

# Analisis Perbandingan PSTM dan PSDM Dalam Eksplorasi Hidrokarbon di Lapangan SBI

**Sudra Irawan**

Program Studi Diploma III Teknik Geomatika, Jurusan Teknik Informatika, Politeknik Negeri Batam, Batam 29461, email: [sudra@polibatam.ac.id](mailto:sudra@polibatam.ac.id)

**Abstrak** – Metode standar dalam *imaging* seismik umumnya menggunakan dua tahap pemrosesan, yaitu tahap penentuan model kecepatan (*velocity model*) dan tahap rekonstruksi reflektor melalui migrasi. Pada struktur yang relatif homogen secara horizontal pemrosesan standar mampu menghasilkan citra yang sesuai dengan kondisi geologi sesungguhnya. Namun, pada struktur yang kompleks, misalnya terdapat kubah garam atau *reef karbonat* yang memiliki heterogenitas struktur yang tinggi secara horisontal, maka pemrosesan standar akan mengalami kegagalan. Ada dua tahapan utama dalam pengolahan data yaitu membuat peta model 3D kecepatan RMS dan membuat dan memperbaiki model kecepatan interval. Model kecepatan interval yang dihasilkan dengan *horizon-based tomography* mampu melakukan perbaikan terhadap parameter model kecepatan interval yaitu kecepatan lapisan dan kedalaman, terbukti dengan *depth gathers* yang sudah flat, *semblance* yang telah berhimpit dengan sumbu *zero residual moveout*, dan sudah sesuai antara *depth image* yang dihasilkan dengan markernya (*well seismic tie*). *Depth domain image* yang dihasilkan proses *Pre Stack Depth Migration* (PSDM) lebih mempresentasikan model geologi yang sebenarnya dibandingkan *time domain image* yang dihasilkan proses *Pre Stack Time Migration* (PSTM), dibuktikan dengan kemenerusan reflektor yang lebih tajam, mengurangi efek *pull-up* dan memiliki resolusi yang tinggi.

**Kata Kunci** : Model kecepatan, *Pre Stack Time Migration* (PSTM), *Pre Stack Depth Migration* (PSDM), Hidrokarbon.

**Abstract** – *Standards imaging seismic method generally uses a two-stage processing, namely the step of determining the velocity model and the reconstruction phase reflector through migration. In a relatively homogeneous structure horizontally standard processing capable of producing images that correspond to the actual geological conditions. However, the complex structure, for example, there is a salt dome or carbonate reef structures that have a high heterogeneity horizontally, then standard processing will fail. There are two main stages in the processing of data that make the map 3D model RMS velocity and velocity model building and fixing interval. Model interval velocity generated by horizon-based tomography is able to make improvements to the model parameters interval velocity is the speed layer and depth, as evidenced by the depth Gathers already flat, semblance which has coincide with the axis zero residual moveout, and is in conformity between the depth image generated with marker (well seismic tie). Depth domain image generated PSDM process over the actual present geological model compared to the time domain image generated PSTM process, evidenced by the continuity of reflectors sharper, reducing the effects of pull-ups and has high resolution.*

**Keywords:** *Pre Stack Time Migration (PSTM), Pre Stack Depth Migration (PSDM), Hydrocarbons*

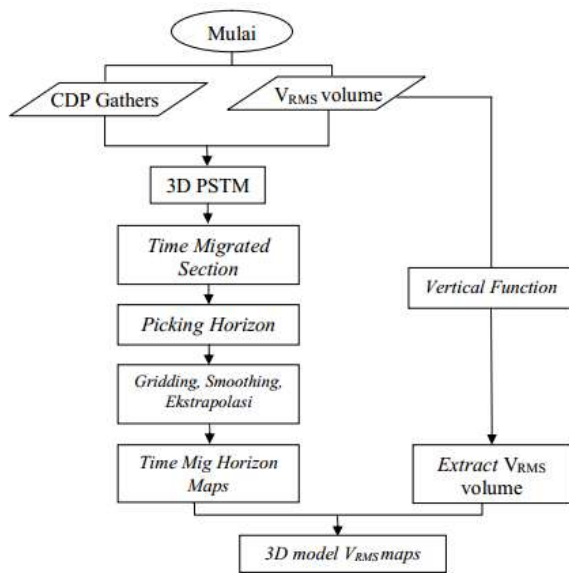
## 1. PENDAHULUAN

Informasi dari data geologi menunjukkan bahwa pada lapangan SBI cekungan Jawa Barat Utara terdapat struktur yang kompleks, ini ditandai dengan adanya reef karbonat. Pada struktur yang kompleks seperti ini akan menimbulkan variasi kecepatan lateral yang tinggi. Adanya variasi kecepatan lateral, menyebabkan terjadinya pembelokan sinar gelombang (*ray bending*) ketika melewati batas-batas lapisan sehingga waktu penjalaran gelombang menjadi tidak hiperbolik.

