

## Karakterisasi Reservoir Hidrokarbon Menggunakan Metode Seismik Inversi Deterministik *Model Based* Pada Lapangan Penobscot Kanada

Aulia Latifah\*, Dwi Pujiastuti, Elistia Liza Namigo

Laboratorium Fisika Bumi, Jurusan Fisika

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Andalas

Kampus Unand Limau Manis, Padang, 25163 Indonesia

\*aulialatifah06@gmail.com

### ABSTRAK

Telah dilakukan karakterisasi reservoir hidrokarbon pada Lapangan Penobscot Kanada menggunakan metode seismik inversi deterministik *model based*. Penelitian ini menggunakan data seismik PSTM (*post stack time migration*) 3D pada *inline* 1300 sebagai data input dan data sumur L30 dan B41 sebagai data kontrol. Karakterisasi reservoir dilakukan dengan melakukan analisis *crossplot* dan menentukan nilai impedansi akustik atau *acoustic impedance* (AI). Analisis *crossplot* menunjukkan bahwa *log gamma ray* sensitif dalam pemisahan lapisan *shale*, *sandstone*, dan *limestone*. Penentuan *zone of interest* yang diindikasikan sebagai reservoir hidrokarbon dilakukan melalui analisis atribut dekomposisi spektral dengan frekuensi 10 Hz. Hal tersebut menunjukkan dengan jelas kemenerusan pola penyebaran litologi yang diduga sebagai hidrokarbon dengan lebih mudah. Hasil inversi deterministik *model based* menunjukkan bahwa pada *inline* 1300 terdapat potensi hidrokarbon melalui sebaran nilai impedansi akustik. *Slicing* yang dilakukan pada lapisan *zone of interest* menunjukkan hasil sebaran nilai impedansi akustik dengan rentang 13556-27501(m/s)\*(g/cc). Potensi reservoir hidrokarbon *sandstone* ditunjukkan melalui zona impedansi akustik pada nilai 20000-25461 (m/s)\*(g/cc).

Kata kunci: atribut dekomposisi spektral, impedansi akustik, inversi deterministik, *model based*, *zone of interest*

### ABSTRACT

The characterization of hydrocarbon reservoirs in the Penobscot Field Canada using seismic inversion deterministic model based method has been carried out. This study uses the post stack time migration (PSTM) 3D seismic data along inline 1300 as input data and well data L30 and B41 as control data. Reservoir characterization is carried out by crossplot analysis and determine the value of acoustic impedance (AI). Crossplot analysis shows that between gamma ray logs and sensitive density logs in the litology of shale, sandstone, and limestone. Determination of the zone of interest indicated as a hydrocarbon reservoir is carried out through spectral decomposition analysis with a frequency of 10 Hz. This shows clearly the continuity of the lithological distribution pattern which is assumed to be hydrocarbons more easily. The result of deterministic model-based inversion show that on inline 1300 there is hydrocarbon potential through the distribution of acoustic impedance values. Slicing carried out at the zone of interest shows the distribution of acoustic impedance values with a range of 13556-27501 (m / s) \* (g / cc). The potential of a sandstone hydrocarbon reservoir is shown through the acoustic impedance zone at a value of 20000-25461 (m / s) \* (g / cc).

Keywords: acoustic impedance, deterministic inversion, model based, spectral decomposition, zone of interest

## I. PENDAHULUAN

Sumber utama yang digunakan manusia untuk memenuhi kebutuhan energi adalah minyak dan gas bumi (migas). Menurut *International Energy Agency* (2017), kebutuhan terhadap migas terus meningkat dengan penggunaan mencapai 81% dari porsi kebutuhan energi dunia. Namun peningkatan kebutuhan terhadap migas tidak sebanding dengan produksinya yang terus mengalami penurunan. Dalam upaya mencukupi kebutuhan terhadap energi migas maka perlu dilakukan optimasi penemuan sumber cadangan migas yang baru.

