

PENGESAHAN

1. Judul : **Analisis Amplitude Versus Offset Untuk Estimasi Kandungan Reservoar di Daerah AB Cekungan Sumatera Tengah**

Penulis

- a. Nama : Bagus Spto Mulyatno, S.Si., M.T.
- b. NIP : 197001202000031001
- c. Pangkat/ Gol : Penata Muda Tk.1/ III B
- d. Jabatan : Lektor
- e. Unit Kerja : PS. Teknik Geofisika Fakultas Teknik Universitas Lampung

Telah dimuat dalam Prosiding Hasil-hasil Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat, Edisi , Tahun 2009, ISBN : 979 – 15535-0-5.

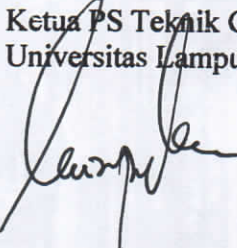
Bandar Lampung, 4 Januari 2009

Mengetahui :
Dekan Fakultas Teknik
Universitas Lampung



Dr. Ir. Lusmelia Afriani, DEA
NIP.196505101993032008


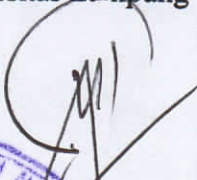
Ketua PS Teknik Geofisika
Universitas Lampung



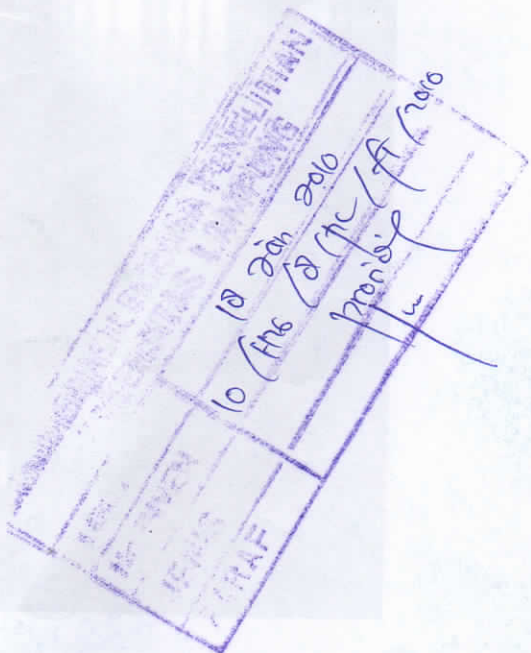
Karyanto, S.Si., M.T
NIP.196912301998021001

Menyetujui :

Ketua Lembaga Penelitian
Universitas Lampung



Prof. Dr. John Hendri, M.S.
NIP. 195810211987031001



10 (10) Jan 2010
Prof. Dr. John Hendri, M.S.

Kelompok C

- ANALISIS *AMPLITUDE VERSUS OFFSET* UNTUK ESTIMASI KANDUNGAN RESERVOAR DI DAERAH AB, CEKUNGAN SUMATERA TENGAH
Bagus Sapto Mulyatno, Normansyah, Andry Pujiriyanto, Andri Syafriya C-1
- HIDROLISIS RESIDU RUMPUT LAUT LIMBAH INDUSTRI KARAGENAN (*Eucheuma spinosum*) UNTUK MENGHASILKAN GLUKOSA SEBAGAI BAHAN BAKU BIOETANOL
Dewi A .Iryani , Herti Utami, Neni Muliawati, Indriyani C-14
- PENERAPAN *ARTIFICIAL NEURAL NETWORK* DI BIDANG HIDROLOGI
Dyah Indriana Kusumastuti C-23
- EFFECT OF AGITATION AND pH ON YIELD OF GLUCOSE FROM HYDROLISIS OF CASSAVA STARCH (*MANIHOT ESCULENTA*) AND SWEET POTATO STARCH (*IPOMOEA BATATAS*) WITH COLD PROCESS USING ENZYME *ACID-FUNGAL AMYLASE* AND *GLUCOAMYLASE*
Elida Purba C-29
- ANALISIS SOSIOLINGUISTIK WACANA PERCAKAPAN DI PASAR PASIR GINTUNG DAN BAMBU KUNING
Feni Munifatullah C-36
- ANALYSIS OF PARTIAL DISCHARGE ON TRANSFORMER INSULATION RESINS BURDENED BY EXCESSIVE USING WAVELET TRANSFORMATION*
Henry B.H. Sitorus, Nining Purwasih, I Ketut Heri Y C-44
- PENGARUH PENGGUNAAN *WATER INJECTION* TERHADAP PRESTASI MOTOR BENSIN 4-LANGKAH SKALA LABORATORIUM (*The Effect of Using Water Injection on the Performance of a Laboratory Four-Stroke Petrol Engine*)
Herry Wardono dan Yulliarto Raharjo C-55
- DESIGNING OF A HYDRAM PUMP TESTING EQUIPMENT TO SUPPORT IMPLEMENTATION THE LABORATORY WORK OF MACHINE PERFORMANCE IN MECHANICAL ENGINEERING DEPARTMENT, UNIVERSITY OF LAMPUNG*
Jorfri B. Sinaga C-61
- PENGARUH VARIASI DIAMETER PIPA SALURAN POMPA TERHADAP KINERJA POMPA TALI TENAGA ANGIN
Muhammad Irsyad C-70
- THE PROTOTYPE DEVICE OF DRYER MACHINE FOR FARMER PRODUCT BY DIRECT USE FROM GEOTHERMAL OF GUNUNG RAJABASA SOUTH LAMPUNG*
Nandi Haerudin, Syamsurijal Rasimeng, Harmen, dan Bambang J.S. C-78
- ISOLASI *Bacillus sp* PENGHASIL LIPASE DARI SALURAN PENCERNAAN AYAM KAMPUNG
Neni Hasnunidah dan Sumardi C-83
- ANALISIS PERUBAHAN SIFAT FISIKA BATUAN RESERVOAR TERHADAP ALIRAN PANAS BUMI UNTUK MENENTUKAN LAPISAN GAS BUMI DI DAERAH 'X' SUMATERA SELATAN
Ordas Dewanto C-89

ANALISIS AMPLITUDE VERSUS OFFSET UNTUK ESTIMASI KANDUNGAN RESERVOAR DI DAERAH AB, CEKUNGAN SUMATERA TENGAH

Bagus Sapto Mulyatno¹⁾, Normansyah¹⁾, Andry Pujiriyanto²⁾, Andri Syafriya²⁾

¹⁾ Program Studi Teknik Geofisika, Fakultas Teknik, Universitas Lampung

Jl. Prof. Seomantri Brodjonegoro No.1 Bandar Lampung 35145

²⁾ Kondur petroleum S.A., Jakarta Selatan

Abstrak

AVO is based on principle of amplitude change versus offset configured by geophone and sources point (offset). AVO analysis that is based on the theory of reflection coefficient as a function of offset has been introduced by Zoeppritzs in 1919 and further development in algorithms for simplification in computation modeling of amplitude, and amplitude show reflection coefficient change. So that, relation between amplitude and offset has been got. In general amplitude decreases as offset increases. AVO anomaly occurs when gas fills reservoir, which amplitude increases as offset increases. In this research, result of AVO analysis in 3D seismic data can identify gas in reservoirs at A and B area, it can be identified from relation between normal reflection coefficient (intercept) and gradient of amplitude change versus offset. Gas in reservoir is identified negative intercept and negative gradient, it show amplitude increases as offset increases. Result of AVO analysis from this research has been supported by result of wells analysis. In X area, reservoir is gas sand in Lower Pematang formation, this result has been supported by result of log analysis from A-1 and A-2 wells. In Y area, reservoir is gas sand in Upper Menggala formation, this result has been supported by result of log analysis from B-1, B-2 and B-3 wells.

