

KARAKTERISASI RESERVOAR BATUPASIR PADA LAPANGAN “SG” MENGUNAKAN INVERSI ACOUSTIC IMPEDANCE (AI) DAN ELASTIC IMPEDANCE (EI)

Fajri Akbar^{1*)} dan Syamsu Rosid¹⁾

¹Universitas Indonesia, Kampus UI, Depok 16424

^{*)} Email: fajri.akbar28@gmail.com

Abstrak

Telah dilakukan penelitian di lapangan “SG” pada Formasi Talang Akar Sub-Cekungan Jambidengan studi inversi *Acoustic Impedance*(AI) dan *Elastic Impedance*(EI) untuk mengkarakterisasi reservoir. Metode AI yang melibatkan kecepatan gelombang P (V_P) dan densitas menjadi kurang sensitif untuk kehadiran fluida. Untuk itu dilakukan metode EI dengan melibatkan kecepatan gelombang P (V_P), kecepatan gelombang S (V_S), dan densitas sehingga lebih sensitif terhadap kehadiran fluida. Metode AI dilakukan pada data seismik *post stack* yang diinversi menghasilkan Volume AI untuk mengetahui *lithology* sedangkan metode EI dilakukan pada data seismik *pre-stack* dalam bentuk *gather* yang di mulai dengan *super gather*, kemudian merubah domain *offset* menjadi sudut (*angle gather*) dan menghasilkan data seismik *near angle stack* dan *far angle stack* yang selanjutnya diinversi menghasilkan volume EI *near* dan *far* untuk mengetahui sebaran fluida gas dengan pemilihan zona gas berdasarkan *crossplot* hasil inversi EI *near* dan *far*. Di dapatkan hasil pada penampang AI, zona *sand* berada pada nilai 20.500 $ft/s^*g/cc$ sampai dengan 29.000 $ft/s^*g/cc$ dan hasil *crossplot* inversi EI *near* dan *far* pada zona *sand* yang berpotensi mengandung gas didapatkan ketika nilai EI *far* lebih kecil dibandingkan nilai EI *near*. Sebaran reservoir yang berpotensi mengandung gas berada di sebelah barat daya sampai ke utara daerah penelitian ini.

Abstract

Acoustic Impedance (AI) and Elastic Impedance (EI) inversion study had been done on “SG” field on Talang Akar Formation, Sub-Basin Jambi for reservoir characterization. AI method which involve P-wave velocity and density is insensitive to fluid. Thus, EI method which involve P-wave velocity, density and S-wave velocity implemented to made more sensitive to fluid presence. AI method had been done on seismic post stack data which inverted to AI volume to understand lithology of the field while EI method had been done on pre-stack seismic data gather which starts with super gather, then transform offset domain to angle domain and generate seismic near angle stack and far angle stack herein after inverted to generate EI volume near and far to perceive gas fluid distribution by gas zone selection based on crossplot inversion result of EI near and far. The result on AI section, sand zone is on 20,500 $ft/s^*g/cc$ up to 29,000 $ft/s^*g/cc$ and result of crossplot inversion EI near and far on sand zone, which potentially contain gas, obtained when EI far smaller than EI near. Reservoir distribution and potentially contain gas is on South-West to North of this area.

Keywords: *Acoustic Impedance, Elastic Impedance, S-wave.*

1. Pendahuluan

Eksplorasi hidrokarbon dalam industri minyak dan gas bumi merupakan serangkaian kegiatan yang dilakukan untuk menemukan cadangan minyak dan gas bumi yang ekonomis untuk di eksploitasi. Seismik refleksi merupakan salah satu metoda utama dalam eksplorasi hidrokarbon. Metoda ini dapat menggambarkan keadaan geologi bawah permukaan dengan cukup baik, sehingga perangkat hidrokarbon dapat dikenali dengan baik. Namun dalam tahapan interpretasi, seringkali di perlukan analisa lebih lanjut untuk memperkirakan potensi hidrokarbon yang berada di lokasi tersebut. Untuk mengetahuinya, sangat perlu dilakukan karakterisasi

reservoir. Upaya ini dilakukan untuk mendeskripsikan sifat fisika dan litologi batuan beserta kandungan fluidanya dengan mengintegrasikan data geofisika dan data petrofisika.

