

ANALISA PERSEBARAN LITOLOGI SANDSTONE PADA FORMASI TALANG AKAR MENGGUNAKAN INVERSI *EXTENDED ELASTIC IMPEDANCE (EEI)* DI LAPANGAN CILAMAYA, CEKUNGAN JAWA BARAT UTARA

Ophi Thio Rendy⁽¹⁾, Agus Setyawan⁽¹⁾, Muhammad Muallimin⁽²⁾

1) Jurusan Fisika, Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Diponegoro, Semarang

2) PT. Pertamina EP Asset 3, Cirebon

Email: ophi.thio.rendy@gmail.com

ABSTRACT

Extended Elastic Impedance (EEI) inversion method has been used to analyze sandstone lithology distribution of Talang Akar Formation in Cilamaya Field, North West Java Basin. The target zone was Z2230 layer which located in Talang Akar Formation with lithologies of sandstone and shale. Sensitivity analysis showed that gamma-ray and density are sensitive to discriminate the type of lithologies in Z2230 target layer. EEI(58) could simulate gamma-ray and EEI(12) could simulate density with respectively 0,397 and 0,613 correlation values. EEI(12) inversion result showed sandstone lithology distribution in Z2230 layer with 8800 to 9800 $ms^{-1}gcc^{-1}$. Sandstone lithology distribution concentrated in northwest-southeast of study area. There was hydrocarbon prospect area in north of well OTR-10.

Keywords : Extended Elastic Impedance (EEI), gamma-ray, density, sandstone

ABSTRAK

Metode inversi Extended Elastic Impedance (EEI) telah digunakan untuk mengetahui persebaran litologi sandstone pada Formasi Talang Akar di Lapangan Cilamaya, Cekungan Jawa Barat Utara. Zona target merupakan lapisan Z2230 yang berada pada Formasi Talang Akar dengan litologi perselingan sandstone dan shale. Hasil analisa sensitifitas menunjukkan bahwa gamma-ray dan density sensitif untuk membedakan jenis litologi di lapisan target Z2230. EEI(58) dapat mensimulasikan gamma-ray dan EEI(12) dapat mensimulasikan density dengan nilai korelasi masing-masing 0,397 dan 0,613. Hasil inversi EEI(12) memperlihatkan persebaran litologi sandstone pada lapisan Z2230 dengan nilai impedansi 8800 sampai 9800 $ms^{-1}gcc^{-1}$. Persebaran litologi sandstone terkonsentrasi pada arah barat laut-tenggara area studi. Terdapat area prospek hidrokarbon di sebelah utara sumur OTR-10.

Kata kunci : Extended Elastic Impedance (EEI), gamma-ray, density, sandstone

PENDAHULUAN

Jumlah penduduk Indonesia semakin hari semakin meningkat. Peningkatan jumlah penduduk ini berdampak terhadap bertambahnya kebutuhan energi nasional. Sampai saat ini energi fosil masih menjadi penyuplai energi terbesar nasional yaitu 95,2 % [1], seiring dengan lambannya pemerintah dalam memanfaatkan potensi sumber energi terbarukan Indonesia.

Untuk memenuhi kebutuhan energi nasional, upaya pencarian hidrokarbon terus dilakukan, salah satunya pada Lapangan Cilamaya. Sumur-sumur yang dibor pada lapangan Cilamaya sudah menembus lapisan

Talang Akar, dimana lapisan ini merupakan salah satu lapisan yang kaya akan hidrokarbon pada Cekungan Jawa Barat Utara.

Extended Elastic Impedance (EEI) merupakan perluasan dari *Elastic Impedance (EI)*, yang juga merupakan perluasan dari *Acoustic Impedance (AI)* [2]. Metode *EEI* dapat digunakan ketika metode *AI* dan *EI* tidak dapat membedakan litologi maupun fluida dengan baik akibat adanya ambiguitas nilai impedansi [3]. *Tuning EEI* dengan jangkauan sudut yang lebih jelas memiliki kesamaan tertentu dengan atribut tertentu. Hasil simulasi *EEI* untuk mencari nilai sudut yang mewakili parameter *density* (ρ), *rigidity* (μ), *incompressibility* (λ), *poisson's ratio*

(σ), dan V_p/V_s pada data sumur dapat digunakan untuk melihat persebaran parameter tersebut secara lateral menggunakan teknik inversi [4].

