

ANALISIS PERBANDINGAN METODE SEISMIK INVERSI IMPEDANSI AKUSTIK MODEL BASED, BAND LIMITED, DAN SPARSE SPIKE UNTUK KARAKTERISASI RESERVOAR KARBONAT LAPANGAN “NBL” PADA CEKUNGAN NIAS

Nabila Prastika^{1,a)}, Bagus Sapto¹⁾, Ordas Dewanto^{1,b)}, Egi Wijaksono²⁾

¹⁾Teknik Geofisika, Fakultas Teknik Universitas Lampung

²⁾Lemigas Jakarta

^{a)}nabilaprastika8@gmail.com, ^{b)}ordasdewanto@gmail.com

ABSTRAK

Metode inversi seismik merupakan salah satu metode untuk menggambarkan dan mengestimasi parameter fisis bawah permukaan berupa nilai impedansi dengan menggunakan data sumur sebagai kontrol dan data seismik sebagai *input* datanya. Tujuan dilakukannya penelitian kali ini adalah menentukan karakter reservoir berdasarkan nilai impedansi akustik yang diperoleh dari proses inversi pada lapisan target berumur *Early Pliocene* sampai *Middle Miocene*. Pada data penelitian terdapat 1 data sumur yaitu sumur MD-1 dan data seismik 2D *Post Stack Time Migration*. Metode analisis yang digunakan adalah melakukan perbandingan hasil penampang seismic dari 3 metode inversi seismik, yaitu *Model Based*, *Band Limited*, dan *Sparse Spike* untuk mendapatkan lapisan prospek hidrokarbon. Target hidrokarbon pada penelitian kali ini gas yang terkandung dalam reservoir karbonat. Melalui analisis 3 metode inversi menunjukkan hasil korelasi yang baik antara sintetik inversi dengan *trace seismic* yang menghasilkan $e < e_0$. Setelah dilakukan perbandingan hasil penampang seismik dan pre-analisis inversi metode yang paling baik untuk digunakan interpretasi selanjutnya adalah metode *Model Based*, karena hasil penampang yang mendukung serta nilai error yang kecil dan korelasi yang cocok (*Fitting*). Hasil inversi dilakukan *Fitting* dengan data sumur dan dihasilkan lapisan prospek yang sesuai yaitu pada *Late Miocene – Middle Miocene* yang memiliki litologi Karbonat *Tight*.

ABSTRACT

Seismic inversion method is one method to describe and physical parameters of mengestimasi beneath the surface in the form of impedance values by using data well as control and seismic data as input data. The purpose of doing research this time is determining the character of value-based acoustic impedance reservoir obtained from the process of inversion layer at the target age of Early Pliocene to Middle Miocene epochs. Research on the data there is 1 data i.e. Wells MD-1 and 2D seismic data Post Stack Time Migration. Methods of analysis used is doing a comparison of the results of seismic cross-section of 3 methods of seismic inversion, i.e. a Model Based, Band Limited, and Sparse Spike to get a layer of hydrocarbon prospects. Research on hydrocarbon targets this time reservoir gas contained in carbonate. Through the analysis of three methods of inversion results showed a good correlation between seismic trace inversion with synthetic that generates $e < e_0$. After a comparison of the results of seismic cross-section and pre-analysis method of inversion is the best to use is a method of interpretation Model Based, due to the results of a cross section of support as well as the value of a small error and correlation fit (*Fitting*). The results of the inversion is done by data *Fitting* well and produced a layer of the appropriate prospects in Late Miocene epochs – Middle Miocene epochs that have Carbonate litologi *Tight*.

Keyword: *Acoustic Impedance, Seismic Inversion, Model Based, Band Limited, Sparse Spike, Carbonate Tight.*

I. PENDAHULUAN

Untuk dapat memenuhi permintaan akan kebutuhan minyak dan gas bumi perlu adanya peningkatan penemuan sumber daya

(*Resources*) baru. Untuk itu diperlukan suatu metode yang dapat mendeteksi sifat fisik yang terdapat dibawah permukaan. Metode yang dapat digunakan adalah seismik refleksi. Salah satu teknik yang dapat

digunakan pada seismik refleksi adalah inversi data seismik. Beberapa metode dikembangkan untuk mendapatkan gambaran keadaan bawah permukaan yang lebih akurat.

Metode inversi seismik merupakan salah satu metode untuk menggambarkan dan mengestimasi parameter fisis bawah permukaan berupa nilai impedansi akustik dengan menggunakan data seismik sebagai *input* datanya dan data sumur sebagai kontrolnya. Inversi impedansi akustik adalah salah satu metode inversi seismik setelah *Stack (post-stack Inversion)*. IA adalah parameter batuan yang besarnya dipengaruhi oleh jenis litologi, porositas, kandungan fluida, kedalaman, tekanan dan temperatur.

Oleh karena itu IA dapat digunakan sebagai indikator litologi, porositas, hidrokarbon, pemetaan litologi, *mapping* dan kuantifikasi karakter reservoir. Secara natural IA akan memberikan menggambarkan geologi bawah permukaan yang lebih detail daripada seismik konvensional, karena umumnya amplitudo pada konvensional seismik akan memberikan gambaran batas lapisan, sementara IA dapat menggambarkan lapisan itu sendiri. Karena keunggulan sifat impedansi akustik ini lebih baik dalam menggambarkan sifat fisis bawah permukaan dibandingkan data seismik konvensional, maka dilakukan usaha untuk mendapatkan nilai impedansi akustik dari data seismik, yang dikenal sebagai inversi post-stack data seismik.

Sehingga dengan melakukan inversi dan analisis perbandingan pada pemodelan impedansi akustik dengan beberapa metode inversi yaitu *Model Based, Band Limited*, dan *Sparse Spike* pada Cekungan Nias ini dapat memberikan informasi seputar reservoir pada formasi tersebut berupa penyebarannya baik secara vertikal maupun lateral. Melalui analisis perbandingan, maka didapatkan metode inversi yang terbaik untuk menentukan karakter reservoir bawah permukaan.

Tujuan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menentukan karakter reservoir berdasarkan nilai impedansi akustik.

2. Melakukan analisis perbandingan metode inversi yaitu *Model Based, Band Limited*, dan *Sparse Spike*.
3. Menentukan lapisan prospek hidrokarbon.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Penelitian ini berada pada Lapangan NBL terletak di Cekungan Nias dengan letak koordinat cekungan 97,5° – 98,5° BB dan 0° – 2° LU memanjang dengan arah barat laut – tenggara. Pada lapangan NBL merupakan Cekungan Busur Belakang (*Back Arc Basin*) yang terbentuk akibat interaksi antara Lempeng Hindia-Australia dengan Lempeng Mikro Sunda, sehingga mengakibatkan proses tektonik pada daerah penelitian.

