN 8 dan GJN 1 yang berada pada cekungan Sumatera Utara dengan reservoir berupa batu pasir dengan potensi hidrokarbon berupa gas yang berada pada kedalaman 1250 dalam domain time dan 1210 dalam domain meter seperti yang ditunjukkan oleh gambar 4.

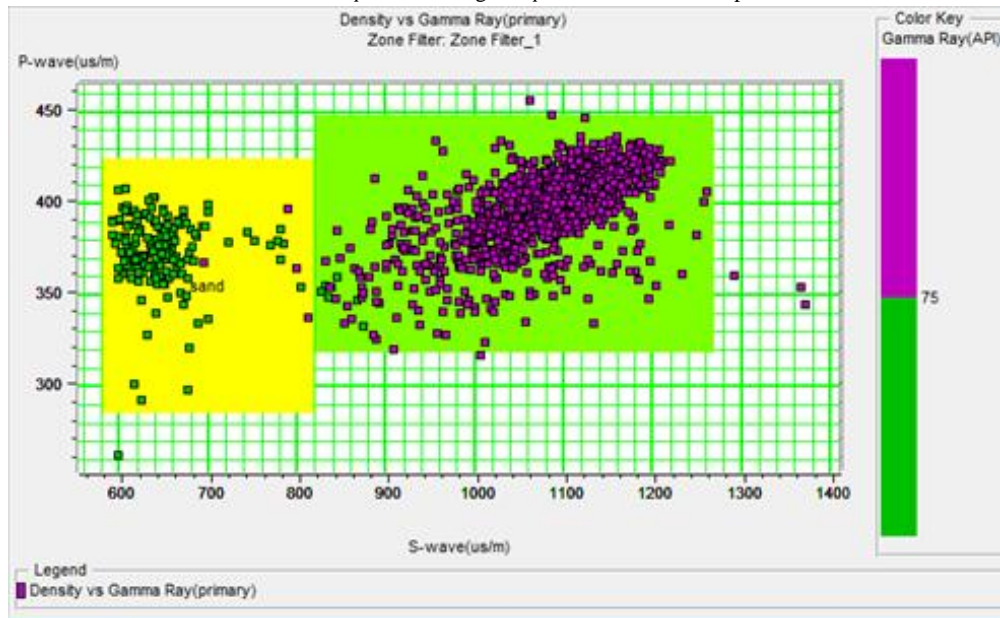


Gambar 4. Zona target pada well PTJN 7

Berdasarkan gambar 4 terlihat bahwa zona target memiliki penurunan ketinggian diurut dari sumur GJN 1, PTJN 7, dan PTJN 8 dan memiliki kemenerusan *pinch-out* pada zona target, hal ini diperkuat oleh kondisi geologi regional formasi Keutapang cekungan Sumatera Utara yang memiliki karakteristik pengendapan berupa batu pasir halus dengan sisipan seri dan batu gamping tipis yang menghampar tidak selaras diatas formasi baong.

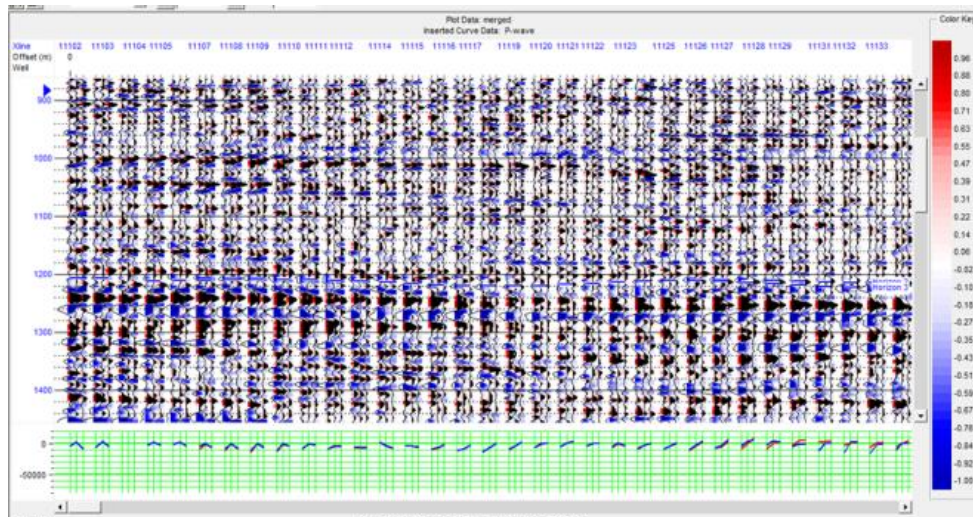
Analisis kuantitatif pada penelitian ini yaitu dengan menentukan nilai *cut-off* dari parameter sensitivitas *crossplot* (Tabel 1) pada tiap tiap sumur dengan parameter pembanding dari beberapa jenis log (gambar 5 dan 6).




