

PEMISAHAN LITOLOGI DAN FLUIDA DENGAN MENGGUNAKAN *POISSON IMPEDANCE*

(Distinguishing Lithology and Fluid Using Poisson Impedance)

Humbang Purba¹⁾, Bagus D. Prasetyo²⁾, Ricky A. Tampubolon¹⁾,
Pradityo Riyadi¹⁾, Shidqi A Diria¹⁾, dan Argya H. Basundara¹⁾

¹⁾Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Minyak dan Gas Bumi “LEMIGAS”
Jl. Ciledug Raya Kav.109, Cipulir, Kebayoran Lama, Jakarta Selatan
Telepon: +62-21-7394422, Fax.: +62-21-7246150

²⁾Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia
Kampus UI, Depok

E-mail: humbang@lemigas.esdm.go.id; ricky_andrian@lemigas.esdm.go.id;
pradityo@lemigas.esdm.go.id; shidqi_anugrah@lemigas.esdm.go.id

Teregistrasi I tanggal 25 Agustus 2017; Diterima setelah perbaikan tanggal 30 Oktober 2017;
Disetujui terbit tanggal: 31 Desember 2017

ABSTRAK

Parameter *Acoustic Impedance* (AI) dan *Shear Impedance* (SI) umumnya digunakan untuk sensitivitas pemisahan litologi dan fluida, distribusi properti petrofisika, pemodelan fasies, dan estimasi *reserve* potensi migas. Namun parameter tersebut tidak sensitif untuk pemisahan litologi dan fluida pada Formasi Plover di lapangan-X cekungan Bonaparte. Analisis lanjut parameter AI dan SI dilakukan dengan merotasikan kedua sumbu parameter tersebut ke dalam sumbu parameter yang baru sehingga menghasilkan parameter *Poisson Impedance* (PI) yang memenuhi persamaan $PI = AI - c \cdot SI$. Pemisahan litologi dan fluida dapat ditentukan dengan pemilihan nilai c yang berbeda melalui analisis TCCA (*Target Correlation Coefficient Analysis*). Nilai c untuk indeks litologi (LI) diperoleh dengan melakukan korelasi antara PI dan rekaman Gamma Ray (GR) dan untuk indeks fluida (FI) melalui korelasi antara PI dan Saturasi Air (Sw). Pada penelitian ini, terdapat dua zona target, yaitu zona A (3760 - 3920 meter) dan zona B (3920 - 4010 meter). Batas pemisahan litologi antara batupasir dan batu serpih menggunakan koefisien $c = 1.245$ untuk zona-A dan $c = 2.3433$ untuk zona-B sedangkan indikasi fluida menggunakan koefisien $c = 2.740$ untuk zona-A dan $c = 3.2607$ untuk zona-B.

Kata Kunci: *poisson impedance*, indeks litologi, indeks fluida, *target correlation coefficient analysis*, *acoustic impedance*, *shear impedance*

ABSTRACT

Acoustic Impedance (AI) dan *Shear Impedance* (SI) parameters are frequently used for petrophysical properties distribution, facies modeling, and reserve calculation. However, these are less sensitive to distinguish lithology and fluid at the Plover formation of X-field, Bonaparte basin. More advanced approximation was conducted by rotating AI and SI axis parameter to obtain *Poisson Impedance* (PI) satisfying an equation: $PI = AI - c \cdot SI$. Different c constant was simulated by using *Target Correlation Coefficient Analysis* (TCCA) then each PI correlates to Gamma Ray and the best correlation indexed by Lithology Index while for PI versus Water Saturation indexed by Fluid Index. The upper target (zone A) leveled at interval 3760 - 3920 metre while the lower (zone B) at interval 3920 - 4010 metre. In the zone A, sandstone and shale lithology are separated on coefficient $c = 1.245$ and $c = 2.3422$ in the zone B meanwhile fluid is separated on $c = 2.7400$ and $c = 3.2607$ in the zona A and B, respectively.

Keywords: *poisson impedance*, lithology index, fluid index, *target correlation coefficient analysis*, *acoustic impedance*, *shear impedance*

I. PENDAHULUAN

Kajian sifat reservoir memberikan informasi mengenai sifat fisis dari batuan (litologi) dan fluida yang terkandung di dalamnya. Parameter *Acoustic Impedance* (AI) dan *Shear Impedance* (SI) yang umum digunakan sebagai indikator litologi dan fluida kadangkala mengalami ambiguitas atau tumpang tindih batas antara batupasir dan batu serpih serta batas litologi dan fluida. Parameter tersebut tidak sensitif untuk pemisahan litologi dan fluida pada zona A dan B di Formasi Plover lapangan-X cekungan Bonaparte. Pada kedua zona tersebut, AI dan SI yang sama memberikan informasi litologi yang berbeda sehingga kedua parameter ini tidak sensitif dan akurasi distribusi litologi dan fluida juga kurang baik pada saat tahap pemodelan fasies. Penelitian ini bertujuan untuk memodifikasi parameter AI dan SI agar lebih sensitif dengan metode rotasi sumbu AI dan SI yang menghasilkan produk *Poisson Impedance* (PI). Quakenbush (2006) mengusulkan metode PI namun pendekatannya melalui penurunan *Poisson Ratio* sedangkan penelitian ini pendekatannya melalui rotasi sumbu AI dan SI sebagai variasi