Zona target Z2230 adalah lapisan yang prospek sebagai penghasil hidrokarbon pada lapangan Cilamaya. Data *coring* menunjukkan bahwa lapisan Z2330 merupakan perselingan litologi *sandstone* dan *shale*. Inversi AI yang telah dilakukan untuk mengetahui persebaran *sandstone* secara lateral ternyata tidak sensitif dalam membedakan litologi. Dengan menggunakan inversi *Extended Elastic Impedance (EEI)* diharapkan persebaran litologi *sandstone* pada zona target Z2230 dapat diidentifikasi.

DASAR TEORI

Konsep Seismik Refleksi

Metoda seismik memanfaatkan perambatan gelombang ke dalam bumi yang mentransfer energi gelombang menjadi pergerakan 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 [5].

Model dasar dan sering digunakan dalam model satu dimensi untuk *trace* seismik yaitu mengacu pada model konvolusi yang menyatakan bahwa tiap *trace* merupakan hasil konvolusi sederhana dari reflektifitas bumi dengan fungsi sumber seismik ditambah dengan *noise* [6]. Konvolusi dapat dinyatakan sebagai penggantian (*replacing*) setiap koefisien refleksi dalam skala *wavelet* kemudian menjumlahkan hasilnya yang dalam bentuk persamaan dapat dilihat pada persamaan 1.

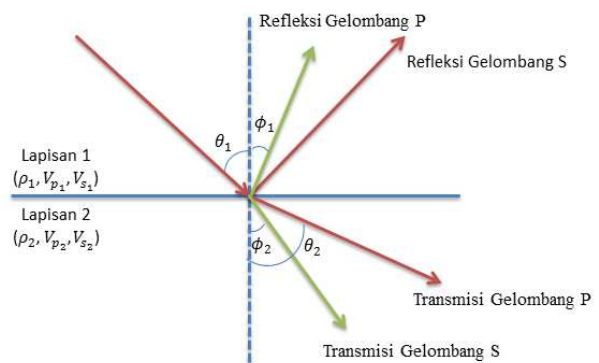
$$S_{(t)} = W_{(t)} * r_{(t)} + n_{(t)} \quad (1)$$

dengan $S_{(t)}$ adalah *trace* seismik, $W_{(t)}$ adalah *wavelet* seismik, $r_{(t)}$ adalah reflektifitas bumi, dan $n_{(t)}$ adalah *noise*.

Gelombang seismik membawa informasi mengenai litologi dan fluida bawah permukaan dalam bentuk waktu rambat (*travel time*), amplitudo refleksi, dan variasi fasa. Didukung oleh perkembangan teknologi komputerisasi, pengolahan data seismik dan juga teknik interpretasi, data seismik secara umum sekarang dapat dianalisis untuk deliniasi sifat fisika (akustik) batuan dan determinasi litologi, porositas, fluida pori, dan sebagainya.

Amplitude Versus Offset (AVO)

AVO muncul akibat adanya partisi energi pada bidang reflektor. Sebagian energi akan dipantulkan dan sebagian lainnya akan ditransmisikan. Ketika gelombang seismik menuju batas lapisan pada sudut datang tidak sama dengan nol maka konversi gelombang P menjadi gelombang S terjadi. Amplitudo dari energi yang terefleksikan dan ditransmisikan tergantung pada sifat fisik diantara bidang reflektor. Sebagai konsekuensinya, koefisien refleksi menjadi fungsi dari kecepatan gelombang (V_p), kecepatan gelombang S (V_s), densitas (ρ) dari setiap lapisan, serta sudut datang (θ_1) sinar seismik [7]. Oleh karena itu terdapat empat kurva yang dapat diturunkan, seperti yang ditunjukkan pada gambar 1.