Gambar 5. Crossplot antara log P Impedance dan Neutron porositas

Gambar 6. Crossplot antara P Wave dan S Well PTJN 7

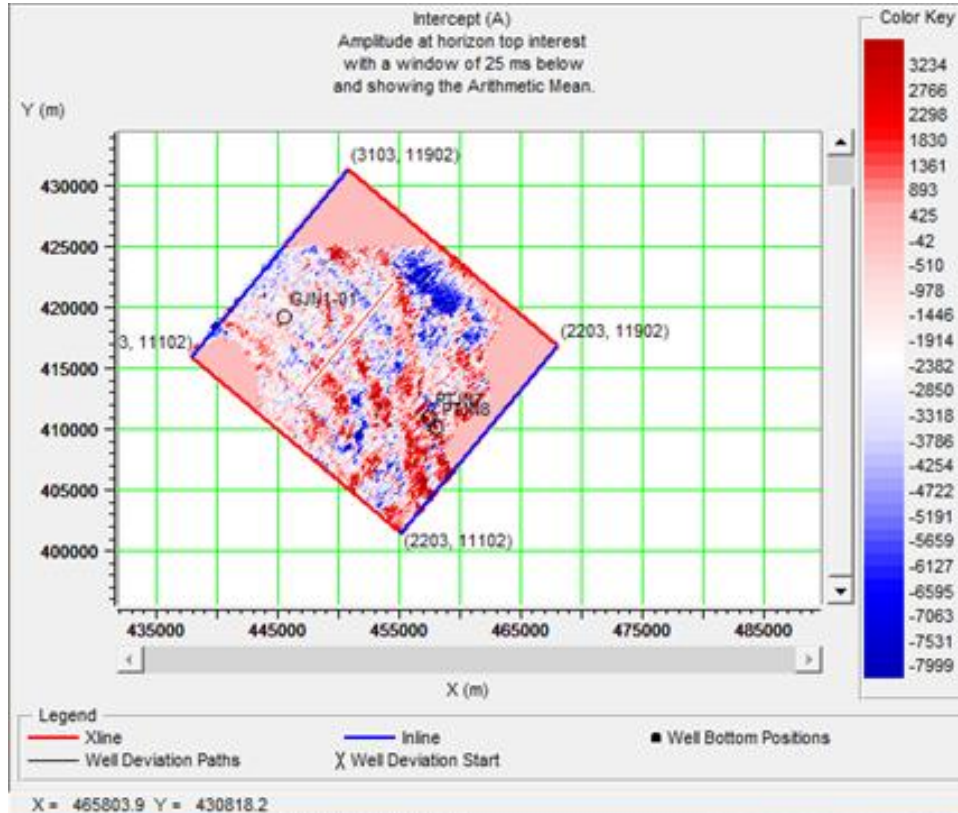
Tabel 1. Parameter Sensitivitas Nilai Cut-off

| No | Parameter | Zona | |
|----|-------------------|-------------|-------------|
| | | Non Sand | Gas Sand |
| 1 | Gamma Ray | 75 - 100 | 45 - 75 |
| 2 | Neutron Porositas | 0.4 - 0.5 | 0.2 - 0.3 |
| 3 | Vp/Vs | 2 - 3.30 | 1.4 - 2 |
| 4 | Resistivitas | 0 - 2 | 2 - 11 |
| 5 | Lambda Rho | 17.5 - 35 | 2.5 - 17.5 |
| 6 | Mu Rho | 3 - 8 | 8 - 13 |
| 7 | Akustik Impedan | 4000 - 5200 | 5200 - 6000 |
| 8 | Shear Impedan | 1000 - 2300 | 2300 - 3500 |
| 8 | Densitas | 2.23 - 2.40 | 2 - 2.23 |



