

Identifikasi sifat fisis batuan reservoir karbonat menggunakan *inverse acoustic impedance* (AI) model *sparse spike* pada lapangan “ABDUH” formasi Kujung Cekungan Jawa Timur Utara

Saad Abdurrahman¹⁾, Udi Harmoko¹⁾, Agung Ardiyanto²⁾

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

²⁾ PT Pertamina Hulu Energi West Madura Offshore, Jakarta

E-mail: saad.abdurrahman@st.fisika.undip.ac.id

ABSTRACT

Physical rocks properties identification on "ABDUH" field, North East Java Basin has been done by acoustic impedance seismic inversion. The research aim conducted to predict the physical properties of rock by acoustic impedance inversion value and the porosity distribution by linier programming sparse spike. Sparse spike linear programming method assumes that a reflectivity regarded as the model a series of rarely spike and the big value deconvoluted with a new spike smaller than before made it more accurated. This study used at single well and seismic 3D data post stack time migration is the area on research. Then with assumes a linear relationship between acoustic impedance and log porosity log based crossplot, obtained linear equation which was used to get the distribution of porosity from the distribution of acoustic impedance. Inversion results show the distribution of reefs on Kujung Reef formation has the porosity value 21-27% and the acoustic impedance vaue 17.000 to 28.000 ft/s.g/cc.

Keywords: Acoustic Impedance, Kujung Reef, Porosity, Linier Programming Sparse Spike Inversion

ABSTRAK

Identifikasi sifat fisis batuan di lapangan “ABDUH” Cekungan Jawa Timur Utara telah dilakukan dengan inversi seismik impedansi akustik. Penelitian ini bertujuan memprediksi informasi sifat fisis batuan berdasarkan nilai impedansi akustik dan nilai persebaran porositas oleh linier programming sparse spike. Metode linier programming sparse spike mengasumsikan bahwa reflektifitas suatu model dianggap sebagai rangkaian spike yang jarang dan bernilai besar dikonvolusi dengan spike baru yang lebih kecil dari sebelumnya menjadikannya lebih akurat. Pada penelitian ini digunakan satu buah sumur dan data 3D seismik post stack time migration yang terletak pada area penelitian. Kemudian dengan mengasumsikan hubungan linier antara log acoustic impedance dan log porositas berdasarkan crossplot, didapatkan persamaan linier yang digunakan untuk mendapatkan sebaran porositas dari sebaran acoustic impedance. Hasil inversi memperlihatkan persebaran terumbu pada formasi kujung reef mempunyai nilai porositas 21-27% dan nilai impedansi akustik 17.000-28.000 ft/s.g/cc.

Kata kunci: Impedansi Akustik, Kujung Reef, Porositas, Inversi Linier Programming Sparse Spike

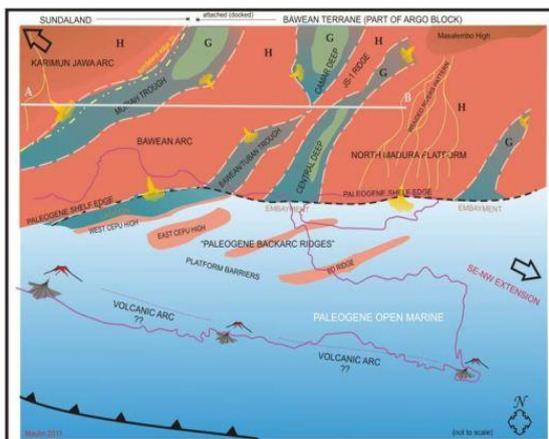
PENDAHULUAN

Hasil yang diharapkan dari dilakukannya survei seismik adalah untuk mendapatkan gambaran kondisi bawah permukaan bumi dengan memanfaatkan pemantulan gelombang seismik (seismik refleksi). Pada saat ini kegiatan karakterisasi reservoir merupakan tahapan yang penting dalam mempelajari dan mencari cadangan minyak dan gas. Dalam karakterisasi reservoir diperlukan suatu parameter fisika batuan yang dapat digunakan untuk membedakan kontras impedansi yang diakibatkan oleh efek fluida dan litologi [1].

