

# KARAKTERISASI RESERVOAR HIDROKARBON PADA LAPANGAN “TAB” DENGAN MENGGUNAKAN PEMODELAN INVERSI IMPEDANSI AKUSTIK

Adi Sutanto Simanjuntak, Bagus Sapto Mulyatno, Muh. Sarkowi

*Jurusan Teknik Geofisika FT UNILA  
Jln. Prof Sumantri Brojonegoro No.1 Bandar Lampung INDONESIA  
Email: adisutanto\_simanjuntak@yahoo.com*

## ABSTRACT

Research has been performed with the characterization of hydrocarbon reservoir in “TAB” field using acoustic impedance inversion modeling. Acoustic impedance (AI) is a rock's ability to parse seismic waves that is the product results from rock density and velocity. Acoustic impedance also influenced by the type of litology, pressure, temperature, porosity and fluid content. This research used AI inversion method because a result of this inversion can give a imaging of the actual subsurface conditions, so that it can mapping the distribution of porosity reservoir target. The purpose of this research is determine value of acoustic impedance inversion results in the reservoir, estimate value of porosity a rocks in the reservoir and mapping the pattern of spread reservoir through analysis of acoustic impedance and porosity values. with comparing the results of inversion from some inversion modeling such as *Bandlimited*, *Model Based* and *Linear Programming Sparse-Spike*, so used is *linear programming sparse spike* model. The result of *linear programming sparse spike* model showing good correlation is 0.927 and the small error is 0.440 and does not depend on initial model, so it is good to used for targets that have a high reflectivity value. The results of inversion showing acoustic impedance located in low impedance zone between 2000 m/s\*gr/cc - 3458 m/s\*g/cc with depth around 1500 to 1700 ms. From this results has been slicing of the data. This slicing data is done with a window on 10 ms under the horizon, 20 ms under the horizon, and 30 ms under the horizon. Distribution of porosity inversion results is done by using 7 attribute. The results of porosity distribution obtained an average of 30%. Slicing porosity that shows the acoustic impedance values located in low anomaly which have a high porosity.

Keyword: Acoustic Impedance (AI), *Linear Programming Sparse Spike (LPSS)*, porosity

## I. PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Karakterisasi reservoir merupakan suatu proses untuk menjabarkan secara kualitatif dan atau kuantitatif karakter reservoir menggunakan semua data yang ada (Sukmono, 2002). Karakterisasi reservoir penting dilakukan untuk mengetahui keadaan bawah permukaan, terutama bagian reservoir minyak dan gas. Karakterisasi reservoir dapat ditentukan dengan mengetahui persebaran porositasnya. Dalam penentuan karakterisasi reservoir metode yang banyak digunakan adalah metode seismik inversi impedansi akustik. Impedansi Akustik (IA) adalah suatu kemampuan batuan untuk melewatkan gelombang seismik yang merupakan hasil perkalian dari densitas batuan dan kecepatan. Impedansi akustik juga dipengaruhi oleh tipe litologi, tekanan, suhu, porositas dan kandungan fluida. Metode inversi impedansi akustik adalah

suatu proses untuk mengubah data seismik menjadi data impedansi akustik.

Pada penelitian ini digunakan metode inversi impedansi akustik karena hasil dari inversi ini dapat memberikan gambaran keadaan bawah permukaan yang sebenarnya, sehingga dapat memetakan sebaran porositas reservoir target.

### 1.2. Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang maka tujuan pada penelitian ini adalah menentukan nilai impedansi akustik hasil inversi pada reservoir, memperkirakan nilai porositas suatu batuan pada reservoir, dan memetakan pola penyebaran reservoir melalui analisis nilai impedansi akustik dan porositas.

### 1.3. Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dalam penelitian tugas akhir ini adalah :

1. Membandingkan hasil inversi impedansi akustik dari beberapa pemodelan inversi seperti *Bandlimited*, *Model Based* dan *Linear Programming Sparse-Spike*.
2. Konsep karakterisasi reservoir yang dilakukan hanya porositas dan impedansi Akustik.
3. Hasil data akhir penelitian ini adalah peta sebaran impedansi akustik dan porositas.

## II. GEOLOGI REGIONAL

### 2.1. Geologi Regional Daerah Penelitian

Secara tektonik Lapangan “TAB” terletak di Sub Cekungan Palembang Selatan (South Palembang Sub Basin) pada Cekungan Sumatera Selatan (South Sumatera Basin) yang terletak pada jalur Sesar Lematang yang membentuk Antiklinorium dan yang memanjang dari Pendopo hingga Mambang-Sebasa. Sumur TAB terletak sekitar 140 km sebelah barat kota Palembang atau sekitar 20 km sebelah utara dari lapangan Musi. Secara administratif, lokasi sumur ini terletak di Kabupaten Musi Rawas, Propinsi Sumatera Selatan (Gambar 1).

