

STUDI PENCITRAAN STRUKTUR BAWAH PERMUKAAN BUMI MENGGUNAKAN PEMODELAN *CONSTRAINED VELOCITY INVERSION* DAN *GRID BASED TOMOGRAPHY* PADA LINTASAN GMR165 DI DAERAH TELUK CENDRAWASIH

Gamal Muhammad Rizka¹, Bagus Sapto Mulyatno, S.Si, M.T¹, Hasan Nurrudin, M.T².

¹Jurusan Teknik Geofisika Universitas Lampung dan ²PT Elnusa Tbk.

Prestack Depth Migration (PSDM) method has been applied to image the subsurface at Line GMR165 in Cendrawasih Bay. Imaging and positioning is the most important issue in seismic data processing. In the complex area case with lateral variation velocity, PSDM has more benefit than PSTM. It cause the ability of PSDM method that can focus just for one reflector when lateral velocity change.

In this study used *constrained velocity inversion* modelling method. This method is designed to make an *initial interval velocity* model for PSDM and updated in *grid based tomography* to get the best velocity so that the result had continuous PSDM reflector with flat gather. That interval velocity applied to PSDM to get seismic image section and compared with PSTM (prestack time migration) seismic section based on it's image and velocity model analysis. Seismic section of PSDM shows a significant image enhancement. It is able to assure the reflection pattern at the horizons with strong lateral velocity variations and makes image resolution more coherence than seismic section of PSTM. This study is very valuable to build exploration concept and development area, especially in a complex structure with strong lateral velocity variations.

Keywords: *Pre Stack Depth Migration, Constarined Velocity Inversion, Grid Based Tomography.*

PENDAHULUAN

Pembuatan model awal kecepatan interval (*Interval Velocity Model Building* atau *IVMB*) merupakan salah satu tahapan yang

sangat penting dalam pemrosesan *Pre Stack Depth Migration* (PSDM), karena hanya dengan model kecepatan yang paling tepatlah yang dapat mengikuti algoritma migrasi yang berguna untuk menjumlahkan

penjalaran gelombang seismik dan pembelokan yang terjadi selama penjalarannya dalam domain kedalaman (Fagin, 2002).

Penggambaran daerah bawah permukaan membutuhkan model kecepatan interval yang baik, karena model kecepatan interval yang didapatkan dari konversi kecepatan RMS / model awal kecepatan interval (*Interval Velocity Model Building* atau *IVMB*) masih memerlukan perbaikan. Tomografi merupakan tahapan alternatif untuk melakukan perbaikan kecepatan yang akan digunakan sebagai kecepatan *stack*. Kedua metode tersebut akan diterapkan pada data seismik Teluk Cendrawasih dan diharapkan dapat memberikan informasi mengenai kondisi geologi bawah permukaan daerah tersebut.

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Menganalisis hasil pemodelan kecepatan menggunakan *Constrained Velocity Inversion* dan *Grid Based Tomography* dengan metode *Prestack Depth Migration* (PSDM) pada data seismik Teluk Cendrawasih.
2. Mendapatkan citra bawah permukaan Teluk Cendrawasih yang lebih baik dengan

melakukan PSDM dan membandingkannya dengan hasil PSTM.

GEOLOGI REGIONAL

Teluk Cendrawasih merupakan salah satu ciri fisiografi Papua Utara. Teluk ini terletak di antara daratan Badan Burung ke selatan dan timur, Kepala Burung ke barat dan Pulau Yapen ke utara. Teluk Cendrawasih merupakan depresi berbentuk *triangular embayment* pada pantai utara Papua yang memisahkan Kepala Burung dan Badan Burung (Charlton, 2000).

