

Menghilangkan Efek *Pull-up* pada Citra Seismik Refleksi PSTM Menggunakan *Velocity Model* pada Lapangan ‘MAR’, Blok Offshore North West Java

Heykal Hukma Farline¹ Umar Muksin² Muhammad Syukri¹

¹Prodi Teknik Geofisika, Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh, Indonesia

²Tsunami and Disaster Mitigation Research Center (TDMRC, Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh, Indonesia

Email: haykalkhukama@yahoo.co.id

Abstract

Pull-up effect is unreal geological circumstance where the structure to appear similar to an anticline in the data analysis. Pull-up effect is caused by faster seismic propagation through the carbonate body (build-up) into carbonate formation (real geology). Therefore the body is appeared to be build-up forming an anticline-like formation. Seismic image was representation of acoustic impedance, therefore velocity affects the result of the seismic imaging. Pull-up effect could lead to misinterpretation results of the seismic image. The pull-up effect should be removed to obtain of the seismic image, a real geological setting. The objective of the research is to remove the pull-up effect resulted by previous interpretation conducted in Bloc ONWJ (Offshore North West Java) who had many many carbonate formations. Carbonate formations in Block ONWJ were Parigi and Preparigi. The formation researched was Main formation whom had sandstone lithology. Its site was below the Preparigi formation. This research conducted in PHE ONWJ (Pertamina Hulu Energy Offshore North West Java) Jakarta province, Indonesia. The method used in this research was velocity model to obtain an actual velocity. The velocity model was derived was a quantitative method. Available data in this thesis was 3D seismic PSTM (Pre-Stack Time Migration), well logging and check shot. After obtained the actual velocity would conducted time to depth conversion (TD-conversion) to know actual geological circumstance. Using the layer cake method has successfully eliminated the anticline pull-up effect. The depth model has a good level of accuracy (error 1.26%)

Keyword : Pull-Up Effect, Velocity Model, TD-Conversion, Actual Geology

Abstrak

Efek pull-up adalah kondisi geologi yang tidak aktual, dimana pull-up terlihat layaknya antiklin. Efek pull-up muncul akibat dari penjalaran gelombang seismik yang cepat melalui bodi build-up karbonat pada formasi karbonat (real geologi) Hal ini mengakibatkan nilai kecepatan menjadi lebih tinggi pada formasi di bawah bodi build-up, sehingga formasi yang tampak pada citra seismik terlihat terangkat layaknya antiklin. Citra seismik merupakan representasi dari akustik impedansi sehingga parameter kecepatan sangat menentukan tampilan pada citra seismik. Kondisi efek pull-up dapat menimbulkan misinterpretasi, sehingga perlu dihilangkan sampai diperoleh kondisi aktual geologi. Penelitian ini berada pada Blok ONWJ (Offshore North West Java) yang memiliki banyak formasi karbonat. Diantara formasi karbonat di Blok ONWJ adalah Parigi dan Preparigi. Formasi yang diteliti adalah formasi Main (yang memiliki litologi batupasir) di bawah formasi Preparigi. Penelitian ini dilaksanakan di PHE ONWJ (Pertamina Hulu Energi Offshore North West Java) Jakarta, Indonesia. Metode menghilangkan efek pull-up pada penelitian ini digunakan pemodelan kecepatan (velocity model) sehingga diperoleh kondisi kecepatan yang bersifat aktual. Velocity model yang diperoleh bersifat kuantitatif. Data yang tersedia pada pada velocity model selain adanya data seismik 3D PSTM (Pre-Stack Time Migration), juga didukung data sumur dan checkshot. Setelah diperoleh model kecepatan dilakukan konversi seismik domain waktu ke kedalaman (TD-conversion) untuk penilaian kondisi geologi. Menggunakan metode layer cake telah berhasil menghilangkan efek pull-up berupa antiklin. Model kedalaman mempunyai tingkat keakuratan yang cukup baik (error 1.26%).

Kata Kunci : Efek Pull-Up, Velocity Model, konversi seismik waktu ke kedalaman, Geologi Aktual