Gambar 1. Partisi energi gelombang seismik pada bidang reflektor [6]

Untuk pemodelan dan analisa AVO biasanya digunakan persamaan linearisasi, yaitu pendekatan dari persamaan Zoeppritz yang diturunkan oleh Richard dan Frasier [8] serta Aki

dan Richards [9], seperti yang ditunjukkan pada persamaan 2.

$$R_p(\theta) = A + B \sin^2 \theta + C \sin^2 \theta \tan^2 \theta \quad (2)$$

dengan

$$A = \frac{1}{2} \left(\frac{\Delta V_p}{\bar{V}_p} + \frac{\Delta \rho}{\bar{\rho}} \right),$$

$$B = \frac{1}{2} \frac{\Delta V_p}{\bar{V}_p} - 4 \left(\frac{\bar{V}_s}{\bar{V}_p} \right)^2 \frac{\Delta V_s}{\bar{V}_s} - 2 \left(\frac{\bar{V}_s}{\bar{V}_p} \right)^2 \frac{\Delta \rho}{\bar{\rho}},$$

$$C = \frac{1}{2} \frac{\Delta V_p}{\bar{V}_p}.$$

Extended Elastic Impedance (EEI)

Connolly dkk. (1999) mengenalkan konsep *Elastic Impedance (EI)* sebagai generalisasi *Acoustic Impedance (AI)* untuk beberapa sudut datang. *EI* merupakan pendekatan yang diturunkan dari linearisasi persamaan Zoeppritz. *EI* merupakan fungsi dari V_p , V_s , dan θ sehingga dapat dihasilkan reflektifitas gelombang seismik untuk beberapa sudut datang [10]. *EI* dirumuskan pada persamaan 3, dengan K adalah konstanta yang merupakan nilai rata-rata $(V_s/V_p)^2$ dari zona target .

$$EI(\theta) = V_p^a V_s^b \rho^c \quad (3)$$

dengan

$$a = (1 + \tan^2 \theta)$$

$$b = (-8K \sin^2 \theta)$$

$$(c = 1 - 4K \sin^2 \theta)$$

Whitcombe dkk. (2002) memperlihatkan beberapa contoh sudut yang mewakili parameter elastik *bulk modulus*, *lame's constant*, dan *shear modulus*. Karena tidak semua parameter dapat disimulasi, maka diperlukan modifikasi terhadap fungsi *EI* yang memiliki keterbatasan pada $\sin^2 \theta$ yang hanya memiliki jangkauan antara 0-1, sehingga sudut yang ada hanya berkisar antara 0° - 30° . Hasil modifikasi ini akan memberikan perluasan dari fungsi *EI*, sehingga disebut dengan *Extended Elastic Impedance (EEI)* [11].

Fungsi ini diharapkan dapat mensimulasikan semua parameter yang terukur pada sumur.

Untuk membentuk fungsi baru dibuat dua perubahan terhadap definisi *EI*. Pertama, $\sin^2 \theta$ digantikan dengan $\tan \chi$ sehingga persamaan ini dapat didefinisikan antara $\pm \infty$ dibandingkan dengan batas 0-1 yang dihasilkan oleh $\sin^2 \theta$, nilai χ yang ada lebih variatif dari -90° sampai 90° . Selain itu juga didefinisikan suatu penskalaan dari reflektifitas dengan cara dikalikan $\cos \chi$, supaya dapat diyakini bahwa reflektifitas tidak akan pernah melebihi nilai satu. Reflektifitas *EEI* dirumuskan dengan persamaan 4, sedangkan *EI* dirumuskan dengan persamaan 5 dengan memperkenalkan konstanta referensi V_{p0} , V_{s0} , dan ρ_0 .

