

# Analisis Sifat Fisis Reservoir Menggunakan Metode Seismik Inversi *Acoustic Impedance* (AI) dan Multiatribut (Studi Kasus Lapangan F3)

Deby Nur Sanjaya, Dwa Desa Warnana, dan Bagus Jaya Sentosa  
Jurusan Fisika, Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)  
Jl. Arief rahman hakim, surabaya 60111  
E-mail: bjs@physics.its.ac.id

**Abstrak**— Lapangan F3 adalah sebuah blok di sektor Laut Utara Belanda. Pada lapangan ini telah dilakukan akuisisi 3D (3 dimensi) seismik untuk eksplorasi minyak dan gas yang terbentuk antara zaman Jurassic sampai Cretaceous. Keberadaan hidrokarbon pada lapangan ini ditunjukkan dengan adanya fenomena bright spots dan gas chimneys pada bawah permukaan. Pada penelitian ini digunakan dua metode dalam penentuan persebaran zona reservoir yaitu seismik inversi *Acoustic Impedance* (AI) dan atribut seismik. Telah dilakukan kedua metode untuk mendapatkan beberapa parameter sifat fisik batuan yang dapat membantu dalam memetakan distribusi reservoir pada lapangan "F3". Dari hasil integrasi keduanya, menunjukkan bahwa reservoir batu pasir pada lapangan ini mengandung hidrokarbon yang diidentifikasi oleh prosentase dari porositas yaitu 36-40 % dan AI 11.852-13.620 (ft/s)\*(g/cc). Zona dengan porositas pada peta struktur telah diperoleh dengan slicing peta AI dan peta atribut porositas. Berdasarkan zona porositas reservoir didapat tiga zone prospek yang tersebar di bagian Utara yaitu zona 1 yang sudah memang dilakukan pengeboran well log sumur F03-02, bagian sebelah Timur di dekat sumur F03-04 yaitu zona 2 dan Selatan di zona 3 merupakan daerah yang belum dilakukan eksplorasi terbukti belum adanya sumur pada daerah ini. Hasil yang didapat dari studi ini menunjukkan bahwa daerah zona (3) merupakan daerah yang paling potensial untuk eksplorasi, dikarenakan pada zona 3 yang merupakan zona prospek yang belum tereksplorasi.

**Kata Kunci**—atribut seismik, porositas, bright spots, gas chimneys, dan AI.

## I. PENDAHULUAN

UNTUK memenuhi kebutuhan sumber energi manusia dengan berbagai kemampuannya berusaha untuk mengembangkan teknologi agar dapat mencari, mengidentifikasi dan mendeskripsikan keberadaan sumberdaya energi tersebut. Hingga saat ini belum ada metode yang mampu untuk mendeskripsikan dengan tepat keberadaan suatu sumberdaya energi khususnya hidrokarbon di bawah permukaan bumi dari hasil pengukuran permukaan bumi. Atau dengan kata lain, belum ada metode yang dapat diandalkan untuk dapat meramalkan keadaan bawah permukaan dengan tepat dari hasil pengukuran di permukaan bumi. Namun

demikian berbagai usaha dilakukan dengan pengukuran yang dilanjutkan dengan pendekatan pengolahan secara terinci dengan menggunakan berbagai hukum fisika, matematika dan geologi. Peramalan keadaan geologi bawah permukaan dapat dilakukan untuk mendapatkan ketepatan yang baik. Metode yang digunakan untuk melakukan peramalan keadaan bawah permukaan dengan pengukuran parameter fisik di permukaan disebut metode geofisika [1].

Seismik inversi adalah suatu teknik pembuatan model geologi bawah permukaan dengan data seismik sebagai input dan data geologi sebagai kontrol [2]. Pada metode inversi, tampilan impedansi akustik (AI) menghasilkan peralihan yang lebih interpretatif dalam memetakan keadaan bawah permukaan karena metode inversi ini mentransformasi data seismik refleksi ke dalam sifat bantuan secara kuantitatif dan reservoir secara deskriptif [3]. Oleh karena itu impedansi akustik (AI) dapat digunakan sebagai indikator litologi, porositas jenis hidrokarbon dan karakteristik reservoir.