Minyak dan gas merupakan hasil dari senyawa organik yang telah bermigrasi dari batuan sumber ke batuan reservoir tempat terakumulasinya migas di dalam lapisan bumi. Dalam upaya menemukan dan mengembangkan sumber cadangan migas yang baru maka perlu dilakukan karakterisasi batuan reservoir. Syarat sebuah reservoir memiliki potensi migas dapat dilihat dari parameter karakteristik fisisnya seperti densitas, porositas, dan permeabilitas (Koesomadinata, 1980). Parameter tersebut dapat dianalisis menggunakan nilai impedansi

akustik. Metode yang bisa digunakan untuk melakukan karakteristik terhadap reservoir adalah dengan menggunakan metode geofisika.

Metode geofisika yang banyak digunakan yaitu metode seismik refleksi untuk melihat gambaran bawah permukaan bumi yang memiliki potensi minyak dan gas. Metode tersebut memiliki kelebihan yaitu mencakup survei dengan wilayah yang cukup luas dan hasilnya cukup baik (Badley, 1985). Salah satu metode seismik yang digunakan yaitu metode seismik inversi. Seismik inversi merupakan teknik untuk membuat model bawah permukaan bumi menggunakan data seismik sebagai *input* dan data sumur sebagai kontrol serta dapat menghasilkan nilai impedansi akustik sebagai parameter interpretasi (Sukmono, 2000).

Pada metode seismik inversi, parameter fisis batuan akan dihubungkan dengan nilai impedansi akustik yang dihasilkan dari proses inversi. Impedansi akustik merupakan perkalian densitas batuan dan kecepatan gelombang P yang mengindikasikan kemampuan batuan untuk melewatkan gelombang seismik (Sukmono, 2000). Nilai AI digunakan sebagai indikator karakteristik reservoir. Beberapa metode seismik inversi umum digunakan pada karakterisasi reservoir yaitu *seismic coloured inversion* (SCI), inversi stokastik, dan inversi deterministik.

Penggunaan metode inversi deterministik untuk karakterisasi reservoir hidrokarbon akan menghasilkan nilai secara kuantitatif dari karakterisasi dan penampang impedansi akustik serta membutuhkan waktu yang lebih cepat dan dapat menggunakan sedikit data sumur. Hal tersebut akan mempermudah dalam penentuan zona yang memiliki potensi reservoir pada daerah yang memiliki keterbatasan jumlah sumur. Metode inversi lainnya yaitu metode SCI tidak cocok digunakan untuk estimasi secara kuantitatif dari reservoir walaupun penggunaannya membutuhkan waktu yang cepat (Whitcombe dan Fletcher, 2001). Metode inversi stokastik membutuhkan data sumur yang lebih dari 3 dan waktu pengerjaan yang lebih lama (Cooke dan Cant, 2010).

Khasanah (2016) telah melakukan penelitian menggunakan seismik inversi deterministik *model based* untuk estimasi karakteristik *sandstone* dan didapatkan hasil sebaran hidrokarbon yang cukup baik. Namun proses inversinya tidak menggunakan atribut seismik sehingga *zone of interest* pada data seismik tidak dapat dilihat dengan jelas sebelum dilakukan inversi. Menurut Tullailah (2015) data seismik memiliki kelemahan dalam memberikan kenampakan adanya patahan dan bentuk badan reservoir, oleh karena itu perlu dilakukan analisis atribut seismik yang dapat memperlihatkan adanya patahan dan badan reservoir secara lebih jelas. Penggunaan metode inversi deterministik *model based* dan didukung oleh penambahan atribut telah dilakukan oleh Nofriyanti dan Namigo (2016) untuk melakukan karakterisasi hidrokarbon *sandstone* pada Lapangan F3 Laut Utara Belanda yang memiliki 2 data sumur sebagai kontrol dan data seismik *offshore* sebagai input, dengan memanfaatkan metode seismik atribut yaitu dekomposisi spektral untuk menentukan *zone of interest*.

