

## **PEMODELAN STRUKTUR PADA LAPANGAN WAHRE, CEKUNGAN MADURA, JAWA TIMUR UNTUK PERHITUNGAN CADANGAN AWAL GAS (GAS INITIAL IN PLACE)**

Restuwaty Indra Wahyuni dan M. Irham Nurwidiyanto  
Departemen Fisika, Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Diponegoro, Semarang  
E-mail : [restuindra@st.fisika.undip.ac.id](mailto:restuindra@st.fisika.undip.ac.id)

### **ABSTRACT**

Seismic interpretation has been done in Wahre field, Madura Basin, East Java with the main target of the research is Mundu Formation, which is the existence of gas. The research aim to modeling the depth structure to estimate the initial gas reserves. Modeling of the structure obtained from the results of time domain conversion (TWT) to the depth domain (Feet). Depth modeling was obtained from the results of linier regression of uncertainty graph two well log that have different depth. The depth structure shows the location of Mundu Formation are crossways from the west sea to the southeast as the background of the geological of Madura Basin. The linier regression uncertainty result represent the value of GRV (gross rock volume) which is divided into three case. The first value is high case, the high case is  $65.505.181 \text{ m}^3$ . Mid case or medium case is  $65.446.249 \text{ m}^3$ . And psimis case is  $58.060.543 \text{ m}^3$ . The three GRV value will be used to calculate the approximate initial gas in place (GIIP). GIIP results was 64.7 BCF to high case. The medium case was 64,6 BCF. And for the psimis case was 57,3 BCF.

*Key words:* Seismic Interpretation, Depth Conversion, GRV, GIIP

### **ABSTRAK**

Interpretasi seismik dilakukan pada Lapangan Wahre, Cekungan Madura, Jawa Timur dengan target utama adalah Formasi Mundu, yang merupakan tempat terakumulasinya gas. Tujuan dari penelitian ini memodelkan struktur kedalaman untuk memperkirakan cadangan gas awal. Pemodelan struktur didapatkan dari hasil pengkonversian domain waktu (TWT) ke domain kedalaman (feet). Pemodelan kedalaman didapatkan dari hasil regresi linier dari grafik ketidakpastian dua data sumur yang memiliki kedalaman yang berbeda. Struktur kedalaman menunjukkan letak Formasi Mundu yang melintang dari barat laut hingga tenggara seperti pada latar belakang geologi Cekungan Madura. Hasil ketidakpastian regresi linier juga mempresentasikan nilai GRV (gross rock volume) dengan tiga case, nilai pertama adalah high case, yang bernilai  $65.505.181 \text{ m}^3$ . Mid case atau medium case adalah  $65.446.249 \text{ m}^3$ . Dan psimis case adalah  $58.060.543 \text{ m}^3$ . Ketiga nilai GRV akan digunakan untuk menghitung perkiraan cadangan gas awal (GIIP). Hasil GIIP yang didapat adalah 64,7 BCF untuk high case. Untuk medium case adalah 64,6 BCF. Dan untuk psimis case adalah 57,3 BCF.

*Kata Kunci:* Interpretasi Seismik, Konversi Kedalaman, GRV, GIIP

## **PENDAHULUAN**

Kebutuhan masyarakat akan gas bumi semakin meningkat, sehingga memerlukan eksplorasi yang lebih efektif. Untuk mengetahui berapa perolehan gas yang dapat diambil dalam suatu reservoir diperlukan suatu metode geofisika yaitu seismik refleksi. Secara umum metode seismik refleksi mempresentasikan batuan bawah permukaan bumi dalam domain waktu, dalam format

TWT (*Two Way Time*). Hal ini dikarenakan gelombang seismik menjalar secara *down-going* dan *up-going* sehingga yang didapatkan pada data berupa penampang seismik domain waktu [1].

Interpretasi seismik digunakan untuk menentukan atau memperkirakan litologi bawah permukaan dari data seismik [2]. Dalam menginterpretasikan bawah permukaan diperlukan analisa secara lebih nyata, yaitu analisa kedalaman. Sebenarnya interpretasi dalam domain waktu pada kecepatan lateral ringan dapat dilakukan namun variasi kecepatan

lateral tersebut menyebabkan penggambaran struktur menjadi menyimpang. Untuk menghapus penyimpangan struktur yang melekat oleh domain waktu, perlu pengkonversian domain waktu menjadi domain kedalaman [3].

Konversi struktur kedalaman dilakukan pada Lapangan Wahre Cekungan Madura Jawa Timur dengan target utama formasi adalah Formasi Mundu. Pada penelitian Wijaya 2010, Formasi Mundu pada cekungan Madura menunjukkan lapisan reservoir yang mengandung gas, yang dibuktikan dengan karakteristik dari Formasi Mundu yaitu adanya zona flatspot atau HDI (*hydrocarbon detector identification indicator*) [4].