1. Pendahuluan

Pentingnya penelitian ini untuk memperoleh kondisi aktual geologi bawah permukaan dengan menghilangkan efek *pull-up*. Efek *pull-up* yaitu terangkatnya suatu litologi pada pencitraan seismik akibat pengaruh perambatan kecepatan *build-up* di atasnya. Efek *Pull-up* bukanlah kondisi *real* geologi dan termasuk ke dalam *pitfall* (pencitraan tipuan/tidak *real*), sehingga adanya efek *pull-up* dalam citra seismik mampu menimbulkan kesalahan interpretasi, yang mana ini dapat menimbulkan informasi yang sangat merugikan bagi kegiatan eksplorasi. Untuk mendapatkan informasi *real* geologi maka data seismik domain waktu dikonversi ke dalam

data seismik domain kedalaman melalui pemodelan *velocity*. *Velocity model* pada penelitian ini merupakan tahapan penting untuk menjembatani dari data fisika (berupa *Seismic time TWT*) ke dalam data Geologi (*Seismic depth TVDS*). *TWT* adalah *Two Way Time*, menunjukkan data seismik dalam domain waktu. *TVDS* adalah *True Vertical Depth Subsea*, yaitu data seismik dalam domain kedalaman. Oleh karenanya tantangan pada penelitian ini adalah menemukan model yang paling dekat dengan kondisi geologi sebenarnya dengan menghilangkan efek *pull-up* khususnya pada formasi Main (litologi *sandstone*) pada data seismik blok ONWJ.

Kemudian mengetahui tingkat *error* dari pemodelan yang diperoleh.

Penelitian lain yang sudah banyak dilakukan untuk kasus efek *Pull-up* (*complex geological settings*) yaitu metode PSDM (*Pre Stack Depth Migration*), seismik tomografi dan seismik anisotropi. Seperti metode PSDM yang sudah dilakukan oleh Atmaja dan Sudarmaji (2013)[1] dll, Seismik tomografi oleh Mingshui, *et al.* 2014[2] dll, dan seismik anisotropi oleh Baptiste dan Boyer (2015)[3], Jones dan Davison (2014)[4] dll. *Seismik tomografi* dan *seismik anisotropi* membutuhkan akuisisi yang berbeda dari seismik refleksi biasanya.

Ketersediaan data seismik di PHE ONWJ (Pertamina Hulu Energi *Offshore North West Java*) menjadi pertimbangan metode penelitian ini. Lapangan 'MAR' merupakan inisial dari salah satu lapangan yang terdapat dalam Blok *Offshore North West Java*. Data seismik yang tersedia pada lapangan 'MAR' adalah PSTM (*Pre Stack Time Migration*). Maka dari itu data *velocity model* pada penelitian ini adalah hasil data seismik PSTM.

1.1 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah pada penelitian ini adalah

- Bagaimana mengoreksi efek *pull-up* di formasi Main pada lapangan 'MAR' di blok *Offshore North West Java* ?
- Bagaimana karakteristik *velocity* dan efek *pull-up* di area tersebut ?
- Bagaimana mengkonversi seismik domain waktu TWT ke seismik domain kedalaman TVDS ?

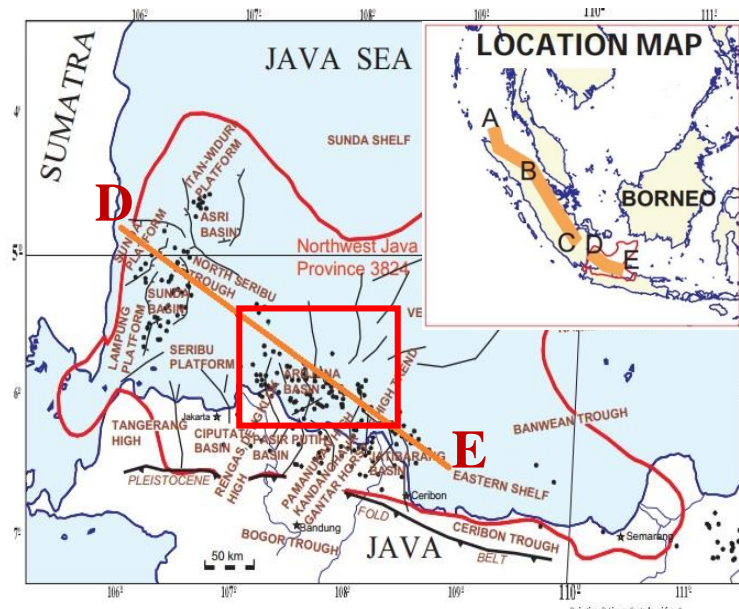
1.2 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah

- Mengoreksi efek *pull-up* di formasi Main pada lapangan 'MAR' di blok ONWJ .
- Mengetahui karakteristik *velocity* di area tersebut.
- Memperoleh kondisi geologi sebenarnya.