Penelitian ini juga akan menggunakan metode yang sama dengan Nofriyanti dan Namigo (2016), namun pada daerah penelitian yang berbeda. Daerah penelitian yang dipilih adalah Lapangan *Offshore* Penobscot Kanada di Cekungan Nova Scotia. Hasil akhir dari penelitian ini akan dapat memberikan gambaran sebaran nilai impedansi akustik sebagai karakterisasi reservoir untuk optimasi pengembangan potensi sumur eksplorasi baru.

## II. METODE

### 2.1 Data

Data yang digunakan pada penelitian ini yaitu data seismik 3D PSTM (post stack time migration) dengan *inline* 1000-1600 dan *crossline* 1000-1481, data sumur yaitu sumur L30 dan B41, dan data marker. Fokus lokasi penelitian berada pada Lapangan Penobscot Kanada yang berada pada Cekungan Nova Scotia Kanada yang dapat diakses secara bebas pada <http://opendtect.org/index.php/support/free-seismic-surveys>.

### 2.2 Pengolahan Data

Penelitian ini menggunakan *software* OpendTect sebagai perangkat interpretasi dan pengolahan data. Langkah-langkah yang dilakukan pada pengolahan data dengan menggunakan metode seismik inversi deterministik *model based* adalah sebagai berikut :

### 2.2.1 Tahap Persiapan

Tahap persiapan merupakan tahap *download* data, ekstrak data survei, input data yang dibutuhkan, dan melakukan pengaturan parameter terhadap data penelitian yang digunakan, seperti pemilihan *inline* dan *crossline*.

### 2.2.2 Well Seismic Tie

*Well seismic tie* (WST) merupakan pengikatan antara data log sumur dan data seismik, sehingga data seismik dalam domain waktu dapat berkorelasi dengan data log sumur dalam domain kedalaman. WST digunakan untuk mengkolerasikan informasi geologi yang diperoleh dari data sumur dan data seismik. Pada tahap ini ada beberapa proses yang dilakukan yaitu ekstraksi *wavelet* dan pembuatan seismogram sintetik. Ekstraksi *wavelet* dapat dilakukan dengan beberapa cara antara lain *use well*, *statical*, *ricker*, dan *bandpass*. Pada penelitian ini akan menggunakan cara *use well* yaitu ekstraksi *wavelet* di sekitar sumur. Setelah dipilih *wavelet* hasil ekstraksi selanjutnya dilakukan proses pembuatan seismogram sintetik yang merupakan rekaman seismik yang dibuat dari data log *sonic* (DT) dan densitas. Log *sonic* membentuk koefisien refleksi yang selanjutnya dikonvolusikan dengan *wavelet*. Seismogram sintetik ini dapat membantu mengidentifikasi *horizon* pada penampang seismik. Seismogram sintetik menunjukkan data kedalaman yang akurat. Proses *well seismic tie* dilakukan hingga mendapatkan koefisien korelasi yang baik yaitu mendekati 1. Jika korelasi belum mendekati 1 maka dapat dilakukan proses penggeseran untuk menempatkan *event reflector* seismik pada kedalaman yang sebenarnya.

### 2.2.3 Picking Horizon

Tahap ini merupakan proses membuat garis *horizon* pada suatu kemenerusan lapisan pada penampang seismik. Pemilihan *horizon* ini dilakukan karena daerah tersebut dianggap sebagai zona target yang memiliki ketidakmenerusan atau disebut *zone of interest*.

### 2.2.4 Analisis Crossplot

Tahap analisis *crossplot* merupakan proses analisis zona target untuk mengetahui parameter fisis yang paling sensitif. Analisis *crossplot* dilakukan untuk mengetahui sensitivitas data terhadap kemampuannya untuk memisahkan litologi batuan antara *shale*, *sandstone*, dan *limestone*. Analisis *crossplot* yang dilakukan pada penelitian ini yaitu *gamma ray* dan impedansi akustik. Hasil dari proses ini akan dijadikan bahan interpretasi.

### 2.2.5 Atribut Dekomposisi Spektral

Tahap ini dilakukan untuk mengetahui *zone of interest* pada zona target. Jenis dekomposisi spektral yang digunakan adalah *fourier filter transform* (FFT) dengan frekuensi 5 Hz dan 10 Hz karena frekuensi tersebut dapat dengan jelas melihat kemenerusan lapisan.

