

ANALISA PENYEBARAN LITOLOGI *SANDSTONE* DENGAN MENGGUNAKAN INVERSI IMPEDANSI ELASTIK PADA LAPANGAN KALIMAYA FORMASI TALANG AKAR CEKUNGAN JAWA BARAT UTARA

Febriana Rachmawati¹, Sukir Maryanto¹, M.Razi²

¹Jurusan Fisika FMIPA Univ. Brawijaya

²Pertamina EP Asset 3 Cirebon, Jawa Barat

Email : Febrirachma@gmail.com

Abstract

Telah dilakukan penelitian mengenai inversi Impedansi Elastik untuk mengetahui penyebaran litologi batu pasir (*sandstone*) di lapangan KALIMAYA Formasi Talang Akar Cekungan Jawa Barat Utara pada lapisan TAF 3.1 – BTM TAF 3.3. Sudut 30° merupakan sudut yang paling sensitif dalam membedakan litologi batu pasir dan *shale* dalam inversi yang dilakukan. Hasil dari inversi AVO menunjukkan bahwa lapisan TAF 3.1 – BTM TAF 3.3 masuk ke dalam AVO kelas I yang menunjukkan reservoir *high impedance gas sand*. AVO kelas ini seringkali berkorelasi dengan reservoir yang *tight* dengan tingkat sementasi tinggi. Hasil analisa pemetaan Impedansi Elastik 30° memperlihatkan daerah penyebaran batupasir kearah barat daya – timur laut dengan *range* nilai impedansi 24.000-29.000 ((m/s)²*(gr/cc)).

Kata kunci : Inversi, Impedansi Elastik, AVO, Litologi, Batupasir.

Pendahuluan

Minyak dan gas bumi merupakan sumber energi yang tidak dapat diperbarui, sedangkan kebutuhan akan minyak dan gas bumi akan semakin meningkat. Untuk itu dibutuhkan adanya usaha untuk mencari sumber cadangan baru sehingga dapat meningkatkan produksi minyak dan gas bumi. Lokasi penelitian adalah lapangan KALIMAYA yang merupakan bagian dari Cekungan Jawa Barat Utara yang terletak di barat daya Pulau Jawa dan meluas hingga lepas pantai laut Jawa. Lokasi ini merupakan daerah yang memiliki prospek cukup besar untuk pengembangan eksplorasi hidrokarbon. Pada lapangan ini terdapat 9 sumur yang semuanya merupakan sumur vertikal. Tipe reservoir di lapangan ini adalah reservoir batu pasir.

Inversi seismik merupakan teknik pemodelan geologi bawah permukaan menggunakan data seismik sebagai inputnya dan data sumur sebagai kontrolnya (Sukmono, 2007). Inversi seismik pada awalnya menggunakan data *stack-zero offset*, yaitu data stack pada sudut datang 0° atau tegak lurus bidang pantul untuk menghasilkan Impedansi Akustik. Akan tetapi teknik ini dinilai masih memiliki keterbatasan karena terkadang banyak dijumpai nilai impedansi Akustik untuk beberapa litologi dengan nilai yang hampir sama (*overlapping*).

Untuk mengatasi masalah pada *stack-zero offset* tersebut, maka muncullah metode Impedansi Elastik yang merupakan salah satu metode AVO dan dapat memisahkan litologi reservoir serta kandungan fluidanya. AVO pertama kali ditujukan sebagai suatu teknik untuk menganalisis respon amplitudo pada seismik yang

berasosiasi dengan kehadiran gas pada reservoir (Ostrander, 1984). Rutherford dan Williams (1989) mempublikasikan klasifikasi anomali AVO yang membagi anomali AVO berdasarkan tiga kelas yaitu kelas I (*high impedance contract sand*), kelas II (*near zone impedance contract sand*), dan kelas III (*low impedance contract sand*). Tahun 1998 Castagna memperkenalkan *sandstone* kelas IV setelah ia melakukan *crossplot* AVO berdasarkan klasifikasi Rutherford dan Williams.

Connolly (1999) mengenalkan konsep baru mengenai Impedansi Elastik dengan menggunakan data *pre-stack* dan data sumur sebagai inputnya dengan cara melakukan *partial stack* data seismik pada sudut datang tertentu. Impedansi Elastik merupakan fungsi dari kecepatan gelombang P (V_p), kecepatan gelombang S (V_s), densitas (ρ) dan sudut datang (θ). Dengan adanya parameter V_s , diharapkan Impedansi elastik dapat lebih baik dari Impedansi Akustik dalam membedakan litologi. Hal ini disebabkan karena pada saat gelombang melalui medium berpori yang berisi fluida yang berbeda-beda maka akan terjadi perubahan pada V_p tetapi V_s tetap. Dapat dikatakan bahwa perubahan V_p mengindikasikan perubahan jenis fluida, sedangkan V_s berfungsi untuk mengidentifikasi litologi.