Geologi Cekungan Jawa Timur Utara

Cekungan Jawa Timur Utara sebelah barat dibatasi oleh Busur Karimunjawa yang memisahkannya dengan Cekungan Jawa Barat Utara, di sebelah selatan dibatasi oleh busur vulkanik, sebelah timur dibatasi oleh Cekungan Lombok dan sebelah utara dibatasi oleh Tinggian *Paternoster*, memisahkannya dengan Selat Makasar. Berdasarkan posisinya, Cekungan Jawa Timur Utara dapat dikelompokkan sebagai cekungan belakang busur dan berada pada batas tenggara dari Lempeng Eurasia [2].

Pada saat sekarang, Cekungan Jawa Timur Utara dikelompokkan ke dalam tiga kelompok struktur utama dari arah utara ke selatan, yaitu *North Platform*, *Central High* dan *South Basin*. Perubahan struktur juga terjadi pada konfigurasi *basement* dari arah barat ke timur. Bagian barat pada Platform Utara dapat dikelompokkan menjadi *Muria Trough*, *Bawean Arc*, *JS-1 Ridge*, *Northeast Java Platform*, *Central-Masalembu Depression*, *North Madura Platform* dan *JS 19-1 Depression*. Pada *South Basin*, dari barat ke timur dapat dikelompokkan menjadi *North East Java Madura Sub-Basin* (*Rembang-Madura Strait-Lombok Zone*), *South Madura Shelf* (kelanjutan dari Zona Kendeng) dan *Solo Depression Zone*. Pada *Central High* tidak ada perubahan struktur yang berarti dari arah barat ke timur [3]. Penjelasan di atas dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Paleogen geografi cekungan Jawa Timur Utara [3].

DASAR TEORI

Inversi Impedansi Akustik

Pada metode inversi, tampilan impedansi akustik (IA) menghasilkan perlapisan yang lebih interpretatif dalam memetakan keadaan bawah permukaan karena metode inversi ini mentransformasi data seismik refleksi ke dalam sifat bantuan secara kuantitatif dan reservoir secara deskriptif [4].

Impedansi akustik (IA) merupakan parameter fisis yang didefinisikan sebagai perkalian antara nilai kecepatan gelombang seismik dengan densitas batuan. IA merupakan sifat fisis batuan yang nilainya dipengaruhi oleh jenis litologi, porositas, kandungan fluida, kedalaman, tekanan dan temperatur. Maka dari itu IA dapat digunakan sebagai indikator jenis litologi, nilai porositas, jenis hidrokarbon, dan pemetaan litologi dari suatu zona reservoir.

$$IA = \rho \cdot V \quad (1)$$

dengan,

IA = Impedansi Akustik

ρ = densitas (g/cc)

V = kecepatan (m/s)

Inversi Sparse Spike

Metode inversi ini mengasumsikan bahwa reflektivitas suatu model dianggap sebagai rangkaian *spike* yang jarang dan bernilai besar, ditambahkan dengan deret *spike* yang kecil kemudian dilakukan estimasi *wavelet* berdasarkan asumsi model tersebut. *Trace* seismik akan mengalami penambahan jumlah *spike* baru yang lebih kecil dari *spike* sebelumnya sehingga akan membuat menjadi lebih akurat. Dalam metode *sparse spike* ini terdapat beberapa teknik dekonvolusi, karena metode ini mengasumsikan beberapa model reflektivitas dan membuat estimasi *wavelet* berdasarkan asumsi tersebut. Teknik-teknik tersebut adalah:

1. Metode dekonvolusi dan inversi Maksimum Likelihood (MLD)
2. Metode dekonvolusi dan inversi Norm L-1
3. Dekonvolusi minimum entropi.

Metode inversi ini memiliki kelebihan dibandingkan metode dekonvolusi biasa karena estimasi *sparse spike* dengan batas, sehingga dapat digunakan untuk estimasi reflektivitas full-bandwidth [1].

