

Aplikasi Log Gamma Ray Untuk Analisis Sensitivitas Guna Menentukan Sudut Impedansi Elastik Yang Paling Sensitif Dalam Memisahkan Litologi Batupasir dan Batulempung

Gamma Ray Application in Sensitivity Analysis to Determine the Most Sensitive Angle of Elastic Impedance to Separated Sandstone and Shalestone Lithology

Dita Aprilina^{1*}, Bagiyono¹, Agus Setyawan² dan Mualimin³

ABSTRAK

Aplikasi Log Gamma Ray Untuk Analisis Sensitivitas Guna Menentukan Sudut Impedansi Elastik Yang Paling Sensitif Dalam Memisahkan Litologi Batupasir dan Batulempung. Metode inversi Impedansi Elastik atau *Elastic Impedance (EI)* merupakan salah satu metode yang digunakan untuk mengidentifikasi litologi *reservoir* batupasir di Lapangan “D”, Formasi Talang Akar, Cekungan Jawa Barat Utara. Zona target yang berada pada Formasi Talang Akar ini, merupakan lapisan TAF-3-1 yang berada pada kedalaman 2780 m - 2805 m dengan litologi perselingan antara batupasir dan batulempung. Prinsip dasar log *Gamma Ray (GR)* adalah perekaman intensitas zat radioaktif yang secara alami dan kontinu dipancarkan oleh batuan yang mengandung zat radioaktif (Thorium-Th, Uranium-U, dan Potassium-K). Oleh karena itu, fungsi utama log GR dalam aplikasi stratigrafi dan geologi minyak bumi yaitu untuk membedakan antara lapisan permeabel dan lapisan impermeabel. Analisis yang dilakukan pada data sumur adalah analisis sensitivitas yang digunakan untuk memisahkan antara litologi batupasir dan batulempung yang dilakukan dengan cara melakukan *crossplot* antara log turunan EI pada sudut 0°-30° dengan log GR dilakukan di sekitar zona target TAF-3-1 dengan kedalaman 2192 m - 2202 m. Hasil analisis sensitivitas menunjukkan bahwa sudut EI yang paling sensitif dalam memisahkan antara litologi batupasir dan batulempung adalah sudut 30°.

Kata kunci: Log Gamma Ray, Impedansi Elastik, Batupasir, Formasi Talang Akar

ABSTRACT

Gamma Ray Application in Sensitivity Analysis to Determine the Most Sensitive Angle of Elastic Impedance to Separated Sandstone and Shalestone Lithology. *Elastic Impedance (EI) inversion has been used to determine sandstone lithology distributions in “D” Field of Talang Akar Formation, North West Java Basin. The target zone was TAF-3-1 with depth 2780 m - 2805 m which was located in Talang Akar Formation with lithologies of sandstone and shale. The basic principle of Gamma Ray log is recording the radioactive substance intensity that naturally and continuously emitted by rocks containing radioactive substance (Thorium-Th, Uranium-U, and Potassium-K). Therefore, the main function of GR log in application of stratigraphic and petroleum geology is for separation of sandstone and shale lithology. The analysis of log data is sensitivity analysis which is a method of separation of sandstone and shale lithology between Elastic Impedance log and Gamma Ray log crossplot at the angle 0°-30° in the target area TAF-3-1 layer with depth of 2192 m - 2202 m. Sensitivity analysis result showed that the most sensitivity angle of the separation of sandstone and shale was 30°.*

Keywords: *Gamma Ray Log, Elastic Impedance, Sandstone, Talang Akar Formation*

* email: dita.aprilina@yahoo.co.id

¹ Pusdiklat – BATAN, Jl. Lebak Bulus Raya No. 9, Jakarta 12240

² Jurusan Fisika, Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Diponegoro, Jl. Prof. Soedarto SH, Tembalang, Semarang

³ PT Pertamina EP Asset 3, Jl. Raya Patra Klayan No 1, Cirebon

PENDAHULUAN

Minyak bumi merupakan salah satu sumber energi yang banyak dibutuhkan oleh manusia. Seiring perkembangan zaman, kebutuhan akan minyak bumi meningkat untuk berbagai kegiatan industri maupun transportasi. Pada tahun 2010 hingga 2030, kebutuhan minyak bumi akan terus meningkat. Kebutuhan minyak bumi pada sektor transportasi pada tahun 2010 kurang lebih sekitar 200 juta Setara Barrel Minyak (SBM) dan pada tahun 2030 membutuhkan sekitar 600 juta SBM. Sedangkan untuk sektor industri, pada tahun 2010 membutuhkan minyak bumi sekitar 600 juta SBM, dan pada tahun 2030 membutuhkan sekitar 2050 juta SBM [1]. Mengingat *reservoir* batupasir merupakan tempat terakumulasinya minyak bumi, maka untuk memenuhi kebutuhan energi tersebut, diperlukan suatu metode yang efektif untuk mencari *reservoir* batupasir.

