

## **PRE STACK DEPTH MIGRATION UNTUK KOREKSI EFEK PULL UP DENGAN MENGGUNAKAN METODE HORIZON BASED DEPTH TOMOGRAPHY PADA LAPANGAN ‘A1 DAN A2’**

**Atikah Azzahra<sup>1\*</sup>, Bagus S. Mulyatno<sup>1</sup>, Bambang Mujihardi<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Geofisika, Universitas Lampung  
Jl. Prof. Dr. Sumantri Brojonegoro No.1 Bandar Lampung 35145

<sup>2</sup>PT Pertamina Upstream Technology Center  
Jl. Medan Merdeka Tim. No.6, Jakarta Pusat 10110  
Jurusan Teknik Geofisika, FT UNILA

e-mail: \*<sup>1</sup>[atikahazzahra1996@gmail.com](mailto:atikahazzahra1996@gmail.com)

### **ABSTRAK**

Pada kasus pengolahan data seismik dengan litologi batu pasir seperti *shale* dan karbonat sering sekali didapatkan hasil pengolahan data yang memiliki efek *pull up* terutama pada hasil migrasi domain waktu. *Pre stack depth migration* merupakan pengolahan yang berdasarkan *focusing* amplitudo sesuai dengan kedalaman yang sebenarnya dengan menggunakan *input* kecepatan interval. Migrasi yang dilakukan menggunakan algoritma *kirchhoff pre stack depth migration*. *Pre stack depth migration* yang dilakukan dilengkapi dengan pemodelan kecepatan berupa metode *horizon based depth tomography*. Metode ini menggunakan koreksi *residual moveout* yang diterapkan sepanjang garis hasil *picking* interpretasi horizon. Penelitian ini menggunakan dua data lapangan yaitu lapangan A1 dan A2. Lapangan A1 memiliki karakteristik batuan karbonat yang menghasilkan *pull up* berbentuk mirip dengan lapisan karbonat. Lapangan A2 memiliki efek *pull up* yang tidak terlalu jelas namun mengalami *build up* karena lapisan di atasnya. Tahapan – tahapan yang dilakukan dimulai dari pengolahan *pre stack time migration* berupa *picking* kecepatan, menghasilkan kecepatan rms dan melakukan migrasi domain *time*. Proses *pre stack depth migration* diawali dengan transformasi kecepatan dengan persamaan transformasi *dix* untuk menghasilkan kecepatan interval, melakukan migrasi *Pre stack depth migration*, melakukan interpretasi horizon dan melakukan pemodelan kecepatan dengan metode *horizon based depth tomography*. Iterasi dilakukan sebanyak 4 kali dan menghasilkan *section final pre stack depth migration* yang telah terkoreksi oleh efek *pull up*.

### **ABSTRACT**

In the case of seismic data processing with sandstone lithology such as shale and carbonate often get the result of data processing which have pull up effect especially on the time domain migration result. Pre stack depth migration is a processing based on focusing the amplitude according to the actual depth by using the input interval velocity. Migration is performed using kirchhoff pre stack depth migration algorithm. Pre stack depth migration is done with modeling of horizontal based depth tomography method. This method uses residual moveout correction applied along the horizon-picking line. This research uses two field data that is A1 and A2 Field. A1 field has characteristics of carbonate rock that produce pull up shaped similar to carbonate layer. A2 field has a pull-up effect that is not very clear but has build up because of the layer above it. Stages performed starting from the processing of pre stack time migration in the form of velocity picking, generate rms velocity and migration time domain. The pre stack depth migration process begins with a velocity transformation with the dix transformation equation to generate interval velocity, migrate Pre stack depth migration, perform horizon interpretations and perform velocity modeling using the horizon based depth tomography method. The iteration is done 4 times and resulted in the final section of pre stack depth migration which has been corrected by pull up effect.

**Keywords**—*Pre stack depth migration, pull-up effect, horizon based depth tomography*

## 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Keberadaan metode seismik adalah metode geofisika yang terbaik digunakan dalam dunia eksplorasi hidrokarbon. Metode seismik refleksi memberikan kontribusi besar dalam kegiatan eksplorasi seismik. Metode Seismik merupakan metode yang sangat baik untuk pencitraan bawah permukaan. Hal ini disebabkan metode seismik mempunyai ketepatan serta resolusi yang tinggi dalam memodelkan struktur geologi dibawah permukaan bumi.

Untuk mencitrakan bawah permukaan dengan akurat dan mendapatkan gambaran bawah struktur permukaan, pengolahan data seismik tersebut dilakukan. Karena hasil data akuisisi di lapangan masih banyak dipengaruhi oleh *noise* dan belum menggambarkan struktur geologi bawah permukaan yang sebenarnya, sehingga perlu dilakukan teknik-teknik pengolahan data seismik yang lebih spesifik. Hasil akhir dari suatu pengolahan data seismik adalah suatu penampang seismik yang telah dilakukan migrasi. Migrasi merupakan tahapan dalam pengolahan data seismik yang bertujuan untuk mengembalikan reflektor miring ke posisi sebenarnya, sehingga meningkatkan resolusi spasial hasil dari gambaran seismik bawah permukaan (Yilmaz, 2000).

Pada kondisi litologi yang beragam dan variasi kecepatan lateral yang cukup kompleks teknik PSTM (Pre Stack Time Migration) atau dengan kata lain migrasi dengan domain waktu tidak memberi solusi. Teknik PSTM hanya dapat mengatasi variasi kecepatan data secara vertikal, oleh karena itu digunakanlah teknik PSDM (Pre Stack Depth Migration). Teknik ini dapat digunakan untuk mengatasi variasi kecepatan secara lateral dan vertikal. Pada kasus tertentu metode PSDM merupakan solusi untuk identifikasi

permasalahan untuk litologi yang memiliki efek pull-up

Efek pull up terjadi pada litologi batu pasir akibat perbedaan kecepatan pada shale dan karbonat. Perbedaan kecepatan secara lateral yang cukup besar mengakibatkan terjadinya kesalahan dalam pembuatan model kecepatan, sehingga citra bawah permukaan yang dihasilkan menjadi tidak akurat, oleh karena itu dibutuhkan metode yang lebih efektif dan akurat untuk menyelesaikan permasalahan Metode Horizon Based Depth Tomography merupakan analisis tomografi untuk perbaikan model kecepatan yang sangat efektif untuk mengoreksi efek pull up pada penampang seismik. Hasil pemodelan ini diharapkan dapat memberikan suatu informasi akurat untuk menghasilkan suatu penampang seismik yang dapat digunakan selanjutnya dalam interpretasi data seismik.

### 1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Melakukan pemodelan kecepatan Horizon Based Depth Tomography, sehingga dihasilkan penampang seismik yang terkoreksi oleh efek pull-up.
2. Menganalisis penampang seismik hasil Pre Stack Depth Migration dalam mencitrakan struktur bawah permukaan yang lebih baik dan akurat.
- 3.. Membandingkan hasil pengolahan dengan teknik Pre Stack Time Migration dan Pre Stack Depth Migration

## 2. TINJAUAN PUSTKA

### 2.1 Geologi Regional

Cekungan ini terletak di antara Paparan Sunda di Utara, Jalur Perlipatan –

Bogor di Selatan, daerah Pengangkatan Karimun Jawa di Timur dan Paparan Pulau Seribu di Barat. Cekungan Jawa Barat Utara dipengaruhi oleh sistem *block faulting* yang berarah Utara – Selatan. Patahan yang berarah Utara - Selatan membagi cekungan menjadi graben atau beberapa *sub-basin*, yaitu Jatibarang, Pasir Putih, Ciputat, Rangkas Bitung dan beberapa tinggian *basement*, seperti Arjawinangun, Cilamaya, Pamanukan, Kandanghaur–Waled, Rengasdengklok dan Tangerang. Peta dapat dilihat pada **Gambar 1**.

