

# KARAKTERISASI RESERVOAR “FEBRI-UNILA FIELD” MENGGUNAKAN METODE ACOUSTIC IMPEDANCE (AI) INVERSION

(Febrina Kartika, Bagus Sapto Mulyatno, Ahmad Zaenudin)

Jurusan Teknik Geofisika  
Fakultas Teknik  
Universitas Lampung

## ABSTRAK

*AI (Acoustic Impedance)* adalah salah satu parameter fisis batuan yang nilainya dipengaruhi oleh tipe litologi, porositas, kandungan fluida, kedalaman tekanan dan temperatur. Oleh karena itu *AI (Acoustic Impedance)* digunakan sebagai indikator porositas, pemetaan litologi, dan menentukan karakteristik reservoir pada *Febri-Unila Field*. Secara umum inversi *AI (Acoustic Impedance)* akan memberikan gambaran geologi bawah permukaan yang lebih detail dari pada seismik konvensional. Karena umumnya amplitudo pada seismik konvensional hanya menggambarkan batas lapisan batuan, sedangkan *AI (Acoustic Impedance)* memberi gambaran karakteristik batuan itu sendiri. Karakterisasi “*Febri-Unila Field*” menggunakan data seismik 3D, horizon, dan data sumur sebagai data input. Pada reservoir target (*channel-infill*), *Acoustic Impedance (AI) Inversion* akan memetakan distribusi lateral *Acoustic Impedance (AI)* dengan menggunakan teknik *Linier Programing Sparse Spike (LPSS) Inversion*, kemudian sebaran *Acoustic Impedance (AI)* hasil inversi dikonversikan ke porositas dengan menggunakan *multiatributte*. Metode *Linier Programing Sparse Spike (LPSS) Inversion* dipilih sebagai fokus teknik inversi, karena tidak terlalu bergantung pada initial model, dan metode *Linier Programing Sparse Spike (LPSS) Inversion* cocok diterapkan pada data yang memiliki reflektivitas baik. Hasil inversi menunjukkan sebaran *channel* ditemukan mulai dari *time* 1050 ms, berada pada anomali *Acoustic Impedance (AI)* rendah, dengan nilai antara 21042 ft/s\*gr/cc -31468 ft/s\*gr/cc dengan ketebalan *channel* yang bervariasi, hingga mencapai 35 m. Konversi porositas menggunakan 7 *attribute*, menunjukkan zona *low impedance* memiliki porositas tinggi hingga sekitar 18 %.

## 1. Pendahuluan

Karakterisasi reservoir merupakan suatu proses untuk menjabarkan secara kualitatif dan atau kuantitatif karakter reservoir menggunakan semua data yang ada (Sukmono, 2002). Karakterisasi reservoir perlu dilakukan untuk mendapatkan keadaan parameter *subsurface*, baik litologi ataupun fluida. Analisis data seismik dikombinasikan dengan data geologi akan mengurangi keambiguitasan

dalam karakterisasi reservoir. Untuk itu diperlukan suatu metode untuk mengkarakterisasi suatu reservoir. Dalam perkembangan ilmu tentang karakterisasi reservoir, dikenal metode inversi seismik *Acoustic Impedance (AI)*. Metode inversi seismik untuk menghasilkan *Acoustic Impedance (AI)* yang digunakan untuk merubah citra seismik *normal incidence* yang mencerminkan batas antar lapisan menjadi *layer properties* yang dapat digunakan dalam membantu

mengkarakterisasi suatu reservoir. AI (*Acoustic Impedance*) adalah salah satu parameter batuan yang nilainya dipengaruhi oleh tipe litologi, porositas, kandungan fluida, kedalaman tekanan dan temperatur. Oleh karena itu AI digunakan sebagai indikator litologi, porositas, hidrokarbon, pemetaan litologi, dan menentukan karakteristik reservoir. Secara umum inversi AI akan memberikan gambaran geologi bawah permukaan yang lebih detail dari pada seismik konvensional. Karena umumnya amplitudo pada seismik konvensional hanya menggambarkan batas lapisan batuan, sedangkan AI memberi gambaran karakteristik batuan itu sendiri. Pada reservoir target penelitian yang merupakan *channel-infill*, *Acoustic Impedance (AI) Inversion* diharapkan akan dapat memetakan distribusi lateral porositas reservoir target.