Salah satu metode yang pada umumnya digunakan untuk mendeskripsikan karakteristik reservoir adalah metode inversi seismik. Inversi seismik adalah suatu teknik pembuatan model geologi bawah permukaan dengan menggunakan data seismik sebagai input dan data sumur sebagai pengontrolnya [1]. Teknik inversi seismik pada awalnya menggunakan data stack *zero-offset* yaitu sudut datang gelombang 0° atau tegak lurus bidang pantul, untuk menghasilkan *Acoustic Impedance* (AI). Mengingat AI hanya melibatkan kecepatan

gelombang P (V_p) dan densitas batuan ρ , ambiguitas antara efek lithologi dan fluida belum dapat terpisahkan. Hal ini merupakan kekurangan yang perlu di perbaiki.

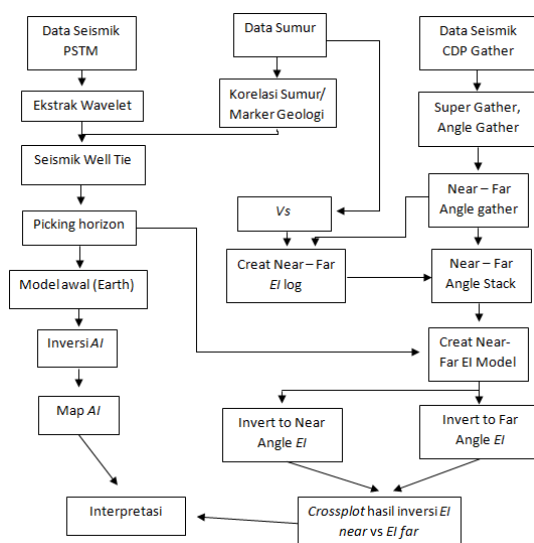
Connolly [2] memperkenalkan teknik inversi *Elastic Impedance (EI)* yang merupakan generalisasi dari *AI* untuk sudut datang tidak sama dengan nol. Teknik ini membutuhkan masukan data stack *non-zero offset* yaitu stack yang memiliki rentang sudut datang tertentu. Selain merupakan fungsi densitas dan kecepatan gelombang P, *EI* juga dipengaruhi oleh kecepatan gelombang S sehingga lebih sensitif terhadap kehadiran Hidrokarbon. Maka, jika *AI* dan *EI* di kombinasikan, diharapkan hal ini dapat memisahkan lithologi batuan reservoir dan jenis fluida yang terkandung di dalamnya.

2. Metode Penelitian

Secara garis besar alir penelitian ini dapat dijelaskan melalui diagram alir penelitian seperti yang di tunjukkan pada Gambar 1. Studi untuk inversi *AI* dimulai dengan pengumpulan data-data (data seismik, data log, dan data petrofisika), ekstraksi wavelet, *well seismic tie*, *picking horizon*, pembuatan model awal geologi, inversi *AI*, dan pembuatan map impedansi akustik. Sedangkan untuk inversi *Elastic Impedance* dimulai dengan pembuatan *super gather*, *angle gather*, *near-far angle stack*, *create near-far EI log*, pembuatan model awal geologi masing-masing sudut, inversi *EI* pada masing-masing sudut, dan *crossplot* hasil inversi *EI near* dan *EI far* untuk mengetahui persebaran fluida gas pengisi reservoir.

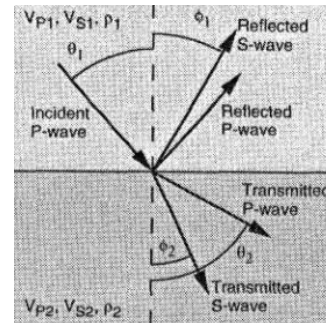
Impedansi akustik merupakan impedansi batuan ketika terkena gelombang pada arah normal. Secara sederhana, impedansi akustik dapat diartikan sebagai kekerasan batuan. Semakin besar impedansi akustik suatu batuan maka tingkat kekerasannya semakin tinggi.

$$AI = V_p \times \rho \quad (1)$$



Gambar 1. Diagram alir penelitian inversi *Acoustic Impedance* dan *Elastic Impedance*.