Inversi Model Based

Metode ini dilakukan dengan cara membandingkan data seismik sintetis yang telah dibuat dari hasil konvolusi reflektivitas (model geologi) dengan *wavelet* tertentu dengan data seismik riil. Penerapan metode ini dimulai dengan dugaan awal yang diperbaiki secara iteratif. Metode ini dapat dilakukan dengan anggapan *trace* seismik dan *wavelet* diketahui, *noise* tidak berkorelasi dan acak [1].

Initial Model

Penampang seismik hanya mempunyai frekuensi terbatas (*bandlimited*), sehingga jika hanya menggunakan penampang seismik sebagai input inversi, komponen frekuensi rendah dan tinggi tidak terkontrol dengan baik. Oleh karena itu, diperlukan Model awal (*Initial*) sebagai model awal untuk mengisi nilai frekuensi rendah sehingga menghasilkan inversi yang baik, dengan *event reflector* yang lemah dan tinggi dapat ter-*cover* dengan baik [1].

Porositas

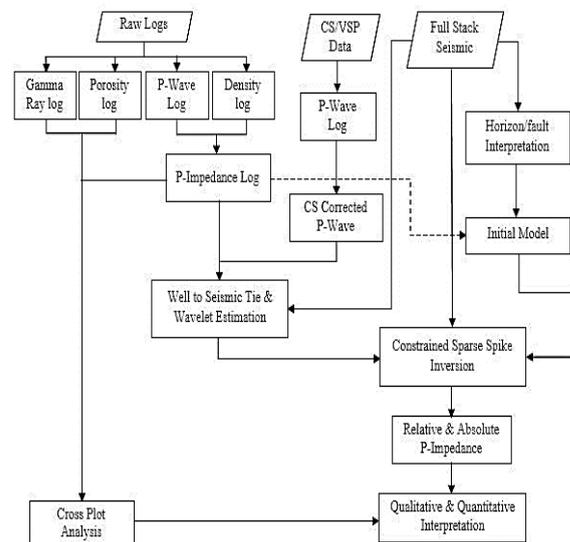
Dalam penentuan porositas ada beberapa log yang digunakan, yaitu *neutron log* dan *density log*. Menurut [5], nilai porositas sendiri bergantung pada bagaimana cara pembentukan butiran mineral, sebaik apa proses sementasi, dan tingkat sortasinya. Terdapat beberapa macam porositas, di antaranya:

1. Porositas Total (ϕ_t)
 Porositas total merupakan perbandingan antara ruang kosong (pori-pori, retakan, rekahan, gerowong) total yang tidak terisi oleh benda padat yang ada diantara elemen-elemen mineral dari batuan, dengan volume total batuan.
2. Porositas Efektif (ϕ_{eff})
 Porositas efektif merupakan porositas yang dapat dilalui oleh fluida bebas, tidak termasuk porositas yang tidak bersambungan, dan ruangan yang terisi oleh air resapan dari air ikat serpih.

METODE PENELITIAN

Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data 3D *Post Stack Time Migration* dan data sumur "ABDUH". Adapun tahap utama penelitian terdiri dari 4 tahap utama yaitu:

1. Pengolahan data seismik untuk mendapatkan respon amplitudo impedansi akustik.
2. Analisa *crossplot* impedansi akustik dengan porositas untuk konversi AI ke porositas.
3. Analisa persebaran porositas reservoir.



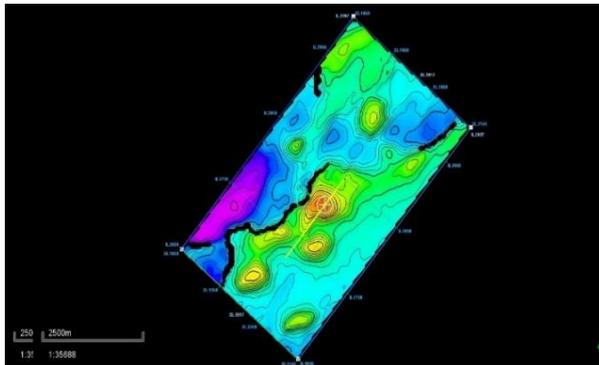
Gambar 2. Diagram alir penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Identifikasi Patahan dan Horizon

