

# Vp/Vs Hasil *Independent Inversion* Gelombang PP dan PS Untuk Menentukan Litologi Reservoir

Gigih Prakoso Wigantiyoko, Firman Syaifuddin, Widya Utama

Teknik Geofisika, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111 Indonesia

*e-mail:* widya@geofisika.its.ac.id

**Abstrak**—Gelombang seismik terkonversi (*converted wave*) digunakan untuk menunjang gelombang seismik konvensional (gelombang PP) dalam hal interpretasi jika kondisi bawah permukaan memiliki kondisi yang kompleks (*gas chimney*). Gelombang PP, kurang mampu untuk mendeskripsikan kondisi bawah permukaan yang tersaturasi fluida karena sifat dari gelombang P yang dapat merambat disegala medium. Oleh karena itu, diperlukan gelombang S, dikarenakan sifat dari gelombang S yang tidak dapat merambat pada medium fluida, sehingga kontras bawah permukaan yang tersaturasi fluida dapat secara jelas terpetakan. Dalam penelitian ini, *converted wave* yang dimaksud adalah gelombang seismik PS. Gelombang PS (*converted wave*) didapatkan dari konversi pantulan gelombang P. Dengan menggabungkan kedua gelombang antara gelombang PP dan gelombang PS, maka akan didapatkan interpretasi bawah permukaan yang baik. Hasil dari penggabungan antara gelombang PP dan PS dalam penelitian ini adalah berupa perbandingan Vp/Vs. Perbandingan Vp/Vs didapatkan dari *trace math* antara impedansi akustik ( $Z_p$ ) dengan impedansi shear ( $Z_s$ ) hasil inversi secara terpisah (*independent inversion*) gelombang PP dan PS. Dengan melakukan analisis Vp/Vs hasil *independent inversion*, maka litologi reservoir dapat teridentifikasi dengan baik sehingga dapat diketahui jenis litologi reservoir pada daerah penelitian.

**Kata Kunci**— *Converted Wave, Independent Inversion, Litologi, Vp/Vs.*

## I. PENDAHULUAN

SEISMIK multikomponen atau sering dikenal dengan seismik multiazimuth merupakan seismik yang dapat merekam gelombang P dan kedua tipe gelombang S secara horizontal dan vertikal (3 komponen) [1]. Seismik multikomponen akan menghasilkan seismik gelombang PP, PS, ataupun SS. Jika *source* yang digunakan gelombang P, dan gelombang yang direkam adalah gelombang P maka dinamakan gelombang PP, sedangkan untuk *source* gelombang P atau S dan gelombang yang ditangkap adalah S, dinamakan dengan gelombang PS dan SS. Pada kasus dengan struktur bawah permukaan yang kompleks khususnya pada daerah yang tersaturasi fluida seperti *gas chimney*, jika hanya menggunakan seismik gelombang PP akan terjadi kesulitan pada saat melakukan interpretasi, maka untuk mengatasi permasalahan tersebut digunakan seismik gelombang PS agar hasil gambaran

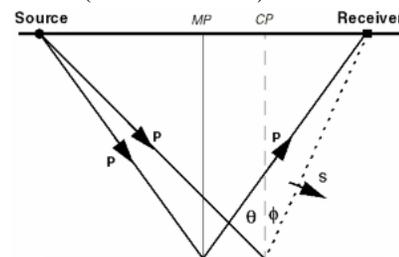
seismik yang didapatkan akan jauh lebih baik sehingga estimasi dari parameter suatu medium akan semakin baik juga. Aplikasi dari seismik PS (*converted wave*) ini sangat banyak, diantaranya adalah untuk membedakan antara lapisan *sand* atau *shale*, digunakan untuk mengidentifikasi karbonat, digunakan untuk mengidentifikasi kontras *P wave* yang rendah, analisa anisotropis, identifikasi zona gas (*bright spot*), dan untuk monitoring reservoir.