Permasalahan tersebut mendasari penelitian untuk lebih mengkaji interpretasi pada Lapangan Wahre. Dalam penelitian ini akan menggunakan regresi linier dari ketidakpastian 2 data *checkshot*. Pengukuran ketidakpastian yang didapatkan dari pengkonversian kedalaman penting untuk menunjukkan nilai GRV (*Gross Rock Volume*) [5]. Dan juga memperkirakan cadangan awal gas (*Gas Initial In Place*) Lapangan Wahre.

## Gelombang Seismik

Gelombang seismic merupakan gelombang yang merambat melalui bumi. Gelombang seismic termasuk dalam gelombang elastik karena medium yang dilalui yaitu bumi bersifat elastik. Oleh karena itu sifat penalaran gelombang seismic bergantung pada elastisitas batuan yang dilewatinya. Dengan metode ini, orang memperoleh informasi - informasi tentang struktur lapisan di bawah permukaan tanah. Prinsip metode seismic yaitu pada tempat atau tanah yang akan diteliti dipasang geophone yang berfungsi sebagai penerima getaran [6].

## Definisi kecepatan

### a. Kecepatan rata-rata

Kecepatan rata-rata merupakan rasio dari jarak pada kedalaman tertentu terhadap waktu yang dibutuhkan gelombang seismic untuk menjalar. Karena kecepatan rata-rata bergantung pada kedalaman

tertentu maka dengan mengasumsikan kedalaman vertikal atau kedalaman lurus [7].

$$V_A = \frac{z}{t} \quad (1)$$

### b. Kecepatan Root Mean Square ( $V_{rms}$ )

Penampang seismic yang terdiri dari beberapa kedalaman dengan memiliki waktu tempuh tertentu. Kecepatan ( $V_{rms}$ ) bukanlah hasil pengukuran kecepatan, melainkan hasil dari kalkulasi matematis [7].

$$V_{rms} = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^{j=N} V_{Ij}^2 \Delta t_j}{\sum_{j=1}^{j=N} \Delta t_j}} \quad (2)$$

dengan  $V_{Ij}$  adalah kecepatan rata-rata interval pada lapisan ke-j,  $\Delta t_j$  adalah waktu tempuh secara vertikal pada lapisan ke-j, dan  $t_0$  adalah waktu tempuh refleksi pada lapisan ke-N.

## Data Sumur (*well log*)

### a. Log Gamma Ray

Log gamma ray merupakan log yang digunakan untuk mengukur radioaktivitas alami suatu formasi. Prinsip kerja log gamma ray adalah perekaman radioaktivitas alami bumi yang berasal dari tiga unsur radioaktif dalam batuan yaitu Uranium (U), Thorium (Th) dan Potassium (K). Log gamma ray akan menunjukkan suatu respon yang hampir sama antara lapisan batupasir dan lapisan karbonat. Pembacaan respon log gamma ray bukan fungsi dari ukuran butir atau kandungan karbonat, tetapi akan berhubungan dengan banyaknya kandungan shale [8].

### a. Log Resistivity

Prinsip dasar dari log resistivity yaitu mengukur sifat resistivitas listrik dari batuan formasi. Besaran resistivitas batuan dideskripsikan dalam satuan Ohmmeter. Menurut [9] menyatakan bahwa log resistivity dapat digunakan untuk :

1. Interpretasi pintas untuk mendeteksi hidrokarbon
2. Menentukan nilai saturasi air ( $S_w$ )
3. Menentukan zona permeabel.
4. Menentukan resistivitas air formasi ( $R_w$ )

#### b. Log Sonic

Log sonic merupakan hasil pengukuran waktu yang diperlukan (transit time) gelombang suara (energy akustik) untuk melintasi suatu batuan dengan ketebalan tertentu. Log ini juga dapat digunakan untuk identifikasi litologi, mungkin juga dalam penentuan batuan induk, kompaksi normal, *overpressure*, dan dalam beberapa kasus dapat digunakan untuk mengidentifikasi rekahan (*fracture*) [10].

#### c. Log Neutron

Log Neutron digunakan mengukur *hydrocarbon* yang terkandung dalam pori-pori batuan. Dengan demikian semakin besarnya pori-pori pada batuan maka *hydrocarbon* yang terkandung dalam batuan semakin besar dan indeks *hydrocarbon* semakin tinggi. Sehingga batuan yang mengandung *hydrogen* dapat ditafsirkan memiliki porositas yang tinggi pula [11].