### 2.2. Struktur

Struktur TAB saat ini berupa antiklin yang terbentuk akibat pelipatan pada fasa tektonik Plio-Pleistosen mengikuti pola antiklin yang berada di sepanjang sesar lematang mulai dari Lapangan Limau di sebelah tenggara - Tinggian Sebaku di barat laut.

### 2.3. Stratigrafi

Secara stratigrafi regional daerah “TAB” tersebut dimulai dari *Basement* dengan litologi *slate* yang berstruktur *slaty cleavage*, perselingan serpih, tufa dan batulanau dengan sisipan batupasir yang makin ke bawah ditandai dengan meningkatnya sifat tufaan dan munculnya sisipan lapisan batubara menembus Formasi Lahat. Formasi Talangakar (TAF) dibedakan menjadi *TRM* (*Transitional Member*) dengan didominasi serpih gampingan berselingan batulanau dan bersisipan batupasir dengan sedikit batugamping dan *GRM* (*Gritsand Member*) dicirikan serpih dengan laminasi mineral karbon bersisipan batulanau dan

batupasir silikaan atau ditandai dengan hilangnya sifat gampingan (Gambar 2).

## III. TEORI DASAR

### 3.1. Metode Inversi Seismik

Pada metode inversi seismik penampang seismik dikonversi kedalam bentuk impedansi akustik yang merepresentasikan sifat fisis batuan sehingga lebih mudah untuk diinterpretasi menjadi parameter-parameter petrofisik misalnya untuk menentukan ketebalan, porositas dan penyebarannya.

Berdasarkan algoritma, inversi amplitudo terbagi atas *band limited*, *model based*, dan *sparse spike*.

#### 3.1.1 Inversi Rekursif/ *Bandlimited*

Inversi rekursif atau yang sering disebut dengan *bandlimited inversion* merupakan inversi yang mengabaikan efek *wavelet* seismik dan memperlakukan seolah-olah *trace* seismik merupakan kumpulan koefisien refleksi yang telah di *filter* oleh *wavelet* berfasa nol (Russel, 1996).

#### 3.1.2 Inversi *Model Based*

Prinsip metode ini adalah membuat model *geologi* dan membandingkannya dengan data *rill* seismik (Russel, 1999). Metode inversi berbasis model dapat mengembalikan frekuensi rendah dan tinggi yang hilang dengan cara mengkorelasikan data seismik dengan respon seismik dari model *geologi*.

#### 3.1.3 Inversi *Sparse Spike*

Dalam metode *sparse spike* ini terdapat beberapa teknik dekonvolusi, karena metode ini mengasumsikan beberapa model reflektifitas dan membuat estimasi *wavelet* berdasarkan model asumsi tersebut (Russel, 1996).

### 3.2. Inversi Impedansi Akustik

Impedansi Akustik merupakan kemampuan fisis batuan untuk dilewati oleh gelombang akustik. Secara matematis impedansi akustik batuan adalah hasil perkalian antara kecepatan dengan densitas suatu batuan, sebagai berikut :

$$IA = V \times \rho$$

dimana :

IA = Impedansi Akustik

V = Kecepatan gelombang seismik

$\rho$  = densitas batuan

Setiap adanya perubahan impedansi akustik di bawah permukaan bumi akan menimbulkan koefisien refleksi (Sukmono, 1999) yang dirumuskan sebagai berikut:

$$KR = \frac{IA_2 - IA_1}{IA_2 + IA_1} = \frac{\rho_2 V_2 - \rho_1 V_1}{\rho_2 V_2 + \rho_1 V_1}$$

dimana :

KR = koefisien refleksi

= impedansi akustik lapisan pertama

= impedansi akustik lapisan kedua

= densitas

= kecepatan

### 3.3. Wavelet

Wavelet adalah gelombang mini atau 'pulsa' yang memiliki komponen amplitudo, panjang gelombang, frekuensi dan fasa. Dalam istilah praktis wavelet dikenal dengan gelombang yang merepresentasikan satu reflektor yang terekam oleh satu geophone. Ada empat jenis wavelet yang umum diketahui, yaitu zero phase, minimum phase, maximum phase, dan mixed phase (Sukmono, 1999).

### 3.4. Well Logging

Well Logging merupakan suatu teknik untuk mendapatkan data bawah permukaan dengan menggunakan alat ukur yang dimasukkan ke dalam lubang sumur, untuk evaluasi formasi dan identifikasi ciri-ciri batuan di bawah permukaan. Tujuan dari well logging adalah untuk mendapatkan informasi litologi, pengukuran porositas, pengukuran resistivitas, dan kejenuhan hidrokarbon. Sedangkan tujuan utama dari penggunaan log ini adalah untuk menentukan zona, dan memperkirakan kuantitas minyak dan gas bumi dalam suatu reservoir (Harsono, 1997).