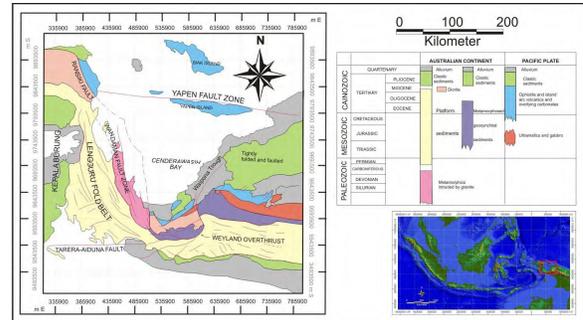
Teluk Cendrawasih memiliki kedalaman air sekitar 1.400 m pada bagian tengahnya. Memiliki beberapa dasar yang rata, lereng pada bagian utara dan barat sangat terjal, sedangkan bagian selatan dan timur sangat landai. Pergerakan relatif Lempeng Samudera Pasifik - Caroline dan Lempeng Benua Indo - Australia dimanifestasikan oleh pergerakan *strike-slip* yang mungkin berhubungan atau tidak berhubungan dengan pensesaran *transform*. Pergerakan *strike-slip* ini terlihat pada sistem Zona Sesar Sorong - Yapen - Bewani dari timur ke barat sepanjang New Guinea. Sesar bergerak mengiri dan beberapa peneliti menyatakan bahwa sesar ini membentuk *displacement*

sepanjang 600 km (Waschsmuth dan Kunst, 1986).

Pada bagian daratan Pulau Papua, zona sesar ini disebut dengan Zona Sesar Mamberamo yang dicirikan oleh kelurusan pada daerah Sungai Mamberamo (Dow dan Sukanto, 1984). Bagian barat teluk berbatasan dengan sesar berarah barat laut (Zona Sesar Wandaman) sampai ke timur Jalur Sabuk Lipatan Lengguru dan secara *oblique* memotong Teluk Cenderawasih. Semakin ke selatan terdapat *Weyland Overthrust*, suatu massa batuan metamorfik dan plutonik yang teranjakkan ke selatan di atas Benua Australia dan Jalur Sabuk Lipatan Lengguru yang dibentuk oleh suatu seri lipatan *overthrust*. Ke arah timur, pada bagian barat sampai ke timur laut, terdapat pegunungan Van Rees, Gauttier, dan Karamoor. Dataran pantai menutupi palung sedimenter yang sangat dalam dan sempit yang lebarnya kurang dari 50 km (Palung Waipoga).

Kedalaman air di Teluk Cenderawasih berkisar antara 0 - 2.000 m, bagian yang terdalam berada di bagian utara dan bagian tengah. Lokasi Sesar Yapen di bawah permukaan air laut dapat diidentifikasi dari data batimetri. Ditemukan juga sabuk lipatan yang sebelumnya tidak diketahui di bagian

tenggara dengan kecenderungan arah timur laut - barat daya.



Gambar 1. Geologi sekitar Teluk Cenderawasih (Dow dan Hartono, 1982)

DATA DAN METODA

Penelitian ini menggunakan data sekunder seismik refleksi 2D *Survey marine* daerah Teluk Cenderawasih lintasan MR2610 berupa PSTM.sgy, gather_final.sgy, serta final_velocity.sgy. Lintasan ini memiliki *CMP Range* dari 500-5000.

Dengan parameter lapangan lintasan MR165 yang diketahui dari data *Observer Report* adalah sebagai berikut:

1. *Source*:
 - Jenis Bahan : Air gun
 - *SP Interval* : 25 m
2. *Receiver*:
 - Jumlah *Channel* : 350
 - *Group Interval* : 12.5 m

- Metode Penembakan : *off end*
- *Near Offset* : 146 m
- *Far Offset* : 8221 m

3. *Recording System*:

- *Tape Format* : SEGY-32BITS
- *Low Cut Filter* : 3 Hz
- *Record Length* : 5000 ms
- *Sampling Interval* : 4 ms

Impor Data

Pada tahap awal dilakukan *import* ketiga data SEG-Y, yakni PSTM, *gather final*, dan *final velocity* yang berupa kecepatan RMS, sebagai data *input* ke *software GeoDepth-EPOS3TE-Paradigm*, serta beberapa parameter lapangan.

Sedangkan untuk pengolahan dan analisis data dilakukan menggunakan perangkat lunak *GeoDepth-EPOS3TE-Paradigm*, serta perangkat keras, antara lain *Central Processing Unit: Sun Blade 1000/Solaris 2.6*, *Server: Sun enterprise 4500/Solaris 2.6*, 296 MB, 8x100 MHz *processor*, *Network: Workgroupswitch 10-100 MB/s*, Dua buah monitor 24 *inch*, Satu unit DELL *Personal*

Computer, dan Satu buah *printer Canon IP2770*.