Keywords: Reservoir, amplitude, offset

PENDAHULUAN

Kandungan fluida dalam reservoir akan menimbulkan respon amplitudo seismik dengan anomali tertentu tergantung dengan kandungan fluida pada reservoir tersebut. Salah satu kandungan fluida dalam reservoir yang terpenting adalah gas.

Anomali amplitudo seismik pada reservoir dipresentasikan dalam analisis respon AVO atau *Amplitude Versus Offset*. Artinya, anomali respon amplitudo dari data seismik didasarkan atas prinsip kuat lemahnya amplitudo seiring *offset* yang dibentuk oleh jarak dari geofon ke titik tembak. Secara umum amplitudo akan mengalami penurunan seiring bertambahnya *offset*. Namun, keberadaan suatu fluida tertentu pada suatu reservoir akan menimbulkan anomali amplitudo, yang mana amplitudo mengalami peningkatan seiring bertambahnya *offset*.

Analisis AVO sendiri didasarkan atas teorema koefisien refleksi yang diperkenalkan oleh Zoepprits pada tahun 1919. Formulasi AVO mengalami simplifikasi dengan tujuan untuk memudahkan perhitungan dalam pemodelan amplitudo.

Beberapa hal yang dianalisis dalam respon AVO adalah tingkat perubahan respon amplitudo terhadap *offset* atau *gradient* dan koefisien refleksi (*intercept*). Selain analisis AVO pada data seismik, pada penelitian ini juga dilakukan analisis data log pada *well* yang berpotongan dengan zona reservoir target pada data seismik untuk mendukung hasil dari analisis AVO yang menunjukkan anomali amplitudo.

Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah Mengestimasi kandungan reservoir pada reservoir dengan analisis AVO pada data seismik 3D di daerah AB, Cekungan Sumatera Tengah.

METODE PENELITIAN

Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilakukan pada tanggal 18 Februari-21 April 2008 di Kondur Petroleum S.A., Wisma Mulia, Jakarta Selatan dan 1 Mei - 1 Agustus 2008 di Bandar Lampung.

Data dan Software

Data yang digunakan adalah seismik 3D *PSTM* dan data log sumur.
Lokasi : Lapangan AB, Area Selat Malaka, Sumatera Bagian Tengah

(1) Data seismik

Data seismik yang digunakan adalah data seismik 3D *PSTM*.

Time : 0 - 4000 ms

Inline : 1761 - 1949

Crossline : 5350 - 5499

(2) Data Log Sumur

Adapun lokasi target sumur-sumur pada data seismik adalah sebagai berikut :

Sumur A1 : *Crossline* 5446 dan *Inline* 1790

Sumur A2 : *Crossline* 5453 dan *Inline* 1834

Sumur B1 : *Crossline* 5419 dan *Inline* 1782

Sumur B2 : *Crossline* 5428 dan *Inline* 1785

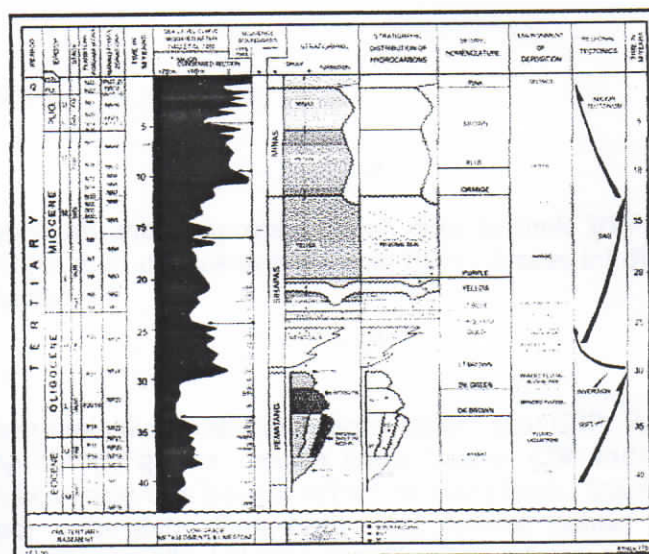
Proses pengolahan data pada penelitian dilakukan menggunakan *software Hampson-Russel* dengan *Windows* sebagai sistem operasi.

Daerah Penelitian

Data penelitian yang digunakan adalah data seismik 3D dan data log *well* pada daerah AB yang berlokasi di blok selat malaka, propinsi Riau, Sumatera Bagian Tengah. Secara regional daerah AB berada di Palung Bengkalis Utara.

Palung Bengkalis Utara terletak memanjang dari bagian Barat Daya Pulau Padang, menerus ke selatan sampai Selat Malaka dan Pulau Sumatra. Palung Bengkalis merupakan bagian dari Cekungan Sumatera Tengah yang berupa *back arc basin*.

Secara umum stratigrafi regional dari area penelitian ini terdiri dari formasi-formasi seperti yang digambarkan pada Gambar 1.



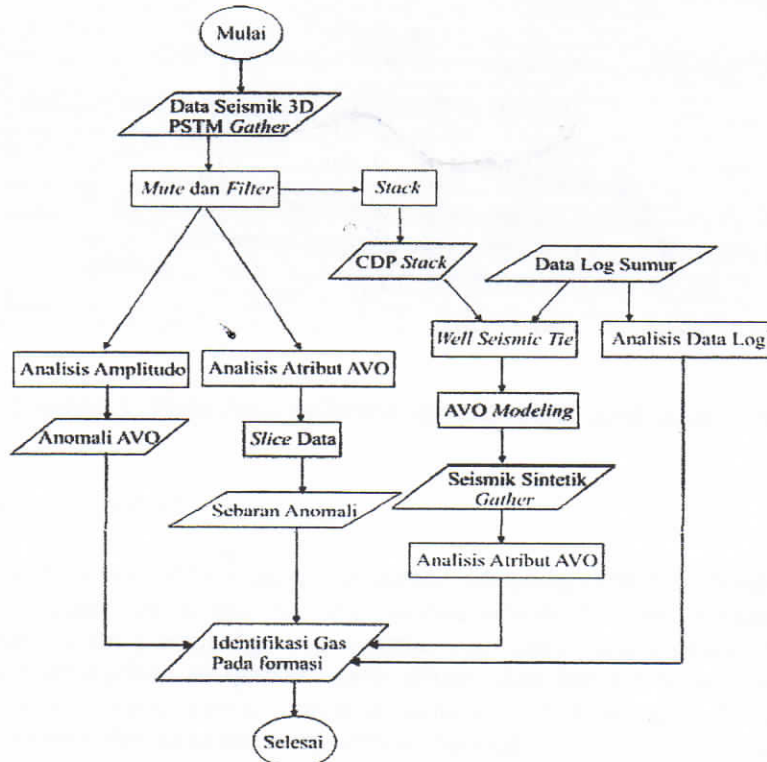
Gambar 1. Stratigrafi Regional Daerah AB (Well Development Team KPSA 'Proposal', 2007)

Pengolahan Data

Proses-proses pengolahan data seismik pada penelitian adalah sebagai berikut :

1. *Input Data dan Editing Data*
2. *Stacking dan Well Seismic Tie*
3. Analisis data log sumur
4. Analisis Ampiltudo
5. Analisis Atribut AVO

Secara umum pengolahan data pada proses analisis AVO untuk penelitian ini digambarkan pada diagram di bawah ini.



