

## **ANALISIS POROSITAS DAN SATURASI AIR DALAM INTEGRASI PETROPHYSICS DAN SEISMIC MULTIATTRIBUTES UNTUK KARAKTERISASI RESERVOIR**

Gian Antariksa, Hernowo Danusaputr<sup>1</sup> dan Tony Yulianto  
Departemen Fisika, Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Diponegoro, Semarang  
E-mail: giantariksa@st.fisika.undip.ac.id

### **ABSTRACT**

*Plan of Development I is the development plan of one or more oil and gas fields in an integrated way (integrated) to develop and produce hydrocarbon reserves. Field development was conducted in order to know the area indications of hydrocarbons based on petrophysics analysis and determine its content with multiattributes. By integrating the study of seismic data, well data (including petrophysical analysis) with geological and stratigraphic information is a necessary step to determine the characteristics of a reservoir. Formation evaluation and petrophysical analysis as an initial stage to characterize the reservoir by studying rock properties such as volume of clay, porosity and water saturation. Multiattribut seismic analysis is used to predict the physical properties of the rock as a whole in the seismic volume. Based on the results of the petrophysical analysis of the target porosity ranges from 11% -14%, from the netpay statistical data lumping results have value Net to Gross range of 7% to 40%.and water saturation ranging from 18% -38%. Seismic multiattributtes method can predict petrophysical analyzses well in the target zone..*

**Keywords :** *Plan of Development, Petrophysics, Seismic Multiattributes.*

### **INTISARI**

Plan of Development I merupakan rencana pengembangan satu atau lebih lapangan migas secara terpadu (integrated) untuk mengembangkan dan memproduksi cadangan hidrokarbon. Pengembangan lapangan dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui daerah indikasi hidrokarbon berdasarkan analisis petrophysics dan mengetahui persebarannya dengan multiattributes. Dengan studi terintegrasi yang menggabungkan data seismik, data sumur (termasuk analisis petrophysics) dengan informasi geologi dan stratigrafi merupakan langkah yang diperlukan untuk mengetahui karakteristik suatu reservoir. Evaluasi formasi dan analisis petrophysics sebagai tahapan awal untuk mengkarakterisasi reservoir dengan mempelajari sifat batuan seperti kandungan lempung, porositas, dan saturasi air. Analisis multiattributes seismik digunakan untuk memprediksi sifat fisik dari batuan secara keseluruhan pada volum seismik. Berdasarkan hasil analisis petrofisika porositas target berkisar 11%-14% dan saturasi air berkisar 18%-38%, dari data statistik netpay hasil lumping memiliki nilai Net to Gross berkisar 7% hingga 40%. Metode multiattributes seismik dapat memprediksi analisis petrofisika dengan baik pada zona target.

**Kata kunci :** *Plan of Development, Petrophysics, Seismic Multiattributes.*

## PENDAHULUAN

Kebutuhan akan sumber energi ini terus meningkat. Kegiatan akan eksplorasi hidrokarbon tentu harus terus dikembangkan. Penelitian eksplorasi geologi dan geofisika mungkin mampu memberikan dugaan ada tidaknya potensi hidrokarbon. Berdasarkan hasil studi eksplorasi jika ditemukan cadangan migas dengan volume yang cukup komersial, dan menunjukkan kelayakan untuk dikembangkan, maka kontraktor akan menyusun rencana pengembangan pertama atau *Plan of Development I*. Kegiatan ini merupakan rencana pengembangan satu atau lebih lapangan migas secara terpadu (*integrated*)<sup>[1]</sup>. Dengan menggunakan seismik refleksi sebagai energi gelombang yang dipantulkan dapat menggambarkan keadaan bawah permukaan<sup>[2]</sup>. Selain itu metode logging juga sangat berperan penting dalam hal pengembangan. Hasil metode logging adalah gambaran permukaan yang cukup detail dengan kurva-kurva nilai parameter besaran fisika yang terekam secara berlanjut.

Dalam kasus eksplorasi sebagai pengembangan dari metode *well logging* dan seismik refleksi tersebut adalah metode seismik inversi. Seismik inversi adalah teknik pemodelan geologi bawah permukaan menggunakan data seismik sebagai input dan data sumur sebagai kontrol<sup>[3]</sup>. Oleh karena itu, studi yang terintegrasi yang menggabungkan data seismik, data sumur (termasuk analisa *petrophysics*) dengan informasi geologi dan stratigrafi merupakan langkah yang diperlukan untuk mengetahui karakteristik suatu *reservoir*.