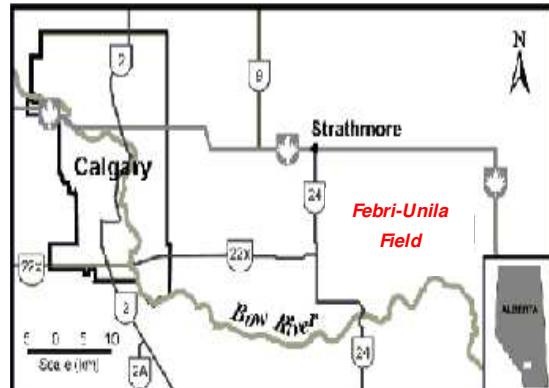
Tujuan dari penelitian ini adalah mengkarakterisasi reservoir “*Febri-Unila Field*” menggunakan seismik inversi (*Acoustic Impedance Inversion*) untuk memetakan distribusi lateral porositas reservoir target.

Batasan masalah pada penelitian ini adalah:

- Teknik inversi metode *Acoustic Impedance (AI) Inversion* yang digunakan pada penelitian ini adalah *Linier Programing Sparse Spike (LPSS)*.
- *Hasil data akhir* adalah peta sebaran *Acoustic Impedance (AI)* dan peta sebaran porositas.

## 2. Geologi Regional Dan Stratigrafi

Lokasi penelitian “*Febri-Unila Field*” berada di Alberta Selatan, 45 km ke arah Tenggara dari Calgary, Kanada.



**Gambar 1.** Peta Area studi ( Miller opcit Riyanto, 2010)

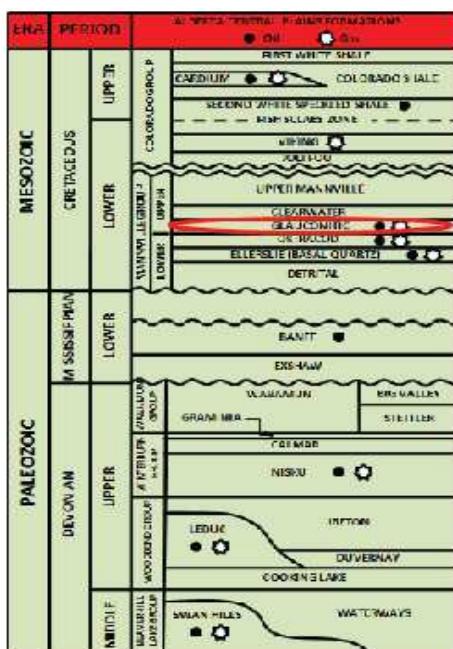
Reservoir yang telah beproduksi pada area studi adalah *Glauconitic Sand* dari Formasi *Glauconitic* usia *Lower Cretaceous*. Pada Alberta Selatan, Formasi *Glauconitic* merupakan sebuah *unconformity* sekuen yang terbentuk oleh respon *coastal plain* kuno terhadap fluktuasi *sea level* relatif (Wood, 1992).

Batuan target yang menjadi objek studi merupakan *valleyfill/channelfill* sedimen dari Formasi *Glaunitic* (Gambar 2). *Channel* juga memotong berbagai kedalaman melewati strata, sehingga *channel* dapat ditemukan melampaui atau berada pada Formasi *Ostracod*, Formasi *Sunburst*, dan Formasi *Detrital*.

Formasi *Glaunitic* merupakan *quartz sandstone* dengan *grain* sangat halus (*very fine*) hingga medium. Perlapisan *Ostracod* yang berada di bawah *Glaunitic* membuat lapisan *Ostracod* terdiri atas *shale* air payau, *argillaceous*, *limestone*, *fossiliferous*, serta lapisan tipis *quartz sandstone* dan *siltstone*.

