

ANALISIS INVERSI SEISMIK SIMULTAN UNTUK MEMPREDIKSI PENYEBARAN RESERVOAR BATUPASIR PADA LAPANGAN “KAIROS” CEKUNGAN SUMATERA SELATAN

Abdi Kristianto^{1*}, Bagus Sapto Mulyatno², Nandi Haerudin³, Mochamad Razi⁴

¹Jurusan Teknik Geofisika, Universitas Lampung

Jl. Prof. Dr. Sumantri Brojonegoro No.1 Bandar Lampung 35145

²PT. Pertamina EP Asset 2

Jl. Jend. Sudirman No.3, Patih Galung, Prabumulih Barat,

Kota Prabumulih, Sumatera Selatan 31113

*email: abdigeophysics@gmail.com

ABSTRAK

Metode inversi impedansi akustik (AI) sering ditemui keterbatasan dalam membedakan litologi batupasir dan batu lempung karena memiliki nilai impedansi yang hampir sama. Penerapan metode inversi seismik simultan dapat mengatasi keterbatasan tersebut dengan menginversikan secara bersama data *partial angle stack* (*near*, *middle*, dan *far*) untuk menghasilkan parameter *acoustic impedance* (AI), *shear impedance* (SI) dan densitas (ρ) yang dapat ditransformasikan menjadi parameter *Lamé* (LMR), sehingga dapat menentukan persebaran reservoir batupasir pada lapangan “*Kairos*”. Pada penelitian ini dilakukan prediksi terhadap log Vs dengan menggunakan metode multi-atribut. Zona target berada pada horizon-D2 (1520-1700 m) yang ditentukan berdasarkan interpretasi *quicklook* log gamma ray, *NPHI* dan *RHOB* serta dengan analisis krosplot. Nilai korelasi 0.92 menunjukkan bahwa metode inversi seismik simultan baik dalam mendeterminasi persebaran reservoir batupasir pada lapangan “*Kairos*”. Berdasarkan hasil analisis sensitivitas data log, hasil inversi simultan dan analisis LMR, reservoir batupasir memiliki nilai *Mu-Rho* (rigiditas) yang relatif tinggi 17-20 GPa gcc^{-1} , sementara untuk nilai *Lambda-Rho* (inkompresibilitas) rendah 15-25 GPa gcc^{-1} dan *Lambda over Mu* yang rendah 0.7 - 3 GPa gcc^{-1} . Analisis peta persebaran parameter tersebut menunjukkan daerah barat lapangan “*Kairos*” konsisten terdapat keberadaan reservoir batupasir.

ABSTRACT

Acoustic impedance (AI) method has a limitation in discriminated sandstone and shale because of a similar impedance value. Applied seismic simultaneous inversion method that can solve AI method's limitation by inverted simultaneously of the partial angle stack (*near*, *mid*, *far*) generated the acoustic impedance (AI), shear impedance (SI), and density (ρ) could be transformed to the Lamé parameters (LMR), in order to predict sandstone reservoir distribution in "Kairos" field. In this research, the log Vs predicted by using the multi-attribute method. Target zone at the horizon-D2 (1520- 1700 m), determined by log quick look interpretation of gamma-ray, NPHI, and RHOB and crossplot analysis. The value of correlation is 0,98 showed that the seismic simultaneous inversion has the best correlation to discriminate sandstone reservoir in "Kairos" field. Based on log data sensitivity, simultaneous inversion result and LMR analysis that showed the sandstone reservoir relatively has a high value of *Mu-Rho* (rigidity) ranged from 17-20 GPa gcc^{-1} , furthermore, the *Lambda-Rho* (incompressibility) relatively has a low value ranged from 15-25 GPa gcc^{-1} , and the *Lambda over Mu* relatively has a low value ranged from 0,7-3 GPa gcc^{-1} . The analysis of the distribution map parameters showed at west area of "Kairos" field, there is consistently sandstone reservoir.

Key Word : Seismic simultaneous inversion, sandstone reservoir, Lambda Mu Rho (LMR)

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Seiring peningkatan akan kebutuhan bahan bakar minyak dan gas bumi, diperlukan upaya untuk meningkatkan produksi minyak dan gas dengan mencari sumber-sumber hidrokarbon baru atau dengan dilakukannya pengembangan pada lapangan yang sudah ada. Metode seismik refleksi salah satu metode geofisika yang digunakan dalam eksplorasi maupun pengembangan lapangan minyak dan gas bumi. Karakterisasi reservoir yang dilakukan untuk mengetahui deskripsi reservoir secara kualitatif dan kuantitatif, pada umumnya menggunakan teknik inversi seismik *Acoustic Impedance (AI)* dengan parameter impedansi gelombang P . Namun, pada penerapannya metode ini sering ditemui keterbatasan dalam membedakan efek litologi dan kandungan fluida.

Pada penelitian ini, data *seismic partial stack (near angle, mid angle, far angle)* di-inversikan secara bersama dengan menggunakan metode Inversi Sesimik Simultan (*Simultaneous Inversion*), yang menghasilkan model kecepatan gelombang P (V_p), kecepatan gelombang S (V_s), *Acoustic Impedance (AI)*, *Shear Impedance (SI)*, dan densitas (ρ). Dari kelima parameter tersebut dapat diturunkan menjadi parameter V_p/V_s ratio, *Poisson's Ratio*, dan parameter *Lamé* seperti λ , μ (μ), yang dapat dikombinasikan dengan parameter ρ untuk analisis *Lambda-Mu-Rho (LMR)*. Berdasarkan hal tersebut diharapkan dapat memberikan prediksi persebaran reservoir pada lapangan "Kairos", Sumatera Selatan.

1.2 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian sebagai berikut :

1. Menganalisis dan memilih parameter yang sensitif terhadap efek litologi pada zona reservoir.

2. Mengaplikasikan metode Inversi Seismik Simultan pada daerah penelitian.
3. Menganalisis litologi serta melihat penyebarannya pada daerah penelitian.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Geologi Regional

Geologi Cekungan Sumatera Selatan adalah suatu hasil kegiatan tektonik yang berkaitan erat dengan penunjaman Lempeng Indo-Australia, yang bergerak ke arah utara hingga timur laut terhadap Lempeng Eurasia yang relatif diam. Zona penunjaman lempeng meliputi daerah sebelah barat Pulau Sumatera dan selatan Pulau Jawa. Beberapa lempeng kecil (*micro-plate*) yang berada di antara zona interaksi tersebut turut bergerak dan menghasilkan zona konvergensi dalam berbagai bentuk dan arah (Heidrick dan Aulia, 1993).

2.2 Stratigrafi

Pada dasarnya stratigrafi Cekungan Sumatera Selatan (**gambar 1**) terdiri dari satu siklus besar sedimentasi yang dimulai dari fase transgresi pada awal siklus dan fase regresi pada akhir siklusnya. Awalnya siklus ini dimulai dengan siklus *non-marine*, yaitu proses diendapkannya Formasi Lahat pada Oligosen Awal dan setelah itu diikuti oleh Formasi Talang Akar yang diendapkan di atasnya secara tidak selaras. Sedangkan untuk fase transgresi maksimum diendapkan Formasi Gumai bagian atas dan diikuti oleh pengendapan Formasi Air Benakat secara selaras yang didominasi oleh litologi batupasir pada lingkungan pantai dan delta.