Impedansi Elastik atau *Elastic Impedance* (EI) merupakan suatu konsep baru yang diperkenalkan pertama kali oleh Connolly [2]. Teknik inversi Impedansi Elastik ini merupakan teknik perluasan dari *Acoustic Impedance* (AI) untuk beberapa sudut datang (*non zero offset*), karena AI hanya dihasilkan dari sudut datang 0° . Teknik inversi Impedansi Elastik ini 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). Pada saat gelombang seismik melalui medium berpori berisi fluida yang berbeda, maka V_p akan berubah, sehingga dapat mengindikasikan perubahan jenis fluida sedangkan V_s tetap, sehingga dapat mengidentifikasi perubahan litologi. Hal ini disebabkan karena sifat dari gelombang S yang

tidak dapat merambat pada medium fluida. Dengan adanya parameter (V_s), maka diharapkan Impedansi Elastik dapat lebih baik dari AI dalam mengidentifikasi persebaran litologi *reservoir* batupasir [2].

Metode inversi Impedansi Elastik hanya dilakukan pada Impedansi Elastik dengan sudut lebih dari 0° . Untuk menentukan sudut yang akan digunakan untuk melakukan inversi, perlu dilakukan analisis sensitivitas. Analisis sensitivitas data log sumur dilakukan untuk menentukan sudut yang paling sensitif dalam memisahkan litologi batupasir dan batulempung pada zona target TAF-3-1. Analisis sensitivitas tersebut dilakukan dengan cara melakukan *crossplot* antara log turunan Impedansi Elastik antara sudut 0° - 30° dengan log GR. Penggunaan log *Gamma Ray* dalam melakukan *crossplot* dikarenakan log GR merupakan salah satu log yang dipercaya sangat sensitif dalam memisahkan litologi, karena prinsip log GR adalah dengan merekam zat radioaktif alami bumi yang ada dalam batuan yaitu Uranium-U, Thorium-Th dan Potassium-K yang secara terus menerus memancarkan *Gamma Ray*.

Setelah diketahui sudut pada Impedansi Elastik yang paling sensitif dalam memisahkan litologi batupasir dengan batulempung, selanjutnya hasil dari penelitian ini dapat digunakan untuk melakukan inversi Impedansi Elastik.

Zona target pada penelitian ini berada pada Formasi Talang Akar yang mempunyai litologi perselingan antara batupasir dan batulempung yang berada pada lapisan TAF-3-1 dengan kedalaman sekitar 2192 m - 2202 m. Berdasarkan data sumur TA-01, lapisan TAF-3-1 ini mempunyai litologi batupasir. Litologi batupasir merupakan litologi yang prospek sebagai penghasil hidrokarbon.

TEORI

Seismik Refleksi

Metode seismik memanfaatkan perambatan gelombang elastis ke dalam bumi yang mentransfer energi gelombang menjadi pergerakan partikel batuan. Dimensi gelombang elastis 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 getaran selama penjalaran gelombang tersebut. Metode seismik refleksi menggunakan energi gelombang yang dipantulkan ini untuk menafsirkan keadaan bawah permukaan.

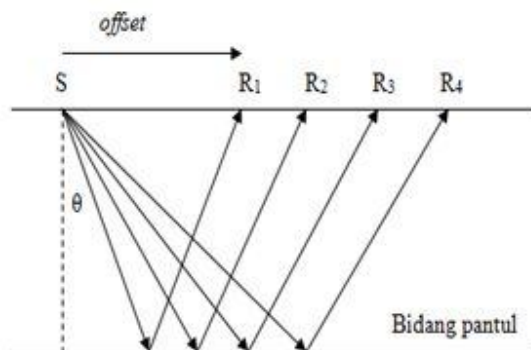
Energi seismik yang terus menjalar ke dalam bumi akan diserap dalam tiga bentuk yaitu:

- a. *Spherical divergence*. Energi perambatan gelombang menurun sebanding dengan jarak akibat adanya *spreading* geometris.
- b. *Absorpsi (Q)*. Energi perambatan gelombang berkurang karena terserap oleh massa batuan.
- c. *Terpantulkan*. Bentuk energi gelombang yang terpantulkan merupakan dasar penggunaan metoda seismik refleksi.

Prinsip Dasar Amplitude Variation with Offset (AVO)

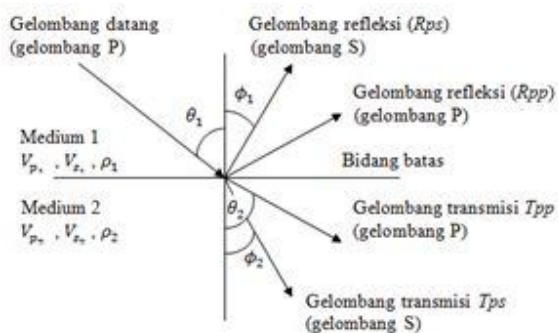
Secara prinsip konsep AVO berdasar kepada suatu anomali bertambahnya amplitudo sinyal terpantul dengan bertambahnya jarak sumber gelombang ke penerima, apabila gelombang seismik tersebut dipantulkan oleh lapisan yang berisi gas hidrokarbon. Jarak sumber ke penerima (*offset*) berhubungan langsung dengan sudut datang sinar seismik (*angle of incidence*) terhadap lapisan pemantul. Pada kondisi normal, semakin besar *offset* semakin besar sudut datangnya (lihat Gambar 1) dan semakin kecil amplitudonya, namun

pada kasus anomali AVO, akan semakin besar pula amplitudonya [3].



