

## STUDI INVERSI SPARSE SPIKE DENGAN *LINIER PROGRAMMING* DI LAPANGAN X

Aris Ismanto<sup>1</sup>, Suprajitno Munadi<sup>2</sup>, Djoko Rubyanto<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Oseanografi Universitas Diponegoro

<sup>2</sup>Puslitbangtek Migas LEMIGAS

<sup>3</sup>PHE WMO

Email: aris.ismanto@gmail.com.

### ABSTRAK

Metoda inversi *post-stack* merupakan metoda yang paling umum digunakan, karena relatif mudah dilakukan dan ekonomis. Data masukannya harus berupa seismik *zero offset*, dan hasilnya adalah distribusi Akustik Impedansi (AI) yang menggambarkan perlapisan (layer), bukan lagi bidang batas (interfaces) seperti pada seismik biasa. Hilangnya informasi frekuensi rendah dan frekuensi tinggi adalah salah satu persoalan yang sering timbul pada proses inversi. Hal ini terjadi karena pita frekuensi wavelet yang terbatas sehingga informasi deret koefisien refleksi di luar lebar pita wavelet tersebut hilang. Dengan kata lain spectrum wavelet atau deret koefisien refleksi tidak memiliki energy pada frekuensi tersebut atau bernilai nol. Sehingga terjadi ketidakakuratan pada log impedansi akustik. Salah satu teknik inversi yang bisa digunakan untuk mengatasi masalah tersebut adalah metode sparse spike dengan pemrograman linier. Upaya tersebut merupakan proses dalam inversi seismik untuk memperoleh gambaran impedansi akustik yang benar dan tepat, sehingga dapat mempermudah dalam proses interpretasi suatu reservoir serta mengurangi resiko kegagalan dalam pemboran. Pemodelan ini di kerjakan pada batuan karbonat Formasi Kujung dengan menggunakan data sintetik dan data riil. Implementasi program Inversi sparse spike dengan pemrograman linier secara keseluruhan dilakukan dengan menggunakan bahasa pemrograman MATLAB dan Hampson Russel dengan modul Strata. Hasil inversi berupa penampang impedansi Akustik cukup baik digunakan untuk mengkarakterisasi reservoir. Inversi pemrograman linier *sparse spike* dengan implementasi Matlab menghasilkan Impedansi akustik yang sama baiknya dengan program yang sudah ada yaitu *Hampson Russel*. Metode *LP Sparse Spike* cukup baik untuk mengestimasi reflektivitas. Namun estimasi wavelet sumber dan model konstrain yang diberikan akan mempengaruhi hasil inversi .

**Kata kunci:** Linear Programming Sparse Spike Inversion, impedansi akustik, Matlab, Hampson Russel, Strata

### ABSTRACT

Post-stack inversion method is the most commonly used method, because it is relatively easy to do and economical. The data input is zero offset seismic, and the result is a distribution of acoustic impedance (AI), which describes layer, is no longer the interfaces as usual seismic. The loss of low frequency information and high frequency is one of the issues that often arise in the inversion process. This happens because the wavelet frequency band is limited, so the reflection coefficient series information outside wavelet bandwidth is lost. In other words, the wavelet spectrum do not have the energy reflection coefficient at that frequency or zero value. The result in the acoustic impedance log is inaccurate. One inversion technique that can be used to overcome the problem is sparse spike with linear programming method. These efforts are in the process of seismic inversion to obtain the acoustic impedance of the right and proper, so as to simplify the process of interpretation of a reservoir and reduce the risk of failure in drilling. This modeling was done on carbonate rock formations using data Kujung synthetic and real data. Implementation of sparse spike inversion program with linear programming is done using MATLAB programming language and Hampson Russel Strata module. The results of acoustic impedance is good enough to be used to characterize the reservoir. Linear programming sparse spike inversion with Matlab implementations produce an acoustic impedance as well as Hampson Russell. LP Sparse Spike method is well enough to estimate reflectivity. However, the source wavelet estimation and model constraints will influence the inversion results.