Pada Formasi *Sunburst*, mengandung *bed ribbon* dan *sheet sandstone* yang membentuk *sub-litharenit* dan *quartzarenit*. Sedangkan pada Formasi *Detrital* memiliki sebuah *heterogeneous lithology* yang tinggi, berisi kerikil, *lithic-sandstone*, *siltstone* dan *abundant shale*.

Pada study area, *channelfill* sedimen memiliki ketebalan bervariasi, dari 0-35 meter lebih. *Channel* disubsidiikan menjadi 3 unit, yang berhubungan dengan 3 fasa porositas. Bagian tengah *channel* merupakan *sand quartz* dengan porositas rata-rata hingga 18%, bagian atas dan bawah merupakan *tight lithic sandstone* (Torodov, 2000).



**Gambar 2.** Stratigrafi “Area Studi”  
(Miller opcit Riyanto, 2010)

### 3. Teori Dasar

Salah satu sifat akustik yang khas pada batuan adalah *Acoustic Impedance* (*AI*) yang merupakan perkalian antara kecepatan ( $V_p$ ) dan densitas ( $\rho$ ).

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

Dari persamaan harga *AI* (*acoustic impedance*) ini lebih dikontrol oleh  $V_p$  (kecepatan gelombang P dalam satuan m/s) dibandingkan  $\rho$  (densitas batuan dengan satuan  $g/cm^3$ ), karena orde nilai kecepatan lebih besar dibandingkan orde nilai densitas. Jika gelombang seismik ini

melewati dua media yang berbeda impedansi akustiknya, maka akan ada sebagian energi yang dipantulkan yang kemudian direkam oleh *receiver* di permukaan. Untuk setiap adanya perubahan *AI* di bawah permukaan bumi akan menimbulkan koefisien refleksi yang dirumuskan sebagai :

$$R = \frac{AI_{i+1} - AI_i}{AI_{i+1} + AI_i}, \quad (2)$$

di mana :

$R$  = koefisien refleksi

$Ai$  = impedansi akustik lapisan ke-i

$AI_{i+1}$  = impedansi akustik lapisan ke  $i+1$

Metode inversi Sparse Spike mengasumsikan bahwa reflektifitas 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 reflektifitas dan membuat estimasi *wavelet* berdasarkan asumsi tersebut, seperti teknik :

1. *Maximum Likelihood* (MLD)
2. *Linier Programing Sparse Spike* (LPSS)

Metode inversi ini memiliki kelebihan dibandingkan metode dekonvolusi biasa karena estimasi *sparse spike* dengan batas, sehingga dapat digunakan untuk estimasi reflektifitas *full-bandwidth* (Sukmono, 2007).

Atribut seismik merupakan suatu transformasi matematis dari data *trace* seismik yang merepresentasikan besaran waktu, amplitudo, fase, frekuensi, dan atenuasi. Atribut seismik juga dinyatakan sebagai sifat kuantitatif dan deskriptif dari data seismik yang dapat ditampilkan dalam skala yang sama dengan data aslinya (Sukmono, 2001).

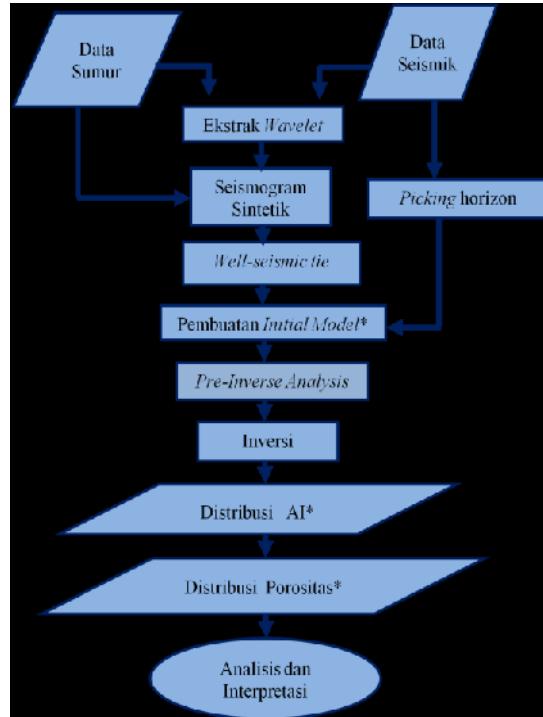
Tiap-tiap atribut saling berhubungan satu sama lainnya, di mana beberapa atribut memiliki sensitivitas terhadap sifat reservoir tertentu dan beberapa atribut lainnya lebih baik di dalam menampilkan informasi ataupun anomali bawah permukaan yang mula-mula tidak teridentifikasi oleh data konvensional atau bahkan sebagai indikator keberadaan hidrokarbon (*direct hydrocarbon indicator*) (Yaman, 2005).