2. Tinjauan Pustaka

Area penelitian yang dilakukan berada pada Laut utara barat pulau Jawa, pada cekungan Arjuna, seperti pada Gambar 1



Gambar 1 Peta Blok ONWJ di barat laut Pulau Jawa, Indonesia, tampak kotak merah merupakan lokasi penelitian ini dilakukan (Bishop, 2000)[5]

Berikut beberapa formasi penyusun stratigrafi menurut Bishop, 2000[5] (Gambar 2) di ONWJ :

- Jatibarang**
Jatibarang terbentuk pada masa Eosen awal hingga Eosen akhir, dengan formasi vulkanik.
- Talang Akar**
Talang Akar terbentuk pada masa Oligosen awal hingga Miosen awal, dengan formasi *shale-sand*
- Baturaja**
Baturaja terbentuk pada masa Miosen awal dengan formasi Karbonat
- Massive**

Massive terbentuk pada masa Miosen awal hingga Miosen pertengahan, dengan formasi *shale-sand*.

- Main**

Main terbentuk pada masa Miosen pertengahan setelah formasi Massive terbentuk, dengan formasi *shale-sand*. Formasi Main adalah formasi yang menjadi objek penelitian ini. Dikarenakan di atas formasi Main adanya keberbedaan *build-up* formasi Preparigi. Sehingga ini berdampak apakah adanya efek *pull-up* (sebagai antiklin semu) atau memang di formasi Main memang memiliki antiklin yang bersifat aktual.

f. *Preparigi*

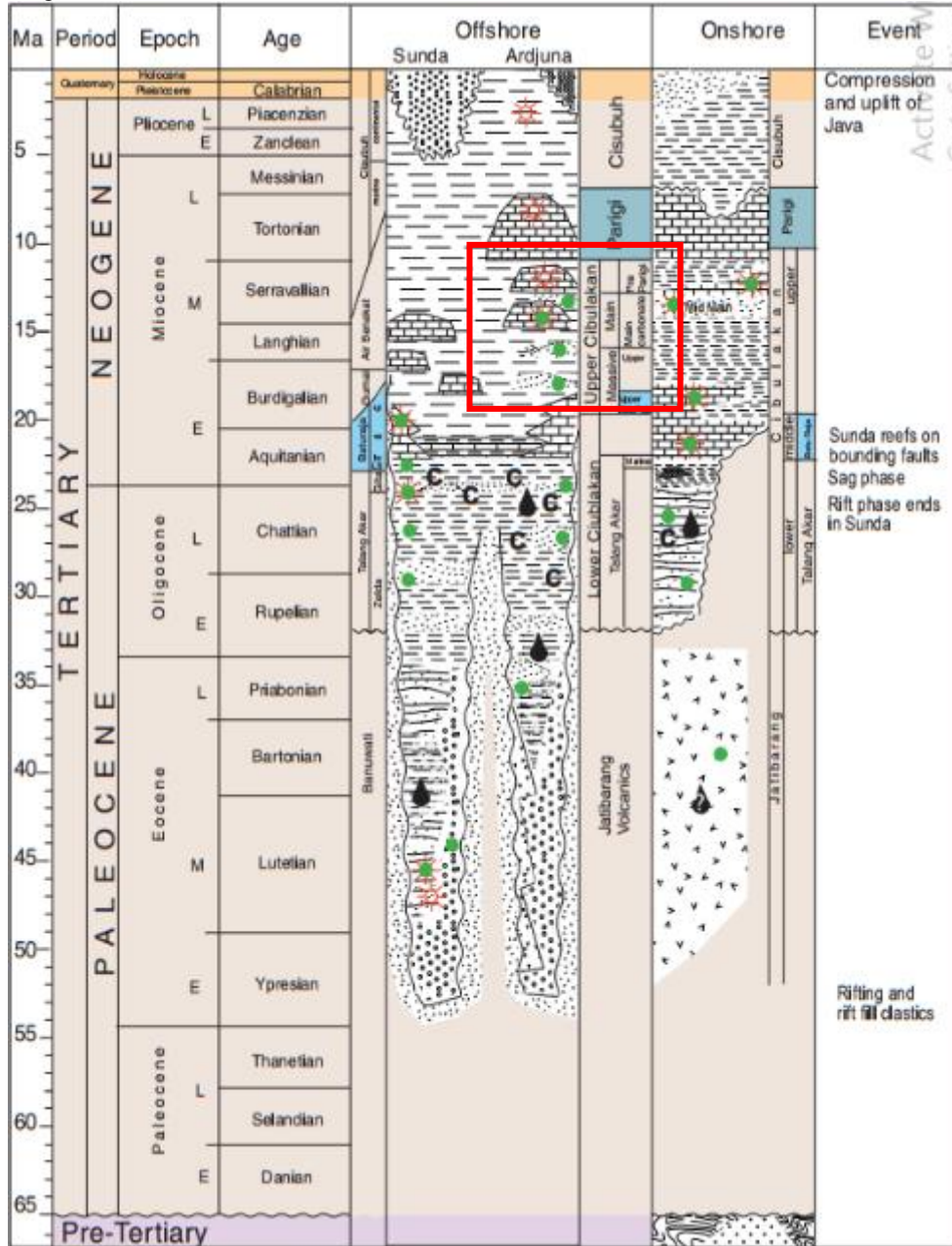
Preparigi terbentuk pada masa Miosen pertengahan setelah formasi Main terbentuk, dengan formasi karbonat.