Dewasa ini telah dikembangkan metode baru untuk membantu dalam melakukan interpretasi data seismik, yakni metode atribut seismik. Banyak definisi yang diberikan mengenai seismik atribut. Barnes [5] mendefinisikan atribut seismik sebagai sifat kuantitatif dan deskriptif dari data seismik yang dapat didisplay pada skala yang sama dengan data orisinal.

Hal tersebut di atas yang menjadi latar belakang penulis untuk melaksanakan penelitian ini. AI akan memberikan deskripsi geologi bawah permukaan yang lebih detail daripada seismik konvensional, karena umumnya amplitudo pada seismik konvensional memberikan deskripsi batas antar lapisan dengan resolusi vertikal terbatas, sementara AI dapat mendeskripsikan karakter di dalam lapisan itu sendiri. Diharapkan dengan inversi AI dan integrasi seismik atribut pada lapangan F3 ini dapat mengidentifikasi potensial hidrokarbon serta deskripsi sifat fisik batuan yang optimal, juga membantu dalam pencarian daerah pengembangan selanjutnya.

**Batasan Masalah**

Dalam studi ini dibuat penyederhanaan terhadap permasalahan untuk lebih memfokuskan pembahasan. Pembatasan masalah tersebut meliputi:

1. Data seismik dan data sumur yang digunakan pada studi ini merupakan data lapangan F3 yang terletak di laut utara Belanda.
2. Data seismik yang digunakan berupa data seismik 3D *post-stack*.
3. Data sumur yang digunakan meliputi 4 sumur *checkshot* diperoleh dari semua sumur.
4. Studi difokuskan pada inversi AI dan seismik multi atribut yang digunakan untuk penentuan sifat fisis dan zona interes dari formasi.
5. metode inversi yang digunakan adalah inversi *Modelbased*.
6. *Software* yang digunakan adalah Hampson-Russel dan Petrel.

**Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Melakukan analisa posisi reservoir dan ketebalannya berdasarkan analisa *crossplot*.
2. Melakukan inversi AI dan analisa multiatribut untuk mendapatkan besar nilai AI dan porositas pada reservoir sasaran.
3. Memberikan saran alternatif penempatan sumur baru berdasarkan nilai AI, distribusi porositas dan peta struktur waktu.
4. Mengetahui kelebihan hasil dari inversi AI dan multiatribut dibandingkan dengan intepretasi langsung dengan seismik konvensional.

II. DASAR TEORI

**Seismik Refleksi**

Metode seismik refleksi adalah sebuah metode geofisika yang merekam penjalaran gelombang seismik yang dipantulkan dari batas antara kedua buah medium batuan. Besar gelombang refleksi seismik berhubungan langsung dengan perubahan impedansi akustik (AI) diantara dua medium batuan tersebut. Semakin besar kontras antara dua medium tersebut, gelombang refleksinya akan semakin kuat. Seismic refleksi menggunakan gelombang elastis yang dipancarkan oleh suatu sumber getar yang biasanya berupa ledakan dinamit (pada umumnya digunakan di darat, sedangkan di laut menggunakan sumber getar (pada media air menggunakan sumber getar berupa air gun, boomer atau sparker) Gelombang yang dihasilkan dari ledakan tersebut menembus sekelompok batuan di bawah permukaan yang nantinya akan dipantulkan kembali ke atas permukaan melalui bidang reflektor yang berupa batas lapisan batuan. Gelombang yang dipantulkan ke permukaan ini diterima dan direkam oleh alat perekam yang disebut geophone (di darat) atau hydrophone (di laut) [4].

**Acoustic Impedance (AI)**

Impedansi akustik adalah sifat batuan yang dipengaruhi oleh jenis litologi, porositas, kandungan fluida, kedalaman,

tekanan dan temperatur. Oleh karena itu AI dapat digunakan sebagai indicator litologi, porositas, hidrokarbon, dan pemetaan litologi, pemetaan satuan aliran sampai dengan alat kuantifikasi karakter reservoir. AI dirumuskan sebagai berikut:

$$AI = \rho \cdot V \tag{2.1}$$

dimana :  $\rho$  = densitas (kg/m<sup>3</sup>)  
 $V$  = kecepatan gelombang seismik (m/ms)

Pemantulan gelombang seismik terjadi disebabkan oleh perubahan AI lapisan. Perbandingan antara energi yang dipantulkan dengan energi datang pada keadaan normal adalah:

$$KR = (AI_2 - AI_1)/(AI_1 + AI_2) \tag{2.2}$$

dimana:

