

ANALISA PRESERVASI AMPLITUDO DAN RESOLUSI SEISMIK PADA DATA HASIL RECONVOLUTION LAPANGAN “X” CEKUNGAN SUMATERA TENGAH

Agus Muhidin¹⁾, Udi Harmoko¹⁾, Hernowo Danusaputro¹⁾, dan Moh. Irfan Saputra Haris²⁾

¹⁾Jurusan Fisika, Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Diponegoro, Semarang

²⁾Leader Earth Scientist PT. Chevron Pacific Indonesia, Rumbai, Riau

E-mail: agusmuhidin@st.fisika.undip.ac.id

ABSTRACT

Structure interpretation of post-stack seismic data to delineate lithology boundary sometimes face difficulties in tracking reflector continuity, this is due to limitation of vertical resolution. Reconvolution method has been applied to fix vertical seismic resolution. In order to validate the function reconvolution to amplitude related interpretation, amplitude variation with offset (AVO) has applied to geology model.

*Reconvolution method was applied by increasing dominant frequency of seismic data and capable to minimize tuning thickness zone of geology model has been made. Modeling geology based on average of P velocity, S velocity, and density from field “X” well data and estimating P velocity, S velocity and density for fluid condition of reservoir. AVO analysis has been applied to validate how far reconvolution method capable to maintain amplitude behavior, AVO analysis using Zeoppritz equation in 10 to 30 degree angle and using intercept attribute (A), gradient (B) and product (A*B). Reconvolution method has used 50 Hz, 60 Hz, 65 Hz, and 70 Hz of wavelet.*

Reconvolution method capable to fix vertical seismic data resolution, it can be seen by decreasing of tuning thickness from 16 to 14 meters. Based on AVO analysis that be used for validate reconvolution method is showing intercept (A) and gradient (B) value be affected by fluids condition in reservoir and presence the random noise in the seismic data. Intercept (A) and gradient (B) for reconvolved data do not have significant changes. However, wavelet has used in reconvolution that possess the smallest error value is wavelet with dominant frequency in 60 Hz and 65 Hz.

Keywords: *Structure interpretation, Tuning thicknes, Recovolution, and AVO analysis..*

ABSTRAK

Interpretasi struktur pada data seismik post-stack dalam mengetahui batas litologi bahwa permukaan mengalami kendala dalam kontinuitas event reflektor, hal ini disebabkan keterbatasan dalam respon resolusi seismik vertikal. Metode reconvolution dilakukan untuk memperbaiki resolusi vertikal data seismik. Untuk memvalidasi kegunaan reconvolution terhadap amplitude related interpretation dilakukan analisa amplitude variation with offset (AVO) pada model geologi.

*Metode reconvolution dilakukan dengan cara meningkatkan frekuensi dominan data seismik sehingga mampu meminimalkan zona tuning thickness pada model geologi yang telah dibuat. Pembuatan model geologi berdasarkan nilai rata-rata kecepatan P, kecepatan S, dan densitas dari data sumur pada lapangan “X”, dan mengestimasi kecepatan P, kecepatan S dan densitas untuk kondisi fluida berbeda pada reservoir. Analisa AVO digunakan untuk memvalidasi sejauh mana metode reconvolution mampu mempertahankan perilaku amplitudo, yang mana analisa AVO dilakukan menggunakan persamaan Zeoppritz pada angle 10 derajat sampai dengan angle 30 derajat dan menggunakan atribut intercept (A), gradient (B) dan product (A*B). Metode reconvolution menggunakan wavelet 50 Hz, 60 Hz, 65 Hz, dan 70 Hz.*

Metode reconvolution mampu memperbaiki resolusi vertikal data seismik, hal tersebut dapat dilihat dengan menurunnya ketebalan tuning dari 16 m menjadi 14 m. Berdasarkan Analisa AVO yang digunakan dalam memvalidasi metode reconvolution menunjukkan nilai intercept (A) dan gradient (B) dipengaruhi oleh kondisi fluida pada reservoir dan keberadaan random noise pada data seismik. Intercept (A) dan gradient (B) setelah diterapkannya reconvolution tidak mengalami perubahan yang signifikan. Akan tetapi, wavelet yang digunakan pada reconvolution yang memiliki nilai error paling kecil adalah wavelet dengan frekuensi dominan 60 HZ dan 65 Hz.

Kata kunci: *Interpretasi struktur, Tuning thicknes, Recovolution, dan Analisis AVO.*

PENDAHULUAN

Penjalaran gelombang seismik yang merambat dibawah permukaan akan mengalami atenuasi seiring dengan bertambahnya kedalaman. Atenuasi pada gelombang seismik akan mempengaruhi daya resolusi sehingga semakin bertambahnya kedalam daya resolusi yang dihasilkan kurang bagus dan menjadi salah satu faktor yang menyebabkan kesulitan dalam menginterpretasi struktur geologi. Salah satu metode yang bertujuan untuk meningkatkan resolusi adalah menggunakan *reconvolution*.