g. *Parigi*

Parigi terbentuk pada masa Miosen pertengahan hingga Miosen akhir, terbentuk setelah formasi Preparigi, dengan formasi karbonat.

h. *Cisubuh*

Cisubuh terbentuk pada masa Miosen akhir hingga sekarang, terbentuk setelah formasi Parigi dengan formasi *shale*.



Gambar 2 Tatanan stratigrafi (Bishop, 2000)[5] pada penelitian ini, formasi yang diteliti tampak pada kotak merah

3. Metodologi

Tahapan metode yang dilakukan pada penelitian ini hanya tiga tahap, pemodelan *velocity*, konversi seismik waktu ke kedalaman dan menghitung tingkat *error* yang diperoleh (Gambar 3).

3.1 *Velocity Layer Cake*

Metode layer cake adalah *velocity interval* dalam bentuk 3D. Metode *velocity layer Cake* waktu *pull-up* dikoreksi oleh *isotime*, interval *velocity* dan peta kedalaman tiap horison (Cooke dan Muryanto,1996)[6]. V_n adalah *Velocity interval* (ft/ms), z_n sebagai Litologi (ft) dan t_n sebagai waktu (ms).

$$V_n = \frac{z_n - z_{n-1}}{t_n - t_{n-1}}$$

3.2 Konversi seismik domain waktu ke Kedalaman

Konversi seismik domain waktu ke domain kedalaman digunakan *velocity map* dan *velocity cube*.

Menggunakan *Velocity Map*

$$Depth\ map = Time\ Map \times Velocity\ Map$$

Pada persamaan ini input *velocity* dalam bentuk peta, diperoleh dari interpolasi data kecepatan pada formasi Main yang berbentuk peta model kecepatan.

Menggunakan *Velocity Cube*

$$Depth\ Map = time\ map \times velocity\ Cube$$

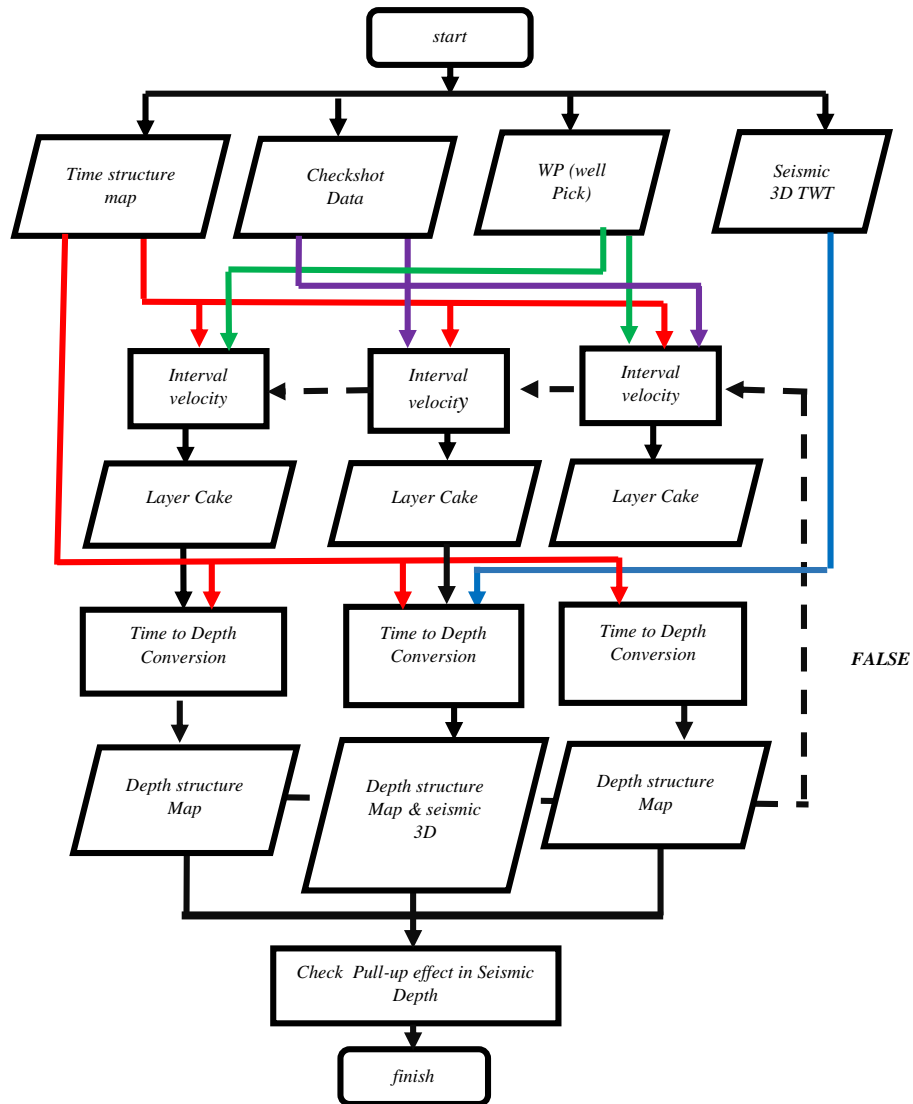
$$Seismic\ Depth\ 3D = Seismic\ TWT\ 3D\ data \times Seismic\ Cube\ 3D$$