KR = koefisien Refleksi

AI<sub>1</sub> = Impedansi Akustik lapisan atas

AI<sub>2</sub> = Impedansi Akustik lapisan bawah

Jika mencari koefisien refleksi lapisan ke-I maka persamaan (2.3) menjadi:

$$KR = \frac{\rho_i + V_i + \tau \rho_1 V_1}{\rho_i + V_i + \tau \rho_1 V_1} = \frac{A I_i + \tau A I_i}{A I_i + \tau A I_i} \tag{2.3}$$

Bila kita mempunyai reflektivitas sebenarnya, IA dapat dihitung :

$$A I_{i+1} = A I_i (1 + KR)/(1 - KR) \tag{2.4}$$

Untuk lapisan ke-n:

$$A I_n = A I_1 \prod_{i=1}^{n-1} \left[ \frac{1+KR}{1-KR} \right] \tag{2.5}$$

Sebuah seri KR sering disebut sebagai seri reflektivitas R(t) atau secara singkat disebut reflektivitas. Harga kontras AI dapat diperkirakan secara kualitatif dari amplitudo refleksinya. Semakin besar amplitudonya, semakin besar refleksi dan kontras AI-nya. AI seismik memberikan resolusi lateral yang baik yaitu sekitar 12.5-25 m tapi resolusi vertikal yang buruk yaitu sekitar 5-10 m. Sedangkan AI sumur resolusi vertikalnya sangat baik (s/d 0.15 m) tapi resolusi lateral yang buruk. Sehingga dari integrasi kedua data tersebut dapat dihasilkan alat yang sangat efektif dan efisien untuk karakterisasi reservoir [2].

**Atribut Seismik**

Atribut seismik merupakan suatu transformasi matematis dari data tras seismik yang merepresentasikan besaran waktu, amplitudo, fase, frekuensi, dan atenuasi. Atribut seismik juga dinyatakan sebagai sifat kuantitatif dan deskriptif dari data seismik yang dapat ditampilkan dalam skala yang sama dengan data aslinya [5].

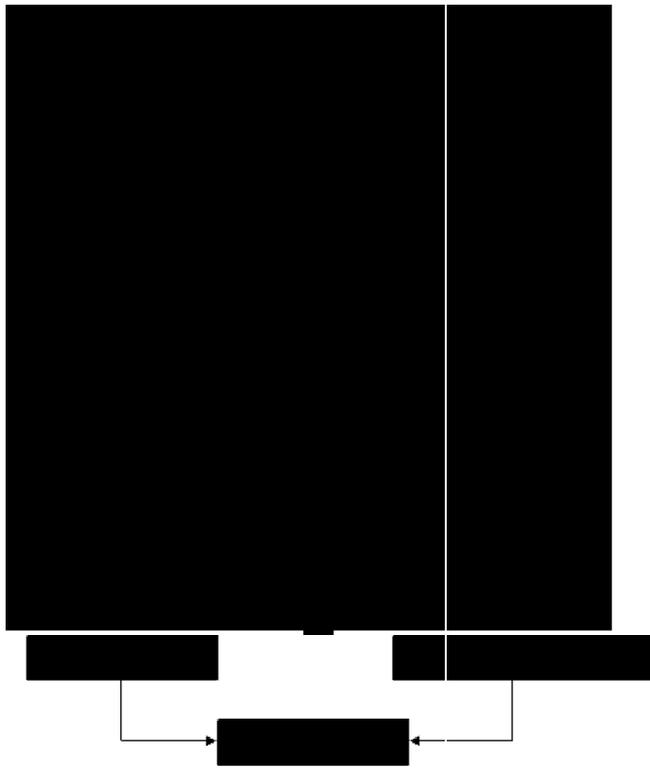
Tiap-tiap atribut saling berhubungan satu sama lainnya, dimana beberapa atribut memiliki sensitifitas terhadap sifat reservoir tertentu dan beberapa atribut lainnya lebih baik di dalam menampilkan informasi ataupun anomali bawah permukaan yang mula-mula tidak teridentifikasi oleh data konvensional atau bahkan sebagai indikator keberadaan hidrokarbon (*direct hydrocarbon indicator*).