Reconvolution merupakan suatu metode untuk meningkatkan frekuensi pada setiap *event* data seismik sehingga reflektor tampak lebih tajam. Metode *Reconvolution* ini dilakukan dengan cara mengkonvolusi reflektifitas *sparse spike* data seismik dengan *wavelet* yang kandungan frekuensinya lebih tinggi (Young,2005).

Reconvolution dapat diterapkan relatif mudah dan lebih cepat dibandingkan dengan *reprocessing* menggunakan *workflow* konvensional yang umumnya menghabiskan waktu tiga sampai sembilan bulan.

Metode *reconvolution* telah dilakukan oleh beberapa peneliti diantaranya Young [1] dan Kumar [2]. Akan tetapi, mereka hanya menerapkannya pada data *post-stack* untuk *enhance structur interpretation*, tanpa melakukan analisa dampak proses *reconvolution* terhadap perilaku amplitudo data sesimik. Dengan melakukan analisa lanjutan tersebut akan memberikan peluang untuk penerapan *reconvolution* pada proses interpretasi yang membutuhkan data *preserved amplitude* seperti AVO dan inversi.

DASAR TEORI

Gelombang Seismik

Gelombang seismik yang dihasilkan oleh gempa bumi secara umum diklasifikasikan menjadi dua tipe utama : Gelombang P (*Compreessional Wave*) dan Gelombang S (*Shear Wave*). Komponen gelombang P merambat melalui suatu medium dengan kecepatan V_p ,

dimana arah rambat getaran gelombang sejajar arah penjalaran gelombang, disebut juga gelombang *longitudinal*, *dillatational*, *irrational* dan *compressional*. Pada umumnya gelombang P akan terekam lebih dahulu pada suatu receiver karena kecepatannya paling tinggi. Gelombang ini dapat menjalar pada medium padat dan cair. Komponen gelombang S merambat melalui suatu medium dengan kecepatan V_s , dengan arah rambat getaran gelombang tegak lurus dengan arah penjalaran gelombang, gelombang S ini juga merupakan jenis gelombang *shear*, *transverse* dan *rotational*, sedangkan gelombang S akan terekam setelah kedatangan gelombang P. Gelombang S hanya dapat menjalar pada medium padat.

Adapun kecepatan gelombang P dan gelombang S dapat dituliskan dalam persamaan sebagai berikut:

$$V_p = \sqrt{\frac{k + 2\mu}{\rho}}$$

$$V_s = \sqrt{\frac{\mu}{\rho}}$$

dengan V_p merupakan kecepatan gelombang P (m/s), V_s merupakan kecepatan gelombang S (m/s), k adalah modulus bulk (N/m^2), μ adalah modulus geser (N/m^2) dan ρ adalah densitas medium (kg/m^3).

Reflektifitas

Reflektivitas merupakan kontras Impedansi Akustik (IA) pada batas lapisan batuan yang satu dengan lapisan batuan yang lain. Besar kecilnya nilai reflektivitas selain tergantung pada Impedansi Akustik, juga tergantung pada sudut datang gelombang atau jarak sumber-penerima. Di dalam seismik refleksi, reflektivitas biasanya ditampilkan pada jarak sumber-penerima sama dengan nol (*zero offset*) sehingga dapat ditulis sebagai persamaan berikut:

$$R = \frac{Z_2 - Z_1}{Z_2 + Z_1}$$

dengan

$$z = \rho V$$

R merupakan reflektivitas, z merupakan impedansi akustik dan V merupakan kecepatan gelombang [3].

Teori Konvolusi Seismik

Konvolusi merupakan suatu operasi matematika dari reflektivitas bumi dengan fungsi sumber seismik ditambah oleh noise sehingga menghasilkan *trace* seismik. Konvolusi dinotasikan dengan (*), dengan persamaannya sebagai berikut:

$$S(t) = W(t)*r(t) + n(t)$$

$S(t)$ merupakan *trace* seismik, $W(t)$ merupakan *wavelet* seismik, $r(t)$ merupakan reflektivitas bumi dan $n(t)$ merupakan noise [4].

Resolusi Vertikal

Resolusi diartikan sebagai jarak minimum antara dua lapisan yang mampu dipisahkan oleh gelombang seismik [5].

Resolusi vertikal adalah kemampuan gelombang seismik untuk memisahkan lapisan atas dengan lapisan yang berada dibawahnya secara vertikal. *Event* refleksi antara lapisan atas dan lapisan bawah akan nampak terpisah dengan ketebalan $\frac{1}{4}$ dari panjang gelombang, sedangkan apabila ketebalan kurang dari itu akan tampak seperti satu *event* refleksi. Pemisahan secara vertikal yang minimal dapat diperlihatkan disebut sebagai *tuning thickness* [6].

Nilai panjang gelombang bergantung pada kecepatan dan frekuensi, yang mana dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\lambda = \frac{V}{f}$$

dimana λ merupakan panjang gelombang (m), v adalah kecepatan (m/s) dan f adalah frekuensi dominan (Hz).