Cekungan Barito merupakan cekungan berumur Tersier yang terletak di bagian tenggara Schwaner Shield di daerah Kalimantan Selatan. Cekungan ini dibatasi Pegunungan Meratus pada bagian timur dan pada bagian utaranya berbatasan dengan Cekungan Kutai. Cekungan Barito pada bagian selatan dibatasi Laut Jawa dan bagian barat dibatasi oleh Paparan Sunda (Kusuma dan Nafi, 1986).

Cekungan Barito termasuk didalamnya Meratus Range yang dicirikan dengan endapan berumur Paleogen yang terdiri dari batupasir kuarsa, konglomerat, serpih, batulempung, lapisan batubara dan pada bagian atasnya berupa napal dan batugamping yang telah mengalami perlipatan dan pensesaran secara intensif pada akhir zaman Tersier (Van Bemmelen, 1949). Peta dapat dilihat pada **Gambar 2**.

### 3. TEORI DASAR

#### 3.1 Transformasi Dix

Dix menurunkan persamaan untuk *traveltime*, dengan mempertimbangkan *raypath bending*, pada kasus banyak lapisan yang datar. Dix berpendapat bahwa, untuk sudut kecil  $V_{rms}$  dapat digunakan pada formula *moveout* dan memprediksi *traveltime* untuk beberapa *offset*  $V_{rms}$  didefinisikan sebagai:

$$V_{rms} = \left[ \frac{\sum V_{int-i} \cdot t_i}{\sum t_i} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (1.1)$$

dengan  $V_{int-i}$  adalah kecepatan interval tiap lapisan,  $t_i$  adalah ketebalan tiap lapisan. Dix juga menurunkan formula untuk kecepatan interval dari *traveltime* dan  $V_{rms}$ , dan sering disebut sebagai persamaan Dix:

$$V_{int(A-B)}^2 = \frac{V_{rms(B)}^2 \cdot T_B - V_{rms(A)}^2 \cdot T_A}{T_B - T_A} \quad (1.2)$$

dengan  $V_{int(A-B)}$  adalah kecepatan interval antara permukaan A dan B,  $T_A$  adalah *normal incidence traveltime* untuk permukaan A,  $T_B$  adalah *normal incidence traveltime* untuk permukaan B (Fagin, 1999).

#### 3.2 Tomografi Refleksi

Untuk mendapatkan persamaan tomografi dibutuhkan suatu hubungan antara *error* Tomografi pada migrasi kedalaman adalah sebuah metode untuk menyempurnakan model kecepatan saat migrasi kedalaman yang dilakukan dengan model kecepatan *residual moveout*. Tomografi menggunakan ukuran ketidakdataran (*residual moveout*) ini sebagai upaya untuk menemukan model alternatif yang akan meminimalkan kesalahan. Ilustrasi tomografi refleksi sederhana dapat dilihat pada **Gambar 3**.

**Gambar 3** menunjukkan model sederhana dengan bawah permukaan dibagi menjadi sembilan sel persegi panjang yang masing – masing memiliki kecepatan konstan berbeda yang menggambarkan prinsip dasar tomografi. Waktu datang untuk *raypath* ABC ( $t_{ABC}$ ) dimana *raypath* berasal dari A, kemudian terefleksi dari kemiringan lapisan B dan sampai pada *receiver* C, dituliskan sebagai:

$$t_{ABC} = \frac{d_1}{v_1} + \frac{d_5}{v_5} + \frac{d_8}{v_8} + \frac{d_6}{v_6} + \frac{d_3}{v_3} \quad (1.3)$$

Tomografi waktu tempuh refleksi berdasarkan perturbasi parameter model awal dengan jumlah yang kecil dan mencocokkan perubahannya dalam waktu tempuh terhadap pengukuran waktu tempuh dari analisis *residual moveout* pada *image gathers*. Kita harus melakukan yang

terbaik saat *model building* sehingga hanya tersisa sedikit perbedaan yang akan dibuat terhadap model dengan tomografi. Khususnya, *update* tomografi dapat diharapkan bekerja melakukan perubahan, yang akan dibuat terhadap parameter model awal, yaitu *slowness*(*s*) dan kedalaman (*z*) pada batas lapisan, yang kecil jika dibandingkan terhadap parameter modelnya. Tomografi waktu tempuh refleksi dalam implementasinya, parameter model akan diperturbasi saat *offset*-nya tetap.

Perhitungan tomografi dilakukan untuk memperbaiki *slowness* (kelambatan) dan waktu vertikal (*tv*) pada kecepatan dan batas perlapisan dalam formasi (Kosloff, 1999).

waktu  $\delta\tau$  dengan model yang sudah diperbarui  $\delta tv$  dan *slowness error*  $\delta s$  (Kosloff dkk, 1996).

$$\delta t = \int_{ray} \delta S_L dl + \sum_{i=1}^{2N_i-1} \Delta P_z^i \delta \quad (1.4)$$

Dimana  $\Delta P_z^i$  adalah perubahan pada *slowness* vertikal dari sinar antara titik langsung dibawah dan diatas dengan bidan batas ke-*i*,  $\delta S_L$  adalah kesalahan pada *slowness*,  $\delta z_i$  adalah kesalahan pada kordinat vertikal

### 3.2 Model *Horizon Based Tomography*

Model kecepatan awal yang diperoleh dari *transformasi interval velocity* digunakan untuk melakukan proses PSDM. Pendekatan *layer stripping* dalam *transformasi interval velocity* seringkali menghasilkan akumulasi *error* pada lapisan yang lebih dalam bila pada lapisan di atasnya tidak tepat, sehingga akan menghasilkan *error* waktu tempuh. Untuk itu dilakukan perbaikan (*refinining*) model secara iteratif yang disebut global tomografi, karena perubahan parameter model kecepatan dan kedalaman dilakukan secara simultan tidak berdasarkan pendekatan *layer stripping*. Pada studi yang telah dilakukan biasa digunakan *horizon based tomography* dimana model

kecepatan interval dari *transformasi interval velocity* dan residual *moveout CRP depth gather* sebagai data masukannya.

Model kedalaman diperbaiki secara iteratif dengan memodifikasi *interface* kedalaman dan kecepatan lapisan untuk membuat *gather* menjadi datar. Ilustrasi *Horizon Based Tomography* dapat dilihat pada **Gambar 4**.

Menggunakan *ray tracing*, *error* dari tiap lapisan digunakan untuk membuat matriks tomografi sepanjang lintasan gelombang. *Error* dari tiap lapisan diselesaikan secara simultan menggunakan metode *least square* untuk meminimalisasi kesalahan waktu tempuh yang melewati seluruh model (Mualimin dkk, 2004).

