

Speed Model Processing using Ray Tracing Method for 2D Depth Domain Migration (Pre Stack Depth Migration) on the field "AV"

Anjar Evita¹, Hernowo Danusaputro^{1,*}

¹Physics Department, Faculty of Sciences and Mathematics, Diponegoro University,
Jl. Prof. H. Soedarto, SH. Tembalang Semarang 50275

*corresponding author's email: hernowo.danusaputro@undip.ac.id

ABSTRACT

The research was conducted to process 2D seismic data by Pre Stack Depth Migration (PSDM) method on the field "AV". The purpose of this study was to determine the appropriate interval velocity model to manage the PSDM methods work. Interval velocity model obtained from the initial estimate using coherency inversion velocity model is usually not convergent. Interval velocity model should be improved through several stages in order the estimated speed could be closer to the actual speed value.

Some initial interval velocity model parameters should be improved to be more sensitive to lateral velocity variations for PSDM work. The method used to improve the velocity model was a horizon-based tomography using the ray tracing concept. These methods improved the layer speed and reflector geometry to produce a new interval velocity model.

Model errors should be corrected by residual move out analysis. The best analysis obtained was from the fifth iteration to eliminate errors and flatten depth gathers. The proper value of the speed produced good quality images. The results of this research was PSDM Section or PSDM cross-section. PSDM cross-section has a good image quality to represent the geological structures in the earth's sub surface.

Keywords: PSDM, interval velocity model, horizon-based tomography, ray tracing, residual moveout analysis.

ABSTRAK

Penelitian ini dilakukan untuk mengolah data seismik 2D dengan metode Pre Stack Depth Migration (PSDM) pada Lapangan "AV". Tujuan dari penelitian ini ialah menentukan model kecepatan interval yang sesuai untuk mengerjakan metode PSDM. Model kecepatan interval yang didapat dari estimasi awal menggunakan inversi koherensi biasanya bukan model kecepatan yang konvergen. Model kecepatan interval harus diperbaiki melalui beberapa tahap agar nilai kecepatan yang diestimasi mendekati nilai kecepatan yang sebenarnya.

Beberapa parameter model kecepatan interval awal harus diperbaiki agar lebih peka terhadap variasi kecepatan lateral untuk pengerjaan PSDM. Metode yang digunakan untuk perbaikan model kecepatan adalah horizon-based tomography dengan konsep ray tracing. Metode ini melakukan perbaikan terhadap kecepatan lapisan dan geometri reflektor untuk menghasilkan model kecepatan interval yang baru.

Kesalahan model harus dikoreksi dengan analisis residual moveout. Analisis terbaik didapatkan dari iterasi kelima untuk menghilangkan nilai kesalahan dan meratakan *depth gathers*. Nilai kecepatan yang tepat menghasilkan kualitas citra yang baik. Hasil dari penelitian ini adalah PSDM Section atau penampang PSDM. Penampang PSDM memiliki kualitas citra yang cukup baik dalam merepresentasikan struktur geologi di bawah permukaan bumi.

Kata kunci: PSDM, model kecepatan interval, horizon-based tomography, ray tracing, analisis residual moveout

Pendahuluan

Tiga rangkaian tahapan metode seismic berupa akuisisi, pengolahan data (*processing*), dan interpretasi memiliki tujuan akhir berupa informasi geologis dari daerah survey [1]. Tahap pengolahan (*processing*) merupakan tahap yang sangat berpengaruh di dalam metode seismic. Data seismic akan diproses sehingga menghasilkan suatu penampang seismic yang siap diinterpretasi.

Metode yang digunakan untuk memperoleh penampang seismic sangat banyak seperti PSTM, PSDM, inversi, dan sebagainya. Salah satu metode yang banyak digunakan adalah PSDM karena memiliki keunggulan dibandingkan beberapa metode lain yaitu dapat menghasilkan citra yang berkualitas. Metode PSDM membutuhkan model kecepatan sebagai data masukan untuk proses pengerjaannya. Oleh karena itu, diperlukan suatu model kecepatan yang sesuai untuk mengerjakan metode PSDM tersebut agar menghasilkan citra keluaran penampang seismic sebaik mungkin.