### 2.2.6 Seismik Inversi Deterministik

Pada tahap seismik inversi dilakukan beberapa proses yaitu *3D Broadband AI Model* untuk pembuatan model awal menggunakan data sumur, batas geologi *horizon*, parameter *filter*, dan *volume* seismik dan *2D Error Grid* untuk siap menyimpan model.

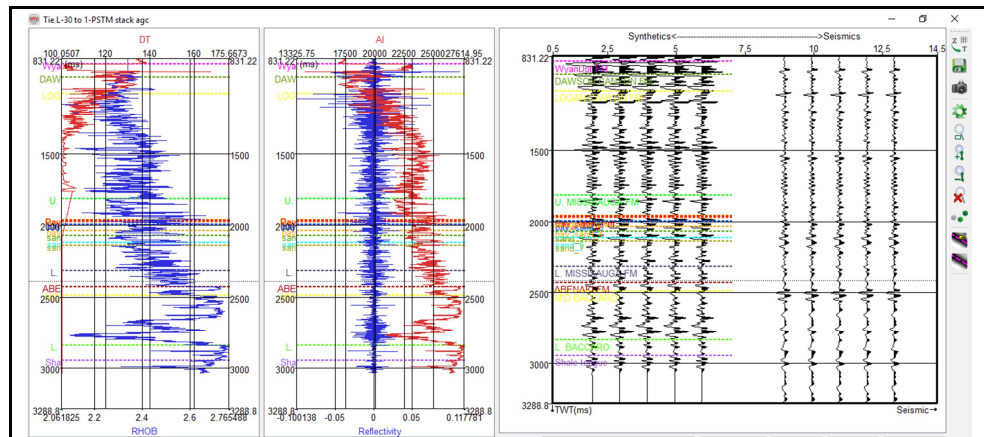
### 2.2.7 Slicing

Tahap ini dilakukan untuk memprediksi parameter-parameter fisis batuan dan mengetahui *zone of interest* yang mengandung akumulasi hidrokarbon.

## III. HASIL DAN DISKUSI

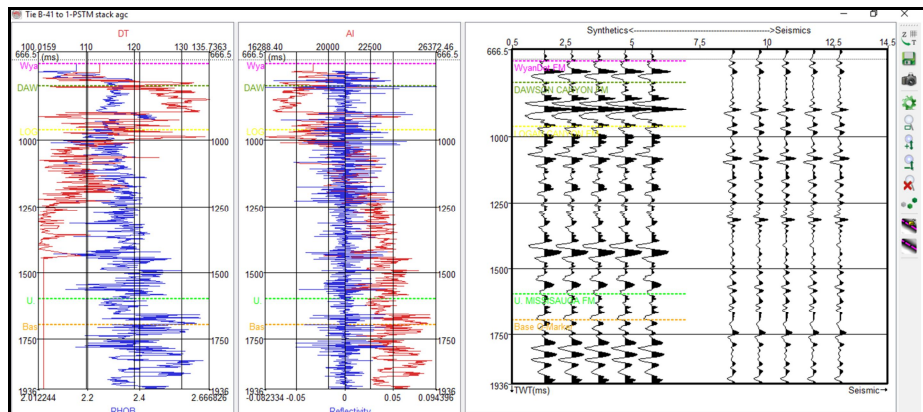
### 3.1 Analisis Well Seismic Tie

Gambar 1 menunjukkan hasil WST dari sumur L30 dan koefisien korelasi sumur L30. Hal tersebut menunjukkan bahwa sumur L30 memiliki rentang nilai impedansi akustik sebesar 17500-27614 (m/s)\*(g/cc) dan nilai densitas batuan dengan rentang 2,06-2,76 (g/cc).