$$R_s = A \cos \chi + B \sin \chi \quad (4)$$

$$EEI(\chi) = V_{p0} \rho_0 \left[\left(\frac{V_p}{V_{p0}} \right)^p \left(\frac{V_s}{V_{s0}} \right)^q \left(\frac{\rho}{\rho_0} \right)^r \right] \quad (5)$$

dengan

$$p = (\cos \chi + \sin \chi),$$

$$q = -8K \sin \chi,$$

$$r = (\cos \chi - 4K \sin \chi).$$

EEI dapat merekayasa nilai χ yang berbeda agar dapat menjadi pendekatan yang proporsional terhadap sejumlah parameter elastik, sehingga *EEI* dapat menunjukkan *bulk modulus*, parameter *lambdarho*, *murho*, *poisson's ratio*, porositas, bahkan *gamma-ray*. Hal ini menuntun ke arah identifikasi yang baik untuk prediksi fluida dan litologi dari area yang berbeda pada ruang *EEI*. Dengan mengidentifikasi suatu nilai χ , penampang seismik ekuivalen dapat diperoleh dari kombinasi nilai kecepatan gelombang P, kecepatan gelombang S, dan densitas.

METODE PENELITIAN

Data yang digunakan pada penelitian ini adalah *PSTM gather*, *PSTM stack*, kecepatan *RMS*, dan data *log* pada sumur OTR-10. Ada 4

tahap utama yang dilakukan dalam pengolahan data :

1. Membuat *log* turunan menggunakan data *log* V_p , *log* V_s , dan *log* *density* yang terdapat pada sumur OTR-10.
2. Melakukan *crossplot* untuk mengetahui parameter yang sensitif dalam membedakan litologi, lalu mencari sudut *EEI* yang memiliki nilai korelasi tertinggi terhadap parameter tersebut.
3. Melakukan analisa *AVO* untuk mendapatkan *intercept* dan *gradient* yang kemudian digunakan untuk membuat *EEI reflectivity volume*.
4. Melakukan inversi *EEI* untuk memetakan persebaran litologi *sandstone* pada lapisan Z2230.

HASIL DAN PEMBAHASAN

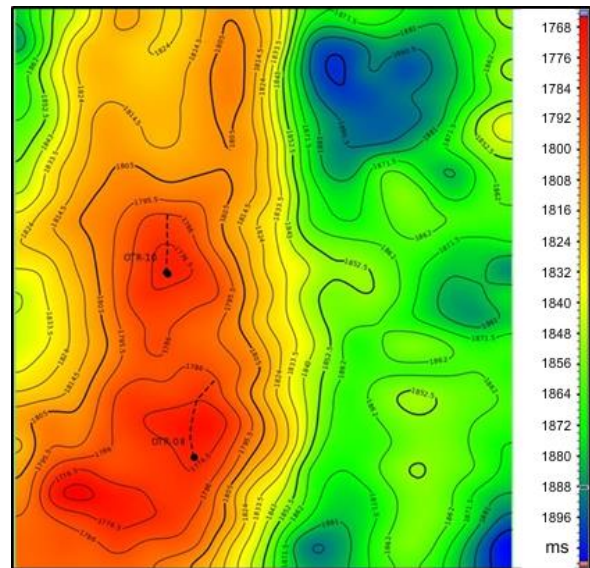
Zona target pada penelitian ini adalah lapisan Z2230 yang berada pada Formasi Talang Akar, Cekungan Jawa Barat Utara. Berdasarkan geologi regionalnya, formasi Talang Akar tersusun atas perselingan *sandstone*, *limestone* dan *shale*. Hasil analisa *well log* pada studi sebelumnya diketahui bahwa zona target Z2230 tersusun atas perselingan antara *sandstone* dan *shale*. Untuk mengetahui persebaran litologi *sandstone* pada lapisan Z2230 maka dilakukan beberapa analisa, yaitu analisa peta waktu, analisa sensitifitas, analisa sudut *EEI*, dan analisa persebaran litologi *sandstone*.