Variasi kecepatan lateral yang tinggi pada Lapangan SBI Cekungan Jawa Barat Utara menyebabkan migrasi dalam domain waktu, biasa dikenal dengan PSTM, dengan menggunakan model kecepatan RMS tidak akurat digunakan karena hanya peka pada variasi kecepatan secara vertikal saja. Oleh karena itu, dibutuhkan migrasi dalam domain kedalaman (PSDM) dengan menggunakan model kecepatan interval yang peka terhadap variasi kecepatan vertikal maupun horizontal. Namun, pada PSDM dibutuhkan model kecepatan interval yang akurat. Salah satu cara untuk

menghasilkan model kecepatan interval yang akurat yaitu dengan melakukan proses analisis *residual depth moveout* dan *horizon based tomography*.

Pada penelitian ini membandingkan antara hasil imaging 3D antara PSTM dan PSDM dengan melihat tiga parameter utama yaitu analisis *depth gathers*, analisis *semblance residual moveout*, dan analisis *depth image* beserta dengan markernya pada lapangan SBI Cekungan Jawa Barat Utara. Ada dua tahapan utama dalam pengolahan data yaitu membuat peta model 3D kecepatan RMS dan membuat serta memperbaiki model kecepatan interval. Skema alur pemrosesan data disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir penelitian untuk pembuatan peta model 3D kecepatan RMS untuk masing-masing horizon.

## 2. LANDASAN TEORI

Pemrosesan data seismik 3D merupakan metode yang baru-baru ini mulai banyak dilakukan di dunia eksplorasi seismik. Akuisisi yang lebih rumit dan pemrosesan yang lebih lama serta mahal membuat seismik 3D belum lama digunakan. Metode seismik 3D ini mampu memberikan gambaran bawah permukaan yang lebih baik dibandingkan dengan seismik 2D karena mampu memberikan informasi yang lebih lengkap tentang struktur bawah permukaan bumi, sehingga *imaging* permukaan yang di dapatkan tidak hanya berupa struktur 2D tetapi gambaran seluruh volume daerah akuisisi [1].

Metode standar dalam imaging seismik umumnya menggunakan dua tahap pemrosesan, yaitu tahap penentuan model kecepatan (*velocity model*) dan tahap rekonstruksi reflektor melalui migrasi. Pada struktur yang relatif homogen secara horizontal pemrosesan standar mampu menghasilkan citra yang sesuai dengan kondisi geologi sesungguhnya. Namun, pada struktur yang kompleks, misalnya terdapat kubah garam atau *reef karbonat* yang memiliki heterogenitas struktur yang tinggi secara horizontal, maka pemrosesan standar akan mengalami kegagalan [2]. Pemrosesan standar meliputi: *sorting common mid point* (CMP), analisis kecepatan, koreksi *normal move out* (NMO) atau *dip move out* (DMO), dan migrasi dalam domain waktu atau biasa dikenal dengan *Pre-stack Time Migration* (PSTM) [3].

Struktur dalam bumi yang kompleks menimbulkan variasi kecepatan lateral yang tinggi. Adanya variasi kecepatan lateral, menyebabkan terjadinya pembelokan sinar gelombang (*ray bending*) ketika melewati batas-batas lapisan. Pembelokkan sinar ini menyebabkan waktu penjalaran gelombang menjadi tidak hiperbolik, sehingga amplitudo dan traveltime-nya tidak sesuai jika digunakan *CMP stacking* konvensional (proses penjumlahan trace-trace sinyal sehingga bisa memperbesar signal to noise), asumsi ini berdasarkan kurva hiperbolik. Jika tetap digunakan *CMP stacking* konvensional maka hasil stacknya akan semakin jauh dari zero offset section. *Zero offset* section merupakan jarak terpendek antara sumber (*source*) gelombang dan penerima (geophone). Oleh karena itu, dibutuhkan migrasi kedalaman yang dilakukan sebelum *stacking*. Migrasi *pre-stack* domain kedalaman atau lebih dikenal dengan *Pre-stack Depth Migration* (PSDM) adalah solusi untuk mengatasi variasi kecepatan lateral yang tinggi yang tidak mampu diatasi oleh PSTM [4].