Dengan melihat distribusi parameter *petrophysics*, akan memudahkan dalam melakukan interpretasi hingga tahap pemodelan. Penentuan zona *reservoir* dan analisa parameter *petrophysics* seperti kandungan serpih ( $V_{sh}$ ), porositas ( $\phi$ ), dan saturasi air ( $S_w$ )<sup>[4]</sup>.

Analisis multiatribut dapat memprediksi persebaran log pada daerah

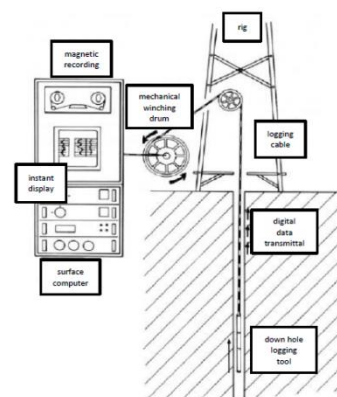
penelitian, sehingga dapat diketahui keadaan bawah permukaan sebenarnya berdasarkan data log sebenarnya<sup>[5]</sup>. Dengan menggunakan parameter *petrophysics* yang diintegrasikan ke dalam *3D seismic cube* dengan metode *multiattributes* pada lapangan "X" sehingga dapat mengukur karakter *reservoir* dan perubahannya secara lebih kuantitatif.

## DASAR TEORI

### Well Logging

*Logging* merupakan suatu teknik eksplorasi untuk mendapatkan data bawah permukaan dengan menggunakan alat ukur yang dimasukkan kedalam lubang sumur, untuk evaluasi lapisan/formasi dan untuk mengidentifikasi ciri-ciri fisik batuan dibawah permukaan<sup>[6]</sup>.

Secara garis besar tujuan dari *logging* adalah untuk menentukan *zone of interest* yang berpotensi sebagai zona tempat terakumulasinya hidrokarbon, selain itu dalam analisa lebih lanjut dapat digunakan untuk memperkirakan kuantitas minyak dan gas bumi dalam suatu *reservoir*. Hal ini dikarenakan *logging* mempunyai resolusi vertikal yang baik dibandingkan metode



Gambar 2.1 Skema Well Logging<sup>[7]</sup>.

lainnya, seperti skema pada Gambar 2.1. Prinsip kerjanya adalah alat ukur *logging* disambungkan oleh *wireline* ke dalam sumur yang di bor untuk mengetahui sifat fisik batuan dan fluida lapisan/formasi.

### Petrophysics

Analisis *petrophysics* merupakan suatu kegiatan eksplorasi dalam mengevaluasi ciri dan sifat-sifat fisika batuan dengan cara melakukan analisis terhadap hasil pengukuran pada lubang sumur untuk mendapatkan litologi dan sifat *petrophysics* batuan. Setelah melakukan analisa *petrophysics*, maka parameter *petrophysics* batuan seperti porositas batuan, saturasi air, kandungan lempung, dan permeabilitas dari batuan di *reservoir* dapat diketahui. Dengan mengetahui litologi dan sifat –sifat *petrophysics* batuan, dapat ditentukan interval kedalaman yang merupakan zona *reservoir* [8]. Beberapa parameter yang dapat di gunakan antara lain :

#### -Kandungan Lempung

Pada kandungan *shale* 100% *gamma ray log* dapat mendeteksi adanya tingkat radioaktif yang cukup signifikan, sehingga dalam mengevaluasi *shale* adanya defleksi kearah kanan dari *log gamma ray*. Kandungan lempung dari *log gamma ray* dihitung menggunakan persamaan 2.1

$$V_{sh} = \frac{GR - GR_{clean}}{GR_{clay} - GR_{clean}} \times 100\% \quad (2.1)$$

dengan *GR* adalah *gamma-ray* pada kedalaman penetrasi (gAPI), *GR<sub>clean</sub>* adalah *gamma-ray* pada zona bersih (gAPI), dan *GR<sub>clay</sub>* adalah *gamma-ray* pada lempung (gAPI), Satuan *V<sub>sh</sub>* adalah Persentase (%) [7].