Interpretasi Horizon

Pada penampang seismik dilakukan interpretasi horizon dengan cara mem-*pick* batas horizon yang ditandai dengan penampakan reflektor yang kuat di sepanjang penampang seismik tersebut, kemudian melakukan *Structure Model Builder* agar terbentuk model batas lapisan sesuai hasil *picking* kita. Untuk memberikan tanda antar perlapisan model tersebut diberikan variasi warna dengan fasilitas *Polygons* pada perangkat lunak *Geodepth-EPOS3TE-Paradigm*.

Pemodelan Kecepatan

Dalam PSDM, kecepatan yang digunakan adalah berupa V_{int} , sehingga diperlukan proses inisiasi kecepatan yang akan mentransformasi model kecepatan V_{rms} menjadi V_{int} . Pada pengolahan data ini digunakan pemodelan kecepatan menggunakan metode *Constrained Velocity Inversion*. Metode *Constrained Velocity Inversion* digunakan untuk penentuan model awal kecepatan interval untuk mendapatkan nilai kecepatan interval yang lebih baik dan stabil pada lapisan yang lebih dalam, yang

nantinya akan digunakan untuk melakukan PSDM awal/*Preliminary* PSDM.

Preliminary PSDM

Mengaplikasikan migrasi dengan menggunakan algoritma Kirchoff, jenis kecepatan yang digunakan, yaitu *Initial Interval Velocity* (V_{int}) yang diperoleh dari pemodelan kecepatan di atas, dan data *Final Gather* sebagai data *input*, sehingga menghasilkan penampang seismik awal dalam domain kedalaman (*Preliminary* PSDM).

Update Model Kecepatan Interval

Tahapan ini bertujuan untuk meningkatkan resolusi pencitraan *subsurface*, dengan mengupdate *depth model*nya. Ada beberapa tahapan yang perlu dilakukan dalam melakukan tahap ini.

a. Horizon Refinement

Setelah melalui tahapan PSDM, tentunya *horizon picks* yang telah kita buat sebelumnya akan bergeser, untuk membuat kembali model *horizon*nya menggunakan fasilitas *automatic picking of Inter layer segments* pada perangkat lunak *Geodepth-EPOS3TE-Paradigm*.

b. Grid Based Tomography

Grid Based Tomography digunakan untuk memperkecil *error Vint*, yang diselesaikan secara simultan menggunakan *least square* untuk meminimalisir kesalahan waktu tempuh yang melewati seluruh model.

Iterative PSDM

Untuk *iterative* PSDM kecepatan yang digunakan adalah kecepatan hasil *Update Velocity Model* dari tahapan diatas. Dengan menggunakan model kecepatan tersebut sebagai data *input* kecepatan serta data *gather final (unmigrated gather)*, kemudian akan diapply migrasi.

Tahapan ini merupakan tahapan kondisional yang dapat dilakukan berulang-ulang, untuk mengamati perubahan citra seismik yang dihasilkannya. Dengan menggunakan V_{int} yang terus diperbaharui sampai didapatkan V_{int} terbaik, dengan membandingkan *gather* hasil PSDM, maka diharapkan akan diperoleh pencitraan seismik yang paling baik dan sesuai dengan struktur geologi sebenarnya.

Final PSDM

Jika model kecepatan interval akhir telah diperoleh, maka sama halnya dengan proses PSDM sebelumnya, dengan menggunakan *final interval velocity model* dan *gather final* sebagai data input, kemudian diaplikasikan migrasi. Hasil dari *Final PSDM* ini berupa *final depth migrated section*, *final depth migrated gathers*, serta *final interval velocity model*. Kemudian membandingkan hasil akhirnya dengan hasil dari PSTM.