Dalam interpretasi data seismik diperlukan kemampuan untuk mencirikan beberapa perubahan atribut kecil yang dapat dihubungkan dengan keadaan geologi bawah permukaan. Taner [6] mendefinisikan atribut sebagai seluruh informasi yang diperoleh dari data seismik, baik secara pengukuran langsung

maupun dengan perhitungan dan alasan-alasan berdasarkan pengalaman.

### III. METODOLOGI

Pada metodologi alur pemrosesan digunakan dua software yaitu humpson russell dan Petrel



Gambar 3.1 Diagram alir penelitian

### IV. ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

#### Analisa Crossplot

Yang menjadi target dari penelitian ini adalah lapisan sand dan shale yang merupakan reservoir dari hidrokarbon yang baik. Analisa crossplot ini dilakukan sebelum proses inversi diterapkan untuk menentukan zona interes yang akan dijadikan sasaran dalam penelitian. Analisa crossplot yang dilakukan yaitu antara log gamma ray dan log densitas yang ditunjukkan pada lampiran **gambar 4.1**. Dari *crossplot* antara densitas dan gamma ray tersebut didapatkan titik yang menunjukkan persebaran nilai dari densitas dan gamma ray yang ditunjukkan dengan persebaran warna putih sampai merah, warna putih sampai merah tersebut menunjukkan perbedaan kedalaman, untuk titik yang berwarna putih menunjukkan kedalaman yang dangkal dan semakin merah menunjukkan semakin dalam. Pada dasarnya dilakukan crossplot antara densitas dan gamma ray bertujuan untuk mendapatkan determinasi kandungan *shale* pada suatu lapisan. Hal ini penting karena dengan melihat kandungan *shale* akan didapatkan zona impermeabel hal ini dapat dilakukan karena zona permeabel dan impermeabel identik dengan besarnya

kandungan *shale* atau *sand* pada satu lapisan, sehingga dengan penggunaan *color key* vertical depth akan didapatkan pada kedalaman berapa zona yang permeabel dan impermeabel terletak.

#### Analisa Well Seismic Tie

Well seismic tie merupakan proses yang sangat penting dalam proses inversi seismik karena proses well seismic tie merupakan proses dimana dilakukan pengikatan data sumur dengan data seismik. Hal ini penting karena domain sumur yang merupakan data acuan, dalam satuan meter sedangkan domain seismik adalah waktu dalam satuan milisekon. Domain sumur yang berupa kedalaman dirubah dalam waktu sehingga akan diketahui posisi atau marker geologi pada data seismik. Cara pengubahan data sumur dengan domain kedalaman menjadi domain waktu telah dijelaskan di bab metodologi dimana pengubahan ini dilakukan dengan menggunakan data checkshot.

Karena data sumur dirubah domain dari kedalaman menjadi waktu maka perlu dibuatnya seismogram sintetik untuk masing-masing sumur. Seismogram sintetik merupakan hasil dari konvolusi koefisien refleksi dengan wavelet. Proses ekstraksi wavelet dapat dilakukan dengan beberapa metode salah satunya adalah dengan ekstraksi wavelet dari data sumur, dimana wavelet diekstraksi di sekitar data sumur. Pada penelitian ini wavelet diekstrak dari data sumur. Metode ini dipilih karena memiliki hasil korelasi yang paling tinggi dibandingkan dengan metode lain.

Hasil korelasi di ke empat sumur ditampilkan dalam tabel 4.1 berikut

Tabel 4.1  
Korelasi dari setiap sumur hasil dari well seismic tie

Sumur	Korelasi
F03-04	0,839
F02-01	0,713
F06-01	0,719
F03-02	0,661

Berdasarkan analisa Well seismic tie dan korelasi yang dianggap memenuhi syarat, penulis memutuskan menggunakan rata-rata wavelet dari ke empat sumur yang digunakan untuk input inversi nantinya. Karena ekstrak wavelet berdasarkan data sumur secara vertikal resolusinya sangat baik.

#### Interpretasi

Dalam intepretasi penulis melakukan interpretasi pada zona target lapangan F3, dimana intepretasi dilakukan mulai dari horizon fs8 hingga truncation yang dianggap zona akumulasi hidrokarbon dengan cara menganalisa impedansi akustik hasil inversi seismik dan integrasi atribut seismik. Analisa dilakukan pada volume dan peta AI dan peta seismik atribut yang dihasilkan dari interpretasi *horizon*. Analisa dilakukan dengan melakukan *slicing* pada lapisan di antara Fs8 – Truncation.