Sehingga penampang dan peta baru yang dihasilkan dari perhitungan atribut diharapkan mampu mencitrakan aspek geologi yang lebih baik dibandingkan dengan hasil dari penampang konvensional (Rusdiyo, 2004).

#### 4. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan *software* SURFER10 untuk *gridding* horizon, dan Humpson Russell CE8/R4.4 untuk inversi, dengan input data utama adalah 3D seismik *post-stack* (Gambar 3), 4 data horizon, dan 6 data sumur (Febri1, Febri2, Febri3, Febri4, Febri5, Febri6), serta data pendukung berupa base map, data geologi regional, dan *report*.

Alur kerja penelitian di tunjukan *Flow chart AI Inversion* pada Gambar 3.



**Gambar 3. Flow Chart AI Inversion**

#### ■ Picking Horizon

*Picking horizon* dilakukan dengan step 10 untuk *inline* dan step 5 untuk *xline* menggunakan polaritas normal dimana kenaikan *impedance* ditandai dengan puncak. Kemudian dilakukan *gridding* data horizon dengan bantuan *software* Surfer10. Pada penelitian ini digunakan 4 data horizon, yaitu *lc*, *slc*, *tch*, *mcb*.

#### ■ Ekstraksi Wavelet

*Wavelet* yang digunakan untuk proses *well-seismic tie* merupakan hasil ekstraksi data sumur pada kisaran zona target, yakni pada *time* 800-1200ms, dengan *wavelet length* 100, dan *taper length* 20 pada masing-masing sumur. *Wavelet* hasil ekstraksi yang digunakan untuk mengikatkan data sesmik dan data sumur.

#### ■ Well-Seismic Tie

Untuk meletakkan horizon seismik (skala waktu) pada posisi kedalaman sebenarnya, dan agar data seismik dapat dikorelasikan dengan data geologi lainnya yang

umumnya diplot dalam skala kedalaman, maka perlu dilakukan *well-seismic tie*. Dan hasil korelasi dari tiap sumur ditunjukkan oleh Tabel 1.

Tabel 1. Nilai korelasi hasil *well-seismik tie*

No.	Sumur	Wavelet	Nilai Korelasi
1.	Febri1	Wavelet_Febri1	0.610
2.	Febri2	Wavelet_Febri2	0.523
3.	Febri3	Wavelet_Febri3	0.669
4.	Febri4	Wavelet_Febri4	0.862
5.	Febri5	Wavelet_Febri5	0.670
6.	Febri6	Wavelet_Febri6	0.767

Korelasi sumur Febri4 yang mencapai mencapai 0.862 (lihat Tabel 1), serta bentuk dan frekuensi *wavelet* yang mendekati ideal (lihat Gambar 4), maka dipilih wavelet\_Febri4 sebagai *wavelet input* pada proses inversi.

#### ■ Pembuatan Model Awal/ *Initial Model*

*Model initial* (Gambar 5) dibuat dengan 4 (empat) horizon, 6 sumur kontrol, dan dengan geometri yang sama dengan geometri input seismik awal.

Pada spesifikasi stratigrafi, interpolasi *layer* menggunakan *Inverse Distance Power*, berupa *toplap* di atas *lc* dan *baselap* di bawah *mcb*. Sedangkan *layer* antara horizon-horizon yang berada pada *lc* dan *mcb* *comfortable*.