Gambar 2. Alur kerja pengolahan data.

HASIL DAN PEMBAHASAN

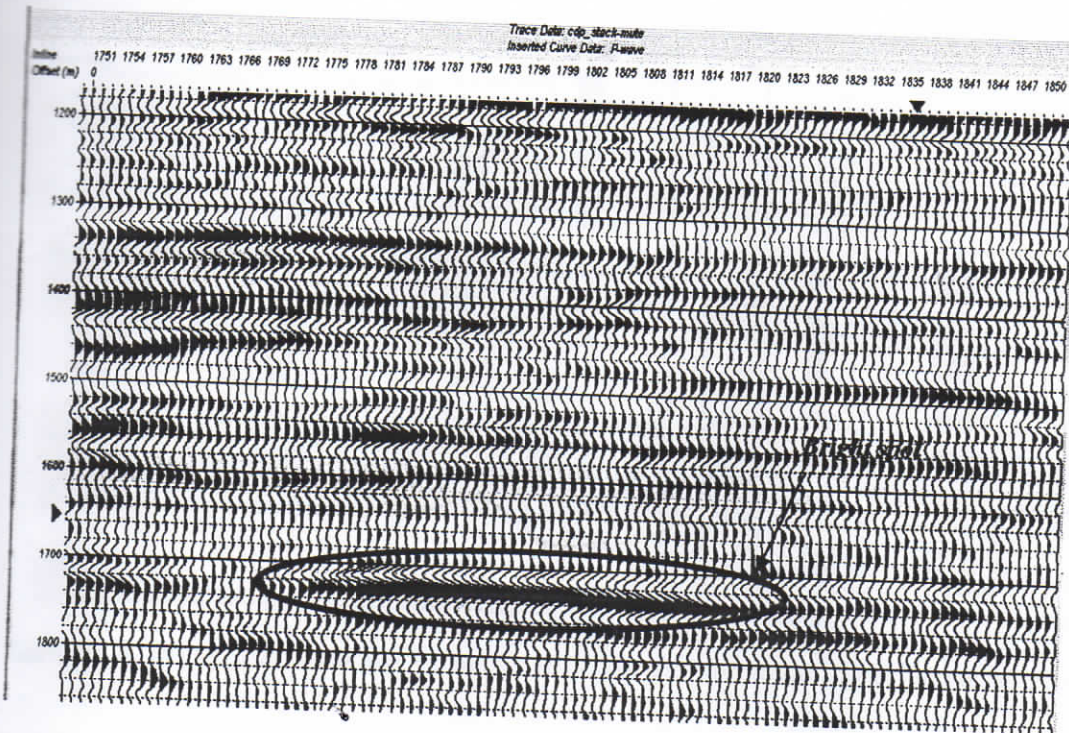
(1) Mute dan Filter

Data seismik yang digunakan untuk diproses adalah data seismik 3D *PSTM*. Sebelum melakukan proses lebih jauh, terlebih dulu dilakukan mute dan filter. Proses ini dilakukan untuk membuang data-data yang rusak/*noise*.

(2) Stack

Stack adalah proses menjumlahkan tras-tras seismik dalam satu CDP. Pada data seismik 3D masih berupa *pre-stack* yang berupa gather dengan trace header CDP *Inline* dan *Crossline*, dimana setiap CDP terdiri dari beberapa tras dengan *offset* berbeda-beda. Stack dilakukan dengan tujuan memperbesar sinyal per *noise* data. Pada hasil stack terlihat bahwa pada time 1710 crossline 5446 terdapat *brigt spot* (Gambar 3), hal ini mengidikasikan adanya anomali amplitudo.



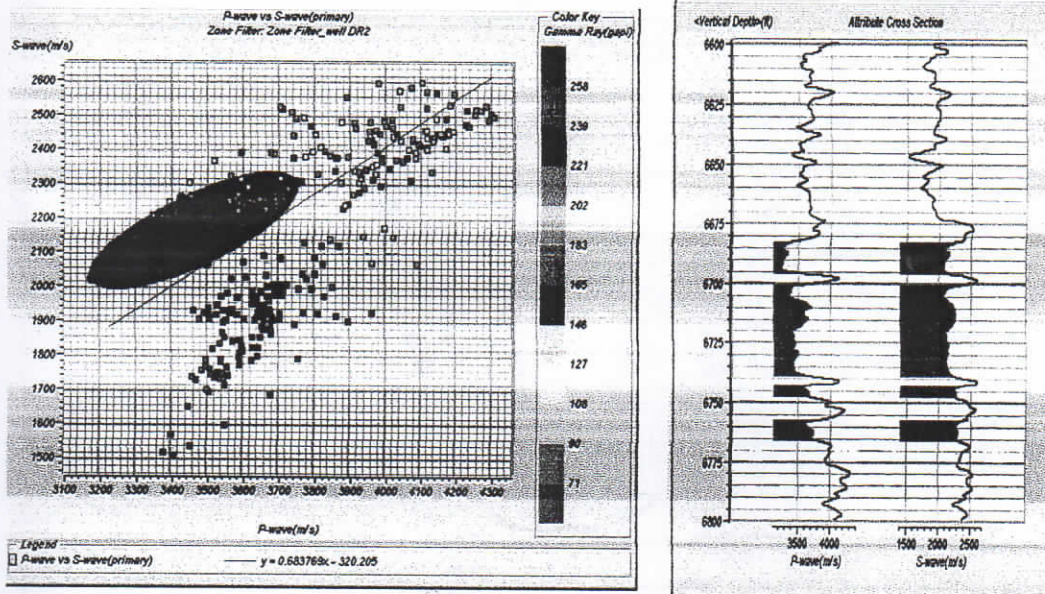


Gambar 3. Pada data *fullstack* terjadi *brigth spot* pada time 1710 ms.

(3) Analisis Data Log Sumur A1

Kemudian dilakukan pengambilan data log sumur A1 pada *crossline* 5446 berpotongan dengan zona *brigth spot*. Data log sumur A1 selanjutnya dianalisis pada target time 1710 ms yang merupakan formasi lower pematang. Log memberikan data yang diperlukan untuk mengevaluasi secara kuantitas hidrokarbon di lapisan pada situasi dan kondisi sesungguhnya. Data kurva log memberikan informasi yang cukup tentang sifat-sifat batuan dan fluida. Analisis data log dilakukan dengan *crossplot* data-data log untuk melihat hubungan sifat fisika batuan seperti, P-wave, S-wave, density, porosity, resistivity, dan gamma ray.