#### -Porositas

Merupakan perbandingan antara ruang kosong (pori-pori, retakan, rekahan, gerohong) total yang tidak terisi oleh benda padat yang ada diantara elemen-elemen mineral dari batuan, dengan volume total batuan. tidak termasuk porositas yang tidak bersambungan, dan ruangan yang terisi oleh air resapan dari air ikat serpih. Nilai Porositas efektif pada dihitung menggunakan persamaan 2.2

$$\phi_{eff} = \phi_{total}(\phi_{sh} - V_{sh}) \quad (2.2)$$

dengan  $\phi_{eff}$  adalah porositas efektif dalam satuan persentase (%),  $\phi_{total}$  adalah porositas total, *V<sub>sh</sub>* adalah kandungan lempung, dan  $\phi_{sh}$  adalah porositas lempung [7].

#### -Saturasi Air

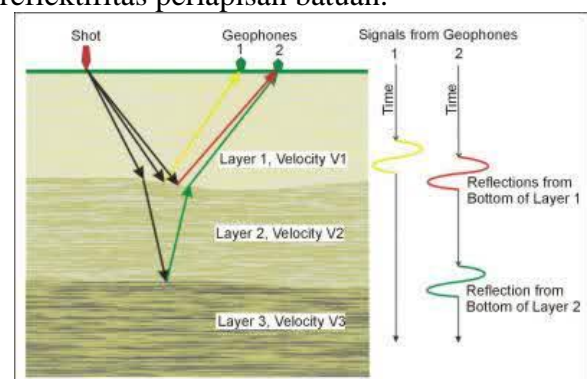
Untuk saturasi air sendiri adalah bagian dari ruang pori yang berisi air disebut kejenuhan. Persamaan saturasi air (2.3) menggunakan persamaan Archie :

$$S_w = \sqrt{\frac{F \times R_w}{R_t}} \quad (2.3)$$

dengan *S<sub>w</sub>* adalah nilai dari saturasi air formasi yang dihitung dalam satuan persentase (%), *R<sub>w</sub>* adalah besarnya nilai resistivitas air pada suatu formasi, dan *R<sub>t</sub>* adalah resistivitas formasi yang di baca dari kurva resistivitas [7].

### Seismik Refleksi

Dengan menggunakan seismik refleksi sebagai energi gelombang yang dipantulkan dapat menggambarkan keadaan bawah permukaan [2]. Gelombang seismik merambat dan menjalar ke segala arah (prinsip Huygens) dan akan dipantulkan maupun dibiaskan pada suatu batas lapisan yang memiliki kontras densitas (prinsip Snellius), oleh karena itu gelombang seismik mempunyai informasi mengenai waktu rambat, amplitudo refleksi, variasi fasa, dll sehingga dapat digunakan untuk menggambarkan keadaan bawah permukaan bumi. Pada Gambar 2.2 menunjukkan contoh diagram gelombang seismik refleksi yang ditangkap oleh geofon. Sinyal dari *geophone* mempresentasikan reflektifitas perlapisan batuan.



Gambar 2.2 Diagram Gelombang Seismik Refleksi [9].

### Seismic Multiattributes

Analisis multiatribut merupakan salah satu metode statistika yang menggunakan lebih dari satu atribut untuk memprediksi

beberapa properti fisik dari dalam bumi. Dengan analisis ini dicari hubungan antara log dengan data seismik, kemudian digunakan untuk mengestimasi atau memprediksi volum dari properti log pada volum seismik. Atribut sendiri adalah segala informasi yang bisa didapatkan dari seismik, baik dengan pengukuran secara langsung atau dengan analisis berdasarkan pengalaman [10]. Definisi atribut seismik sebagai sifat kuantitatif dan deskriptif dari seismik yang dapat ditampilkan pada skala yang sama dengan data orisinal [11].

*-Multiattributes Linear Regression*

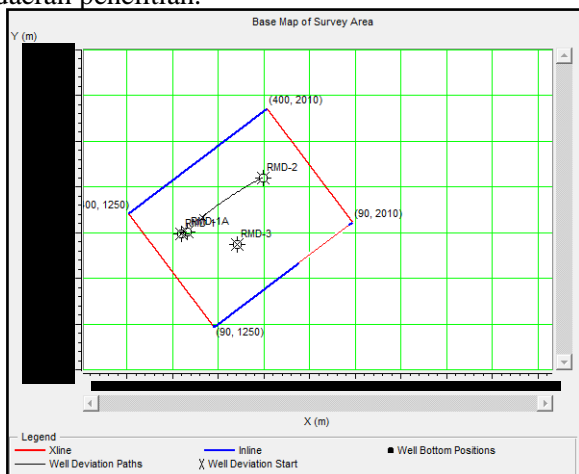
Dalam metode ini bertujuan mencari sebuah operator yang dapat memprediksi log sumur dari data seismik di dekatnya. Pada kenyataannya kita menganalisa data atribut seismik bukan data seismik itu sendiri. Karena data atribut lebih menguntungkan data seismik itu sendiri, sehingga mampu meningkatkan kemampuan prediksi.