Metode

Data Penelitian

1. Data seismik PSTM 3D. Penelitian dibatasi dari *inline* 1440-1820 dan *crossline* 7360-7580. Data seismik ini telah melalui proses-proses penghilangan noise (filter) serta melalui

pengolahan awal sehingga dianggap memiliki kualitas yang baik untuk di proses dan di interpretasi lebih lanjut.

2. Data sumur sebanyak 9 buah seperti yang terlihat pada tabel 1.

Tabel 1. Data sumur yang digunakan dalam penelitian

Data Sumur	Febi 1	Febi 2	Febi 3	Febi 4	Febi 5	Febi 6	Febi 7	Febi 8
Vp	√	-	√	-	√	-	√	√
Vs	√	-	-	-	√	-	√	√
Density	√	√	√	√	√	√	√	√
Gamma Ray	√	√	√	√	√	√	√	√
Checkshot	√	-	-	√	-	√	√	√
Well Marker	√	√	√	√	√	√	√	√

3. Peta dasar yang menggambarkan penampang x dan y yang menunjukkan kerangka survei daerah penelitian beserta posisi sumur pada lintasan seismik.

Pengolahan Data

1. Pembuatan Log Turunan Impedansi Elastik

Dalam penelitian ini analisa data log sumur dilakukan dengan cara melakukan analisa dan membandingkan nilai-nilai dari log turunan Impedansi Elastik dengan log Gamma Ray untuk mengetahui litologi daerah penelitian. Log turunan Impedansi Elastik dibuat dengan menggunakan log V_p , log V_s , dan log density.

Dari hasil analisa kelengkapan data log tersebut, hanya sumur Febi 1, Febi 5, febi 7, dan Febi 8 yang digunakan dalam analisa sensitifitas karena memiliki log V_p dan log V_s yang dibutuhkan untuk membuat log turunan Impedansi Elastik sudut 5° , 10° , 15° , 20° , 25° , dan 30° .

2. Analisa Sensitifitas Data Sumur

Analisa Sensitifitas data sumur adalah analisa untuk melihat besarnya sudut Impedansi Elastik yang sensitif dalam memisahkan litologi. Hal ini dilakukan karena data sumur berfungsi sebagai validasi utama dalam pengolahan data seismik. Sehingga apabila hasil dari analisa sensitifitas data log sumur tidak dapat membedakan litologi *sandstone*, maka pengolahan data seismik untuk tahap berikutnya akan sia-sia. Analisa ini dilakukan dengan melakukan *crossplot* antara log turunan Impedansi Elastik dengan log *Gamma Ray*. *Crossplot* dilakukan pada daerah target diantara TAF 3.1 dan BTM TAF 3.3.

3. Pembuatan Seismogram Sintetik

Sintetik Seismogram merupakan rekaman data seismik buatan yang dibentuk dari data log yang kemudian dikonvolusikan dengan wavelet. Tujuan utama dari pembuatan data sintetik seismogram ini adalah untuk mendapatkan informasi geologi pada data seismik. *Input* yang digunakan untuk membuat sintetik seismogram

adalah data log kecepatan gelombang p (V_p), data log kecepatan s (V_s), data log densitas, serta data *checkshot*. Pada pembuatan sintetik seismogram ini hanya digunakan data *checkshot* yang asli untuk mengetahui posisi sebenarnya *marker* yang sebenarnya pada setiap sumur. Sehingga hanya dibuat sintetik seismogram pada sumur FEBI-01, FEBI-04, FEBI-06, FEBI-07, FEBI-08.

4. Analisa AVO

Analisa AVO dilakukan dengan menggunakan input data CRP *gather* yang berupa data PSTM 3D dan data RMS *velocity*. Sebelum melakukan analisa AVO, dilakukan *preconditioning* pada beberapa parameter data *gather* untuk menghilangkan *noise* yang tidak diinginkan. Pada tahap ini juga digunakan masukan berupa *near angle stack* (0° - 15°) dan *far angle stack* (16° - 30°) untuk mendapatkan *intercept* dan *gradient*. Batasan sudut maksimum adalah 30° karena sudut tersebut dianggap sesuai dengan sudut kritis yang disebutkan connoly (1999), mengenai sudut kritis impedansi elastik. *Intercept* dan *Gradient* ini nantinya akan digunakan untuk mendapatkan reflektifitas seismik dengan menggunakan *attribute*.