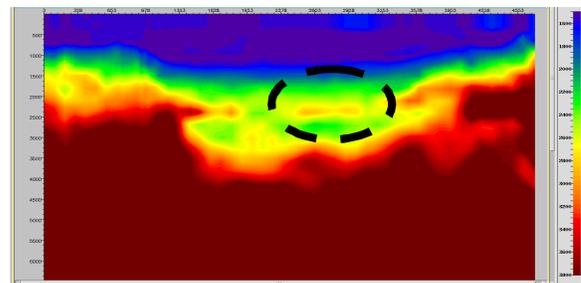
HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Kecepatan

Perambatan gelombang seismik dalam domain waktu biasanya diasumsikan bahwa nilai kecepatan gelombang yang merambat bernilai konstan atau semakin dalam semakin besar kecepatannya. Namun pada kenyataannya ada dimana lapisan atasnya memiliki kecepatan yang lebih besar dibandingkan lapisan dibawahnya. Hal ini dikarenakan kecepatan akan mengalami perubahan secara vertikal maupun lateral yang dapat diakibatkan kondisi fisis berupa tekanan, suhu, porositas dan lainnya, serta dapat diakibatkan efek-efek geologi seperti

fault (patahan), *salt dome*, diapir, *reef* dan sebagainya.

Pada Gambar 2 menunjukkan variasi kecepatan lateral yang terdapat pada daerah penelitian, dimana perubahan kecepatan pada suatu lapisan dilihat berdasarkan kontras warna dengan interval kecepatan 1500 - 3800 m/s (biru ke merah).



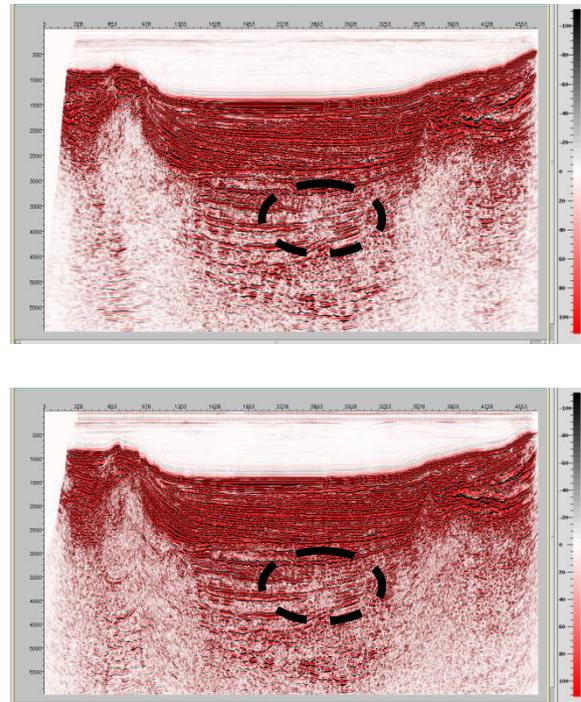
Gambar 2. Penampang kecepatan interval final

Dapat dilihat bahwa nilai kecepatan tinggi tidak selalu berada di lapisan dalam saja, sehingga jika masih menggunakan asumsi kecepatan bernilai konstan maka hasil kecepatan untuk melakukan proses *final* migrasi tidak tepat. Dapat dilihat pada daerah yang dibatasi dengan lingkaran berwarna hitam pada lapisan kedalaman (*vertical*) 2000-2500 ms dan CMP 2250-3000 terjadi perbedaan warna yang sangat kontras dibandingkan sekelilingnya, yakni *velocity*-nya lebih tinggi dibandingkan dengan daerah

sekitarnya. Ini menunjukkan ada perubahan struktur pada daerah tersebut, yang kemungkinan berupa batu gamping terumbu dan ditaksir sebagai batuan karbonat karena memiliki kecepatan yang lebih tinggi dibandingkan dengan *shale* atau *sand*. Dengan begitu, menggunakan teknik perhitungan kecepatan interval dengan *Constrained Velocity Inversion* yang berdasarkan penjalaran sinar (*ray tracing*) mampu mendapatkan kecepatan yang tepat.