2.3 Formasi Talang Akar

Formasi Talang Akar diperkirakan berumur Oligosen Akhir sampai Miosen Awal. Formasi ini terbentuk secara tidak selaras dan kemungkinan *paraconformable*

di atas Formasi Lahat dan selaras di bawah Formasi Gumai atau anggota Basal Telisa/ Formasi Baturaja. Formasi Talang Akar pada Cekungan Sumatera Selatan terdiri dari batulanau, batupasir dan sisipan batubara yang diendapkan pada lingkungan laut dangkal hingga transisi.

3. TEORI DASAR

3.1 Metode Sesimik

Metode seismik memanfaatkan perambatan gelombang ke dalam bumi yang mentransfer energi gelombang menjadi getaran partikel batuan. Dimensi gelombang elastik atau gelombang seismik jauh lebih besar bila dibandingkan dengan dimensi pergerakan partikel batuan tersebut. Meskipun demikian penjalaran gelombang seismik dapat diterjemahkan dalam bentuk kecepatan dan tekanan partikel yang disebabkan oleh vibrasi selama penjalaran gelombang tersebut (Razi, 2007).

3.2 Seismogram Sintetik

Seismogram sintetik merupakan hasil dari *forward modeling* konvolusi antara deret koefisien refleksi dengan suatu *wavelet*. Koefisien refleksi diperoleh dari perkalian antara kecepatan gelombang dengan rapat massa batuan. Sedangkan *wavelet* diperoleh dengan melakukan pengekstrakan pada data seismik dengan atau tanpa menggunakan sumur dan juga dengan *wavelet* buatan (Munadi dan Pasaribu, 1984).

3.3 Inversi seismik

Inversi seismik didefinisikan sebagai teknik pemodelan geologi bawah permukaan menggunakan data seismik sebagai *input* dan data sumur sebagai kontrolnya, (Sukmono, 2002). Inversi seismik juga disebutkan sebagai proses ekstraksi sifat fisika geologi bawah permukaan dari data seismik (Hampson & Russel, 2005), seperti yang ditunjukkan pada

3.4 Inversi Simultan

Inversi simultan dilakukan dengan menggabungkan *partial seismic angle stack* secara simultan dilakukan dengan model frekuensi rendah dan dikonvolusi oleh *wavelet* yang diekstrak dari tiap *angle stack* untuk mendapatkan jumlah/kuantitas ini diubah menjadi rasio V_p/V_s , Λ -rho dan Mu -rho.

$$\ln(Z_s) = k \ln(Z_p) + kc + \Delta L_s \quad \dots(1)$$

$$\ln(Z_D) = m \ln(Z_p) + kc + \Delta L_D \quad \dots(2)$$

Dimana koefisien k , kc , m dan mc akan ditentukan oleh analisis data log sumur. **Gambar 2.** menggambarkan hubungan antara $\ln(Z_p)$ vs $\ln(Z_s)$ dan $\ln(\rho)$ dari data log sumur. Koefisien regresi diperoleh dengan cara membuat garis lurus pada tren dari data. Penyimpangan menjauhi garis lurus, ΔL_D dan ΔL_s adalah anomali fluida yang diinginkan. Selanjutnya dari **persamaan (1)** dan **persamaan (2)**, maka Persamaan Aki Richard menjadi :

$$T(\theta) = c'_1 W(\theta) DL_p + \frac{1}{2} c'_2 W(\theta) DL_s + \frac{1}{2} c'_3 W(\theta) DL_D \quad \dots(3)$$

Dimana :

$$c'_1 = \left(\frac{1}{2}\right) c_1 + \left(\frac{1}{2}\right) kc_2 + mc_3$$

$$c'_2 = \left(\frac{1}{2}\right) c_2$$

$$W(\theta) = \text{Wavelet pada sudut } (\theta) ; D \text{ adalah operator derivatif}$$

$$L_p = \ln(Z_p)$$

$$L_D = \ln(\rho)$$

Dengan asumsi terdapat tiga *partial-stack trace* seismik dengan sudut yang berbeda maka terdapat tiga persamaan. Penyelesaian persamaan ini akan diperoleh L_p , ΔL_s , ΔL_D . Hasil akhir dari inversi simultan akan didapat impedansi P (Z_p), impedansi (Z_s), dan densitas (ρ).

$$Z_p = \exp(L_p) \quad \dots(4)$$

$$Z_s = \exp(kL_P + k_c + \Delta l_s) \quad \dots(5)$$

$$\rho = \exp(mL_P + m_c + \Delta L_D) \quad \dots(6)$$

4. METODOLOGI PENELITIAN

Pengolahan data yang dilakukan dalam penelitian ini terdiri dari beberapa tahapan, antara lain *well seismic tie*, ekstraksi *wavelet*, krossplot data sumur, inversi *Acoustic Impedance (Zp)*, *Shear Impedance (Zs)* dan densitas serta transformasi parameter *Lambda-Rho*, *Mu-Rho*, *Lambda over Mu*, pemetaan parameter *Lamé*, dan lain-lain. Secara umum, alur kerja (*workflow*) yang dilakukan dalam studi ini, ditunjukkan oleh **gambar 3**.

4.2 Prediksi Log Vs

Ketersediaan data log Vs yang hanya ada pada sumur Kris 3, perlu dilakukan prediksi log Vs pada sumur yang lainnya. Prediksi log Vs pada penelitian ini dilakukan dengan metode multi-atribut, dimana dari atribut log dan atribut seismik akan dicari pendekatannya dengan metode statistik sampai memiliki korelasi yang baik (0,5).

4.3 Ekstraksi Wavelet

Proses ekstraksi *wavelet* dapat dilakukan dengan beberapa metode. Pertama, dengan menggunakan metode ekstraksi *wavelet statistical*, yaitu dengan mengekstraksi *wavelet* data seismik di sekitar zona target. Kedua, menggunakan data sumur (*use well method*) yang tersedia, dan kemudian dengan metode *ricker*, dimana proses ekstraksi *wavelet* disesuaikan dengan frekuensi dominan dari data seismik.

Pada tahapan *well seismic tie*, *wavelet* yang telah dikonvolusikan dengan rangkaian reflektifitas yang menunjukkan korelasi tertinggi terhadap *trace* seismik sebenarnya akan dipilih. Ekstraksi *wavelet* dengan menggunakan metode *statistical* menunjukkan korelasi tertinggi

dibandingkan ekstraksi *wavelet* dengan metode lainnya.

