

INVERSI IMPEDANSI ELASTIK UNTUK MENGESTIMASI KANDUNGAN *RESERVOIR* BATUPASIR LAPANGAN “Ve” FORMASI CIBULAKAN CEKUNGAN JAWA BARAT UTARA

Veratania Aisyah¹, Udi Harmoko² dan Muallimin³

¹⁾ Jurusan Fisika, Fakultas Sains dan Matematika Universitas Diponegoro

²⁾ Laboratorium Geofisika, Jurusan Fisika, FSM, Universitas Diponegoro

³⁾ Divisi Renbang Lapangan, PT. Pertamina EP Region Jawa

Abstract

An Elastic Impedance inversion was carried out to determine sandstone reservoir characterization of “Ve” Field Cibulakan Formation, Northwest Java Basin. There are many steps of data processing to analyze a well log data in order to get sensitive angle of lithologic characterization. Mudrock Line equation was applied to obtain Vs log data of the research target zone. The next step, we did Well seismic tie to obtain horizon that approach the real geological zone. Initial model was made by used a control well and DST 5 horizon. Sparse Spike inversion gives the most accurate result than two other one. According to the volume inversion, we plotted to a map show the contrast of sandstone lithology. Based on Elastic Impedance inversion analysis, we estimate the range of sandstone reservoir impedance: $1348 \text{ (m/s)}^2\text{gr/cc} - 1365 \text{ (m/s)}^2\text{gr/cc}$. Crossplot analysis result between log Elastic Impedance and log Gamma Ray shows that 35° is the best angle of the sandstone and shale lithologic separation.

Keyword: Elastic Impedance, AVO, inversion, Mudrock Lin

Abstrak

Telah dilakukan penelitian inversi impedansi elastik untuk karakterisasi reservoir batupasir di Lapangan “Ve” Formasi Cibulakan, Cekungan Jawa Barat Utara. Penelitian ini menggunakan data seismik dan hanya satu data sumur yang ada. Tahapan pengolahan data dengan melakukan analisis data sumur agar diperoleh sudut yang sensitif dalam memisahkan litologi batupasir dan serpih. Digunakan persamaan Mudrock Line karena log Vs yang tersedia tidak dapat menjangkau zona target penelitian. Metode well seismic tie diterapkan untuk memperoleh horizon yang mendekati kondisi geologi yang sebenarnya. Model awal dibuat dengan menggunakan kontrol satu buah sumur dan horizon DST 5. Dari ketiga jenis inversi yaitu inversi Bandlimited, Sparse Spike dan Model Based, inversi Sparse Spike merupakan metode inversi yang memberikan hasil akurat. Dari volum hasil inversi kemudian digunakan untuk pembuatan peta slicing yang bertujuan untuk mengetahui sebaran litologi batupasir. Berdasar analisis inversi Impedansi Elastik dapat diketahui bahwa estimasi kandungan reservoir batupasir berada pada lapisan yang memiliki impedansi $1348 \text{ (m/s)}^2\text{gr/cc} - 1365 \text{ (m/s)}^2\text{gr/cc}$. Sedang hasil analisis crossplot antara log Impedansi Elastik dan log Gamma Ray menunjukkan bahwa sudut 35° merupakan parameter sudut yang paling bagus dalam memisahkan litologi batupasir dan serpih. Dan dari hasil analisis peta slicing horizon DST 5 menunjukkan bahwa daerah penyebaran reservoir batupasir memiliki arah orientasi utara hingga timur laut.

Kata Kunci: Impedansi Elastik, AVO, inversion, Mudrock Lin

Pendahuluan

Impedansi Elastik merupakan salah satu metode *Amplitude Variation with Offset* (AVO) yang mampu memisahkan litologi reservoir dan non reservoir serta kandungan fluidanya. Informasi *Amplitude Variation with Offset* (AVO) secara kuantitatif yang meliputi ratio Poisson, substitusi fluida, dan

lain-lain dapat diekstrak dari data seismik 3D (Singh et al, 2006).

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. Tetapi teknik ini dinilai memiliki keterbatasan karena terkadang

banyak dijumpai nilai Impedansi Akustik untuk beberapa litologi yang memiliki nilai yang hampir sama (overlapping). Dibutuhkan metode yang lebih akurat untuk dapat melakukan analisis estimasi kandungan fluida dalam *reservoir* batupasir.

