

## INVERSI MODEL *BASED* UNTUK GAMBARAN LITOLOGI BAWAH PERMUKAAN

**Tabah F.R, Hernowo Danusaputro**

Laboratorium Geofisika, Jurusan Fisika, Universitas Diponegoro

**ABSTRAK**—Peningkatan akurasi gambaran bawah permukaan dapat dilakukan dengan menggunakan metode inversi seismik. Penerapan metode inversi pada data seismik menghasilkan nilai impedansi akustik. Impedansi akustik secara langsung berhubungan dengan sifat-sifat batuan sehingga dapat membedakan litologi. Inversi model based membangun model geologi, kemudian model tersebut dibandingkan dengan data seismik, diperbarui secara iteratif untuk mendapatkan kecocokan yang lebih baik dengan data seismik. Hasil dari inversi model based mampu menghasilkan hasil inversi seismik yang memiliki tren impedansi akustik yang hampir sama dengan aslinya, begitu juga antara tras sintetis dan tras seismiknya sehingga bisa memisahkan batas litologi dengan jelas secara vertikal atau kemenerusan secara lateral.

**Kata kunci:** *impedansi akustik, inversi model based, litologi*

**ABSTRACT**—Increasing of accuracy underground level imaging can be performed by using seismic inversion method. Apply inversion method to seismic data produce acoustic impedance value. Acoustic impedance related directly with rock characteristic, so can be separating lithology. Based model inversion built geology model, then correlated with seismic data, upgrading iterative to get good suitable with seismic data. Result of based model inversion can be able to produce result of inversion which is having same trend acoustic impedance with the original data seismic, that also between synthetic seismic and original seismic, so can be separating lithology boundary correctly as vertical or continue as lateral.

**Key word:** *acoustic impedance, based model inversion, lithology*

### PENDAHULUAN

Metode seismik inversi merupakan suatu metode untuk membuat model bawah permukaan dengan menggunakan data seismik sebagai data masukan dan data sumur sebagai kontrol. Metode inversi dapat dianggap sebagai kebalikan dari metode pemodelan ke depan dimana dihasilkan penampang seismik sintetis berdasarkan model bumi.

Pada metode seismik inversi penampang seismik dikonversi kedalam bentuk impedansi akustik yang merepresentasikan sifat fisis batuan sehingga lebih mudah untuk diinterpretasi menjadi parameter-parameter petrofisik misalnya untuk menentukan litologi dan penyebarannya. Namun, tingkat akurasi penggambaran litologi juga dipengaruhi oleh metode yang digunakan.

Penelitian menggunakan metode seismik inversi model *based* dapat menggambarkan impedansi akustik dengan baik karena didapat dari membangun model geologi dan mencocokkan secara iteratif untuk mendapat hasil yang optimal mendekati model riilnya.

### Metode Inversi Berdasarkan Model (*Model Based*)

Pada metode ini langkah yang pertama dilakukan adalah membangun model geologi, kemudian model tersebut dibandingkan dengan data seismik, diperbarui secara iteratif sehingga didapatkan kecocokan yang lebih baik dengan data seismik. Semakin banyak iterasinya maka koefisien korelasi antara seismik sintetis dan seismik riilnya semakin besar dan error semakin kecil.

Hasil keluarannya berupa model yang sesuai dengan data masukan. Hubungan

antara model dengan data seismik dapat dijelaskan dengan metode *Generalized Linear Inversion* (GLI). Jika terdapat sebuah data observasi geofisika, metode GLI akan menurunkan model geologi yang paling sesuai dengan data observasi. GLI menganalisis deviasi kesalahan antara model keluaran dan data observasi, kemudian parameter model diperbaharui untuk menghasilkan keluaran dengan kesalahan sekecil mungkin.