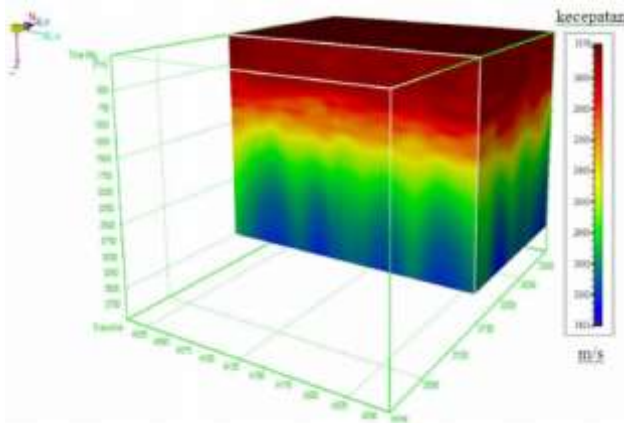
PSDM adalah teknik migrasi sebelum *stack* dengan variasi kecepatan medium sangat kompleks seperti *thrust belt*, zona di sekitar karbonat (*reef*), kubah garam, dan lain-lain. Perbedaan migrasi waktu dan migrasi kedalaman bukanlah masalah domain waktu atau domain kedalaman, tetapi hanyalah model kecepatan yang digunakan. Migrasi waktu memiliki variasi kecepatan yang *smooth*, sedangkan migrasi kedalaman memiliki kecepatan yang kompleks. PSTM hanya mengakomodasi variasi kecepatan secara vertikal. Variasi kecepatan lateral mempresentasikan model geologi yang kompleks dengan variasi kecepatan tidak hanya pada arah vertikal tetapi juga pada arah lateral. Namun, PSDM membutuhkan

model kecepatan interval yang akurat. Tanpa model kecepatan yang akurat justru hasil akhir yang didapatkan tidak akan lebih baik dibandingkan dengan migrasi waktu. Pembuatan model kecepatan ini memerlukan beberapa tahapan mulai dari pembuatan model kecepatan RMS, pembuatan model kecepatan interval hingga perbaikan terhadap model kecepatan interval dengan menggunakan metode tertentu [5].

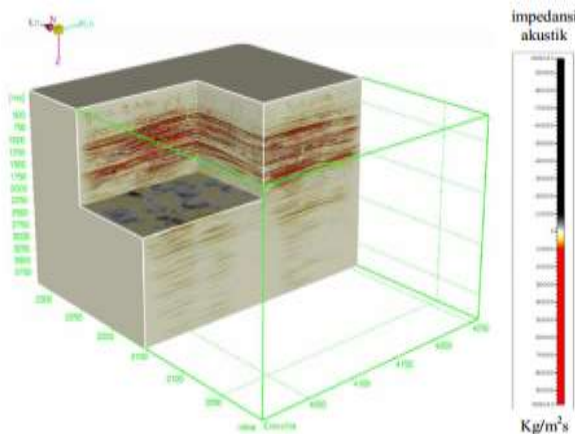
### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Analisis Model Kecepatan Interval

Nilai kecepatan RMS diperlihatkan Gambar 2, tampak nilai kecepatan RMS berkisar antara 1578 m/s sampai 3401 m/s. Penampang PSTM yang dihasilkan selanjutnya dianalisis untuk menentukan zona target dan horizon yang akan digunakan dalam proses selanjutnya. Gambar 3 menampilkan hasil proses PSTM dengan nilai impedansi akustik pada penampang PSTM berkisar antara nilai 10000 kg/m<sup>2</sup>s sampai 98104,5 kg/m<sup>2</sup>s.