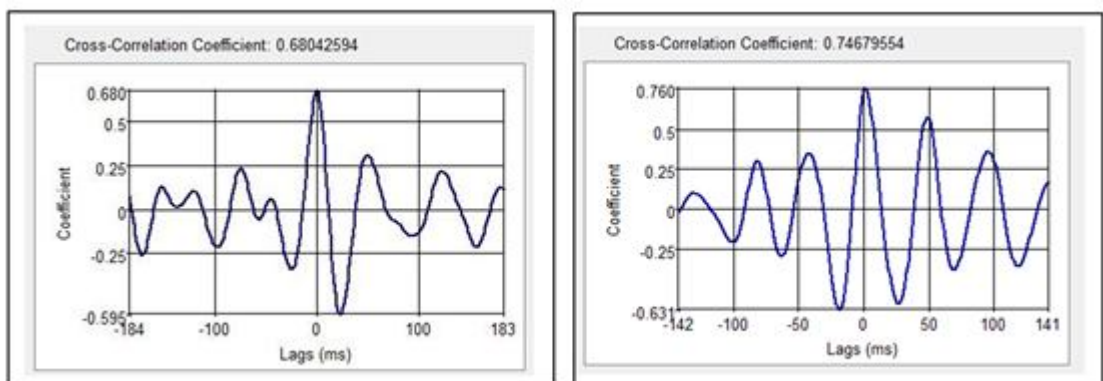
Gambar 1 Hasil Well Seismic Tie Pada Sumur L-30

Hasil WST pada sumur B41 ditunjukkan pada Gambar 2. Proses ini menghasilkan penampang seismogram sintetik dan menunjukkan bahwa di sekitar sumur B41 memiliki rentang nilai impedansi akustik sebesar 16288,40-26372,46 (m/s)\*(g/cc) dan nilai densitas batuan dengan rentang 2,012-2,6 (g/cc).



Gambar 2 Hasil Well Seismic Tie Pada Sumur B41

Gambar 3(a) menunjukkan koefisien korelasi yang didapatkan pada sumur L30 dan didapatkan hasil yang cukup baik yaitu 0,6804. Hasil pengikatan ini dapat digunakan pada proses inversi. Koefisien korelasi yang didapatkan pada proses WST di sumur B41 didapatkan hasil koefisien korelasi yaitu sebesar 0,7467 seperti pada Gambar 3(b). Hasil ini menunjukkan hasil pengikatan yang lebih baik jika dibandingkan pengikatan sumur L30.



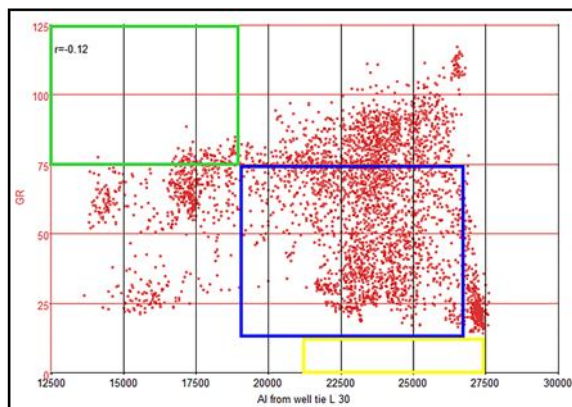
(a)

(b)

Gambar 3 Koefisien Korelasi (a) pada sumur L30 dan (b) sumur B41

### 3.2 Analisis Crossplot

Gambar 4 menunjukkan hasil *crossplot* sumur L30 antara log *gamma ray* pada sumbu y dan impedansi akustik pada sumbu x. Dari hasil *crossplot* menunjukkan bahwa log *gamma ray* sensitif dalam pemisahan *shale* yang ditunjukkan pada kotak warna hijau, *sandstone* pada kotak warna biru, dan *limestone* pada kotak warna kuning.