5. Well Seismic Tie

Well seismic tie berfungsi untuk meletakkan horizon seismik pada kedalaman yang sebenarnya sehingga interpretasi data seismik dapat dikorelasikan dengan data geologi yang biasanya diplot pada skala kedalaman. Pengikatan data seismik dengan data sumur dilakukan dengan menggunakan seismogram sintetik yang dibuat dari konvolusi *wavelet* dengan koefisien refleksi. Koefisien refleksi didapatkan dari data log sonic (V_p), log shear (V_s), dan log density (ρ). Pada lapangan KALIMAYA ini semua sumurnya merupakan sumur vertikal, sehingga *squeeze* dan *stretch* yang dilakukan tidak boleh terlalu banyak hingga dicapai suatu korelasi yang cukup tinggi antara seismogram sintetik dengan data *trace seismic* di sekitar sumur. *Well seismic tie* dalam pengolahan data seismik ini dilakukan pada data reflektifitas.

Tabel 2. Data Hasil Well Seismic Tie

Sumur	Cor. coef	Shift	NMSE
FEBI-01	0.75	-7	0.0332358
FEBI-04	0.75	6	0.0340685
FEBI-06	0.71	-2	0.0466516
FEBI-07	0.61	-5	0.124957
FEBI-08	0.65	9	0.0834368

6. Picking Horizon

Tahap ini berfungsi untuk mengetahui pola kemenerusan lapisan. *Picking horizon* dilakukan dengan mengikuti pola kontinuitas reflektor seismik yang jatuh pada *peak*. *Picking horizon* pada TAF 3.1-BTM TAF 3.3 ini dilakukan dengan *increment* per 10 m.

7. Pembuatan Model Awal Impedansi Elastik

Model awal yang digunakan dalam penelitian ini adalah volume impedansi elastik yang dibuat dengan menggunakan log turunan impedansi elastik pada sudut yang sensitif dalam memisahkan litologi, yaitu pada sudut 30° dari sumur FEBI-08. Nilai log impedansi elastik sumur FEBI-08 akan diekstrapolasi secara lateral ke seluruh volume yang telah ditentukan batasnya berdasarkan *inline* dan *crossline* yang sama dengan data seismik yang dikontrol oleh horizon. Pada penelitian ini digunakan metode *ordinary krigging* karena pada metode ini tidak digunakan seismik sebagai *eksternal drift* sebagai jangkauan interpolasi. Hal ini dikarenakan agar nilai pada model awal impedansi elastik tidak terpengaruh seismik.

8. Inversi Impedansi Elastik

Inversi impedansi elastik dilakukan dengan menggunakan input reflektifitas impedansi elastik, model awal impedansi elastik, dan *wavelet* yang diekstrak dari reflektifitas impedansi elastik. Proses inversi ini dilakukan dengan menggunakan metode inversi *Maximum Likelihood Inversion*. Pada penelitian ini, digunakan *filled volume* sebagai *output* volume. Hasil inversi impedansi elastik kemudian disebar dalam bentuk peta *slicing* untuk melihat persebaran nilai hasil inversi awal.

Hasil dan Pembahasan

1. Analisa Sensitifitas

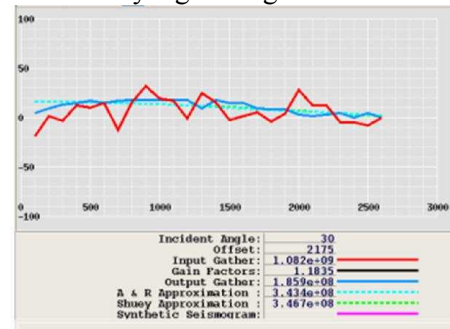
Crossplot dilakukan antara log Impedansi Elastik dengan log gamma ray. Penggunaan log gamma ray sudah terbukti bagus dalam memisahkan *reservoir* batu pasir terhadap litologi yang mengandung *shale*. Crossplot antara log impedansi elastik dengan log gamma ray dilakukan pada sudut 5°, 10°, 15°, 20°, 25°, 30° pada semua sumur log turunan Impedansi Elastik. Crossplot ini dilakukan pada *marker* TAF 3.1 hingga BTM TAF 3.3 dengan interval kedalaman antara 2700 ms – 2730 ms. Dari hasil *crossplot* yang dilakukan pada sumur FEBI 01, FEBI-05, FEBI-07, dan FEBI-08, hanya sumur FEBI-08 yang dapat memisahkan litologi antara *sand* dan *shale* dengan cukup baik.