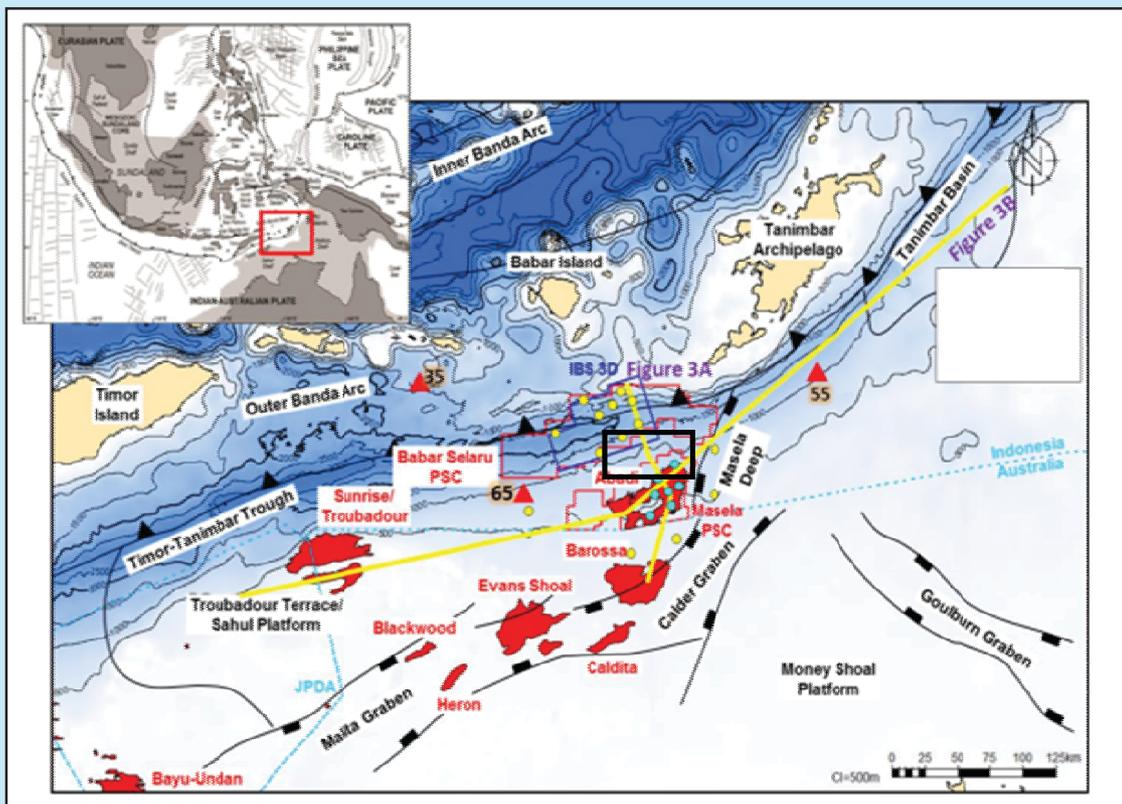
sudut θ sehingga dapat diperoleh tren pemisahan litologi-fluida dari mulai sudut $0^\circ - 360^\circ$. Implikasi dari pemisahan ini dapat mendefinisikan litologi dan fluida lebih jelas pula di seismik. Pemisahan litologi dilakukan hanya dalam ruang lingkup batupasir dan batu serpih saja serta pemisahan zona reservoir dan non-reservoir.

II. BAHAN DAN METODE

Metode yang digunakan yaitu analisis geologi bawah permukaan, analisis sensitivitas parameter elastik di sumur dan analisis rotasi sumbu parameter AI dan SI untuk mendapatkan PI dengan uraian sebagai berikut:

A. Analisis geologi bawah permukaan

Lapangan X (kotak garis hitam) terletak di cekungan Bonaparte bagian utara. Cekungan ini dibentuk oleh fase *rifting* dan pemisahan kontinental pada umur Jurassic Tengah hingga Cretaceous Awal sepanjang margin barat-laut Australia. Paparan Sahul Indonesia-Australia dibatasi oleh rendahan Masela di bagian timur dan *graben* Calder produk ekstensi di bagian selatan (Gambar 1). Pada bagian



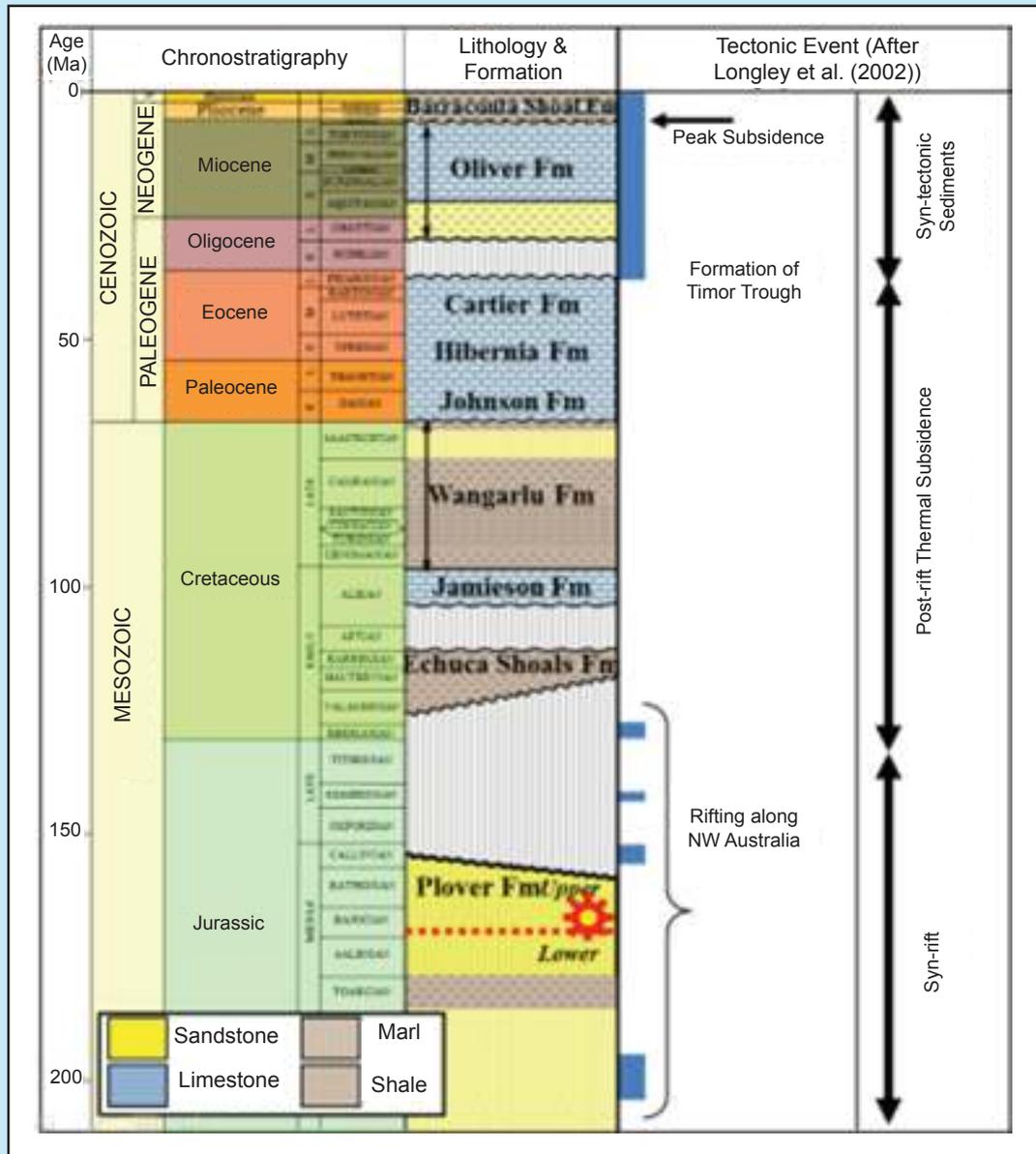
Gambar 1

Geografi di sekitar lapangan-X (kotak garis hitam) dengan latar peta batimetri berdasarkan topografi data (NASA, 2000) dengan interval kontur kedalaman 500 meter (Ohara dkk. 2015).

tenggara terdapat pola *graben* Goulburn yang diisi oleh sedimen Paleozoic dan bagian utara terdapat *Timor Trough*. *Graben* Malita yang melintang ke arah barat-daya dan memberikan akomodasi sedimen pada umur Kapur hingga Tersier.