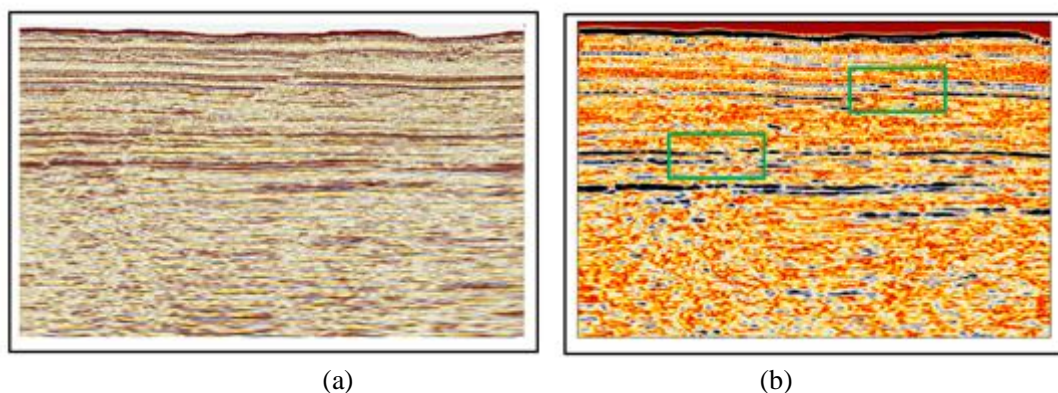


**Gambar 4** Crossplot *gamma ray* dan AI pada sumur L30

Nilai *gamma ray* 0-20 API menunjukkan *limestone* dan nilai *gamma ray* 75-125 API menunjukkan batuan *shale* dan memiliki nilai impedansi akustik yang rendah yaitu 12500-20000 (m/s)\*(g/cc). Hal ini mengindikasikan bahwa batuan *shale* mudah dimampatkan. Batuan *sandstone* ditunjukkan dengan nilai *gamma ray* sekitar 20-75 API serta memiliki nilai impedansi akustik yang tinggi yaitu 20000-27500 (m/s)\*(g/cc). Hal tersebut menunjukkan bahwa *sandstone* sukar untuk dimampatkan. Analisis sensitivitas *crossplot* antara log *gamma ray* dan impedansi akustik pada sumur L30 menunjukkan dominasi batuan terbesar yaitu pada batuan *sandstone*.

### 3.3 Analisis Atribut Dekomposisi Spektral

Zona yang diduga sebagai prospek hidrokarbon adalah yang memiliki warna *variance* hitam dan memiliki ketidakteraturan yang jelas dan ditandai dengan kotak hijau seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5. Hasil yang ditunjukkan setelah dilakukan penambahan atribut dekomposisi spektral dengan frekuensi 10 Hz lebih baik daripada tanpa atribut karena menampilkan kemenerusan yang lebih jelas.

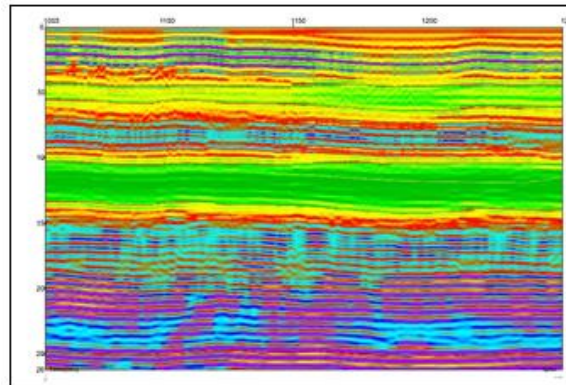


**Gambar 5** Tampilan penampang seismik (a) tanpa atribut (b) penambahan atribut dekomposisi spektral 10 Hz

### 3.4 Analisis Inversi Deterministik

Penampang vertikal impedansi akustik yang diperoleh dari hasil inversi deterministik ditunjukkan pada Gambar 6. Penampang model impedansi akustik dihasilkan dari dekonvolusi

dari *wavelet* hasil ekstraksi *wavelet* dan nilai impedansi akustik dari proses WST. Penampang model impedansi akustik ini diinterpretasikan sebagai model gambaran permukaan bumi yang diwakili oleh zona-zona impedansi akustik yang berbeda berdasarkan skala warna. Hasil penampang impedansi akustik pada sumur L30 memiliki rentang nilai impedansi akustik antara 13556-27501(m/s)\*(g/cc) dan sumur B41 memiliki rentang nilai 16230-26143 (m/s)\*(g/cc).