Amplitude Variation Offset (AVO)

AVO pertama kali ditunjukkan sebagai suatu teknik untuk memvalidasi anomali pada seismik yang berasosiasi dengan kehadiran gas pada suatu reservoir [7]. Anomali amplitudo muncul sebagai akibat dari penurunan koefisien refleksi gelombang seismik secara drastis dari puncak lapisan mengandung gas bila dibandingkan koefisien refleksi dari lapisan-lapisan yang ada disekitarnya. Anomali yang terjadi disebut *bright spot*, dalam prakteknya tidak semua *bright spot* menunjukan kehadiran gas karena seperti batubara, lapisan yang sangat berpori ataupun rekahan-rekahan, lapisan garam, konglomerat, turbidit dan *tuning effect* dari lapisan-lapisan tipis dapat menunjukan anomali tersebut pada penampang seismik. Oleh karena itu, AVO dikembangkan untuk meminimalisir ambiguitas tersebut.

AVO muncul akibat adanya partisi energi pada bidang reflektor. Sebagian energi dipantulkan dan sebagian lainnya ditransmisikan. Ketika gelombang seismik menuju batas lapisan pada sudut datang tidak sama dengan nol maka konversi gelombang P menjadi gelombang S terjadi. Sebagai konsekuensinya, koefisien refleksi menjadi fungsi dari kecepatan gelombang (Vp), kecepatan gelombang S (Vs), densitas (ρ) dari setiap lapisan, serta sudut datang (θ) sinar seismik.

Amplitudo tiap gelombang pada bidang batas diperkenalkan oleh Zoeppritz yang menggambarkan koefisien refleksi dan transmisi sebagai dari sudut datang pada media elastik (densitas, kecepatan gelombang P/Vp , kecepatan gelombang S/Vs). Knott dan Zoeppritz melakukan analisa koefisien refleksi berdasarkan hal tersebut dan persamaan dapat dituliskan dalam bentuk sebagai berikut:

$$\begin{bmatrix} \sin \theta_1 & \cos \phi_1 & -\sin \theta_2 & \cos \phi_2 \\ -\cos \theta_1 & \sin \phi_1 & -\cos \theta_2 & -\sin \phi_2 \\ \sin 2\theta_1 & \frac{Vp_1}{Vs_1} \cos 2\phi_1 & \frac{\rho_2 Vs_2^2 Vp_1}{\rho_1 Vs_1^2 Vp_2} \sin 2\theta_2 & -\frac{\rho_2 Vs_2 Vp_1}{\rho_1 Vs_1^2} \cos 2\phi_2 \\ \cos 2\theta_1 & -\frac{Vs_1}{Vp_1} \sin 2\phi_1 & -\frac{\rho_2 Vp_2}{\rho_1 Vp_1} \cos 2\phi_2 & -\frac{\rho_2 Vs_2}{\rho_1 Vp_1} \sin 2\phi_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R_{pp} \\ R_{ps} \\ T_{pp} \\ T_{ps} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\sin \theta_1 \\ -\cos \theta_1 \\ \sin 2\theta_1 \\ -\cos 2\theta_1 \end{bmatrix}$$

dimana R_{pp} adalah koefisien refleksi dari gelombang P, R_{ps} adalah koefisien refleksi dari gelombang S, T_{pp} adalah koefisien transmisi

dari gelombang P, T_{ss} adalah koefisien transmisi dari gelombang S, θ_1 adalah sudut refleksi gelombang P, θ_2 adalah sudut transmisi gelombang P, ϕ_1 adalah sudut refleksi gelombang P, ϕ_2 adalah sudut transmisi gelombang S dan ρ adalah densitas.

Dari persamaan zeoppritz tersebut, Shuey (1985) menyusun kembali persamaan berikut berdasarkan sudut datang, kemudian didapatkan dua macam atribut yaitu *intercept* dan *gradient*, yang mana dapat dituliskan dengan persamaan sebagai berikut:

$$R(\theta) = A + B \sin^2 \theta$$

A adalah reflektivitas *normal incidence* atau *intercept* dan B adalah *gradient* koefisien refleksi terhadap sudut datang.

Metode Peningkatan Frekuensi Data Seismik

Terdapat beberapa metode dalam meningkatkan frekuensi data seismik diantaranya metode tersebut adalah *spiking deconvolution*, *Q compensation*, *loop reconvolution*.

Spiking Deconvolution

Spiking deconvolution merupakan metode konvensional untuk meningkatkan resolusi data seismik [8], yang mana desain metode ini adalah dengan *inverse filter* untuk merubah *wavelet* seismik menjadi *impuls*. Metode ini mampu membuat *event* yang lebar akibat frekuensi rendah menjadi *event* yang tajam dan lebih kontinu.