Runtunan stratigrafi daerah penelitian menunjukkan adanya pengendapan *fluvial deltaic* hingga *shallow marine* dari Formasi Plover pada umur Jurassic Tengah yang terbentuk pada tektonik *early syn-rift*. Formasi ini merupakan reservoir utama di daerah penelitian ini (Gambar 2). *Claystone*

marine pada Formasi Echuca di umur Kapur Awal mengalami ketidakselarasan di atas Formasi Plover. Lalu Formasi Echuca Shoal ditutupi oleh karbonat Formasi Jamieson yang diikuti oleh progradasi dan *slope* sedimen di Formasi Wangarlu pada umur Kapur Akhir. Sesi Tersier terdiri atas pengendapan fase *drifting* yang didominasi paparan karbonat yang cukup tebal. Tumbukan antara Indo-Australia dan lempeng Sunda terjadi pada Miocene Akhir mengawali fase akhir tektonik hingga saat ini. Transtensi lateral yang tersisa dan lempeng yang



Gambar 2
Kolom stratigrafi dan evolusi cekungan (Ohara dkk. 2015).

lentur membalikkan sesar normal Jurassic and menghasilkan sesar normal yang baru dengan arah dominan *strike* barat-utara.

Pada penelitian ini, data sumur yang digunakan berasal dari tiga sumur, yaitu sumur LM-A, LM-B, dan LM-C. Data seismik yang digunakan untuk interpretasi berupa data 3D full-stack dengan marker pada Top-A, Top-B, dan Top-C (Gambar 3).

Gambar 4 menggambarkan peta struktur kedalaman pada masing-masing marker. Tinggian struktur berada di bagian timur dan rendahan berada di bagian selatan. *Thrust fault* yang berarah timur-barat membatasi sumur LM-A dan berada di struktur yang berbeda dengan sumur lainnya. Struktur tinggian berada pada kedalaman sekitar 3700-3900 meter dan rendahan di kedalaman hingga 4400 meter.

B. Analisis sensitivitas parameter elastik di sumur

Korelasi antar sumur dilakukan dan memisahkan zona-A (warna merah) dan zona-B (warna kuning). Rekaman sumur LM-A, LM-B, dan LM-C menunjukkan adanya separasi lebar antara rekaman densitas dan NPHI yang mengindikasikan adanya gas yang dibuktikan dengan test sumur (Gambar 5).

Analisis sensitivitas dilakukan dengan membuat *crossplot* antara parameter AI dan SI untuk menentukan batas litologi dengan rekaman Gamma Ray (GR) sebagai indikatornya. Pada gambar 6, *colormap* mendeskripsikan nilai GR yang

ditunjukkan dengan rendah (warna kuning) hingga tinggi (hingga hijau). Nilai AI yang sama (penarikan garis biru secara vertikal) memberikan informasi litologi batupasir dan serpih serta nilai SI yang berbeda (garis hitam dan biru). Hal ini menunjukkan adanya ambiguitas parameter AI maupun SI terhadap litologi. Tren *cluster* membentuk gradien dan lebih mudah membedakan antara batupasir dan serpih. Besarnya gradien merupakan fungsi sudut rotasi yang akan dibahas selanjutnya.

C. Analisis rotasi parameter

Penurunan persamaan PI yang dilakukan oleh Quakenbush (2006) dinyatakan melalui persamaan:

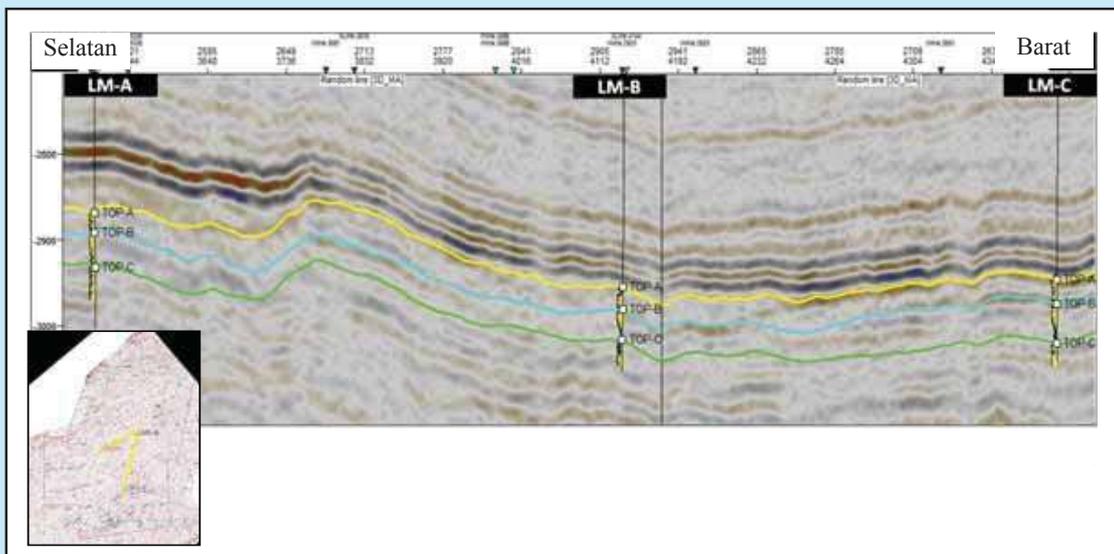
$$\sigma = \frac{V_p + \sqrt{2}V_s}{2(V_p^2 - V_s^2)} * (V_p - \sqrt{2}V_s) \quad (1)$$

Persamaan di atas dikalikan dengan faktor densitas (ρ) sehingga persamaan tersebut dapat dinyatakan dengan:

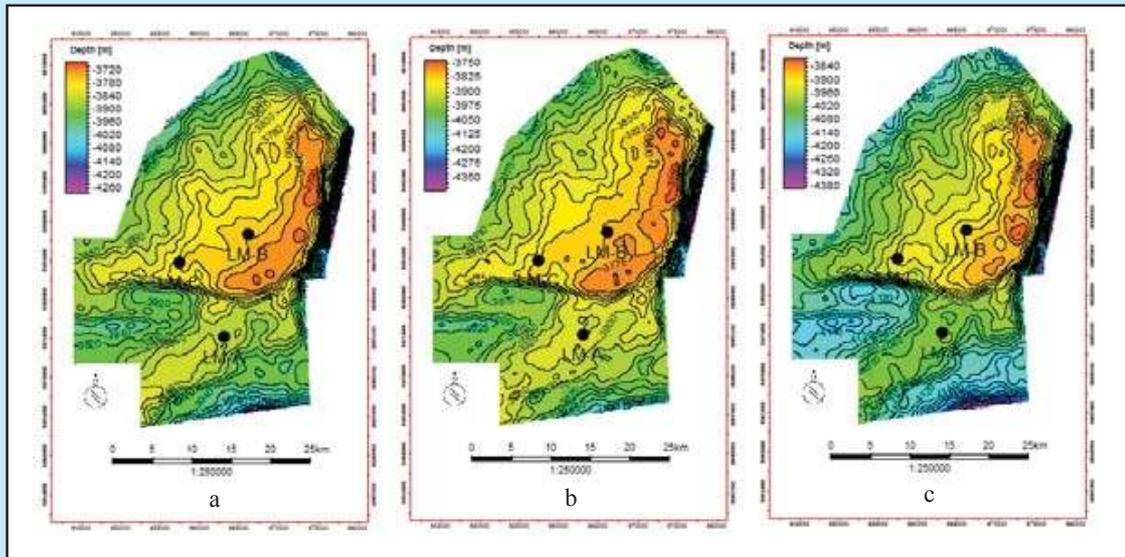
$$PI = \rho(V_p - cV_s) \quad (2)$$

Persamaan ini dapat dinyatakan umum sebagai:

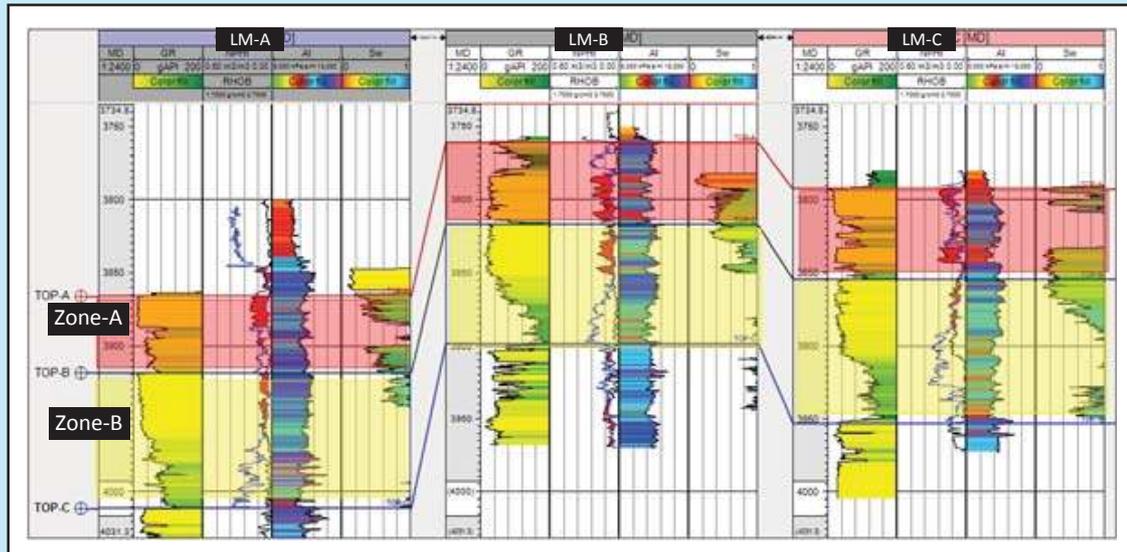
$$PI = AI - c * SI \quad (3)$$



Gambar 3
 Interpretasi seismik pada Top-A (garis kuning), Top-B (garis biru), dan Top-C (garis hijau) dengan lintasan berarah selatan-barat.



Gambar 4
Peta struktur kedalaman pada Top-A (a), Top-B (b), dan Top-C (c) dengan sesar berarah timur-barat memisahkan struktur tinggian sumur LM-A dengan LM-B dan LM-C.



Gambar 5
Korelasi antara sumur di zona-A dan zona-B (formasi Plover).

Keterangan :

σ = Poisson Ratio

PI = Poisson Impedance (m/s * gr/cc)

AI = Acoustic Impedance (m/s * gr/cc)

SI = Shear Impedance (m/s * gr/cc)

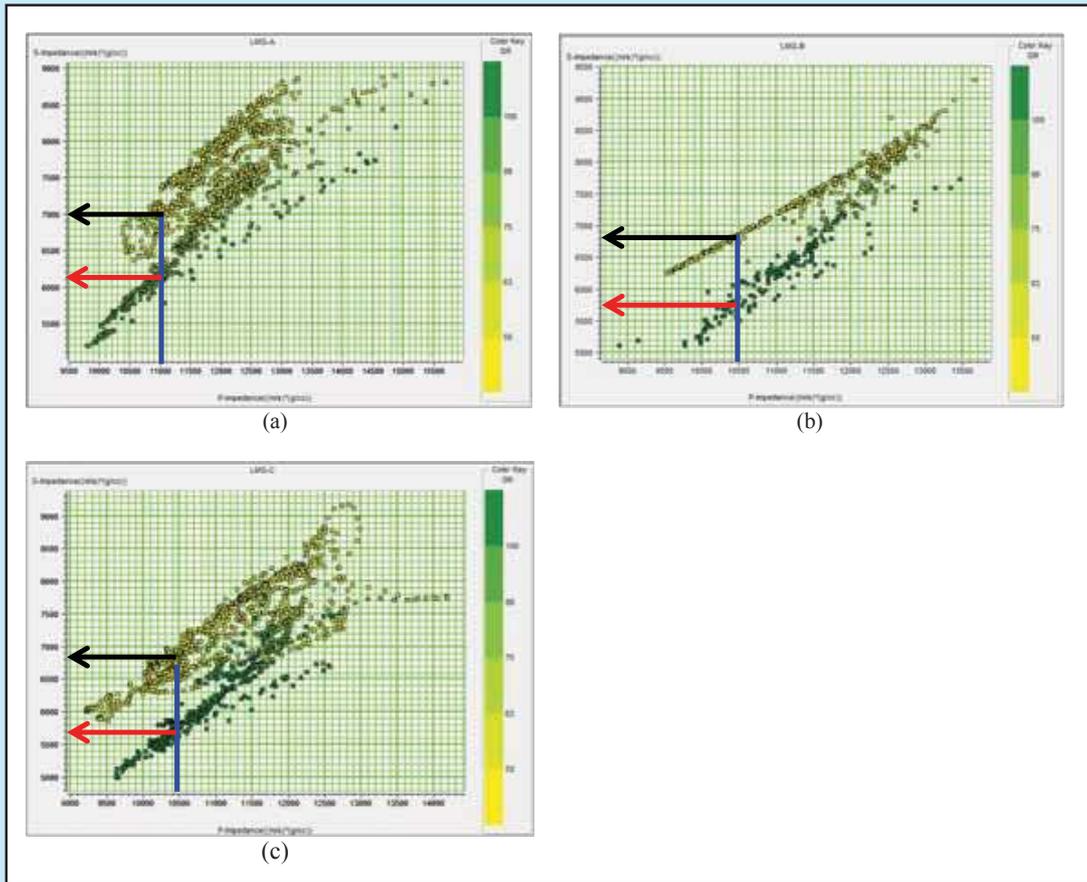
V_p = Kecepatan gelombang kompresi (m/s)