Proses tektonik dipengaruhi oleh ketiga fase tektonik cekungan, yaitu:

a. *Syn-Rift Megasequence*

Pada fase ini terjadi gerakan ekstensional dari masa Eosen sampai dengan Oligosen Awal yang menyebabkan terbentuknya *Rift Basin* sepanjang batas selatan dari *Sunda Shelf*.

b. *Post-Rift Megasequence*

Fase ini terjadi pada masa Oligosen sampai dengan Miosen. Pada fase relatif stabil bahkan diam.

c. *Inversi Megasequence*

Fase ini terjadi pada masa Pliosen sampai dengan Pleistosen, dimana pada fase ini cekungan aktif kembali sehingga menyebabkan terbentuknya antiklin-antiklin sebagai perangkap hidrokarbon.

III. TEORI DASAR

A. Impedansi Akustik

Impedansi akustik didefinisikan sebagai kemampuan batuan untuk melewatkan gelombang seismik yang melaluinya. Secara fisis, Impedansi Akustik merupakan produk perkalian antara kecepatan gelombang kompresi dengan densitas batuan. Semakin keras suatu batuan maka impedansi akustiknya semakin besar pula, sebagai contoh: batu pasir yang sangat kompak memiliki Impedansi Akustik yang lebih tinggi dibandingkan dengan batu lempung. Secara matematis impedansi akustik batuan adalah hasil perkalian antara kecepatan

dengan nilai densitas suatu batuan, sehingga dapat dituliskan :

$$IA = \rho vp$$

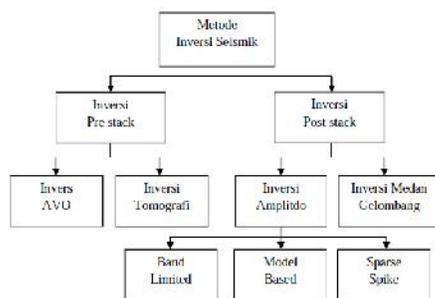
dengan IA adalah harga impedansi akustik, dan vp adalah densitas (gr.cc) dan kecepatan gelombang P (ft . s-1).

B. Metode Seismik Inversi

Seismik inversi adalah suatu metode untuk mendapatkan gambaran model geologi bawah permukaan dengan menggunakan data seismik sebagai data *input* utama dan data sumur sebagai data kontrol (Sukmono, 2002). Hasil yang didapat menggunakan metoda inversi adalah informasi yang terkandung di dalam lapisan batuan berupa impedansi (akustik atau elastik). Dari informasi impedansi ini dapat dikorelasikan secara kuantitatif dengan parameter fisis lain pada reservoir yang terukur pada sumur seperti porositas, saturasi air, dsb.

C. Macam Metode Inversi Seismik

Menurut Sukmono (2000), ada tiga macam metoda inversi yang umum dipakai dalam melakukan inversi data seismik saat ini dan proses nya adalah sebagai berikut :



1. Inversi Rekursif / *Band Limited*

Inversi rekursif merupakan bentuk inversi paling sederhana. Metoda ini mengabaikan efek dari *wavelet* seismik dan memperlakukan tras seismik sebagai refleksi set koefisien yang telah difilter oleh *zero phase wavelet*. Metode ini merupakan metode paling sederhana dari semua mavcam metode seismic inversi.

2. Inversi *Sparse Spike*

Inversi *sparse-spike* mengasumsikan bahwa reflektivitas sebenarnya merupakan

sebuah deretan reflektivitas kecil yang tersimpan di dalam deretan reflektivitas yang lebih besar. Secara geologi reflektivitas besar ini berhubungan dengan ketidak selarasan atau batas litologi utama.

Dari sudut pandang inversi seismik, metoda *sparse-spike* mempunyai keunggulan dibandingkan dengan metoda dekonvolusi klasik lainnya, karena metoda ini, dengan menggunakan kontrol ekstra, dapat digunakan sebagai full bandwidth pada saat mengestimasi reflektivitas (Russell, 1998).

3. Inversi Berbasil Model / *Model Based*

Di antara ketiga jenis metode inversi amplitudo, metode inversi model based dengan menggunakan teknik inversi *Generalized Linear Inversion (GLI)* memiliki hasil dengan ralat yang terkecil. Menurut Russell (1991), proses inversi linear umum (*GLI*) merupakan proses untuk menghasilkan model impedansi akustik yang paling cocok dengan data hasil pengukuran berdasarkan harga rata-rata kesalahan terkecil (*least square*).

Metode inversi *model based* mempunyai keunggulan karena hasil yang didapatkan memiliki kontrol yang baik karena menghindari inversi langsung dari data seismik. Hasil inversi digambarkan dalam bentuk *blocky* yang memiliki nilai impedansi akustik yang kontras, sehingga mempermudah dalam penentuan batas suatu lapisan reservoir. Kelemahan inversi model based terletak pada ketidakunikan inversi. Dengan kata lain, ada banyak kemungkinan solusi model untuk dapat menghasilkan suatu keluaran hasil yang sama.

IV. METODOLOGI PENELITIAN

A. Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Lemigas, Eksplorasi 3 Jakarta Selatan dengan waktu pelaksanaan periode Januari 2018 sampai dengan Febuari 2017. Lalu dilanjutkan di Jurusan Teknik Geofisika Universitas Lampung s/d Ujian Komprehensif.

B. Alat dan Bahan Penelitian

Alat dan bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Laptop
2. *Software Hampson-Russel Suite (HRS-8/R-1.2)*
3. *Software Interactive Petrophysics 3.5v*
4. *Software Petrel 2010*
5. Data Sumur (Log). LAS
6. Data 2D Seismik Post Stack Migration
7. Data Marker
8. Data Checkshot

C. Tahapan Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan beberapa tahapan diantaranya : Tahap Persiapan, Tahap Pengolahan Data dan Tahap Interpretasi Data.

Tahap Persiapan, pada tahap ini dilakukan studi Literatur, dengan mengumpulkan bahan-bahan referensi mengenai Seismik Atribut, Seismik Refleksi, Inversi Seismik dan sebagainya yang mendukung penelitian ini, serta mengumpulkan data sekunder yang akan digunakan pada proses pengolahan data.