Metode ini membutuhkan suatu model impedansi akustik awal yang biasanya diperoleh dari hasil perkalian antara data log kecepatan dengan data log densitas.

$$IA = \rho v \quad (1)$$

dengan:

$$IA = \text{Impedansi Akustik (m/s. g/cm}^3)$$

$$\rho = \text{densitas (g/cm}^3)$$

$$v = \text{kecepatan (m/s)}$$

Impedansi akustik tersebut kemudian diturunkan untuk memperoleh harga koefisien refleksinya dengan persamaan :

$$KR = \frac{\rho_2 v_2 - \rho_1 v_1}{\rho_2 v_2 + \rho_1 v_1} \quad (2)$$

sehingga dapat ditulis:

$$KR = \frac{AI_2 - AI_1}{AI_2 + AI_1} \quad (3)$$

dengan :

$KR$  : koefisien refleksi bernilai -1 sampai +1

$AI_1$  : harga impedansi akustik pada lapisan ke 1

$AI_2$  : harga impedansi akustik pada lapisan ke 2

harga koefisien refleksi ini dikonvolusikan dengan *wavelet* untuk mendapatkan seismogram sintetis yang sama dengan jejak seismik berdasarkan harga impedansi model dengan rumusan:

$$s(t) = w(t) * r(t) \quad (4)$$

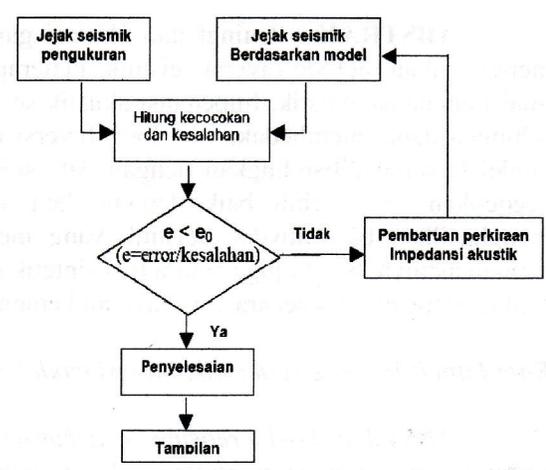
dengan :

$s(t)$  = seismogram sintetis

$w(t)$  = wavelet

$r(t)$  = deret koefisien refleksi

Hasil seismogram sintetis ini dibandingkan dengan jejak seismik riil secara iteratif dengan mengubah-ubah parameter pada model awal untuk memperoleh korelasi yang bagus antar kedua data ini dengan tingkat kesalahan yang terkecil.



Gambar 1. Diagram alur penyelesaian inversi *model based* (Russell, 2004)

Kelebihan metode inversi *model based* adalah hasil yang didapatkan memiliki informasi yang lebih akurat dan jelas karena memasukkan komponen frekuensi rendah (dari data log), dan nilai impedansi akustik yang didapat rata-rata memiliki harga impedansi akustik yang kontras sehingga mempermudah dalam penentuan batas atas (*top*) dan batas bawah (*bottom*) suatu lapisan reservoir.

Hasil akhir dari suatu proses inversi data seismik adalah berupa data impedansi akustik yang memiliki informasi lebih lengkap dibandingkan data seismik. Perubahan amplitudo pada data seismik hanyalah mencerminkan suatu bidang batas antar lapisan batuan sehingga bisa dikatakan bahwa data seismik adalah atribut dari suatu bidang batas lapisan batuan. Sedangkan impedansi akustik mencerminkan sifat fisis dari batuan. Secara matematis impedansi akustik batuan adalah hasil perkalian antara harga kecepatan dengan harga densitas suatu batuan. Impedansi akustik merupakan sifat fisis batuan yang dengan mudah dapat langsung dikonversikan menjadi karakter suatu batuan (reservoir) seperti ketebalan, litologi, maupun fluida pengisi batuan.