V_s = Kecepatan gelombang geser (m/s)

Berdasarkan pola *cluster* yang terdapat pada gambar 6, pendekatan lain dilakukan dengan merotasi sumbu AI versus SI sebesar θ dengan analogi sumbu-x merupakan parameter AI dan sumbu-y merupakan parameter SI (Gambar 7).

Rotasi setiap titik (a,b) dengan pusat rotasi (0,0) menghasilkan titik baru (x,y) :

$$\begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \theta & -\sin \theta \\ \sin \theta & \cos \theta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a \\ b \end{bmatrix} \quad (4)$$



Gambar 6
Crossplot parameter AI versus SI yang menunjukkan adanya ambiguitas parameter AI terhadap SI.

Besarnya nilai x dan y dinyatakan:

$$\begin{aligned} x &= a \cos \theta - b \sin \theta \\ y &= a \sin \theta + b \cos \theta \end{aligned} \quad (5)$$

Bentuk $x = a \cos \theta - b \sin \theta$ memiliki analogi dengan persamaan:

$$PI' = AI \cos \theta - SI \sin \theta \quad (6)$$

Persamaan di atas masing-masing dibagi dengan $\cos \theta$ sehingga bentuk sederhananya:

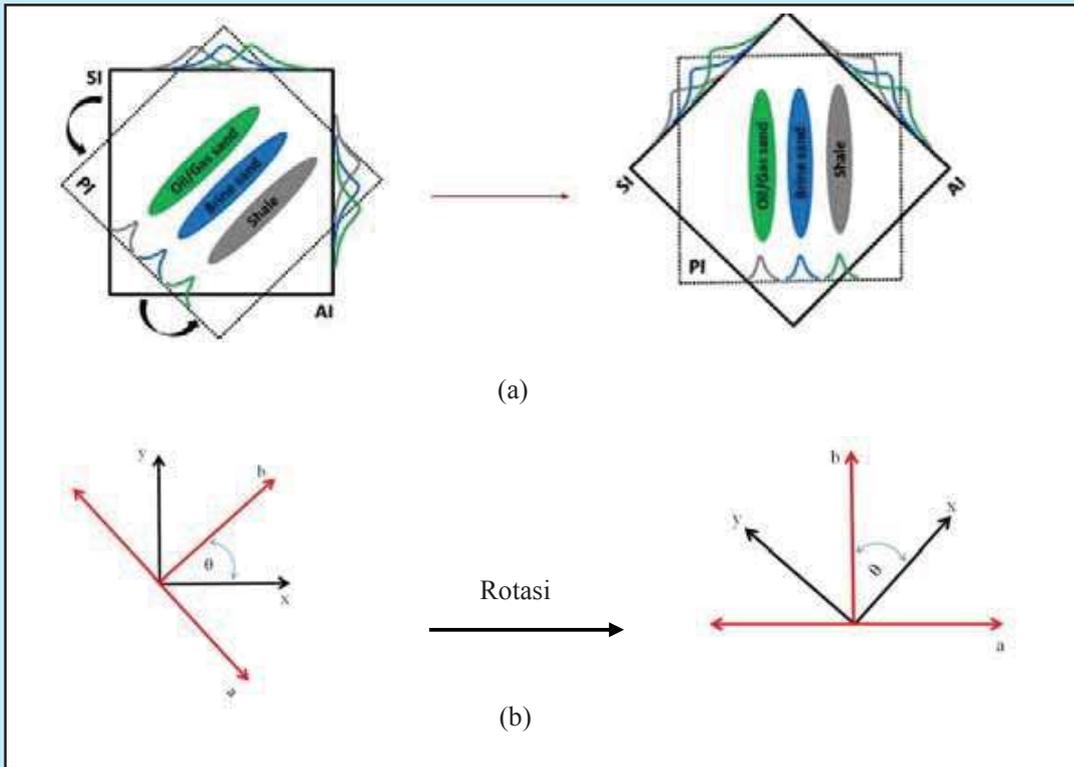
$$\begin{aligned} PI &= AI - SI \tan \theta \\ PI &= AI - c * SI \end{aligned} \quad (7)$$

Besarnya $c = \tan \theta$ dan $PI = PI'/\cos \theta$. Sudut θ bervariasi mulai dari $0^\circ - 90^\circ$ dan nilai AI dan SI disubstitusi ke persamaan di atas untuk mendapatkan nilai PI. Setiap nilai PI dicrossplot terhadap GR maupun Sw dan dibuat hubungan korelasi linear melalui analisis TCCA (*Target Correlation*