Dari hasil *slicing* horizon pada penampang seismik hasil inversi AI didapatkan tiga zona akumulasi dari batu pasir lihat pada lampiran gambar 4.2 yang memiliki nilai impedansi rendah yang ditunjukkan dengan warna hijau. Zona akumulasi reservoir pasir tersebut dua di antaranya terletak di dekat zona 1 sumur F03-02 dan zona 2 yang terletak di dekat sumur F03-04 akan tetapi ada satu zona yaitu zona 3 yang terletak agak berjauhan dari sumur sehingga hal ini bisa dijadikan rekomendasi untuk dilakukan analisa well log di daerah tersebut untuk memastikan kandungan hidrokarbonnya.

Dari analisa multi atribut didapatkan zona dengan nilai porositas besar yang terletak pada puncak formasi yang memang mendukung sebagai tempat akumulasi hidrokarbon. Pada zona tersebut memiliki nilai porositas yang paling tinggi yaitu 36 % sampai 40%. Dari intepretasi memang diketahui bahwa tempat yang memiliki nilai porositas besar tersebut merupakan bright spot yang merupakan salah satu ciri-ciri adanya akumulasi hidrokarbon pada sebuah formasi dan hasil analisa dari multi atribut ini juga didukung dengan hasil analisa seismik inversi yang telah dilakukan bahwa zona dengan porositas tinggi pada analisa multi atribut sesuai dengan zona dengan impedansi rendah pada analisa inversi AI. Hasil *slicing* penampang seismik hasil dari pengolahan multi atribut dapat dilihat pada lampiran gambar 4.3

Kedalaman dari zona yang memiliki nilai porositas besar yang dianggap merupakan zona akumulasi hidrokarbon jika dilihat memiliki kedalaman yang tidak terlalu dalam berkisar antara 500ms sampai 650ms, yang menjadikan tipe dari reservoir lapangan F3 merupakan tipe *shallow gas reservoir* yang terletak di kedalaman yang tidak begitu dalam. Hal ini disebabkan karena adanya patahan pada salt dome yang memberikan jalur migrasi pada gas untuk naik keatas hal ini ditunjukkan pada lampiran gambar 4.4.

Berdasarkan prospek ranking reservoir pada tabel 4.2 didapat tiga zone prospek yang tersebar dibagian utara yaitu zona (1) yang sudah memang dilakukan pengeboran well log sumur F03-02, bagian sebelah Timur di dekat sumur sumur F03-04 yaitu zona (2) dan Selatan di zona (3) merupakan daerah yang belum dilakukan eksplorasi terbukti belum adanya sumur pada daerah ini. Hasil yang didapat dari studi ini menunjukkan bahwa daerah zona (3) merupakan daerah yang paling potensial dikarenakan belum adanya sumur yang menganalisa daerah ini, sehingga usulan untuk eksploitasi pada zona 3 yang merupakan zona prospek yang belum tereksplorasi. Peta persebaran dari ketiga zona dapat dilihat pada lampiran gambar 4.5.

Tabel 3.2  
Nilai AI dan porositas di tiga zona interest

Zona	AI	Porositas
Zona 1	11.852-13.620 (m/s)*(g/cc)	36-39,89 %
Zona 2	11.852-13.620 (m/s)*(g/cc)	36-39,89 %
Zona 3	11.852-13.620 (m/s)*(g/cc)	36-40 %