### 3.4. Efek *pull up*

Konversi data seismik dari domain waktu menjadi domain kedalaman merupakan hal yang sangat penting didalam dunia eksplorasi migas. Pengambilan keputusan untuk program pengeboran didalam domain waktu merupakan hal yang sangat membahayakan. Karena, seringkali interpretasi didalam domain waktu akan menghasilkan penafsiran yang tidak tepat terutama pada zona di bawah kecepatan tinggi seperti *sub-salt* ataupun *sub carbonate*. Tidak seperti migrasi dalam kawasan waktu, migrasi dalam kawasan kedalaman mencakup perubahan kecepatan secara lateral. Untuk *flat overburden*, perubahan kecepatan secara lateral adalah kecil, lain halnya dengan daerah dengan struktur yang kompleks, (Abdullah, 2009).

Dibawah zona ini, akan diperoleh *pull up velocity anomaly* atau antiklin semu padahal pada keadaan sesungguhnya hanyalah datar-datar saja atau bahkan sinklin, seperti yang terlihat pada **Gambar 5**.

Konversi kedalaman adalah cara untuk menghilangkan ambiguitas struktural yang melekat pada domain

waktu dan untuk memverifikasi struktur. Ada banyak metode untuk mengubah waktu seismik menjadi kedalaman. Metode konversi waktu menjadi kedalaman dapat dipisahkan menjadi dua kategori besar: konversi waktu-kedalaman langsung, dan pemodelan kecepatan untuk konversi kedalaman (Edward dkk, 2002).

## 4. METODE PENELITIAN

### 4.1 Alat dan Bahan

Adapun alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Perangkat keras meliputi CPU (*Central Processing Unit*)
- Komputer dengan sistem operasi Linux (*read head*)
- Aplikasi (*software*) *Paradigm 15.5*
- Data seismik 2D

### 4.2 Pengolahan Data

#### 4.2.1 Import Data

Proses pembacaan data berupa SEG – Y *import*. Data merupakan data hasil proses *pre stack time migration*. Maka data yang di *input* berupa *time gather*. Pada proses *input* dilakukan *input trace header* dengan menyeleksi parameter data dan memasukan kode *byte* yang terdapat pada general info/ EBCDIC. *Byte* yang dimasukan akan membaca *value* data. EBCDIC merupakan informasi yang terdapat pada data *gather* isinya berupa tipe data, format data, nama *line*, *header info bytes*, parameter akuisisi data, rangkaian processing yang telah dilakukan sebelumnya sebagai *input* ke *software seismic 2D GeoDepth Paradigm 15.5*.

#### 4.2.2 Pembacaana *Line* Pada *Base Map*

Proses ini merupakan pembacaan arah koordinat *x*, koordinat *y*, arah *line* data, CMP data.

#### 4.2.3 *Picking semblance*

Proses ini berupa pemilihan kecepatan dengan metode *semblance* yang dilakukan pada *time gather*. Metode *semblance* menampilkan spektrum kecepatan dalam bentuk kontur warna dan melalui proses *picking* akan mengakibatkan diterapkannya proses NMO. Proses *picking* berupa pemilihan kecepatan yang diwakili dengan koherensi warna maksimum. Pada *semblance vertical* koherensi maksimum ditunjukan dengan warna biru sampai koherensi minimum berwarna merah. Hasil dari proses ini didapatkan *stacking velocity* kemudian dihasilkanlah *RMS velocity*.

#### 4.2.4 *Pre Stack Time Migration*

Migrasi *time* merupakan migrasi domain waktu dimana kecepatan *input* berasal dari *RMS velocity*. Migrasi pada tahap ini menggunakan konsep kecepatan model yang berupa gradient kecepatan secara vertikal. Proses migrasi ini menggunakan algoritma migrasi Kirchhoff *pre stack time migration curve rays*. Tahapan ini merupakan tahapan awal menentukan objek lapisan yang nantinya akan diterapkan koreksi efek *pull up*, serta menentukan batas antar lapisan yang nantinya akan difokuskan untuk proses pemodelan kecepatan.

#### 4.2.5 *Pre Stack Depth Migration*

Kecepatan *input* proses berasal dari *interval velocity*. *Interval velocity* didapatkan dari transformasi kecepatan *rms velocity* menggunakan persamaan transformasi *dix*. Migrasi yang dihasilkan

berasal dari migrasi dengan algoritma *kirfchhoff* berupa *pre stack depth migration* Kirchhoff *wavefront* dan data *time gather* sebagai masukan.

#### 4.2.6 Interpretasi Horizon

Interpretasi horizon diterapkan dengan membuat garis horizon yang didasarkan atas pola reflektor yang kuat sebagai batas antar lapisan pada *section initial* PSDM. Proses ini juga dinamakan *picking along horizon* yang dilakukan di sepanjang peak (puncak) *traces* seismik.

#### 4.2.7 Pemodelan kecepatan

Pemodelan menggunakan  $V_{int}$  akan terbentuk dan terlihat pada *velocity window* berupa model kecepatan hasil interpretasi selanjutnya, dibentuk model kecepatan baru sebagai *input* untuk proses tomografi yang terdiri dari model kurva kecepatan.

#### 4.2.8 Residual Moveout along Horizon

Analisis ini berupa identifikasi *residual moveout* yang dibutuhkan agar reflektor pada *depth gather* menjadi lurus. Pengolahan ini dilakukan berdasarkan *time residual* yaitu pengukuran *moveout* yang masih tersisa pada reflektor *depth gather* setelah diterapkannya NMO atau setelah migrasi.

#### 4.2.9 Iterative PSDM

*Iterative* akan dilakukan hingga dihasilkan *final depth migrated gather* yaitu penampang seismik dengan citra terbaik, sesuai dengan struktur geologi sebenarnya dan terkoreksi dengan tepat.

## 5. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 5.1 Pengolahan Seismik PSTM

Pengolahan ini diawali dengan *import* data seismik *seg-y* dengan memasukan parameter data pada *trace header*. Proses ini berfungsi untuk memberikan informasi lapangan pada data berdasarkan informasi pada EBCDIC yaitu informasi berdasarkan pengolahan data yang telah dilakukan sebelumnya sehingga didapatkan *gather* data. *Gather* ini belum terkoreksi NMO karena data yang diberikan tidak memiliki kecepatan RMS. Adapun *gather* data Lapangan terdapat pada Gambar 6. (a) dan (b).

Lintasan pada lapangan A1 memiliki lintasan dengan arah *north west-south east* dan lapangan A2 memiliki lintasan yang berarah *north east-south west*. Kemudian, dilakukanlah proses *picking semblance* dengan menerapkan proses NMO.

Pada lintasan A1 *picking semblance* dilakukan pada *gather time* dan melakukan *picking* pada spektrum dengan kecepatan yang tinggi yaitu kisaran *time* 1s sampai 2.4 s sedangkan, pada lapangan A2 *picking semblance* dilakukan pada kisaran *time* 0.6 s sampai 1 s. Pada *semblance velocity* terdapat garis kecepatan *stacking* yang mengikuti pola spektrum dengan asumsi semakin dalam maka kecepatan akan semakin besar. Pada *time* tersebut koreksi NMO diterapkan mengenai reflektor sehingga *gather* menjadi datar serta dilakukannya *muting* pada *gather* untuk membantu memperjelas spektrum warna pada *semblance* yang dihasilkan dan mempertegas reflektor pada *gather time*. *Picking* yang digunakan menggunakan kecepatan *stacking* yang menggambarkan kecepatan ketika melakukan penerapan NMO. Koreksi NMO dilakukan setiap 30 CMP dari total 4.028 CMP pada lapangan A1 dan setiap 15 CMP dari total 1.392 CMP.