Pada Gambar 3 terlihat horizon pada Top Formasi Kujung 1 berada pada *peak*, Kujung *reef* berada pada perselingan *peak* dan *Through* sedangkan pada *Bottom* Formasi Kujung 1 terletak pada *Through*. Proses *picking* horizon ini dilakukan dengan *software* Petrel 2014. Hal itu disebabkan lebih baiknya tampilan kontras warna sehingga kemenerusan reflektor dan identifikasi patahan akan lebih baik.

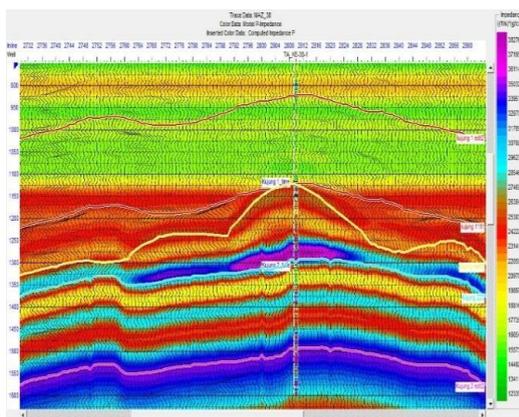
Kesulitan *picking horizon* pada penelitian ini dikarenakan data seismik yang digunakan dalam penelitian adalah data 3D maka diperlukan *quality control* pada *crossline*. Hasil dari *picking horizon* ini yaitu *time map*.



Gambar 3. Peta struktur waktu pada lapisan target: Kujung 1 Reef

Model Awal Inversi

Model awal merupakan nilai AI sumur yang diperoleh dari perkalian log *density* (RHOB) dengan log P-wave. Model awal direkonstruksi dari data sumur acuan yaitu sumur “ABDUH” yang telah terkorelasi secara baik sehingga dapat digunakan sebagai kontrol hasil inversi terhadap kemenerusan lapisan secara lateral pada *inline* 2810.



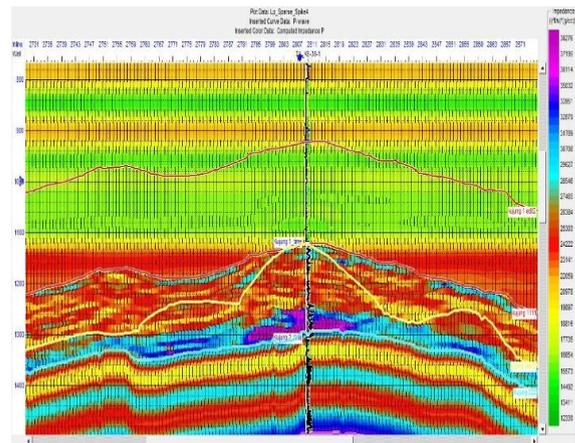
Gambar 4. Penampang Model Awal pada *Inline* 2810 melewati sumur “ABDUH”.

Inversi *Linier Programming Sparse Spike*

Metode inversi *sparse spike* mengasumsikan bahwa reflektivitas suatu model dianggap sebagai rangkaian *sparse spike* yang jarang dan bernilai besar, ditambahkan dengan deret *sparse spike* kecil kemudian dilakukan estimasi *wavelet* berdasarkan asumsi model tersebut. *Trace* seismik akan mengalami penambahan jumlah *sparse spike* baru yang lebih kecil dari *sparse spike* sebelumnya sehingga akan membuat menjadi lebih akurat.