#### ■ *Pre-inverse Analysis*

Analisis pre-inversi dilakukan untuk menguji parameter-parameter yang akan diterapkan pada proses inversi. Pada *pre-inverse analysis*, dilakukan pengujian nilai parameter *sparseness*, *maximum constraint frequency*, dan *window length*. Dari analisa parameter yang dilakukan didapat parameter *sparseness* 85 %, *maximum constraint frequency* 12Hz, dan *window length* 128.

## 5. Hasil Dan Pembahasan

### ■ *Tuning Thickness Analysis*

Dari data log *sonic*, didapat kecepatan interval rata-rata antara horizon *tch* dan *mcb* adalah 4080,854 m/s. *Wavelet* yang digunakan pada proses inversi memiliki frekuensi dominan 35 Hz. Maka dengan menggunakan persamaan :

$$\lambda = V/f ,$$

maka ketebalan *tuning*  $1/4\lambda$  pada *channel* akan bernilai 29.15 m. Jika berdasarkan data geologi, ketebalan *channel* berbeda-beda, berkisar pada ketebalan 0-35 m lebih. Dengan begitu *wavelet* yang digunakan pada proses inversi secara teoritis diharapkan meng-cover *channel* dengan ketebalan rata-rata di atas ketebalan *tuning*.

### ■ Sebaran Acoustic Impedance Absolute Hasil Inversi

Perbedaan harga IA kita dapatkan karena adanya kontras densitas maupun kecepatan gelombang seismik yang selanjutnya diinterpretasikan sebagai kontras litologi. Hasil dari inversi berupa sebaran *absolute impedance* dimana zona anomali berada pada nilai *impedance* rendah (21042 ft/s\*gr/cc -31468 ft/sc\*gr/cc), pada kedalaman sekitar 1050 ms seperti yang terlihat pada gambar 6. Tanda panah putih menunjukan *impedance* rendah yang mengindikasikan reservoir target/ *channelsand* pada 1050-1100 ms.

Kemudian dilakukan *slicing* terhadap penampang *impedance absolute* dibawah 10, 15,20, dan 25 ms dari horizon *tch* (Gambar 7 ). Hasil dari *slice* data tersebut merupakan peta sebaran zona reservoir target, dimana *channel* target berada pada nilai *impedance* rendah. Zona dengan nilai *impedance* rendah, merupakan refleksi sebaran *channel* ditunjukkan warna putih hingga oranye. Data *impedance absolute*

rendah sebagai penanda reservoir target, hanya *valid* pada sekitar data yang terdapat sumur.

Gambar 8 menunjukkan hasil konversi porositas dari *multi attribute*, dimana jika pada hasil inversi (*Impedance absolute*) merupakan zona *low impedance*, maka akan memiliki porositas tinggi pada data hasil keluaran konversi *porosity*. Hal ini sesuai dengan teori dasar, dimana porositas akan terbalik dengan nilai *impedance*-nya. Pada area sekitar sumur Febri2 dan Febri5 terlihat distribusi porositas kurang baik dibanding dengan 4 sumur lainnya, yaitu Febri1, Febri3, Febri4, dan Febri6 yang memiliki distribusi lateral lebih baik, mencapai nilai porositas maksimum sekitar 18% ditunjukkan dengan warna oranye hingga kuning. Data *slice porosity* (Gambar 9) berkebalikan dengan hasil *slice impedance absolute*, dimana lokasi yang terpetakan memiliki *impedance* rendah, akan terpetakan sebagai porositas yang tinggi

## 6. Kesimpulan Dan Saran

### ■ Kesimpulan

Dari penelitian dan analisis yang dilakukan, maka disimpulkan :

1. Hasil inversi menunjukkan sebaran *channel* ditemukan mulai dari *time* 1050 ms, berada pada anomali rendah, antara 21042 ft/s\*gr/cc - 31468 ft/s\*gr/cc ditunjukkan warna kuning-oranye.
2. Dari data *slice AI*, sebaran *channel sand* dengan anomali *impedance* rendah berada pada area sekitar sumur, meski pada sekitar Febri2 dan Febri5, menunjukkan nilai *impedance* yang sedikit lebih tinggi dibanding area sekitar sumur-sumur yang lain.
3. Konversi porositas menggunakan 7 *attribute* (*integrate*, *instaneneous phase*, *amplitude weighted frequency*,

*derivative* *instantaneous amplitude*, *1/inverted*, *integrated absoute amplitude*, dan *fultter* 35/40-45/50), menunjukan zona *low impedance* pada hasil inversi memiliki porositas tinggi.