Gambar 7. Seismik *Pre-stack*

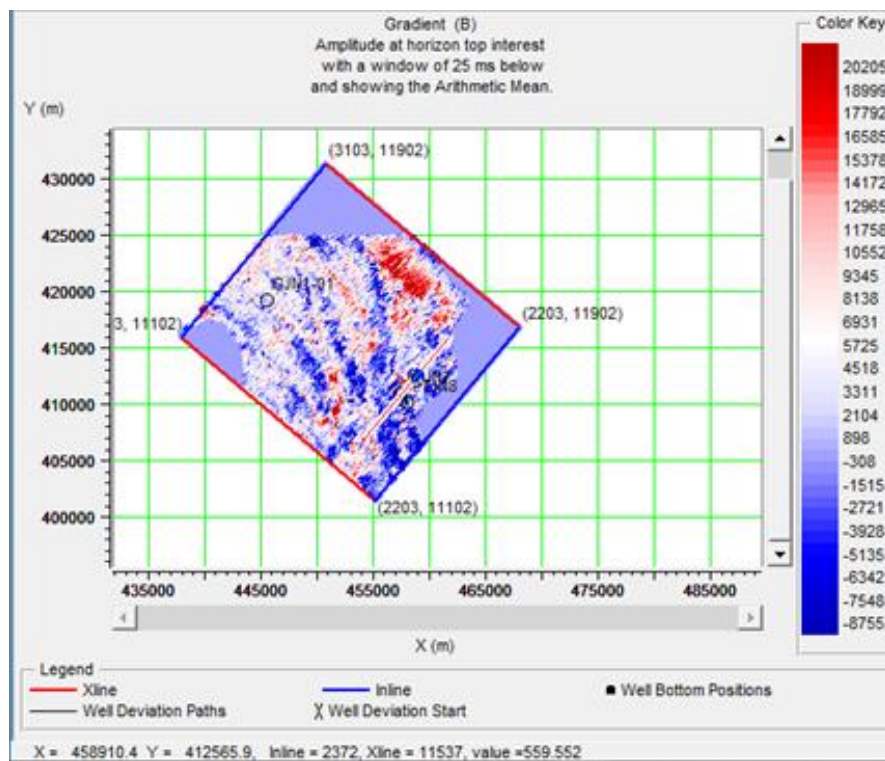
Data seismik (Gambar 7) yang digunakan dalam analisis anomali AVO adalah data seismik *pre-stack*, dimana pada penelitian ini data tersebut dihasilkan dari data seismik partial berupa (*near offset, mid offset dan far offset*) data seismik *pre-stack* digunakan dalam analisa AVO agar mampu menghasilkan *gather* yang siap dilakukan tahapan *pick* analisis.