$$L(t) = W_0 + W_1A_1(t) + W_2A_2(t) + W_3A_3(t) \quad (2.11)$$

dengan,  $L(t)$  adalah variable dependen,  $W_0$  adalah konstanta,  $W_1$  dan  $W_2$  adalah variable independen, dan  $A_1(t)$  adalah koefisien regresi [5].

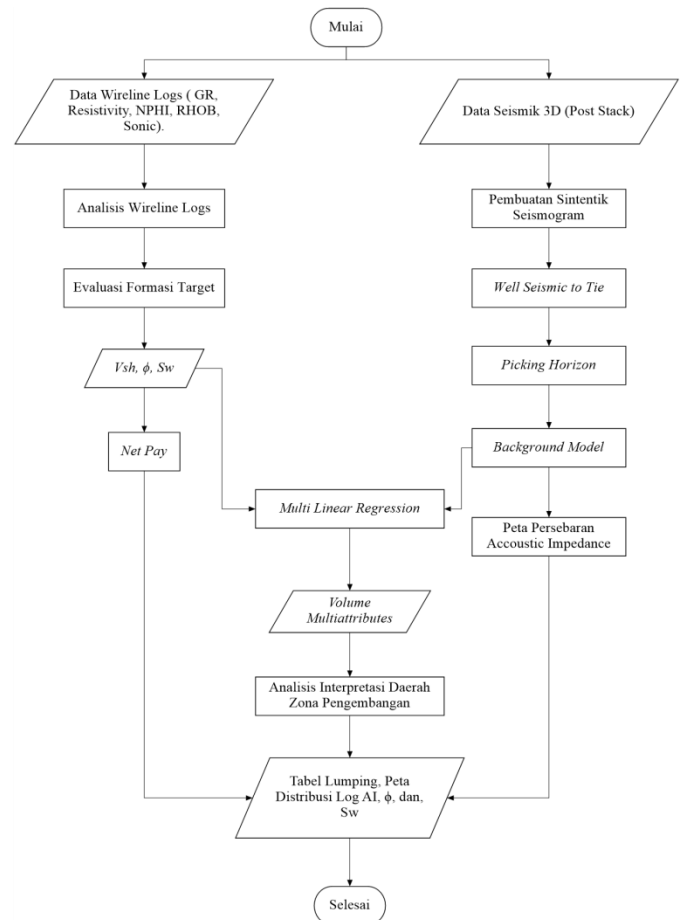
**METODE PENELITIAN**

Dalam penelitian ini, data yang digunakan untuk penelitian adalah data 3D Seismic Cube PSTM dan data well logging pada daerah penelitian.



Gambar 3.1 Basemap daerah penelitian

Target dari integrasi antara *petrophysics* dan *multiattributes* adalah menentukan persebaran nilai parameter saturasi air dan porositas. Variasi nilai persebaran parameter tersebut dapat mengkarakterisasi *reservoir* secara lebih akurat.



Gambar 3.2 Diagram langkah penelitian

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Dalam penelitian ini dibatasi oleh zona *reservoir* dari formasi Baturaja pada Tabel 4.1

**Tabel 4.1 Marker pada Formasi Baturaja**

Sumur	RMD-1	RMD-1A	RMD-2	RMD-3
Top BRF (m)	1705	1706	2074	1665
Bot BRF (m)	1825	1845	2244	1774

Berdasarkan tabel 4.2, nilai *Vshale* rata-rata pada setiap zona berkisar antara 0.008 hingga 0.7. Artinya, lapisan batuan pada zona-zona tersebut rata-rata memiliki 0.8 hingga 7 persen volume lempung dari keseluruhan volume batuan pada formasi Baturaja.