**Keyword:** Linear Programming Sparse Spike Inversion, acoustic Impedance, Matlab, Hampson Russel, Strata.



## Pendahuluan

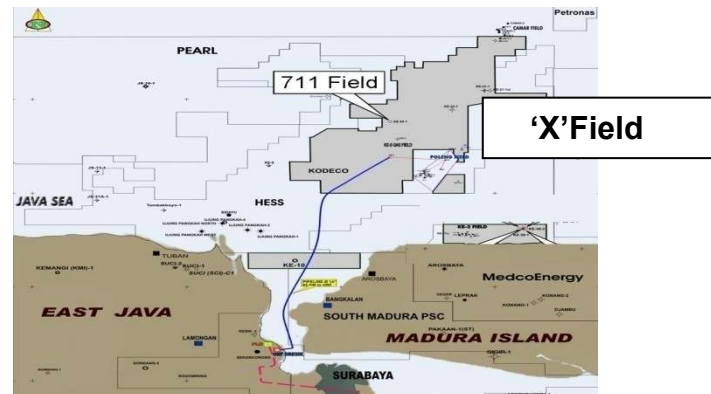
Blok Lepas Pantai “X” merupakan salah satu blok migas yang terletak di lepas pantai utara Madura. Operator migas di blok tersebut telah berhasil melakukan kegiatan eksplorasi dan menemukan beberapa lapangan minyak dan gas dengan target utama pada Formasi Kujung I, yang reservoirnya berupa batuan karbonat terumbu dan memiliki umur sekitar Oligosen Akhir hingga Miosen Awal.

Tantangan terberat saat melakukan eksplorasi dan eksploitasi di batuan karbonat ini adalah variasi karakteristik batuan reservoir yang beragam, antara satu terumbu dengan terumbu lainnya, baik dalam arah vertikal maupun lateral. Keberadaan dan ketebalan kolom hidrokarbon ataupun fluida pengisi reservoir antara satu terumbu dengan terumbu lainnya bisa sangat bervariasi, bahkan pada beberapa kasus, dalam satu terumbu yang sama ketebalan kolom hidrokarbon antara satu sumur dengan sumur lainnya dapat berbeda. Untuk mengatasi tantangan tersebut diterapkan metoda-metoda geofisika, salah satunya adalah seismik inversi.

Seismik inversi adalah suatu teknik untuk membuat model bawah permukaan dengan menggunakan data seismik sebagai input dan data sumur sebagai kontrol (Sukmono, 2000). Berdasarkan data masukan, analisa seismik inversi dapat dikategorikan menjadi inversi data *pre-stack* dan *post-stack*.

Metoda inversi *post-stack* merupakan metoda yang paling umum digunakan, karena relatif mudah dilakukan dan ekonomis. Data masukannya harus berupa seismik *zero offset*, dan hasilnya adalah distribusi Akustik Impedansi (AI) yang menggambarkan perlapisan (layer), bukan lagi bidang batas (interfaces) seperti pada seismik biasa. Walaupun metoda AI ini cukup handal, namun tetap memiliki kelemahan akibat adanya problema ketidakunikan solusi inversi, di mana selalu ada lebih dari satu solusi yang memiliki respons serupa dengan jejak seismik masukan (trace input).

Inversi seismik *post-stack* memberikan hasil resolusi IA yang lebih baik secara lateral dibandingkan data log sumur. Sebaliknya data sumur memberikan resolusi yang lebih baik secara vertikal (Sukmono, 1999). Integrasi dari kedua data diharapkan mampu mengkarakterisasi reservoir secara efektif dan efisien. Inversi seismik *post stack* memiliki beberapa metode diantaranya adalah *band limited*, *model based* dan *sparse spike*. Metode *sparse spike* adalah metode yang akan digunakan, dimana metode ini adalah metode yang paling baik diantara kedua metode yang lain.