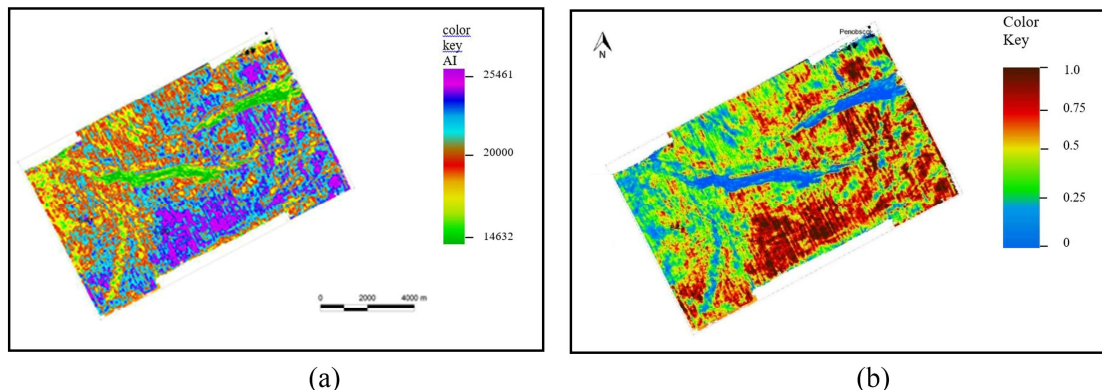
**Gambar 6** Penampang impedansi akustik hasil inversi deterministik

Nilai impedansi akustik yang rendah diindikasikan sebagai batuan *shale* yang mudah dimampatkan dan dapat melewatkan gelombang seismik yang memiliki kecepatan tinggi. Nilai impedansi akustik yang tinggi diindikasikan sebagai reservoir hidrokarbon yaitu *sandstone*. Struktur *sandstone* yang padat mengakibatkan nilai impedansi akustik yang tinggi sehingga menghambat lewatnya gelombang seismik atau sukar dimampatkan. Hal tersebut mengakibatkan zona yang memiliki nilai impedansi akustik yang tinggi pada warna jingga sesuai dengan *zone of interest* dari spektral dekomposisi, sehingga dapat dilakukan *slicing* untuk melihat penampang secara *horizontal*.

### 3.5 Slicing

Gambar 7(a) menunjukkan hasil dari *slicing* porositas dan Gambar 7(b) menunjukkan *slicing* sebaran impedansi akustik (AI) pada lapisan (*horizon*) yang diindikasikan sebagai *zone of interest*. Sebaran dari porositas memiliki nilai yang cukup tinggi pada warna yang lebih gelap. Nilai porositas yang tinggi diindikasikan bahwa batuan memiliki pori-pori yang mampu menampung fluida. Hal ini menunjukkan zona tersebut memiliki kandungan minyak dan gas yang tinggi.

Berdasarkan warna penampang AI tersebut terlihat bahwa warna yang dominan ditunjukkan oleh zona berwarna jingga hingga ungu. Warna tersebut diindikasikan memiliki nilai impedansi akustik yang tinggi berkisar dari 20000-25461 (m/s)\*(g/cc). Nilai impedansi terendah ditunjukkan pada warna hijau dengan nilai sebesar 14632 (m/s)\*(g/cc). Hasil *slicing* penyebaran impedansi akustik ini menunjukkan bahwa lapisan tersebut didominasi oleh hidrokarbon dari reservoir *sandstone*.