Perbandingan PSTM dan PSDM

Data hasil *Pre Stack Depth Migration* yang telah dilakukan pada data seismik pada lintasan GMR165 di kawasan Teluk Cenderawasih untuk memperlihatkan adanya peningkatan citra yang cukup signifikan dibandingkan citra hasil *Pre Stack Time Migration* yaitu pada beberapa reflektor yang terlihat lebih tegas seperti pada Gambar 3. Fenomena tersebut dapat dijelaskan bahwa pada data migrasi domain waktu berasumsikan *hyperbolic moveout* koreksi NMO yang dilakukan pada *time gather* relatif tidak tepat, sehingga mengakibatkan terjadinya distorsi amplitudo sehingga saat *time gather* tersebut dilakukan *stacking* maka menghasilkan citra yang tidak menerus.

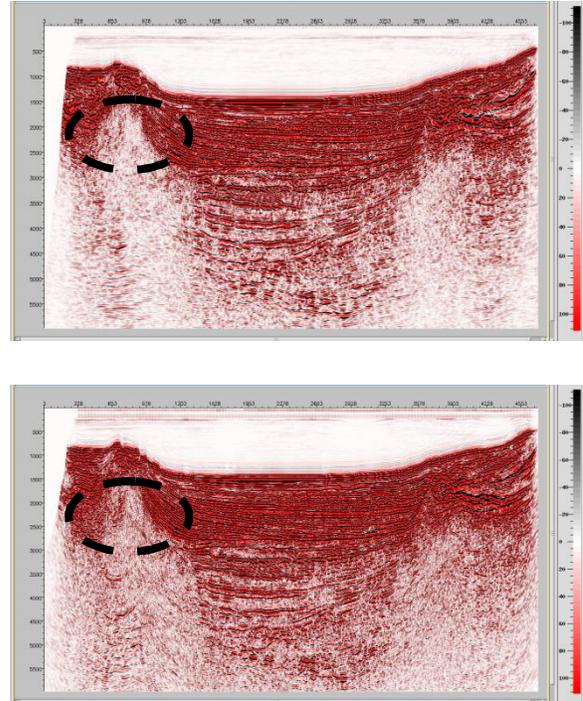


Gambar 3. Perbandingan penampang seismik hasil PSTM (atas) dan PSDM (bawah)

Ketidak menerusan reflektor pada data *stack time domain* biasanya disebabkan gagalnya *positioning* pada pencitraan *time migrated*, hal ini menyebabkan citra data seismik pada daerah-daerah tertentu (daerah sesar misalnya) menjadi tidak tegas. Hal ini dapat dijelaskan bahwa pada daerah-daerah tersebut terjadi variasi kecepatan secara lateral, pencitraan pada *time domain* dengan kecepatan RMS menghasilkan kesalahan dalam mendeskripsikan geometri kurva difraksi, kurva difraksi (waktu tempuh minimum) tidak berimpit dengan titik

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.

Berbeda dengan migrasi pada domain waktu, PSDM tidak berasumsi pada *hyperbolic moveout*, akan tetapi setiap titik pada data seismik dilakukan *focusing* sehingga setiap amplitudo pada setiap *offset* berada pada posisi kedalaman yang sebenarnya. *Constrained Velocity Inversion* dengan pemodelan *ray tracing* tidak menggunakan asumsi *hyperbolic moveout*, memperhitungkan variasi kecepatan baik secara lateral maupun vertikal, refraksi dan struktural *dip* dalam model sehingga mampu mencitrakan titik reflektor pada posisi kedalaman sebenarnya. Sehingga kemenerusan reflektor dapat tercitrakan lebih baik, ini terlihat dari Gambar 4 bahwa reflektor lebih mudah ditelusuri kemenerusannya.



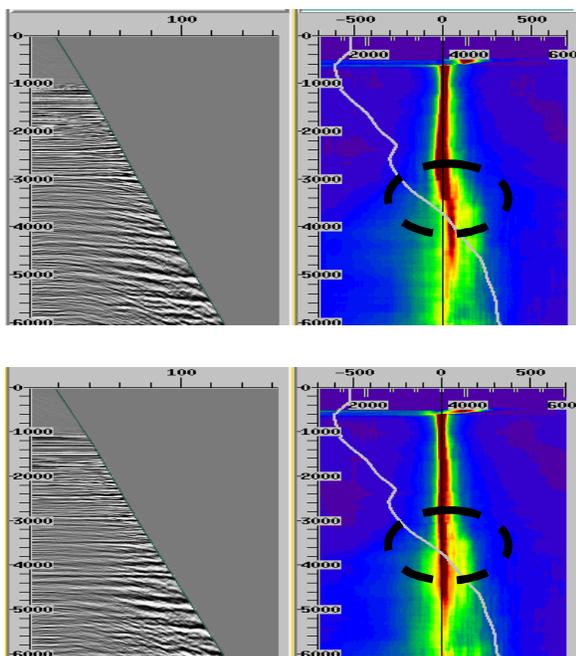
Gambar 4. Perbandingan penampang seismik hasil PSTM (atas) dan PSDM (bawah)