Tahap Pengolahan Data terbagi menjadi dua bagian yaitu Seismik Inversi dan Perhitungan PHIE dan SW.

Seismik Inversi

Proses seismik inversi dilakukan pada software Hampson Russel C.E 8. Hal yang pertama kali dilakukan ialah menginput data sumur dan data seismik. Pada data sumur kemudian dilakukan koreksi *checkshot* untuk mengkonversi domain data sumur dari kedalaman menjadi domain waktu.

Selanjutnya melakukan analisis crossplot antara log Neutron-Porosity (NPHI) dan Log Impedansi Akustik (AI) untuk melihat hubungan antara nilai AI dan porositas. Proses berikutnya melakukan ekstraksi wavelet secara statistik dari seismik yang kemudian wavelet tersebut digunakan dalam proses pembuatan sintetik seismogram yang selanjutnya digunakan pada proses *Well Seismic Tie*.

Data sumur dan data seismik yang telah melalui proses *well seismic tie* dan telah terikat dengan baik dengan korelasi yang tinggi, selanjutnya membuat model awal impedansi akustik dengan kontrol AI dari data sumur yang di ekstrapolasi pada data seismik dengan Kontrol horizon. Setelah model awal terbentuk, langkah selanjutnya ialah melakukan analisis pre-inversi pada model awal menggunakan 3 metode untuk selanjutnya di bandingkan yaitu *model based*, *Band Limited*, dan *Sparse Spike* dengan mengatur beberapa parameter untuk menghasilkan korelasi yang baik antara sintetik seismogram dengan seismik asli dan korelasi antara log AI dari sumur dengan log AI hasil inversi. Setelah melakukan analisis pre-inversi, selanjutnya melakukan inversi dengan menggunakan 3 metode *model based*, *Band Limited*, dan *Sparse Spike* untuk menghasilkan penampang impedansi akustik.

Perhitungan PHIE dan SW

Melakukan penginputan data pada data log Gamma Ray, log Resistivitas dan log Porositas yang terbagi atas *neutron log porosity (NPHI)* dan *density porosity (RHOB)*. Kemudian dilakukan zonasi yang bertujuan untuk menentukan lapisan-lapisan yang terdapat pada bawah permukaan. Setelah dilakukan zonasi dilakukan perhitungan pada porositas (*PHIE*), kandungan lempung (*Vclgr*) dan saturasi air (*Sw*) dengan menggunakan persamaan *Indonsian* dan perhitungan porositas (*PHIE*). Setelah itu dilakukan *Cut-off* yang bertujuan untuk mengetahui lapisan-lapisan prospek.

V. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Analisis Crossplot

Analisis sensitivitas digunakan untuk memperoleh distribusi litologi dan karakteristik dari reservoir atau zona interest. Berdasarkan hasil *crossplot* yang telah dilakukan, pemisahan karbonat *porous* dan karbonat *tight* dianggap sensitif karena mampu memisahkan batas antara karbonat *porous* dan karbonat *tight* yang dilakukan pada zona target dalam domain *time*.

Dari hasil *cross plot* pada **Gambar 1** antara log impedansi akustik, porositas efektif, dan gamma ray, dapat dilihat bahwa

nilai impedansi akustik yang rendah berasosiasi dengan nilai porositas tinggi. Pada sumur MD_1, hasil analisis *cross plot* dibagi menjadi dua zona lapisan, yaitu Karbonat *Porous* (biru muda) dan Karbonat *Tight* (biru tua). Zona lapisan karbonat porous (biru muda) ditandai dengan nilai impedansi rendah, *gamma ray* tinggi, dan porositas tinggi. Serta zona lapisan karbonat tight (biru tua) memiliki nilai impedansi tinggi, *gamma ray* rendah, dan porositas yang rendah. Hasil analisis ini dapat mempermudah dalam mengetahui karakter dan model reservoir daerah penelitian. Pada hasil *cross plot* bahwa nilai pada litologi Karbonat *Porous* memiliki impedansi akustik rendah yang berkisar 12.500 – 22.500 ft/s.g/cc dan memiliki porositas yang tinggi yaitu 43-60%. Pada litologi Karbonat *Tight* nilai impedansi akustik berkisar 27.500 – 37.500 ft/s.g/cc dan memiliki nilai porositas yang rendah pada nilai 40 – 15 %.

B. Hasil Inversi

Inversi impedansi akustik dilakukan dengan tiga metode setelah didapatkan model inisial. Hasil pada tahap ini adalah penampang impedansi akustik. Inversi dilakukan pada batas zona horizon Early Pliocene sampai dengan Middle Miocene. Inversi seismik ini merupakan suatu proses permodelan kebelakang atau *backward modelling* yakni dengan cara membuat seismogram sintetik dengan cara mengekstrak *wavelet* dari sumur kemudian dikonvolusikan dengan koefisien refleksi dari data seismik. Setelah didapatkan seismogram sintetik proses selanjutnya adalah pembuatan *earth model*, yang merupakan parameter fisis impedansi akustik suatu batuan.

Dengan kata lain membuat penyebaran nilai *P-impedance* pada seismik. Nilai *P-impedance* ini berasal dari kurva *P-wave* (kecepatan batuan) yang dikalikan dengan nilai densitas yang berasal dari sumur, kemudian diterapkan ke seluruh seismik. Dalam pembuatan model bumi parameter penting yang perlu diperhatikan adalah kontrol sumur yang digunakan, hasil korelasi *well seismic tie* yang maksimal dan kontrol horizon sebagai batas lapisan. Jika komponen tersebut dilakukan dengan

optimal maka hasil akhir *earth model* akan baik. **Gambar 2** menunjukkan hasil inversi dengan menggunakan metode *Model Based*, pada **Gambar 3** menunjukkan hasil inversi dengan menggunakan metode *Band Limited* dan pada **Gambar 4** menunjukkan hasil inversi dengan menggunakan metode *Sparse Spike*.

Berdasarkan **Gambar 2**, **Gambar 3**, dan **Gambar 4** hasil inversi menghasilkan penampang model impedansi akustik dan mampu membedakan nilai impedansi akustik tiap lapisan target berdasarkan warna dan skala nilai impedansi akustik. Zona dengan impedansi terendah ditunjukkan oleh warna hijau dan zona dengan impedansi tertinggi ditunjukkan oleh warna ungu.