Penampang kecepatan RMS (*root mean square*) secara horizontal menunjukkan pertambahan nilai CMP dan secara vertikal

menunjukkan penambahan nilai *time*. Variasi kecepatan menandakan keberadaan struktur yang kompleks maka RMS menggambarkan letak keberadaan struktur pada data seismik. Pada RMS *velocity* lapangan A1 variasi kecepatan sampai pada *time* 4000 m/s sedangkan pada lapangan A2 variasi kecepatan sampai pada *time* 2000 m/s. Kecepatan RMS ini berasal dari kecepatan *stacking* yang diubah menjadi kecepatan rata-rata dari seluruh lapisan secara horizontal. RMS *velocity* mengasumsikan bahwa dibawah permukaan memiliki variasi kecepatan yang dianggap sama secara vertikal. Pengolahan selanjutnya yaitu PSTM (*pre stack time migration*) yang dilakukan menggunakan *input* kecepatan RMS. PSTM merupakan migrasi yang berdasarkan domain waktu. PSTM yang dilakukan menggunakan *aperture* 1951.3 m pada lapangan A1 yaitu pada **Gambar 7** *aperture* 679.4 m pada lapangan A2 pada **Gambar 8** dan menggunakan metode *kirchhoff pre stack time migration*.

## 5.2 Pengolahan seismik PSDM

Pengolahan *pre stack depth migration* dibutuhkan *input* kecepatan interval untuk melakukan migrasi. Interval *velocity* yang digunakan didapatkan dari transformasi kecepatan RMS. Transformasi kecepatan yang digunakan menggunakan persamaan transformasi dix (**persamaan 1.2**).

Kecepatan interval yang didapat digunakan untuk mengolah proses PSDM dengan menggunakan data CDP (*Common Depth Point*) sebagai masukan yang menggunakan migrasi algoritma Kirchhoff. lebar *aperture* untuk mendapatkan hasil migrasi PSDM pertama atau sering disebut *initial* PSDM.

Berdasarkan pemilihan *aperture* penulis memilih *aperture* 1951.3 m yang memiliki nilai setengah dari *far offset* yaitu 3946 m berdasarkan asumsi bahwa pada *section* migrasi tersebut reflektor terlihat lebih jelas dan tidak terputus.

Pada data A2 lapangan ini memiliki *far offset* 1965 m. Berdasarkan hasil tersebut ditentukanlah *aperture* yang terpilih sebesar 697.4 m. Pemilihan ini berdasarkan percobaan karena pada dasarnya reflektor kuat dan tebal yang dihasilkan dari nilai *aperture* harus melalui tahap pemilihan parameter.

## 5.3 Perbaikan model kecepatan metode *Horizon Based Depth Tomography*

Langkah awal pemodelan kecepatan dimulai dari tahap interpretasi horizon yaitu melakukan *picking horizon* berdasarkan kenampakan *amplitude* yang kuat karena merupakan batas antar lapisan. Interpretasi Horizon Lapangan A1 ditunjukkan pada **Gambar 9** dan Interpretasi Horizon Lapangan A2 pada **Gambar 10**.

*Picking* dilakukan pada *peak* yaitu yang berwarna hitam karena memiliki *amplitude* yang kuat dan memiliki pola reflektor yang menerus. Adapun untuk lapangan A1 memiliki interpretasi horizon sebanyak 8 horizon sedangkan untuk lapangan A2 memiliki 6 horizon. Garis horizon ini mewakili kecepatan tiap lapisan diatasnya sehingga didapatkan perbedaan kecepatan lapisan secara horizontal. Garis horizon diberi perbedaan warna untuk memudahkan proses pengolahan dan interpretasi. Pada dua garis terakhir horizon merupakan pemodelan yang harus dibuat agar *software* menampilkan kecepatan yang benar. Pada lapisan horizon paling akhir hal ini menjadi cara khusus yang dilakukan dalam pengolahan agar tidak terjadi kesalahan pembacaan kecepatan *software paradigm 15.5*.

Kecepatan hasil interpretasi horizon merupakan acuan kecepatan untuk pemodelan tomografi yang didasari oleh metode *horizon based depth tomography*. Membuat garis horizon interpretasi harus mengenai reflektor secara tepat dan membentuk perlapisan agar didapatkan

hasil pemodelan kecepatan yang sebenarnya. Nilai kecepatan ini berasal dari nilai kecepatan interval. Warna garis pada kurva disesuaikan dengan warna garis pada interpretasi horizon. Garis horizon ini selanjutnya dibaca oleh sistem untuk menampilkan nilai kecepatan pada tiap lapisan horizon dengan berbentuk kurva secara horizontal pada menu *vel view*.

Analisis selanjutnya yaitu pada *residual moveout* untuk memperbaiki *gather* yang belum terkoreksi sepenuhnya oleh NMO agar dapat kembali kepada posisi *zero depth error*. Analisis ini didasarkan pengukuran *moveout* yang masih tersisa pada *gather*. Proses *residual moveout* dengan acuan 6 tampilan untuk kecepatan untuk, (a) merupakan kecepatan tomografi disertai interpretasi horizonnya dari tampilan ini kita dapat mengetahui letak residual yang sedang dikoreksi pada garis CMP data, (b) merupakan kurva antara *residual depth move out* dengan kurva interval *velocity* secara vertikal dengan garis horizontal berwarna menunjukkan horizon untuk letak pada kecepatan intervalnya, (c) *depth gather* untuk melihat secara keseluruhan dari *gather* dan letak horizon pada reflektor, (d) *Semblance residual moveout*, menunjukkan model kecepatan *residual depth moveout* dengan spektrum warna dimana sumbu vertikal menunjukkan besar *moveout*nya dan horizontal menunjukkan letak CMP, (e) *interactive picking* menunjukkan besar kecepatan yang dilihat dari gambar berwarna biru / sumbu horizontal dan nilai *residual move out* yang ada secara vertikal dan (f) QC *depth gather*, menunjukkan perubahan *gather* oleh residual yang diterapkan apakah sudah flat.

#### 5.4 Analisis pemodelan kecepatan

Pemodelan kecepatan tomografi dilakukan dengan beberapa iterasi adapun iterasi yang dilakukan mencapai 4 kali.

*Update* kecepatan akan menghasilkan model baru dalam kecepatan tomografi adapun model kecepatan berasal dari hasil analisis yang dilakukan berulang – ulang dengan *repicking* horizon pada section, melakukan *residual moveout* yang berulang sampai mendapatkan *depth migrated gather* yang flat pada setiap horizon dan melakukan migrasi tomografi.