Gambar 1. Hubungan antara offset dan sudut datang (θ). Makin besar offset, makin besar pula sudut datangnya.

Pada saat gelombang P yang datang mengenai batas antara dua lapisan dengan sudut tidak sama dengan nol dari garis vertikal, maka gelombang datang P akan mengalami konversi menjadi refleksi gelombang P (R_{pp}), refleksi gelombang S (R_{ps}), transmisi gelombang P (T_{pp}) dan transmisi gelombang S (T_{ps}), sehingga besarnya koefisien refleksi bergantung dari kecepatan gelombang P, kecepatan gelombang S (V_p), dan densitas (ρ) dari setiap lapisan (Gambar 2) [4].



Gambar 2. Partisi energi gelombang seismik pada bidang reflector

Persamaan dasar AVO pertama kali diperkenalkan oleh Zoepprits [5] dengan menggambarkan koefisien refleksi dan transmisi sebagai fungsi dari sudut datang pada medium elastik (densitas, kecepatan gelombang

P, kecepatan gelombang S). Zoeppritz menurunkan nilai koefisien refleksi dan transmisi dengan mengamati tekanan dan pergeseran yang terjadi di sepanjang batas lapisan antara dua medium, baik pada arah normal. Persamaan yang menggambarkan koefisien refleksi dan transmisi sebagai fungsi dari sudut datang pada medium elastik dituliskan dalam bentuk persamaan matriks seperti yang ditunjukkan oleh Persamaan (1).

$$\begin{bmatrix} R_p \\ R_s \\ T_p \\ T_s \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \sin \theta_1 & \cos \phi_1 & -\sin \theta_2 & \cos \phi_2 \\ -\cos \theta_1 & \sin \phi_1 & -\cos \theta_2 & -\sin \phi_2 \\ \sin 2\theta_1 & \frac{V_{p1}}{V_{s1}} \cos 2\phi_1 & \frac{\rho_2 V_{s2}^2 V_{p1}}{\rho_1 V_{s1}^2 V_{p2}} \cos 2\phi_1 & -\frac{\rho_2 V_{s2} V_{p1}}{\rho_1 V_{s1}^2} \cos 2\phi_2 \\ \cos 2\phi_1 & -\frac{V_{s1}}{V_{p1}} \sin 2\phi_1 & -\frac{\rho_2 V_{p2}}{\rho_1 V_{p1}} \cos 2\phi_2 & -\frac{\rho_2 V_{s2}}{\rho_1 V_{p1}} \sin 2\phi_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} A \\ B \\ C \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\sin \theta_1 \\ -\cos \theta_1 \\ \sin 2\theta_1 \\ -\cos 2\phi_1 \end{bmatrix} \quad (1)$$

dengan V_p adalah kecepatan gelombang P, V_s adalah kecepatan gelombang S, θ_1 adalah sudut datang gelombang P, θ_2 adalah sudut bias gelombang P, R_p adalah amplitudo gelombang P refleksi, R_s adalah amplitudo gelombang S refleksi, ϕ_1 adalah sudut pantul gelombang S, ϕ_2 adalah sudut bias gelombang S, T_p adalah amplitudo gelombang P transmisi, T_s adalah amplitudo gelombang S transmisi, dan ρ adalah densitas.

Persamaan Zoeppritz (Persamaan 1) tersebut memperlihatkan hubungan antara amplitudo gelombang P dan S baik yang ditransmisikan maupun yang direfleksikan dengan besarnya sudut datang dan refleksi. Namun Persamaan 1 ini tidak dapat memberikan suatu pemahaman bagaimana hubungan antara amplitudo dengan *offset* dan parameter fisik batuan. Oleh karena itu, untuk mengatasi kelemahan dari persamaan Zoeppritz, maka Aki [6] menurunkan

persamaan Zoeppritz dengan memisahkan densitas, kecepatan gelombang P, dan kecepatan gelombang S seperti yang ditunjukkan oleh Persamaan 2, yang disebut persamaan *Three Term Aki-Richards* [7].