Tabel 3. *Cut off* nilai Impedansi Elastik antara *sand* dan *shale* pada sumur FEBI-08

Sudut EI	5°	10°	15°	20°	25°	30°
Shale (m/s)*gr/cc	4.467-7.349	5.327-8.249	7.365-9.782	10.094-12.916	14.073-17.743	22.211-30.195
Sand (m/s)*gr/cc	3.427-6.897	4.054-7.953	5.313-9.440	7.532-12.149	10.780-13.198	16.375-21.196

2. Analisa AVO

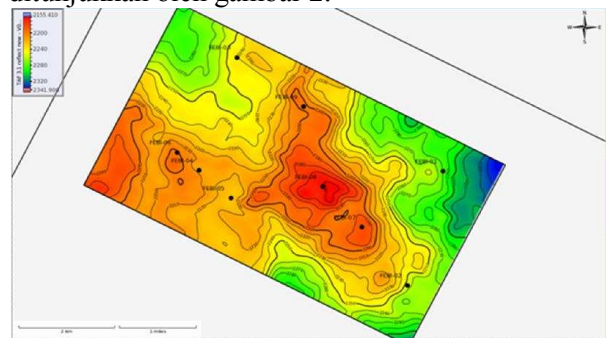
Pada klasifikasi kelas AVO sumur FEBI-08 pada gambar 1 didapatkan bahwa kelas AVO pada sumur tersebut masuk ke dalam kelas I, yaitu *reservoir* yang termasuk ke dalam *high impedance gas sand*. AVO kelas I memiliki nilai impedansi yang lebih tinggi dari batuan penutupnya. AVO kelas I ditandai dengan nilai reflektifitas yang kuat di awal yang bernilai positif, dan tetap bernilai positif seiring dengan kenaikan *offset*/jarak. AVO kelas ini seringkali berkorelasi dengan *reservoir* yang *tight* dengan tingkat sementasi yang tinggi seperti *hard sand* atau *limestone* yang terisi gas.



Gambar 1. Kelas AVO

3. Analisa Time Structure

Horizon Interpretation picking pada data reflektifitas merupakan tahapan dimana kita dapat mengetahui pola kemenerusan reflektor seismik pada zona target. Time structure pada TAF 3.1 ditunjukkan oleh gambar 2.

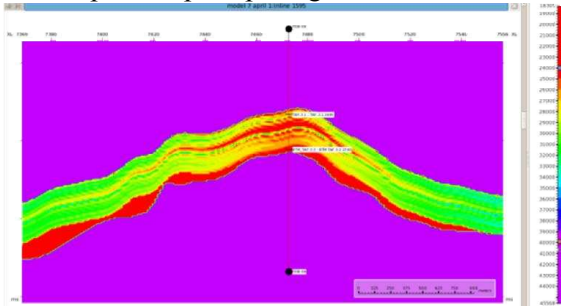


Gambar 2. Time Structure TAF 3.1

4. Analisa Model Awal

Pada penelitian ini model geologi digunakan 2 horison yaitu TAF 3.1 sebagai lapisan atas dan BTM TAF 3.3 sebagai lapisan bawah. Model awal yang telah jadi memberikan gambaran model impedansi elastik bumi sebagai pendugaan perlapisan (bawah permukaan) serta

mewakili secara umum nilai Impedansi elastik dalam lapisan seperti pada gambar 3.



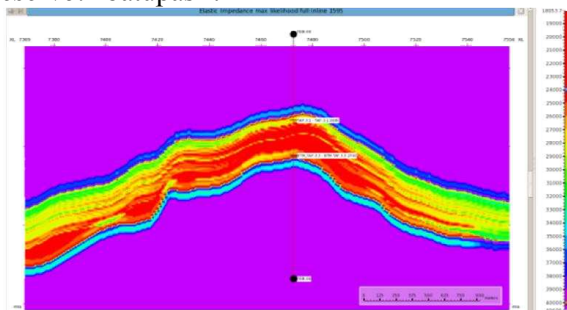
Gambar 3. Model Awal EI

Pada gambar 3 terlihat bahwa nilai model pada sumur FEBI-08 dengan marker TAF 3.1-BTM TAF 3.3 berkisar antara 24.000-27.000 ms.