Gambar 8. *Time Slice Map Intercept*

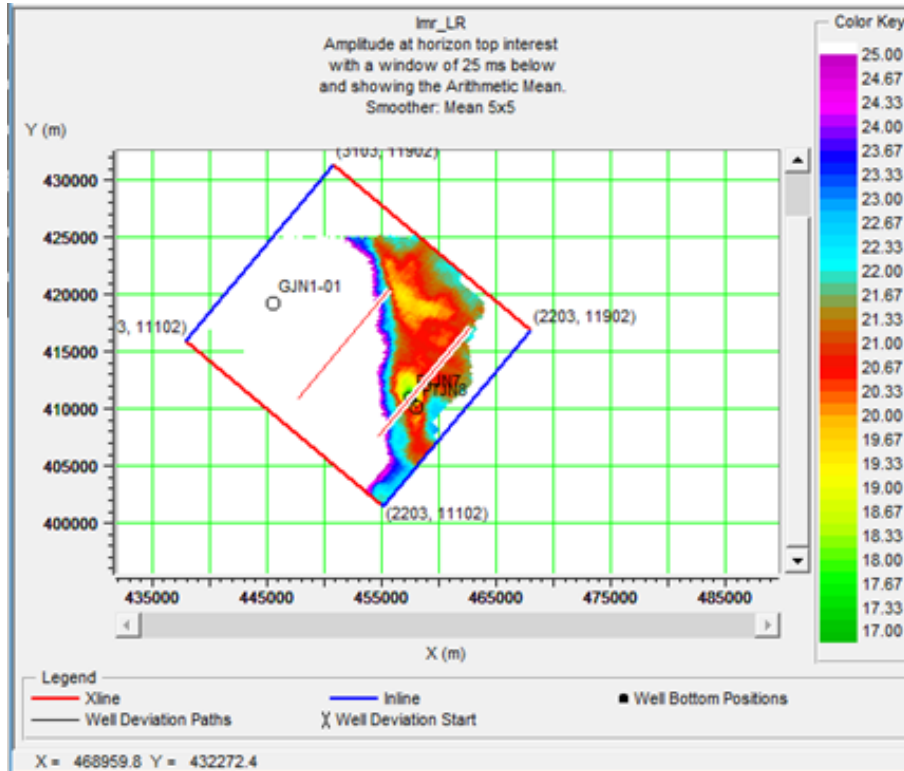


Hasil penampang seismik dengan atribut *intercept* dilakukan *slicing* dengan lebar *window* 20 ms sehingga dapat diketahui persebaran hidrokarbon berdasarkan parameter *intercept*, perubahan impedansi juga terjadi berdasarkan atribut *intercept* dimana terjadi penurunan impedansi dari impedansi yang tinggi (*non-sand*) berwarna biru ke impedansi yang kecil (*sand*) berwarna merah (gambar 8)



Gambar 9. Time Slice Map Gradient

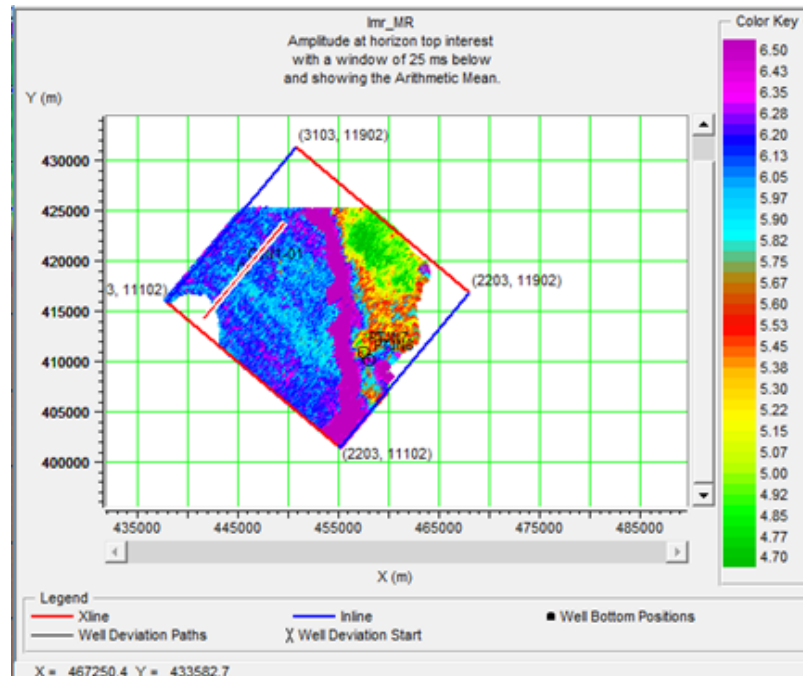
Pada penampang *gradient* pada penelitian ini dilakukan *slicing* dengan lebar *window* 20 ms terlihat terjadinya perubahan impedansi yang cukup signifikan yang diidentifikasi sebagai lapisan batu pasir yang berimpedansi rendah (gambar 9).



Gambar 10. Time Slice Map Lambda Rho

Berdasarkan nilai inkompresibilitas memiliki nilai antara 18 hingga 22 Gpa*gr/cc sebagai reservoir batupasir yang tersaturasi oleh gas (Gambar 10).

Analisis Transformasi Mu Rho Hasil inversi simultan yang menghasilkan impedansi P (Z_p), impedansi S (Z_s) dan densitas (ρ). Atribut parameter Lamé (rigiditas dan inkompresibilitas) yang memiliki hubungan sebagai indikator litologi dan fluida pori.