4.4 Krosplot Parameter Fisis pada Sumur

Dalam penelitian ini diperlukan beberapa data log untuk analisis inversi, seperti *gamma ray*, densitas, kecepatan gelombang P (*Vp*) dan kecepatan gelombang S (*Vs*). Beberapa parameter fisis yang dilakukan dalam analisis krosplot ini yaitu, *gamma ray*, *P-wave*, *S-wave*, *P-impedance*, *S-impedance*, *density*, *Lambda-Rho*, *Mu-Rho*, dan *Lambda over Mu*.

4.5 Inversi Simultan

Tahapan inversi setelah proses ekstraksi *wavelet* dan *well seismic tie* pada data seismik *near*, *mid*, *far angle stack* untuk kemudian dibuat *initial model P-wave*, *S-wave*, *P-impedance*, *S-impedance*, *density* serta dilakukannya *pre-inversion QC* dan penentuan parameter inversi simultan, sehingga didapatkan hasil Inversi Simultan berupa volume *P-wave*, *S-wave*, *P-impedance*, *S-impedance*, *density*, *Lambda-Rho*, *Mu-Rho*, dan *Lambda over Mu*.

5. HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 Prediksi Log Vs

Pada penelitian ini digunakan 4 data sumur yaitu sumur Kris 1, sumur Kris 2, sumur Kris 3, dan sumur Kris 4. Namun, ketersediaan data sumur log Vs hanya ada pada sumur 3, untuk itu perlu dilakukan prediksi data log Vs pada ketiga sumur yang lain. Prediksi log Vs dilakukan menggunakan metode multiatribut, dimana metode ini menggunakan prinsip statistika untuk mencari hubungan antara beberapa parameter.

Hasil dari penerapan multiatribut menunjukkan kecocokkan yang baik antara log Vs pengukuran (hitam) pada sumur Kris 3 dengan log Vs hasil prediksi (merah).

Untuk regresi linier multiatribut, nilai korelasinya mencapai 0,56. Hal ini menunjukkan bahwa log V_s hasil prediksi dengan metode multiatribut mendekati nilai log V_s dengan baik. Atas dasar tersebut diasumsikan bahwa log V_s yang dihasilkan *valid* dapat digunakan untuk memprediksi reservoir batupasir pada interval target saat analisis krosplot.

5.2 Analisis Krosplot

Gambar 4. menunjukkan krosplot antara nilai gelombang P (V_p) dan nilai gelombang S (V_s) dengan nilai *gamma ray* (GR) pada skala warna. Pada gambar tersebut terlihat adanya *overlapping* antara batupasir yang memiliki nilai GR rendah (berwarna kuning) dengan *shale* yang memiliki nilai GR tinggi (berwarna hijau), hal ini berarti parameter V_p dan V_s tidak dapat memisahkan antara litologi batupasir dengan *shale*.

Pada krosplot sumur Kris 1 di area horizon D-2 (*target zone*) **Gambar 5.** menunjukkan separasi yang baik antara litologi batupasir dengan *shale* kedua litologi tersebut dapat diidentifikasi secara terpisah dengan menggunakan parameter *Lambda-Rho* yang merupakan sifat inkompresibilitas batuan dan *Mu-Rho* yang adalah rigiditas batuan. Analisis yang sama juga dilakukan terhadap 3 sumur lainnya yaitu sumur Kris 2, Kris 3, dan Kris 4, dan didapatkan kisaran nilai *Mu-Rho* litologi batupasir adalah 17-20 (GPa gcc^{-1}), sedangkan nilai *Mu-Rho* yang lebih rendah diinterpretasikan sebagai litologi *shale*. Untuk parameter *Lambda-Rho* kisaran nilai 20-30 (GPa gcc^{-1}) merupakan litologi batupasir, sedangkan nilai yang lebih tinggi diinterpretasikan sebagai litologi *shale*.

Gambar 6. analisis krosplot dengan menggunakan *Lambda over Mu* terhadap *Lambda-Rho* pada area *target zone* sumur Kris 1, memperlihatkan pemisahan yang baik antara litologi batupasir dengan litologi *shale*. Nilai *Lambda over Mu* kisaran 0,6 – 3 (GPa gcc^{-1}) merupakan litologi batupasir, sedangkan nilai yang

lebih besar diinterpretasikan sebagai litologi *shale*.

5.3 Analisis Penampang *Lambda-Rho* dan *Mu-Rho*

Parameter *Mu-Rho* menunjukkan rigiditas batuan yang merupakan indikator untuk membedakan litologi batuan. Perubahan litologi yang terjadi dibawah permukaan bumi dapat diidentifikasi dengan lebih baik dengan menggunakan parameter *Mu-Rho*, seperti penelitian yang telah dilakukan (**Goodway, 1997**) yang secara fisis merupakan fungsi kuadrat impedansi S (Z_s).

Berdasarkan penampang *Mu-Rho*, **gambar 7.** dapat diidentifikasi pada daerah yang terletak pada sekitaran horizon D-2 yang merupakan bagian dari *Upper Talangakar Formation (TAF)* dengan kisaran nilai *Mu-Rho* sedang 17 - 20 GPa gcc^{-1} , yang ditunjukkan warna kuning pada *color scale*. Area-area yang telah dilingkari merupakan area potensial reservoir batupasir dilihat berdasarkan penampang *Mu-Rho* yang melewati sumur Kris 1. Sedangkan litologi yang ditunjukkan dengan *color scale* berwarna hijau dengan kisaran *Mu-Rho* rendah < 17 GPa gcc^{-1} merupakan *shale*.

Gambar 8. merupakan area pengamatan yang difokuskan pada sekitaran horizon D-2 atau sekitar 1440 ms, area ini termasuk dalam *Upper Talangakar Formation (TAF)* yang merupakan area reservoir batupasir potensial, dan memungkinkan terdapatnya akumulasi *gas sand*, (**Ginger dan Fielding, 2005**). Pada *color scale*, area yang memiliki harga inkompresibilitas batuan rendah dicirikan memiliki warna hijau. Area ini diinterpretasikan berlitologi *gas sand*, yang memiliki kisaran harga 15-25 GPa gcc^{-1} . Sedangkan batuan *shale* diinterpretasikan memiliki harga *Lambda-Rho* > 25 GPa gcc^{-1} , dengan *color scale* berwarna kuning sampai merah.

5.4 Peta Struktur Waktu

Gambar 9, merupakan peta struktur waktu horizon D-2, yang memperlihatkan zona tinggian dan rendahan yang diantaranya dibatasi oleh kontur rapat pada *color scale* berwarna merah, kuning, hijau hingga biru yang secara menerus memiliki waktu yang terus meningkat. Hal ini jika dikonversikan menjadi struktur kedalaman, area berwarna kuning sampai dengan merah merupakan area yang paling tinggi sedangkan area berwarna biru sampai ungu merupakan area rendah.