Dasar Teori

Seismik Refleksi

Metode seismik merupakan metode geofisika yang lazim digunakan dalam eksplorasi hidrokarbon. Metode ini memanfaatkan penjalaran gelombang seismik dalam medium bumi sehingga dapat digambarkan lapisan-lapisan yang berada di bawah permukaan bumi (Sukmono, 1999).

Amplitude Variation with Offset (AVO)

Analisis *Amplitude Variation with Offset* (AVO) bertumpu pada perubahan amplitudo sinyal terpantul terhadap jarak dari sumber gelombang ke *geophone* penerima (offset). Dalam hal ini semakin besar jarak antara sumber ke *geophone* penerima (offset) semakin besar pula sudut datangnya (Chiburis dkk, 1993).

Impedansi Elastik

Tahun 1999 Connolly memperkenalkan *Elastic Impedance* (EI) dimana atribut ini menggunakan data input data seismik *non zero offset* dengan cara melakukan *Partial Stack* data seismik pada sudut datang tertentu. Sudut EI yang berada pada rentang antara 0° sampai dengan sekitar 45° ternyata memiliki karakter tersendiri pada sudut-sudut tertentu dan memiliki kesamaan dengan atribut tertentu.

Untuk sudut yang lebih besar dari 30° , maka dianggap bahwa $\tan^2\theta = \sin^2\theta$, sehingga persamaan EI menjadi :

$$EI(\theta) = V_p(1 + \sin^2\theta) \left[\frac{V_p}{V_s} - 2k \sin^2\theta \right] \rho (1 - 4k \sin^2\theta)$$

Jika $\theta = 0^\circ$ maka akan diperoleh :

$$EI(0^\circ) = AI = V_p \cdot \rho$$

Inversi Seismik

Pengertian secara lebih spesifik tentang inversi seismik dapat didefinisikan

sebagai suatu teknik pembuatan model bawah permukaan dengan menggunakan data seismik sebagai input dan data sumur sebagai kontrol (Sukmono, 1999). Terdapat beberapa macam teknik inversi, yaitu Teknik Inversi *Bandlimited*, *Sparse Spike*, dan *Model Based*.

Metode Penelitian

Proses pengolahan data dilakukan di PT. PERTAMINA EP Region Jawa. Waktu penelitian adalah 16 April 2012 hingga 3 Agustus 2012 dengan menggunakan *software* Paradigm yang terdiri dari Probe dan Vanguard.

Pada penelitian ini digunakan beberapa data untuk mendukung kelancaran studi ini, yaitu:

- Data seismik yang digunakan adalah data seismik 3D *Pre Stack Time Migration* (PSTM) dan data *Common Reflection Point* (CRP) gather
- Data sumur, meliputi Log *Gamma Ray*, Log *Density*, Log *Sonic*.
- Data Model Kecepatan yang digunakan adalah *RMS velocity* 3D.
- Persamaan *Mudrock Line* merupakan hubungan linier antara kecepatan gelombang P (V_p) dengan kecepatan gelombang S (V_s) untuk saturasi cair (Canning, 2000). Pada penelitian ini digunakan nilai *Mudrock line* $V_s = 0,85V_p - 1134,6$. *Mudrock Line* digunakan dalam penelitian ini karena log V_s yang tersedia tidak dapat menjangkau zona target yang berada di sekitar DST 5 pada interval kedalaman (Measured Depth) 1315,1 m – 1328 m.

Hasil dan Pembahasan

Analisis Data Sumur

Analisis data sumur digunakan untuk menentukan zona target mana yang akan dilakukan interpretasi. Penelitian ini mengambil zona target Formasi Cibulakan yang terdiri dari perselingan batupasir dengan serpih. Keduanya merupakan *reservoir* hidrokarbon akan tetapi

mempunyai sifat fisis dan karakteristik yang berbeda.

Crossplot Analisis Sensitivitas

Analisis sensitivitas data log sumur dilakukan dengan cara membuat *crossplot* dua log sumur antara log Impedansi Elastik dengan log *Gamma Ray* yang bertujuan untuk memisahkan litologi dan fluidanya sehingga dapat diketahui arah dari proyeksi litologi maupun fluidanya. *Crossplot* tersebut dilakukan pada sudut $0^{\circ} - 90^{\circ}$ dengan interval sudut 5° .