Dalam prakteknya, Impedansi Akustik kurang sensitif terhadap pengaruh kandungan fluida dalam batuan. Kemudian dikembangkan inversi yang melibatkan inversi pada stack yang dibuat dengan sudut datang (θ) sebagai variable. Proses inversi yang melibatkan sudut datang (θ) tertentu, dan juga penggunaan *shear velocity* (V_s) disamping *compressional velocity* (V_p) disebut sebagai *Elastic Impedance (EI)*.



Gambar 2. Model konversi gelombang P-S pada refleksi dengan sudut datang gelombang tidak nol [3].

Aki-Richard [4] menurunkan persamaan yang merupakan pendekatan linear dari persamaan Zoepprits. Ia lakukan dengan membagi faktor-faktor yang mempengaruhi variasi amplitudo seismik terhadap sudut datang ke dalam zona-zona sudut datang gelombang saat menumbuk sebuah reflektor, antara lain pada sudut normal (suku pertama), sub kritis (suku ke dua) dan pendekatan pada sudut kritis (suku ke tiga). Persamaan ini menjelaskan bahwa amplitudo refleksi gelombang seismik pada sudut datang tidak nol dibentuk dari kombinasi linear perubahan fraksional kecepatan gelombang P (V_p), kecepatan gelombang S (V_s) dan densitas pada sebuah reflektor.

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

dimana,

$$A = \frac{1}{2} \left[\frac{\Delta V_p}{V_p} + \frac{\Delta \rho}{\rho} \right]$$

$$B = \frac{1}{2} \frac{\Delta V_p}{V_p} - 4 \left[\frac{V_s}{V_p} \right]^2 \frac{\Delta V_s}{V_s} - 2 \left[\frac{V_s}{V_p} \right]^2 \frac{\Delta \rho}{\rho}$$

$$C = \frac{1}{2} \frac{\Delta V_p}{V_p}$$

Connolly [2] memperkenalkan *EI* sebagai perluasan dari metode *AI* untuk *non-normal incident angle*. Sebuah fungsi $f(\theta)$ yang merupakan analogi dari impedansi akustik dibutuhkan untuk menyatakan reflektifitas pada sudut tidak normal.

$$R(\theta) = \frac{f(t_i) - f(t_{i-1})}{f(t_i) + f(t_{i-1})} \quad (3)$$

dimana,

$R(\theta)$ = Reflektifitas pada sudut tidak normal

$f(t)$ = Analogi AI yang didefinisikan sebagai

Impedansi Elastik (EI)

Persamaan diatas dapat dinyatakan dalam ber 104

$$R(0^\circ) = A = \frac{1}{2} \left[\frac{\Delta V_p}{V_p} + \frac{\Delta \rho}{\rho} \right] = \frac{1}{2} \left[\frac{\rho \Delta V_p + V_p \Delta \rho}{\rho V_p} \right] \approx \frac{1}{2} \frac{\Delta AI}{AI}$$

$$R(\theta) \approx \frac{1}{2} \frac{\Delta EI}{EI} \approx \frac{1}{2} \Delta \ln(EI_\theta)$$

Kemudian dengan menggunakan pendekatan linear dari persamaan Zoepprits yang diturunkan oleh Aki-Ricahards [4] dengan persamaan Connolly [2] maka persamaan yang mengekspresikan EI dapat diturunkan dalam bentuk:

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

dimana,

EI = Elastic Impedance

ρ = Densitas

V_p = Kecepatan gelombang P

V_s = Kecepatan gelombang S

θ = Sudut datang gelombang

Persamaan diatas merupakan sebuah ekspresi impedansi batuan pada sudut tidak normal dan merupakan fungsi dari V_p , V_s dan densitas yang bervariasi terhadap sudut θ . Dengan menggunakan impedansi elastik, data sumur dapat secara langsung di-tied dengan data stack pada sudut yang tidak nol [2].