Q Compensation

Metode yang umum digunakan untuk mengkompensasi hilangnya frekuensi adalah *inverse Q*. Teori inti dari *Q* adalah absorpsi menyebabkan pulsa seismik menjadi lebar dan penurunan amplitudo dalam domain waktu serta kehilangan spektral *bandwidth* dalam domain frekuensi. Metode ini dilakukan sebagai cara menghilangkan efek *Q* untuk menghasilkan resolusi data seismik yang tinggi [9].

Reconvolution

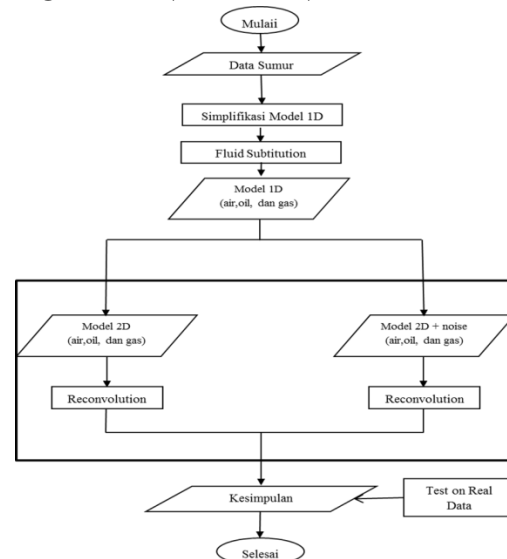
Metode ini merupakan metode inovasi dalam peningkatan frekuensi data seismik yang mana prinsip dasarnya dideskripsikan oleh Young

[10]. *Reconvolution* merupakan suatu metode yang mengoptimalkan frekuensi pada setiap *event* data seismik sehingga menghasilkan *event* data seismik secara tajam. Metode ini dilakukan dengan cara mengkonvolusi reflektivitas *sparse spike* data seismik dengan *wavelet* yang lebih besar frekuensinya.

Wedge Model

Wedge model adalah alat untuk menggambarkan interaksi refleksi dari dua buah bidang batas yang konvergen, dan dengan membuat model ini kita dapat mengetahui efek interferensi, efek interferensi terjadi pada daerah yang memiliki ketebalan dibawah *tuning thickness*. Pada model ini *tuning effect* terjadi karena adanya perubahan ketebalan dimana reflektor batas atas dengan batas bawah dapat dipisahkan pada bagian *wedge model* yang tebal dan tidak dapat dipisahkan atau menyatu pada model *wedge model* yang tipis.

METODE PENELITIAN



Penelitian dilakukan untuk mengetahui sejauh mana metode *reconvolution* mampu mempertahankan amplitudo data seismik

Instrumen utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah seperangkat komputer *dual monitor*, instrumen pendukungnya ialah

software Hampson Russel CE-9 R-1.2 dan *software* Epos.

Penelitian dilakukan dengan pengumpulan *data log* dan data seismik kemudian dilanjutkan dengan pengolahan menggunakan *software* Hampson Russel dan *software* Epos. Pada *software* Hampson Russel terdapat fasilitas Geoview digunakan untuk menyimpan *database* data sumur yang akan digunakan untuk proses berikutnya, Geoview juga dapat menjalankan semua fasilitas-fasilitas yang ada pada *software* Hampson Russel sehingga akan selalu terhubung dengan data sumur. AVO digunakan untuk membuat model sintetik *gather* dan melakukan analisis gradien AVO, Well explorer digunakan untuk mencari data *well* yang akan digunakan sebagai penentu nilai kecepatan P, kecepatan S, dan densitas, dan eLog digunakan untuk mengedit serta menganalisis data sumur serta membuat *crossplot* dari data-data log, hasil analisis dari eLog selanjutnya akan digunakan dalam proses *well seismic tie*. *Software* Epos digunakan untuk *export* data seismik dan data sumur.

Langkah pertama yang dilakukan adalah menentukan nilai kecepatan P, kecepatan S dan densitas pada data log, ketiga data log tersebut dibutuhkan untuk membuat sintetik *well model* 1D yang mampu menggambarkan zona reservoir. Proses selanjutnya adalah melakukan *fluid substitution* untuk kasus reservoir berasosiasi dengan air, minyak dan gas. *Fluid substitution* berguna untuk mengetahui *trend* AVO *behavior* pada reservoir yang berasosiasi dengan fluida yang berbeda. Setelah membuat simplifikasi model pada kondisi fluida yang berbeda tahapan selanjutnya ialah membuat sintetik *wedge model* 2D *pre-stack* dan *post-stack* pada masing-masing jenis reservoir yang berbeda kandungannya, model tersebut diperoleh dengan cara mengkonvolusikan *wavelet* pada *reflektifitas* dari *well model* 1D. Proses selanjutnya adalah *introduce noise* pada sintetik *wedge model* 2D tersebut. Setelah memiliki beberapa variasi model tersebut, tahapan berikutnya adalah melakukan analisis AVO pada *pre-stack* model dan analisis efek *tuning thickness* pada *post-stack* model.