Gambar 1. Lapangan “X” yang termasuk blok West Madura Offshore, PHE-WMO Co., Ltd. (Kodeco,2007)

## Prosedur Penelitian

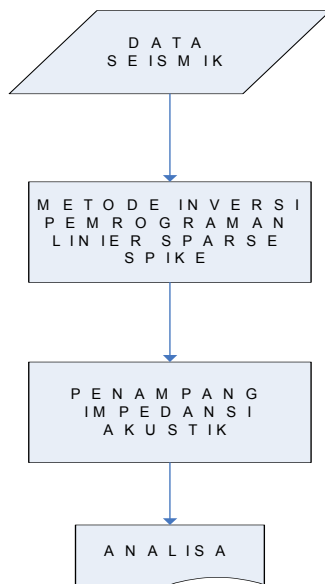
Sebelum melakukan pengolahan data, pemilihan dan pemeriksaan kelayakan data yang akan digunakan dalam penelitian dilakukan terlebih dahulu, baik berupa data seismik, data-data sumur, check shot, dan lain-lain. Ada dua data yang akan digunakan yaitu data sintetik dan data real. Data sintetik merepresentasikan model kolom stratigrafi Cekungan Jawa Timur di wilayah kerja PHE WMO dengan batasan hingga formasi Kujung II. Sementara untuk, data-data real yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Data seismik (SEGY) 2D PSTM dari lapangan “X”
2. Data *check shot* survey sumur “Y” sebagai data referensi sumur sekitar.
3. Data Log (ASCII) sumur lapangan “X”

**Alur Kerja**

Penelitian menggunakan metode linear programming sparse spike inversion. Dimana metode ini diujikan pada dua buah jenis data yaitu data sintetik dan data real untuk kemudian dilakukan analisa terhadap hasil yang diperoleh dari metode tersebut. Pada proses pengerjaannya, tesis ini dibagi atas dua tahap, yaitu menguji algoritma inversi pada data sintetik dan mengimplementasikannya pada data seismik 2D.

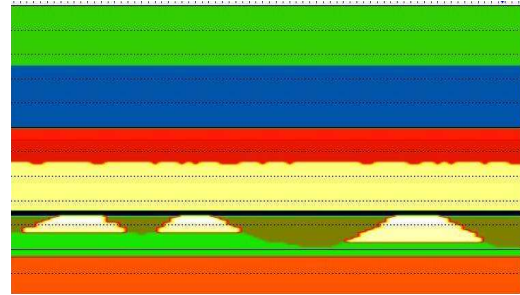
Semua algoritma ditulis dalam bahasa pemrograman MATLAB. Untuk inversi sparse spike dengan pemrograman linier menggunakan Matlab dan Modul Strata pada Hampson Russel dimana keluarannya berupa penampang atau seksion dari Impedansi Akustik .



Gambar 2. Alur Kerja

**Data yang digunakan  
Data Sintetik**

Data sintetik yang digunakan diawali dengan membuat model bumi penampang impedansi akustik, dan penulis mempergunakan model stratigafi seperti digambarkan pada Gambar 3.

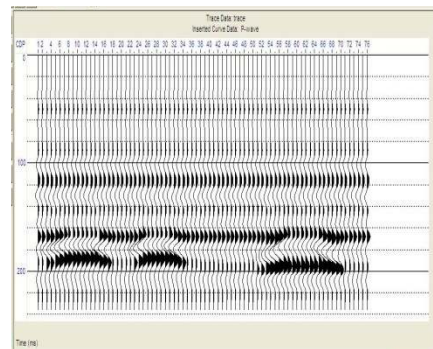


Gambar 3. Model Stratigrafi (Sumber: Aris Ismanto, 2013)

Dari model bumi pada Gambar 3 selanjutnya dapat dibuat data sumur sintetik berupa log vp, density log serta acoustic impedance. Kedalaman pada log sintetik sudah berada dalam domain TWT (Two Way Time), dari log sintetik ini selanjutnya dibuat model bumi 2 dimensi lapisan datar.

Selanjutnya mengambil satu tras dari data impedansi pada model bumi 2 dimensi sehingga diperoleh nilai koefisien refleksi vs twt. Selanjutnya menggunakan wavelet dengan jenis Ricker dan frekuensi dominan 30Hz.

Dengan mengkonvolusikan antara koefisien refleksi dengan wavelet dan menduplikasikannya sebanyak tras dari penampang impedansi maka diperoleh seismogram sintetik seperti ditunjukkan Gambar 4.