Gambar 4 merupakan hasil *crossplot* antara P-wave dan S-wave yang terzonasi dengan adanya *mudrockline*. Keadaan gas ini ditunjukkan pada daerah dimana titik-titik pada zona (merah) berada di atas *mudrockline*.



Gambar 4. (a) Crossplot Pwave Vs Swave (b) cross section pada data log sumur A1.

Crossplot P-wave dengan S-wave pada Gambar 4 menggunakan data warna *gamma ray* sebagai parameter lain untuk menentukan sifat fisika batuan yang dizonasi. Pada zona merah yang berada di atas garis memiliki nilai *gamma ray* yang rendah. Karakteristik data log *gamma ray* yang relatif rendah menunjukkan litologi permeabel dan yang bernilai tinggi menunjukkan impermeabel, sehingga nilai *gamma ray* yang paling rendah diinterpretasikan sebagai batupasir.

Selain menggunakan *gamma ray*, parameter lain yang digunakan sebagai data warna adalah *density* dan *resistivity*. Data log *density* dan *resistivity* sangat baik dalam mengindikasikan hidrokarbon. Dari analisis didapatkan bahwa densitas pada zona bernilai rendah, sedangkan *resistivity* pada zona sangat tinggi.

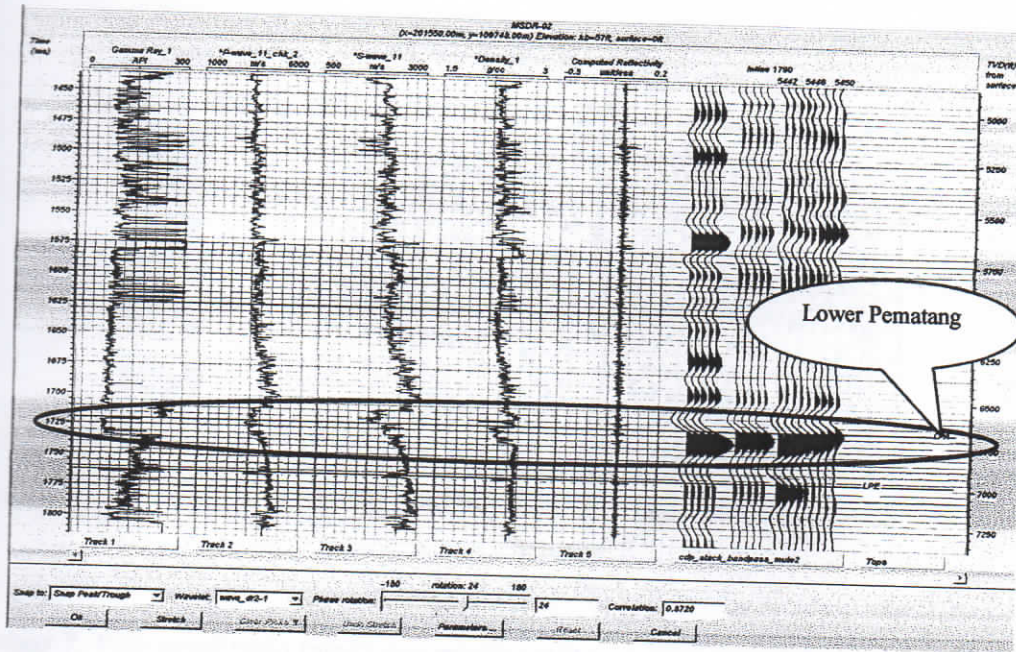
(4) Well Seismic Tie dan Ekstraksi Wavelet

Well Seismic Tie merupakan langkah pengikatan data log well dengan data seismik. Proses *Well Seismic Tie* dilakukan dengan tujuan untuk memperoleh suatu hubungan antara waktu dan kedalaman antara data seismik dengan sumur yang diwakili dengan seismik sintetik. Input dari proses ini adalah log P-wave yang sudah dikoreksi *chekshot*, log densitas dan penampang seismik (*post-stack*) yang berpotongan dengan sumur. Seismik sintetik dihasilkan dari konvolusi *wavelet* dari ekstraksi data seismik dengan koefisien refleksi dari data sumur.

(5) Ekstraksi Wavelet

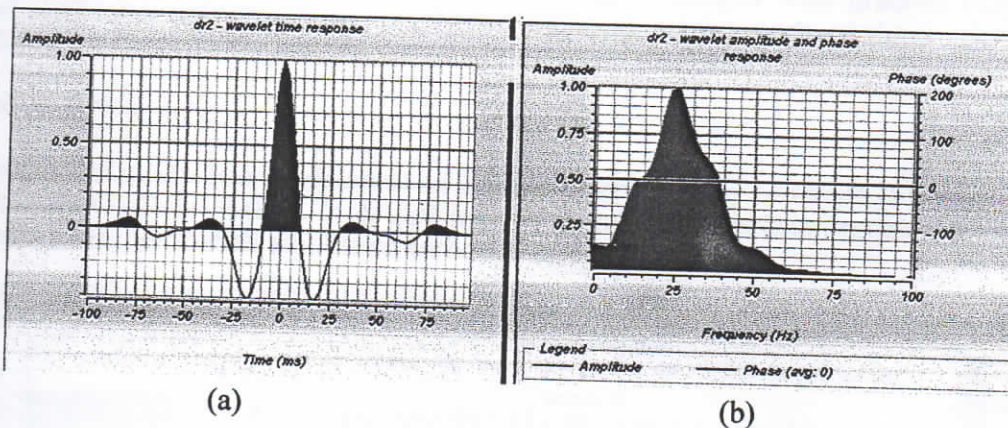
Ekstraksi *wavelet* dilakukan untuk menentukan *wavelet* yang akan digunakan dalam pembuatan seismogram sintetik dari hasil konvolusi dengan koefisien refleksi dari data sumur. *Wavelet* diperoleh dari statistik data seismik pada *window* 1650-1750 ms.

Setiap *wavelet* akan memiliki koefisien korelasi yang menyatakan kemiripan seismik sintetik terhadap data seismik. Proses *well seismic tie* dapat dilihat pada Gambar 5 di bawah ini.



Gambar 5. Proses well seismic tie

Dari hasil well seismic tie yang telah dilakukan didapat koefisien korelasi terbaik antara seismik sintetis dengan data seismik yaitu 0,872 dengan wavelet yang diekstrak dari statistik data seismik tipe constant phase dengan frekuensi 25 Hz (Gambar 6).