4. Pada *slice porosity*, terlihat zona anomali *impedance* rendah pada penampang AI hasil inversi, memiliki nilai porositas baik hingga sekitar 18%.

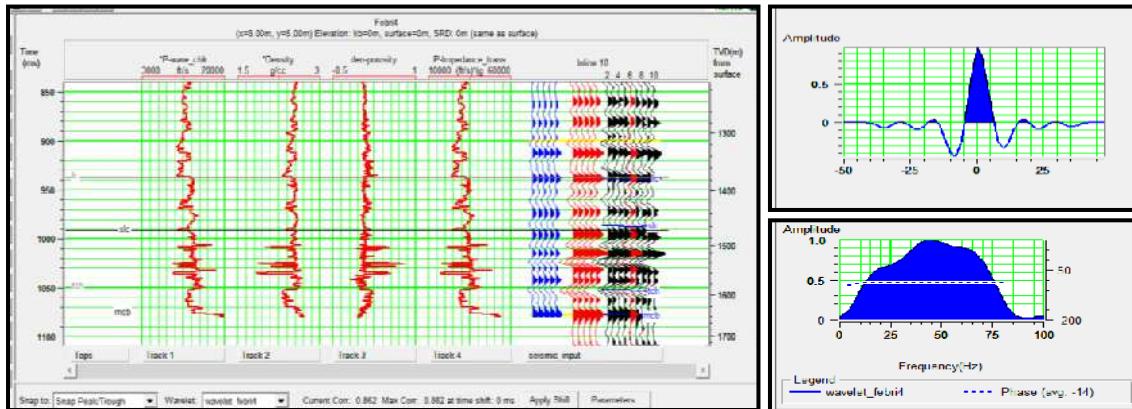
### ■ Saran

Meski *Acoustic Impedance Inversion* sudah sangat baik untuk mengindikasikan reservoir target, akan tetapi belum mampu untuk menganalisis isi kandungan reservoir. Dengan begitu perlu dilakukan studi geofisika lebih lanjut untuk mengetahui isi kandungan reservoir, seperti *Elastic Impedance Inversion* ataupun *Extended Elastic Impedance Inversion*.

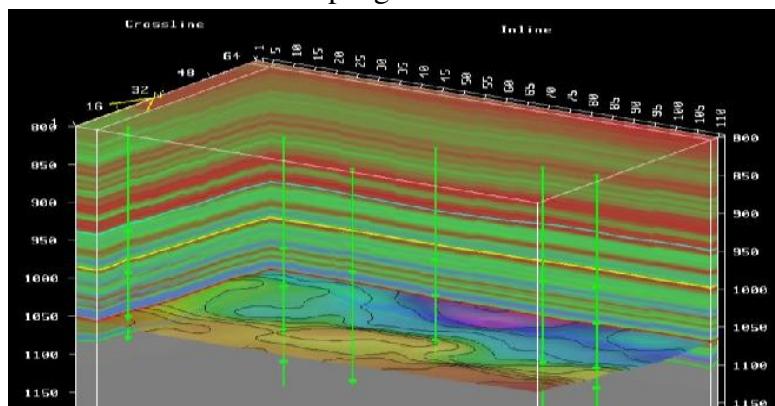
## Daftar Pustaka

- 2006, *BF Reservation*, Canada.
- Hampson-Russell, 2007. *Asistant-Geoview*, *Hampson-Russel Software Service Inc.*
- Indra, Budika, 2011. *Karakteristik Reservoir Melalui Analisis Inversi AI (Acoustic Impedance) dan EEI (Extended Elastic Impedance)* Studi Kasus: Formasi Bekasap-Pematang Cekungan Sumatra Tengah, Skripsi, Universitas Padjajaran.
- Miller, S ., 1996. *Multicomponent seismic data interpretation: M.Sc. thesis*, University of Calgary.
- Munadi, Suprajitno. 2000. *Aspek Fisis Seismologi Eksplorasi*. Depok : Universitas Indonesia.