Analisa Peta Waktu

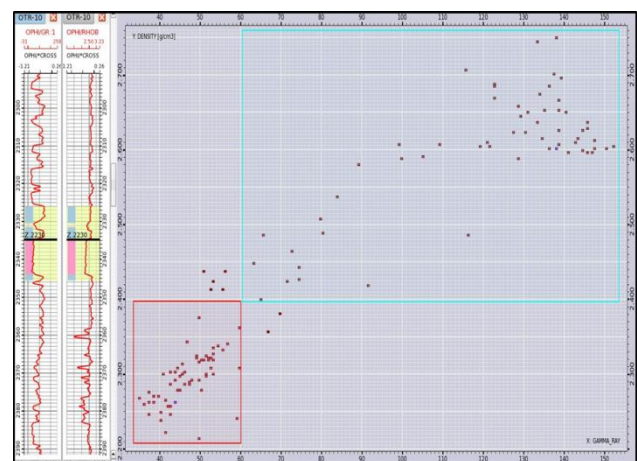
Peta waktu zona target Z2230 diperoleh dari *gridding* hasil *picking horizon* Z2230. Gambar 2 menunjukkan peta waktu lapisan Z2230. Terdapat 3 *closure* tinggi yang ditandai dengan warna jingga. Tiga *closure* tinggi ini diinterpretasikan sebagai antiklin yang relatif mengarah utara–selatan. Posisi sumur OTR-10 berada di pusat *closure* antiklin, dimana area ini merupakan area yang potensial untuk terakumulasinya hidrokarbon. Pada gambar 2 juga terlihat *closure* berwarna biru pada arah timurlaut sumur OTR-10. *Closure* ini diinterpretasikan sebagai sinklin.

Analisa Sensitifitas

Analisa sensitifitas dilakukan untuk mengetahui parameter fisika batuan yang sensitif untuk membedakan jenis litologi pada lapisan Z2230. Analisa sensitifitas dilakukan dengan melakukan *crossplot* menggunakan beberapa data *log* yang terdapat pada sumur OTR-10.



Gambar 2. Peta waktu lapisan Z2230



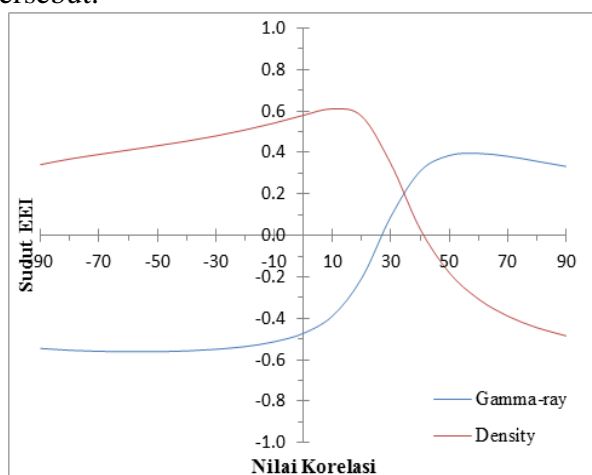
Gambar 3. Hasil *crossplot* *gamma-ray* dengan *density*

Gambar 3 menunjukkan hasil *crossplot* antara *gamma-ray* dan *density*. Dari hasil *crossplot* ini diketahui bahwa *gamma-ray* dan *density* sensitif dalam membedakan litologi *sandstone* dan *shale* pada lapisan Z2230. Terdapat 2 kelompok persebaran data. Kelompok

pertama memiliki nilai *gamma-ray* dan *density* yang rendah, yaitu masing-masing 30-60 *API* dan 2,2-2,4 *g/cc* (ditunjukkan oleh kotak merah). Kelompok kedua memiliki nilai *gamma-ray* dan *density* lebih tinggi, yaitu masing-masing 60-155 *API* dan 2,4-2,8 *g/cc* (ditunjukkan oleh kotak warna hijau). Dari hasil *petrophysics* diketahui bahwa kelompok pertama ini merupakan litologi *sandstone*, sedangkan kelompok kedua merupakan litologi *shale*.

Analisa Sudut EEI

Analisa sudut *EEI* dilakukan untuk mengetahui nilai korelasi antara sudut *EEI* dengan parameter *gamma-ray* dan *density*. Analisa ini dilakukan dengan meng-*crossplot* *EEI* sudut -90° sampai 90° dengan parameter tersebut.