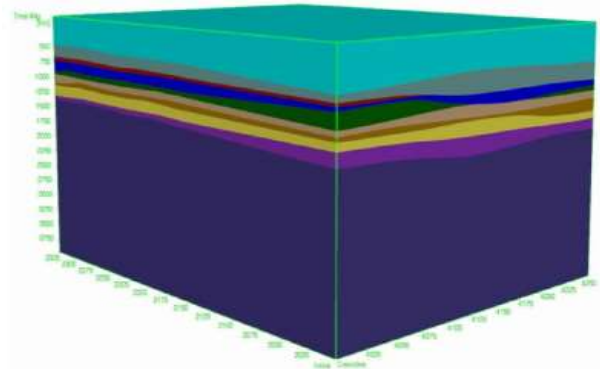


Gambar 2. Model Kecepatan Interval.



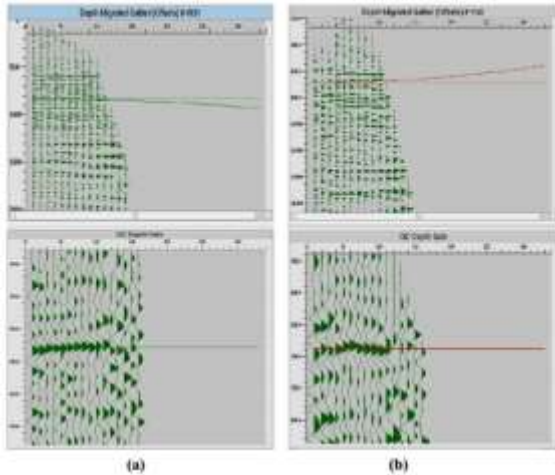
Gambar 3. Hasil proses *pre-stack time migration* (PSTM) dengan input CDP *gathers* dan model volume kecepatan RMS.

Gambar 4 merupakan *solid model* yang dibuat dari *peta time migrated horizon*, hasil picking PSTM. Warna yang berbeda pada tiap horizon berguna untuk identifikasi formasi saat melakukan *picking horizon* dan *picking semblance*.



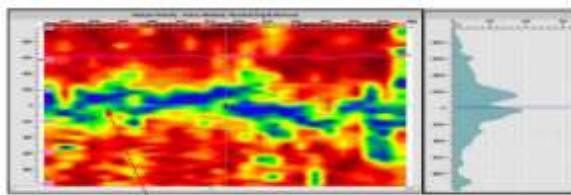
Gambar 4. Solid model yang dibuat dari *peta time migration horizon* hasil picking horizon pada penampang PSTM.

Ada 3 cara untuk mengetahui error pada model kecepatan interval yang dihasilkan, yaitu: (1) analisis *depth gathers* hasil PSDM, (2) analisis *semblance residual moveout*, dan (3) analisis *depth image PSDM* beserta dengan markernya. Cara pertama yaitu analisis *depth gathers* hasil PSDM. Cara ini dilakukan dengan melihat *event-event* pada *depth gathers* apakah sudah menunjukkan *event* yang relatif flat atau belum. Penerapan model kecepatan yang tidak akurat akan menghasilkan *gathers* yang tidak flat atau masih terdapat *residual moveout* (perbedaan *traveltime* antara *near* dan *far offset*). Ada dua jenis *residual moveout* yaitu *residual moveout* positif (*event* bengkok ke bawah) dan *residual moveout* negatif (*event* bengkok ke atas), seperti pada Gambar 5 *Residual moveout* positif mengindikasikan bahwa kecepatan yang digunakan terlalu tinggi (Gambar 5a), sedangkan *residual moveout* negatif mengindikasikan bahwa kecepatan yang digunakan terlalu rendah (Gambar 5b). Adanya *residual moveout* berarti *event-event* yang berasal dari suatu titik refleksi yang sama tidak memiliki kedalaman yang sama, seharusnya *event-event* yang berasal dari satu titik refleksi yang sama memiliki kedalaman yang sama pula pada *depth gathers*. Hal ini berdasarkan pada konsep PSDM yang memetakan setiap *event* yang berasal dari satu titik refleksi yang sama pada kedalaman atau posisi yang sebenarnya (jika model kecepatan yang digunakan akurat). Perbaikan model kecepatan interval dilakukan sampai diperoleh *event-event* pada *depth gathers* yang relatif flat (datar).



Gambar 5 (a) *residual moveout* positif (event bengkok ke bawah), yang mengindikasikan bahwa kecepatan yang digunakan terlalu tinggi, (b) *residual moveout* negatif (event bengkok ke atas), yang mengindikasikan bahwa kecepatan yang digunakan terlalu kecil.