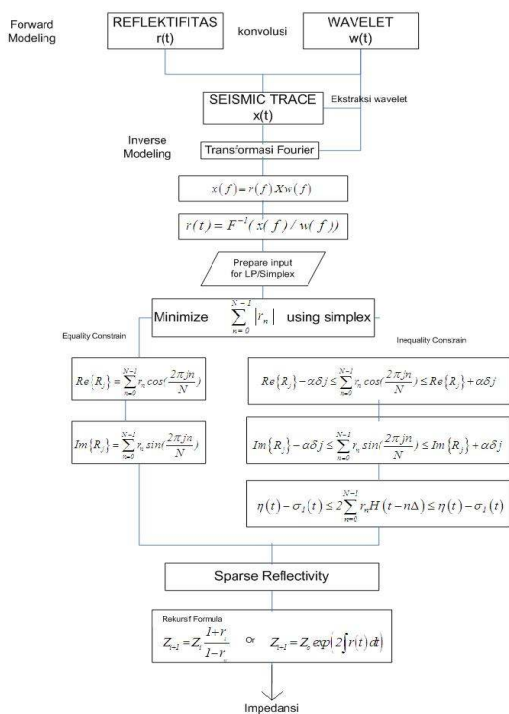
Gambar 4. Penampang seismik sintetik dengan jumlah tras seismik 76

Seismogram sintetik menunjukkan kolom stratigrafi Cekungan Jawa Timur di wilayah kerja PHE WMO dengan batasan hingga formasi Kujung II. Apabila amplitude menunjukkan *peak* artinya impedansi akustik mengalami peningkatan jika dibandingkan

dengan lapisan di atasnya. Nilai amplitudo yang besar menunjukkan kontras impedansi yang besar antara kedua lapisan. Dari tahap-tahap yang sudah dilakukan penulis sudah memiliki data sintetik berupa, penampang seismik, impedansi, dan wavelet yang untuk selanjutnya dipergunakan dalam proses inversi linear program sparse spike inversion.

**LP Sparse Spike Inversion tanpa noise**

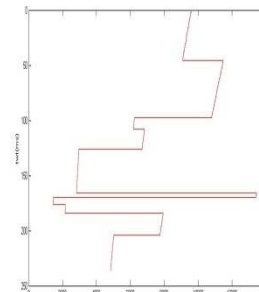
Alur pengolahan ditunjukkan pada bagan proses linear programming sparse spike inversion adalah sebagai berikut :



**Gambar 5.** Diagram alir LP Sparse spike

Dari alur tersebut diujikan kepada data sintetik. Maka didapat koefisien refleksi hasil dekonvolusi. Koefisien refleksi hasil dekonvolusi didapat dengan inversi Fourier Transform dari proses dekonvolusi antara tras seimik dengan wavelet dalam domain frekuensi (Oldenburg,1983). Untuk kemudian koefisien refleksi hasil dekonvolusi tersebut diolah dengan alur proses lp-sparse spike dengan parameter alpha=0 maka menghasilkan koefisien refleksi inversi. Selain itu dilakukan

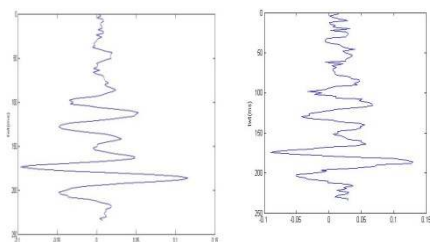
pula perbandingan antara tras seismik model input dengan tras seismik hasil sparse spike. Dengan rumus rekursif maka diperoleh impedansi akustik hasil inversi seperti ditunjukkan pada Gambar 6.



**Gamb** ...ansi akustik (biru model impedansi input dengan merah impedansi hasil proses rekursif)

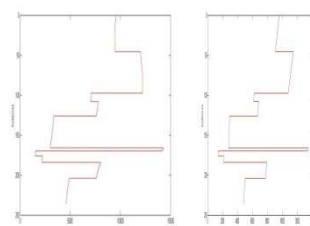
**LP Sparse Spike Inversion dengan noise**

Studi Kasus berikutnya ketika seismic trace diberi noise sebesar 10% dan 30% dari nilai yang ada, maka seismic trace dengan noise tersebut ditunjukkan pada gambar 7.