Analisis AVO bertujuan untuk mengetahui sejauh mana perubahan perilaku amplitudo terhadap perubahan kandungan fluida pada reservoir, sedangkan analisis efek *tuning thickness* bertujuan untuk mengetahui *thickness* minimal antara *event-event* reflektor yang masih mampu dipisahkan oleh gelombang seismik.

Setelah mengetahui perilaku amplitudo terhadap perubahan kandungan fluida dalam reservoir dan efek *tuning thickness*, tahap selanjutnya adalah menerapkan metode *reconvolution* dengan frekuensi dominan 50 Hz, 60 Hz, 65 Hz, dan 70 Hz. Metode tersebut diterapkan pada semua model geologi yang telah dibuat sehingga diketahui sejauh mana perubahan perilaku amplitudo dan perubahan *tuning thickness* dibandingkan dengan sebelum dilakukan metode tersebut.

Setelah mengetahui sejauh mana metode *reconvolution* mampu mempertahankan *trend* perilaku amplitudo pada data seismik sintetik dan Tahapan berikutnya adalah mengaplikasikan metode tersebut pada *real* data lapangan "X". Data yang digunakan adalah data *log sonic* dan *density* serta menggunakan data seismik *pre-stack* 3D pada lapangan "X". Proses yang pertama kali dilakukan adalah menganalisa data sumur menggunakan fasilitas eLog sehingga dapat diketahui zona target daerah penelitian. Setelah mengetahui zona target tahap selanjutnya adalah melakukan *marker picking* pada zona target tersebut, yang mana zona target yang telah di-*marker* digunakan untuk menentukan reflektor pada data seismik yang merepresentasikan *top* reservoir.

Atribut AVO yang digunakan sebagai indikator adalah *intercept* (A), *gradient* (B), dan *product* (A*B), atribut AVO tersebut digunakan untuk membandingkan konsistensi amplitudo antara data seismik sebelum dan sesudah dilakukan metode *reconvolution*. Metode yang digunakan untuk membandingkan atribut tersebut adalah histogram. Histogram adalah salah satu cara untuk mengetahui distribusi data secara keseluruhan dari suatu

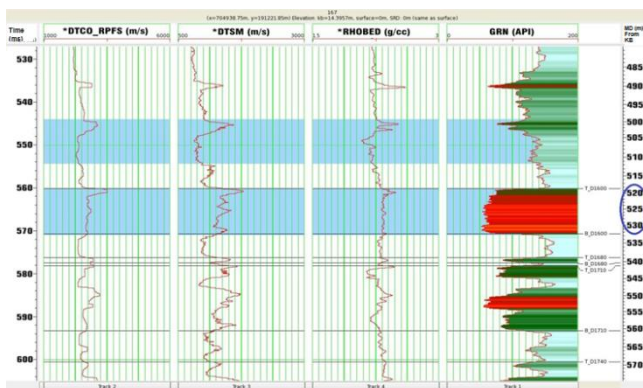
populasi, dengan membandingkan histogram dari masing-masing atribut pada kondisi sebelum dan setelah *reconvolution* akan bisa disimpulkan apakah perilaku amplitudonya tetap ataukah berubah.

Analisis atribut AVO pada data *real* dilakukan berdasarkan informasi yang disimpulkan dari pemodelan data sumur mengenai perilaku atribut AVO (A,B,A*B) terhadap kondisi saturasi fluida yang berbeda-beda. Informasi tersebut kemudian digunakan untuk membantu memperkirakan sebaran zona hidrokarbon berdasarkan nilai A,B dan A*B.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Data Sumur

Analisis data sumur digunakan untuk menentukan zona target reservoir dan *seal* yang akan dijadikan sebagai acuan dalam membuat simplifikasi model. Data sumur yang digunakan dalam analisis dapat dilihat pada gambar berikut:

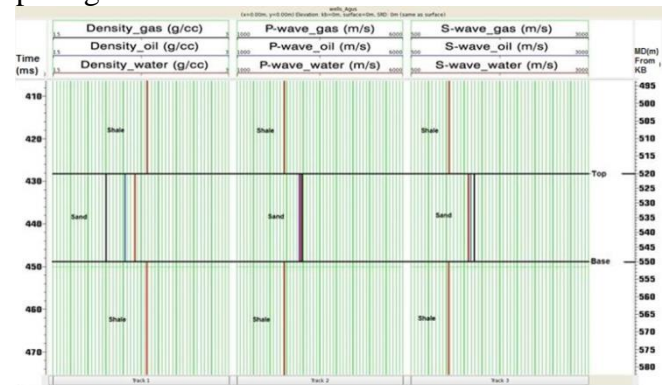


Gambar 1. Data log Sonic, S-wave, Density dan Gamma ray .