Secara umum, hasil inversi Impedansi Akustik pada ketiga metode yakni *Model Based*, *Band Limited*, dan *Sparse Spike* menunjukkan nilai impedansi akustik lebih besar dari medium pada lapisan target, yakni pada *Early Pliocene* sampai dengan *Middle Miocene*. Dimana pada reservoir karbonat yang menjadi target, impedansi akustik berada pada Karbonat *Porous* memiliki Impedansi Akustik rendah yang berkisar 12.500 – 22.500 ft/s.g/cc dan pada litologi Karbonat *Tight* nilai Impedansi Akustik berkisar 27.500 – 37.500 ft/s.g/cc .

C. Perbandingan Hasil Inversi

Impedansi akustik yang dihasilkan dari metode inversi *Model Based*, *Band Limited* dan *Sparse Spike* akan dijelaskan satu demi satu agar mendapatkan metode terbaik. Metode yang memiliki kecocokan paling tinggi dalam penelitian ini akan digunakan interpretasi selanjutnya. Berikut perbandingan kualitatif antara metode inversi *Model Based*, *Band Limited* dan *Sparse Spike*:

Gambar 5 menunjukkan perbandingan hasil dari ketiga metode inversi impedansi akustik. Gambar tersebut menampilkan impedansi akustik sumur yang didapat dari perhitungan data log dan impedansi akustik dari penampang seismic yang didapat dari hasil inversi. Warna ungu menunjukkan nilai impedansi tinggi dan warna hijau menunjukkan impedansi akustik yang rendah.

Pada reservoir karbonat yang menjadi target lapisan, nilai impedansi yang berasal dari data log berdasarkan analisis sensitivitas berada pada rentang nilai yaitu Karbonat *Porous* memiliki Impedansi Akustik rendah yang berkisar 12.500 – 22.500 ft/s.g/cc dan pada litologi kedua yaitu Karbonat *Tight* nilai Impedansi Akustik berkisar 27.500 – 37.500 ft/s.g/cc .

Pada inversi *Model Based*, nilai impedansi yang dihasilkan pada penampang seismik hasil inversi berkisar antara 13.000 ft/s*g/cc (Hijau) – 22.000 ft/s*g/cc (Kuning) pada lapisan pertama *Early Pliocene-Late Miocene*. Pada lapisan kedua, yaitu *Late Miocene – Middle Miocene* hasil inversi berkisar pada 23.000 ft/s*g/cc (Orange) – 37.000 ft/s*g/cc (Ungu). Selain itu, hasil inversi juga bisa mendeteksi lapisan tipis impedansi pada data sumur. Hasil inversi juga konsisten terhadap perubahan impedansi pada lapisan di bawahnya. Analisis ini difokuskan pada kedua lapisan *Early Pliocene – Late Miocene* dan lapisan *Late Miocene – Middle Miocene*, yang merupakan lapisan target . Perbandingan secara kuantitatif terhadap seluruh hasil inversi dapat dilihat pada **Gambar 5**

Hasil dari inversi *Model Based* ini tidak jauh dari model bumi yang telah dibuat. Karena acuan dasar dari teknik inversi *model based* adalah berdasarkan model bumi. Pada penampang inversi impedansi akustik *model based* kita dapat melihat persebaran nilai impedansi akustik secara jelas yang dapat diartikan nya perbedaan litologi, sehingga dapat mempermudah dalam interpretasi litologi lapisan reservoir. Pada inversi *Band Limited*, penampang seismik hasil inversi menunjukkan nilai impedansi yang memiliki kecocokan dengan impedansi sumur pada lapisan karbonat *porous* maupun karbonat *tight*. Pada nilai impedansi yang dihasilkan pada penampang seismik hasil inversi berkisar antara 13.000 ft/s*g/cc (Hijau) – 20.000 ft/s*g/cc (Kuning) pada lapisan pertama *Early Pliocene-Late Miocene*. Pada lapisan kedua yaitu *Late Miocene – Middle Miocene* hasil inversi berkisar pada 23.000 ft/s*g/cc (Orange) – 35.000 ft/s*g/cc

(Ungu). Namun, hasil inversi kurang begitu konsisten pada pola lapisan kedua di bawahnya. Hal ini memperlihatkan dengan jelas bahwa nilai impedansi hasil inversi *band limited* kurang begitu cocok dengan impedansi sumur. Jadi bisa disimpulkan bahwa secara kualitatif, inversi *band limited* memberikan hasil inversi yang kurang begitu baik..

Pada inversi *Sparse Spike*, penampang seismik hasil inversi menunjukkan nilai impedansi yang memiliki kecocokan dengan impedansi sumur pada lapisan karbonat *porous* maupun karbonat *tight*. Pada nilai impedansi yang dihasilkan pada penampang seismik hasil inversi tidak jauh berbeda dari kedua inversi yang dihasilkan yaitu berkisar antara 13.000 ft/s*g/cc (Hijau) – 20.000 ft/s*g/cc (Kuning) pada lapisan pertama *Early Pliocene-Late Miocene*. Pada lapisan kedua tidak mengalami perubahan nilai yang begitu besar, yaitu *Late Miocene – Middle Miocene* hasil inversi berkisar pada 23.000 ft/s*g/cc (Orange) – 36.000 ft/s*g/cc (Ungu). Namun, hasil inversi kurang begitu konsisten pada pola lapisan kedua dan juga terdapat sisipan nilai impedansi yang bisa dikatakan anomali berbeda dengan model inisial yang dihasilkan. Hal ini juga memperlihatkan dengan bahwa nilai impedansi hasil inversi *sparse spike* kurang begitu cocok dengan impedansi sumur. Jadi bisa disimpulkan bahwa secara kualitatif, bahwa metode inversi ketiga yang dilakukan, yaitu metode inversi *sparse spike* menghasilkan inversi yang kurang begitu baik.

Perbandingan secara kualitatif ini dapat didukung dengan menggunakan Pre-Analysis Inversi pada **Gambar 6** dimana merupakan proses yang dilakukan untuk mengetahui nilai *error* yang dihasilkan dari Sumur MD_1 yang telah terdapat log AI dengan hasil metode inversi *Model based*, *Band Limited*, dan *Sparse Spike*.

Gambar 6 menunjukkan hasil analisis inversi dengan metode *model based*, *band limited*, dan *sparse spike*. Analisis ini dilakukan beberapa kali hingga didapatkan parameter yang dirasa cukup baik untuk diterapkan pada inversi.