**Gambar 7.** Tras seismik dengan noise sebesar 10 % (kiri) dan noise 30 % (kanan)

Dengan proses yang sama seperti pada studi kasus tanpa noise (moetode rekursif) maka Impedansi akutik yang dihasilkan ditunjukkan oleh gambar 8.



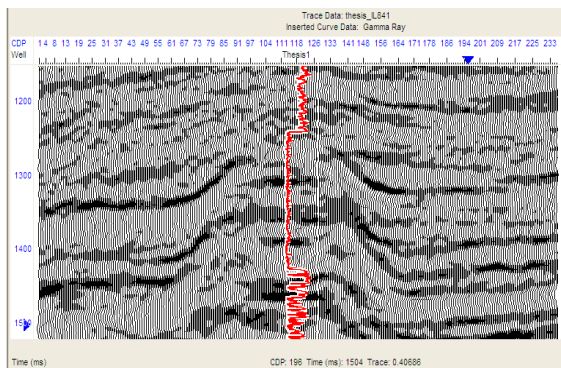
**Gambar 8.** Impedansi Akustik dengan noise sebesar 10 % (kiri) dan noise 30 % (kanan)





## Data Real

Data real yang dipergunakan pada tesis ini yaitu data seismik postack 2D yang disertai data *check shot* survey sumur "Y" sebagai data referensi sumur sekitar dan satu buah data sumur yang memiliki log Gamma Ray, sonic dan density. Data seismik pada penampang ini memiliki total 236 trace dengan nilai twt 1050 ms-1550 ms dengan sampling rate sebesar 2 ms, seperti ditunjukkan pada gambar 9

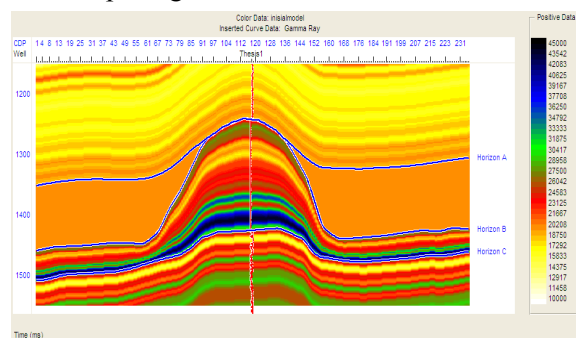


**Gambar 9** Penampang seismik real dengan kurva Gamaray.

Untuk data sumur terdiri dari data log Gamma Ray, sonic dan density. Semua data sudah dikonversi dari depth menjadi time (twt) dengan menggunakan data checkshot survey pada sumur Y. Dari Log Sonic dan Densitas didapatlah Impedansi Akustik. Dari Impedansi Akustik diperoleh Koefisien Refleksi yang akan dikonvolusikan oleh wavelet. Wavelet pada data real sudah diberikan. Didapatlah tras seismik dari hasil konvolusi tersebut. Setelah itu dilakukan proses well to seismic tie, untuk menyamakan sintetik seismic trace dengan defleksi trace seismic pada lokasi sumur. Berdasarkan model geologi pada gambar 9, ditentukanlah suatu horizon interpretasi yang dapat mendefinisikan batas-batas tubuh batugamping terumbu tersebut dengan baik.

Picking horizon yang baik akan berpengaruh terhadap inisal model karena dalam picking ini diperoleh mapping struktur sehingga diperoleh struktur yang mendekati kondisi sesungguhnya. Setelah picking horizon dilakukan, langkah selanjutnya adalah membuat

inisial model. Inisial model ini menggunakan data well sebagai titik kontrol atau acuan. Dari data well yang sudah ada kita mendapatkan impedansi akustik hasil dari perkalian densitas dan *velocity*. Nilai impedansi akustik ini selanjutnya diinterpolasi dengan batasan yang telah kita tentukan. Batasan inisial model ini didapat dari picking horizon yang telah dilakukan sebelumnya. Model inilah yang disebut inisial model yang digunakan sebagai acuan untuk melakukan proses inversi sparse spike dengan pemrograman linier seperti yang terlihat pada gambar berikut.