Gambar 1 merupakan *crossplot* antara log *Gamma Ray* terhadap log Impedansi Elastik pada sudut 0° terlihat bahwa litologi batupasir memiliki nilai Impedansi $1593,0 \text{ (m/s)}^2\text{gr/cc} - 1728,3 \text{ (m/s)}^2\text{gr/cc}$, sedangkan nilai Impedansi serpih $1820,9 \text{ (m/s)}^2\text{gr/cc} - 2063,1 \text{ (m/s)}^2\text{gr/cc}$. Gambar 2 merupakan *crossplot* antara log *Gamma Ray* terhadap log Impedansi Elastik pada sudut 5° terlihat bahwa litologi batupasir memiliki nilai Impedansi $1595,7 \text{ (m/s)}^2\text{gr/cc} - 1732,0 \text{ (m/s)}^2\text{gr/cc}$, sedangkan nilai Impedansi serpih $1867,4 \text{ (m/s)}^2\text{gr/cc} - 2100,2 \text{ (m/s)}^2\text{gr/cc}$.

Untuk *crossplot* log *Gamma Ray* terhadap log Impedansi Elastik pada sudut 10° sampai sudut 90° memiliki nilai impedansi yang sama dengan sudut 5° . Hal ini berarti bahwa sudut-sudut tersebut sangat sensitif dalam memisahkan litologi batupasir dengan serpih. Sedang pada sudut 0° menunjukkan nilai yang *overlapping* karena pada penelitian ini menggunakan persamaan *Mudrock Line*.

Analisis Atribut Amplitude Variation with Offset (AVO)

Analisis atribut *Amplitude Variation with Offset* (AVO) dilakukan untuk melihat ada tidaknya anomali yang mengindikasikan keberadaan hidrokarbon yang akan digunakan dalam proses analisis hasil inversi. Analisis ini dilakukan pada batuan *reservoir* yang berada di sekitar DST 5

sumur VTA-01 pada interval kedalaman 1315,1 m – 1328 m.

Atribut yang dihasilkan dari *angle stack* terdiri dari 3 macam, yaitu *near angle stack*, *medium angle stack*, dan *far angle stack*. Pada penampang *near angle stack* ($0^{\circ}-15^{\circ}$), top DST 5 memiliki nilai reflektivitas -6 sampai -103 . Pada penampang *mid angle stack* ($15^{\circ}-25^{\circ}$), top DST 5 memiliki nilai reflektivitas 9 sampai -90 . Pada penampang *far angle stack* ($25^{\circ}-35^{\circ}$), top DST 5 memiliki nilai reflektivitas 17 sampai 18 .

Analisis Model Awal dan Parameter Inversi

Salah satu masukan dalam proses inversi adalah model awal. Model awal ini digunakan sebagai tambahan data frekuensi rendah untuk memberikan jangkauan frekuensi yang lebih lebar dari data seismik yang *bandlimited*.

Model awal dibuat dengan metode *ordinary kriging* karena metode ini tidak menggunakan seismik sebagai *eksternal drift* sebagai *range interpolasi*.

Analisis Penampang Impedansi Elastik 35°

Untuk mendapatkan penampang Impedansi Elastik dilakukan pemetaan secara vertikal pada daerah zona target DST 5. Dua arah pemetaan yang digunakan yaitu arah *inline* (utara-selatan) dan arah *xline* (timur-barat). Pemilihan sudut 35° berdasarkan analisis sensitivitas data *crossplot* Impedansi Elastik dengan *Gamma Ray*, parameter Impedansi Elastik pada sudut 35° merupakan parameter yang paling sensitif terhadap perubahan litologi.

Pada penampang Impedansi Elastik 35° menunjukkan bahwa nilai Impedansi Elastik bervariasi untuk litologi yang berbeda. Nilai Impedansi Elastik yang rendah menunjukkan suatu *reservoir* batupasir. Sedangkan nilai Impedansi Elastik yang tinggi menunjukkan suatu lapisan serpih atau lapisan penyekat antar *reservoir*. Penggunaan *color key* dimaksudkan untuk mempermudah dalam

pengenalan variasi litologi maupun identifikasi fluida di zona target. Dari hasil inversi, *reservoir* batupasir memiliki nilai Impedansi Elastik $62 \text{ (m/s)}^2\text{gr/cc} - 75 \text{ (m/s)}^2\text{gr/cc}$, sedangkan untuk serpih yang berada di atasnya memiliki nilai $112 \text{ (m/s)}^2\text{gr/cc} - 125 \text{ (m/s)}^2\text{gr/cc}$.