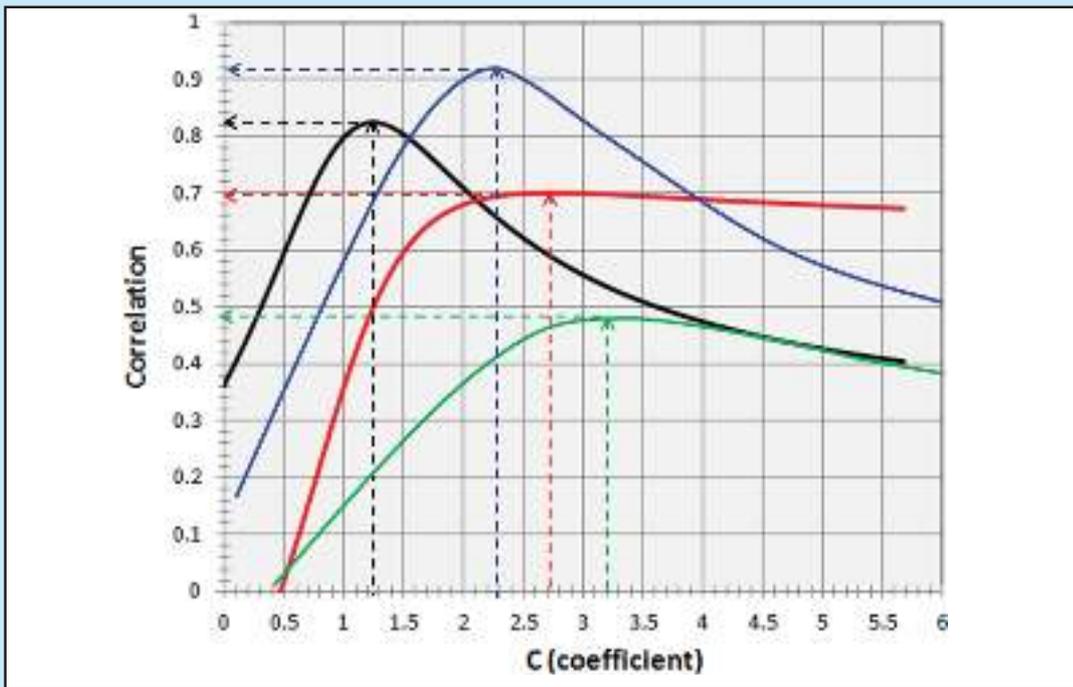
Coefficient Analysis). Pembagian interval korelasi dan tingkat hubungannya dinyatakan dalam interval koefisien antara 0 - 1. Semakin mendekati 1, maka hubungan korelasinya semakin kuat.

III. HASIL DAN DISKUSI

Gambar 8 menunjukkan kurva nilai koefisien c terhadap hubungan korelasi yang diperoleh dari analisis TCCA. Pada zona-A, pemisahan litologi antara batupasir dan serpih diperoleh koefisien $c=1.245$ dan memiliki hubungan korelasi yang maksimal 0.8246 (kurva warna hitam) sedangkan pemisahan fluida diperoleh dengan koefisien $c=2.740$ dengan hubungan korelasi maksimal 0.6904 (kurva warna merah). Pada zona-B, batas pemisahan litologi ditentukan koefisien $c=2.3433$ dan memiliki hubungan korelasi yang maksimal 0.9161 (kurva warna biru) sedangkan pemisahan fluida ditentukan koefisien $c = 3.2607$ dengan hubungan korelasi maksimal 0.4894 (kurva warna hijau).



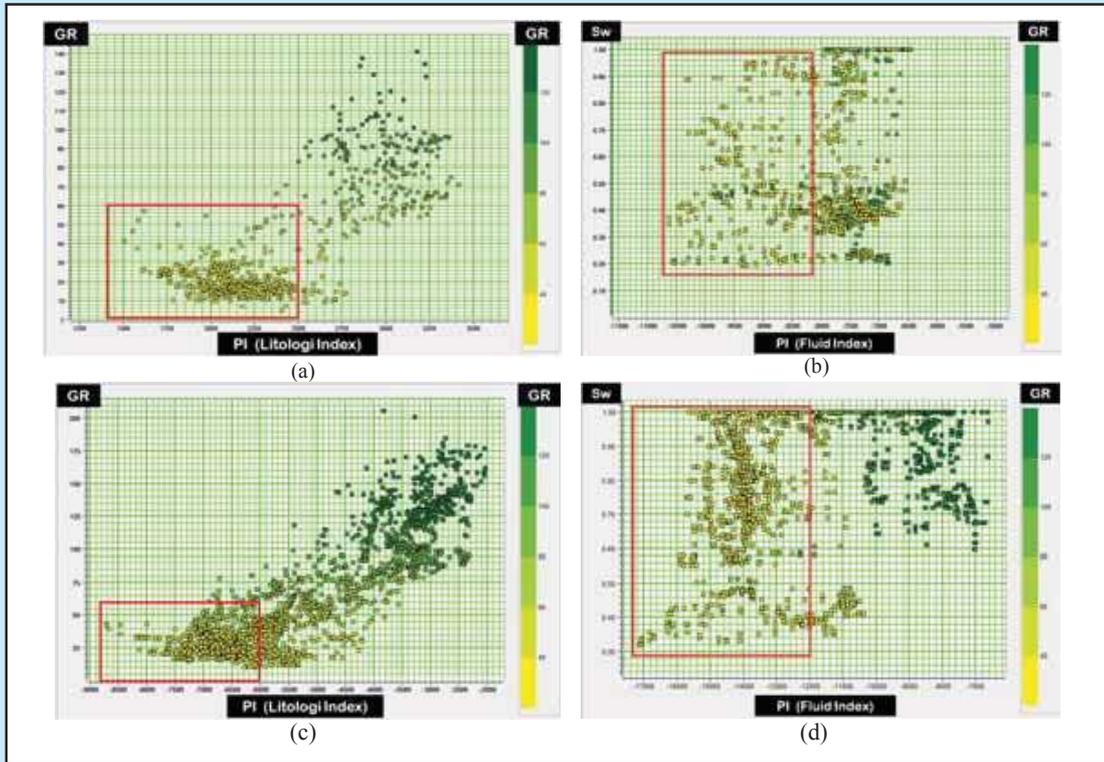
Gambar 7
Rotasi sumbu AI dan SI dianalogikan dengan sumbu (x,y) sebesar θ ke sumbu (a,b).



Gambar 8
Analisis koefisien c terhadap korelasi untuk pemisahan litologi (kurva hitam) dan pemisahan fluida (kurva merah) pada zona-A dan pemisahan litologi (kurva biru) dan pemisahan fluida (kurva hijau) pada zona-B.