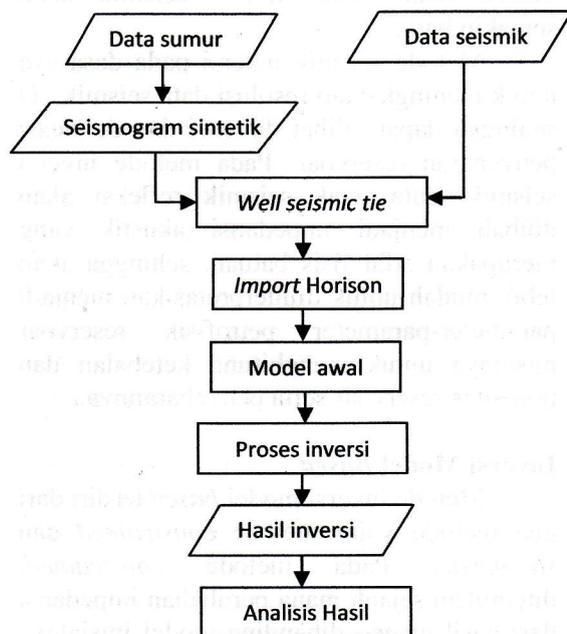
**METODE PENELITIAN**

**Alat dan Bahan**

Data seismik area penelitian adalah data seismik 3D yang telah distack dan telah melalui pengolahan awal. Data sumur digunakan sebagai kontrol dalam penentuan batas geologi bawah permukaan, pada penelitian diperlukan data log sonik untuk kontrol kecepatan, *log density* sebagai kontrol densitas. Data *checkshot* atau VSP (*vertical seismic profile*) digunakan untuk konversi *time to depth* dan sebaliknya, yang berguna untuk pengikatan data sumur. *Software Hampson Russell 8.0* dan data-data lain yang dapat digunakan untuk mendukung interpretasi seperti data geologi.

**Esperimental**

Tahap pengolahan data untuk mendapatkan hasil diterangkan secara sistematis pada gambar 1.



**Gambar 2.** Tahap pengolahan data penelitian

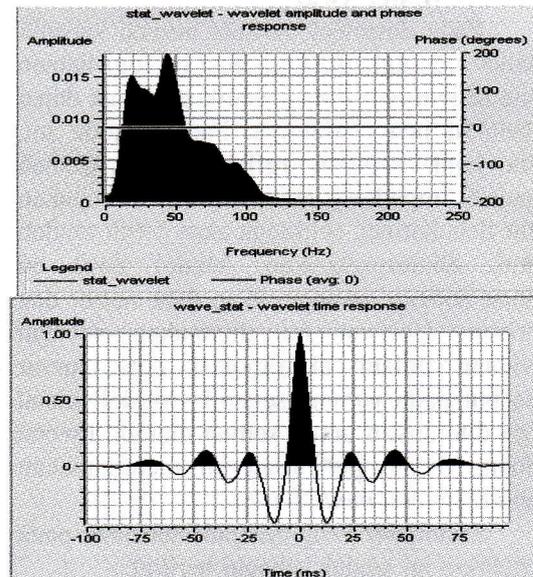
Jejak seismik hasil akuisis yang didapat dari data lapangan yang telah melalui tahap pengolahan awal diikatkan dengan data sumur dengan *well seismic tie* agar dapat dikorelasikan dengan baik. Kemudian membangun model awal dengan data geologi. Inversi dilakukan dengan melakukan

iterasi untuk mencocokkan model dengan data seismik hingga diperoleh kecocokan antara hasil inversi dengan data riilnya.

**Well Seismic Tie**

Data sumur merupakan data yang memiliki domain kedalaman sedangkan data seismik merupakan data yang memiliki domain waktu. Agar antara data sumur dan data seismik dapat dikorelasikan maka perlu melakukan pengikatan antara data sumur dan data seismik. Pada data sumur terdapat data *check-shot* yang digunakan sebagai pengikat data sumur yang berdomain kedalaman dan data seismik yang berdomain waktu. Namun masih memiliki nilai koefisien korelasi yang masih kecil, sehingga dibutuhkan peningkatan nilai koefisien korelasi agar data sumur dan data seismik dapat terikat dengan baik.

Langkah awal pada proses pengikatan data seismik dan data sumur adalah mengekstraksi wavelet. Wavelet yang digunakan pada penelitian ini adalah statistik, yaitu dengan mengekstraksi wavelet dari *cube* data seismik disekitar zona target.



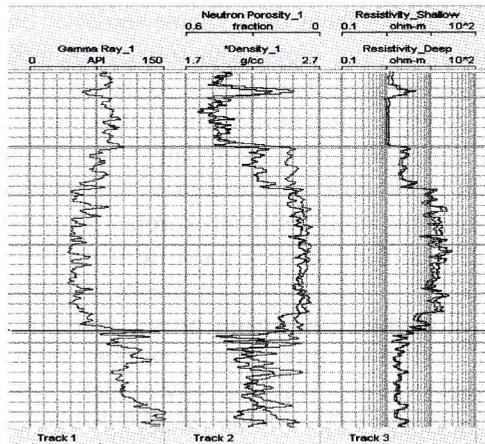
**Gambar 4.** Respon fasa dan waktu dari wavelet ekstraksi statistik

Wavelet tersebut digunakan sebagai masukan dalam membuat seismogram sintetik untuk melakukan well seismic tie.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Analisis Data Sumur

Langkah pertama yang dilakukan sebelum melakukan interpretasi adalah melakukan analisa data sumur. Analisa dilakukan untuk menentukan zona target mana yang akan dilakukan interpretasi. Pada lapisan ini merupakan zona yang memiliki nilai impedansi akustik dari rendah ke tinggi.