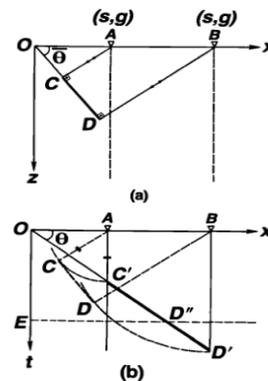
Dasar Teori

Analisis Kecepatan

Nilai kecepatan gelombang yang menjalar pada suatu medium akan sangat dipengaruhi oleh karakter medium tersebut. Pada dasarnya analisis kecepatan adalah suatu proses pemilihan kecepatan yang terbaik. Prinsip dasar analisis kecepatan pada proses *stacking* adalah mencari persamaan hiperbola yang tepat sehingga memberikan *stack* yang maksimum [1].

Migrasi

Kedudukan reflektor yang tergambar pada penampang seismic hasil *stack* belum mencerminkan kedudukan yang sebenarnya (masih semu). Hal tersebut dikarenakan rekaman *normal incident* belum tentu tegak lurus terhadap bidang permukaan, terutama untuk bidang reflektor miring. Untuk mendapatkan kedudukan reflektor yang sebenarnya perlu dilakukan perpindahan keposisi dan waktu pantul yang sebenarnya berdasarkan lintasan gelombangnya. Proses inilah yang dikenal dengan proses migrasi [2].



Gambar 1. Prinsip migrasi (a) ketika migrasi kemiringan reflektor menjadi lebih curam dan dipindahkan ke posisi sebenarnya, (b) segmen refleksi C'D' mengakibatkan adanya lengkungan (*swing*) ketika memindahkan reflektor ke posisi sebenarnya [2]

Perpindahan posisi pemantul pada data hasil perekaman dapat disebabkan oleh pemantul miring dan patahan. Perpindahan ini erat kaitannya dengan kesalahan anggapan yang diambil pada proses pemantulan [3].

Kirchoff Pre Stack Migration

Migrasi *Kirchoff* merupakan prosedur penjumlahan difraksi. Penjumlahan pada migrasi dapat dilakukan jika kurva difraksi sudah diketahui. Kurva difraksi diperoleh dari Persamaan 1 berikut [2].

$$T^2 = \left[\frac{2R}{v} \right]^2 = T_d^2 + \frac{4(x_s - x_d)^2}{v^2} \quad (1)$$

dengan R adalah jarak difraktor ke penerima, v adalah kecepatan, T_d adalah *two way time*, x_s adalah posisi sumber ke penerima di permukaan, x_d adalah posisi penerima di permukaan, dan T adalah waktu *offset*.

Persamaan Transformasi Dix dan *Constrained Velocity Inversion*

Dix berpendapat bahwa untuk sudut kecil V_{RMS} dapat digunakan pada formula *moveout*. V_{RMS} didefinisikan pada persamaan 2 sebagai berikut.

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

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 yang didefinisikan pada Persamaan 3 sebagai berikut.

$$V^2_{int(A-B)} = \frac{V^2_{RMS(B)} \cdot T_B - V^2_{RMS(A)} \cdot T_A}{T_B - T_A} \quad (3)$$

dengan $V_{int(A-B)}$ adalah 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. Persamaan tersebut untuk menunjukkan *ray* yang muncul pada kurva *travel time* [4].

Metode *constrained velocity inversion* (CVI) menentukan kecepatan interval dari hasil *pick* kecepatan *stacking* yang biasanya sebagai fungsi *two way travel time* (TWT) dengan fungsi kecepatan interval yang terbatas dan *smooth*. *Damped least squares* digunakan untuk meminimalkan *errors* pada kecepatan hasil *picking* sehingga akan didapatkan hasil model awal kecepatan interval yang lebih stabil dan halus [4].

Metode Penelitian

Peralatan Penelitian

a. Perangkat Keras: Perangkat keras yang digunakan adalah: (1) *Central Processing Unit* (CPU) (2) 2 buah LCD monitor 24 inch (3) Server

b. Perangkat Lunak. Perangkat lunak yang digunakan adalah: (1) *Software Echos 1.0.1* dari *Paradigm Geophysical Inc.* digunakan untuk melakukan pengolahan data seismik 2D. (2) *Software Geodepth 2D* dari *Paradigm Geophysical Inc.* digunakan untuk membuat suatu model kecepatan (*velocity model*) 2D dan untuk membuat *section* seismik 2D.