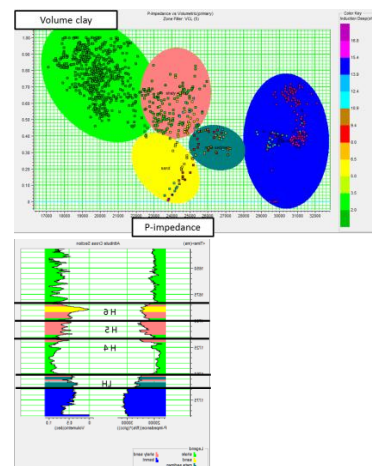
Pada metode *Elastic Impedance*, data seismik dalam bentuk CDP *gather* terlebih dahulu dilakukan proses *super gather*. *Super gather* adalah penjumlahan beberapa CDP yang berdekatan sehingga dapat memberikan peningkatan *signal to noise ratio* yang memberikan resolusi *semblance* yang lebih baik karena sifat signal yang koheren dibandingkan dengan noise yang berubah secara waktu dan tempat. Penjumlahan akan menguatkan yang koheren dan melemahkan yang random. Langkah berikutnya adalah mengubah data seismik dalam kawasan *offset* ke dalam bentuk *angle gather* yang selanjutnya di *stack* dalam dua rentang sudut yaitu 0° - 15° untuk *near angle stack* dan 15° - 25° untuk *far angle stack*.

Inversi *Elastic Impedance* dilakukan dengan dua rentang sudut yaitu *near* dan *far angle stack*. Untuk itu dibutuhkan dua log *Elastic Impedance* dengan dua sudut juga. Pemilihan sudut untuk membuat log *Elastic Impedance* diambil pada nilai tengah rentang sudut *near* dan *far angle stack*. Untuk inversi *near Elastic Impedance* dengan menggunakan data seismik *near angle stack* dengan sudut 0° - 15° maka di buat log *Elastic Impedance* dengan sudut 8° . Sedangkan untuk inversi *far Elastic Impedance*

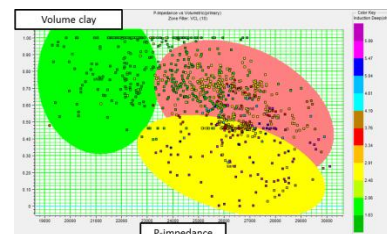
dengan menggunakan data seismik *far angle stack* dengan sudut *stack* 15° - 25° maka dibuat log *Elastic Impedance* dengan sudut 21° .

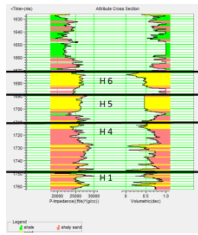
3. Hasil dan Pembahasan

Dalam proses pencarian reservoir hidrokarbon yang memiliki prospek mengandung gas maupun minyak, analisis fisika batuan dalam bentuk *crossplot* sangatlah penting. Dalam analisis *crossplot* digunakan data-data sumur yang memiliki resolusi vertikal yang sangat baik sehingga dapat terlihat litologi batuan yang terdapat dalam sumur. Dengan demikian dapat dianalisis serta diperkirakan pula jenis litologi dan tebal-tipisnya litologi tersebut. Dari *crossplot* data p-impedansi dan *volume clay* pada ketiga sumur didapatkan 5 zona, yaitu zona *sand*, *shaly sand*, *shale*, meta sedimen dan *basement*. Zona *sand* ditandai oleh warna kuning, zona yang memiliki *volume clay* yang dominan rendah. Kemudian zona *shale*, zona yang memiliki nilai *volume clay* yang dominan tinggi yang ditandai oleh warna hijau. Zona *shaly sand* memiliki nilai *volume clay* yang relative menengah yang ditandai oleh warna merah muda. Zona meta sedimen ditandai dengan warna hijau tua dengan nilai impedansi yang lebih tinggi dari pada sand yang disebabkan oleh batuan yang lebih kompak dibanding *sand*. Dan zona yang ke lima adalah *basement* dengan warna biru yang ditandai dengan *p-impedance* sangat tinggi.

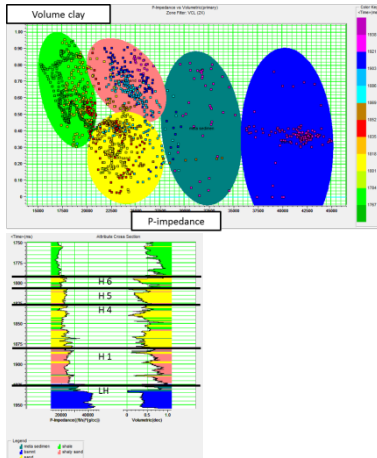


Gambar 3. Crossplot dan Crossection p-impedance dengan volume clay pada sumur FA-05