Pada persamaan ini input kecepatan dalam bentuk 3D yang diperoleh dari dari *velocity interval* pada data *checkshot* dan sumur yang tersebar pada lapangan 'MAR'. Data yang digunakan juga adanya input Seismik 3D sehingga dapat diperoleh seismik *depth 3D* PSTM.

3.3 Perhitungan Error Model Kedalaman

Perhitungan *error* pada model merupakan mengetahui ketidakpastian antara data yang diukur (*true value*) dan ditaksir (*approximation*)/model Chapra, S.C., 2012[7]. Perhitungan *error* disini mengikuti jurnal *Anlysis of SeismicTime-Depth Conversion Using Geostatistically-Derived Average Velocity over "Labod" Field, Niger Delta, Nigeria*[8].

$$\epsilon_t = \frac{true\ value - aproximation}{true\ value} 100\ %$$



Gambar 3 Diagram alir pada penelitian ini, dilakukan dengan tiga proses utama; *velocity model*, *Time to Depth conversion* dan perhitungan *error model*.

4. Hasil

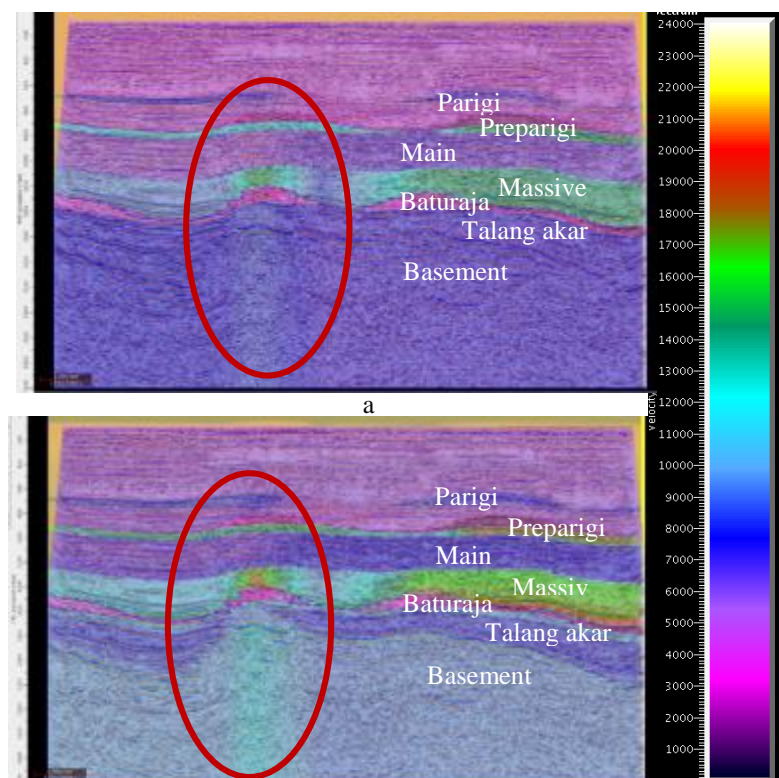
4.1 Velocity Layer Cake

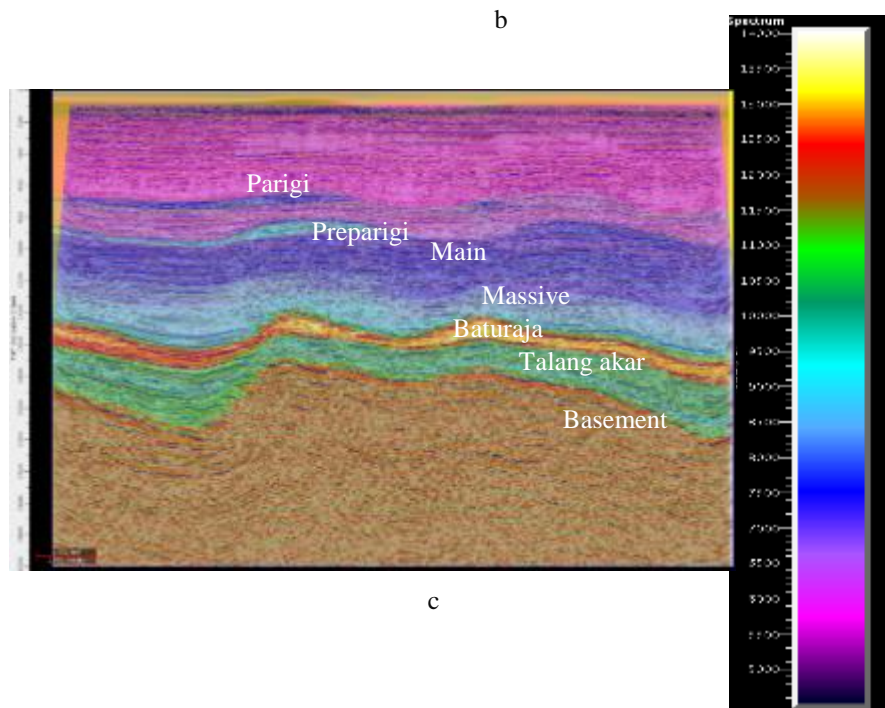
Hasil *velocity* yang diperoleh pada Gambar 4 (inputan yang berbeda; Gambar 4.a Horison dan *Well pick*, Gambar 4.b Horison, *Checkshot* dan *Well pick*, Gambar 4.c Horison dan *Checkshot*). Hanya Gambar 4.c yang