Gambar 4. Grafik analisa sudut *EEI*

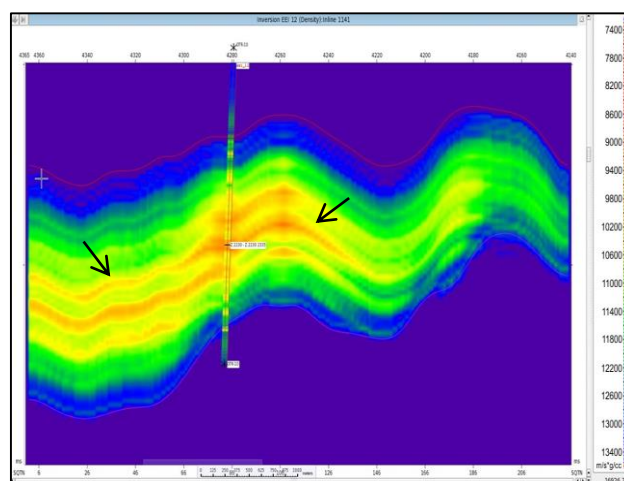
Gambar 4 menunjukkan grafik analisa sudut *EEI*. Dari analisa sudut *EEI* diketahui bahwa *EEI(58)* merupakan sudut *EEI* yang memiliki nilai korelasi tertinggi untuk *gamma-ray* yaitu 0,397, sedangkan *EEI(12)* merupakan sudut *EEI* yang memiliki nilai korelasi tertinggi untuk *density* yaitu 0,613. Hasil analisa sudut ini dapat dilihat pada tabel 1. Karena *EEI(12)* memiliki nilai korelasi yang lebih tinggi, maka *EEI(12)* yang ekuivalen dengan *density* akan diinversikan untuk mengetahui persebaran litologi *sandstone*.

Tabel 1. Hasil analisa sudut *EEI*

Parameter	Sudut EEI	Nilai Korelasi
<i>Gamma-ray</i>	58	0,397
<i>Density</i>	12	0,613

Analisa Persebaran Litolog *Sandstone*

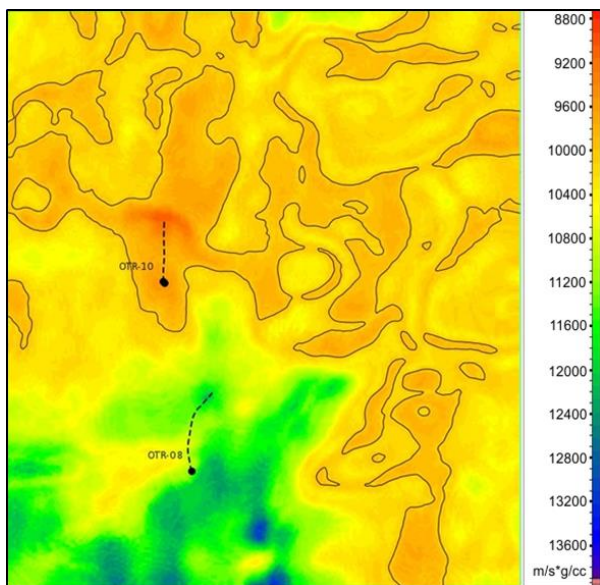
EEI(12) yang ekuivalen dengan *density* merupakan parameter *EEI* yang sensitif dalam membedakan jenis litologi pada lapisan Z2230. Gambar 5 menunjukkan hasil inversi *EEI(12)* yang melewati sumur OTR-10. Litologi *sandstone* pada zona target Z2230 ditandai oleh daerah berwarna jingga yang ditunjuk tanda panah. Litologi *sandstone* memiliki nilai *EEI(12)* yang lebih rendah. Hal ini berkorelasi dengan nilai *density* dari *sandstone*. *Sandstone* tersusun atas mineral *quartz* dan *feldspar* dengan ukuran butir antara 2 mm sampai 1/16 mm. Sedangkan *shale* tersusun atas mineral *quartz* dan *clay* dengan ukuran butir lebih kecil dari 1/256 mm. Hal ini menyebabkan pada tubuh *sandstone* memiliki rongga lebih banyak dibandingkan pada tubuh *shale* sehingga *density sandstone* lebih kecil dibanding *shale*.