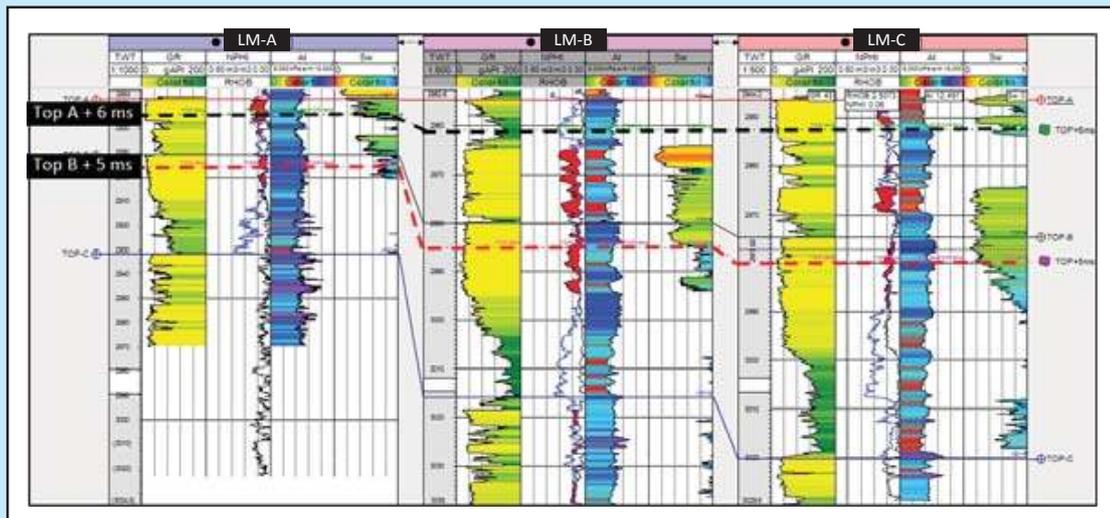
Masing-masing nilai koefisien c, nilai AI dan SI yang ada di sumur di substitusikan ke persamaan (7) kemudian nilai PI dicrossplot terhadap G. Pemisahan batupasir dan serpih di zona-A (gambar

9a dan 9b) terlihat jelas dengan nilai *cut off* PI < 2500 m/s*gr/cc dan pemisahan fluida nilai *cut off* yang diperoleh PI < -8100 m/s*gr/cc. Di zona-B (gambar 9c dan 9d), pemisahan litologi nilai *cut*



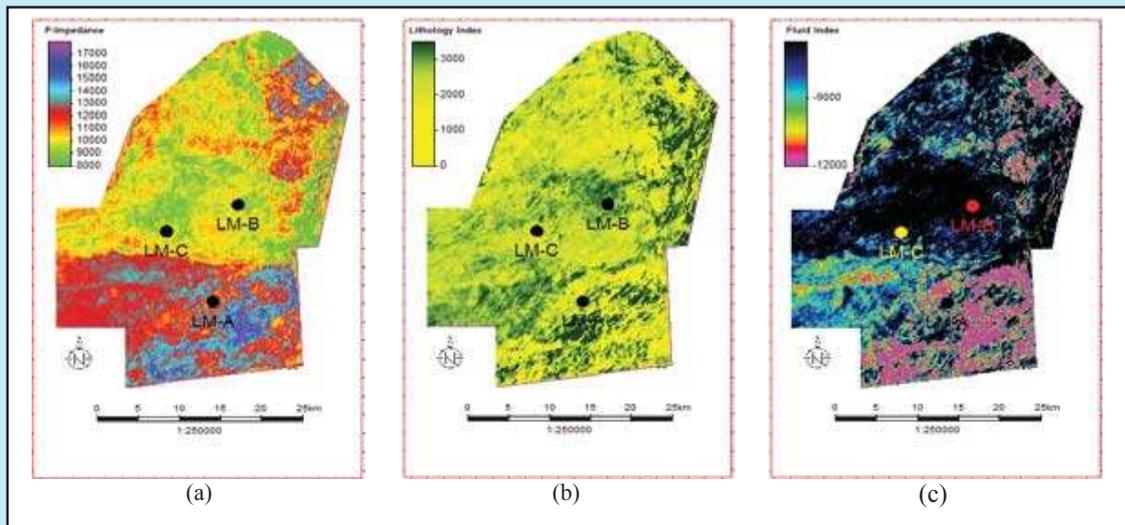
Gambar 9

Nilai *cut off* PI untuk pemisahan litologi dan pemisahan fluida di zona-A (a),(b) dan di zona-B (c),(d).



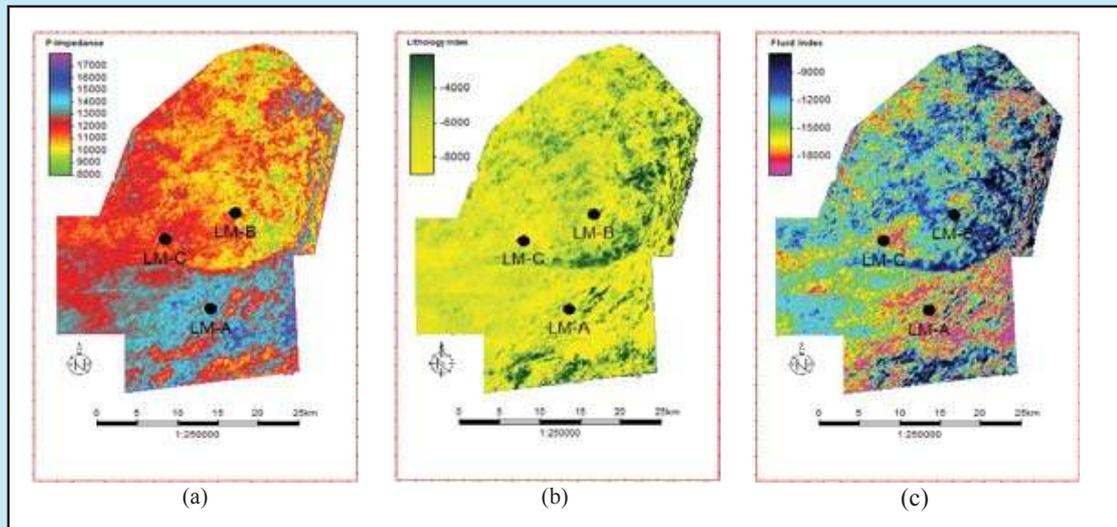
Gambar 10

Sayatan horizontal pada Top A + 6 ms (representasi zona-A) dan sayatan pada Top B + 5 ms (representasi zona-B).



Gambar 11

Slicing Top A + 6 ms dengan nilai AI tinggi di bagian selatan (a). Distribusi litologi batupasir (warna kuning) dan serpih (warna hijau). Nilai AI yang berbeda memberikan litologi yang sama (di sumur LM-A dan LM-C) (b). Distribusi Sw yang rendah didominasi di area bagian selatan dan sebagian di utara (c).