Pemodelan kecepatan berhenti pada iterasi ke-4 karena tomografi mendapatkan hasil *gather* yang *flat*. Pada pengolahan PSTM dengan domain *time* kecepatan *input* berasal dari kecepatan RMS. Pada pengolahan PSDM dengan domain *depth* menggunakan kecepatan interval dengan persamaan transformasi *dix*. Perbandingan model kecepatan RMS kecepatan *Initial* Tomografi dan kecepatan *final* tomografi lapangan A1 terdapat pada **Gambar 11**. Perbandingan model kecepatan RMS kecepatan *Initial* Tomografi dan kecepatan *final* tomografi lapangan A2 terdapat pada **Gambar 12**. Hubungan dari anomaly kecepatan dan penampang seismik ditunjukkan pada gambar **Gambar 13** dan **Gambar 14**.

Pada lapangan A1 terdapat kontras kecepatan dengan interval 1500 - 4000 m/s pada penampang yang diindikasikan tersusun atas batuan karbonat sedangkan pada kecepatan yang lebih rendah disekitarnya tersusun atas batuan *shale*. Sehingga menjadi kemungkinan besar untuk wilayah yang memiliki kontras kecepatan tersebut memiliki perubahan struktur pada penampang seismik.

Penyebab utama efek *pull up* pada lapangan A1 terlihat berdasarkan penampakan kontras kecepatan seperti yang terdapat pada garis lingkaran berwarna hitam. Berdasarkan kontras kecepatan tersebut (hijau ke merah) mengakibatkan daerah *shale* yang terdapat dibawah zona itu menghasilkan efek *pull up*. Maka zona harus mengalami tahap koreksi. dibawah wilayah tersebut menjadi fokus tomografi lapangan A1 untuk dikembalikan pada posisi reflektor yang sebenarnya.

Pemodelan kecepatan didasari atas hasil interpretasi sehingga kecepatan *Horizon Based Depth Tomography* menghasilkan bentuk *blocky*.

Pada lapangan A2 terdapat 3 fokus efek *pull up* yang terlihat pada PSTM seismik, kemudian dibuktikan dengan kontras kecepatan model tomografi yang ditandai dengan lingkaran berwarna hitam. Kontras kecepatan mengindikasikan terdapat anomaly berupa batuan karbonat yang dikelilingi oleh *shale*.

Pada domain waktu kecepatan digambarkan secara konstan yang mengartikan semakin dalam maka akan semakin cepat namun pada kondisi geologi sebenarnya dapat terjadi kemungkinan lain yaitu kecepatan yang lebih tinggi berada di atas lapisan yang lebih rendah yang disebabkan oleh kondisi fisis berupa tekanan, suhu, porositas dan lainnya, serta dapat diakibatkan efek-efek geologi seperti *fault* (patahan), *saltdome*, diapir, *reef* dan sebagainya. Pada lapangan A2 terdapat kontras nilai kecepatan dengan warna hijau – merah berkisar dengan interval kecepatan 2800 - 4600 m/s yang diindikasikan terdapat susunan batuan karbonat sedangkan pada kecepatan rendah disekitarnya tersusun atas batuan *shale*.

### 5.5 Koreksi Efek *pull up*

Hasil penampang PSTM dari A1 memperlihatkan reflektor dengan kemenerusan yang sudah terlihat jelas namun, hasil dari section PSDM memiliki citra yang lebih baik. Perbandingan hasil PSTM dan PSDM lapangan A1 terdapat pada **Gambar 15**.

Hal ini disebabkan karena migrasi domain waktu memiliki asumsi *hyperbolic moveout* koreksi kecepatan yang dilakukan kurang tepat dan pada hasil section PSDM efek *pull up* berhasil terkoreksi. Pada section PSTM sering terjadinya gagal positioning sehingga pada daerah – daerah struktur tertentu menjadi tidak tegas. Variasi kecepatan lateral juga sangatlah

berpengaruh menyebabkan pencitraan pada PSTM menghasilkan kesalahan dalam mendeskripsikan geometri kurva difraksi. Kurva difraksi berada pada posisi tegak lurus terhadap kedatangan gelombang pada permukaan. Posisi tersebut merupakan lintasan terpendek antara permukaan dengan titik difraktor sehingga teridentifikasi sebagai kurva difraksi sehingga menghasilkan ketidaktepatan posisi (*mispositioning*) event.

Lapangan A2 juga memiliki hasil yang sama pada PSDM citra yang dihasilkan terlihat lebih menerus dibandingkan penampang PSTM. Pengolahan PSDM tidak berdasarkan *hyperbolic moveout* melainkan dilakukan dengan *focusing* untuk tiap titik *amplitude* pada setiap *offset* agar posisinya sesuai dengan kedalaman yang sebenarnya. Perbandingan hasil PSTM dan PSDM lapangan A2 terdapat pada **Gambar 16**.

Pada lapangan A1 efek *pull up* terlihat dalam lingkaran berwarna merah. Penampang PSTM lapangan A1 memiliki efek *pull up* pada *time* 1500 – 2500 s pada CMP 2730 dan CMP 3130. Reflektor yang berada dibawah reflektor yang memiliki kontras kecepatan yang tinggi seperti karbonat, reflektor pada lingkaran merah tidak tercitrakan seperti keadaan yang sebenarnya melainkan berbentuk seperti reflektor diatasnya/mengalami *build up*. Namun, pada PSDM *tomography final* reflektor sudah kembali kepada keadaan yang sebenarnya dan memperjelas struktur pada penampang seismik.

Pada hasil dari lapangan A2 pada *time* 450 dan 650 CMP 2250, *time* 600 CMP 3050, terdapat 3 buah *pull up* yang diduga disebabkan oleh formasi batuan karbonat diatasnya. Pada hasil PSDM *tomography final* lapangan A2 reflektor sudah beradapada posisi sebenarnya. Efek *pull up* pada lapangan A1 dan A2 pada penelitian ini berhasil terkoreksi. Sehingga tujuan dari penelitian ini sudah tercapai.

## 6 KESIMPULAN DAN SARAN

### 6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian tersebut dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Efek *pull up* yang terdapat pada lapangan A1 terdapat dua objek yang disebabkan oleh susunan batuan karbonat efek *pull up* mengikuti bentuk dari batuan karbonat pada lapisan *shale*. Pada lapangan A2 terdapat tiga objek indikasi *pull up* yang disebabkan oleh lapisan batuan karbonat yang dikelilingi oleh *shale*.
2. Penampang PSTM lapangan A1 memiliki efek *pull up* pada *time* 1500 – 2500 s pada CMP 2730 dan CMP 3130 dan A2 pada *time* 450 dan 650 CMP 2250, *time* 600 CMP 3050. Efek *pull up* tersebut dapat terkoreksi melalui proses PSDM *tomography*.
3. Pengolahan PSDM mampu menghasilkan kualitas citra seismik lebih akurat dibandingkan melalui pengolahan PSTM.

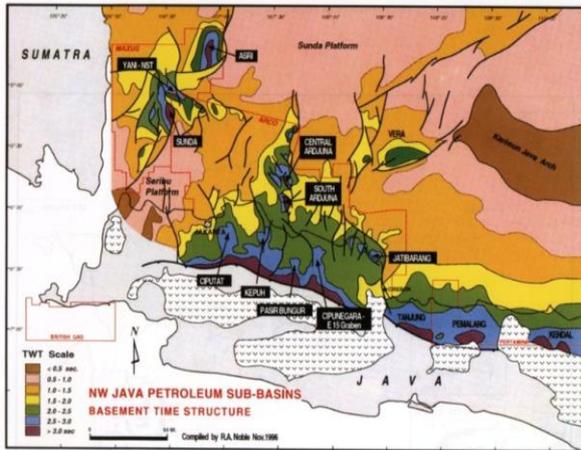
### 6.2 Saran

Sebaiknya pada tahapan interpretasi diperoleh lebih banyak garis interpretasi horizon pada penampang seismik PSDM, serta melakukan pengolahan yang dilengkapi dengan data sumur.