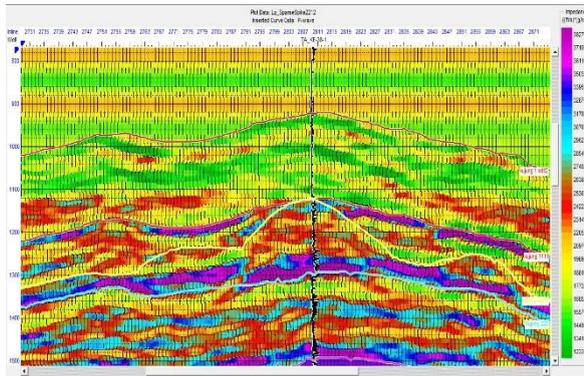
Dalam proses inversi *linier programming sparse spike* terdapat beberapa parameter yang diuji di antaranya:

- Penaikan Batas Horizon
- Perhitungan Skala Inversi
- Perubahan Lebar Jendela



Gambar 5. Sebelum penaikan +200ms

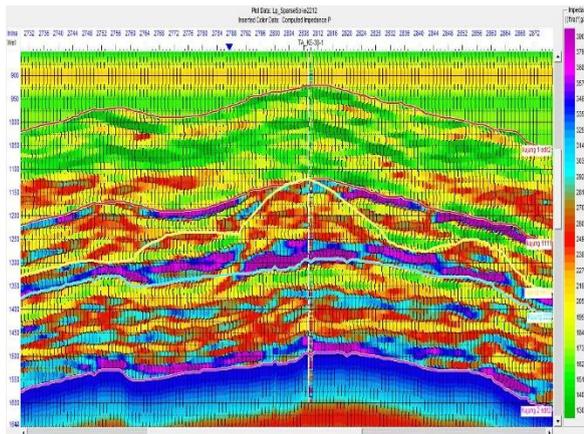
Penaikan batas horizon adalah batas inversi berdasarkan horizon paling atas dan horizon paling bawah. Dalam penelitian ini horizon paling atas adalah horizon kujung 1 dan horizon kujung 2 sebagai batas paling bawah. Proses inversi pertama menggunakan batas horizon kujung 1 dan kujung 2 seperti pada Gambar 5.6a. Hasilnya terlihat adanya efek perhitungan disekitar batas horizon. Oleh karena itu batas paling atas dan paling bawah horizon dinaikan sebanyak 200ms sehingga hasilnya terlihat lebih baik seperti Gambar 6.



Gambar 6. Sesudah penaikan +200ms

Skala inversi adalah skala yang digunakan untuk menghitung inversi dengan skala perhitungan antar *trace* yaitu:

- a) Perhitungan skala umum
- b) Perhitungan skala terpisah
- c) Perhitungan skala yang diatur peneliti



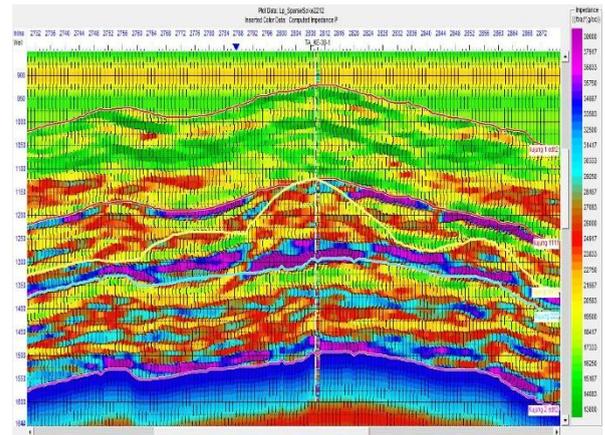
Gambar 7. Hasil Inversi berdasarkan skala yang terpisah

Lebar jendela adalah jumlah sampel yang dihitung dalam satu *trace* seismik. Dalam penelitian ini digunakan perubahan lebar jendela 64, 128, dan 256 sampel tiap *trace* seperti Gambar 8.