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

dengan:

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

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

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

Impedansi Elastik (EI)

Konsep Impedansi Elastik diperkenalkan pertama kali oleh Connolly [2] sebagai perluasan dari AI untuk beberapa sudut datang. Impedansi Elastik merupakan pendekatan Aki [7] yang diturunkan dari linierisasi persamaan Zoeppritz. Impedansi Elastik merupakan produk perkalian dari kecepatan gelombang P (V_p), gelombang S (V_s), densitas (ρ) sehingga dapat dihasilkan seismogram sintetik untuk beberapa sudut datang, yang secara matematis seperti yang ditunjukkan oleh Persamaan 3 berikut:

$$EI = V_p \cdot V_s \cdot \rho \quad (3)$$

Metode ini dikembangkan untuk interpretasi *range limited stacks*. Metode ini berdasarkan persamaan Aki-Richard yang didekati oleh persamaan pendekatan Shuey [8] yang digunakan untuk menginversi data dengan efek AVO. Berdasarkan persamaan Aki-Richard tersebut, maka didapatkan persamaan Impedansi Elastik seperti yang ditunjukkan oleh Persamaan (4) berikut:

$$EI(\theta) = V_p^{(1+\tan^2 \theta)} V_s^{-8K \sin^2 \theta} \rho^{(1-4K \sin^2 \theta)} \quad (4)$$

dimana EI adalah Impedansi Elastik, V_p adalah kecepatan gelombang P, V_s adalah kecepatan gelombang S, ρ adalah densitas, θ adalah sudut datang, $K = \left(\frac{V_s}{V_p}\right)^2$ adalah konstanta untuk setiap interval kedalaman.

Persamaan (4) di atas menggunakan ketiga term pada persamaan Aki-Richard. Untuk sudut datang lebih besar daripada 30° , persamaan ini tidak memberikan kecocokan garis lurus. Maka, untuk sudut yang lebih besar dari 30° , dianggap bahwa $\tan^2 \theta = \sin^2 \theta$, sehingga persamaan Impedansi Elastik (Persamaan 4) menjadi [2]:

$$EI(\theta) = V_p^{(1+\sin^2 \theta)} V_s^{-8K \sin^2 \theta} \rho^{(1-4K \sin^2 \theta)} \quad (5)$$

Oleh karena itu terlihat bahwa jika $\theta = 0^\circ$, maka Impedansi Elastik akan analog dengan AI (0°), seperti yang ditunjukkan oleh Persamaan (6) berikut:

$$EI(0^\circ) = V_p \cdot \rho = AI \quad (6)$$

EI adalah generalisasi AI untuk sudut datang tidak sama dengan nol. Nilai EI ini bisa didapat dengan cara menginversi data seismik *non zero-offset* seperti AI pada inversi data seismik *zero offset* [9].

Gelombang S tidak dipengaruhi oleh fluida, sehingga nilai Impedansi Elastik akan memiliki beberapa kelebihan karena akan lebih mudah dimengerti dan diinterpretasi oleh banyak pihak. Akan tetapi dalam kenyataan Impedansi Elastik tidak memiliki arti fisis seperti AI. Jika dapat diinversi, maka penyebaran litologi dapat dipetakan dan diaplikasikan sebagai alat untuk pemetaan litologi.

Prinsip Dasar Log *Gamma Ray*(GR)

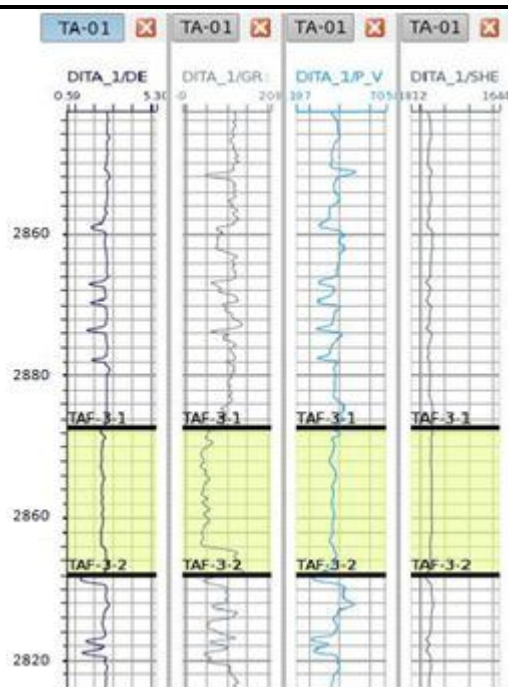
Prinsip log GR adalah perekaman radioaktivitas alami bumi. Radioaktivitas GR berasal dari 3 unsur radioaktif yang ada dalam batuan yaitu Thorium-Th, Uranium-U, dan Potassium-K, yang secara kontinu memancarkan GR dalam bentuk pulsa-pulsa energi radiasi tinggi. SinarGamma ini mampu menembus batuan dan terdeteksi dalam bentuk pulsa listrik. Parameter yang direkam adalah jumlah dari pulsa yang tercatat persatuan waktu.