### 3.5. Karakterisasi Reservoir

Karakterisasi suatu reservoir sangat dipengaruhi oleh karakteristik batuan penyusunnya, fluida

reservoir yang menempatnya dan kondisi reservoir itu sendiri, yang satu sama lain akan saling berkaitan. Suatu batuan reservoir juga harus mempunyai kemampuan untuk meloloskan fluida yang terkandung di dalamnya, yaitu dengan melihat porositas suatu batuan.

#### 3.5.1 Porositas

Porositas ( $\emptyset$ ) merupakan perbandingan antara volume pori batuan dengan volume totalnya. Perbandingan ini biasanya dinyatakan dalam persen (%) yang dirumuskan dengan :

$$\emptyset = \left( \frac{V_p}{V_t} \right) \times 100\%$$

Tabel 1. Skala penentuan baik tidaknya porositas absolut batuan suatu reservoir (Koesoemadinata, 1978)

Harga Porositas	Skala
0 – 5 %	Diabaikan ( <i>negligible</i> )
5 – 10 %	Buruk ( <i>poor</i> )
10 – 15 %	Cukup ( <i>fair</i> )
15 – 20 %	Baik ( <i>good</i> )
20 – 25 %	Sangat baik ( <i>very good</i> )
>25 %	Istimewa ( <i>excellent</i> )

## IV. METODE PENELITIAN

### 4.1. Alat dan Bahan

Data utama yang digunakan pada penelitian ini adalah data seismik 3D *post stack*, data log (terdiri dari data log sumur, data marker, data Vertical Seismic Profile), dan data horizon. Selain data di atas digunakan juga data pendukung seperti data geologi regional dan stratigrafi daerah penelitian. Software yang digunakan pada penelitian ini adalah Humpson Russel CE8/R4.

### 4.2. Well Seismic Tie

Pengikatan data sumur ke data seismik dilakukan dengan mengikat data sumur yang berupa data dalam domain kedalaman terhadap data seismik yang berupa data dalam domain waktu. Proses pengikatan ini dilakukan dengan memasukkan

data *VSP* sebagai jembatan dari kedua data tersebut. Proses pengikatan ini juga dilakukan untuk meletakkan posisi *horizon* pada kedalaman yang sebenarnya. Proses pengikatan data sumur ke data seismik dinamakan *well seismic tie* (Gambar 3).

**4.3. Picking Horizon**

*Picking horizon* adalah suatu cara yang dilakukan dengan membuat garis *horizon* pada suatu kemenerusan lapisan pada penampang seismik. Pada penelitian ini, *picking horizon* hanya dilakukan pada dua *horizon*, yaitu *Top TAF* dengan garis warna biru dan *Bottom TAF* dengan garis warna merah. Pemilihan *horizon* ini dilakukan karena dianggap merupakan kemenerusan dari *horizon* target yang sudah ditentukan.

**4.4. Initial Model**

*Initial Model* ini sangatlah diperlukan untuk membuat suatu inversi karena merupakan pengontrol suatu hasil inversi. *Initial Model* ini dibuat dengan menggunakan 2 *horizon*, 1 sumur kontrol, dan geometri yang sama dengan geometri yang awal (Gambar 4).

**4.5. Analisis Hasil Inversi**

Setelah selesai melakukan *initial model*, maka yang harus dilakukan adalah analisis sebelum dilakukannya inversi. Analisis ini dilakukan dengan menggunakan semua metode teknik inversi yaitu *model based*, *band limited*, *linear programming sparse spike*. Dari analisis tersebut akan diperoleh nilai korelasi dan *error* antara *initial model* terhadap setiap metode teknik inversi (Gambar 5, Gambar 6, Gambar 7).

Tabel 2. Koefisien nilai korelasi dan *error* hasil inversi

Metode Inversi	Nilai Korelasi	Nilai Error
<i>Model Based</i>	0.987	0.157
<i>Bandlimited</i>	0.783	262.49 9
<i>Linear Programming Sparse Spike</i>	0.927	0.440

Dilihat dari nilai korelasi *Model Based* lebih besar, tetapi proses inversi ini dilakukan dengan data dari model, bukan seismik, sehingga resolusi meningkat dan metode ini baik digunakan untuk target yang memiliki reflektifitas rendah. Sementara *Linear Programming Sparse Spike* tidak tergantung pada model awal, dan resolusinya meningkat karena *bandwidth* meningkat, sehingga baik digunakan untuk target yang memiliki nilai reflektifitas yang tinggi.

**4.6. Diagram Alir Penelitian**

Diagram alir yang dilakukan pada penelitian ini terlihat pada Gambar 8.

**V. HASIL DAN PEMBAHASAN**

**5.1. Crossplot dan Crosssection Log Impedansi Akustik dan Log Porositas**

Hasil dari *crossplot* dan *crosssection* menunjukkan bahwa nilai impedansi akustik yang rendah berasosiasi dengan porositas yang tinggi (Gambar 9 dan Gambar 10).