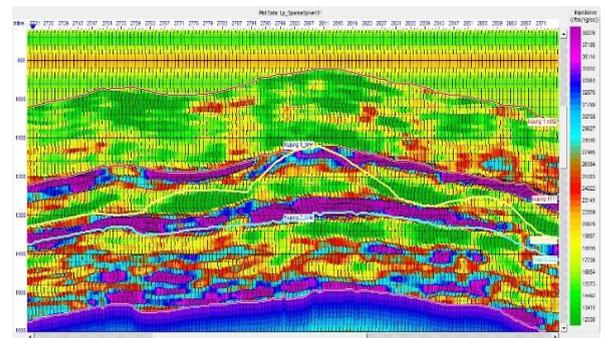
Analisis Inversi

Pada penelitian ini menggunakan metode inversi *Linier Programming Sparse Spike*, sebelumnya juga dilakukan perbandingan terhadap inversi *Bandlimited* dan *Model Based* seperti Tabel 1. Teknik Inversi *Linier*

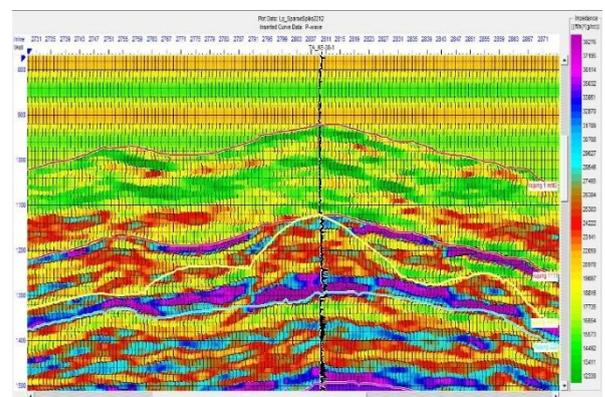
Programming Sparse Spike lebih baik dari teknik inversi lainnya dikarenakan metode ini pada saat dilakukan *trial and error*, metode ini memiliki tingkat *error* yang kecil dan memiliki korelasi yang besar terhadap model awal AI apabila dibandingkan dengan metode inversi *Model Based* dan *Bandlimited* pada Tabel 1.



(a)



(b)

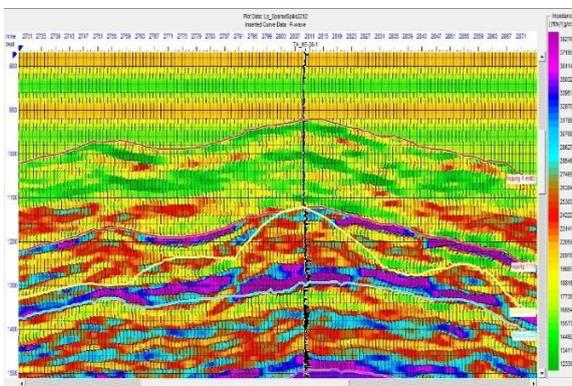


(c)

Gambar 8. Hasil perubahan jendela (a) lebar 64 (b) lebar 128 (c) lebar 256.

Tabel 1. Analisis Inversi *Model Based*, *Bandlimited* dan *Sparse Spike* pada sumur “ABDUH”

Teknik Inversi	“ABDUH”	
	Error AI	Korelasi
<i>Model Based</i>	4408.79	0.837667
<i>Bandlimited</i>	3731.82	0,914581
<i>Linier Programming Sparse Spike</i>	3482.74	0,907412
<i>Maximum Likelihood Sparse Spike</i>	5711.74	0.830951



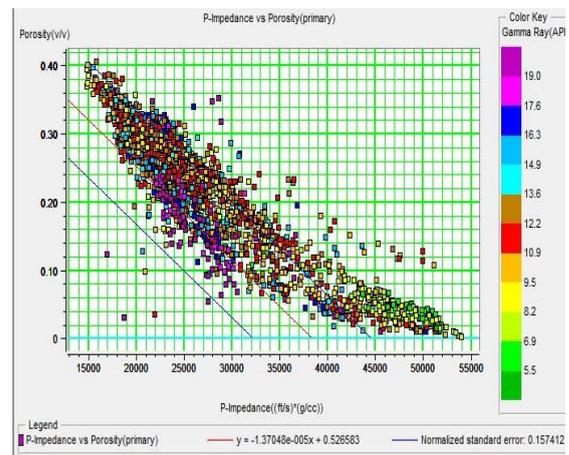
Gambar 9. Penampang Inversi *Linier Programming Sparse Spike* pada Xline 2017 melewati sumur “ABDUH”

Hasil inversi yang dipilih adalah model *linier programming sparse spike* dengan penaikan 200ms pada batas bawah dan atas horizon, lebar jendela 128 sampel tiap *trace* dan menggunakan skala yang terpisah tiap *trace* seperti Gambar 9.