Tabel 4.2 *Vshale* pada Formasi Baturaja

Sumur	RMD-1	RMD-1A	RMD-2	RMD-3
Vsh(dec.)	0.015	0.071	0.014	0.008

Berdasarkan tabel 4.3, nilai porositas rata-rata tiap zona berkisar antara 0,11 hingga 0,13. Artinya terdapat 11% hingga 13% rongga yang dapat ditempati hidrokarbon didalam keseluruhan volume lapisan batuan dari masing-masing zona. Dengan mengetahui nilai porositas yang cukup tinggi, maka formasi ini prospek menjadi *reservoir* indikasi hidrokarbon yang produktif.

Tabel 4.3 Porositas pada Formasi Baturaja

Sumur	RMD-1	RMD-1A	RMD-2	RMD-3
( $\phi$ ) (dec.)	0.134	0.132	0.119	0.125

Dari tabel ini dapat dilihat bahwa nilai saturasi air menunjukkan cukup baik sebagai *reservoir*. Dengan nilai saturasi air kisaran 0.3 hingga 0.4, artinya 30% hingga 40% fluida yang mengisi batuan adalah air, sehingga kemungkinan maksimal fluida hidrokarbon tersimpan di dalam batuan tersebut sejumlah 70% hingga 60%.

Tabel 4.4 Saturasi Air pada Formasi Baturaja

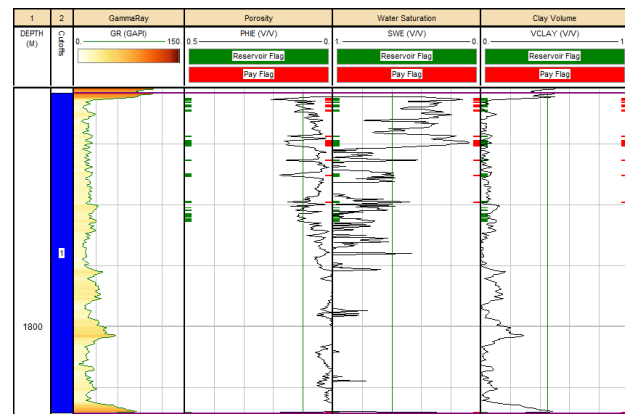
Sumur	RMD-1	RMD-1A	RMD-2	RMD-3
Sw (dec.)	0.402	0.448	0.504	0.307

Ketebalan zona *reservoir* pada formasi baturaja (ditandai dengan *reservoir flag* berwarna hijau), dan ketebalan zona *reservoir* pada formasi baturaja yang mengandung hidrokarbon (ditandai dengan *pay flag* berwarna merah dan hasil penelitian mengacu pada Tabel 4.2). Tidak seluruh *reservoir flag* sama tebal dengan ketebalan formasi baturaja yang menurut informasi geologi sangat baik menjadi *reservoir*. Hal ini dikarenakan berdasarkan penerapan nilai *cut-off*, tidak berlaku pada seluruh ketebalan formasi yang merupakan *reservoir* karbonat. Begitupula

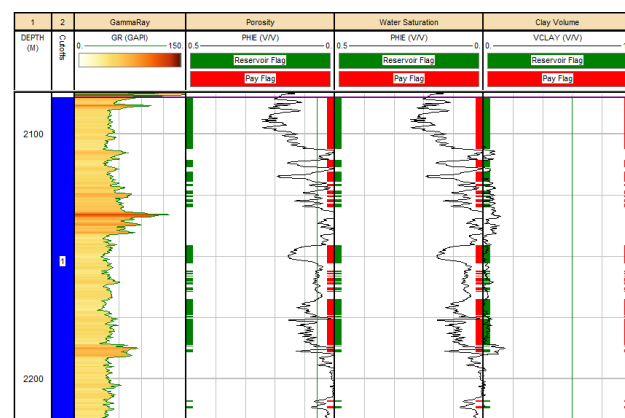
dengan *pay flag* yang hanya terdapat pada kedalaman tertentu. Hal ini berarti, hanya pada zona inilah diprediksi terdapat fluida hidrokarbon.