## V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Dari hasil *crossplot* densitas vs gamma ray didapatkan kedalaman reservoir atau zona interest pada kedalaman adalah 596 m – 635 m dibandingkan dengan hasil crossplot densitas vs sonik zona interest berada pada kedalaman 610m – 635m dengan nilai gamma ray berkisar 35-57 API.
2. Berdasarkan pada peta AI dan atribut porositas terdapat tiga zona prospek hidrokarbon: zona bagian utara di sekitar sumur F03-02 (zona 1) nilai AI antara 11.852-13.620 (ft/s)\*(g/cc) dan porositas antara 36-39,89 %, zona bagian timur di sekitar sumur F03-04 (zona 2) nilai AI antara 11.852-13.620 (ft/s)\*(g/cc) dan porositas sekitar 36-39,89 %, zona bagian selatan (zona 3) nilai AI antara 11.852-13.620 (ft/s)\*(g/cc) dan porositas antara 36-40 %.
3. Zona 3 paling potensial karena nilai porositas lebih tinggi 36-40 %. dan AI 11.852-13.620 (ft/s)\*(g/cc) dibanding zona 1 dan 2. Selain itu karena di daerah ini belum dilakukan pengeboran sehingga sangat dimungkinkan adanya cadangan yang besar.
4. Perpaduan antara multiatribut seismik dan inversi impedansi akustik (berfungsi sebagai eksternal atribut) dapat memprediksi distribusi porositas dengan variasi lateral yang lebih baik, sehingga informasi mengenai variasi nilai porositas pada daerah penelitian dapat diketahui dan diharapkan juga dapat memisahkan antara reservoir dan non reservoir pada interval target yang tidak teresolusi dengan baik pada seismic konvensional.

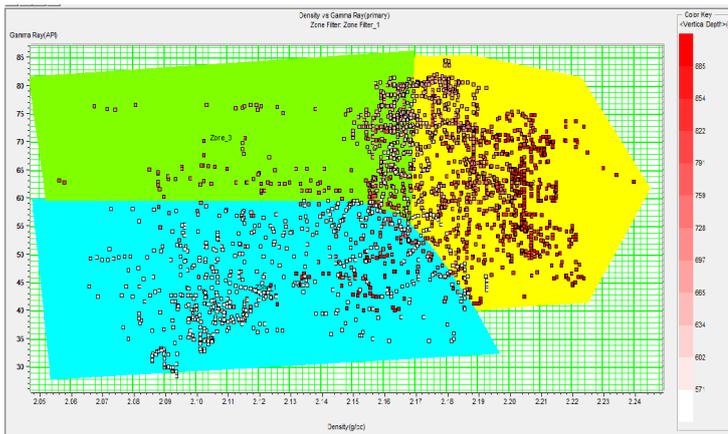
## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan tarimakasih yang sebesar-besarnya kepada Bapak Bagus Jaya Sentosa dan Bapak Dwa Desa Warnana selaku dosen pembimbing. Terimakasih kepada pihak-pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikannya tugas akhir ini.

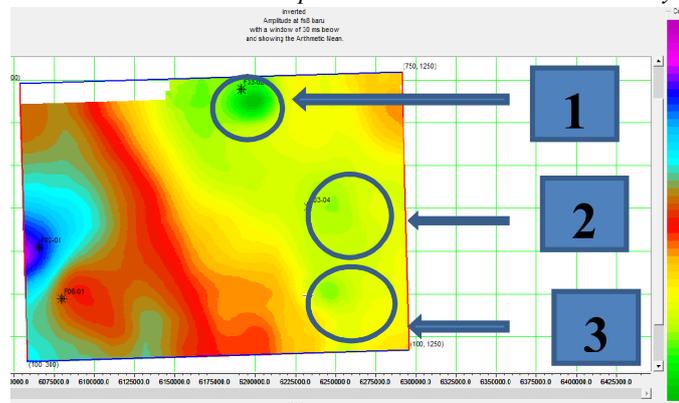
## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Santoso, D, 2012, Seismologi Eksplorasi, Institut Teknologi Bandung. E.
- [2] Sukmono, S., 2000, Seismik Inversi Untuk Karakteristik Reservoir, Geophysical Engineering, Bandung Institute of Technology, Bandung
- [3] Pendrel J, van Riel Paul., 2000, Methodology for Seismic Inversion and Modelling : A Western Canadian Reef Example, CSEG Recorder, Jason Geosystem, Calgary, Canada.
- [4] Badley, M.E, 1985, Practical Seismic Interpretation, Prentice Hall. USA
- [5] Barnes, A. E., 1999, " Seismic Attributes: past, present and future", SEG 1999 Expanded Abstracts
- [6] Taner, M.T. (2001, September 6). Seismic Attributes. CSEG Recorder, 49-56.