Analisis Crossplot

Analisis crossplot menggunakan data sumur akustik impedansi sebagai sumbu x dan *porosity* sebagai sumbu Y dan gamma ray sebagai *color key* (Gambar 10).

Pada Gambar 10 dapat terlihat hubungan yang linier, daerah yang *porous* memiliki nilai AI sedang berkisar 17000-28000 (ft/s)*(g/cc) sedangkan *porosity* (10-27 %) sedangkan gamma ray berada diatas 15 gAPI.



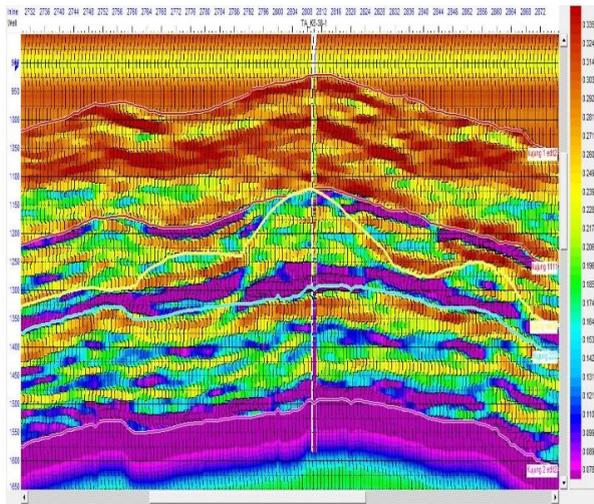
Gambar 10. *crossplot* AI vs Porosity

Ekstraksi Acoustic Impedance ke Porositas

Hasil inversi *Linier Programming Sparse Spike* kemudian di ekstrak menggunakan formula hasil *crossplot* Gambar 10. yaitu:

$$y = -0.0000137048x + 0.526583 \quad (2)$$

Porositas pada Kujung reef yang melewati sumur “ABDUH” antara 8-27%. Porositas kujung Reef yang baik untuk reservoir pada rentang waktu 100-120ms yaitu 21-27% sehingga dapat dikatakan *porous* (Gambar 11). Sedangkan, dalam rentang 30 ms mempunyai porositas sekitar 8-15% sehingga dapat dikatan *tight* yang tidak baik menjadi reservoir hidrokarbon. Total rentang waktu Kujung reef pada sumur “ABDUH” sekitar 150ms. Pada reef lain yang tidak dilewati sumur “ABDUH” juga memiliki karakteristik fisis yang hampir sama hanya rentang waktu (*tuning thickness*) sekitar 20-40 ms. Lapangan “ABDUH” berdasarkan interpretasi seismik memiliki 6 *patch reef* dengan litologi batuan fdx8karbonat.



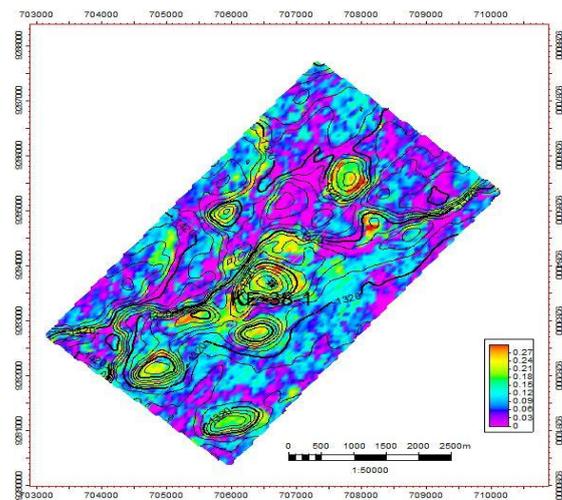
Gambar 11. Porositas zona target penelitian Xline 2017 melewati sumur “ABDUH”