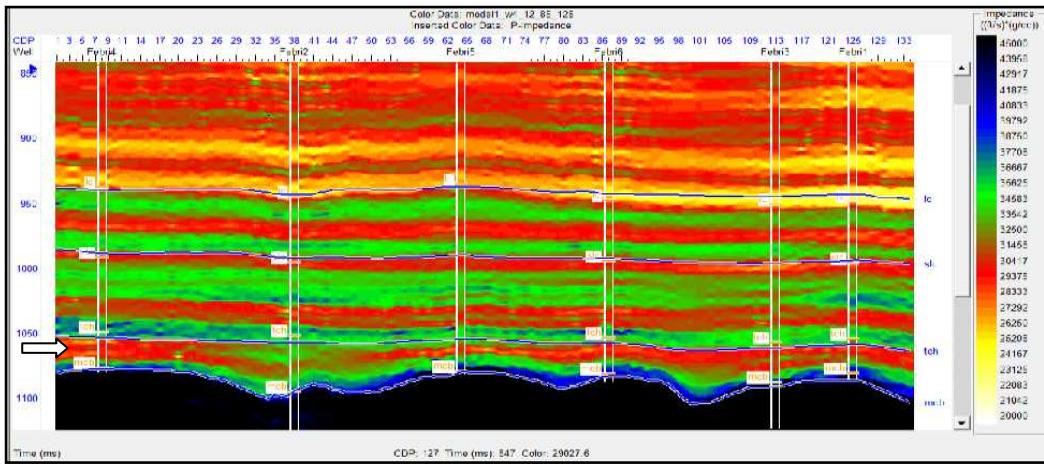
- Riyanto, Budi, 2010. *Inversi Seismik*. Tesis, Fakultas MIPA, Universitas Indonesia.
- Rusdiyo, 2006. *Identifikasi Penyebaran Reservoir Gas Gumai Tengah Menggunakan Analisis Atribut Seismik di Daerah Jambi*. Prosiding HAGI. Yogyakarta.
- Sukmono, S., 2001, *Interpretasi Seismik Refleksi*, Departemen Teknik Geofisika, Institut Teknologi Bandung.
- Sukmono, S., 2002. *Seismik Inversion and AVO Analysis For Reservoir Characterization*, Departemen Teknik Geofisika ITB, Bandung.
- Sukmono, S., 2007. *Post and Pre Stack Seismic Inversion for Hydrocarbon Reservoir Characterization*, Jurusan Teknik Geofisika, Institut Teknologi Bandung.
- Todor I. Todorov, 2000. *Integration Of 3C-3D Seismic Data And Well Logs For Rock Property Estimation*. Tesis untuk M.Sc. Department Of Geology And Geophysics Calgary, Alberta.
- Wood, James M. dan John C. Hopkins, 1992, *Traps associated with paleovalleys and interfluves in an unconformity bounded sequence: Lower Cretaceous Glauconitic Member, southern Alberta, Canada: AAPG Bulletin 76*, p. 904-926.
- Yaman, I.H., 2005. *Lithology Classification Using Cluster Analysis Of Generalized Principle Components Of Seismic Attributes: A Case Study In Boonsville Area*. Proceeding Joint Convention HAGI-IAGI-PERHAPI. Surabaya.