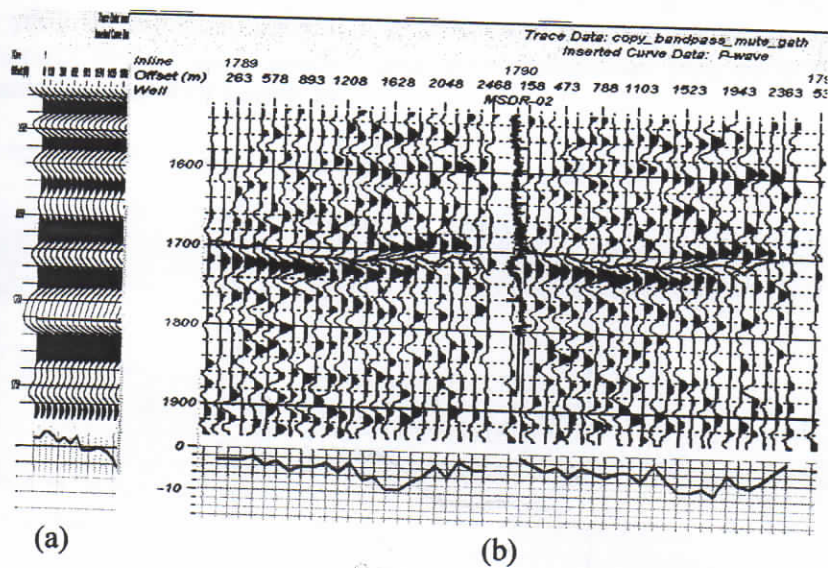
Gambar 6. Wavelet dengan korelasi terbaik dari well seismic tie, (a) domain waktu, dan (b) domain frekuensi

(3) Seismik sintetis

Seismik sintetis didapat dari konvolusi antara wavelet terbaik hasil Well Seismic Tie dengan koefisien refleksi yang didapat dari data log. Data log sebagai input untuk model seismik sintetis ini adalah log P-wave, log Density, dan log S-wave. Seismik sintetis yang dibuat pada penelitian ini adalah sintetis model Zoeppritz.

(4) Analisis Amplitudo

Selanjutnya pada seismik sintetis dan pada data seismik gather dilakukan pick amplitudo pada time 1710 ms yang berupa trough. Proses pick amplitudo ini dilakukan untuk mendapatkan nilai-nilai amplitudo untuk tiap-tiap offset pada tras seismik. Kemudian amplitudo yang telah di dapat diplot pada grafik terhadap offset.

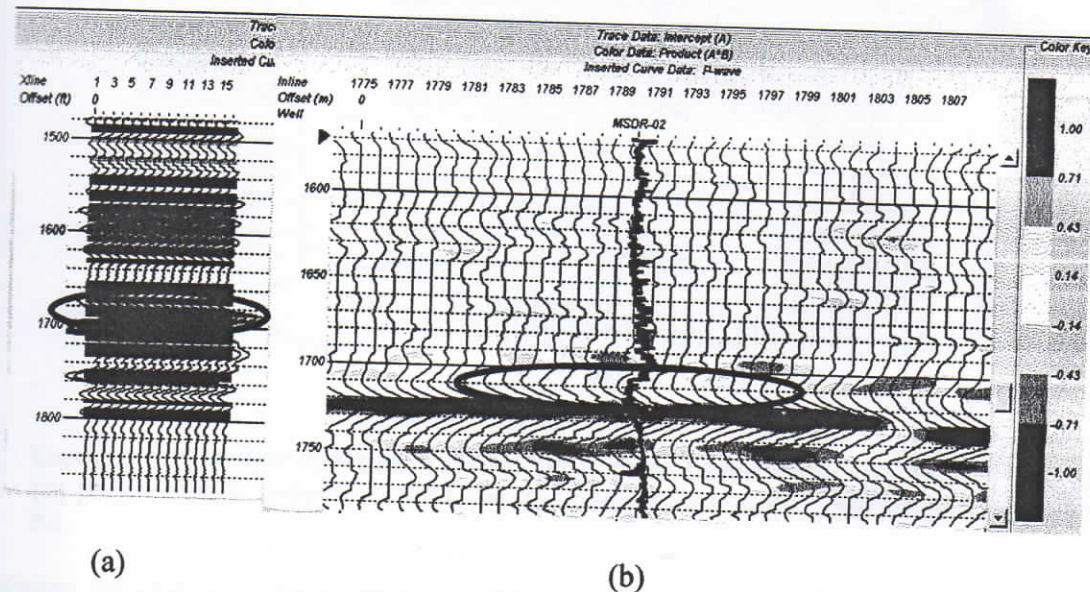


Gambar 7. Pick amplitudo (atas) dan grafik amplitudo terhadap *offset* (a) pada seismik sintetik sumur A1 (b) pada data seismik yang berpotongan dengan sumur A2 *crossline* 5446.

Dari analisis amplitudo terhadap *offset* pada grafik baik pada seismik sintetik maupun data seismik didapatkan bahwa nilai-nilai amplitudo negatif dengan arah gradien yang cenderung menurun terhadap *offset*, artinya amplitudo menguat seiring bertambahnya *offset*. Sehingga untuk reservoir target pada *well* A1 memiliki respon anomali AVO kelas 3.

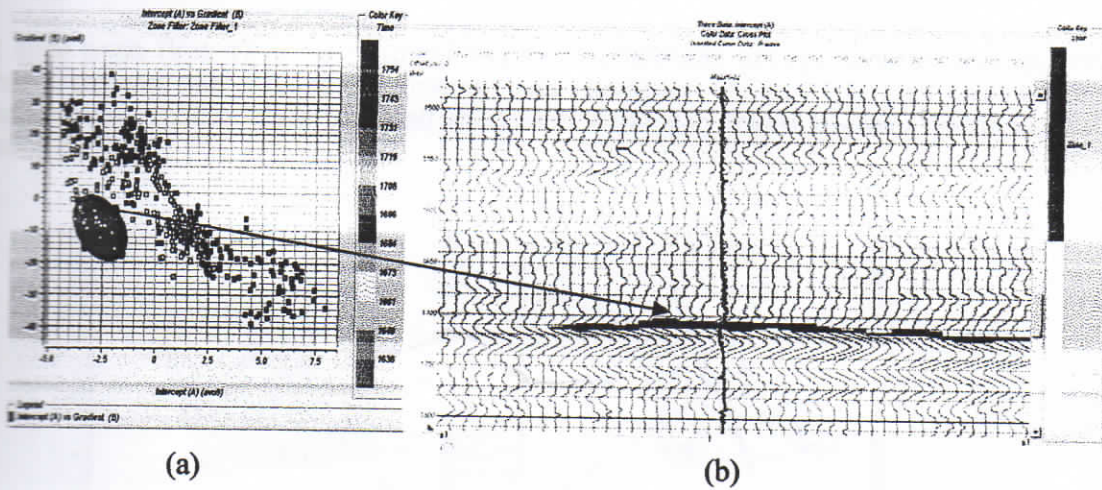
(5) Analisis Atribut AVO

Dari atribut AVO data seismik didapatkan atribut *Intercept* (A), *Gradient* (B) dan *Product* (A*B) juga Koefisien Refleksi P (R_p). *Intercept* (A) menggambarkan koefisien refleksi dan *Gradient* (B) menggambarkan perubahan amplitudo terhadap *offset*.