Cara kedua dalam identifikasi *error* model kecepatan interval yaitu analisis *semblance residual moveout*. *Seblance residual moveout* dihitung dari *depth gathers*. *Gathers* yang mengandung *residual moveout* akan menghasilkan *semblance* yang nilai maksimumnya (*semblance peak*) tidak berada pada sumbu *zero-residual moveout*. Ini berarti, jika *gathers* sudah berhimpit dengan sumbu *zero residual moveout* (*gathers flat*), maka *gather* sudah tidak mengandung *residual moveout*. Gambar 6 memberikan contoh *semblance residual moveout* yang tidak berada pada sumbu *residual moveout* setelah diterapkan model kecepatan interval awal pada horizon 2.



Gambar 6. *Seblance residual moveout* yang masih memperlihatkan adanya *error* pada model kecepatan interval awal

Cara ketiga adalah analisis *depth image* PSDM beserta dengan markernya. Ketidaksesuaian antara *depth image maps* dengan reflektor yang berhubungan dengan batas lapisan pada *depth image* dapat dilihat ketika keduanya ditampilkan dalam satu *section (overlay)*, yaitu batas lapisan pada model kecepatan interval akan menyimpang dari reflektor (batas lapisan) yang diwakilinya pada *depth image* yang dihasilkan

(tanpa panah merah pada Gambar 6). Kesalahan lain dapat diidentifikasi dari *wellmarker* yang belum tie dengan horizonnya, proses ini dikenal dengan *well seismic tie*.

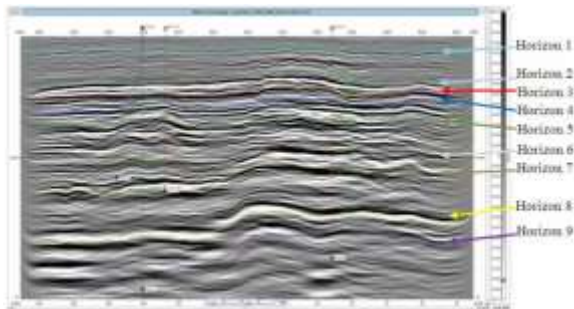
### 3.2 Analisis Perbandingan Antara PSTM dan PSDM

Berdasarkan nilai kecepatan RMS, kecepatan interval sebelum dan setelah tomografi, serta kecepatan log sonik dapat dibandingkan nilai kecepatannya berdasarkan kedalaman atau horizon tertentu. Nilai kecepatan interval untuk setiap horizon setelah tomografi memiliki nilai yang hampir sama dengan nilai kecepatan pada log sonik pada kedalaman masing-masing horizon, sedangkan pada model kecepatan sebelum dilakukan tomografi nilai kecepatannya kurang tepat (akurat). Hal ini membuktikan bahwa model kecepatan interval yang dihasilkan setelah tomografi menggambarkan model geologi yang sebenarnya.

Umumnya pada model kecepatan RMS dan model kecepatan interval, nilai kecepatannya akan bertambah secara gradual sesuai dengan bertambahnya kedalaman karena perambatan gelombang akan semakin cepat dari medium kurang padat (masif) menuju yang lebih padat sesuai dengan penambahan kedalaman. Namun, hasil pemodelan kecepatan interval setelah tomografi menunjukkan adanya anomali kecepatan di bawah formasi Baturaja. Anomali tersebut adalah penurunan kecepatan dari formasi Baturaja menuju formasi Talang Akar yaitu dari kecepatan maksimum 2939 m/s menjadi 2674 m/s (kotak biru pada Tabel 1). Penurunan nilai kecepatan ini disebabkan karena adanya perubahan litologi formasi Baturaja dengan formasi Talang Akar. Formasi Baturaja memiliki densitas yang relatif lebih besar dibandingkan dengan formasi Talang Akar yang relatif lebih kecil. Formasi Baturaja memiliki penyusunan batuan yang terdiri dari batu gamping masif yang semakin ke atas semakin berpori, sedangkan formasi Talang Akar memiliki penyusunan batuan yang terdiri dari perselingan batu pasir dan batu gamping.