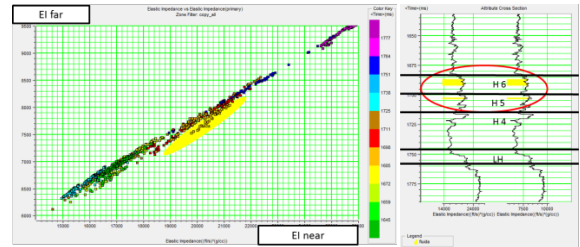


Gambar 4. Crossplot dan Crossection *p-impedance* dengan volume clay pada sumur FA-10.

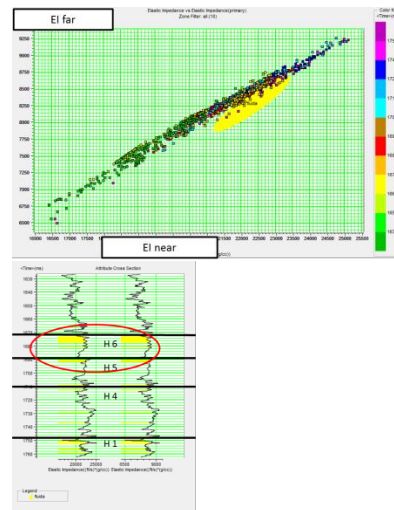


Gambar 5. Crossplot dan Crossection *p-impedance* dengan volume clay pada sumur FA-2X.

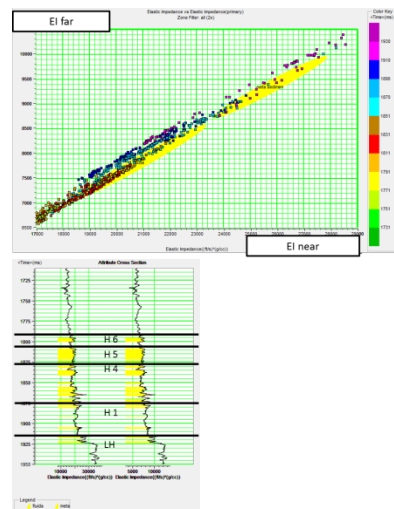
Berdasarkan hasil *crossplotp-impedance* dengan volume clay di atas, Dapat dilihat pada semua sumur memiliki nilai *Acoustic Impedance* (*AI*) yang tinggi pada sand jika di bandingkan dengan shale. Pada sumur FA-05 (Gambar 3), lapisan sand memiliki rentang nilai *Acoustic Impedance* antara 22.500 sampai dengan 25.500 (*ft/s*)*(*g/cc*). Pada sumur FA-10 (Gambar 4), lapisan sand memiliki rentang nilai *Acoustic Impedance* antara 23.000 sampai dengan 29.000 (*ft/s*)*(*g/cc*). Dan pada sumur FA-2X (Gambar 5), lapisan sand memiliki rentang nilai *Acoustic Impedance* antara 20.500 sampai dengan 27.500 (*ft/s*)*(*g/cc*). Berdasarkan ketiga sumur ini, dapat disimpulkan bahwa rentang nilai *Acoustic Impedancesand* pada lapangan “SG” berkisar antara 20.500 sampai dengan 29.000 (*ft/s*)*(*g/cc*). Pada lapangan “SG” ini juga terdapat batuan meta sedimen yang terdapat pada sumur FA-05 dan sumur FA-2X yang berada di atas *basement* dengan nilai *Acoustic Impedance* pada sumur FA-05 berkisar dari 25.500 sampai dengan 27.500 (*ft/s*)*(*g/cc*) dan pada sumur FA-2X berkisar dari 27.500 sampai dengan 35.000 (*ft/s*)*(*g/cc*). Pada ketiga sumur ini, tidak semua sumur sampai pada batuan *basement*, hanya dua sumur yang sampai pada batuan *basement* yaitu sumur FA-05 dan sumur FA-2X.



Gambar 6. Crossplot dan Crossection *EI near* dengan *EI far* pada sumur FA-05



Gambar 7. Crossplot dan Crossection *EI near* dengan *EI far* pada sumur FA-10.