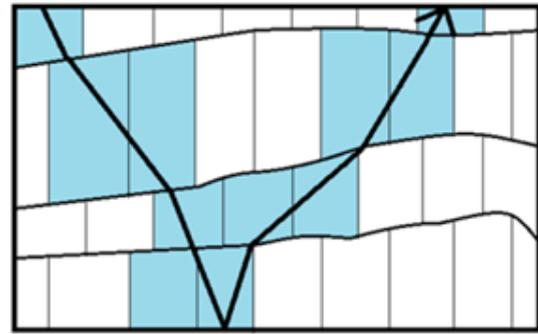
## DAFTAR PUSTAKA

- Bachtiar, A., 2006, *Slide Kuliah Geologi Indonesia*, Prodi Teknik Geologi, FIKTM-ITB.
- Edward, L., E., Nick, J., C., and Jan, D., True Depth Conversion: More Than A Pretty Picture, *Scott Pickford, A Core Laboratories Company*, Vol.26, No.09.
- Fagin, S., 1999, *Model-Based Depth Imaging, Course Notes Series*, No. 10, Society of Exploration Geophysicists, Tulsa.
- Fagin, S., 2000, *Model-Based Depth Imaging, Course Notes Series*, No. 10, Society of Exploration Geophysicists, Tulsa.
- Kosloff, D., Sherwood, J., Koren, Z., Machet, E., dan Falkovitz, Y., 1996, Velocity And Interface Depth Determination By Tomography Of Depth Migrated Gather. *Geophysics*.
- Kosloff, D., 1999, Tomographic Interval Velocity Determination From Prestack Migrated Data. *Paradigm Geophysical*.
- Kusuma, M.I., dan Nafi, A.N., 1986, Prospek Hidrokarbon Formasi Warukin Di Cekungan Barito Kalimantan, Kumpulan Makalah Pertemuan Ilmiah Tahunan XIV IAGI, Jakarta, hal 105-124
- Mualimin, Hisan, R.S., Djoko, S.B., Sumahardi, B., 2004, Velocity Model Building Pada Pre Stack Depth Migration; (Pencitraan Pada Struktur Yang Kompleks). *Proceeding PIT HAGI Ke-29*, Yogyakarta
- Noble, R., A., Hehu P., dan Charlie Wu, C., H., 1997. Oil Kitchen and Petroleum Bearing Subbasin in Northwest Java Area, *IPA Proceedings*, 26' Annual Convention, Jakarta.
- Van Bemmelen, R.W., 1949, *The Geology of Indonesia*, Vol.1A, 2nd, Batavia, Netherland, 732 hal.

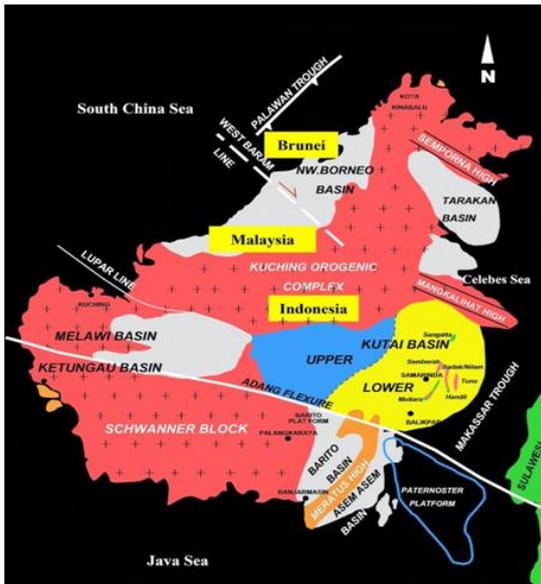
LAMPIRAN



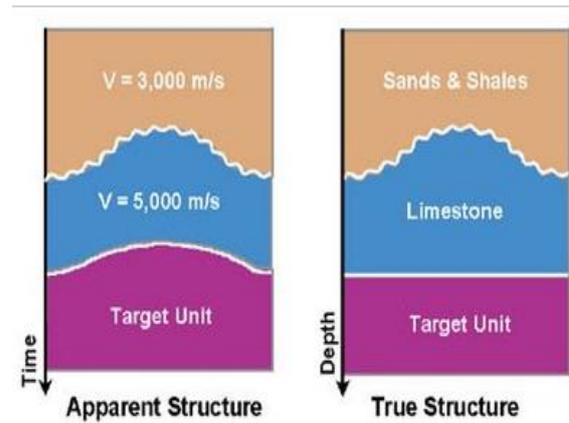
Gambar 1. Cekungan Jawa Barat Utara (Nobel, dkk 1997)



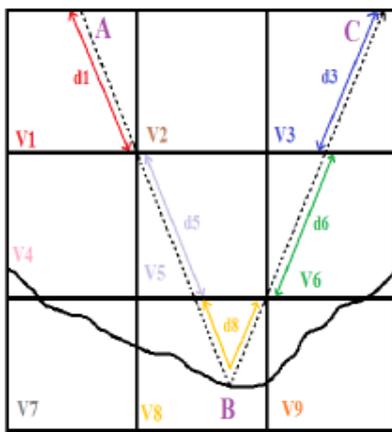
Gambar 4. Horizon Based Tomography (Fagin, 2002)



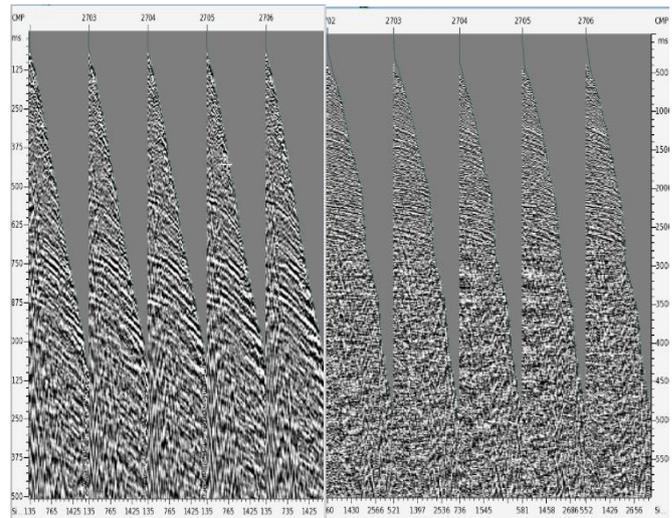
Gambar 2. Kerangkatektonik pulau Kalimantan (Bachtiar, 2006)



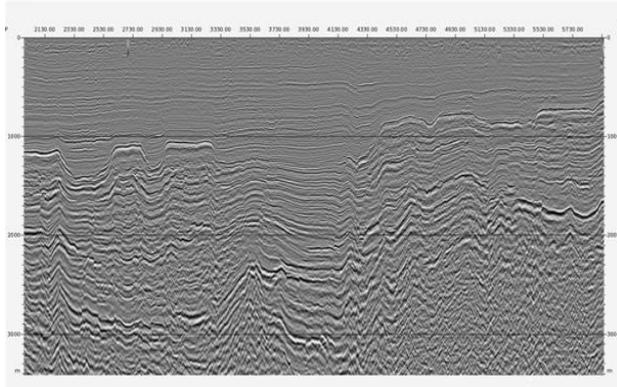
Gambar 5. Ilustrasi efek pull up (Edward dkk, 2002)