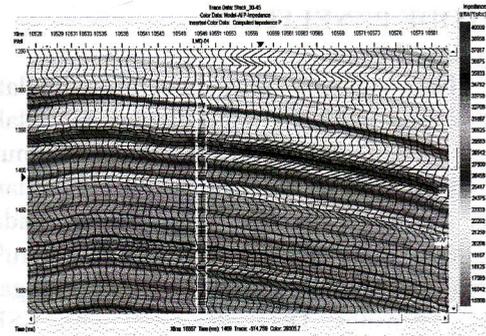
Gambar 3. Zona target penelitian

### Analisis Model Awal

Pada dasarnya metode inversi seismik adalah meningkatkan resolusi litologi batuan yang dilihat dari data seismik sehingga dapat diketahui penyebarannya. Pada metode ini, data jejak seismik refleksi akan diubah menjadi impedansi akustik yang merupakan sifat fisis batuan, sehingga akan lebih mudah untuk diinterpretasikan. Model awal ini dibuat dengan menggunakan data sumur dan horison. Horison ini digunakan sebagai panduan dalam ekstrapolasi data sumur tersebut pada volume seismik. Model inisial akan diterapkan untuk semua metode inversi dimana dalam penelitian ini menggunakan metode inversi *modelbased*.

Parameter yang menjadi masukan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

Sumur : D-1, D-2 dan D-3  
 Horizon : horison B dan horison U  
 Wavelet : wavelet *bandpass* dengan *low cut* 8 Hz, *low pass* 11 Hz, *high pass* 60 Hz, dan *high cut* 70 Hz.



Gambar 5. Display model awal inverse-AI dengan korelasi sumur D-1

Model awal menunjukkan hasil yang cukup baik dimana ekstrapolasi nilai impedansi akustik mengikuti kontrol dari 3 sumur terutama pada zona B. Sebelum proses inversi, dilakukan analisis model awal untuk mengontrol hasil inversi yang dilakukan selanjutnya. Sehingga semakin tinggi korelasi *trace* sintetik dan *trace* seismic pada model awal, hasil inversi seismik akan semakin baik.

Metode seismik inversi pada dasarnya untuk meningkatkan resolusi data seismik 3D sehingga dapat dilihat dimensi dan delineasi penyebaran reservoir. Pada metode inversi seismik, data jejak seismik refleksi akan diubah menjadi impedansi akustik yang merupakan sifat fisis batuan, sehingga akan lebih mudah untuk diinterpretasikan menjadi parameter-parameter petrofisik reservoir misalnya untuk menghitung ketebalan dan porositas reservoir serta penyebarannya.

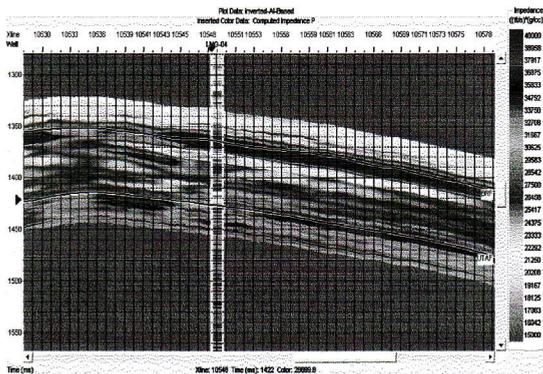
### Inversi Model Based

Metode inversi model *based* terdiri dari dua metode yaitu metode *constrained* dan *stochastic*. Pada metode *constrained*, ditentukan sejauh mana perubahan impedansi dari hasil inversi dibanding model inisialnya ditentukan oleh batas atau *constraint*nya. Sedangkan pada metode *stochastic* tidak ditentukan sejauh mana perubahan impedansi dari hasil inversi dibanding model inisialnya. Pada penelitian ini, yang dilakukan adalah metode model based *constrained* dengan parameter sebagai berikut:

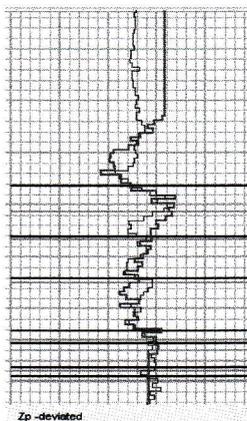
- *Window* : horison B (-30) dan horison U (+30)
- *Constrained* : Soft Constrain : 0.8

Parameter ini memiliki nilai pembatas dari 0,0 sampai 1,0. Jika parameter yang dipilih adalah 0,0 maka model awal diabaikan atau inversi dilakukan pada data seismik saja. Sedangkan jika dipilih 1,0 maka data seismik diabaikan dan hasil inversi akan sama persis dengan model dugaan awal yang telah dibuat sebelumnya.

- *Prewhitening* : 2%
- *Average block size* : 2 ms  
*Average block size* yang dipilih adalah 2 ms sesuai dengan sampling dari seismiknya.
- *Iterasi* : 10  
 Iterasi yang dipilih adalah 10 kali iterasi untuk mendapatkan model akhir. Pada proses iterasi yang terlalu banyak akan memperbesar error dari log hasil inversi dengan log riilnya.



Gambar 6. Display model inversi-AI dengan korelasi sumur D-1



Gambar 7. Overlay AI hasil inverse dan AI riil

Gambar 7 menunjukkan salah satu hasil kontrol kualitas dari hasil inversi, impedansi akustik riil ditunjukkan oleh kurva berwarna merah sedangkan impedansi akustik hasil prediksi ditunjukkan oleh kurva berwarna biru. Berdasarkan hasil *overlay* dihasilkan suatu kecenderungan yang identik, artinya antara impedansi akustik riil dan impedansi hasil pemodelan mempunyai korelasi yang baik.

Pemilihan metode yang paling baik juga dapat dilihat dari *tras error* sintetiknya. *Tras error* didapatkan dari hasil pengurangan antara *tras* sintetis dan *tras* riil. *Tras error* idealnya bernilai nol yang menunjukkan bahwa sintetis model dan data riil seismik adalah sama. Namun, karena nilai ideal tersebut sulit didapatkan, maka dicari hasil inversi yang akan mendapatkan nilai *tras error* yang mendekati nol. Hasil dari proses inversi ini menunjukkan bahwa *top* dan *bottom* dari zona target sudah dapat didelineasi dengan cukup baik.

Hasil ini dapat digunakan untuk melakukan analisis estimasi penyebaran litologi secara lateral dengan melakukan sayatan atau *slicing* untuk mendapatkan peta AI.

**SIMPULAN**

Hasil inversi AI terhadap data seismik menunjukkan korelasi yang baik, secara lateral maupun vertikal. Terlihat hubungan korelasi antara AI hasil inversi dan riil yang dilihat dari model untuk arah lateral maupun sumur untuk arah vertikal menunjukkan kemiripan. Kurva korelasi menunjukkan hasil yang cenderung identik.

**UCAPAN TERIMAKASIH**

Terimakasih penulis ucapkan kepada PPPT Minyak dan Gas Bumi terutama untuk kelompok studi Geofisika yang telah memberi ijin dan fasilitas sehingga penelitian ini dapat terlaksana.

**DAFTAR PUSTAKA**

[1] LEMIGAS, Team Research and Development Center for Oil and Gas Technology, 2005, *Petroleum Geology of Indonesia's Sedimentary Basins*, Jakarta: LEMIGAS.

- [2] Russel, B.H, 2004, *Hampson-Russell Software Book Guide*, USA: Hampson-Russel Services Ltd.
- [3] Simamora, R.M, 2005, *Inversi AI dan EI untuk Identifikasi Hidrokarbon pada Reservoir Batu Pasir*, Jurnal Geofisika.
- [4] Sukmono, S, 2000, *Seismik Inversi untuk Karakterisasi Reservoir*, Bandung: ITB.
- [5] Telford, W.M, Geldart, L.P, Sheriff, R.E, 1976, *Applied Geophysics*, New York: Cambridge University Press.
-