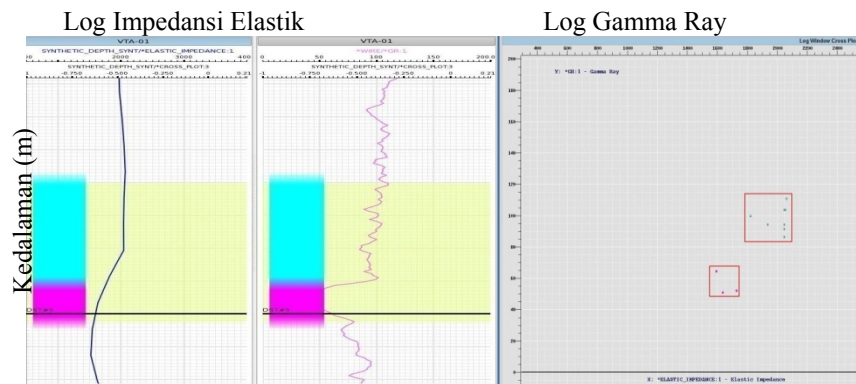
Analisis Penyebaran Litologi *Reservoir*

Teknik *horizon slicing* merupakan pemetaan yang dilakukan dengan cara menyayat *volume* Impedansi Elastik dengan menggunakan hasil *picking horizon*. Jika di-*overlay* dengan peta struktur, maka akan diperoleh persebaran nilai Impedansi Elastik pada struktur tersebut. *Slicing* dilakukan dengan menggunakan *window* interval 6 ms ke atas & 3 ms ke bawah horizon DST 5.

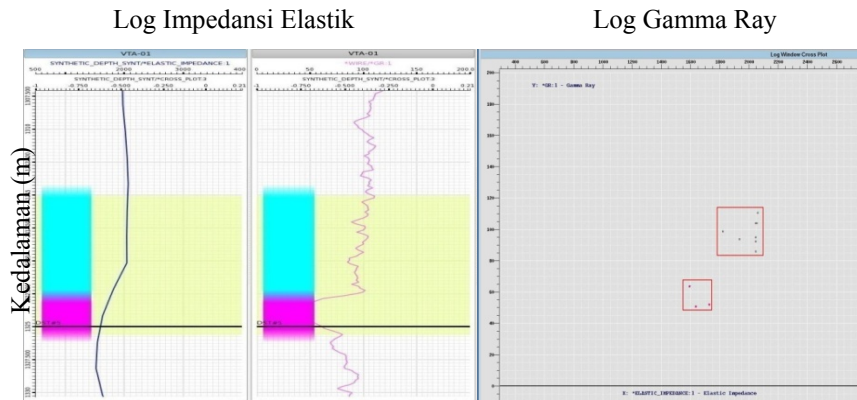
Berdasarkan distribusi nilai Impedansi Elastik terlihat bahwa nilai Impedansi Elastik bernilai rendah dengan arah distribusi dan berkembangnya *reservoir* di lapangan “Ve” relatif berarah utara hingga timur laut, hal ini didukung oleh peta struktur. Litologi batupasir pada DST 5 diwakili dengan nilai

Impedansi Elastik ditandai dengan warna kuning hingga orange dengan nilai $1348 \text{ (m/s)}^2\text{gr/cc} - 1365 \text{ (m/s)}^2\text{gr/cc}$. Nilai-nilai Impedansi Elastik yang rendah tersebut mengindikasikan zona-zona porous yang berpotensi menjadi zona *reservoir*.