Biasanya unsur U, Th, dan K merupakan kandungan alami dari mineral lempung atau serpih. Oleh karena itu, fungsi utama log GR dalam aplikasi stratigrafi dan geologi minyak bumi adalah untuk membedakan antara lapisan permeabel dan lapisan impermeabel. Umumnya batupasir, batugamping, dan bolomite memiliki konsentrasi isotop radioaktif (U, Th, K) dengan jumlah yang relatif lebih sedikit daripada lempung. Selain itu log GR digunakan untuk mengevaluasi proporsi lempung (*V-shale*) dalam *shaly formation*. Namun tidak semua nilai GR tinggi berasosiasi dengan batuan lempung/serpih. Oleh karena itu log GR perlu dibandingkan dengan log lainnya.

METODE PENELITIAN

Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data log Impedansi Elastik yang dibuat dari perkalian antara data log Kecepatan Gelombang P (V_p), log Kecepatan Gelombang S (V_s), log densitas, log *Gamma Ray*, dan *Well marker*, dimana *Well marker* pada penelitian ini adalah TAF-3-1 pada sumur TA-01. Tahapan yang dilakukan pada penelitian ini meliputi:

1. Membuat log turunan Impedansi Elastik pada sudut $0^\circ - 30^\circ$ yang terdapat pada sumur TA-01, yang terdiri dari data log densitas (ρ), log *Gamma Ray* (GR), log kecepatan gelombang P (V_p), log kecepatan gelombang S (V_s), seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3 (dari kiri ke kanan).



Gambar 3. Log Turunan Impedansi Elastik Pada Sudut 0° - 30°

2. Melakukan *crossplot* antara log *Gamma Ray* dan log turunan Impedansi Elastik pada sudut 0° - 30° untuk mengetahui parameter sudut yang sensitif dalam membedakan antara litologi batulempung sebagai batuan penyekat antar *reservoir* dan litologi batupasir sebagai *reservoir*.
3. Membandingkan hasil *crossplot* antara log *Gamma Ray* dan log turunan Impedansi Elastik pada sudut 0° - 30° untuk melihat pada sudut berapakah *crossplot* yang paling sensitif dalam memisahkan litologi batulempung dengan batupasir.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembuatan Log Turunan Impedansi Elastik

Langkah pertama dalam pengolahan data sumur adalah membuat log turunan EI menggunakan Persamaan (3) yang digunakan untuk analisis sensitivitas dalam memisahkan litologi batupasir dan batulempung yang dibuat dari log densitas (ρ), log *Gamma Ray* (GR), log

kecepatan gelombang P (V_p), log kecepatan gelombang S (V_s) untuk variasi sudut antara 0° - 30°.

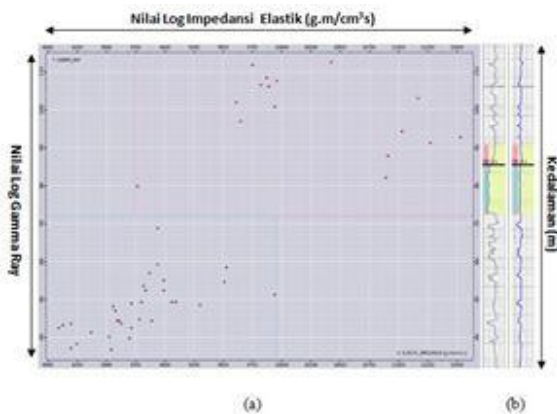
Analisis Sensitivitas

Analisis sensitivitas data log sumur dilakukan untuk mengetahui pada Impedansi Elastik sudut berapakah yang paling sensitif dalam memisahkan litologi batupasir dan batulempung pada zona target TAF-3-1. Analisis sensitivitas tersebut dilakukan dengan cara melakukan *crossplot* antara log turunan EI antara sudut 0° - 30° dengan log GR. Penggunaan log GR dalam melakukan *crossplot* dikarenakan log GR merupakan salah satu log yang dipercaya sangat sensitif dalam memisahkan litologi, karena prinsip log GR adalah dengan merekam zat radioaktif alami bumi yang ada dalam batuan yaitu Uranium-U, Thorium-Th, dan Potassium-K yang secara kontinu memancarkan *Gamma Ray*. Setiap batuan memiliki kandungan unsur Uranium-U, Thorium-Th, dan Potassium-K tertentu yang bisa digunakan sebagai indikator kehadiran batuan pada daerah penelitian. Batulempung memiliki kandungan unsur radioaktif Uranium-U, Thorium-Th, dan Potassium-K yang tinggi sedangkan batupasir, konglomerat, batugamping, dan dolomite memiliki kandungan isotop radioaktif dengan jumlah lebih sedikit daripada batulempung. Oleh karena itu, dengan melakukan *crossplot* log turunan EI dengan log GR dapat dipisahkan antara *reservoir* batupasir terhadap litologi yang mengandung batulempung.

Crossplot log EI dengan log GR pada penelitian ini dilakukan pada sudut yang berbeda beda, yang besarnya 0° - 30°, namun pada pembahasan kali ini hanya ditampilkan pada sudut 0°, 5°, 10°, 15°, 20°, 25° dan 30° saja, dikarenakan *range* antara sudut-sudut

tersebut tidak menunjukkan hasil perubahan sensitivitas yang signifikan.