Data log merupakan suatu grafik kedalaman dari satu set data yang menunjukkan parameter yang diukur secara kontinu didalam sebuah sumur. Adapun log-log yang digunakan pada penelitian ini adalah log Sonic pada track pertama, log S-wave pada track kedua, log density pada track ketiga dan Gamma Ray pada track keempat. Log Gamma Ray berada pada skala 0-200 API, yang mana Gamma Ray yang rendah ditunjukkan dengan adanya defleksi kekiri dari data log. Nilai Gamma

Ray rendah diinterpretasikan bahwa zona tersebut mengandung sedikit bahan radioaktif (Uranium, Thorium, dan Potassium). Nilai Gamma Ray yang rendah merupakan indikasi interval sand dan nilai Gamma Ray yang tinggi menunjukkan interval shale. Log Gamma Ray pada gambar 5.1 memberikan informasi bahwa terdapat beberapa reservoir. Akan tetapi, zona target reservoir yang menjadi ajuan dalam membuat simplifikasi model berada pada T_ES1600 sampai B_ES1600 dikedalam 515 meter sampai dengan 533 meter dari Kelly Bushing yang dapat dilihat pada gambar 5.1 yang di-highlight berwarna biru. Zona target reservoir T_ES1600 sampai B_ES1600 dipilih sebagai ajuan membuat simplifikasi model dikarenakan zona reservoir tersebut lebih tebal dibandingkan zona reservoir lain serta zona target tersebut memiliki kontras properti yang signifikan. Kontras properti dapat dilihat pada data log Sonic, log S-wave dan log density. Log Sonic berada pada skala 1000- 6000 m/s, log S-wave berada pada skala 500-3000 m/s dan log Density berada pada skala 1,5-3 g/cc. Pada persamaan 3.4 perkalian log sonic dan log density merepresentasikan log impedansi akustik. Berdasarkan kontras properti pada data log antara reservoir dan batuan tudung (*seal*), kondisi reservoir pada penelitian ini merupakan reservoir yang *high impedance*.

Simplifikasi model dibuat berdasarkan penentuan rata-rata dan *fluids substitution* nilai kecepatan P, kecepatan S serta densitas pada zona reservoir dan setelah dilakukan dan litologi shale. Simplifikasi model dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Simplifikasi Model

Pada simplifikasi model zona reservoir memiliki nilai kecepatan P sebesar 2900 m/s, kecepatan S 1306 m/s, dan densitas 2,2 g/cc sedangkan pada litologi Shale memiliki nilai kecepatan P sebesar 2429 m/s, kecepatan S 1029 m/s dan densitas 2,3 g/cc.

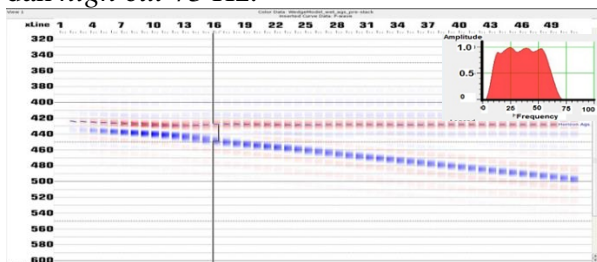
Setelah dilakukan substitusi fluida pada kondisi saturasi 100% gas diperoleh nilai kecepatan P 2946,65 m/s, kecepatan S 1388,8 m/s dan densitas 1,95 g/cc. Sedangkan untuk kondisi saturasi 100% minyak diperoleh nilai kecepatan P 2885,85 m/s, kecepatan S 1332,52 m/s, dan densitas 2,11 g/cc.

Pemodelan

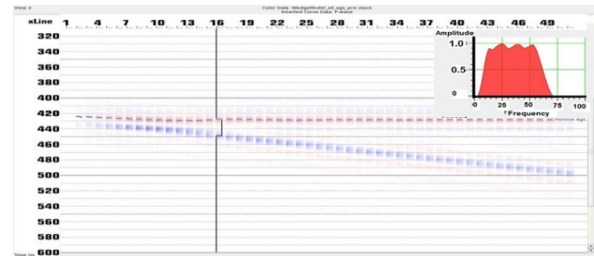
Pemodelan dilakukan dengan membuat suatu model geologi membaji atau *wedge model* dengan ketebalan yang divariasikan dari yang terkecil ke yang terbesar. Variasi ketebalan yang digunakan pada pemodelan ini dimulai pada ketebalan nol meter sampai dengan ketebalan seratus meter pada kedalaman 520 m sampai 550 m dan pada zona tersebut diasumsikan sebagai zona reservoir. Pada model tersebut dilakukan beberapa variasi diantaranya melakukan *introduce noise* pada model dan pengaplikasian metode *reconvolution* untuk model sebelum serta setelah dilakukan *introduce noise*.

Wedge Model 2D Pre-Stack

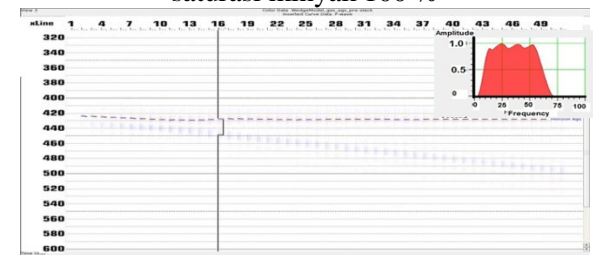
Dalam pemodelan *wedge model 2D pre-stack*, digunakan *wavelet* bandpass dengan *low cut* frekuensi 4 Hz, *low pass* 17 Hz, *high pass* 55 Hz, dan *high cut* 73 Hz.