**Gambar 10.** Inisial Model Penampang Impedansi Akustik

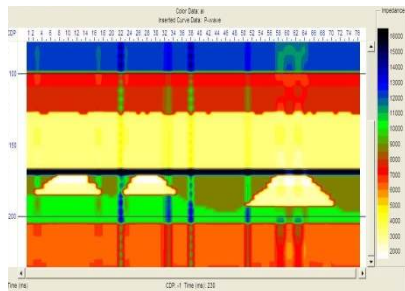
Setelah melakukan proses-proses diatas maka langkah berikutnya adalah melakukan ekstraksi wavelet dari tras seismik. Karena data wavelet sudah diberikan pada skenario ini, maka tinggal kita gunakan untuk proses berikutnya. Untuk selanjutnya melakukan proses dekonvolusi yang dilakukan dengan membagi spektrum amplitude dari tras seismik dibagi dengan spektrum amplitudo dari wavelet dilakukan dalam domain frekuensi. Hasil daripada proses ini adalah koefisien refleksi hasil dekonvolusi (dalam domain frekuensi).

Untuk Selanjutnya koefisien refleksi dari hasil dekonvolusi ini diolah dengan algoritma LP sparse spike (Barrodale,1978) dan menghasilkan penampang impedansi yang kita inginkan. Hasil ini akan ditelaah lebih lanjut pada bab berikutnya yaitu pada hasil dan pembahasan.

**Diskusi**  
**Uji Algoritma Inversi L1-Norm Sparse Spike pada Data Sintetik**

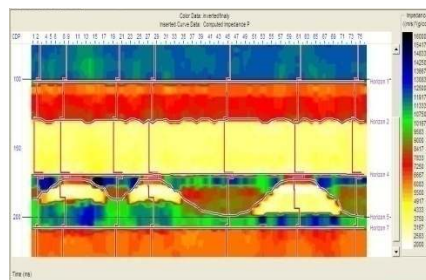
**Hasil Inversi Tanpa Noise**

Hasil inversi untuk penampang impedansi dari pemrograman linier sparse spike dengan implementasi Matlab adalah sebagai berikut :



**Gambar 11** Hasil inversi dengan implementasi Matlab.

Sementara hasil inversi untuk penampang impedansi dari pemrograman linier sparse spike dengan software industri Hampson Russel (HRS) adalah sebagai berikut :



**Gambar 12.** Hasil inversi dengan HRS.

Hasil inversi antara program yang penulis buat dengan software industry menunjukkan hasil yang cukup baik.

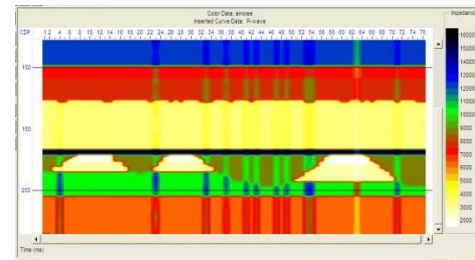
**Pengaruh Inversi Terhadap noise**

Dengan langkah-langkah yang sama yang dilakukan pada inversi tanpa noise, terdapat 2 skenario noise yang dilakukan diantaranya adalah :

a. Noise 10 %

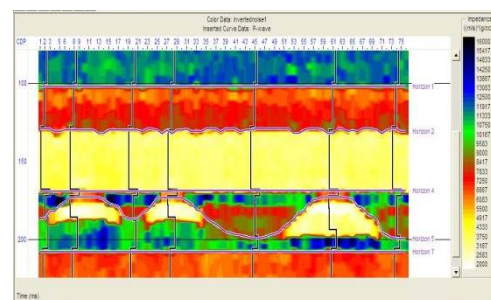
Hasil konvolusi antara wavelet dan koefisien refleksi yang berupa *seismic trace* oleh penulis diberikan suatu noise sebesar 10%. Hasil noise ini didapat dari 10 % nilai seismic trace terbesar dimana hasil tersebut dilakukan perhitungan bilangan random dan nantinya dijumlahkan dengan seismic trace tanpa noise.