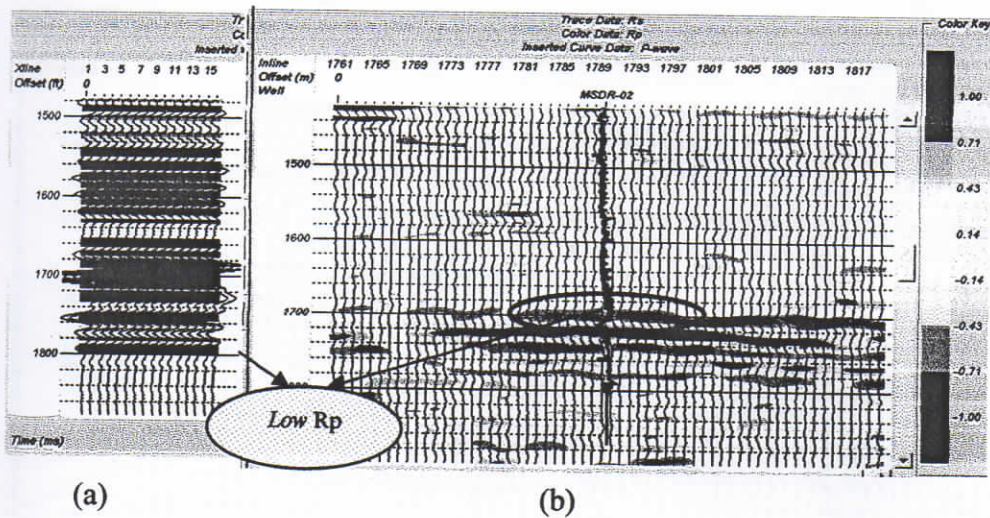
Gambar 8. Atribut Volume Dengan *Color Data Product* (A*B), (a) pada seismik sintetik *well* A1 (b) pada data seismik yang berpotongan dengan *well* A1.

Dari Gambar 8 terlihat bahwa pada zona target hasil kali antara *Intercept* (A) *Gradient* (B) adalah positif yang ditunjukkan dengan $A \cdot B$ berwarna merah. Jika *Intercept* (A) negatif dan *Gradient* (B) negatif di-plot pada grafik maka akan didapatkan titik pada kuadran III. Seperti yang terlihat pada Gambar 9 di bawah ini.



Gambar 9. (a) *Crossplot* A dan B untuk *crossline* 5446 yang menghasilkan zona pada kuadran III (merah) (b) *Cross section* zona pada data seismik *crossline* 5446.

Dari *crossplot intercept* (A) dan *gradient* (B) (Gambar 9) dapat disimpulkan bahwa reservoir target pada *well* A1 merupakan reservoir dengan respon anomali AVO kelas 3. Hasil ini juga diperkuat dengan hasil analisis *well* A1 yang mengindikasikan reservoir berupa batupasir (permeabel) dengan kandungan gas. Selain *Intercept* dan *Gradient*, atribut AVO yang lain adalah koefisien refleksi. Pada time 1710 ms memiliki nilai koefisien refleksi negatif (warna biru). Hasil atribut AVO volume koefisien refleksi diperlihatkan pada Gambar 10.



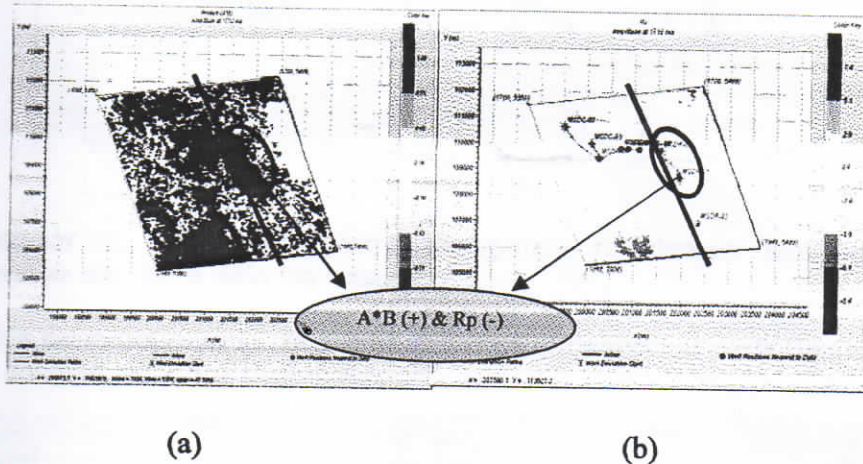
Gambar 10. Atribut koefisien refleksi (R_p), pada target koefisien refleksi bernilai negatif (a) pada seismik sintetik *well* A1 dan (b) pada data seismik yang berpotongan dengan *well* A2.

Koefisien refleksi pada zona target bernilai negatif yang ditunjukkan dengan warna biru. Nilai koefisien refleksi negatif ini menunjukkan bahwa impedansi akustik reservoir lebih rendah dibandingkan dengan lapisan penutupnya.

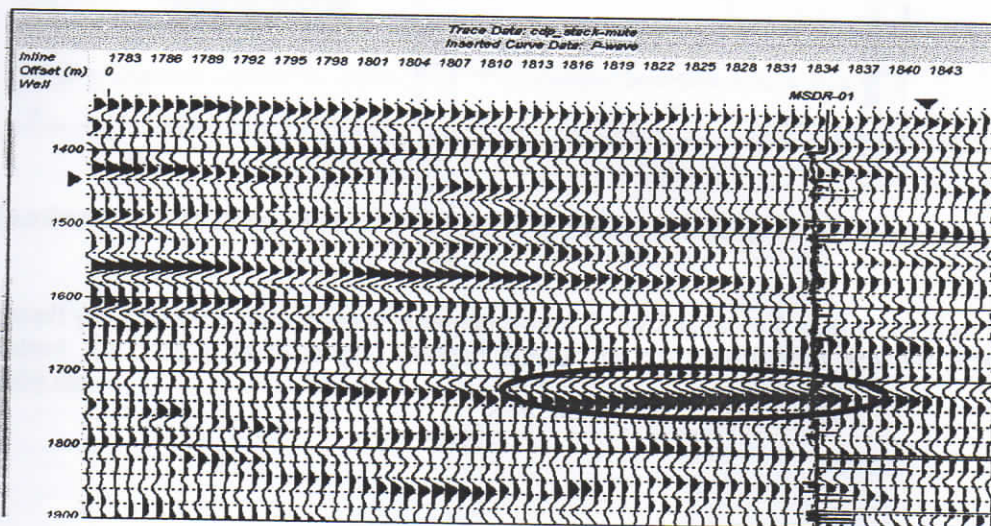
(B) Slice Data

Untuk melihat sebaran anomali pada data seismik dilakukan proses *slice* (irisan) data seismik. Pada penelitian ini data yang di-*slice* adalah A*B dan Rp pada time 1710 ms formasi lower pematang.

Hasil *slice* pada time 1710 ms (Gambar 11) memperlihatkan adanya sebaran anomali AVO pada daerah A dengan nilai A*B positif (merah) dan koefisien refleksi (+). Dari hasil ini kemudian dilakukan pengambilan data log well di daerah A dengan lokasi berbeda yaitu well A2 pada *crossline* 5453.