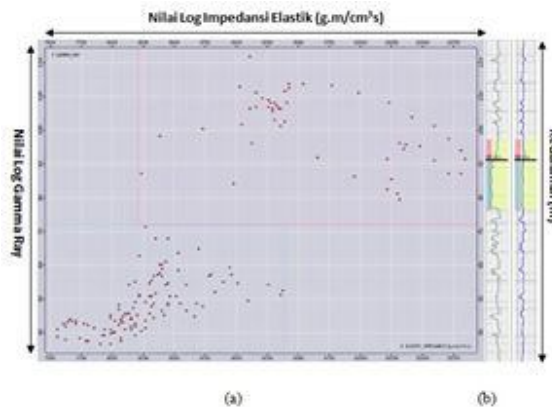
Gambar 4.1 sampai Gambar 4.7 memperlihatkan *crossplot* log EI dengan log GR pada sudut yang berbeda-beda. *Crossplot* dilakukan pada daerah sekitar zona target TAF-3-1 dengan kedalaman 2780 m - 2805 m. Sesuai dengan teori, bahwa batulempung memiliki nilai log GR lebih tinggi dari batupasir, oleh karena itu pada hasil *crossplot* yang menunjukkan nilai log GR tinggi diindikasikan sebagai zona dengan litologi batulempung, dan yang mempunyai nilai log GR rendah diindikasikan sebagai zona dengan litologi batupasir.



Gambar 4.1.

- (a) *Crossplot* antara log *Gamma Ray* dan Log Impedansi Elastik 0°
- (b) *Cross section* log *Gamma Ray* dan Log Impedansi Elastik 0°

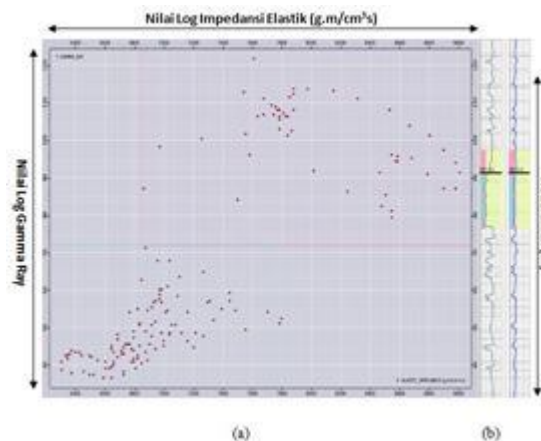
Gambar 4.1 merupakan *crossplot* antara log *Gamma Ray* terhadap log Impedansi Elastik pada sudut 0°. Hasil *crossplot* memperlihatkan bahwa litologi batupasir (warna biru) memiliki nilai Impedansi Elastik antara 8075 g.m/cm³s - 10000 g.m/cm³s, sedangkan nilai Impedansi Elastik batulempung (warna merah muda) memiliki nilai Impedansi Elastik antara 8750 g.m/cm³s - 11550 g.m/cm³s.



Gambar 4.2.

- (a) *Crossplot* antara log *Gamma Ray* dan Log Impedansi Elastik 5°
- (b) *Cross section* log *Gamma Ray* dan Log Impedansi Elastik 5°

Gambar 4.2 merupakan *crossplot* antara log *Gamma Ray* terhadap log Impedansi Elastik pada sudut 5°. Hasil *crossplot* memperlihatkan bahwa litologi batupasir (warna biru) memiliki nilai Impedansi Elastik antara 7550 g.m/cm³s - 9400 g.m/cm³s, sedangkan nilai Impedansi Elastik batulempung (warna merah muda) antara 8200 g.m/cm³s - 10850 g.m/cm³s.

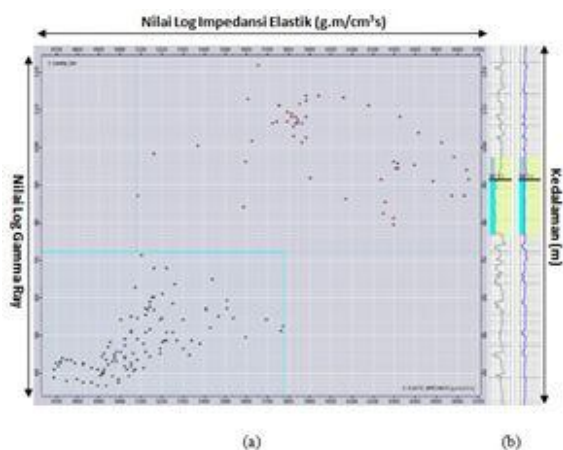


Gambar 4.3.