dapat dijadikan hasil dikarenakan Gambar 4.a dan b masih terdapat anomali kecepatan yang bersifat tidak aktual, dan ketika dikonversi ke seismik domain kedalaman memiliki *error* yang besar, oleh karenanya tidak dapat dijadikan hasil dari penelitian ini. Nilai *velocity layer cake* (Gambar 4.c) yang menjadi hasil dilakukan interpretasi terhadap karakteristik *velocity* pada batuan yang dirujuk pada tabel batuan. Dapat diperhatikan untuk tiap formasi yang memiliki gradien warna *velocity* dari Gambar 4.3.c yaitu;(1)Parigi 7500 ft/s{2.25 km/s} litologi *limestone* (2)Preparigi 9000 ft/s {2.7 km/s} litologi *limestone* (3)Main 7000 ft/s{2.1 km/s} litologi *sandstone* (4)Massive 8000 ft/s {2.4 km/s} litologi *sandstone* (5)Baturaja 14000 ft/s {4.2 km/s} litologi *limestone/dolomites* (6)Talang Akar 10000 ft/s {3.0 km/s} *shally-sand* (7)Basement 13700 ft/s {4.1 km/s} tuff vulkanik. Berdasarkan interpretasi *velocity model* dan *rock poperties*, nilai *velocity model* diatas sudah dianggap sesuai dengan karakteristik batuan pada kolom stratigrafi, dimana jenis batuan divalidasi kembali terhadap data sumur, dan memiliki kesesuaian. Oleh karenanya *velocity* yang diperoleh dianggap sudah tepat.