Hasil inversi dengan implementasi matlab adalah sebagai berikut:



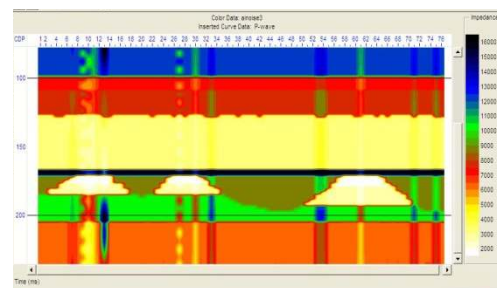
**Gambar 13** Hasil inversi implementasi Matlab dengan noise 10%.

Sementara hasil inversi dengan HRS adalah sebagai berikut :



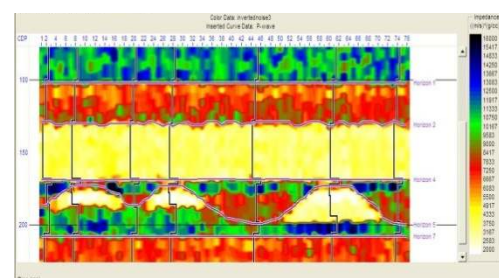
**Gambar 14** Hasil inversi HRS dengan noise 10%.

b. Noise 30 %



**Gambar 15.** Hasil inversi implementasi Matlab dengan noise 30%

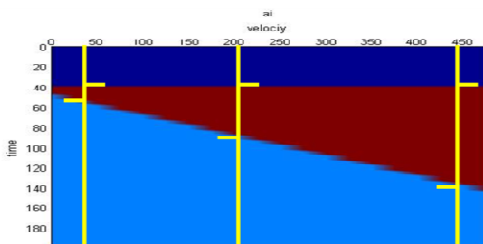
**4.1.3 pengaruh Inversi Terhadap resolusi**



**Gambar 16** Hasil inversi implementasi HRS dengan noise 30%.

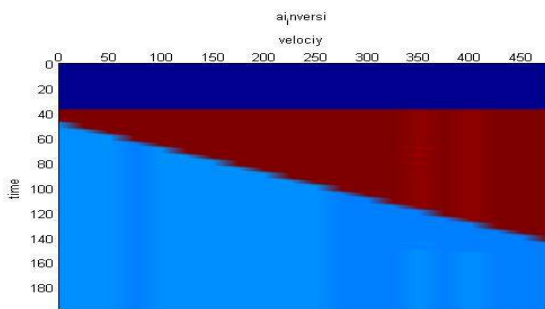
**Pengaruh Inversi Terhadap Resolusi**

Resolusi seismik didefinisikan sebagai jarak minimum diantara dua objek yang dapat diidentifikasi secara terpisah dengan gelombang seismik (Sukmono,1999). Resolusi horizontal dan vertikal di pengaruhi oleh frekuensi dan rasio sinyal-noise dari data seismik. Skenario selanjutnya dalam penelitian ini untuk melihat seberapa baik pengaruh inversi terhadap resolusi dalam hal ini resolusi vertikal. Ilustrasinya dapat dilihat pada gambar 17 dimana akan dilakukan inversi pada penampang impedansi akustik.



**Gambar 17** Penampang Impedansi akustik dengan 3 skenario resolusi vertikal

Dengan proses LP Sparse Spike yang sama seperti diatas maka bisa dilihat pada gambar 18 hasil inversi sparse spike dengan pemrograman linier pada 1 penampang penuh impedansi akustik hasilnya sangat baik.