#### d. Log Densitas

Logging ini digunakan untuk mengukur densitas batuan. Densitas yang diukur adalah keseluruhan densitas dari batuan dan fluida yang terdapat pada pori-pori

batuan. Menggunakan prinsip kerja emisi radioaktif, dimana radioaktif akan memancarkan sinar radioaktif. Semakin sulit sinar radio aktif teremisi maka batuan tersebut semakin padat [11].

#### Perhitungan GIIP (*Gas initially in place*)

Terdapat beberapa parameter-parameter untuk perhitungan cadangan gas yang ada pada reservoir. Perhitungan ini berdasarkan pada ketersediaan dari data yang ada. Data-data yang diperlukan untuk menentukan estimasi *gas initial in place* dengan metode volumetrik, adalah porositas, saturasi air, dan *bulk* volum reservoir.

##### a. Porositas Total

Menghitung porositas total didapatkan dari hasil pembacaan log neutron dan hasil perhitungan log densitas, kemudian dimasukan kedalam persamaan sebagai berikut: [10]

$$\Phi = \sqrt{\frac{(\Phi N^2 + \Phi D^2)}{2}} \quad (3)$$

dengan  $\Phi N$  adalah porositas Neutron, dan  $\Phi D$  adalah porositas densitas.

##### b. Saturasi Air

Saturasi adalah rasio volum batuan yang terisi oleh air dengan volum porositas total [11]. Archie menyatakan bahwa rumus dari saturasi air ditulis dengan rumus:

$$S_w = \sqrt[m]{\frac{\alpha \times R_w}{\Phi^m \times R_t}} \quad (4)$$

dengan  $S_w$  adalah saturasi air,  $F$  adalah faktor formasi,  $m$  adalah faktor sementasi,  $R_t$  adalah tahanan formasi sebenarnya,  $\Phi$  adalah porositas,  $\alpha$  adalah panjang alur, dan  $R_w$  adalah resistivitas water.

**c. GIIP (Gas Initial In Place)**

Penentuan volum *bulk* batuan atau *Gros Rock Volume* ( $V_{bi}$ ) yang dilakukan secara grafis, maka dapat ditentukan persamaan perhitungan gas. Sedangkan untuk sejumlah gas mula-mula (*gas initial in place*) dapat ditentukan dengan persamaan: [11]

$$G_i = 43560 \times V_b \times \Phi \frac{(1 - S_w)}{\beta_{gi}} \quad (5)$$

dengan  $G_i$  adalah *gas initial in place* (SCF),  $\beta_{gi}$  adalah faktor volum formasi gas mula-mula (bbl/SCF), dan 43560 adalah faktor konversi, (cuft/acre-foot)

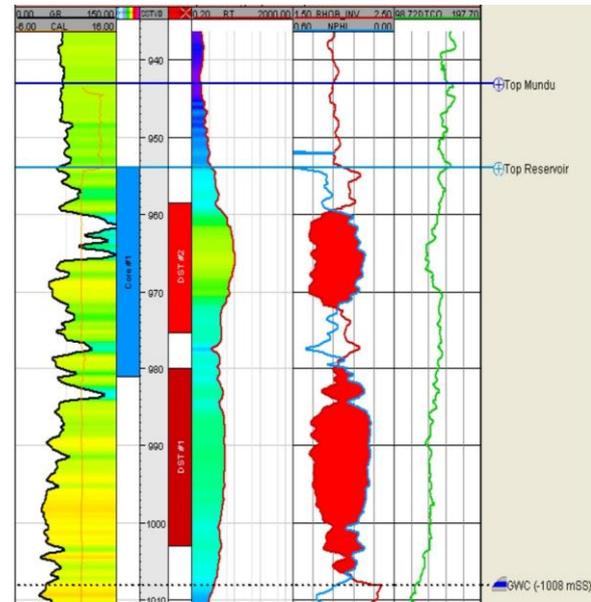
**METODE PENELITIAN**

Objek penelitian berfokus pada Formasi Mundu yang merupakan batuan induk gas pada daerah penelitian di Lapangan Wahre, Cekungan Madura, Jawa Timur. Penelitian dimulai dengan pengikatan data seismic dengan data sumur (*well seismic tie*), pengikatan ini bertujuan untuk mengkorelasikan data seismic dengan data sumur. Selanjutnya *picking horizon*, merupakan proses penelurusan horizon seismic ke arah lateral pada lapisan atau formasi target dalam penampang seismic (*cross-section*). Sehingga memberikan nilai waktu datang gelombang disetiap *shot point* lintasan seismic. Nilai waktu datang gelombang akan digunakan dalam pemodelan struktur. Selanjutnya pemodelan struktur waktu dikonversikan menjadi struktur kedalaman

dengan menggunakan regresi dari data *chekshot* untuk mendapatkan interpretasi yang lebih nyata.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Analisa Data Sumur**