- (a) *Crossplot* antara log *Gamma Ray* dan Log Impedansi Elastik 10°
- (b) *Cross section* log *Gamma Ray* dan Log Impedansi Elastik 10°

Gambar 4.3 merupakan *crossplot* antara log *Gamma Ray* terhadap log Impedansi Elastik pada sudut 10°. Hasil *crossplot* memperlihatkan

bahwa litologi batupasir (warna biru) memiliki nilai Impedansi Elastik antara $6300 \text{ g.m/cm}^3\text{s}$ - $7800 \text{ g.m/cm}^3\text{s}$, sedangkan nilai Impedansi Elastik batulempung (warna merah muda) antara $6840 \text{ g.m/cm}^3\text{s}$ - $9020 \text{ g.m/cm}^3\text{s}$.

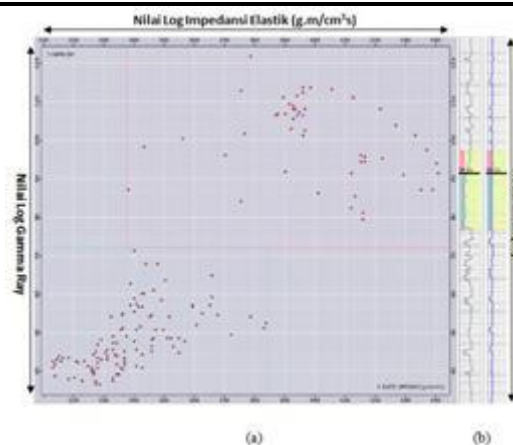


Gambar 4.4.

- (a) *Crossplot* antara log *Gamma Ray* dan Log Impedansi Elastik 15°
- (b) *Cross section* log *Gamma Ray* dan Log Impedansi Elastik 15°

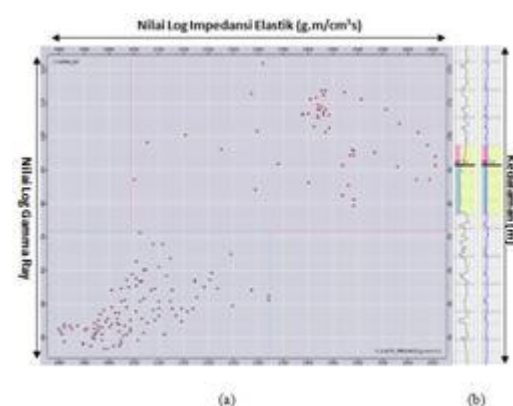
Gambar 4.4 merupakan *crossplot* antara log *Gamma Ray* terhadap log Impedansi Elastik pada sudut 15° . Hasil *crossplot* memperlihatkan bahwa litologi batupasir (warna hijau toska) memiliki nilai Impedansi Elastik antara $4680 \text{ g.m/cm}^3\text{s}$ - $5780 \text{ g.m/cm}^3\text{s}$, sedangkan nilai Impedansi Elastik batulempung (warna biru) antara $5080 \text{ g.m/cm}^3\text{s}$ - $6660 \text{ g.m/cm}^3\text{s}$.

Gambar 4.5 merupakan *crossplot* antara log *Gamma Ray* terhadap log Impedansi Elastik pada sudut 20° . Hasil *crossplot* memperlihatkan bahwa litologi batupasir (warna biru) memiliki nilai Impedansi Elastik antara $3120 \text{ g.m/cm}^3\text{s}$ - $3850 \text{ g.m/cm}^3\text{s}$, sedangkan nilai Impedansi Elastik batulempung (warna merah muda) antara $3370 \text{ g.m/cm}^3\text{s}$ - $4410 \text{ g.m/cm}^3\text{s}$.



Gambar 4.5.

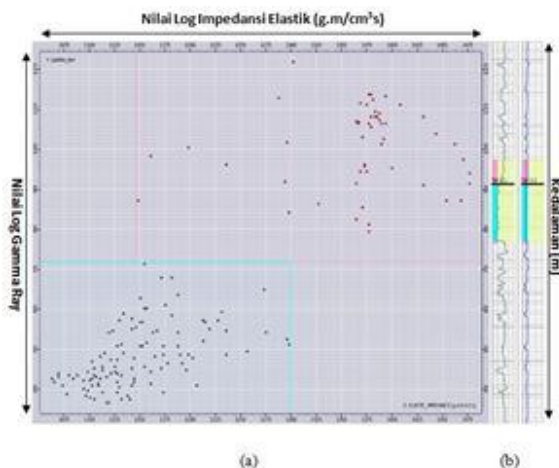
- (a) *Crossplot* antara log *Gamma Ray* dan Log Impedansi Elastik 20°
- (b) *Cross section* log *Gamma Ray* dan Log Impedansi Elastik 20°



Gambar 4.6.

- (a) *Crossplot* antara log *Gamma Ray* dan Log Impedansi Elastik 25°
- (b) *Cross section* log *Gamma Ray* dan Log Impedansi Elastik 25°

Gambar 4.6 merupakan *crossplot* antara log *Gamma Ray* terhadap log Impedansi Elastik pada sudut 25° . Hasil *crossplot* memperlihatkan bahwa litologi batupasir (warna biru) memiliki nilai Impedansi Elastik antara $1895 \text{ g.m/cm}^3\text{s}$ - $2325 \text{ g.m/cm}^3\text{s}$, sedangkan nilai Impedansi Elastik batulempung (warna merah muda) antara $2050 \text{ g.m/cm}^3\text{s}$ - $2655 \text{ g.m/cm}^3\text{s}$.