Zona warna kuning merupakan zona (batu pasir) yang berada pada formasi (Talang Akar) dengan batas ketebalan 1350 m. Zona ini menunjukkan perbedaan distribusi porositas pada zona target yang merupakan batuan *sand* dengan porositas yang lebih besar dari formasi dengan batuan *shale* (formasi Gumai).

**5.2. Sebaran Impedansi Akustik Hasil Inversi**

Hasil dari inversi *Linear Programming Sparse Spike* menunjukkan anomali rendah pada impedansi akustik yaitu 2000 m/s\*gr/cc - 3458 m/s\*gr/cc yang ditandai dengan warna hijau dengan kedalaman sekitar 1500-1700 ms. Dari

hasil ini dilakukan *slicing* data. *Slicing* data ini dilakukan dengan *window* pada 10 ms di bawah *horizon*, 20 ms di bawah *horizon*, dan 30 ms di bawah *horizon*. *Slicing* data pada *window* 10 ms di bawah *horizon* menunjukkan bahwa anomali impedansi akustik berada pada zona rendah yang berwarna hijau (Gambar 11). *Slicing* data pada *window* 20 ms di bawah *horizon* menunjukkan bahwa anomali impedansi akustik sudah mulai tinggi ditandai dengan warna kuning pada daerah sumur penelitian (Gambar 12). Sedangkan *slicing* data pada *window* 30 ms di bawah *horizon* menunjukkan bahwa anomali impedansi akustik semakin tinggi dan ditandai dengan warna merah pada daerah sumur penelitian (Gambar 13).

### 5.3. Sebaran Porositas Hasil Inversi

Hasil konversi porositas dari *single* atribut menunjukkan bahwa inversi impedansi akustik berada pada zona *low impedance*, sehingga hasil keluaran konversi porositas menunjukkan porositas tinggi (Gambar 14). Distribusi porositas yang diperoleh pada penelitian ini adalah baik, dimana mencapai nilai rata-rata 30 % dari zona reservoir yang ditunjukkan warna kuning. Data *slice* porositas berkebalikan dengan data *slice* impedansi akustik, dimana *slice* porositas menunjukkan porositas tinggi di sekitar sumur penelitian sedangkan *slice* impedansi akustik menunjukkan impedansi rendah. *Slicing* data pada *window* 10 ms di bawah *horizon* menunjukkan bahwa porositas berada pada zona tinggi yang berwarna merah (Gambar 15). *Slicing* data pada *window* 20 ms di bawah *horizon* menunjukkan bahwa anomali porositas rendah ditandai dengan warna kuning pada daerah sumur penelitian (Gambar 16). Sedangkan *slicing* data pada *window* 30 ms di bawah *horizon* menunjukkan bahwa anomali porositas semakin rendah dan ditandai dengan warna kuning dan merah pada daerah sumur penelitian (Gambar 17).

## VI. KESIMPULAN DAN SARAN

### 6.1. Kesimpulan

Dari hasil pengolahan dan analisis data dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil model impedansi akustik pada *Model Based* menunjukkan nilai korelasi yang lebih

tinggi dan *error* paling kecil, tetapi sangat bergantung pada model awal dan memiliki reflektifitas yang rendah. Sedangkan hasil model impedansi akustik menggunakan metode *Linear Programming Sparse Spike* menunjukkan korelasi baik dan *error* yang kecil karena tidak tergantung pada model awal, sehingga baik digunakan untuk target yang memiliki nilai reflektifitas yang tinggi.

2. Pada penelitian ini lebih cocok menggunakan metode *Linear Programming Sparse Spike* karena impedansi akustik memiliki nilai reflektifitas tinggi.
3. Hasil inversi menunjukkan impedansi akustik berada pada zona impedansi rendah antara 2000 m/s\*gr/cc - 3458 m/s\*gr/cc yang ditunjukkan dengan gambar warna hijau dengan kedalaman sekitar 1500-1700 ms. Distribusi porositas pada penelitian ini menghasilkan porositas rata-rata sebesar 30% dari reservoir target.
4. Pada data *slicing porosity*, nilai impedansi akustik berada pada anomali rendah yang memiliki porositas tinggi.

### 6.2. Saran

Adapun beberapa saran dari penulis adalah sebagai berikut:

1. Dalam pengolahan data 3D ini, disarankan tidak hanya menggunakan satu sumur, agar hasil inversi yang diperoleh lebih valid dan bisa dilakukan pembuatan sumur usulan.
2. Inversi impedansi akustik sudah sangat baik digunakan untuk mengidentifikasi reservoir target, tetapi belum bisa menganalisis isi kandungan reservoir target, maka perlu dilakukan *processing* lebih lanjut untuk mengetahui isi kandungan reservoir, seperti *Elastic Impedance Inversion* ataupun *Extended Elastic Impedance Inversion*.

## DAFTAR PUSTAKA

- Bakosurtanal, 2002. Cakupan Data Kabupaten/Kota Sumatera Selatan. Bakosurtanal. Cibinong.
- Harsono, A., 1997. Evaluasi Formasi dan Aplikasi Log, Revisi (Edisi) ke 8, Schlumberger Oilfield Services, Jakarta, Indonesia.