4.2 Konversi Data Seismik Domain Waktu ke Domain Kedalaman

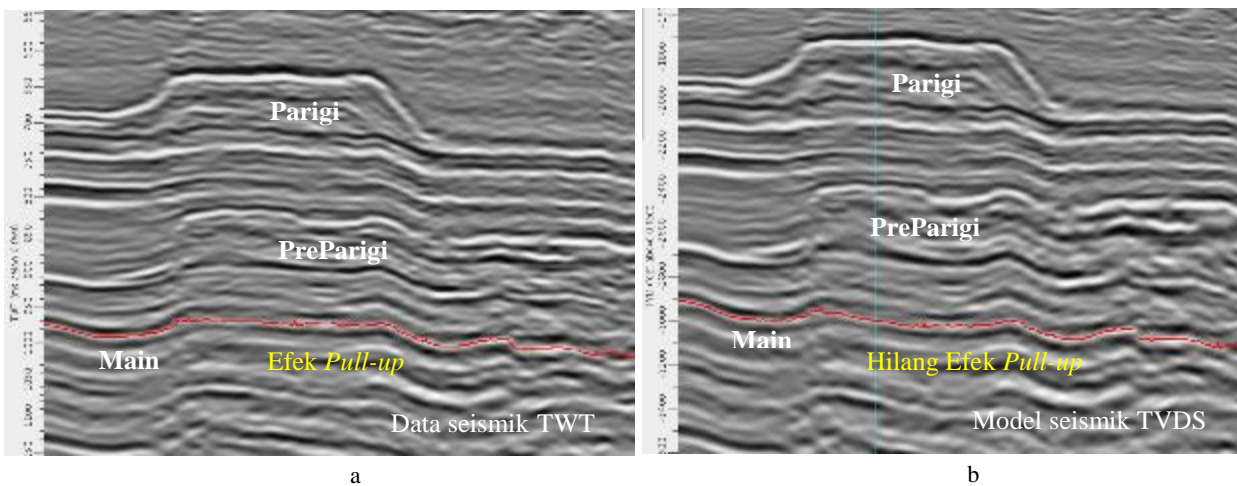
Pada tahap ini yang menjadi pertimbangan adalah mendapatkan kondisi seismik domain kedalaman yang paling dekat dengan kondisi aktual geloginya dengan mempertimbangkan faktor *error* yang rendah, yaitu *seismic depth* tanpa adanya efek *pull-up*. Menurut Carter (2000)[9] penggunaan *velocity model* untuk struktur yakni konversi kedalaman dan *migrasi* memerlukan akurasi (*Medium-high 1-5 %*). Hasil kedalaman diperoleh dari perkalian nilai *velocity* model dan data seismik TWT PSTM. Hasil kedalaman yang diperoleh sudah menghilangkan efek *pull-up* sesuai pada Gambar 5b.Hasil model kedalaman yang diperoleh dilakukan uji *error* antara data dan model (Tabel 1). Diketahui dari grafik pada Gambar 6 bahwa nilai *error* yang diperoleh dari *velocity interval/layer cake* dengan nilai *error* 1.2 %.

Setelah dilakukan uji *error* model dan data diyakini memiliki akurasi yang baik. Tampak hubungan kedalaman yang diperoleh dan *pull-up* pada Gambar 5 efek *pull-up* tidak tampak hilang sepenuhnya. Jika ditelaah terhadap penilaian geologi, kondisi tersebut bukan lagi sebagai kondisi efek *pull-up* sepenuhnya melainkan adalah *real* antiklin. Dan ini dibuktikan data sumur yang dibor pada area tersebut sebagai *trap* antiklin. Jika diketahui disitu memang adanya keberadaan antiklin, namun mengapa harus dilakukan koreksi *pull-up*? Ini menjelaskan agar perhitungan cadangan tidak terlalu *optimistis* terhadap *trap* yang tampak begitu besar ketika belum dikoreksi efek *pull-up*. Oleh karenanya perhitungan cadangan yang akan diserahkan kepada tim *reservoir engineering* dapat terukur sesuai realita kondisi geologi yang ada.





Gambar 4 Penjalaran *velocity model layer cake* satuan ft/s pada penampang seismik. Lingkaran merah merupakan masih terjadinya anomali kecepatan yang menimbulkan efek *pull-up*. Input: (a) Horison dan *Well pick* (b) Horison, *Checkshot* dan *Well pick* (c) Horison dan *Checkshot*



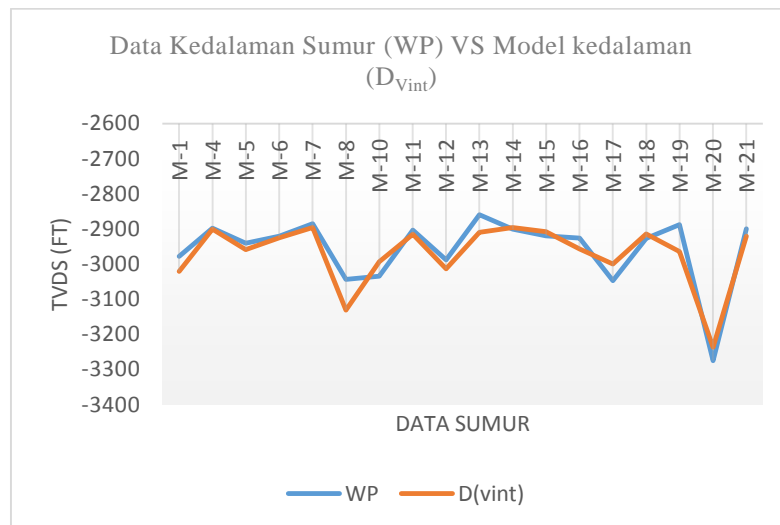
Gambar 5 Perbandingan citra seismik (a) Data seismik domain waktu TWT sebelum dilakukan *time-depth conversion* (b) Data seismik domain kedalaman TVDS setelah dilakukan *time-depth conversion*. Tampak hilangnya *pull-up* pada gambar b: formasi Main.