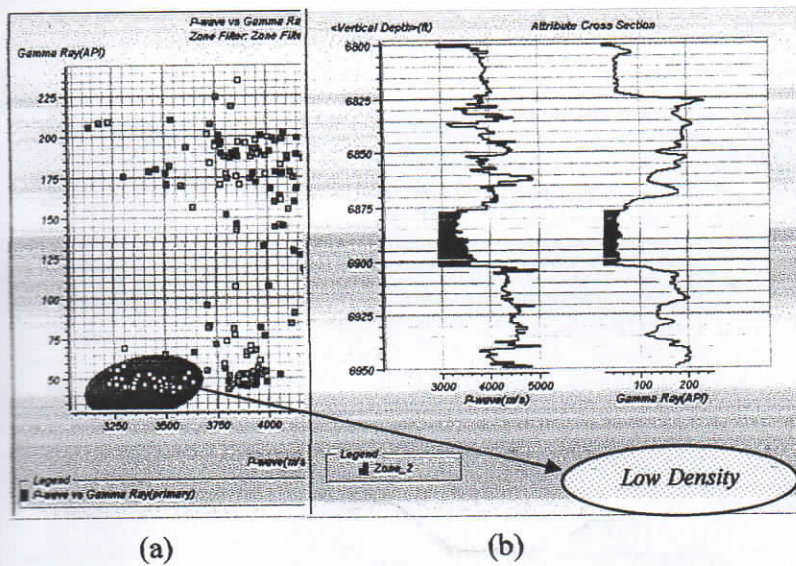


Gambar 11. *Slice* data pada time 1710 ms (a) Atribut A*B (b) Rp. Target selanjutnya yaitu well A2. Data stack pada seismik *crossline* 5453 yang berpotongan dengan sumur A2 menunjukkan *bright spot* pada time 1710 ms.



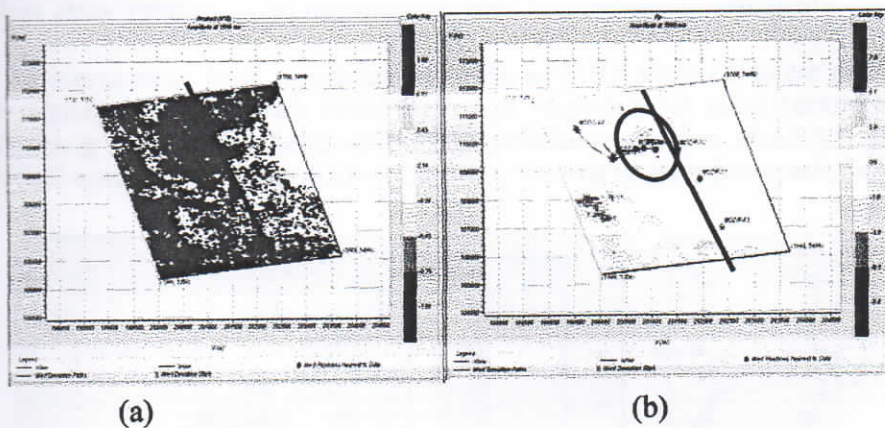
Gambar 12. Data stack pada *crossline* 5453 berpotongan dengan well A2 terdapat *bright spot*.

Hasil analisis data log dengan melakukan *crossplot* antara P-wave dan *gamma ray* dan data warna *density* serta *porosity* pada sumur A2, juga menunjukkan bahwa pada zona target yaitu time 1710 ms terdapat zona dengan nilai P-wave rendah, densitas rendah, dan *gamma ray* rendah, sedangkan porositas tinggi. Hasil ini menunjukkan adanya reservoir batupasir yang mengandung gas.



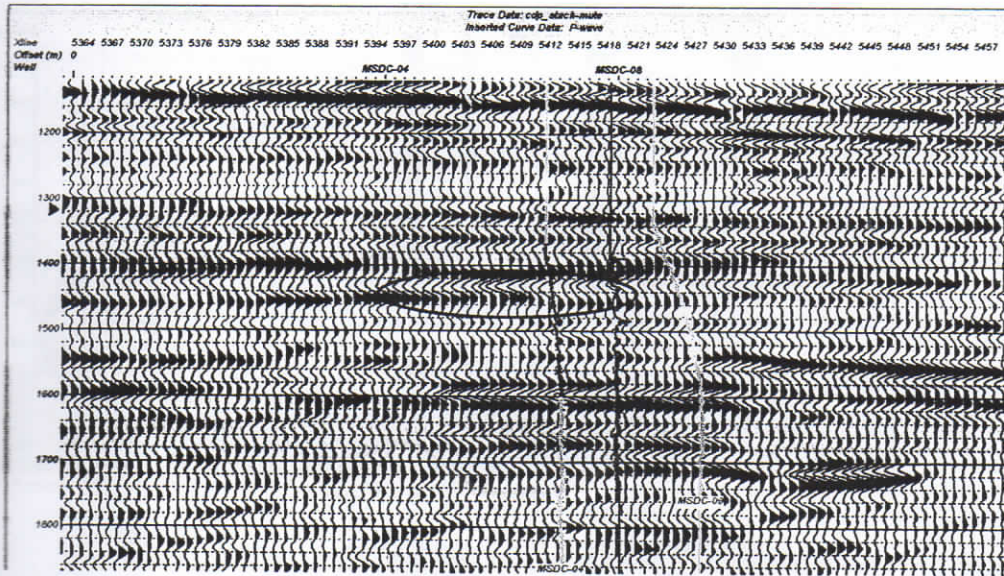
Gambar 13. (a) Crossplot Pwave dan gamma ray dengan data warna density. (b) Cross section zona pada data log sumur A2.

Slice data selanjutnya pada time 1598 ms. Hasil slice terlihat pada Gambar 19, memperlihatkan adanya anomali AVO pada daerah B.



Gambar 14. Slice data pada time 1598 ms (a) Atribut A*B (b) Atribut Rp

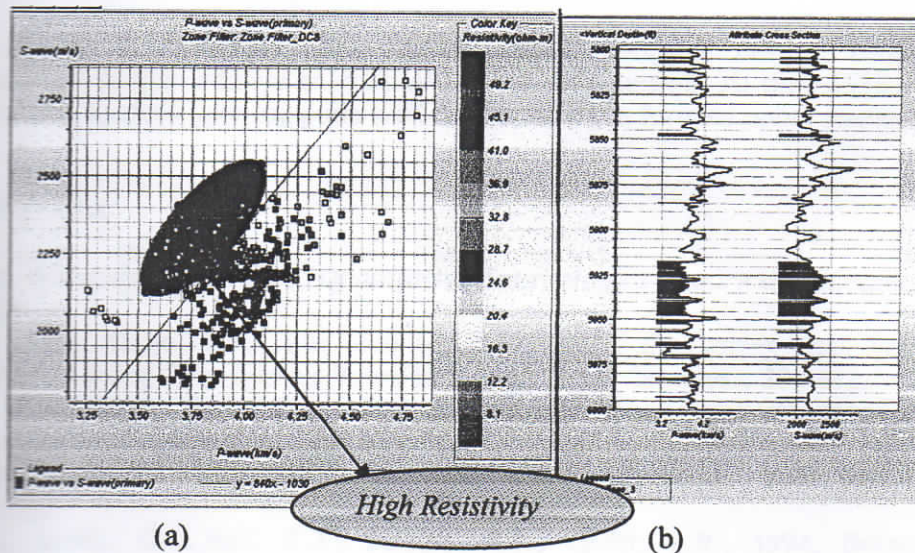
Target well yang berada pada daerah dengan anomali AVO tersebut adalah B1 dan B2. Data stack pada inline 1782 yang berpotongan dengan sumur B1 menunjukkan adanya bright spot pada time 1598 ms.