5.5 Peta Persebaran Reservoir Batupasir

Persebaran litologi batupasir dengan menggunakan parameter rigiditas (**gambar 10**) menunjukkan area persebaran litologi batupasir yang luas pada bagian barat, area ini cukup potensial untuk dilakukan pengembangan, karena memungkinkan sebagai tempat terakumulasinya hidrokarbon. Pada area di sekitar sumur Kris 3 dan Kris 4 terlihat sebagai zona reservoir potensial dengan harga rigiditas di sekitaran sumur yang menunjukkan nilai 17-20 GPa gcc^{-1} (warna hijau). Sedangkan pada bagian timur hingga timur laut diinterpretasikan sebagai area *non-porous* karena memiliki harga rigiditas yang tinggi.

Hasil analisis persebaran reservoir batupasir dengan menggunakan parameter *Mu-Rho* (rigiditas) akan diperkuat dengan analisis persebaran reservoir batupasir dengan menggunakan parameter *Lambda-Rho* (inkompresibilitas). **Gambar 11**, menunjukkan litologi batupasir memiliki harga *Lambda-Rho* berkisar 20-30 GPa gcc^{-1} , nilai tersebut pada penampang hasil inversi simultan ditunjukkan dengan *color scale* berwarna kuning.

Gambar 12, merupakan peta persebaran nilai *Lambda over Mu* hasil dari pembagian peta *Lambda-Rho* terhadap peta *Mu-Rho* dengan menggunakan menu *Math Map* pada *software HRS*. Terlihat pada peta persebaran nilai *Lambda over Mu*, *color scale* berwarna kuning diinterpretasikan

sebagai batupasir karena memiliki nilai $0.7 - 3 \text{ GPa gcc}^{-1}$. Dengan menggunakan parameter ini, bagian barat daerah penelitian masih konsisten menunjukkan area *porous* yang diindikasikan sebagai batupasir, sehingga area ini potensial untuk dilakukan pengembangan. Area di sekitar sumur Kris 1, Kris 3 dan Kris 4 juga menunjukkan keberadaan dari reservoir batupasir.

6. KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan bahwa:

1. Prediksi log V_s dengan metode multiatribut pada zona target, menghasilkan kemiripan yang cukup baik dengan korelasi 0,59.
2. Dengan interpretasi *quicklook* data log (*gamma ray*, *RHOB*, *NPHI*) serta dengan analisis krosplot dapat ditentukan area horizon D-2 merupakan *target zone* reservoir batupasir.
3. Hasil analisis krosplot menunjukkan litologi batupasir dapat dipisahkan dengan litologi *shale* dengan menggunakan parameter *LMR*. Parameter *Lambda-Rho* ($\lambda\rho$) mengindikasikan reservoir batupasir dengan nilai 17-20 (GPa gcc^{-1}), sedangkan parameter *Mu-Rho* ($\mu\rho$) dengan nilai 17-20 (GPa gcc^{-1}) dan parameter *Lambda over Mu* (λ/μ) dengan nilai $0.7 - 3$ (GPa gcc^{-1}).
4. Metode inversi seismik simultan dapat digunakan untuk mengetahui persebaran reservoir batupasir, dengan korelasi hasil inversi sebesar 0.98 pada zona target.
5. Analisis peta persebaran nilai *Lambda-Rho* (inkompresibilitas), persebaran nilai *Mu-Rho* (rigiditas) dan persebaran nilai *Lambda over Mu* menunjukkan persebaran reservoir batupasir konsisten berada pada bagian barat lapangan “*Kairos*”.

6.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan akan lebih baik jika setiap sumur terdapat log V_s yang berasal langsung dari hasil pengukuran. Diperlukan juga cakupan area yang lebih luas sehingga hasil inversi dapat menggambarkan keadaan geologi daerah penelitian.

Russell, B., dan Hampson, D. 2012. *AVO Workshop Part 1 & 2, A CGG Veritas Company*, CGG Veritas.

Sukmono, S. 2002. *An Introduction to Seismik Reservoir Analysis, in Seismik Inversion and AVO Analysis for Reservoir Characterization*, Department of Geophysical Engineering ITB, Bandung.

7. REFRENSI

Ginger, D. dan Fielding, K. 2005. "Proceedings Indonesian Petroleum Association: The Petroleum Systems and Future Potential of the South Sumatera Basin". *Proceedings Indonesian Petroleum Association 2005*, IPA 05-G-039, p. 67.

Goodway, B. 2001. *Improved AVO Fluid Detection and Litology Discrimination using Lamda Pertophysical parameter Lamda-Rho, Mu-Rho, and Lamda ove Mu-Rho fluid satck, from P and S inversion*. Canadian Science Exploration Geophysicists (CSEG) Recorder.

Munaidi, S., dan Pasaribi. 1984. *Aspek Fisis Seismologi Eksplorasi*. Universitas Indonesia

Razi, M. 2007. Aplikasi Metoda Seismik Inversi Simultan untuk Mengetahui Penyebaran Reservoir Batupasir-A3 Pada Lapangan "X" Cekungan Sumatera Selatan. (*Skripsi*). ITB, Bandung.

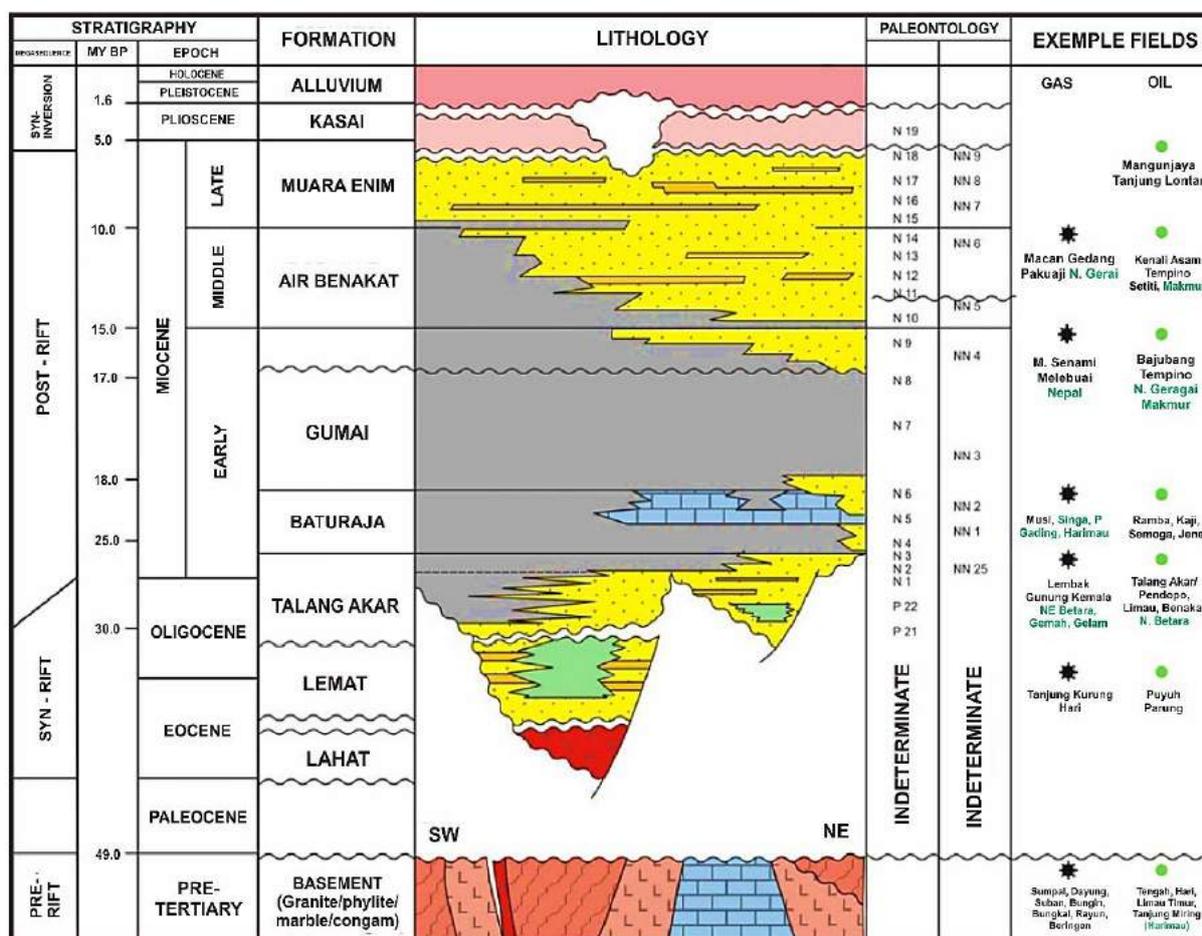
Rob, S., dan Mike, B. 2014. *Seismic Amplitude an interpreter's hanbook*. Cambridge university press.