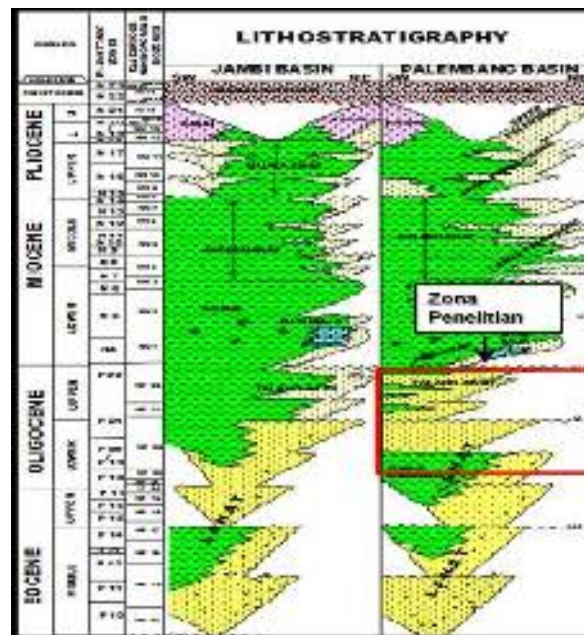
Koesoemadinata, R.P., 1978, Geologi Minyak dan Gas Bumi, Bandung: ITB.  
 Laporan pengeboran P.T. PERTAMINA, 2006.  
 Russell, B. H., 1996, Installation and Tutorials. Hampson-Russell Software Service Ltd. USA.

Sukmono, S., 1999, Interpretasi Seismik Refleksi, Geophysical Engineering, Bandung Institute of Technology, Bandung.  
 Sukmono, S., 2002. Seismik Inversion and AVO Analysis For Reservoir Characterization, Departemen Teknik Geofisika ITB, Bandung.