5. Analisa Impedansi Elastik

Analisa inversi ini bertujuan untuk memetakan *sandstone* yang memiliki nilai Impedansi Elastik yang rendah. Dari hasil inversi nilai tersebut berkisar antara 24.000 – 29.000 $((m/s)^2*(gr/cc))$.

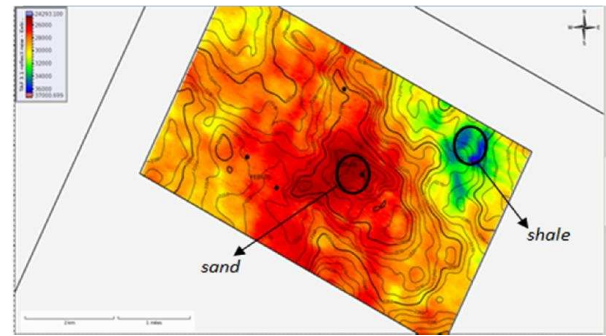
Pada gambar 4 penampang hasil inversi impedansi elastik pada sumur FEBI-08 ini, terlihat *reservoir sand* yang disisipi oleh *shale*, tetapi *reservoir sandstone* masih cukup mendominasi daerah target TAF 3.1 – BTM TAF 3.3. Kemudian dari zona target tersebut dilakukan analisis secara lateral untuk dipetakan penyebaran *reservoir* batupasir.



Gambar 4. Inversi EI

6. Analisa Penyebaran Litologi Reservoir

Untuk mengetahui penyebaran nilai impedansi elastik pada horizon TAF 3.1 sampai BTM TAF 3.3 secara lateral, maka dilakukan pemetaan terhadap penampang impedansi elastik pada sudut 30°. Pemetaan ini dilakukan dengan cara melakukan *slicing volume* impedansi elastik dengan menggunakan horizon TAF 3.1 sampai BTM TAF 3.3. Teknik *horizon slicing* ini dapat menyajikan nilai impedansi elastik sepanjang lapisan TAF 3.1 hingga BTM TAF 3.3. Apabila di-*overlay* dengan peta struktur waktu, maka akan diperoleh persebaran nilai impedansi elastik pada struktur tersebut.



Gambar 5. Slicing Inversi EI

Berdasarkan gambar 5 bisa terlihat pola penyebaran secara lateral *reservoir* batupasir yang memiliki nilai Elastik Impedansi yang rendah yaitu yang berwarna merah, sedangkan *shale* penyebaran lateralnya yang memiliki nilai Elastik Impedansi yang tinggi yang berwarna kuning – biru. Nilai impedansi elastik yang rendah tersebut mengindikasikan zona yang *porous* dan berpotensi menjadi zona *reservoir*. Arah penyebaran *reservoir* di lapangan KALIMAYA ini relatif berarah barat daya – timur laut.

Kesimpulan

Daerah target pada lapisan TAF 3.1 – BTM TAF 3.3 merupakan daerah yang tergolong pada anomali AVO kelas I sesuai dengan klasifikasi Rutherford dan William. Parameter impedansi elastik pada sudut 30° merupakan parameter yang sensitif terhadap perubahan litologi karena parameter ini dapat memisahkan dengan cukup baik antara *sandstone* dan *shale*. Hasil inversi impedansi elastik menunjukkan *range* nilai 24.000 – 29.000 $((m/s)^2*(gr/cc))$ untuk *reservoir sandstone* dan relatif berarah barat daya – timur laut.

Daftar Pustaka

- Castagna, J.P., Swan, H.W., and Foster, D.J. 1998. *Framework For AVO Gradient and Intercept Interpretation*. Jurnal Geofisika SEG. Vol. 63:948-956.
- Connolly, P., 1999, *Elastic Impedance*, The Leading Edge, April Issue ,438-452.
- Ostrander, W. J. 1984. *Plane-Wave Reflection Coefficients For Gas Sands at Non-normal Angles of Incidence*:Jurnal Geofisika SEG. Vol. 49:1637-1648.
- Rutherford, S., and Williams, R., 1989, *Amplitudo versus offset variation in gas sands*, Geophysics 54, 680-688.
- Sukmono,S.,2007,*Post and Pre Stack Seismic Inversion for Hydrocarbon Reservoir Characterization*, Program Studi Teknik Geofisika, Institut Teknologi Bandung.