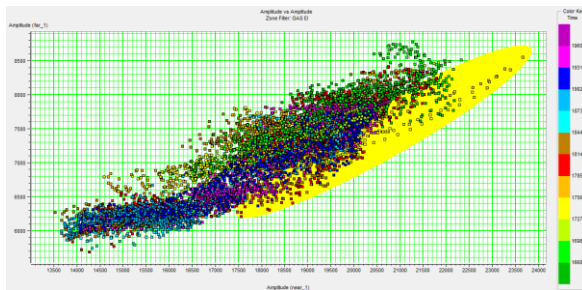


Gambar 8. Crossplot dan Crossection *EI near* dengan *EI far* pada sumur FA-2X.

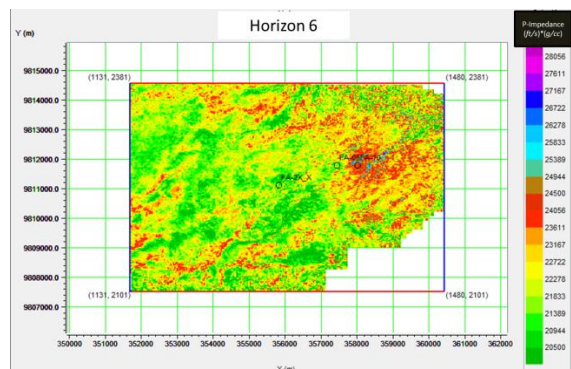
Crossplot log Elastic Impedance near (8^0) dan *log Elastic Impedance far* (21^0) pada sumur FA-05 (Gambar 6), sumur FA-10 (Gambar 7), dan sumur FA-2X (Gambar 8) bertujuan sebagai indikator dari perubahan litologi dan indikator keberadaan fluida gas pengisi pori dengan penurunan nilai *log EI far* terhadap *EI near* yang ditandai dengan warna kuning pada batuan sand. Semakin besar sudut yang kita ambil maka pemisahan fluida pengisi pori akan semakin bagus karena ketika suatu formasi berisi gas

maka akan terjadi penurunan kecepatan gelombang P (V_p) dan semakin besar sudut yang di ambil maka akan semakin jelas penurunan kecepatan gelombang P (V_p) yang di bandingkan dengan kecepatan Gelombang S (V_s) yang tetap stabil jika batuan terisi gas ataupun bukan.

Untuk melihat sebaran lapisan *sand* dan sebaran fluida gas pengisi pori pada lapangan “SG” maka di tampilkan dalam bentuk penampang *time slice Acoustic Impedance* dan penampang persebaran fluida gas masing-masing horizon pada data seismik. Persebaran fluida gas di ambil berdasarkan zona dari hasil *crossplot* inversi *EI near* terhadap *EI far* pada horizon 6 yang telah terbukti mengandung gas dan di sebarakan ke semua lapisan (Gambar 9).

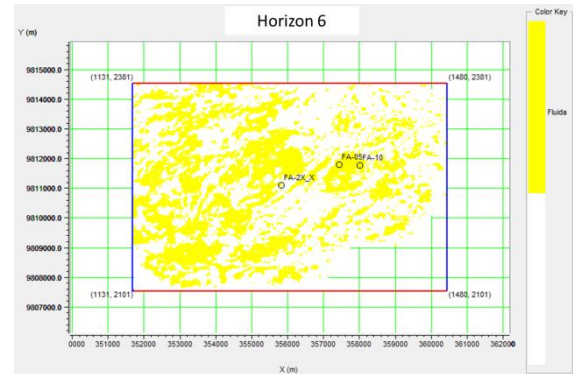


Gambar 9. Crossplot hasil inversi *EI near* dengan *EI far* pada horizon 6 yang telah terbukti mengandung fluida gas.



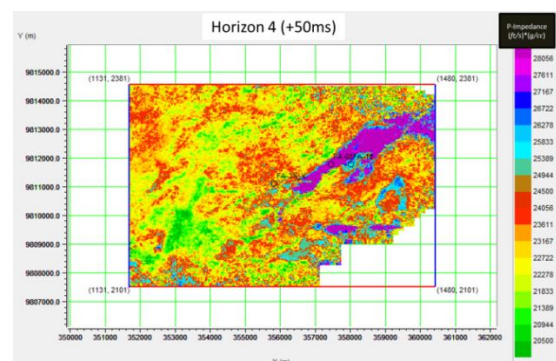
Gambar 10. Map Acoustic impedance (AI) pada horizon 6.