Data Penelitian

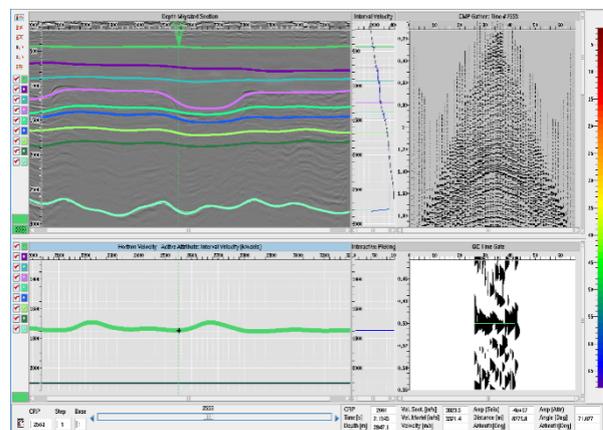
Data seismik yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data seismik 2D dalam bentuk CDP *gather* 1974-3200. Selain itu, data yang digunakan untuk *Pre Stack Depth Migration* (PSDM) berasal dari *Time Migrated Gather* dan volume V_{RMS} update (kecepatan RMS).

Hasil Dan Pembahasan

Pembuatan Model Kecepatan Interval Awal Menggunakan *Ray Tracing*

Pembuatan model kecepatan interval awal (*interval velocity volume*) didapatkan dari *Time Migrated Maps* yang dikenakan proses *coherency inversion* dan *ray tracing* untuk semua lapisan. PSTM *volume* yang telah dikerjakan sebelumnya, terdapat 8 garis horizon dari proses *picking horizon* untuk menginterpretasikan formasi dan jumlah perlapisan. PSTM *volume* kemudian didemigrasi dengan menggunakan V_{RMS} untuk mendapatkan CMP *Gather*. CMP *Gather* dan *time map* inilah yang merupakan data *input* untuk proses *coherency inversion*. Proses *coherency inversion* ini dikerjakan dengan metode *ray tracing* untuk tiap lapisan.

Kurva waktu tempuh hasil pemodelan dibandingkan dengan kurva waktu tempuh sebenarnya dengan cara melakukan *picking semblance*. *Semblance* ini menyatakan perbedaan antara kurva model dengan kurva *travel time* sebenarnya pada setiap horizon yang dianalisis.



Gambar 2. Proses *coherency inversion* menggunakan konsep *ray tracing* dimulai untuk lapisan ke-n (lapisan pertama)

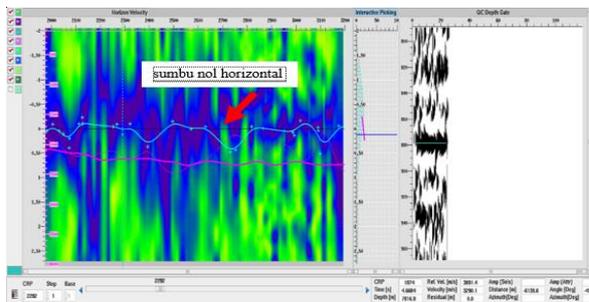
Perbaikan Model Kecepatan Interval

Model kecepatan interval awal yang didapatkan melalui proses *coherency inversion* harus diperbaiki lagi karena masih terdapat kesalahan pada model awal tersebut. Kesalahan yang terdapat dalam model awal ini antara lain terdapat *error* di lapisan bawah

akibat kumulatif *error* pada lapisan-lapisan di atasnya.

Analisis Residual Moveout

Analisis *residual moveout* dilakukan dengan menghitung *semblance* yang mengasumsikan *residual moveout* merupakan suatu fungsi parabolik. *Event* dengan *residual moveout* akan menghasilkan *semblance peak* yang terletak di atas atau di bawah sumbu horizontal tergantung pada nilai *error*-nya. Setelah dianalisis, *semblance* di-picking pada titik-titik maksimum (*semblance peak*) untuk menghasilkan *gather* yang *flat*.



Gambar 3. Analisis *residual moveout* dengan cara *picking residual depth moveout* pada *semblance* maksimum yang mendekati sumbu nol horizontal (tanda panah berwarna merah)

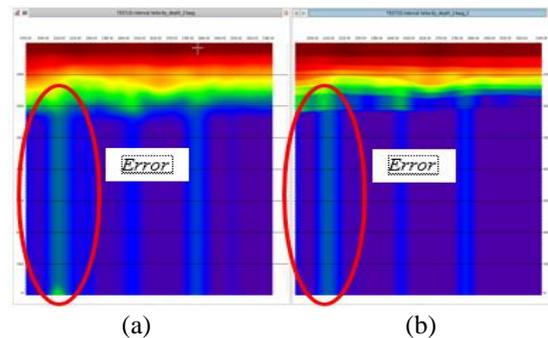
Analisis *residual moveout* ini dilakukan sebanyak 7 kali iterasi agar memperoleh *gather* yang *flat* dan *map* yang optimal. Akan tetapi, *gather* yang optimal didapatkan dari iterasi ke-5 dengan syarat iterasi berhenti yaitu apabila iterasi dilanjutkan maka *gather* akan melengkung. Hal tersebut dikarenakan nilai kecepatan yang terlalu banyak di-*stack* akan memperkuat *noise* kembali sehingga nilai kecepatan tidak sesuai dan *gather* akan melengkung kembali.