**LAMPIRAN**

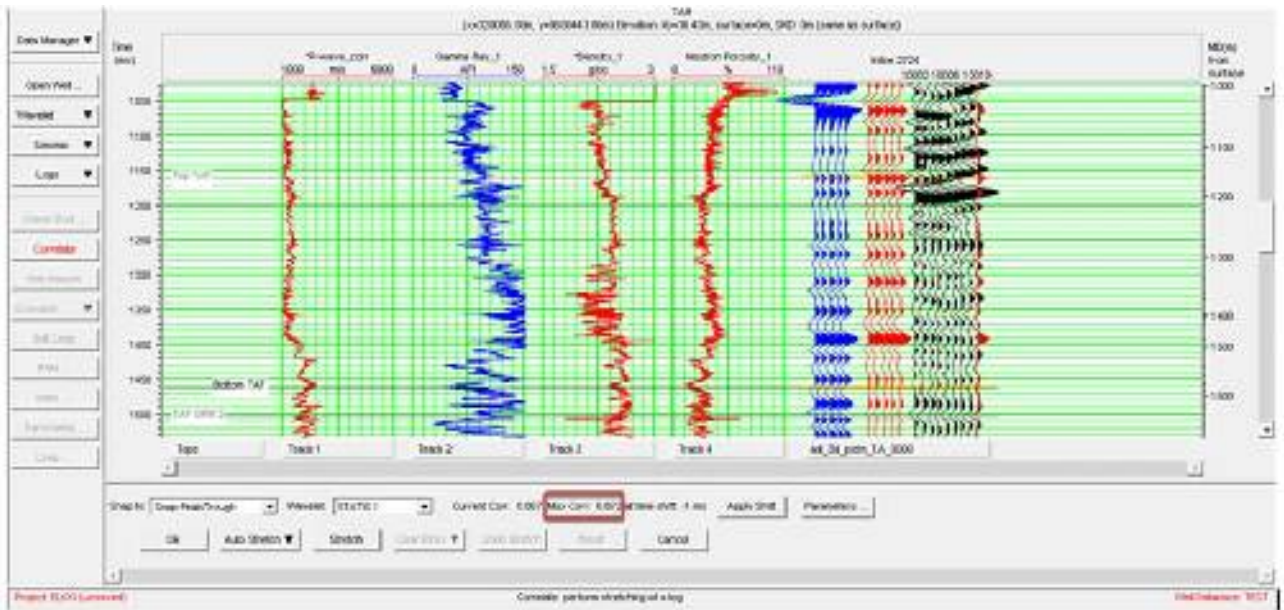


**Gambar 1.** Lokasi Lapangan “TAB” pada Cekungan Sum-Sel (Bakosurtanal, 2002)

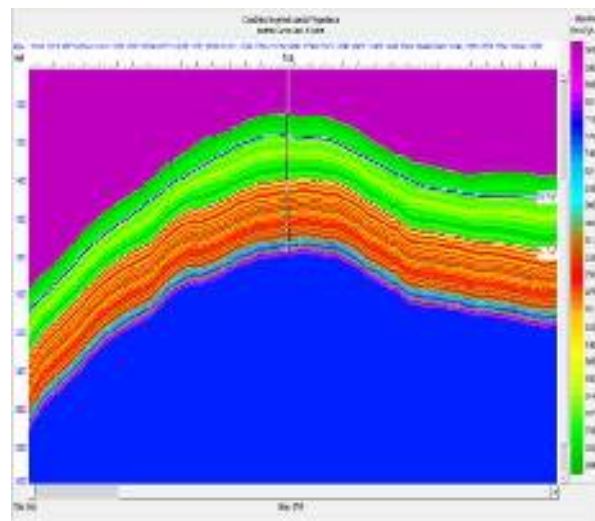


**Gambar 2.** Kolom Lithostratigraphy Cekungan Palembang dan zona penelitian (Laporan Pengeboran PT Pertamina Region Sumatera, 2006)

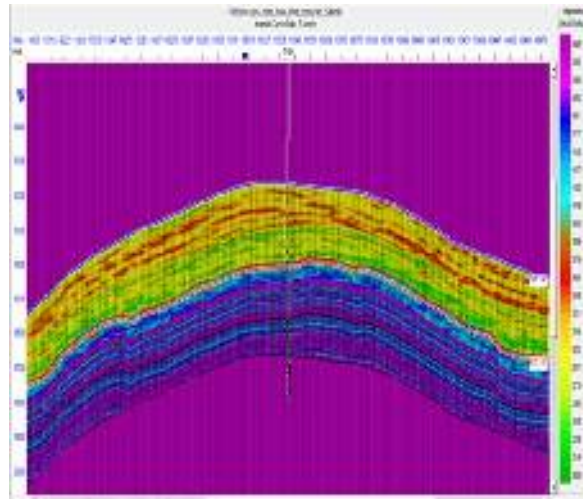




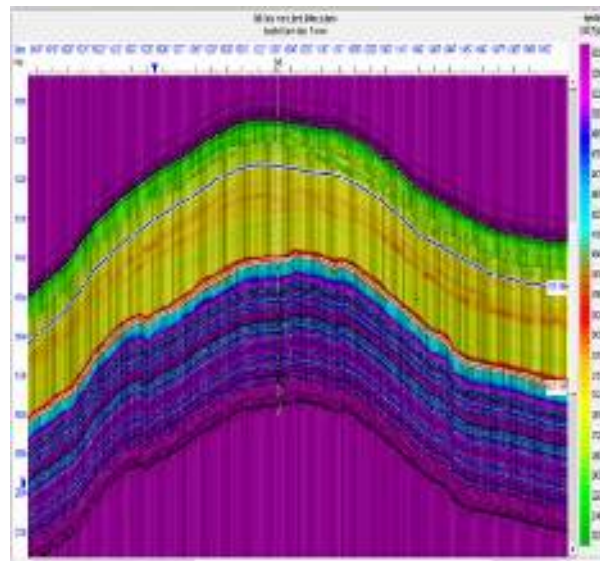
**Gambar 3.** Korelasi data sumur dengan data seismik dengan nilai koefisien korelasi 0.872