Gambar 10 dan Gambar 11 merupakan penampang *time slice Acoustic Impedance* dan sebaran fluida gas pada horizon 6 yang ditandai dengan warna kuning. Pada lapisan ini, yang telah terbukti menghasilkan gas adalah pada sumur FA-05 dan sumur FA-10 yang merupakan jebakan hidrokarbon struktur yang berbentuk tinggian di sekitar sumur.

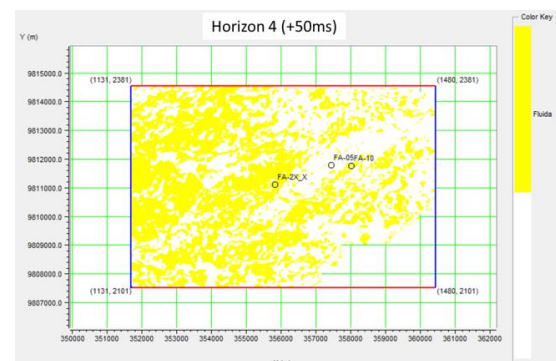


Gambar 11. Sebaran fluida gas pada horizon 6.

Impedansi berhubungan dengan kekerasan dan porositas suatu batuan, semakin rendah nilai impedansi maka semakin rendah kekerasan batuanannya, dan semakin tinggi porositasnya. Kualitas reservoir yang terbukti mengandung gas pada sumur FA-05 lebih bagus di banding sumur FA-10 berdasarkan nilai impedansinya. Dan pada sumur FA-2X memiliki nilai impedansi yang lebih rendah dibanding sumur FA-05 yang kemungkinan pada sumur ini memiliki reservoir yang bagus juga di lapisan ini.



Gambar 12. Map Acoustic impedance (AI) 50ms dibawah horizon 4.



Gambar 13. Sebaran fluida gas 50 ms dibawah horizon 4.

Gambar 12 dan Gambar 13 merupakan penampang *time slice Acoustic Impedance* dan persebaran fluida gas 50 ms dibawah horizon 4. Jebakan hidrokarbon pada lapisan ini merupakan jebakan geologi stratigrafi dengan hilangnya lapisan

di sekitar sumur FA-05 yang ditandai dengan warna ungu pada Gambar 12 sehingga hidrokarbon terperangkap di sekitar sumur FA-2X dan FA-10 yang persebarannya dapat dilihat pada Gambar 13 dengan warna kuning.

4. Kesimpulan

Berdasarkan pada hasil pengolahan data dan analisis hasil pengolahan dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Lapisan sand pada lapangan “SG” formasi Talang Akar memiliki nilai *Acoustic Impedance* yang lebih tinggi di banding shale yang berkisar antara 20.500-29.000 (ft/s)*(g/cc).
2. Pada Sumur FA-10 memiliki nilai impedansi sand yang lebih tinggi dibandingkan dengan sumur FA-05 dan sumur FA-2X.
3. Metode *Elastic Impedance* berhasil memisahkan lapisan yang berpotensi mengandung gas dengan dilakukan *crossplot* hasil inversi *El near* dan *El far* yang di tampilkan dalam bentuk map potensi gas tiap lapisan pada volume seismik hasil inversi *El*.
4. Penyebaran lapisan sand dan yang berpotensi mengandung gas berada di sebelah barat daya sampai ke utara.

Ucapan Terimakasih

Terima kasih kepada teman seperjuangan Dhanys, Dini, Indra, Gianita, dan Yadi atas segala bantuannya.

Daftar Acuan

- [1] Sukmono, S., 2002, **Seismik Inversi Untuk Karakteristik Reservoir**, Jurusan Teknik Geofisika – ITB
- [2] Connolly, P., 1999, **Elastic Impedance**, The Leading Edge, 18, No. 4, 438 – 452
- [3] Mavko G., Mukerji T., and Dvorkin J., 1998, **The Rock Physics Handbook Tools**, Cambridge University Press.
- [4] Aki, K., and P.G. Richards, 1980, **Quantitative Seismology and Methods**, 1st edition: W.H. Freeman and Company.