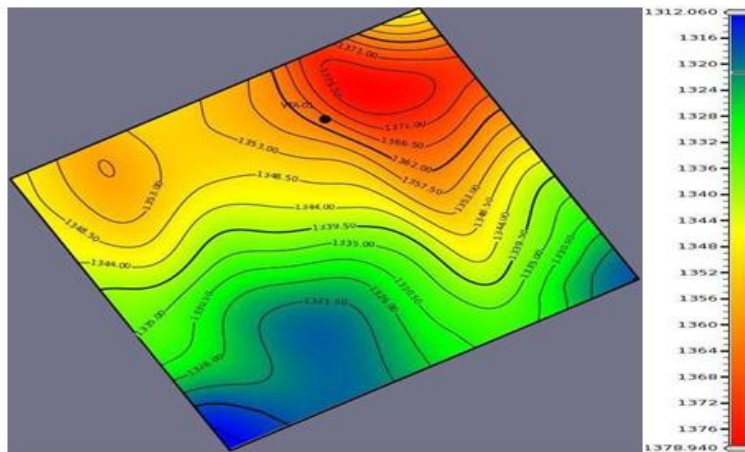
Pada bagian barat laut dari daerah penelitian juga ditemukan suatu tubuh litologi yang ditandai dengan warna kuning dengan nilai Impedansi Elastik yang nilainya sama dengan nilai litologi batupasir. Namun litologi ini belum dapat dikatakan sebagai litologi yang sama dengan litologi pada zona target karena pada bagian barat laut dari zona target tidak terdapat data sumur yang digunakan sebagai kontrol dari proses inversi Impedansi Elastik. Oleh karena itu, untuk penyebaran *reservoir* daerah yang lebih jauh dari sumur VTA-01 harus dibuktikan dengan studi lebih lanjut dan data yang lebih banyak untuk lebih memberikan akurasi yang lebih baik.



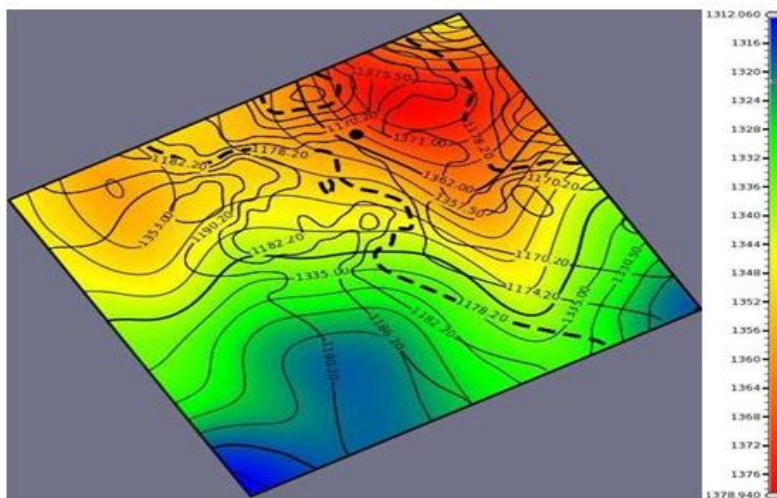
Gambar 1 Cross section (kiri) dan crossplot (kanan) log Gamma Ray dengan log Impedansi Elastik sudut 0°



Gambar 2 Crossplot (kiri) dan cross section (kanan) log Gamma Ray dengan log Impedansi Elastik sudut 5°



Gambar 3 Peta Struktur (Time Migrate) Horizon DST 5



Gambar 4 Slicing hasil inversi Impedansi Elastik sudut 35° yang overlay dengan Peta Struktur (Time Migrate) dengan tebal 6 ms ke atas dan 3 ms ke bawah horizon DST 5

Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Estimasi kandungan *reservoir* batupasir dapat diketahui dari nilai impedansi antara $1348 \text{ (m/s)}^2\text{gr/cc}$ – $1365 \text{ (m/s)}^2\text{gr/cc}$.
2. Sudut 35^0 merupakan parameter sudut yang paling sensitif dalam memisahkan litologi dan fluida pada *reservoir* DST 5.
3. Penyebaran *reservoir* batupasir lapisan DST 5 sumur VTA-01 memiliki arah orientasi utara hingga timur laut.

Daftar Pustaka

- [1] Chiburis, E., Leaney, S., Skidmore, C., Frank, C., and McHugo, S., 1993, *Hydrocarbon Detection with AVO*, Oilfield Review.
- [2] Connolly, P., 1999, *Elastic Impedance*, The Leading Edge, 438–452.
- [3] Singh, V.B., Baid., V. K., Biswal., S. and Subrahmaniam., D. 2006, *Acoustic to Elastic Impedance – A New Tool for Reservoir Characterisation*, 6th International Conference & Exposition on Petroleum Geophysics “Kolkata 2006”.
- [4] Sukmono, S., 1999, *Interpretasi Seismik Refleksi*, Departemen Teknik Geofisika, ITB, Bandung.