Analisis dapat dikatakan baik jika nilai korelasinya tinggi dan tingkat errornya rendah. Hal ini bisa dilihat dari kurva hasil tes yang hampir mirip dengan kurva initial model. Kurva yang ada pada gambar menunjukkan nilai impedansi hasil inversi (merah), impedansi pada model inisial (hitam) dan impedansi pada data log (biru). Semakin berimpit kurva tersebut, maka nilai impedansi hasil inversi memiliki nilai yang sama dengan impedansi pada sumur maupun dengan model inisial.

Berdasarkan hasil analisis inversi diatas, nilai *error* pada metode *model based* pada sumur MD_1 menunjukkan nilai yang lebih kecil dibandingkan dengan metode *Band Limited*. Selain itu, nilai korelasi antar sumur dan seismik pada metode *Model Based* lebih besar dibandingkan dengan metode *Band Limited*. Pada metode *Model Based*, untuk sumur MD 1 nilai total *error* nya 1979.93 pada metode *Band Limited* nilai *error* nya 2690.75 sedangkan pada metode ketiga, yaitu *sparse spike* nilai *error* yang didapatkan adalah 2491.91.

Hasil perbandingan secara kuantitatif menunjukkan bahwa seluruh hasil inversi memiliki korelasi total yang sangat baik **Gambar 6**. Hasil inversi masing-masing memiliki korelasi yang mendekati satu. Pada metode *Model Based*, nilai korelasinya 0.991067, sedangkan hasil inversi *band limited*, korelasi total yang didapat adalah 0.969198 dan pada hasil inversi *Sparse Spike* korelasi total sebesar 0.992806. Maka berdasarkan perbandingan kuantitatif, metode *Sparse Spike* lebih baik dibandingkan dengan metode *Model Based* dan *Band Limited*. Tetapi hasil korelasi dari *Sparse Spike* tidak didukung dari hasil *error* yang menyebabkan metode *Model Based* adalah metode yang mendukung karena nilai *error* dan korelasi mendukung untuk menghasilkan inversi yang baik.

Dari perbandingan ketiga hasil inversi baik secara kualitatif maupun kuantitatif, dapat disimpulkan bahwa inversi *Model Based* memberikan hasil yang lebih baik dibandingkan metode *Band Limited* dan *Sparse Spike* pada lapisan target, yaitu *Early Pliocene – Middle Miocene* pada

penelitian ini. Hasil inversi *model based* akan digunakan untuk memprediksi distribusi porositas pada lapisan target.

D. Hasil Analisis Properti Petrofisika

Hasil perhitungan properti petrofisika yang kedua yaitu perhitungan saturasi air yaitu Saturasi atau kejenuhan air adalah rasio dari volume pori yang terisi oleh air dengan volume porositas total (Harsono, 1997). Tujuan menentukan saturasi air adalah untuk meentukan zona yang mengandung hidrokarbon, jika air merupakan satu-satunya fluida yang terkandung dalam pori-pori batuan mengandung fluida hidrokarbon maka nilai $S_w < 1$. Dan pada hasil analisis perhitungan property petrofisika untuk nilai saturasi air terdapat anomaly nilai yang berada pada lapisan *Late Miocene – Middle Miocene* pada kedalaman lapisan pertama 4743 – 5023 ft dan lapisan kedua 5448 – 5909 masing-masing memiliki nilai $SW = >65\%$ dengan nilai tersebut dapat diasumsikan bahwa lapisan tersebut merupakan lapisan potensi hidrokarbon.

Oleh karena itu dari hasil analisis perhitungan properti petrofisika pada **Gambar 7** yaitu perhitungan Porositas Efektif dan Saturasi Air nilai yang dihasilkan lapisan yang memiliki potensi hidrokarbon yaitu pada *Late Miocene – Middle Miocene* dan selanjutnya dapat digunakan untuk interpretasi lanjutan yang di kombinasikan dengan hasil inversi seismik yang terbaik.

E. Interpretasi Hasil Inversi

Berdasarkan hasil perbandingan kualitatif dan kuantitatif metode *Model based*, *Band limited*, dan *Sparse Spike* dapat disimpulkan metode *Model based* adalah metode yang paling baik diantara ketiga metode yang digunakan dalam menentukan batas lithologi disepanjang zona target di bandingkan dengan metode *Band limited* dan *Sparse Spike*. Oleh karena itu, untuk interpretasi selanjutnya digunakan metode *Model Based*. Berikut perbandingan hasil inversi *Model Based* pada zona target dengan log Gamma Ray dan log IA, untuk melihat kecocokan antara

nilai Impedansi Akustik hasil inversi dan log sumur.

Zona target pada inversi ini adalah pada litologi umur *Late Miocene* sampai dengan *Middle Miocene* dimana patokan lapisannya adalah berdasarkan data geologi, data sumur, yaitu korelasi data log dimana pada sumur MD 1 terdapat gas pada lapisan *Late Miocene* sampai *Middle Miocene*. **Gambar 8** menunjukkan bahwa hasil inversi zona target menggunkan log Gamma Ray dan log IA pada sumur. Pada hasil inversi memiliki kecocokan dengan log sumur dan analisis perhitungan petrofisika.

Seperti yang telah dilakukan pada analisis sensitivitas sebelumnya, karbonat ditunjukkan dengan nilai impedansi medium hingga tinggi, dan *gamma ray* yang rendah. Pada hasil inversi sumur MD 1, pada lapisan pertama yaitu pada litologi umur *Early Pliocene* – *Late Miocene* tidak memiliki kecocokan dengan log sumur, nilai log *Gamma Ray* pada lapisan tersebut tinggi yang tidak menunjukkan bahwa lapisan tersebut merupakan lapisan yang prospek hidrokarbon, walaupun menghasilkan inversi yang rendah. Tetapi korelasi antara impedansi, log sumur, dan hasil perhitungan PHIE dan Saturasi Air menghasilkan lapisan tersebut bukan merupakan lapisan prospek.

Berbeda dengan lapisan kedua yaitu *Late Miocene* – *Middle Miocene* memiliki kecocokan dengan log sumur, dimana pada lapisan tersebut nilai *Gamma Ray* rendah yang menunjukkan lapisan reservoir karbonat, begitu juga dengan nilai Impedansi Akustik yang berada antara medium sampai tinggi yang ditunjukkan dengan warna kuning, ini dapat membuktikan bahwa dilapisan ini merupakan lapisan gas yang memiliki nilai Impedansi Akustik yang cocok dengan reservoir karbonat yaitu memiliki nilai Impedansi Akustik di antara medium sampai tinggi dan memiliki nilai PHIE = 8-12% dan Saturasi Air senilai >50% yang dapat diasumsikan bahwa dalam lapisan tersebut terdapat potensi Hidrokarbon.