Tomografi (Horizon-Based Tomography)

Metode tomografi yang digunakan adalah *horizon-based tomography* dengan parameter yang harus ditentukan adalah *ray tracing*. Parameter ini menunjukkan lokasi *rays* berasal (*ray* bermula ditelusuri dari titik ini).

Perbandingan antara model awal dengan model yang baru dapat dilihat pada terdapatnya *error* berupa *stretching* warna *semblance* (ditunjukkan dengan

semblance hijau yang dilingkari dengan warna merah) pada model awal yang menunjukkan adanya *error* kecepatan. *Error* ini terdapat pada lapisan bawah yang menunjukkan bahwa variasi kecepatan lateral seiring bertambahnya kedalaman akan semakin besar sehingga *error* juga akan semakin besar. Setelah dilakukan tomografi maka nilai *error* dapat berkurang.



Gambar 4. Perbandingan hasil antara (a) volume kecepatan interval awal dengan (b) volume kecepatan interval yang baru (*update*) setelah dilakukan *horizon-based tomography*, *semblance error* ditunjukkan oleh lingkaran berwarna merah

Error ini harus dikurangi hingga warna *semblance error* (warna hijau) berkurang atau memudar.

Pre Stack Depth Migration (PSDM)

Migrasi bertujuan untuk mengembalikan reflektor ke posisi sebenarnya atau membuat penampang seismik yang dapat menggambarkan kondisi geologi yang sebenarnya. Data *input* untuk proses *running* PSDM adalah model kecepatan interval *update* dan *CMP gather*. Proses PSDM membutuhkan parameter yang disebut *aperture*. Penelitian ini menggunakan nilai *aperture* sebesar 800 m yang disesuaikan dengan kedalaman struktur target utama.

Identifikasi *Error* pada Model Kecepatan Interval

Bentuk *error* pada model kecepatan dapat disebabkan oleh kesalahan dalam melakukan estimasi kecepatan lapisan dan geometri reflektor yang kurang tepat. *Error* tersebut dapat diidentifikasi dari *semblance residual moveout* dan *depth gathers*. *Gather* yang mengandung *residual moveout* biasanya belum *flat*

dan *semblance peak* berada jauh dari sumbu nol horizontal (*zero residual moveout*).

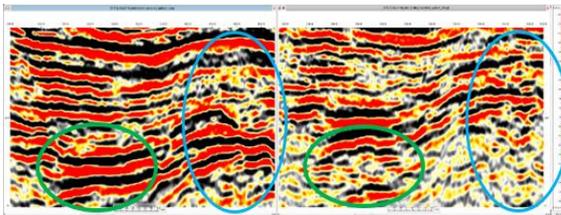
Validasi Hasil Akhir PSDM (Setelah Tomografi Iterasi ke-5)

Proses iterasi *updating* dilakukan hingga *semblance* berhasil di sekitar sumbu nol horizontal untuk mengindikasikan nilai *error* yang semakin kecil.

Perbandingan Hasil Akhir PSTM dengan PSDM

Perbandingan gambar hasil akhir PSTM dengan PSDM ditunjukkan pada Gambar 6 yang berupa tampilan *imaging 2D*.

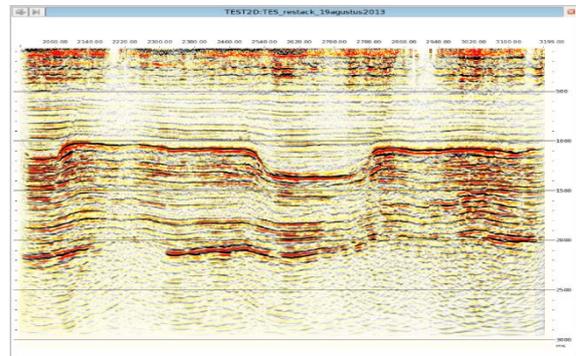
Hasil PSDM *section* menunjukkan adanya ketidakmenerusan reflektor yang dapat diasumsikan sebagai patahan. Gambar 5 di bawah menunjukkan adanya *reef build up* (lingkaran biru) dan ketidakmenerusan reflektor (lingkaran hijau) pada penampang PSTM (Gambar 5b). Hal ini dikarenakan PSTM *section* menggunakan V_{RMS} untuk setiap lapisan sehingga variasi kecepatan lateral kurang diperhitungkan. PSTM memberikan prinsip *imaging* berdasarkan domain ketepatan waktu tempuh gelombang pada bidang-bidang reflektor [5].