**Gambar 4.** *Initial Model*

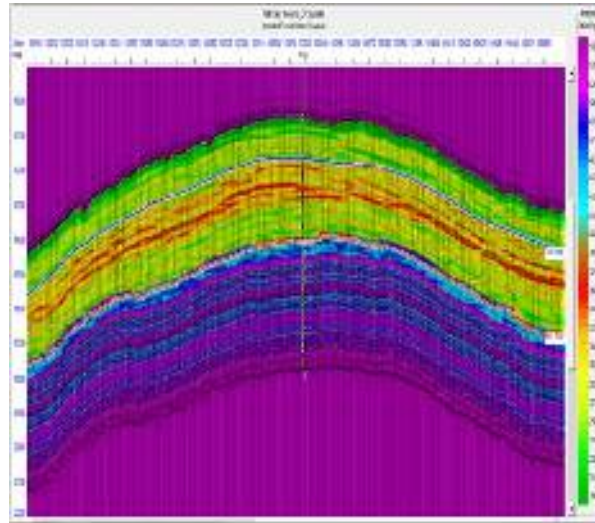


**Gambar 5.** Inversi *Model Based*

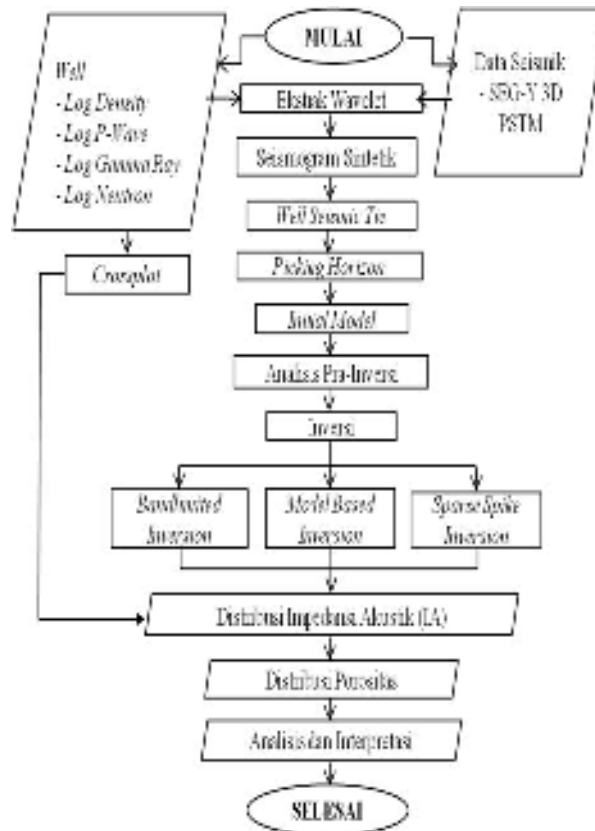


**Gambar 6.** Inversi *Bandlimited*

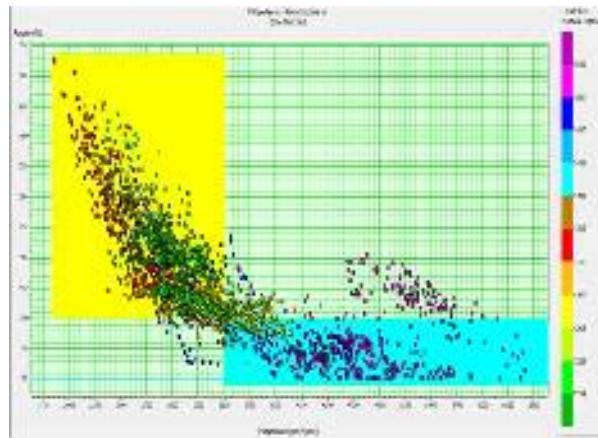




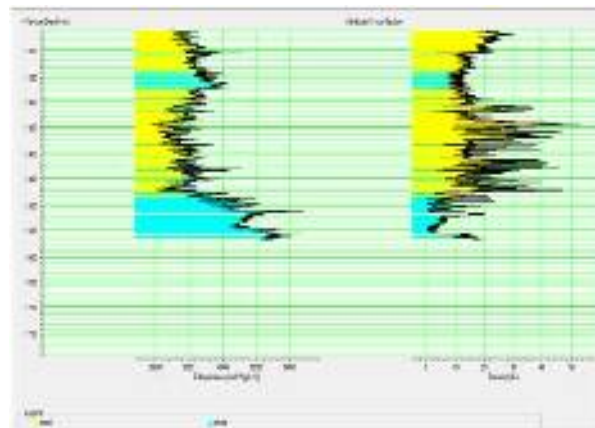
**Gambar 7.** Inversi *Linear Programming Sparse Spike*



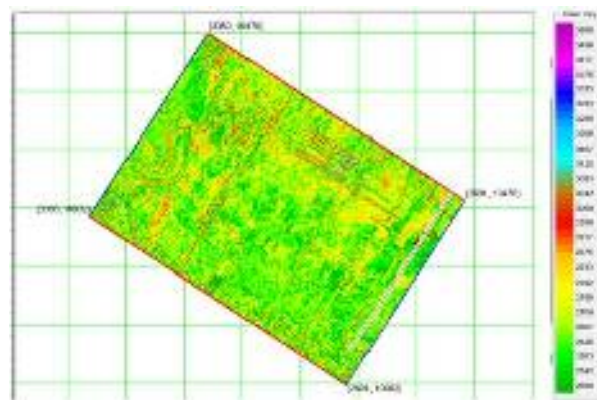
**Gambar 8.** Diagram Alir Penelitian



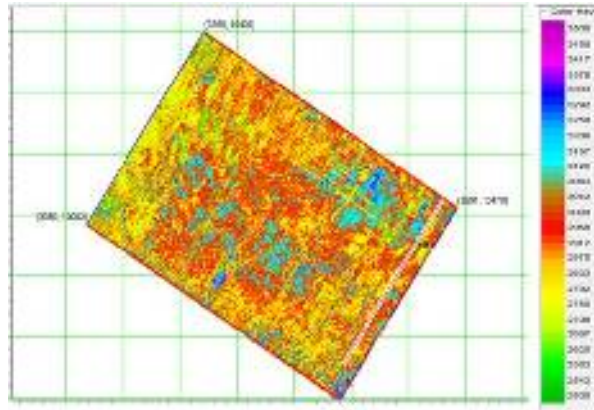
**Gambar 9.** *Crossplot log* impedansi akustik terhadap porositas dengan zona kuning adalah *sand* dan zona biru adalah *shale*