VI. KESIMPULAN DAN SARAN

A. KESIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Inversi impedansi akustik sangat berguna dalam mengamati sebaran reservoir karbonat, karena hasil yang di tampilkan berupa isi litologi bawah permukaan.
2. Besar nilai impedansi akustik yang dihasilkan pada stratigrafi umur *Early Pliocene* sampai dengan *Middle Miocene* untuk litologi Karbonat *Porous* yaitu 12.500 – 22.500 ft/s.g/cc dan untuk litologi Karbonat *Tight* 27.500 – 37.500 ft/s.g/cc
3. Berdasarkan ketiga metode inversi yang dilakukan yaitu *Model Based*, *Band Limited*, dan *Sparse Spike* proses inversi yang menghasilkan penampang terbaik untuk melihat lapisan litologi reservoir karbonat adalah inversi dengan metode *Model Based*.
4. Lapisan prospek berada pada zona Stratigrafi umur *Late Miocene* sampai dengan *Middle Miocene* yang berisi litologi karbonat *tight* yang memiliki potensi hidrokarbon dengan nilai impedansi yang tinggi, *Gamma Ray* yang rendah., serta nilai Porositas Efektif dan Saturasi Air yang mendukung yaitu PHIE = 8% - 12% dan saturasi air >65%.

B. SARAN

Sebaiknya dilakukan studi lebih lanjut mengenai zona target dengan menganalisa data sumur. Penelitian multi atribut seismik dan pemilihan zona target baru sangat dianjurkan dalam penelitian selanjutnya untuk sumber informasi sekaligus data pembanding untuk penelitian-penelitian terdahulu.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Bapak Egi Wijaksono sebagai pembimbing penelitian di perusahaan, serta Bapak Bagus Sapto Mulyatno

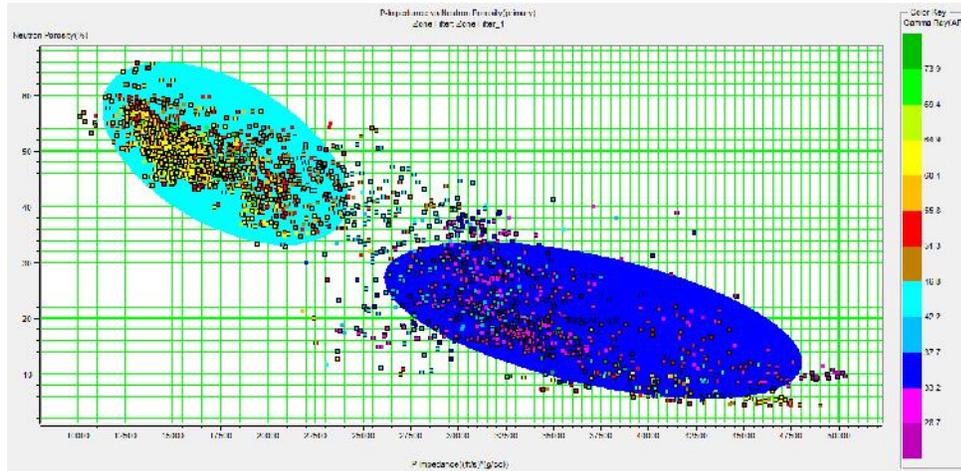
S.Si., M.Si. dan Bapak Dr. Ordas Dewanto, S.Si., M.Si. yang telah membimbing dan memberikan dukungan terhadap penyelesaian penelitian ini.

Hampson-Russel Software Services Ltd,
Canada

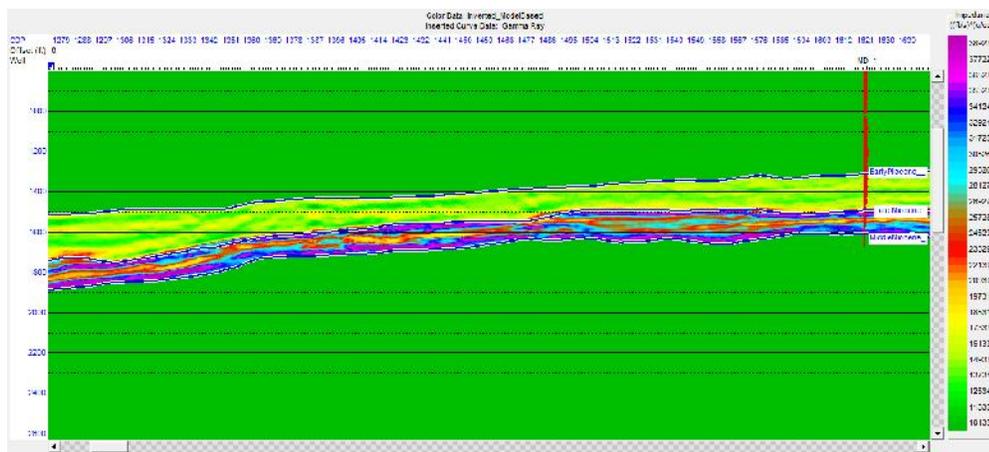
DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, A. Ensiklopedia Seismik Online. 2007, Juli, 1. Availbale from: <http://ensiklopediseismik.blogspot.com/2007/07/.html>.
- Bacon, M.,Simm, R., Redshaw,T. (2003).3 *D Seismic Interpretation*. United Kingdom: Cambridge University Press.
- Brown, R.A, 2000, *Interpretation of Three Dimensional Seismic Data Fifth Edition*, AAPG Memoir 42
- Faisal, 2009, *Prediksi Sebaran Porositas Pada Lapisan Karbonat Dengan Menggunakan Metode Inversi Berbasis Model Pada Data Seismik 3D*, Skripsi, Universitas Hasanuddin.
- Hamilton, W., 1979, *Tectonics of the Indonesian region*_United States Geological Survey Professional Paper No. 1078, United Stated Geological Survey, Denver.
- Hampson, D. dan Russell, B., 2001, *STRATA: Seismic Inversion Workshop*, Hampson-Russel Software Services Ltd, Canada
- Koesoemadinata, R.P., 1978, *Geologi Minyak dan Gas Bumi Edisi kedua Jilid 1 dan 2*. ITB : Bandung.
- Satyana, A.H., 2003, *Re-Evaluation of The Sedimentology and Evolution of The Kais Carbonate Platform, Salawati Basin, Eastern Indonesia: Exploration Significance*, Proceeding IPA 27th Annual Convention (DVD Version).
- Situmeang, M., 2012, *Karakteristik Reservoir Karbonat Menggunakan Inversi Sparse Spike Di Lapangan "Panda" Formasi Kais Cekungan Salawati, Papua*, Skripsi, Universitas Pembangunan Nasional.
- Sukmono, S., dan Abdullah, A., 2002, *Karakterisasi Reservoir Seismik*, Departemen Teknik Geofisika, Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- Sukmono, S., 2007, *Fundamentals of Seismic Interpretation*, Geophysical Engineering, Bandung Institute of Technology, Bandung.
- Sukmono, S., 2010, *Advance seismic methods for field exploration & developments*, Institute of technology bandung, Indonesia.