**Gambar 1.** Data log Wahre-1

Berdasarkan karakter log dari Top Mundu sampai dengan GWC (*gas water contact*), dapat dibagi menjadi empat interval utama. Zona paling atas (950 – 960 SSTVD) merupakan interval reservoir yang kurang baik buruk, yang menunjukkan bagian akhir dari pengendapan Mundu. Zona kedua (960 – 970 SSTVD) ditandai oleh kenampakan *Gamma Ray* yang variatif, dimana nilai resistivitas tertinggi dan juga diperlihatkan pada separasi log neutron dan densitas. Kebalikan dengan respon log resesistivitas dan neutron-densitas, log gamma ray menunjukkan volume *shale* (kualiatas reservoir rendah). Interval ketiga (973 – 980 SSTVD) merupakan interval dengan kualitas yang lebih buruk. Namun, data batuan inti menunjukkan reservoir *porous* dan *permeable* walaupun tidak sebagus reservoir di atas dan di bawah interval reservoir. Pada interval keempat (980 – 1007 SSTVD) kualitas reservoir masih bagus, namun permeabilitas lebih kecil dibandingkan dengan interval kedua. Interval ini

menunjukkan lonjakan nilai Gamma ray yang lebih sedikit dibandingkan dengan interval diatasnya dan batuan inti menunjukkan penurunan presentase *feldspar* dan kuarsa.

### **Penentuan Horizon dan Patahan**

Data seismik yang digunakan adalah data seismik 3D yang dikorelasikan dengan sumur Wahre-1 yang telah diketahui zona targetnya. Korelasi data sumur dengan data seismik menggunakan proses ekstraksi *wavelet*. Data seismik yang sudah terikat dengan data sumur (*well seismic tie*), selanjutnya digunakan untuk penentuan horizon. Penentuan horizon diambil dari reflektor yang menunjukkan kemenerusan dengan menelusuri trace seismik yang sesuai yang menunjukkan reflektor reservoir atau zona target. *Picking horizon* yang diinterpretasikan untuk dipakai sebagai input data dalam penelitian ini adalah Top Mundu. Analisa horizon zona target pada top mundu dilakukan dengan mengikuti reflektor seismik itu sendiri yang tidak memotong zona *flatspot*. Namun tidak semua zona *flatspot* menjadi acuan dalam menentukan *picking horizon*. Karena semakin menuju *crossline* terakhir, *flatspot* akan semakin mengecil. Karena semakin mengecil zona *flatspot* akan terhimpit oleh reflektornya, sehingga agak sulit untuk menganalisa horizon pada Top Mundu itu sendiri.

Sama halnya penentuan horizon, penentuan patahan untuk mengidentifikasi patahan pada lapangan Wahre. Pada Gambar 2. terlihat terdapat dua patahan yaitu, patahan utama dan patahan kecil.

### **Peta Struktural Kedalaman**

Ketidakpastian kedalaman pada lapangan Wahre ini diharapkan akan sangat rendah karena faktor kecilnya struktur yang terpetakan. hubungan yang cukup baik antara plot data waktu dengan plot kedalaman yang diamati dari data sumur.

Gambaran umum mengenai metode dan hasil konversi ke kedalaman dapat dianalisa sebagai berikut:

- Konversi menggunakan fungsi regresi (Gambar 3.) linier lebih dipilih untuk peta *basecase* karena adanya hubungan yang sangat baik antara waktu dalam seismik dengan *marker* Wahre-1 pada sumur di area Maleo.
- Konversi kedalaman yang didasarkan pada kecepatan seismik akan mempunyai hasil yang lebih pesimis jika dibandingkan dengan menggunakan fungsi regresi linier. Metode ini dipercaya tidak akan bisa diaplikasikan di struktur ini karena adanya lerengan kemiringan yang cukup tajam dan hanya satu yang digunakan sebagai acuan.

Gambar 4. menunjukkan warna ungu hingga biru memiliki nilai yang tinggi. Warna tersebut menunjukkan bahwa pada daerah tersebut bukan daerah potensi reservoir. Warna hijau hingga kuning menunjukkan interval nilai sedang. Namun bukan termasuk daerah potensi reservoir. Untuk warna merah pada daerah tengah menunjukkan interval nilai rendah. Nilai tersebut menunjukkan keberadaan reservoir (Formasi Mundu) yang melintang dari barat laut ke tenggara. Hasil pengkonversian antara struktur waktu dan kedalaman menunjukkan konversi waktu dilakukan secara tepat. Hal ini dapat terlihat dari korelasi dari kedua petas tersebut yang menunjukkan struktur peta yang relative sama

### **Penentuan GRV (Gross Rock Volume)**

Pembuatan volume kasar batuan (GRV) adalah dengan membuat *polygon* atau penentuan batas pada *basemap* peta struktur kedalaman. Dalam penelitian ini terdapat tiga *case*, masing masing *case* memiliki nilai GRV yang berbeda-beda. Hal ini sesuai dengan penentuan garis *polygon* disetiap *case*. Dari nilai GRV yang ditunjukkan oleh Tabel 1. menunjukkan bahwa nilai pada *case 1* dan *case 2* memiliki sedikit perbedaann nilai.