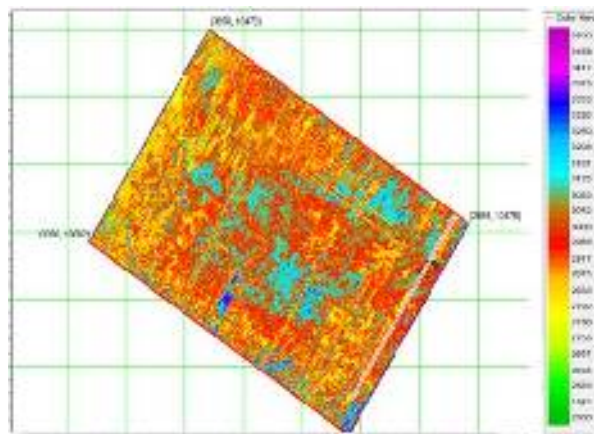
**Gambar 10.** *Crosssection log* impedansi akustik terhadap porositas



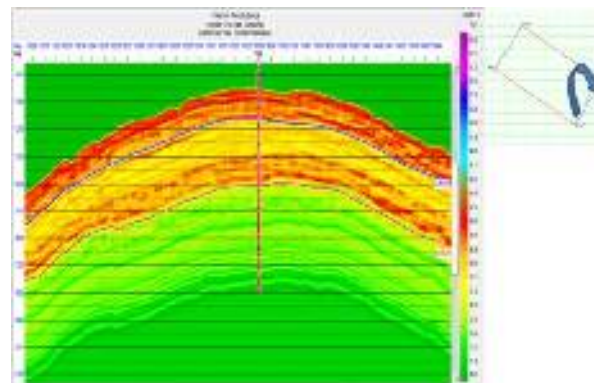
**Gambar 11.** *Slicing* impedansi akustik pada kedalaman 10 ms di bawah *horizon*



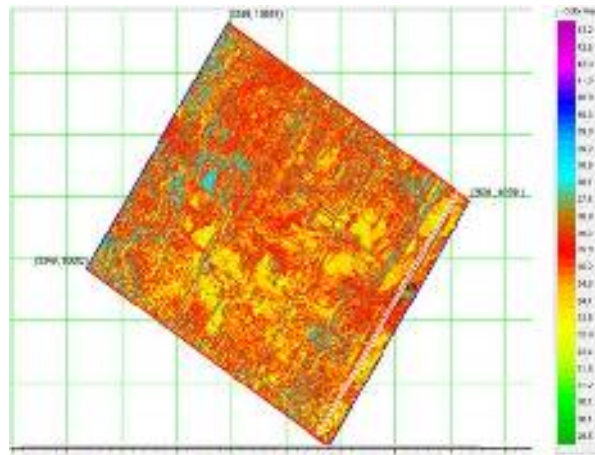
**Gambar 12.** *Slicing* impedansi akustik pada kedalaman 20 ms di bawah *horizon*



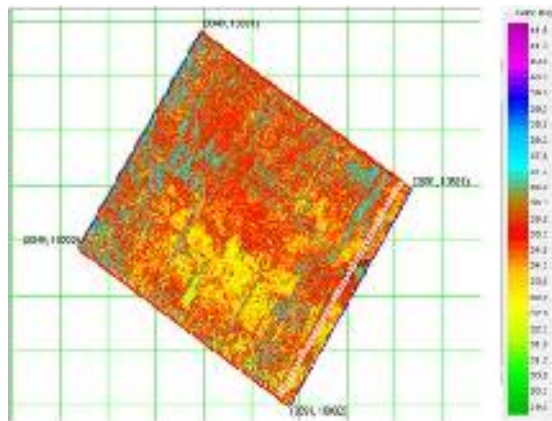
**Gambar 13.** *Slicing* impedansi akustik pada kedalaman 30 ms di bawah *horizon*



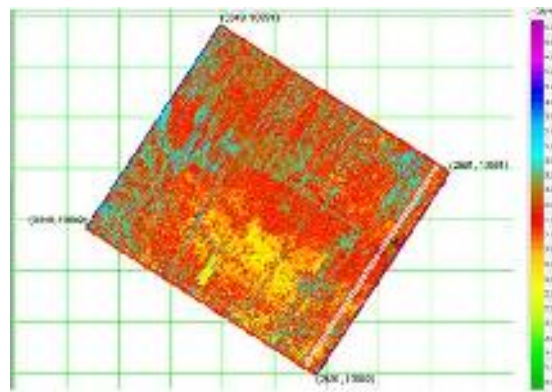
**Gambar 14.** Distribusi Porositas



**Gambar 15.** Slicing porositas pada kedalaman 10 ms di bawah *horizon*



**Gambar 16.** Slicing porositas pada kedalaman 20 ms di bawah *horizon*



**Gambar 17.** Slicing porositas pada kedalaman 30 ms di bawah *horizon*