Gambar 12

Slicing Top B + 5 ms dengan nilai AI tinggi di bagian selatan (a). Distribusi litologi batupasir (warna kuning) dan serpih (warna hijau). Nilai AI yang berbeda memberikan litologi yang sama di semua sumur (b). Distribusi Sw yang rendah didominasi di area bagian selatan dan sebagian di utara dan timur (c).

off PI < -6000 m/s*gr/cc dan pemisahan fluida nilai *cut off* yang diperoleh PI < -12000 m/s*gr/cc.

Untuk penyebaran parameter PI secara lateral digunakan AI dan SI output dari seismik inversi *prestack*, kemudian nilai AI dan SI serta koefisien c disubstitusikan ke persamaan (7). Sayatan horizontal (*slicing*) dilakukan pada interval Top A + 6 ms yang

ditandai dengan garis hitam putus-putus sebagai representasi zona-A dan sayatan pada Top B + 5 ms yang ditandai dengan garis merah putus-putus sebagai representasi zone-B (Gambar 10).

Gambar 11a merupakan peta distribusi sayatan horizontal AI Top A + 6 ms (zona-A) dengan interval 11,000 – 13,000 m/s*gr/cc (*colormap orange-merah*)

di sekitar sumur LM-A dan 8000 - 10,000 m/s*gr/cc (*colormap* hijau-kuning) di sekitar sumur LM-B dan LM-C. Peta litologi indeks (Gambar 11b) yang berasosiasi dengan litologi batupasir (warna kuning) ditunjukkan dengan nilai $PI < 2500$ m/s*gr/cc dan $PI > 2500$ m/s*gr/cc untuk litologi serpih (warna hijau). Disini tampak ambiguitas, adanya nilai AI yang berbeda memiliki litologi yang sama di sumur LM-A dan LM-C. Berdasarkan *cut off* pada gambar 9b, nilai $PI < -8100$ m/s*gr/cc didominasi oleh reservoir batupasir dengan nilai Sw yang bervariasi 20% - 96% (*colormap* warna merah muda) dan terdistribusi di bagian selatan dan sebagian di utara area studi (Gambar 11c). Pada zona-B (sayatan Top B + 5 ms), nilai AI di area selatan cenderung lebih besar di dibandingkan dengan AI di area utara namun di ketiga sumur memiliki litologi yang sama (Gambar 12). Nilai $PI < -6000$ m/s*gr/c merupakan *cut off* litologi batupasir dan reservoir tersebut berisi hidrokarbon terdeteksi pada $PI < -12000$ m/s*gr/c yang ekuivalen dengan Sw rendah (gambar 12c).

Informasi litologi dari parameter *Poisson Impedance* memperbaiki ambiguitas informasi litologi dari AI. Litologi dan fluida dapat dipisahkan dengan penggunaan koefisien c yang berbeda dan korelasi yang paling maksimum. Deskripsi litologi yang akurat akan menentukan akurasi perhitungan cadangan (*reserve*) potensial hidrokarbon di reservoir.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

Pada penelitian ini, parameter AI dan SI tidak sensitif terhadap pemisahan litologi dan fluida. *Crossplot* AI versus SI membentuk tren sudut (gradien) dan dapat dirotasi ke dalam sumbu yang baru. Proses rotasi membentuk persamaan *Poisson Impedance*, $PI = AI - c * SI$. Pemilihan koefisien c akan menghasilkan nilai PI dan dikorelasikan dengan Gamma Ray. Jika korelasinya maksimal, maka dapat memisahkan litologi batupasir dan serpih (disebut *Lithology Index*). Nilai PI berkorelasi tinggi dengan Sw , maka dapat memisahkan fluida (disebut *Fluid Index*). Aplikasi penggunaan parameter *Poisson Impedance* di lapangan-X memberikan gambaran distribusi litologi dan penyebaran fluida yang baik jika dibandingkan dengan menggunakan parameter AI maupun SI. Metode rotasi sumbu

dapat diaplikasikan juga terhadap parameter-parameter lain (misalnya: positas dan AI) karena seringkali parameter SI memerlukan rekaman *shear sonic* dan rekaman ini tidak selalu bisa diperoleh.

KEPUSTAKAAN

- Direzza, A., I. K. Andika, and A. Permana, 2012.** The Application of Poisson Impedance Inversion for Sandstone Reservoir Characterization in The Lower Talang, Akar Formation: AAPG International Convention and Exhibition, Search and Discovery Article 41080.
- Hampson, D.P dan Russell, B.H, 2011.** Seismic Lithology & AVO Workshop. CGG Veritas.
- Inyang, N. J, Okwueze, E. E, O. E, Agbasi, 2015.** Detection of Gas Sands in the Niger Delta by Estimation of Poisson's Dampening-Factor (PDF) Using Wireline Log Data, Geosciences p 46-51
- Nagura, H. dkk, 2003.** The Abadi gas field: Proceeding Indonesian Petroleum Association, IPA-03, G-141
- Ohara, M., Nakamura, K, dan Sasaki, Y., 2015,** The Structural Evolution of Babar Selaru Region In The Southern Banda Outer Arc, Eastern Indonesia, IPA15-G-180, Proceedings Indonesian Petroleum Association, 39th Annual Convention and Exhibition.
- Quakenbush, M., B. Shang, and C. Tuttle, 2006.** Poisson impedance: The Leading Edge, 25, no. 2, 128-138.
- Setiawan, Satrio A, 2016.** Karakterisasi Reservoir Batupasir dengan Menggunakan Metode Simultaneous Inversion, Skripsi Sarjana FMIPA-Universitas Indonesia.
- Sitompul, Alexander. 2016.** Karakterisasi Reservoir Karbonat dan Identifikasi Fluida Pengisi Pori Menggunakan Inversi Extended Elastic Impedance (EEI) Pada Lapangan "A". Skripsi Sarjana FMIPA-Universitas Indonesia.
- Sugiyono, 2007.** Buku Statistika Untuk Penelitian. Penerbit CV Alfabeta, Bandung.
- Sukmono, S. 1999.** Buku Interpretasi Seismik Refleksi. Teknik Geofisika, Institut Teknologi Bandung.
- Tian, L., D. Zhou, G. Lin, and L. Jiang, 2010,** Reservoir prediction using Poisson Impedance in Quinhuangdao, Bohai Sea: SEG 80th Annual International Meeting, Expanded Abstracts, 2261-2264.