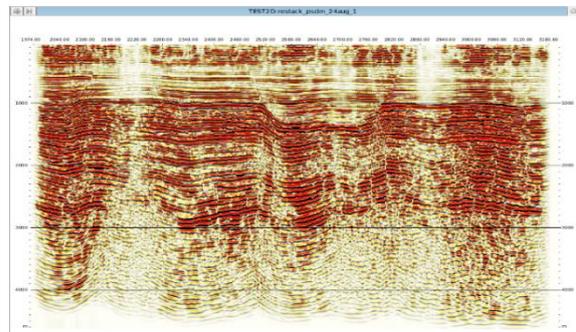
Gambar 5. Perbandingan kemenerusan reflektor antara (a) PSDM dan (b) PSTM, *reef build up* ditunjukkan oleh lingkaran berwarna biru dan ketidakmenerusan reflektor ditunjukkan oleh lingkaran berwarna hijau

Kemenerusan reflektor dalam PSTM cenderung lebih rendah karena V_{RMS} memberikan kontribusi nilai kecepatan yang sama padahal kemungkinan reflektor tersebut tidak berada pada satu bidang. Nilai kecepatan V_{RMS} kurang sesuai jika digunakan untuk PSDM.

a.



b.



Gambar 6. Perbandingan hasil citra antara (a) PSTM *section* dan (b) PSDM *section* pada struktur dan daerah penelitian yang sama

Citra yang dihasilkan dari proses PSDM memiliki beberapa keunggulan dibandingkan PSTM. Keunggulan tersebut adalah dari segi kemenerusan (*continuity*) reflektor, pola reflektor yang lebih tegas, dan resolusi *imaging* yang lebih tinggi. Oleh karena itu, proses PSDM merupakan metode yang sesuai dalam pengolahan data seismik refleksi 2D karena dapat memenuhi kebutuhan untuk memperoleh kualitas citra yang tinggi. Oleh karena itu, penentuan model kecepatan interval yang sesuai sangat diperlukan untuk PSDM agar menghasilkan citra keluaran penampang seismik sebaik mungkin.

Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian ini adalah:

1. Telah diperoleh model kecepatan interval yang baru untuk proses PSDM. Model kecepatan interval yang didapatkan berupa penampang *semblance* (warna) 2D.
2. Konsep metode *Ray Tracing* dan *horizon-based tomography* merupakan metode yang sesuai

untuk penentuan model kecepatan interval. Metode ini mampu melakukan perbaikan terhadap model kecepatan interval yang sesuai untuk migrasi domain kedalaman (PSDM). Hal ini dibuktikan dengan nilai *error* yang semakin kecil pada model kecepatan akhir.

3. Hasil citra PSDM *Section* atau penampang PSDM mampu merepresentasikan struktur geologi dengan cukup baik di bawah permukaan bumi. Hasil citra PSDM lebih baik daripada PSTM terbukti dengan adanya kemenerusan dan pola reflektor yang lebih tegas serta resolusi citra yang lebih baik.

Daftar Pustaka

- [1] Sismanto, Modul 2: Pengolahan Data Seismik, in: Prodi Geofisika. Jurusan Fisika, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, 1996.
- [2] O. Yilmaz, *Seismic Data Processing*, Society of Exploration Geophysicists, Tulsa, (1987).
- [3] A. Berkout, *Seismic Migration: Imaging of Acoustic Energy by The Wave Field Extrapolation A Theoretical Aspect*, in, Elsevier. Amsterdam, 1984.
- [4] S.W. Fagin, U. Egozi, *Model-based depth imaging*, Society of Exploration Geophysicists, 1998.
- [5] Mualimin, R.S. Hisan, S.B. Djoko, B. Sumahardi, *Velocity Model Building Pada Pre Stack Depth Migration; (Pencitraan pada Struktur yang Kompleks)*, in: Pertemuan Ilmiah Tahunan, Himpunan Ahli Geofisika Indonesia ke-29 (PIT HAGI Ke-29), Yogyakarta, 2004.