Ini dikarenakan saat penentuan garis *polygon* pada struktur untuk *case 1* dan *case 2* memiliki garis yang berdempetan. Sehingga nilai antara *case 1* dan *case 2* tidak jauh

berbeda. Pada Gambar 5 dari ketiga *case* menunjukkan untuk kasus *Low*, *base*, dan *high* yang nantinya digunakan untuk menghitung perhitungan cadangan awal gas (GIIP) dalam penelitian ini.

**Tabel 1.** Nilai GRV pada setiap *case*

	Nilai GRV (m <sup>3</sup> )
<i>Case 1</i>	65.505.181
<i>Case 2</i>	65.446.249
<i>Case 3</i>	58.060.543

### Petrofisik

Pembuatan analisa petrofisik dilakukan menggunakan persamaan rumus, untuk mencari nilai sifat fisik batuan yang akan dipergunakan untuk menghitung cadangan awal gas. Penentuan sifat fisik yang digunakan adalah porositas, saturasi air dan formasi volume faktor.

Dengan berbagai pengolahan dan perhitungan dari 3D model, maka didapatkan nilai rata-rata dari porositas, saturasi air dan nilai Bg (formasi volum faktor). Dari rata-rata tersebut diketahui nilai porositas adalah 0,43, untuk saturasi air adalah 0,46 dan nilai Bg adalah 0,0102. Dengan didapatkan nilai tersebut, maka dapat dilanjutkan untuk menghitung cadangan awal gas.

**Tabel 2.** Petrofisik Lapangan Wahre [12]

Interval	MD (m)	Gross (m)	Net (M)	Net Pay (M)	Av Por (%)	Av Perm (mD)	Av Sw (%)
<i>Top – bottom reservoir</i>	981-1035	54	53,9	53,9	45,9	42,1	37,9
<i>Bottom reservoir – T40A</i>	1035-1043	8	6	0	40,3	10,1	

### Perhitungan Cadangan Awalan Gas (GIIP)

Ada beberapa cara yang dilakukan untuk melakukan perhitungan cadangan yang dilakukan untuk mengetahui variasi hasil

persebaran dari perhitungan cadangan tersebut. Pemilihan cara tersebut didasarkan pada ketersediaan data dan pendekatan hasil regresi. Setelah mengetahui hasil perhitungan, dibuat sebagai input utama dalam penentuan perhitungan cadangan yang ditunjukkan oleh persamaan *gas intial in place*

**Tabel 3** Perkiraan Cadangan Awal Gas pada Lapangan Wahre

Case	VGR (arce-feet)	Porositas (%)	Sw (%)	GIIP (SCF)
1	53.106			64.681.600.756
2	53.058	0,46	0,38	64.623.409.692
3	54.116			57.330.562.326

Dalam sebuah kasus perkiraan hidrokarbon, terdapat 3 kategori perkiraan kasus yang meliputi, yaitu *optimal case*, *mid case*, dan *psimis case*. Pada Table 3. dapat terlihat nilai perkiraan cadangan awal gas pada lapangan Wahre. Dari *case-1* menunjukkan. nilai yang estimasi cadangan yang lebih besar dibandingkan *case* yang lainnya. Sehingga nilai GIIP pada *case-1* termasuk dalam *high case* atau *optimal case*. Untuk *case-2* merupakan nilai tengah diantara *case* yang lain dan termasuk *Mid case*. Sedangkan *case* terakhir, merupakan nilai GIIP yang paling kecil diantara *case* yang lain. Sehingga nilai *case-3* merupakan nilai *psimis case* atau *low case*.

### KESIMPULAN

Setelah melakukan analisis pemodelan struktur pada Lapangan wahre, cekungan Madura, Jawa Timur. Dan perhitungan cadangan awalan gas, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Pemodelan struktur kedalaman pada Lapangan Wahre dengan target utama Formasi Mundu memiliki struktur yang sesuai dengan kondisi regionalnya yaitu arah barat laut-tenggara pada Formasi Mundu

2. Dari hasil GRV yang di dapat, terdapat 3 kategori dari hasil perhitungan cadangan awalan gas (GIIP) sebagai berikut:
- High Case : ditunjukkan pada case-1 dengan nilai 64.681.600.756 SCF atau 64,7 BCF
  - Base case : ditunjukkan pada case-2 dengan nilai 64.623.409.692 SCF atau 64,6 BCF
  - Low case : ditunjukkan pada case-3 dengan nilai 57.330.562.326 SCF atau 57,3 BCF.