**Gambar 7** Tampilan proses *slicing* (a) porositas (b) impedansi akustik

Berdasarkan hasil *slicing* porositas dan impedansi akustik menunjukkan hasil bahwa pada daerah yang memiliki potensi hidrokarbon berada pada nilai porositas yang tinggi dan nilai impedansi akustik yang tinggi. Nilai impedansi akustik dipengaruhi oleh densitas dan kecepatan gelombang P, jika densitas dari batuan semakin besar maka batuan tersebut sangat rapat. Pada batuan jika nilai porositas yang tinggi menunjukkan batuan memiliki pori-pori yang banyak didalamnya. Tapi pada batuan yang memiliki hidrokarbon akan terjadi anomali saat dilewatkan oleh gelombang P karena jika batuan tersebut mengandung fluida berupa hidrokarbon maka gelombang tersebut akan sulit untuk dimampatkan. Sehingga tidak semua batuan yang memiliki porositas yang tinggi memiliki kandungan hidrokarbon yang tinggi. Hal tersebut diakibatkan oleh kandungan dari batuan tersebut apakah mengandung hidrokarbon berupa minyak atau gas atau dapat ditunjukkan melalui nilai impedansi akustik yang tinggi.

#### IV. KESIMPULAN

Berdasarkan karakterisasi reservoir yang telah dilakukan pada Lapangan Penobscot maka dapat disimpulkan bahwa hasil analisis *crossplot* menunjukkan bahwa log *gamma ray* dan log impedansi akustik sensitif dalam pemisahan lapisan *shale*, *sandstone*, dan *limestone*, Analisis atribut dekomposisi spektral dengan frekuensi 10 Hz dapat menunjukkan *zone of interest* dengan jelas sebagai indikasi adanya hidrokarbon dengan lebih mudah, *Slicing* yang dilakukan pada lapisan *zone of interest* di *inline* 1300 menunjukkan hasil yang jelas dari sebaran nilai impedansi akustik dengan rentang 13556-27501(m/s)\*(g/cc), dan daerah penelitian memiliki potensi hidrokarbon dengan reservoir *sandstone* pada zona impedansi akustik yang tinggi pada nilai 20000-25461 (m/s)\*(g/cc).

#### DAFTAR PUSTAKA

- Badley, M.E., *Practical Seismic Interpretation* International Human Resource Development Co, 1985.
- Khasanah, H., Estimasi Penyebaran Porositas Reservoir *Sandstone* pada Lapangan Eksplorasi Hidrokarbon Penobscot Kanada, Skripsi, Jurusan Fisika, Universitas Jember, 2016.
- Koesoemadinata, R.P., *Geologi Minyak dan Gas Bumi Jilid 1*, Institut Teknologi Bandung, Bandung, 1980.
- Nofriyanti, S., dan Namigo, E., L., Karakterisasi Reservoir Menggunakan Inversi Deterministik pada Lapangan F3 Laut Utara Belanda, *Jurnal Fisika Unand*, Vol 5(2), (2016).
- Sukmono, S., *Seismik Inversi Untuk Karakterisasi Reservoir*, Geophysical Engineering, Institut Teknologi Bandung, Bandung, 2000.
- Tullailah, N., Lantu, A., Sabrianto., "Karakterisasi Reservoir Karbonat menggunakan Analisis Seismik Atribut dan Inversi Impedansi Akustik (AI) Pada Formasi Kais, Lapangan "NNT", Cekungan Salawati, Papua", Program Studi Geofisika FMIPA Universitas Hasanuddin, 2015.
- Whitcombe, D.N. dan Fletcher, J.G., The AIGI Crossplot as an Aid to AVO Analysis and Calibration. Pada: *SEG Int'l Exposition and Annual Meeting*, San Antonio, Texas 9-14 September, Texas, 2001
- Cooke, D., dan Cant, J., 2010, Model Based Seismic Inversion Comparing Deterministic and Probabilistic Inversion, <https://csegrecorder.com/articles/view/model-based-seismic-inversion-comparing-deterministic-and-probabilistic>, diakses Desember 2018.
- International Energy Agency, 2017. Global Energy Demand Grew By 2.1% In 2017, an Carbon Emissions Rose For The First Time Since 2014, <https://www.iea.org/newsroom/news/2018/march/global-energy-demand-grew-by-21-in-2017-and-carbon-emissions-rose-for-the-firs.html>, diakses Oktober 2018.