Russell, B., dan Hampson, D. 2005. *Guide to Strata Simultaneous Inversion*, HRS manual.

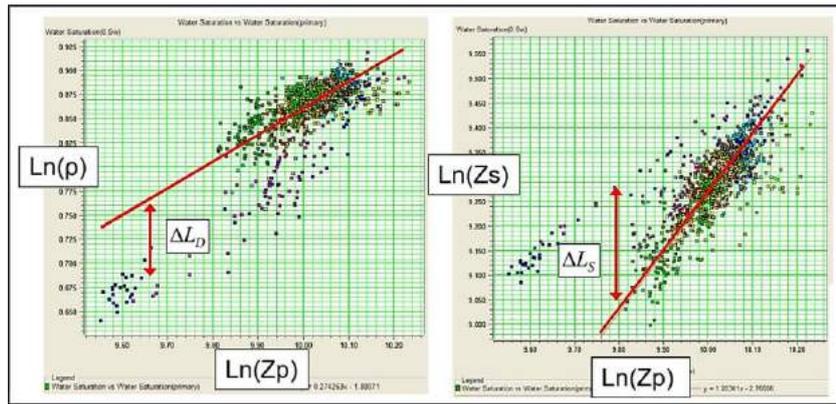
LAMPIRAN

Tabel 1. Hasil Analisis Krosplot

Sumur	μ -Rho (GPa)	λ -Rho (GPa)	λ/μ (GPa)
Kris 1	18.4 - 20	20 - 30	1 - 1.7
Kris 2	-	-	-
Kris 3	17 - 19.75	10 - 25	0.4 - 3.2
Kris 4	16.5 - 17.5	25 - 30	0.8 - 3.6



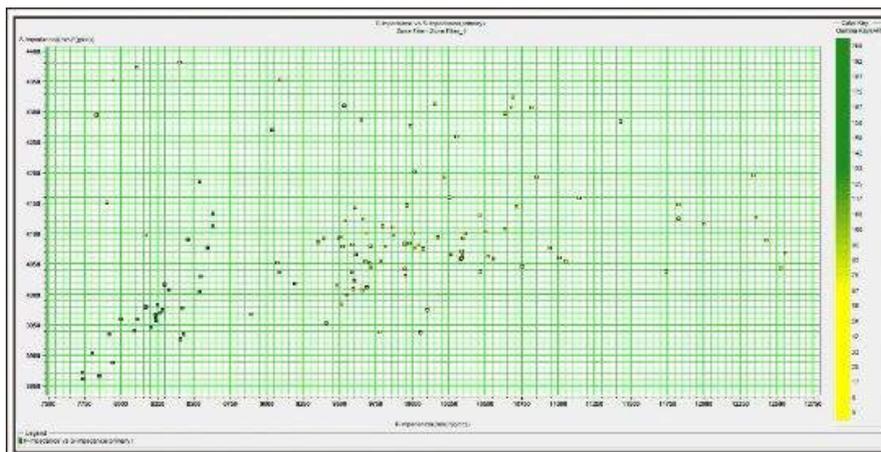
Gambar 1. Stratigrafi Cekungan Sumatera Selatan (Ginger dan Fielding, 2005).



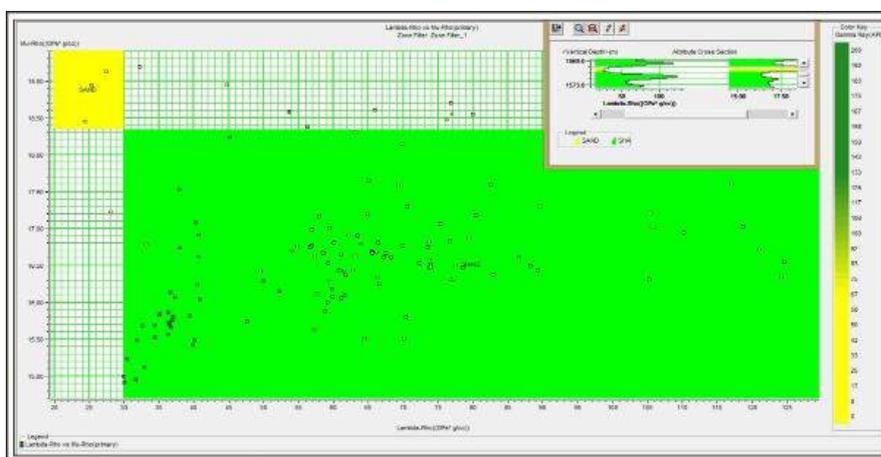
Gambar 2. Crossplot dari $\ln(Z_p)$ vs $\ln(Z_p)$ dan $\ln(Z_p)$, terdapat juga garis lurus regresi mengikuti tren datanya (Russel, 2012).