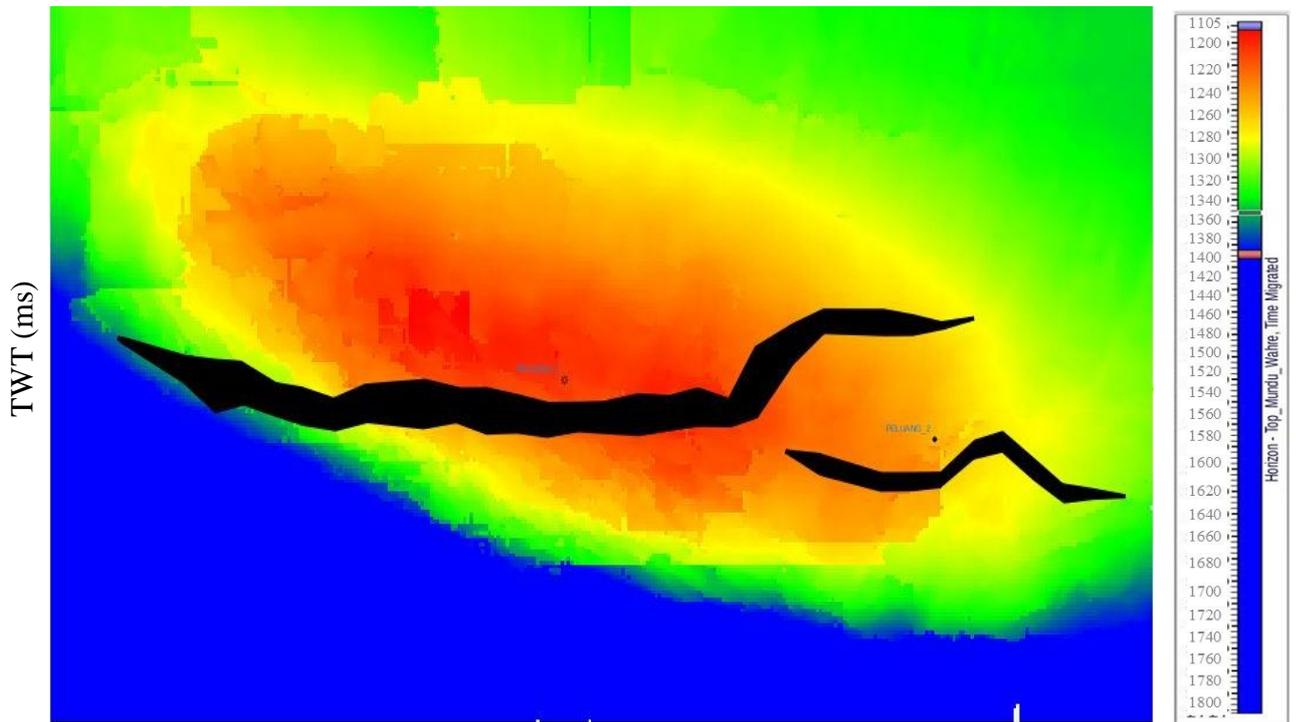
### UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Santos (Sampang) Pty, Ltd., atas dukungan dalam pelaksanaan penelitian 2016. Penulis juga mengucapkan terimakasih kepada Bapak Kusuma Yunus dan Bapak Joko Narpodo atas bimbingan dan sarannya.