Gambar 4.7.

- (a) *Crossplot* antara log *Gamma Ray* dan Log Impedansi Elastik 30°
 (b) *Cross section* log *Gamma Ray* dan Log Impedansi Elastik 30°

Gambar 4.7 merupakan *crossplot* antara log *Gamma Ray* terhadap log Impedansi Elastik pada sudut 30° . Hasil *crossplot* memperlihatkan bahwa litologi batupasir (warna hijau toska) memiliki nilai Impedansi Elastik antara $1050 \text{ g.m/cm}^3\text{s}$ – $1300 \text{ g.m/cm}^3\text{s}$, sedangkan nilai Impedansi Elastik antara batulempung (warna merah muda) $1145 \text{ g.m/cm}^3\text{s}$ - $1480 \text{ g.m/cm}^3\text{s}$.

Membandingkan Hasil *Crossplot* antara Log Impedansi Elastik dengan Log *Gamma Ray*

Hasil *crossplot* antara log *Gamma Ray* terhadap log Impedansi Elastik pada sudut 0° - 30° memperlihatkan bahwa parameter sudut yang paling sensitif dalam membedakan litologi batupasir dan batulempung adalah sudut 30° . Berdasarkan hasil *crossplot* tersebut, terlihat bahwa zona target pada daerah sekitar TAF-3-1 mempunyai nilai Impedansi Elastik batupasir (warna hijau toska) antara $1050 \text{ g.m/cm}^3\text{s}$ - $1300 \text{ g.m/cm}^3\text{s}$, sedangkan nilai Impedansi Elastik batulempung (warna merah muda) antara $1145 \text{ g.m/cm}^3\text{s}$ - $1480 \text{ g.m/cm}^3\text{s}$.

Berdasarkan analisis sensitivitas di atas, dapat dikatakan bahwa penggunaan log *Gamma Ray* untuk melakukan *crossplot* dengan log Turunan Impedansi Elastik sangat efektif,

karena dapat memisahkan antara litologi batulempung dan batupasir.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan beberapa hal di bawah ini:

1. Berdasarkan hasil *crossplot* antara log turunan Impedansi Elastik pada sudut 0° - 30° dengan log *Gamma Ray*, yang paling sensitif dalam membedakan litologi batupasir dan batulempung adalah sudut 30° .
2. Hasil pengamatan penampang inversi Impedansi Elastik sudut 30° pada zona target menunjukkan bahwa litologi batupasir mempunyai nilai Impedansi Elastik sebesar $1314 \text{ g.m/cm}^3\text{s}$ – $1410 \text{ g.m/cm}^3\text{s}$.
3. Pola litologi *reservoir* batupasir pada zona target di sumur TA-01 apabila dilihat dari *mapping* secara lateral, terlihat bahwa kenampakan litologi *reservoir* batupasir mengarah ke Baratlaut - Tenggara.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kementerian ESDM, *Indonesia Energy Outlook (IEO) 2010*. Jakarta: Pusat Data dan Informasi ESDM, 2010.
- [2] P. Connolly, "Elastic Impedance," pp. 438 - 452, 1999.
- [3] Sismanto, "Akuisisi Data Seismik," Laboratorium Geofisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Yogyakarta, 1996.
- [4] O. Yilmaz, *Seismic Data Analysis: Processing, Interpretation and Inversion.*: Society of Exploration Geophysics, 2001.
- [5] R. Zoeppritz, "On the Reflection and Propagation of Seismic Waves," vol. Erdbebenwellen VIII B, pp. 66 - 68, 1919.
- [6] P. G. Richards, and Fasier K. Aki, *Quantitative Seismology*, 2nd ed. United

- State of America: University Science Books, 2002.
- [7] A. Aki and P. G. Richard, *Quantitative Seismology: Theory and Methods.*: W. H. Freeman & Company, 1980.
- [8] R. T. Shuey, "A Simplification of the Zoeppritz Equations," *Geophysics* 50, pp. 609 - 614, 1985.
- [9] S. Sulistyosih, "Analisis Inversi Impedansi Elastik untuk Identifikasi Penyebaran Reservoir Batupasir," Jurusan Fisika, Fakultas Sains dan Matematika, Semarang, Tugas Akhir 2011.
- [10] S. Sukmono, "Post and Pre Stack Seismic Inversion for Hydrocarbon Reservoir Characterization," Laboratorium Geofisika Reservoir, Program Studi Teknik Geofisika, Bandung, 2007.
- [11] B. H. Russel, *Introduction to Seismic Inversion Methods.* Tulsa: Society of Exploration Geophysicist, 1998.