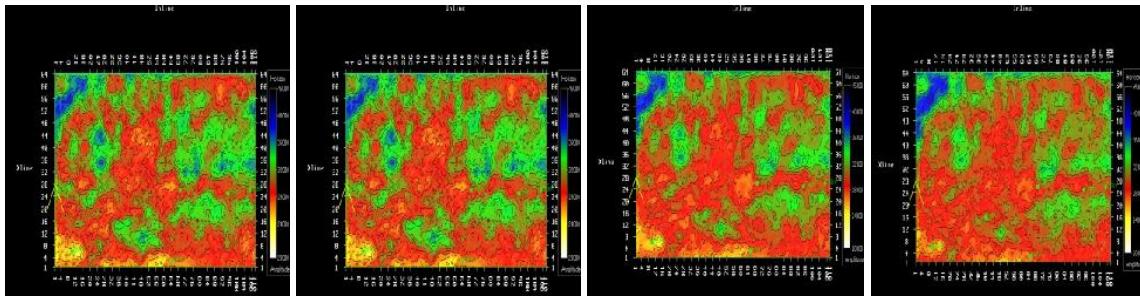
**Gambar 4.** Well Seismik Tie pada Sumur Febri4 dan wavelet yang digunakan pada pengikatan



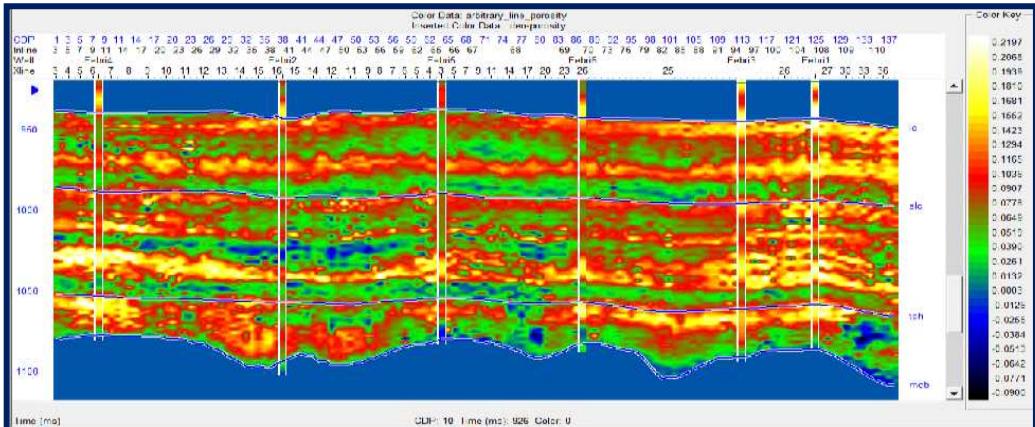
**Gambar 5.** Initial Model



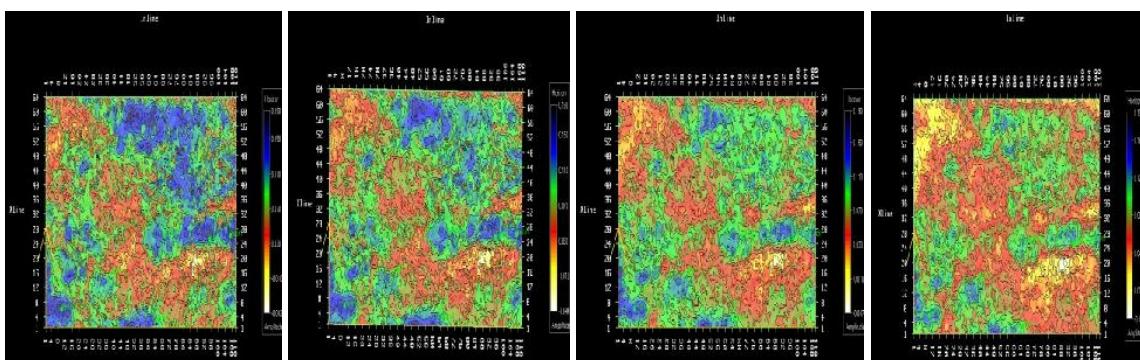
**Gambar 6.** Impedance Absolute hasil inversi



**Gambar 7.** Slice Impedance dibawah 10ms, 15ms, 20 ms dan 25 ms horizon tch



**Gambar 8.** Hasil konversi porositas



**Gambar 9.** Slice porosity 10 ms, 15 ms, 20 ms dan 25 ms dibawah horizon tch.