Gambar 11. Time Slice Map Lambda Rho

Mu-Rho atau rigiditas merupakan suatu perubahan fisika (kekakuan) suatu batuan ketika dikenai tekanan. Mu yang merupakan parameter Lamé kedua (*shear modulus*) memiliki kesensitifan pada matriks batuan sebagai identifikasi litologi.

Berdasarkan peta sebaran rigiditas menunjukkan nilai yang rendah antara 3.3 hingga 3.9 Gpa gr/cc hal tersebut di indikasikan sebagai reservoir batupasir yang berselingan terhadap *non-sand* disekitarnya (gambar 11).

Kesimpulan

1. Anomali AVO yaitu kelas III (amplitudo yang semakin besar seiring besarnya *offset/angle*) dengan impedansi *sand* lebih rendah dari *non-sand* sekitar sebagai batuan penutupnya, sementara hasil pemetaan atribut *intercept*, *gradient* mengindikasikan adanya perubahan fluida pada batuan reservoir yang diinterpretasikan sebagai reservoir batu pasir tersaturasi gas. Hasil inversi simultan impedansi P (Z_p) 4000-5000 ((m/s)*(gr/cc)), impedansi S (Z_s) 2000 dan nilai densitas (ρ) sebesar 1.8 – 2,04 gr/cc menunjukkan densitas *sand* lebih rendah daripada densitas *non-sand*. dilihat dari perbandingan terhadap data sumur dan nilai *cut-off* dari tiap tiap parameter *crossplot*.
2. Transformasi Lambda-Mu-Rho menunjukkan hasil Lambda-Rho (Inkompresibilitas) bernilai rendah 12,5 – 20,1 (Gpa*(gr/cc)) dan Mu-Rho (rigiditas) yang relatif lebih tinggi 5.02-5.09 (Gpa*(gr/cc)) yang diinterpretasikan sebagai *gas-sand* yang mudah terkompresi dan litologi batu pasir memiliki rigiditas yang relatif lebih besar sebagai identifikasi persebaran reservoir batu pasir yang tersaturasi oleh gas memiliki deliniasi fluida pengisi reservoir berarah utara-selatan.



DAFTAR PUSTAKA

- Cameron, 1984, Nick R, Clarke, M.C.G, Aldiss, D.T, Apden, J.A, Djunudin, A. 1980. The Geological Evolution of Northern Sumatera.
- Daly, M C., Hooper, B.G.D & Smith, D.G. 1987. Tertiary Plate Tectonic and Basin Evolution in Indonesia, Indonesia Pet Assoc, 16 Annual Convention Proceeding.
- Gardner, G.H.F., Gardner, L.W., and Gregory, A.R., 1974. Formation Velocity and Density-the Diagnostic Basics for Stratigraphic Traps: Geophysics, 39,770-780.
- I.N Astawa dkk. 2011. Geologi Bawah Permukaan Dasar Laut Perairan Lembar Peta 0421. Daerah Istimewa Aceh, Jurnal Geologi Kelautan Vol 10, No 2.
- Jamady, Aris., 2011. Kuantifikasi Frekuensi dan Resolusi Menggunakan Seismik Refleksi di Perairan Maluku Utara, Bogor IPB.
- Kamili, Z.A, Naim, A.M. 1973. Stratigraphy of Lower and Middle Miocene Sediment in North Sumatera Basin. Indonesia Pet Assoc 2 Annual Convention Proceedings.
- Mulhadiono, Sutomo, 1984, The Determination of Economic Basement of Rock Formation in Exploring the Langkat-Medan Area, North Sumatera Basin, Indonesia, Pet Assoc 13 Annual Convention Proceedings.
- Mulhadiono. 1976. Depositional Study of the Lower Keutapang Sandstone in the Aru Area, North Sumatera. Indonesia Pet Assoc, 5 Annual Convention Proceedings.
- Pertamina Directorate of Exploration & Production. 1992. Bid Information the PSC tender Offer Peudada Block, Aceh Province, Indonesia.
- PERTAMINA-BEICIP. 1985. Hydrocarbon Potential of Western Indonesia. PERTAMINA.