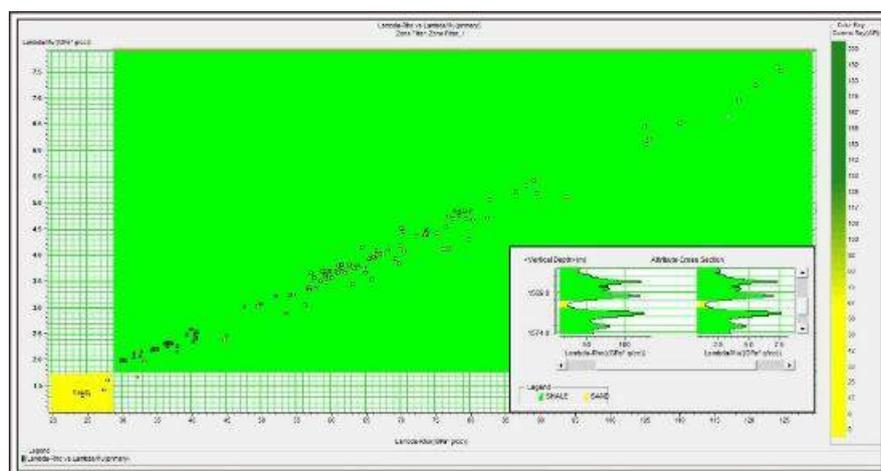
Gambar 3. Skema inversi seismik simultan



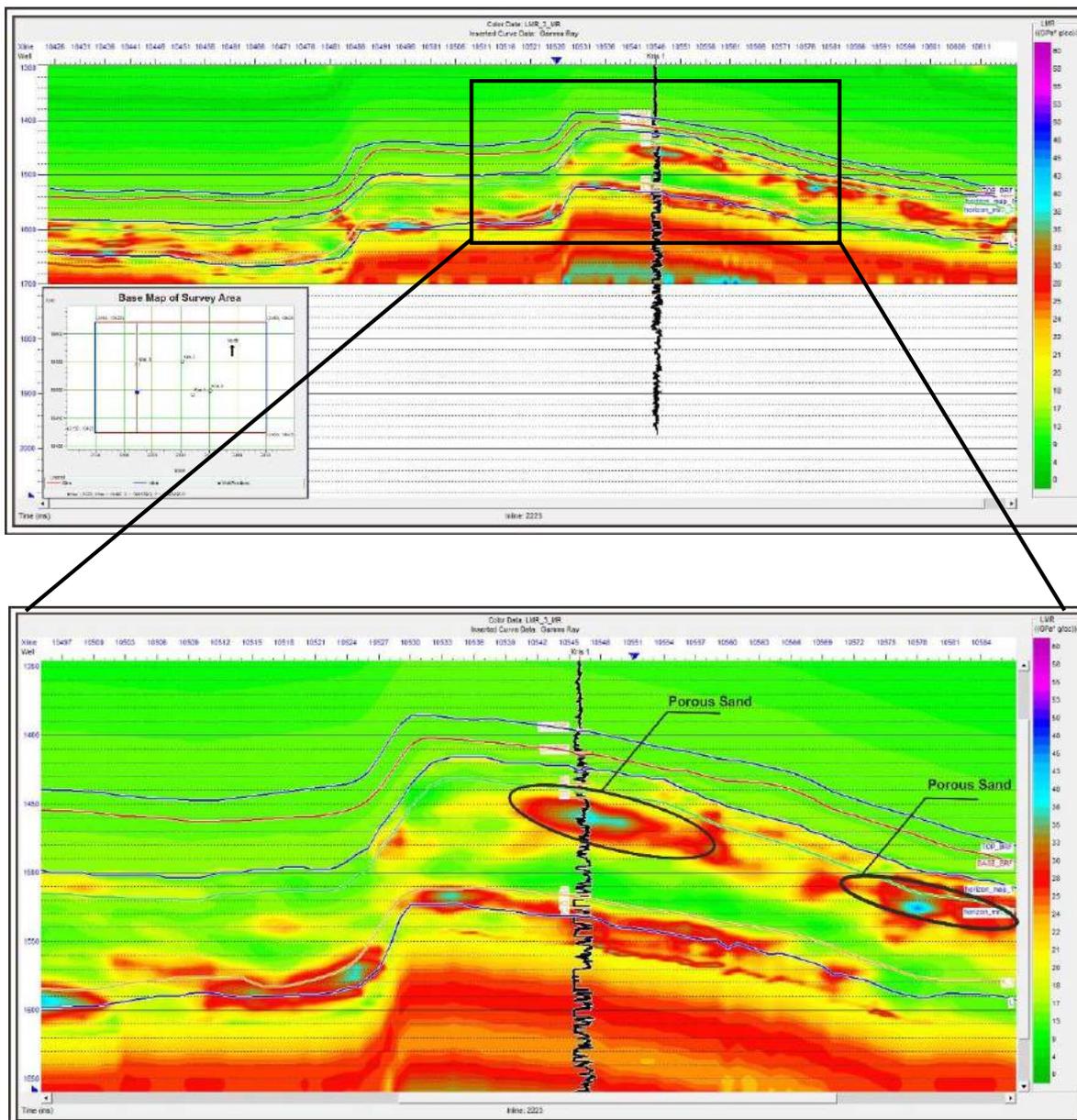
Gambar 4. Krosplot antara gelombang P dan selombang S



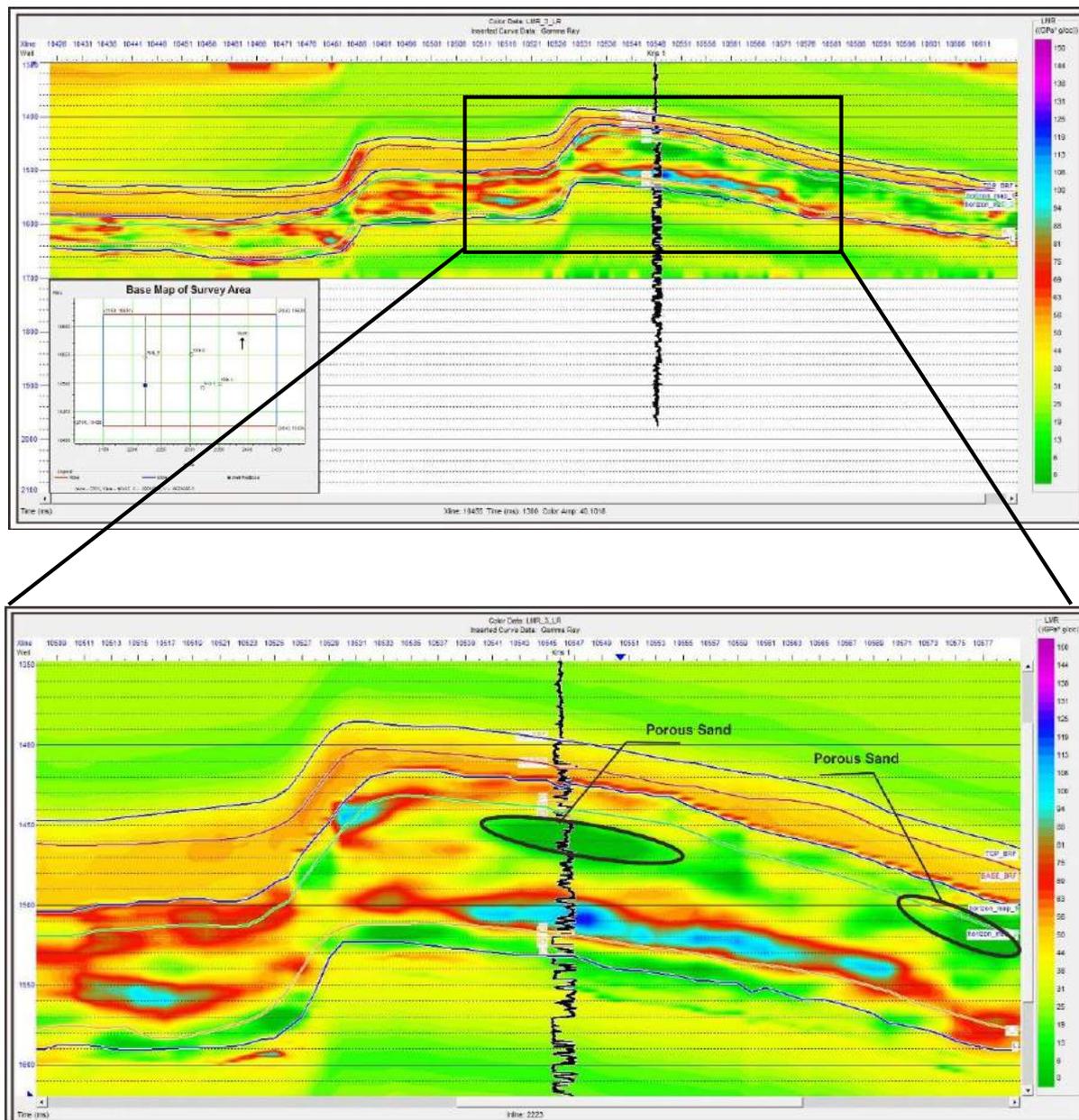
Gambar 5. Krosplot pada sumur Kris 1 antara λ - ρ dan μ - ρ dengan γ ray pada skala warna.