Tabel 1 Nilai *error* yang diperoleh dari perbandingan nilai data dan model

KOORDINAT		DATA		MODEL	ERROR (%)
x	y	Sumur	WP(ft)	$D_{vint}(ft)^*$	ϵD_{vint}
333992	9343972	M-1	-2978	-3021	1.42

332503	9349045	M-4	-2898	-2901	0.10
334304	9349084	M-5	-2941	-2959	0.61
332306	9346314	M-6	-2921	-2925	0.14
327629	9351206	M-7	-2885	-2896	0.38
330631	9359462	M-8	-3044	-3131	2.78
327492	9350165	M-10	-3035	-2994	-1.37
326898	9353533	M-11	-2903	-2915	0.41
332835	9345505	M-12	-2988	-3014	0.86
332538	9350400	M-13	-2860	-2910	1.72
328297	9351697	M-14	-2901	-2896	-0.17
329808	9352242	M-15	-2920	-2908	-0.41
330627	9354335	M-16	-2926	-2957	1.05
327094	9351015	M-17	-3047	-3000	-1.57
329436	9350204	M-18	-2927	-2914	-0.45
328005	9352725	M-19	-2888	-2964	2.56
326627	9343759	M-20	-3275	-3237	-1.17
332146	9348866	M-21	-2900	-2921	0.72
RMS error					1.26

* Model kedalaman formasi hasil *velocity interval*



Gambar 6 Error model kedalaman dari *velocity interval*, error 1.26% antara data kedalaman formasi pada sumur (WP) dan model kedalaman (D_{vint})

5. Kesimpulan

Setelah dilakukan koreksi *pull-up* masih terdapat sedikit efek *pull-up*, ini diduga bukan efek *pull-up* melainkan sebagai *real* antiklin, dan menjadi *trap* antiklin. Kondisi model *layer cake* yang menggunakan input *checkshot* berhasil menghilangkan efek *pull-up*, sedangkan input *well pick* tetap menimbulkan efek *pull-up* dan memiliki *error* yang tinggi, ini disebabkan adanya

miss tie well pick terhadap *picking* horison. Model kedalaman yang diperoleh termasuk akurat (*error* 1.26 %) dengan persentasi *error* yang kecil, ini terbukti dengan validasi sumur dan adanya keberadaan hidrokarbon pada *closur*(± -2900 ft ≥ formasi main (batupasir) ≥ ±-2950 ft).

6. Daftar Pustaka

- [1] Atmaja, I.S dan Sudarmaji. 2013. *Koreksi Pull-up data Seismik dengan Menggunakan Pre Stack Depth Migration*)
- [2] Baptiste, D and Boyer, S. 2015. *True Depth in Complex Geological Settings*. Rio de Janeiro. 14th International Congress of the Brazilian Geophysical Society
- [3] Mingshui, S., et al. 2014. *Combining diving-wave Tomography and Prestack Reflection Tomography for complex depth imaging –A case study from mountainous western China*. Schlumberger. Vol. 33.issue 8. Page 868-878, DOI 10.1190
- [4] Jones, I F and Davison, I. 2014. *Seismic Imaging In Around Salt Bodies*. UK. SEG and AAPG
- [5] Bishop,M.G. 2000. *Petroleum Systems Of The Northwest Java Province, Java And Offshore Southeast Sumatra, Indonesia*. Open- File Report 99-50R.USGS.
- [6] Cooke, D dan Muryanto, T. 1996. *Depth Conversion of 3D Seismic Interpretation at B-Field Offshore Northwest Java-Indonesia*. Arco Company. Indonesia
- [7] Olabode,O.P dan Enikanselu, P.A. 2008. *Anlysis of SeismicTime-Depth Conversion Using Geostatistically-Derived Average Velocity over “Labod” Field, Niger Delta, Nigeria*. Ozean Journal of Applied Sciences. ISSN 1943-2249
- [8] Chapra, S.C., 2012. *Applied Numerical Methods with Matlab®*. Ed. III. New York: McGraw-Hill Companies.
- [9] Carter, MD. 2000. *Velocity As An Interpretation Tool*. Energy analysis. Jakarta.