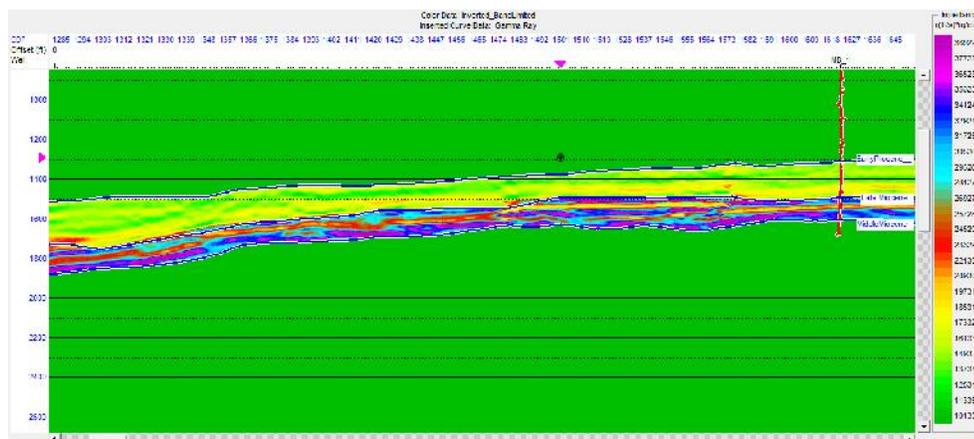
LAMPIRAN



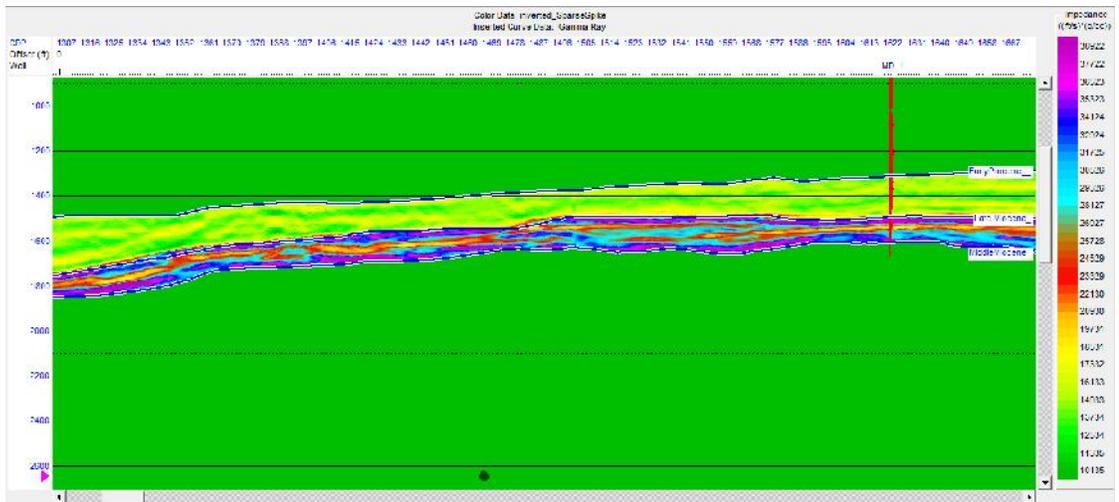
Gambar 1. Cross Plot antara impedansi akustik, porositas, dan gamma ray pada sumur MD-1



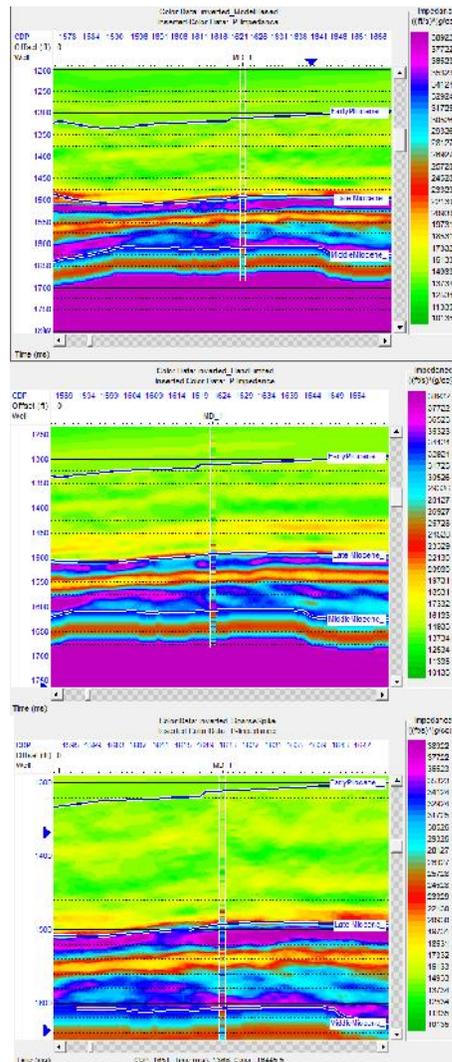
Gambar 2. Hasil inversi dengan menggunakan metode *Model Based* pada Line Migrated B1