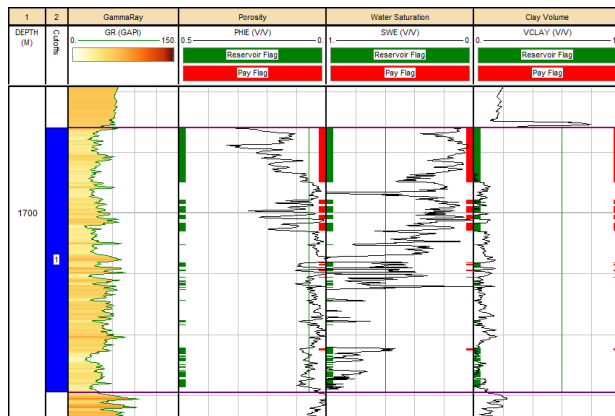
Gambar 4.1 *Lumping* pada sumur RMD-1



Gambar 4.2 *Lumping* pada sumur RMD-1A



Gambar 4.3 *Lumping* pada sumur RMD-2



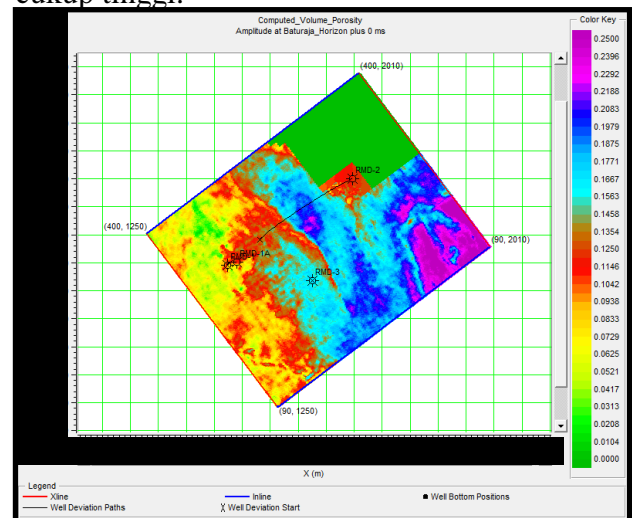
Gambar 4.4 Lumping pada sumur RMD-3

Berdasarkan nilai *Net to Gross (NTG)* berkisar antara 7% - 40% untuk seluruh sumur *Reservoir* yang potensial dengan produksi banyak, sebaiknya memiliki nilai *net to gross (NTG)* yang besar sebagai representasi rasio *reservoir* yang dapat menampung hidrokarbon.

Tabel 4.2 Hasil Perhitungan Evaluasi Formasi (*Net-pay*)

	BATURAJA FORM.								
	Well	Top (m)	Bottom (m)	Gross (m)	Net (m)	NTG (dec)	$\phi$ (dec)	Sw (dec.)	Vsh (dec.)
	RMD-1	1709 .01	1825 .19	116. 18	16. 08	0.13 8	0.13 9	0.31 2	0.01 6
	RMD-1A	1704 .36	1835 .5	131. 14	9.7 2	0.07 4	0.14	0.28 5	0.06 9
	RMD-2	2085 .13	2253 .08	167. 94	67. 28	0.40 1	0.11 9	0.38	0.01 4
	RMD-3	1665	1774	109	34. 64	0.31 8	0.14 8	0.18 4	0.00 3

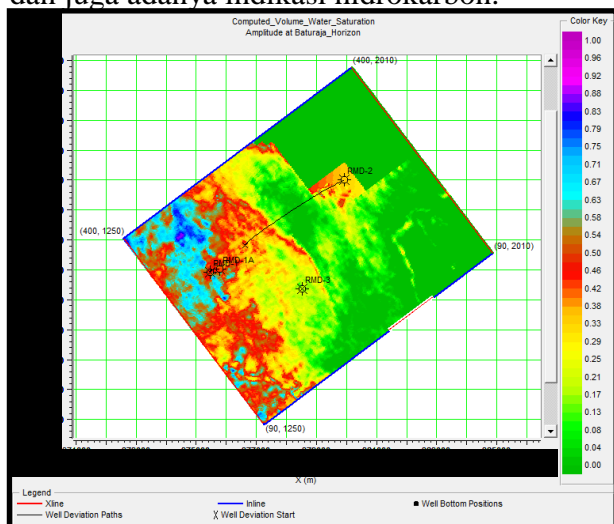
Berdasarkan analisis Gambar 4.5, warna biru hingga ungu (15%-25%) menunjukkan nilai porositas efektif yang baik sebagai potensi *reservoir* sedangkan yang berwarna skala kuning ke hijau (<8%) bernilai kecil sehingga kurang berpotensi. Hasil distribusi porositas untuk potensi *reservoir* dapat dikuatkan dengan hasil analisis *petrophysics* yang menjelaskan bahwa nilai *net-pay* dari porositas efektif minimal bernilai 13% terhitung dari tabel lumping pada lampiran yang menjelaskan distribusi porositas yang diatas 13% berpotensi adanya indikasi hidrokarbon. Nilai porositas tersebut juga dikuatkan dengan informasi geologi regional yaitu formasi baturaja adalah *reservoir* karbonat, sehingga syarat untuk sebuah *reservoir* dimana untuk menampung hidrokarbon harus memiliki porositas yang cukup tinggi.