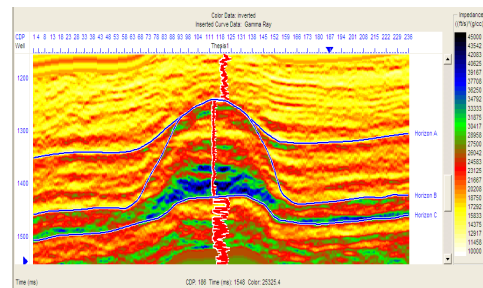


LP sparse spike

**Uji Algoritma Inversi L1-Norm Sparse Spike pada Data Seismik 2D**

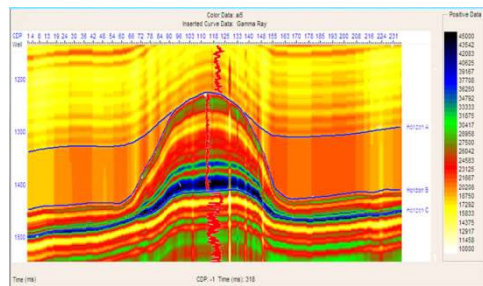
*Hasil pengolahan data real*

Dengan proses LP sparse spike maka hasil pengolahan Inversi pada data zona target dari data seismik postack ditunjukkan pada gambar berikut :



**Gambar 19.** Hasil inversi LP Sparse Spike dengan Matlab

Sementara hasil inversi LP sparse spike dengan Software industri ditunjukkan pada gambar berikut :



**Gambar 20.** Hasil inversi LP Sparse Spike dengan HRS

Hasil yang ditunjukkan pada metode sparse spike dengan implementasi matlab dan Hampson Russel (HRS) berhasil memetakan gambaran impedansi akustik pada zona target, dan sudah mirip dengan model bumi yang dihasilkan dari data impedansi sumur. Bila ditinjau dari sudut pandang frekuensi resolusi baik dari matlab maupun HRS maka pada LP sparse spike berhasil memulihkan rentang frekuensi data seismik dari frekuensi rendah hingga tinggi.

Hasil impedansi dengan implementasi Matlab menunjukkan hasil yang lebih kontinyu terhadap zona target. Hal ini menunjukkan resolusi yang dihasilkan oleh program buatan penulis lebih tinggi dibandingkan dengan software industri HRS. Namun pada program buatan sendiri hasil impedansi akustik yang dihasilkan memiliki sedikit gangguan warna yang kurang smooth hal ini dikarenakan pada program yang dibangun tidak memiliki filter resolusi secara vertikal, sementara di Hampson

Russel memiliki filter tersebut. Dalam proses komputasi metode LP sparse spike membutuhkan waktu yang lebih lama dibandingkan dengan software industri.

Sukmono, Sigit, 1999, *Interpretasi Seismik Refleksi*. Lab. Geofisika Reservoir, Departemen Teknik Geofisika, Institut Teknologi Bandung.

### Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan sebelumnya, beberapa kesimpulan penting adalah sebagai berikut :

- Metode LP Sparse Spike telah mampu menginversi data seismik untuk menghasilkan parameter impedansi akustik.
- Dari berbagai skenario yang dilakukan Impedansi akustik yang dihasilkan pada LP Sparse Spike menghasilkan struktur impedansi yang cukup baik.
- Inversi pemrograman linier *sparse spike* dengan implementasi Matlab menghasilkan Impedansi akustik yang sama baiknya dengan program yang sudah ada yaitu *Hampson Rusell*.
- Metode *LP Sparse Spike* cukup baik untuk mengestimasi reflektivitas. Namun estimasi wavelet sumber dan model konstrain yang diberikan akan mempengaruhi hasil inversi

### Daftar Pustaka

- Barrodale, I. dan F. D. K. Roberts ,1978, An efficient algorithm for discrete L1 linear approximation with linear constraints, SIAM J. Numer. Anal. Vol. 15, No. 3, 603-611.
- Kodeco Energy and Lapi ITB, 2007, *Advanced Sismic Processing & Interpretation For Reservoir Characterization of KE40 Field*, Internal Study-Unpublished.
- Oldenburg, D. W., T. Scheuer dan S. Levy ,1983, Recovery of the acoustic impedance from reflection seismograms, Geophysics, Vol. 48, No. 10, 1318-1337.
- Sukmono, Sigit, 2000, *Seismik Inversi Untuk Karakterisasi Reservoir*. Lab. Geofisika Reservoir, Departemen Teknik Geofisika, Institut Teknologi Bandung.