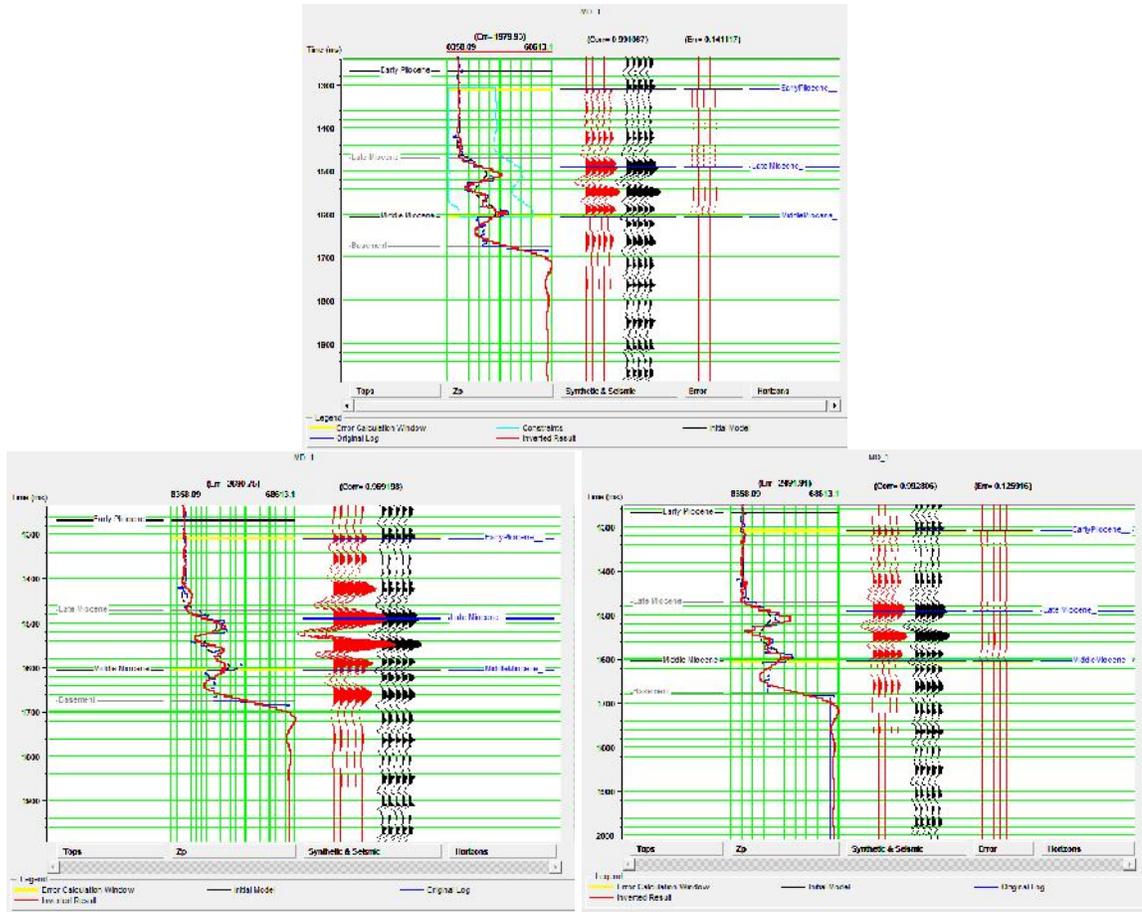
Gambar 3. Hasil inversi dengan menggunakan metode *Band Limited* pada Line Migrated B1



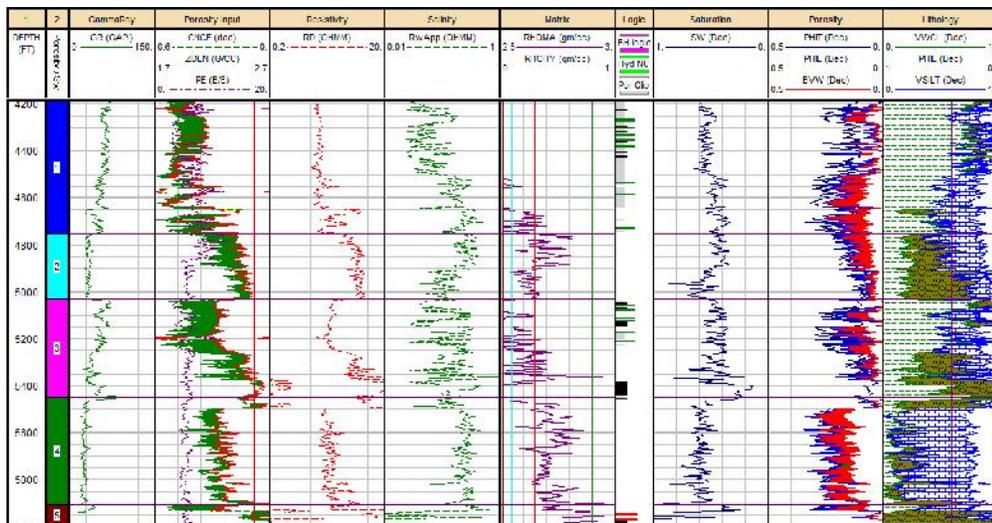
Gambar 4. Hasil inversi dengan menggunakan metode *Sparse Spike* pada Line Migrated B1



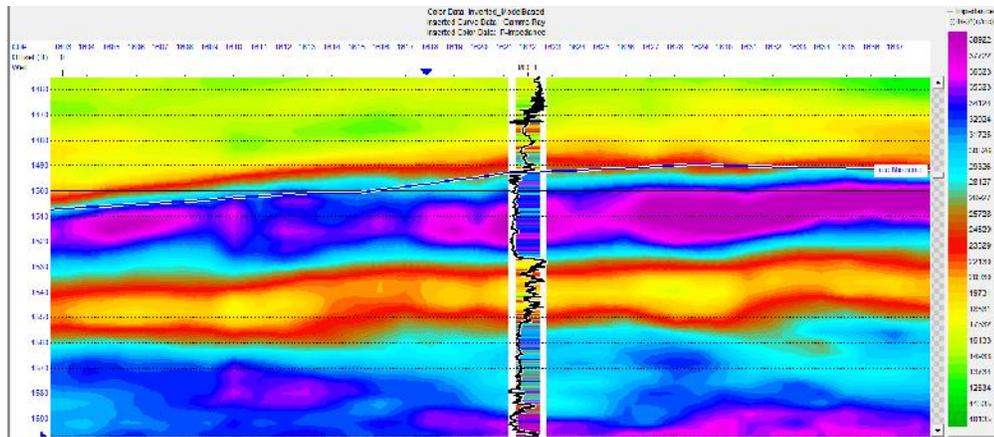
Gambar 5. Perbandingan kualitatif hasil inversi (a) *Model Based* (b) *Band Limited*, dan (c) *Sparse Spike*



Gambar 6. Perbandingan secara kuantitatif hasil inversi (a) Model based , (b) Band limited , dan (c) Sparse Spike



Gambar 7. Hasil Tampilan Log dalam perhitungan PHIE dan SW pada Lapisan Target



Gambar 8. Hasil Inversi zona target dengan log *Gamma Ray* dan *P-impedance* pada Sumur MD 1