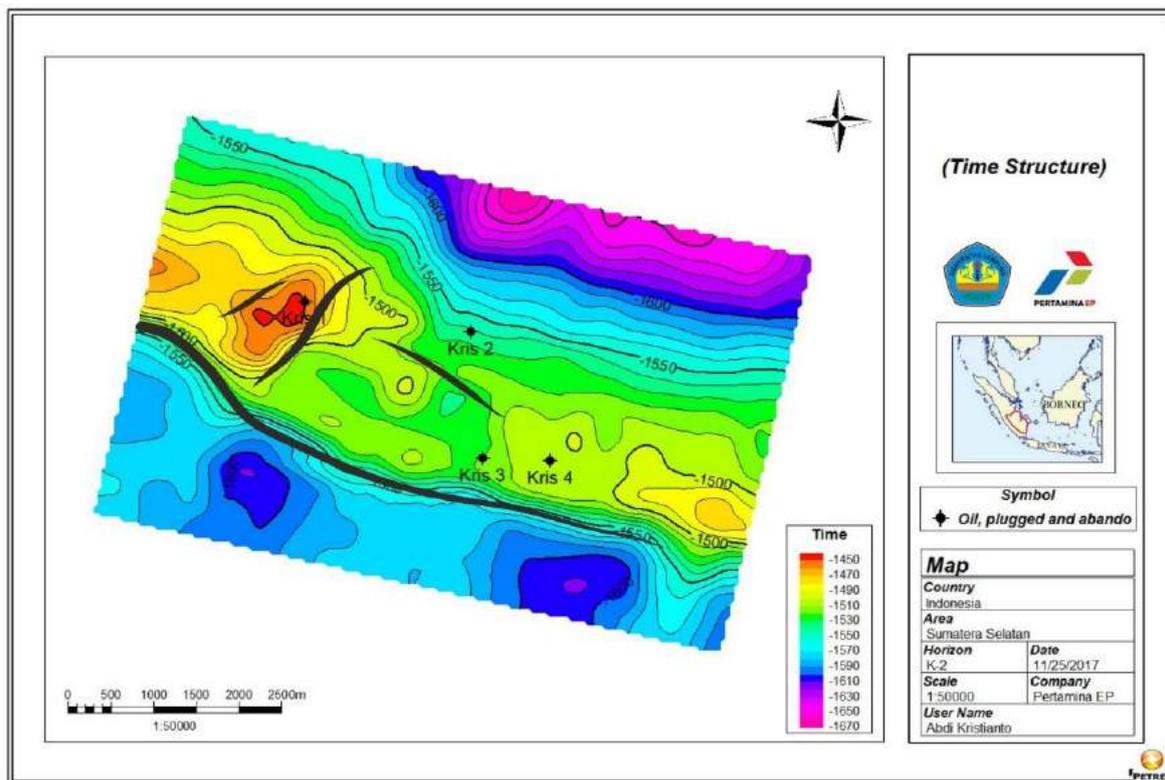
Gambar 6. Krosplot pada sumur Kris 1 antara λ - ρ dan λ over μ .



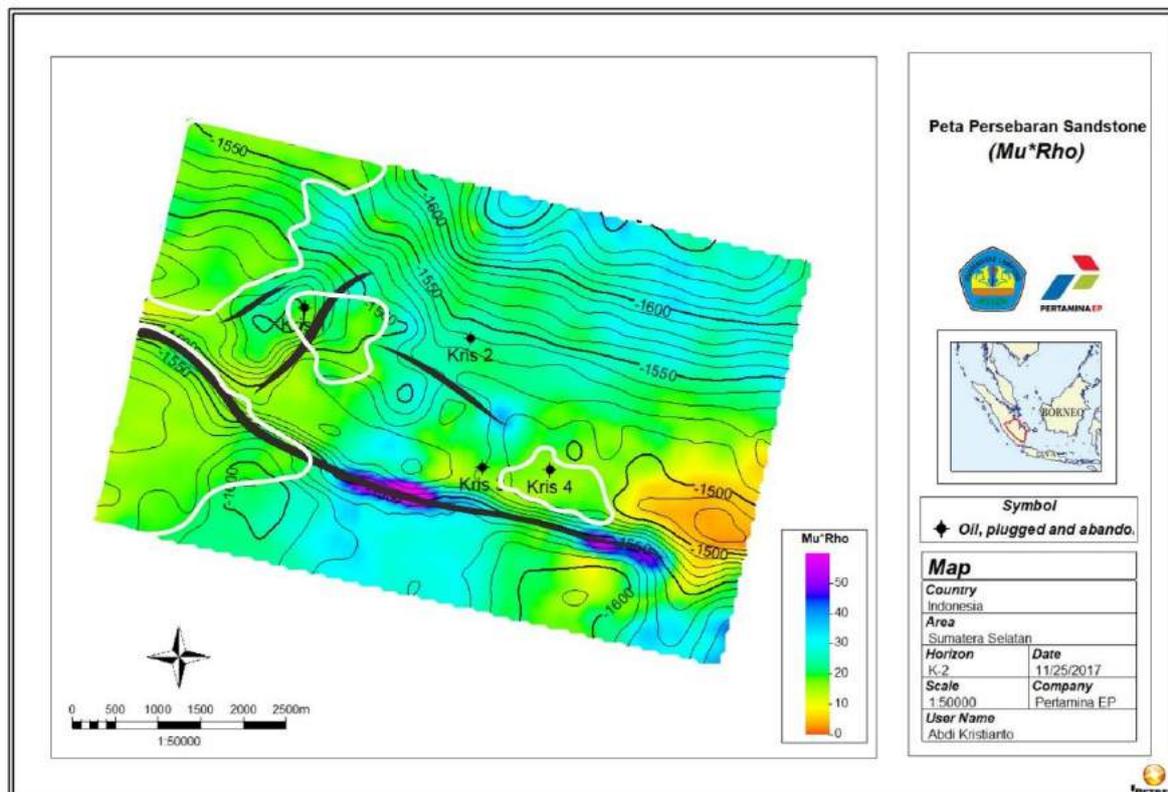
Gambar 7. Penampang μ - ρ yang melewati sumur Kris 1.