### DAFTAR PUSTAKA

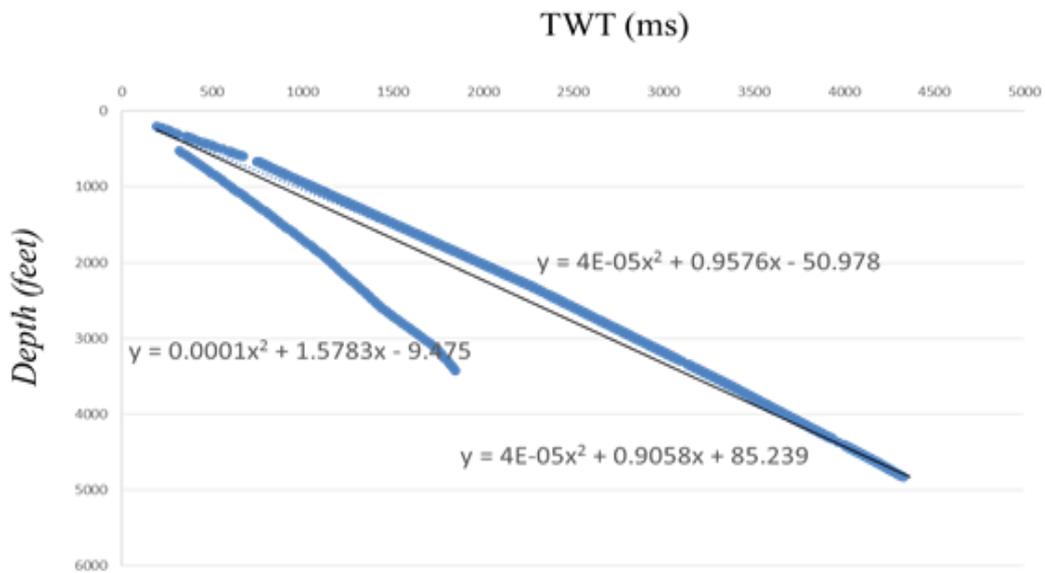
- [1] Rusli, S., dan Suparto, 2004, *Pembuatan Peta Struktur-Kedalaman Shelfh Edge Formasi Kunjung, Laut Jawa Timur*, Makar Teknologi Vol 8, No 1.
- [2] Sismanto, 1996, *Interpretasi Data Seismik* Jurusan Geofisika Universitas Gajahmada, Yogyakarta
- [3] Kim, Y.C., W.B. Hurt, L.J. Maher, dan P. J. Starich, 1997, *Hybridh Migration of Imaged Time Section: Gheophysics*, 62, 568-576
- [4] Widiastuti, R., Syamsu Y., dan bagus J. S., 2010, *Pemetaan Bawah Permukaan dan Perhitungan Cadangan Hidrokarbon Lapangan "Kriyani" Formasi Cibulakan Atas Cekungan Jawa Barat Utara dengan Metode Volumeterik*, Teknik Geofisika, Institut Teknologi Sepuluh November, Surabaya.
- [5] Cedex, A., 2008, *Time-to-Depth Converion (Geostatical Methods To Build A Reliable And Consisten Structural Reservoir Model)*. Geovariances Paper.
- [6] Hasanudin, 2005, *Teknologi Seismik Refleksi Untuk Eksplorasi Minyak dan Gas Bumi Oseana*. Vol XXX
- [7] Wospakrik, S.K. 2012. *Konversi Kedalaman (Depth Conversion) Subregional Area Tangguh Papua, dengan Metode External, Drift Kringing*, Magister Fisika, Universitas Indonesia. Tesis.
- [8] Sukmono, S., 2000, *Seismic Inversi untuk Karakteristik Reservoir*, Teknik Geofisika Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- [9] Sari, M., Hadi, N., Wahyu, K. H., dan Oki, S., 2014, *Analisa Petrofisika dengan Menggunakan Deterministik dan Probabilistik serta Perhitungan Volume Hidrokarbon dengan Metode Well Basis pada Sumur MG-04 di Strujtur Musi, Cekungan Sumatera Selatan PT. Pertamina EP Region Sumatera*, Univeritas Diponegoro, Semarang.
- [10] Rider, M., 2002, *The Geological Interpretation of Well Legs, 2<sup>nd</sup> Edition revised*, Scotland: Whittles publishing
- [11] Harsono, A., 1997, *Evaluasi Formasi dan Aplikasi Log, Revisi (Edisi) ke 8*, Sclumberger oilfield Services, Jakarta.
- [12] Laporan Santos Pty. Ltd, 2011, *Madura Offshore PSC POD Peluang*, Tidak dipublikasikan.