Gambar 3. *Wedge model 2D pre-stack* kondisi insitu air 100 %



Gambar 4. *Wedge model 2D pre-stack* kondisi saturasi minyak 100 %

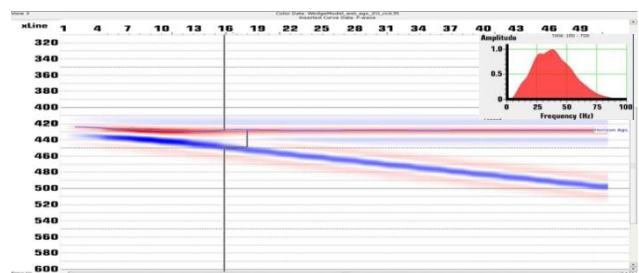


Gambar 5. *Wedge model 2D pre-stack* kondisi saturasi gas 100 %

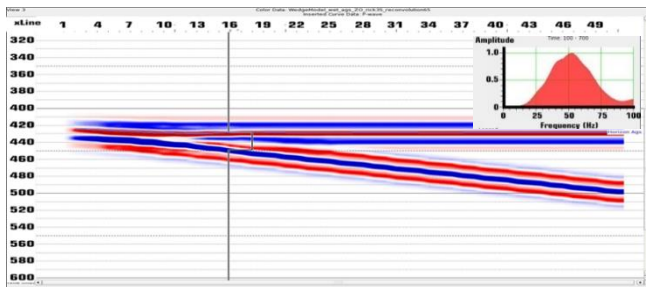
Gambar 6. *Reconvolution* dengan frekuensi 50 Hz pada *wedge model 2D pre-stack* sebelum dilakukan *introduce noise* kondisi air 100 %

Wedge Model 2D Post- Stack

Pemodelan *wedge model 2D post-stack* menggunakan *wavelet ricker* dengan frekuensi dominan 35 Hz. *Wedge model 2D post stack* merupakan hasil dari proses *stacking* pada model *pre-stack* yang mana dari proses tersebut akan diperoleh suatu penampang seismik *wedge model*.



Gambar 6. *Wedge model 2D post-stack*

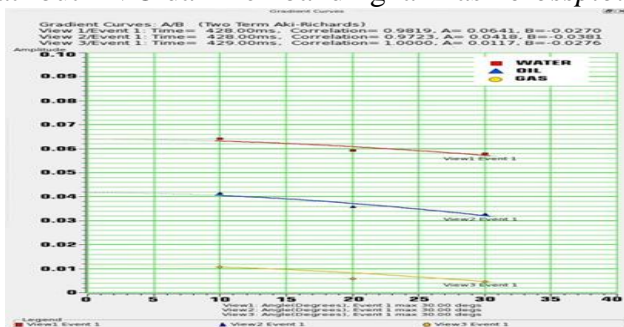


Gambar 7. Reconvolution dengan frekuensi dominan 65 Hz pada wedge model 2D post-stack

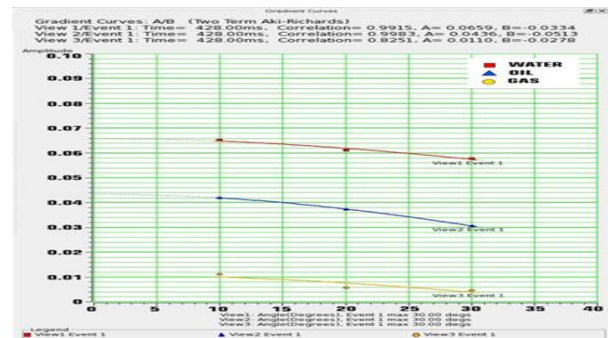
Analisis AVO

Atribut yang digunakan dalam analisis AVO adalah *intercept* (A) dan *gradient* (B). *Intercept* (A) adalah koefisien reflektifitas pada *zero offset* yang nilainya bergantung dengan nilai kecepatan gelombang P dan densitas. *Gradient* (B) adalah besarnya nilai kemiringan dari plot *intercept* (A) yang nilainya bergantung dengan nilai kecepatan P, kecepatan S, dan densitas. *Gradient* (B) mempunyai pengaruh besar terhadap variasi amplitudo terhadap *offset*.