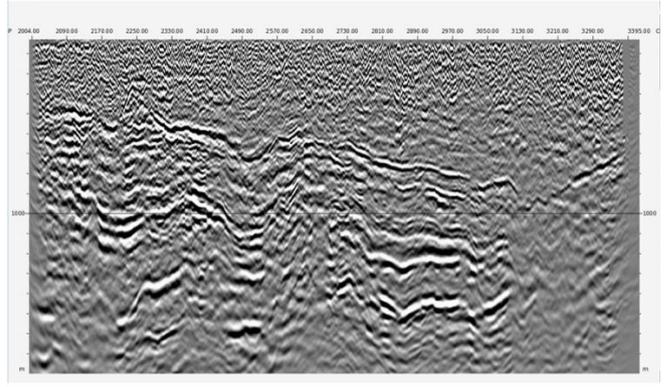
Gambar 3. Model tomografi sederhana (Fagin, 2002)



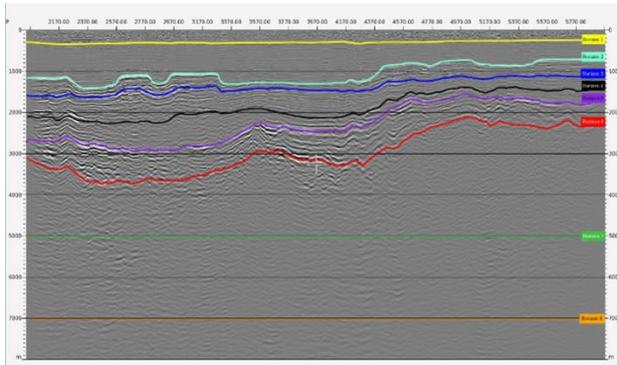
Gambar 6. (a) Gather Lapangan A2 dan (b) Gather Lapangan A1



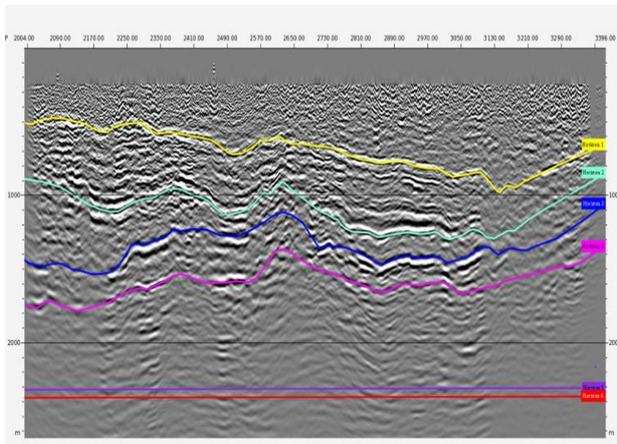
**Gambar 7.** Migrasi *aperture* 1951.3 m lapangan A1



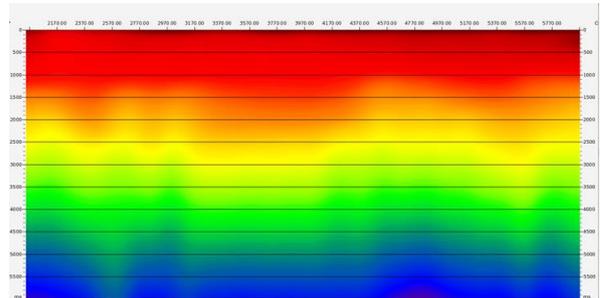
**Gambar 8.** Migrasi *aperture* 679.4 m lapangan A2



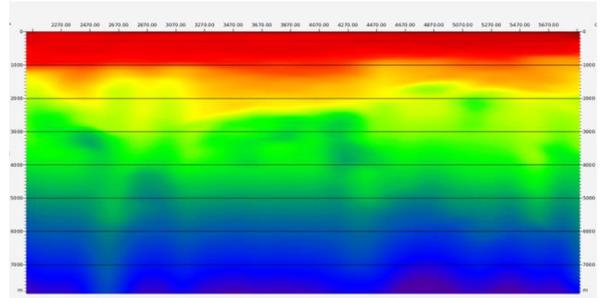
**Gambar 9.** Interpretasi Horizon Lapangan A1



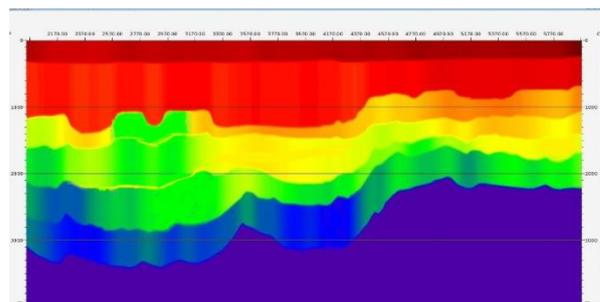
**Gambar 10.** Interpretasi Horizon Lapangan A2



a.

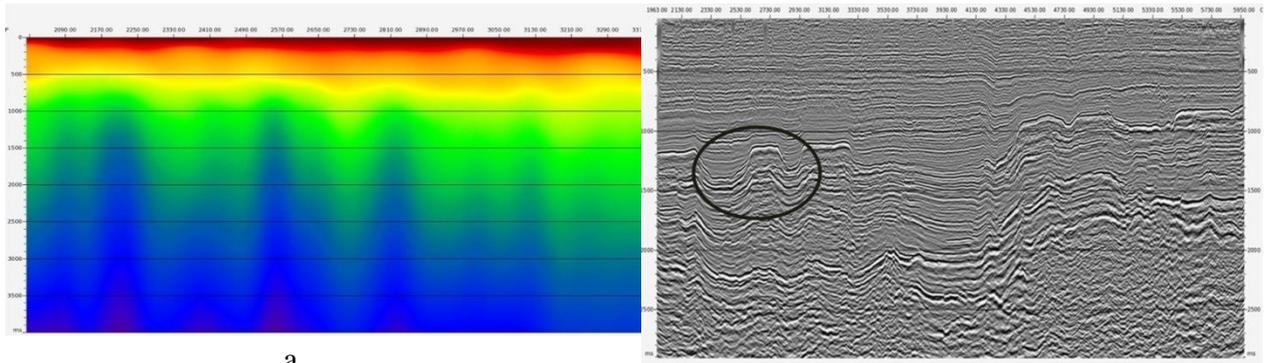


b.