Lampiran 1



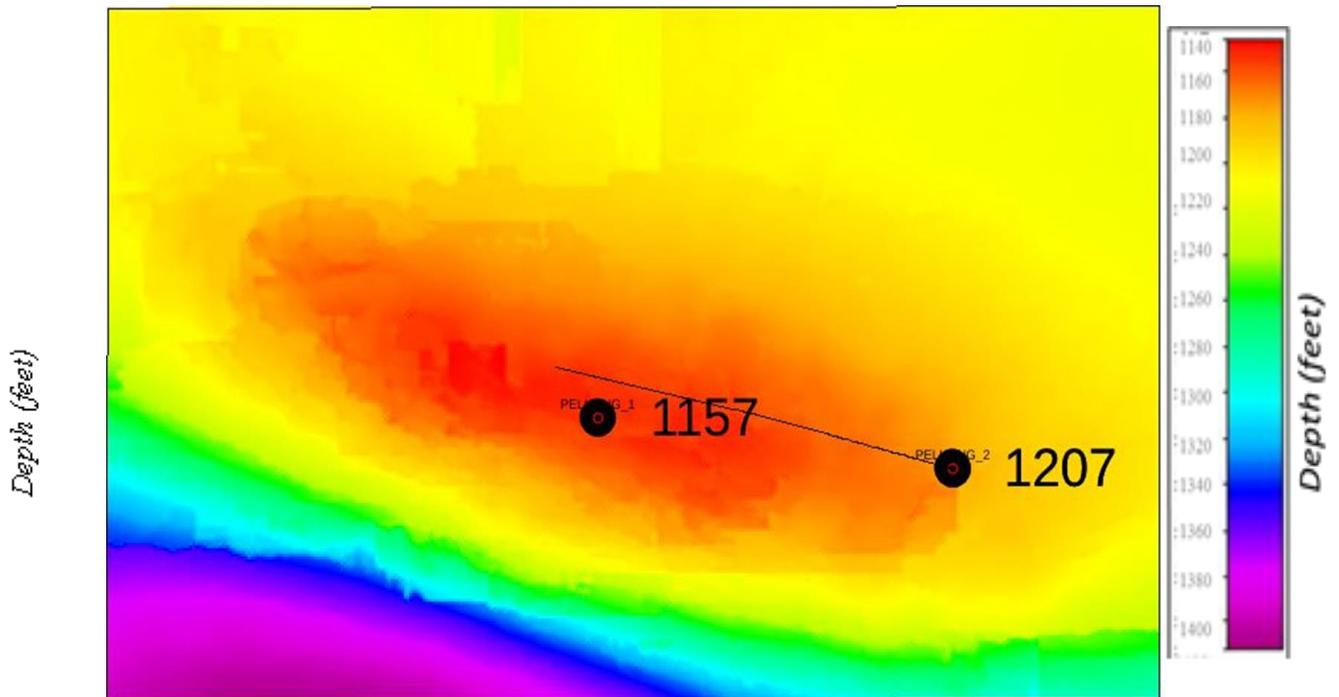
Gambar 2. Peta struktur waktu pada lapangan Wahre

Lampiran 2

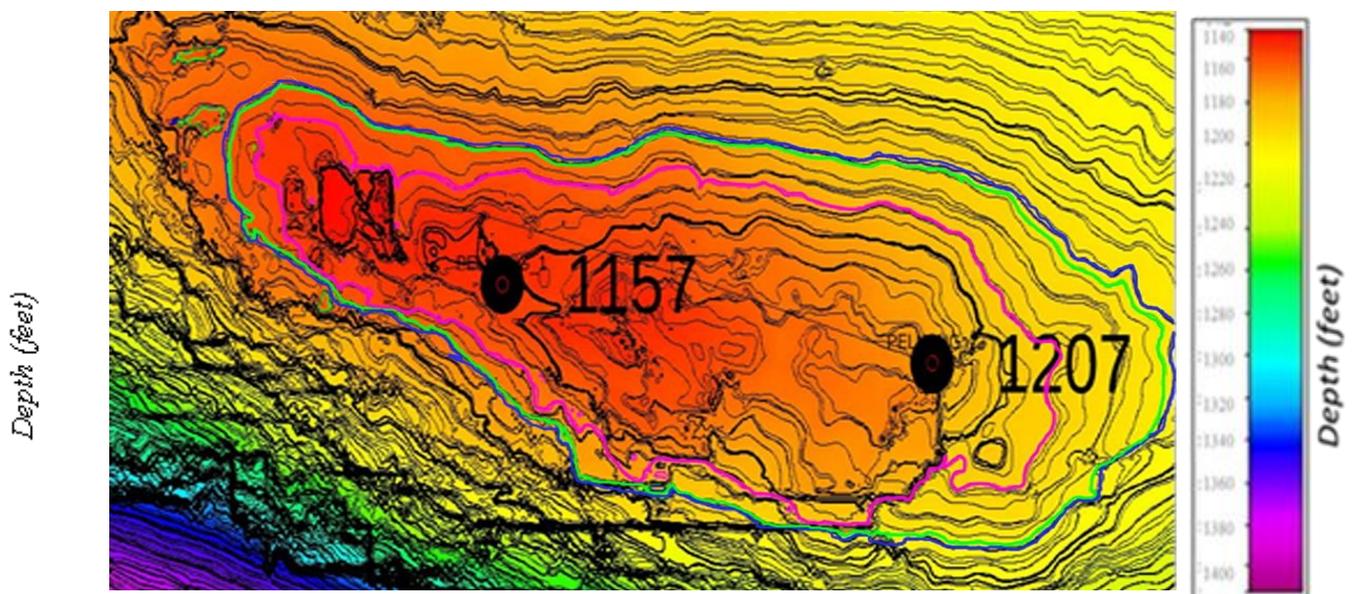


Gambar 3. Grafik waktu dan kedalaman

Lampiran 3



Gambar 4. Peta struktur kedaman



Gambar 5. Polygon 3 case