Gambar 5. Hasil inversi *EEI(12)* yang melewati sumur OTR-10

Gambar 6 menunjukkan peta *EEI(12)* yang menggambarkan persebaran litologi secara lateral. Pemetaan *EEI(12)* dilakukan dengan menyayat (*slicing*) hasil inversi *EEI(12)* dengan interval 4 ms di atas *horizon* Z2230 sampai 4 ms di bawah *horizon* Z2230. Litologi *sandstone*

ditunjukkan oleh warna jingga dengan nilai impedansi antara 8800 sampai 9800 $ms^{-1}gcc^{-1}$ yang ditandai dengan garis berwarna hitam. Pada gambar tersebut terlihat bahwa terdapat persebaran litologi *sandstone* terkonsentrasi pada arah baratlaut-tenggara, dimana persebarannya di sekitar sumur OTR-10 cukup luas. Hal ini sesuai dengan data *mudlog* sumur OTR-10 yang menunjukkan bahwa pada lapisan Z2230 memang terdapat *sandstone*.



Gambar 6. Peta *EEI(12)* pada lapisan Z2230

KESIMPULAN

Kami telah melakukan inversi *EEI* untuk mengetahui persebaran litologi *sandstone* pada lapisan Z2230 Formasi Talang Akar di Lapangan Cilamaya, Cekungan Jawa Barat Utara. *EEI(12)* yang ekuivalen dengan *density* sensitif dalam membedakan litologi dan dapat menggambarkan persebaran litologi *sandstone*. Litologi *sandstone* memiliki nilai *EEI(12)* yang rendah dengan impedansi 8800 sampai 9800 $ms^{-1}gcc^{-1}$. Persebaran litologi *sandstone* pada lapisan Z2230 terkonsentrasi pada arah baratlaut-tenggara area studi.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Kementerian ESDM, 2002, Kebijakan dan Potensi Efisiensi Energi di Indonesia,

Energy Efficiency Week, Surabaya, 17 Januari 2012.

- [2] Whitcombe, D.N., Patrick, A.C., Roger, L.R., dan Terry C.R., 2002, Extended Elastic Impedance for Fluid and Lithology Prediction. *Geophysics*, 1, 67, 63-67.
- [3] Harun, M.R., Lutfie, A.S, dan Asri, S.I, 2013, Sandstone Reservoir Distribution of Cibulakan Formation Using Seismic Inversion Method : Extended Elastic Impedance (EEI) in Cemara Field, North West Java Basin, *Proceedings of The 37th IPA Convention and Exhibition*, Jakarta.
- [4] Connolly, P., 2010, Robust Workflows for Seismic Reservoir Characterisation. *SEG Distinguished Lecture*, 2010.
- [5] Sukmono, S., 2001, *Interpretasi Seismik Refleksi*, Departemen Teknik Geofisika ITB, Bandung.
- [6] Russell B.H., 1988, *Introduction to Seismic Inversion Methods*, Society of Exploration Geophysicist, Tulsa.
- [7] Zoeppritz, K., 1919, Erdbebenwellen VIII B, *On The Reflection and Penetration of Seismic Waves through Unstable Layers*, *Goettinger Nachr*, 66-84.
- [8] Richards, P.G., dan Frasier, C.W., 1976, Scattering of Elastic Waves from Depth-Dependent Inhomogeneities, *Geophysics*, 3, 41, 441-458.
- [9] Aki, K., dan Richards, P.G., 2002, *Quantitative Seismology, 2nd Edition*, University Science Books, United State of America.
- [10] Connolly, P., 1999, Elastic Impedance, *Geophysics*, 4, 18, 438-452.
- [11] Whitcombe, D.N., Patrick, A.C., Roger, L.R., dan Terry C.R., 2002, Extended Elastic Impedance for Fluid and Lithology Prediction. *Geophysics*, 1, 67, 63-67.