Analisis Gather

Dalam penelitian ini proses iterasi perbaikan kecepatan interval dilakukan sebanyak 6 kali. Sebagai *quality control* keberhasilan perbaikan kecepatan dilakukan analisis pada penampakan *gather* dan *semblance vertical*-nya. Terlihat pada Gambar *semblance gather final* (Gambar 5 bawah) memiliki nilai *error* lebih kecil dibandingkan *semblance gather initial* (Gambar 5 atas) hal ini terlihat dari warna merah yang lebih

mendekati garis 0, ini menandakan kecepatan yang diterapkan relatif tepat.

Pada *initial gather* kedalaman antara 2500-3500 m terlihat adanya kecepatan yang kurang tepat, terlihat bahwa kecepatan yang diterapkan terlalu rendah sehingga harus dilakukan koreksi. Jika kecepatan terlalu rendah menyebabkan *gather* mengalami *over-corrected (smiling effect)* atau *gather* akan berharga positif (kearah atas). Sedangkan jika terlalu tinggi maka akan menyebabkan *under-corrected* dan *gather* akan berharga negatif (kearah bawah). Dan setelah dilakukan perbaikan, *gather* terlihat flat, yang menandakan bahwa kecepataannya tepat.



Gambar 5. *Depth migrated gather* pada CRP 2880 initial (atas) dan final (bawah) dan *semblance*-nya.

KESIMPULAN

Berdasarkan analisis dari pembahasan, dapat disimpulkan bahwa :

1. Kecepatan interval yang didapatkan mampu mempresentasikan nilai kecepatan yang sebenarnya.
2. Hasil PSDM memberikan peningkatan citra yang signifikan yaitu mampu mempertegas pola reflektor

DAFTAR PUSTAKA

Abdullah, Agus., 2007, “*Ensiklopedia Seismik Online*”, Blog Online.

Danusaputro, Hernowo and Harmoko, Udi and Triarto, Yose Rizal (2010), Analisis Velocity Model Building Pada *Pre Stack Depth Migration* Untuk Penggambaran Struktur Bawah Permukaan Daerah “X”, BERKALA FISIKA, 13 (1). pp. 27-32. ISSN 1410 – 9662.

Dow, D.B., dan Hartono, U., 1982, The Nature of The Crust Underlying Cendrawasih (Geeluinck) Bay, Irian Jaya, Proceedings Indonesian Petroleum Association.

Meeting, SEG, Expanded Abstracts, 2435–2438

Fagin, S., 2002, *Becoming effective velocity-model builders and depth imagers, Part 1- The basics of pre-stack depth migration*, TLE, Texas.

Yilmaz, O., 2001, *Seismic Data Processing*, Society of Exploration Geophysicists, Tulsa.

Koren, Zvi dan Ravve, Igor., 2005, *Paradigm Geophysical*, SEG Houston Annual Meeting.

Kurniawan, Aan., 2012, Studi Pencitraan Struktur Bawah Permukaan Bumi Menggunakan Metode *Pre Stack Depth Migration* (PSDM) Pada Lintasan AK-213 di Daerah Jawa Timur Bagian Utara, Skripsi Jurusan Teknik Geofisika UNILA, Lampung.

Oktavinta, Adrian., 2008, “*Dunia Seismik Blogspot*”, Blog Online.

Paradigm Geophysical, 2007, *GeoDepth EPOS3TE Tutorial Help*, Paradigm Geophysical Co., Houston.

Ravve, I., and Z. Koren, 2004, Exponential asymptotically bounded velocity model: 74th Annual International