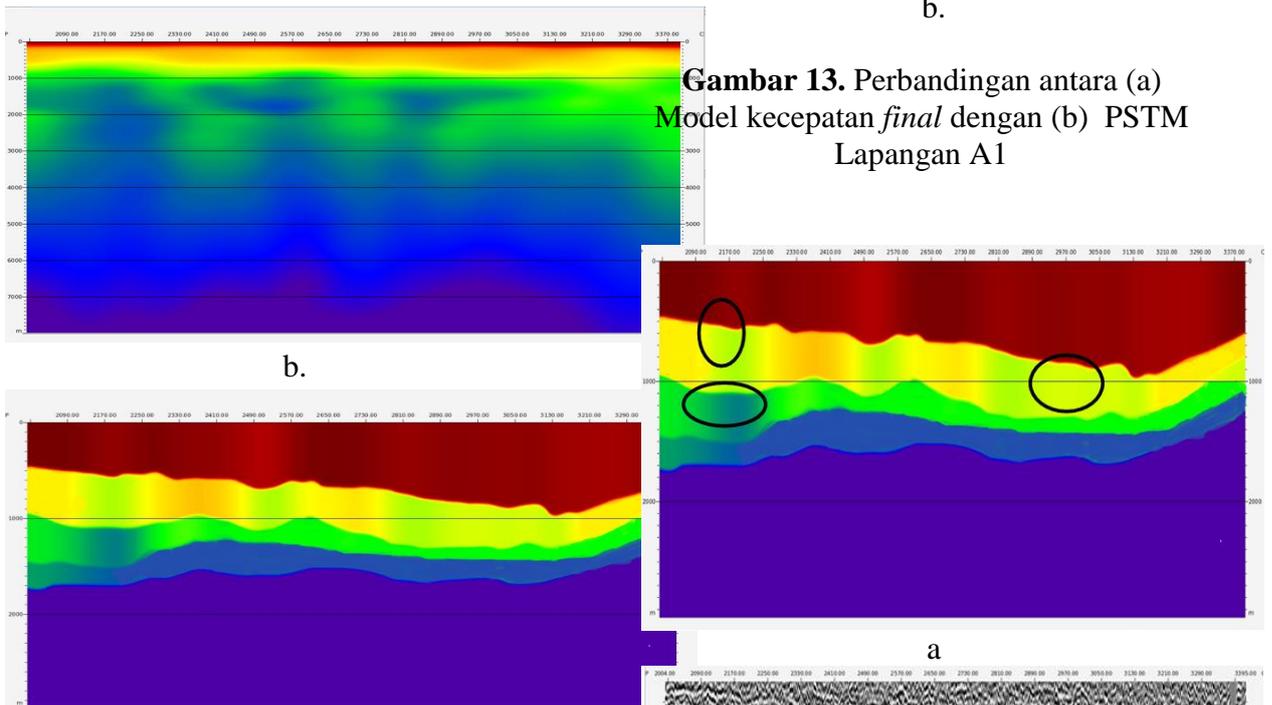


c.

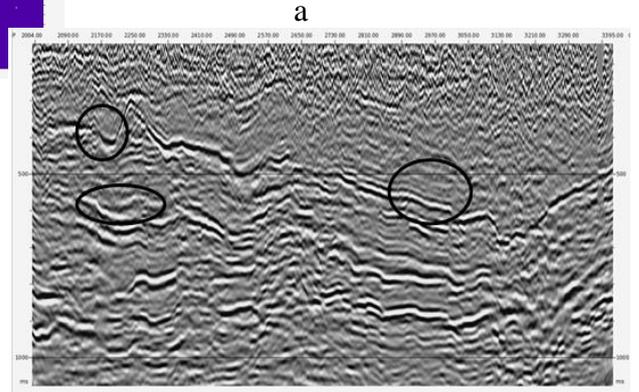
**Gambar 11.** Model kecepatan lapangan A1 (a) Kecepatan RMS (b) Kecepatan *Initial* Tomografi(c) Kecepatan *final* tomografi



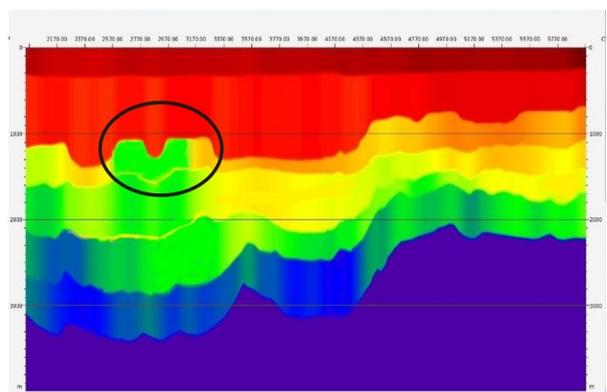
**Gambar 13.** Perbandingan antara (a) Model kecepatan *final* dengan (b) PSTM Lapangan A1



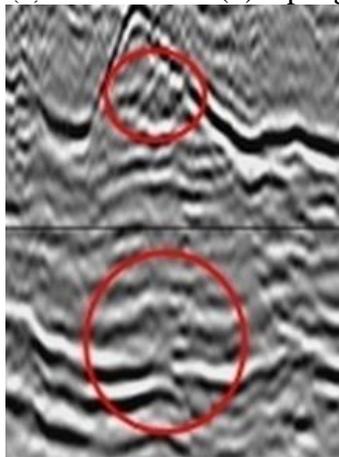
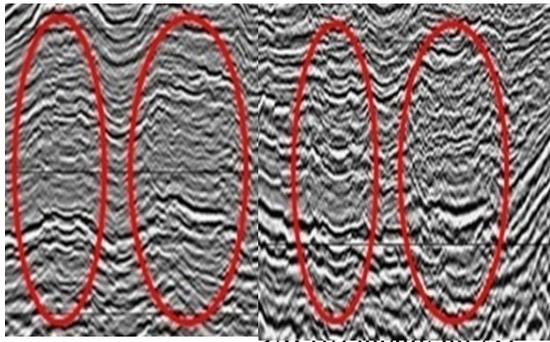
**Gambar 12.** Model kecepatan lapangan A2 (a) Kecepatan RMS (b) Kecepatan *Initial Tomografi* (c) Kecepatan *final tomografi*



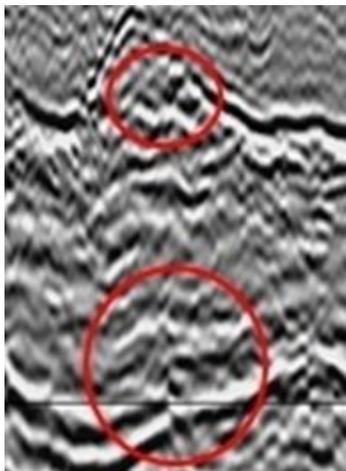
**Gambar 14.** Perbandingan antara (a) Model kecepatan *final* dengan (b) PSTM Lapangan A2



a.

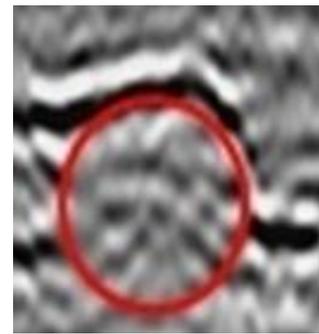


(i)

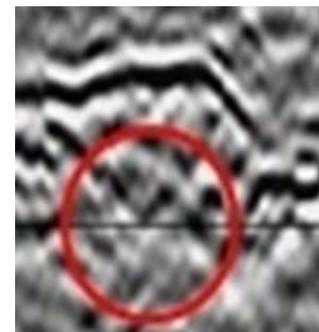


(ii)

a.



(i)



(ii)

b.

**Gambar 16.** Perbandingan PSTM a.(i), b (i) dan PSDM a.(ii), b (ii) lapangan A2