Pada penelitian ini, digunakan inversi seismik gelombang PP dan PS untuk mendapatkan nilai perbandingan Vp terhadap Vs ( $V_p/V_s$ ). Inversi seismik sendiri merupakan suatu teknik pembuatan model geologi bawah permukaan dengan menggunakan data seismik sebagai input dan data geologi sebagai control [2]. Nilai  $V_p/V_s$ , didapatkan dari hasil inversi seismik secara terpisah (*independent inversion*). Penampang  $V_p/V_s$  hasil *independent inversion* nantinya dapat digunakan sebagai acuan dalam mendeskripsikan litologi reservoir.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### A. Gelombang Seismik Terkonversi

Didalam dunia seismik, terdapat istilah *PP wave* dan *PS wave*. Dikatakan *PP wave* jika *source* yang digunakan berupa gelombang P dan mode gelombang yang ditangkap oleh *receiver* berupa gelombang P atau yang lebih dikenal dengan gelombang seismik konvensional. Berbeda dengan *PS wave*, dikatakan *PS wave* jika yang ditangkap oleh *receiver* berupa konversi gelombang P oleh bidang reflektor yaitu gelombang S. Maka dari itu, *PS wave* dikenal dengan istilah gelombang seismik terkonversi (*converted wave*).



Gambar 1. Konsep penjaralan *converted wave* [3]

Gambar (1) diatas merupakan konsep dari penjaralan *converted wave*.

**B. Impedansi Akustik ( $Z_p$ )**

Impedansi akustik (AI) merupakan sifat batuan yang dipengaruhi oleh jenis litologi, porositas, kandungan fluida, kedalaman, tekanan, dan temperature. Oleh karenanya, maka  $Z_p$  dapat digunakan sebagai indikator litologi, porositas, hidrokarbon, pemetaan litologi, pemetaan satuan aliran sampai dengan alat kuantifikasi karakter reservoir.

Model dasar dan yang sering digunakan dalam model satu dimensi untuk *trace* seismik yaitu mengacu pada model konvolusi yang menyatakan bahwa tiap *trace* merupakan hasil konvolusi sederhana dari reflektivitas bumi dengan fungsi sumber seismik ditambah dengan *noise* [4].

$$Z_p = \rho V_p \tag{1}$$

dengan,

$Z_p$  = impedansi akustik (AI) (gr/cc.ft/s atau kg/m<sup>3</sup>.m/s)

$\rho$  = densitas (gr/cc atau kg/m<sup>3</sup>)

$V_p$  = kecepatan gelombang kompresional (m/s)

**C. Inversi Model Base**

Metode inversi berbasis model (*model base inversion*) disebut juga metode *blocky* dikarenakan impedansi akustik hasil inversinya tersusun atas blok-blok kecil. Proses komputasi dari metode ini menggunakan algoritma GLI (*Generalized Linear Inversion*) [5]. Secara matematis, model dan data pengukuran dapat dirumuskan sebagai vector:

$$M = (m_1, m_2, m_3, \dots, m_k)^T \tag{2}$$

$$D = (d_1, d_2, d_3, \dots, d_n)^T \tag{3}$$

dengan M adalah vector model dengan parameter k dan D adalah vector data pengukuran dengan parameter n.

Hubungan antara model dan data pengukuran dinyatakan dalam rumusan sebagai berikut:

$$d_i = F(m_1, m_2, m_3, \dots, m_k), i = 1, 2, 3, \dots, n \tag{4}$$

dengan F adalah suatu fungsi hubungan antara model dan data pengukuran.

Proses ini akan membentuk model dengan menggunakan iterasi sehingga didapatkan *error* terkecil. Secara matematis F dituliskan sebagai:

$$F(M) = F(M_o) + \frac{\partial F(M_o)}{\partial M} \Delta M \tag{5}$$

dengan  $M_o$  model awal, M adalah model bumi,  $\Delta M$  adalah perubahan parameter model, F(M) adalah data pengukuran, dan F( $M_o$ ) adalah harga perhitungan dari model dugaan.

Kesalahan keluaran model dengan data pengukuran dinyatakan dalam:

$$\Delta F = F(M) - F(M_o) \tag{6}$$

dan dalam bentuk matriks dapat ditulis sebagai:

$$\Delta F = A \Delta M \tag{7}$$

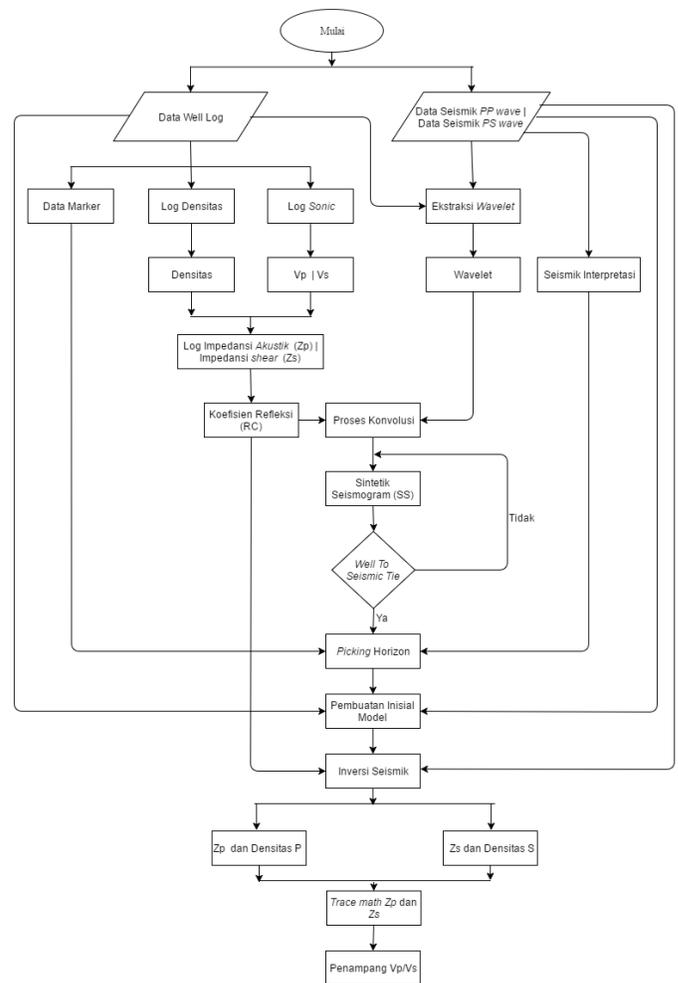
karena matriks A biasanya tidak berupa matriks segi empat, maka digunakan metode *least square* untuk memecahkan solusi persamaan (7) diatas dengan menggunakan persamaan sebagai berikut ini:

$$\Delta M = (A^T A)^{-1} A^T \Delta F \tag{8}$$

Dengan A merupakan matriks derivatif dengan jumlah baris n dan kolom k,  $A^{-1}$  adalah invers dari matriks A, dan  $A^T$  merupakan *transpose* dari matriks A.

**III. METODOLOGI**

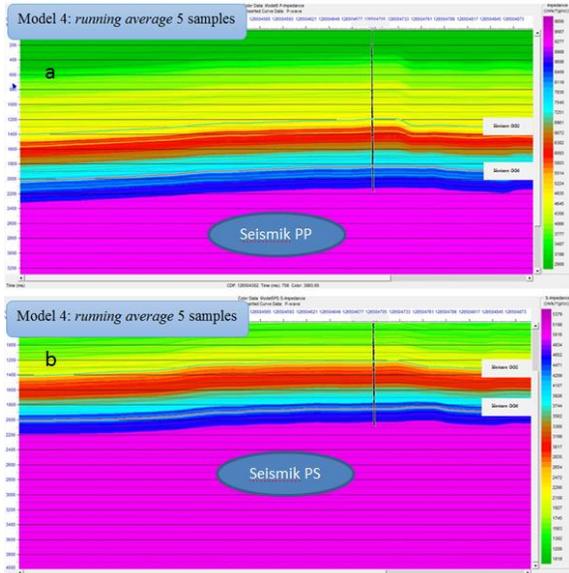
Metodologi yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan menggunakan *independent inversion* antara seismik PP dan PS. Proses inversi yang dilakukan adalah dengan menggunakan inversi *post-stack*. Tahapan dalam proses inversi baik seismik PP ataupun PS adalah sama.