Salah satu cara validasi hasil PSDM yang dihasilkan dengan menggunakan *depth image* beserta marker sumur. Pada penampang PSDM inline 2222 hasil iterasi terakhir (Gambar 7) terlihat bahwa horizon dari model kecepatan interval sudah terletak pada reflektor yang diwakilinya. Horizon-horizon ini berhubungan dengan batas lapisan. Ditinjau dari struktur yang

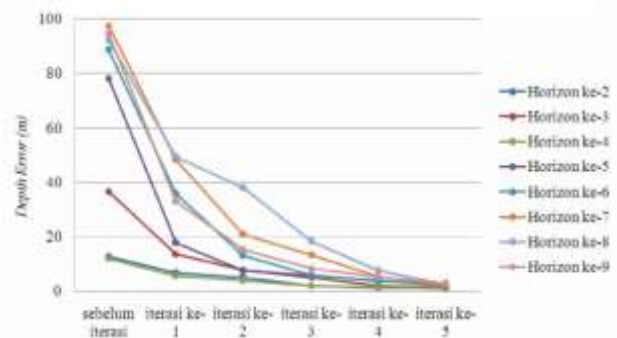
dihasilkan, secara geologi sudah masuk akal (sesuai dengan informasi geologi).



Gambar 7. Penampang PSDM inline 2222 hasil running PSDM dengan menggunakan model kecepatan interval akhir (iterasi ke-5)

Pada Gambar 7, terdapat 4 buah sumur yang melintasi inline tersebut, yaitu sumur 1, sumur 2, sumur 3, dan sumur 4. Sumur 1 adalah sumur vertikal dengan 8 buah marker (horizon 1 yang merupakan formasi cisubuh atas tidak dilengkapi dengan marker untuk semua sumur), terlihat bahwa 7 buah marker sudah tie dengan data seismiknya dan masih terdapat 1 marker yaitu horizon 6 (lapisan *Mid Main Carbonates top*) yang belum tie dengan data seismik. Hal ini dapat dimaklumi karena pembuatan marker dilakukan pada penampang PSTM yang masih terdapat error pada reflektor akibat adanya efek *pull up* yang disebabkan adanya reef karbonat pada bagian atas lapisan MMC sehingga reflektor horizon 6 mengalami pengangkatan.

Pada Gambar 8, nampak grafik pada sumur 1, sumur 2 dan sumur 4 menunjukkan *trend* kurva yang semakin menurun atau depth error semakin kecil dengan bertambahnya jumlah iterasi. Pada sumur 1, depth error terbesar sebelum dilakukan tomografi terjadi pada horizon 7 (formasi MMC bottom) sekitar 96,54 meter, dan setelah dilakukan tomografi depth error yang tersisa hanya sekitar 2,52 meter. Rata-rata *depth error* setelah dilakukan tomografi pada sumur 1 berkisar antara angka 1 sampai 3 meter, ini berarti proses tomografi yang dilakukan berhasil memperbaiki depth error.



dilakukan tomografi dan setelah dilakukan tomografi (iterasi ke-1 sampai iterasi ke-5)

#### 4. KESIMPULAN

Model kecepatan interval yang dihasilkan dengan *horizon-based tomography* mampu melakukan perbaikan terhadap parameter model kecepatan interval yaitu kecepatan lapisan dan kedalaman, terbukti dengan *depth gathers* yang sudah *flat*, *semblance* yang telah berhimpit dengan sumbu *zero residual moveout*, dan sudah sesuai antara *depth image* yang dihasilkan dengan markernya (*well seismic tie*). *Depth domain image* yang dihasilkan proses PSDM lebih mempresentasikan model geologi yang sebenarnya dibandingkan *time domain image* yang dihasilkan proses PSTM, dibuktikan dengan kemenerusan reflektor yang lebih tajam, mengurangi efek *pull-up*, dan memiliki resolusi yang tinggi.

#### DAFTAR REFERENSI

- [1] Sribudiyani, N. Muchsin, R. Ryacudu, T, "The Collision of The East Java Microplate and Its Implication for Hydrocarbon Occurrences in The East Java Basin", Proceedings of Indonesian Petroleum Associations, 29th Annual Convention and Exhibition, 2003, 65-70.
- [2] Yilmaz, O, Seismik Data Processing, Volume I. Tulsa Oklahoma: Society Exploration Geophysics, 2001.
- [3] Sismanto, Pengolahan Data Seismik, Modul 2, Yogyakarta: Laboratorium Geofisika Fakultas MIPA Universitas Gadjah Mada, 1996.
- [4] Guo, A., Becoming Effective velocity-Model Builder and depth Imagers, The Leading Edge, 12, 1205-1216, 2000.
- [5] Abdullah, A., Ensiklopedi Seismik Online, Bandung, 2009