Ekstraksi Value/Distribusi Porositas

Setelah didapatkan peta struktur waktu dari hasil kontur pada layer Kujung 1 dan Kujung Reef kemudian dilakukan ekstraksi value seperti gambar (11). Ekstraksi value dilakukan pada volume data 3D porositas ke dalam horizon target. Penggunaan atribut ini dilakukan untuk melihat penyebaran karbonat. Berdasarkan anomali porositas yang tinggi di indikasikan mempunyai lapisan karbonat yang tebal.

Lingkungan yang kaya akan karbonat umumnya mempunyai amplitudo yang lebih tinggi dibandingkan dengan yang kaya akan serpih. Perbedaan rasio batupasir batuserpih ini dengan mudah dapat dilihat pada peta amplitudo. Gambar 12 menunjukkan bahwa nilai persebaran porositas 21-27 % di bagian patch reef, dan juga ditunjukkan dengan nilai amplitud akustik impedansi 17.000 hingga 28.000 (ft/s*g/cc) Anomali tinggi ini disebabkan karena adanya kontras impedansi dari kontak antara batu pasir yang memiliki impedansi yang lebih tinggi dengan batu lempung yang memiliki impedansi lebih rendah. Alasan mengapa kontras impedansi yang dibandingkan adalah antara karbonat dengan shale karena pada umumnya pada lapisan reservoir di lapangan

“ABDUH” ini terdapat mayoritas karbonat dengan sedikit perselingan shale. Dengan menghubungkan nilai atribut amplitudo serta overlay map dari hasil multiatribut pada lapangan “ABDUH” akan membantu dalam penentuan zona prospek secara lateral. Daerah anomali tinggi tersebut berada di sekitar Formasi Kujung Reef yang memungkinkan hidrokarbon terjebak di dalamnya.



Gambar 12. Peta waktu overlay ekstraksi nilai porositas Kujung 1 Reef

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan bahwa model sparse spike yang digunakan dalam karakteristik reservoir adalah linier programming sparse spike karena mempunyai korelasi dengan log acoustic impedance (AI) dengan error relatif kecil dibandingkan maximum likelihood, sehingga dapat diketahui karakteristik reservoir daerah penelitian adalah reservoir karbonat reef atau diartikan sebagai kujung karbonat reef. Nilai impedansi akustik dan porositas menggunakan inversi linier programming sparse spike pada reservoir karbonat Kujung Reef berkisar 17.000-26.000 (ft/s*g/cc) dan 8-27 %. Persebaran porositas yang sangat baik menjadi reservoir yakni terdapat di

bagian *patch reef* dengan porositas sekitar 21-27 %.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Sukmono, S. (2007) *Fundamentals of Seismik Interpretation*, Geophysical Engineering, Bandung Institute of Technology, Bandung.
- [2] Mudjiono., R., dan Pireno., G. E. (2002) *Exploration Of The North Madura Platform, Offshore East Java. Indonesia*, 28th Annual Convention Proceeding, Indonesian Petroleum Association.
- [3] Maulin, H.B., Armandita, C., Mukti, M.M., Mandhiri, D., Rubyanto, D., dan Romi, S. (2012) *Structural Reactivation and Its Implication on Exploration Play: Case Study of JS-1 Ridge*, 36th IPA annual &exhibition.
- [4] Pendrel, J, van R., P. (2000) *Methodology for Seismik Inversion and Modelling: A Western Canadian Reef Example*, CSEG Recorder, Jason Geosys-tem, Calgary, Canada
- [5] Erfido (2014) *Analisa Petrophysics dan Rock physics dalam Penentuan Pengaruh Heterogenitas Reservoir Batupasir terhadap Evaluasi Formasi Lapangan “x” Cekungan Tarakan, Skripsi, FSM, Universitas Diponegoro, Semarang.*