Gambar 2. Diagram alur proses penelitian

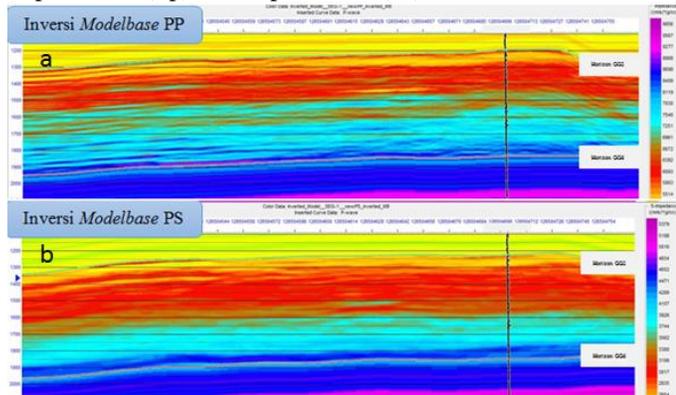
IV. HASIL DAN DISKUSI

Berdasarkan proses pengolahan data yang telah dilakukan pada gambar (2), untuk proses *well to seismic tie* didapatkan hasil korelasi sebesar 0.762 untuk PP dan 0.668 untuk PS. *Wavelet* yang digunakan dalam *well to seismic tie* adalah *wavelet ricker* dengan rotasi sebesar  $96^\circ$  untuk PP dan *wavelet statistical* dengan rotasi sebesar  $-74^\circ$  untuk PS. Setelah didapatkan korelasi yang sesuai, maka dilakukan *picking horizon* untuk masing-masing seismik PP dan PS menggunakan data *marker GG2* sebagai batas atas dan GG4 sebagai batas bawah dengan lebar *window* sebesar 1000 ms. Kemudian, dilakukan pembuatan inisial model untuk seismik PP dan PS.



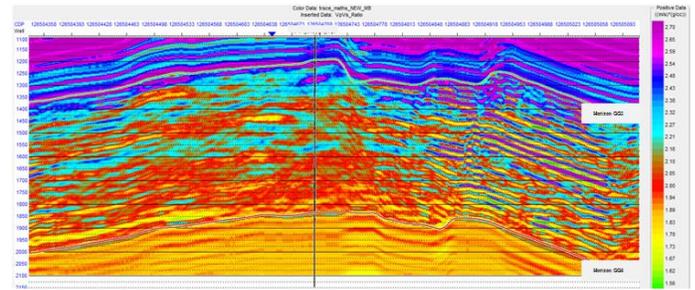
Gambar 3. Inisial model seismik PP (a) dan seismik PS (b) yang digunakan dalam proses inversi

Setelah inisial model sesuai, maka dilakukan proses inversi dengan menggunakan inversi *model base* pada seismik PP dan PS. Hasil dari proses inversi untuk seismik PP adalah berupa impedansi P ( $Z_p$ ) dan impedansi S ( $Z_s$ ) untuk seismik PS.



Gambar 4. Penampang  $Z_p$  (a) dan  $Z_s$  (b) hasil *independent inversion*

Hasil akhir yang digunakan dalam analisis litologi reservoir adalah berupa penampang  $V_p/V_s$  yang didapatkan dari  $Z_p$  dan  $Z_s$  hasil inversi dengan menggunakan inversi *model base*. Untuk mendapatkan perbandingan  $V_p/V_s$ , dilakukan *trace math* nilai  $Z_p$  dan  $Z_s$ .



Gambar 5. Penampang  $V_p/V_s$  hasil *independent inversion*

Pada gambar (5) menunjukkan bahwa gabungan antara seismik PP dan PS dengan menggunakan *independent inversion* dapat digunakan untuk analisis litologi reservoir karena menggunakan gabungan antara kedua sifat gelombang, yaitu gelombang P dan gelombang S.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat ditarik kesimpulan:

- Dalam proses inversi, proses *picking horizon* dan pembuatan inisial model sangat penting, karena hasil dalam proses inversi baik  $Z_p$  maupun  $Z_s$  mengikuti *trend* dari *horizon* yang telah di *picking* dan model awal yang telah dibuat.
- Hasil inversi secara terpisah dengan menggunakan asumsi bahwa gelombang PS adalah SS dapat diestimasi dengan menggunakan kontras impedansi S ( $Z_s$ )
- Perbandingan  $V_p/V_s$  dari hasil *independent inversion* dapat digunakan untuk menganalisis litologi reservoir.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Chopra, S dan Stewart, R. 2010. *Introduction to this special section: Multicomponent seismic*. The Leading Edge.
- [2] Sukmono, S., 2000, *Seismik Inversi Untuk Karakterisasi Reservoir*, Jurusan Teknik Geofisika, ITB, Bandung.
- [3] Brown, J., 1999, *Converted-wave Seismic Exploration: A Tutorial, CREWES Research Report Volume 11*.
- [4] Hampson, D., and Russell, B., 2004, *AVO Theory: Hampson-Russell Software Services Ltd*, Calgary.
- [5] Hampson, D., and Russell, B., 2007, *CGGVeritas Hampson-Russell Software CE8 version References Manuals*, Hampson-Russell Software Services Ltd, Canada.