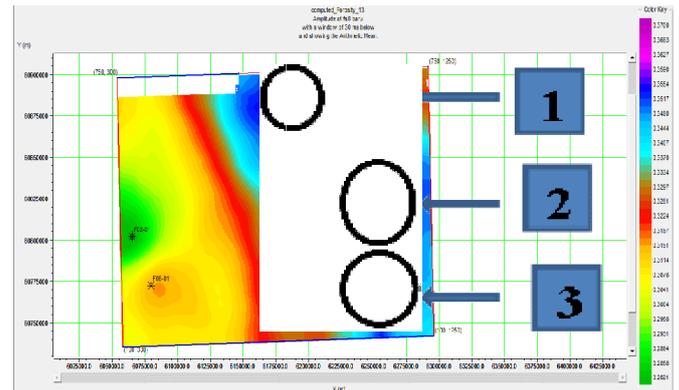
LAMPIRAN



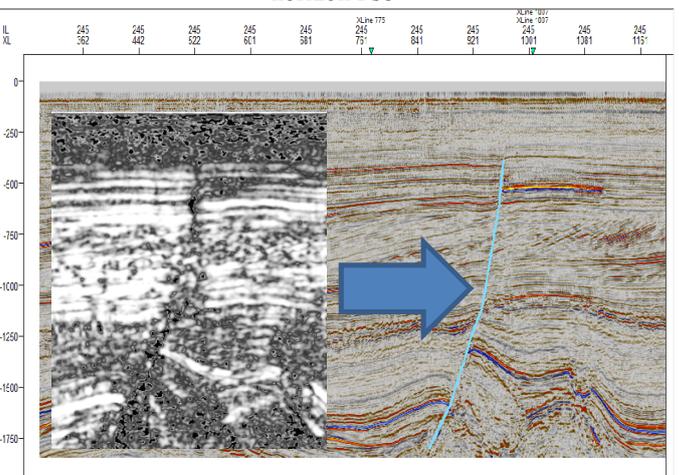
Gambar 4.1 Crossplot antara densitas dan Gamma ray



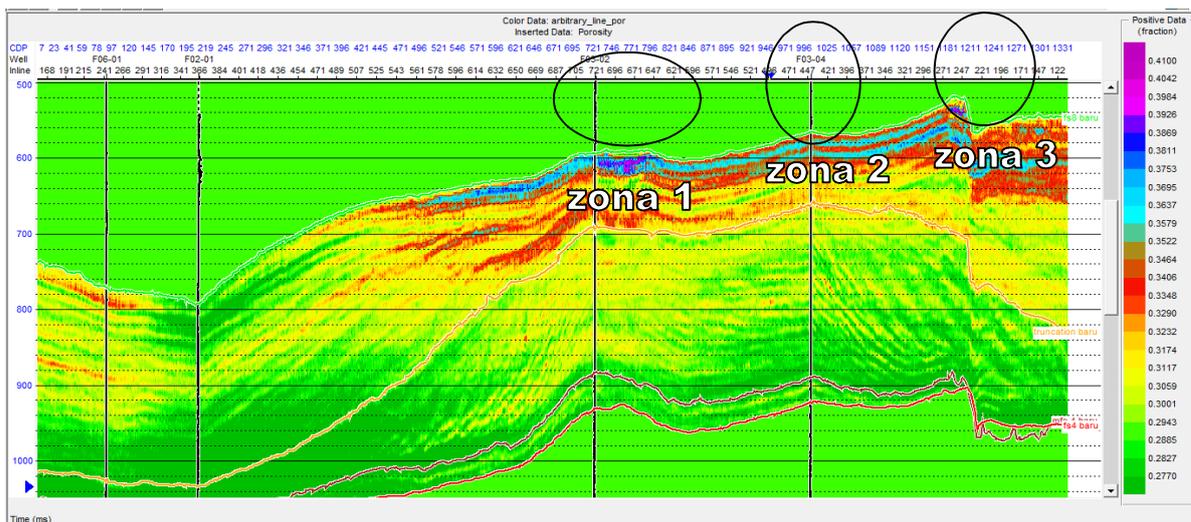
Gambar 4.2 Persebaran zona impedansi rendah di bawah horizon Fs8



Gambar 4.3 Persebaran zona porositas tinggi di bawah horizon Fs8



Gambar 4.4 Patahan pada formasi dengan atribut chaos (hitam) yang digunakan untuk identifikasi patahan



Gambar 4.5 Persebaran lateral reservoir berdasar nilai porositas