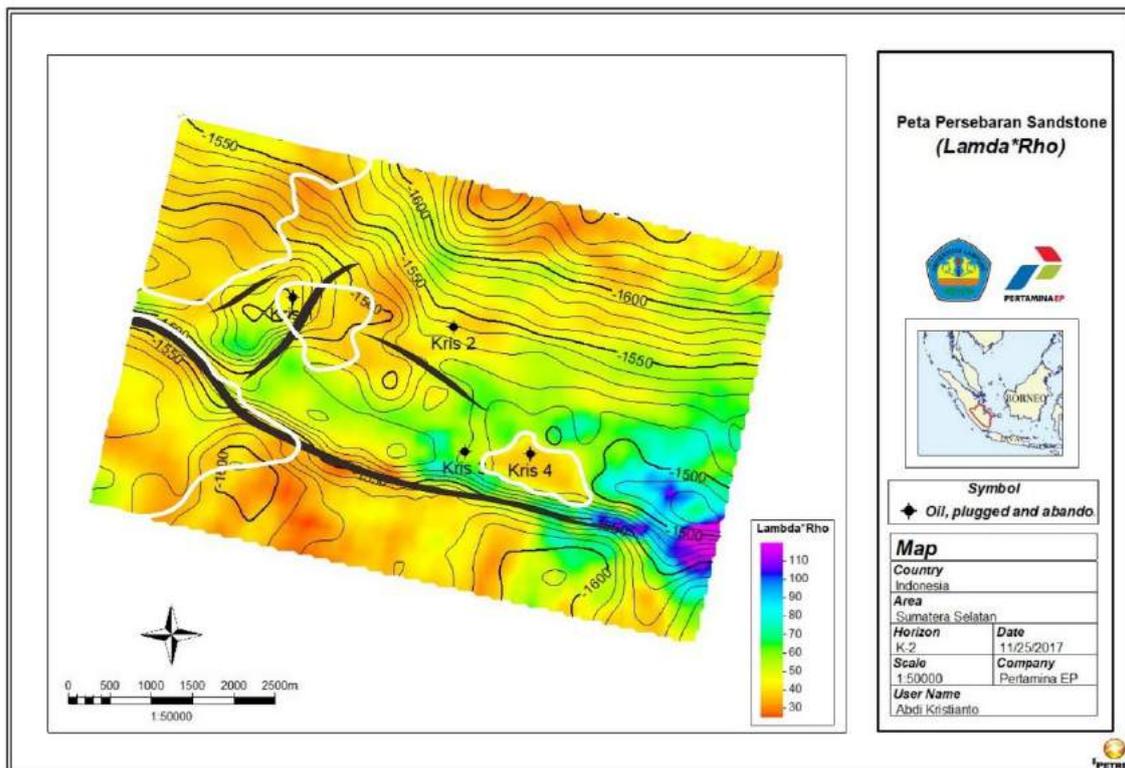
Gambar 8. Penampang Λ - ρ yang melewati sumur Kris 1.



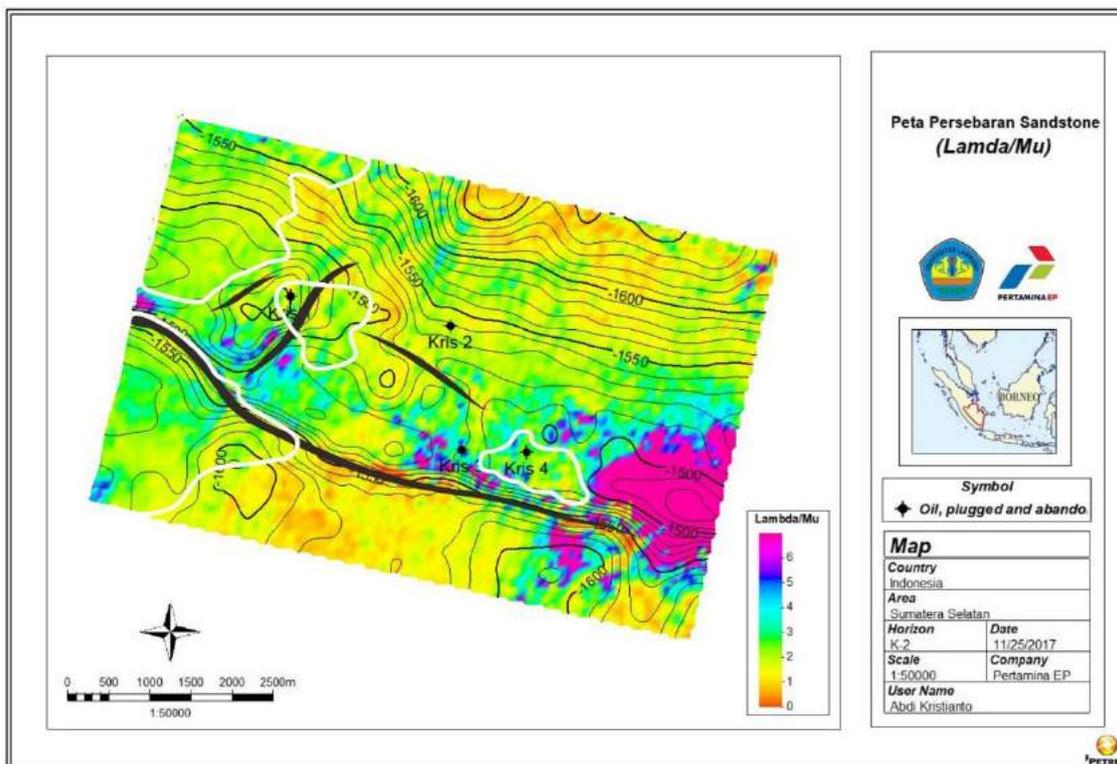
Gambar 9. Peta struktur waktu horizon D-2 Lapangan “Kairos”.



Gambar 10. Peta persebaran *Mu-Rho*.



Gambar 11. Peta persebaran *Lambda-Rho*.



Gambar 12. Peta persebaran *Lambda over Mu-Rho*.