Gambar 15. Data stack pada inline 1782 yang menunjukkan bright spot pada time 1598 ms.

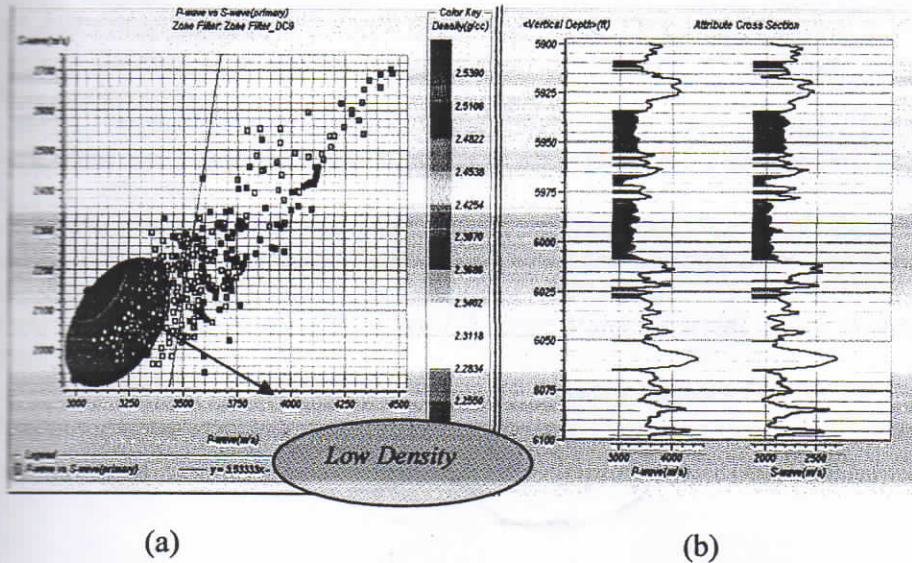
Selanjutnya dilakukan analisis sumur pada daerah B yaitu B1 dan B2. Analisis sumur dilakukan pada target time 1598 ms yang merupakan pada formasi upper mengkala.

Gambar 16 merupakan hasil crossplot data log well B1 antara P-wave dan S-wave dengan data warna resistivity. Zona merah berada di atas mudrockline yang terkondisi gas dan memiliki resistivity yang tinggi, dan telah diindikasikan sebelumnya zona memiliki nilai gamma ray yang rendah. Hasil analisis ini menunjukkan bahwa zona merupakan batupasir mengandung gas.



Gambar 16. (a) Crossplot P-wave dan S-wave dengan data warna resistivity. (b) Cross section zona pada data log well B1.

Hasil analisis sumur B2 juga menunjukkan bahwa pada target terdapat zona gas. Seperti yang ditunjukkan Gambar 17.



Gambar 17. (a) Crossplot P-wave dan S-wave dengan data warna density, (b) Cross section zona pada data log well B2.

KESIMPULAN

Dari analisis AVO pada data seismik 3D pada daerah AB didapatkan kesimpulan :

- (1) Pada daerah A, reservoir pada formasi lower pematang dengan kandungan gas yang diindikasikan dengan adanya anomali AVO kelas 3 pada data seismik 3D *time* 1710 ms dan diperkuat dengan hasil analisis data log pada well A1 dan well A2 pada formasi lower pematang.
- (2) Pada daerah B, reservoir pada formasi upper mengkala dengan kandungan gas yang diindikasikan dengan adanya anomali AVO pada data seismik 3D *time* 1598 ms dan diperkuat dengan hasil analisis data log pada well B1 dan B2 pada formasi upper mengkala.

DAFTAR PUSTAKA

- Aki K., dan Richards, P.G., 1980, *Quantitative Seismology : Theory and Method* . W.H. Freeman and Co.
- Berryman, J.G., Berge, P.A., and Bonner, B.P., 2002, *Estimating rock Porosity and Fluid Saturation Using Only Seismic Velocities.*, Soc. Expl. Geophys., 391-412.
- Castagna, J.P., 1997, *Offset-Dependent Reflectivity-Theory and Practice of AVO Analysis*, Society of Exploration Geophysicists, USA.
- DeVault, B., Devis, T.L., Tsvankin, I., Verm, R., and Hilterman, F., 2002, Soc. Expl. Geophys ., 701-710.
- Fatti, J.L., Smith, G.C., Vail, P.J., Strauss, P.J., Levitt, P.R., 1994, *Detection of Gas in Sandstone Reservoirs Using AVO Analysis: A 3-D Seismic Case History Using the Geostack Technique*, Soc. Expl. Geophys., 1362-1376.
- Goodway, Bill., 1997, *AVO and Lamé Constants for Rock Parameterization and Fluid Detection*, PanCanadian Petroleum Ltd., Soc. Expl. Geophys.
- Hornbach, M.J., Hollbrook, W.S., Gorman, A.R., Hackwith, K.T., Lizarralde, D., and Pecher, I., 2003, *Direct Seismic Detection of Methane Hydrate on the Blake Ridge.*, Soc. Expl. Geophys., 92-107.
- Muijs, R., Holliger, K., and Robertsson, J.O.A., 2002, *Perturbation Analysis of an Explicit Wavefield Separation Scheme for P- and S-waves.*, Soc. Expl. Geophys., 1972-1982.

- Russel, B.H., Hedlin, K., Hiltermann, F.J., and Lines, L.R., 2003, *Fluid Property Discrimination with AVO: Biot-Gassmann Perspective.*, Soc. Expl. Geophys., 29-39.
- Sheriff, R.E., Geldart, L.P. 1995. *Exploration Seismology 2nd edition.* Cambridge University Press. Geophysics.
- Soroka, W.L., Fitch, T.J., Van Sicle, L.H., and Nort, P.D., 2002, *Successful Production Application of 3-D Amplitude Variation with Offset : The Lessons Learned.*, Soc. Expl. Geophys. 379-390.
- Stolt, R.H., 2002, *Seismic Data Mapping and Reconstruction.*, Soc. Expl. Geophys., 890-908.
- Quan Ma, X., 2002, *Simultaneous Inversion of Prestack Seismic Data For Rock Properties Using Simulated Annealing.*, Soc. Expl. Geophys., 1877-1885.
- Well Development Team. 2007. *Final Well Report Malacca Strait Block.* Kondur Petroleum S.A. Jakarta.
- Zang, C., and Ulrych, T.J., 2002, *Estimation of Quality Factors From CMP Records.*, Soc. Expl. Geophys., 1542-1547.