Gambar 4.5 Time Slice Porosity Map Baturaja

Dalam gambar 4.23 merupakan hasil distribusi *time slice* saturasi air pada horizon baturaja. Melalui distribusi *multiattributes* untuk hasil *time slice map* saturasi air cukup bervariasi. Hidrokarbon yang terisi pada pori batuan dan dapat diproduksi terukur dengan nilai saturasi air yang kecil. Untuk menentukan daerah *reservoir* yang baik warna hijau ke merah menunjukkan potensi indikasi hidrokarbon karena sebaran nilainya 0%

hingga 50% daerah tersebut menunjukkan bahwa potensi fluida yang mengisi *reservoir* dominan adanya indikasi dari hidrokarbon. Dari analisis hasil perhitungan *petrophysics* pada tahap evaluasi formasi juga didapat nilai *net-pay* untuk *reservoir* yang baik memiliki nilai saturasi air 13%, sehingga dengan menentukan daerah yang bernilai kurang dari sama dengan 13% maka indikasi adanya hidrokarbon sangat tinggi. Hasil dari *time slice map sw* dapat di bandingkan dengan *time slice map porosity* sebagai acuan daerah mana yang memiliki porositas yang tinggi sehingga dengan mengetahui daerah tersebut *more porous* dan rendahnya nilai saturasi air maka dapat disimpulkan daerah *reservoir* potensial dan juga adanya indikasi hidrokarbon.



Gambar 4.6 Time Slice Saturation Water Map Baturaja

## KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Melalui hasil analisis *petrophysics* formasi baturaja memiliki indikasi *reservoir* hidrokarbon dengan nilai *net pay* untuk porositas lebih dari sama dengan 13% dan saturasi air kurang dari sama dengan 13% dan berdasarkan data statistik hasil *lumping* memiliki nilai *Net to Gross* berkisar 7% hingga 40% yang mengacu pada Tabel A.2.

2. Dengan menggunakan analisis parameter *petrophysics* akan lebih mudah dalam melakukan interpretasi kuantitatif serta dengan mengintegrasikannya pada analisis *multiattributes* dapat mengkarakterisasi *reservoir* dan memprediksi distribusi sifat fisik keseluruhan pada volume data seismik.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1]. BPMigas, 2013, *Plan of Development*.
- [2]. Sismanto, 1996, *Dasar-Dasar Akuisisi dan Pemrosesan Data Seismik*, FMIPA, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- [3]. Sukmono, S., 2007, *Fundamental to Seismic Inversion*, ITB, Bandung.
- [4]. Pahlevi, 2012, *Analisa Petrofisika dan Multiatribut Seismik untuk Karakterisasi Reservoir pada Lapangan Spinel Cekungan Cooper Eromanga, Australia Selatan*, Skripsi, FMIPA, Universitas Indonesia, Depok.
- [5]. Hampson, 2001, *Use Multiattribute transform to predict log properties from seismic data*, *Society of Exploration Geophysicist*.
- [6]. Harsono, A., 1997, *Evaluasi Formasi dan Aplikasi Log*, Edisi-8, Schlumberger Oilfield Services, Jakarta..
- [7]. Rider M., 2002, *The Geological Interpretation of Well Logs*.Scotland 2nd ed, Rider-French Consulting Ltd.
- [8]. Erfido, 2014, *Analisa Petrophysics dan Rock physics dalam Penentuan Pengaruh Heterogenitas Reservoir Batupasir terhadap Evaluasi Formasi Lapangan "x" Cekungan Tarakan*, Skripsi, FSM, Universitas Diponegoro, Semarang..
- [9]. Central Federal Land Highway Division, Transportation Dept. U.S., Subsurface Characterization, <http://www.cflhd.gov>, diakses tanggal 1 November 2014..
- [10]. Chen, Q. and Sidney, S., 1997, *Seismic attribute monitoring*, *The leading Edge*, May 1997.

- [11]. Barnes, 1999, Seismic Attributes : *Past, Present and Future*, SEG 1999 Expanded Abstract