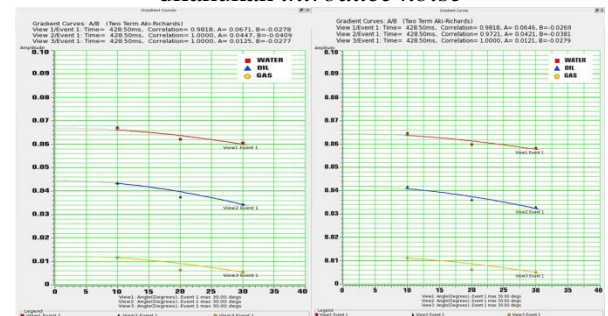
Analisis AVO digunakan sebagai validasi terhadap metode *reconvolution*. Validasi dilakukan untuk mengetahui sejauh mana metode *reconvolution* mampu mempertahankan perilaku amplitudo dengan membandingkan hubungan atribut AVO dan membandingkan hasil *crossplot*.



Gambar 8. Analisis AVO sebelum dilakukan *introduce noise*



Gambar 9. Analisis AVO setelah dilakukan *introduce noise*



Gambar 10. Analisis AVO setelah *reconvolution* pada data sebelum dan setelah dilakukan *introduce noise*

Nilai *intercept* dan *gradient* pada data sebelum dan setelah *reconvolution* dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 1 Nilai *intercept* dan *gradient* sebelum dan setelah *reconvolution*

No	Treatment	Insitu		Saturasi minyak		Saturasi gas	
		Intercept	Gradient	Intercept	Gradient	Intercept	Gradient
1.	Original data	0.0641	-0.0270	0.0418	-0.0381	0.0117	-0.0276
2.	Original data After recon 50	0.0671	-0.0278	0.0447	-0.0409	0.0125	-0.0277
3.	Original data After recon 60	0.0646	-0.0269	0.0421	-0.0381	0.0121	-0.0279
4.	Original data After recon 65	0.0640	-0.0267	0.0417	-0.0378	0.0109	-0.0264
5.	Original data After recon 70	0.0637	-0.0266	0.0415	-0.0376	0.0109	-0.0264
6.	Original data + noise	0.0659	-0.0334	0.0436	-0.0513	0.0110	-0.0278
7.	Original data + noise After recon 50	0.0692	-0.0333	0.0459	-0.0559	0.0115	-0.0277
8.	Original data + noise After recon 60	0.0664	-0.0317	0.0443	-0.0548	0.0124	-0.0295
9.	Original data + noise After recon 65	0.0658	-0.0319	0.0439	-0.0549	0.0110	-0.0276
10.	Original data + noise After recon 70	0.0655	-0.0321	0.0437	-0.0553	0.0110	-0.0276

Pada tabel 1 untuk kondisi fluida yang berbeda pada reservoir memiliki nilai *intercept* (A) dan *gradient* (B) yang berbeda. Pada kondisi *insitu* memiliki nilai *intercept* (A) yang lebih besar dibandingkan dengan kondisi reservoir tersaturasi minyak dan gas. Perbedaan nilai *intercept* (A) disebabkan karena terdapat kontras nilai impedansi akustik (AI) yang berbeda. Impedansi akustik (AI) pada reservoir

kondisi *insitu* lebih besar dibandingkan kondisi reservoir tersaturasi minyak dan gas. Selain perbedaan kondisi fluida pada reservoir, keberadaan *noise* dan penentuan *wavelet* juga mempengaruhi nilai *intercept* (A) dan *gradient* (B). Semakin besar *noise* maka semakin kecil S/N (*signal to noise*) sehingga nilai *intercept* (A) dan *gradient* (B) semakin besar.

Jika ditinjau secara keseluruhan dapat dilihat bahwa nilai *intercept* (A) dan *gradient* (B) sebelum atau setelah dilakukan *reconvolution* tidak mengalami perubahan yang signifikan. Adapun besar perubahan atau *error* antara nilai *intercept* (A) dan *gradient* (B) setelah dilakukan *reconvolution* bergantung dengan kondisi fluida pada reservoir, *wavelet* yang digunakan pada proses *reconvolution* dan keberadaan *noise* sebagaimana telah dijelaskan sebelumnya. Nilai *error intercept* (A) dan *gradient* (B) pada kondisi sebelum dilakukan *introduce noise* dapat dilihat pada tabel 2 Sedangkan nilai *error intercept* (A) dan *gradient* (B) pada kondisi setelah dilakukan *introduce noise* dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 2 Nilai *error intercept* (A) dan *gradient* (B) sebelum dilakukan *introduce noise*

No	Treatment	Insitu (%)		Saturasi minyak (%)		Saturasi (gas) (%)	
		error (A)	error (B)	error (A)	error (B)	error (A)	error (B)
1	Original data Afterrecon 50 Hz	4.5	2.9	6.5	6.8	6.4	0.4
2	Original data Afterrecon 60 Hz	0.8	0.4	0.7	0.0	3.3	1.1
3	Original data Afterrecon 65 Hz	0.2	1.1	0.2	0.8	7.3	4.5
4	Original data Afterrecon 70 Hz	0.6	1.5	0.7	1.3	7.3	4.5

Berdasarkan tabel 2 pada *reconvolution* dengan menggunakan *wavelet* 50 Hz memiliki rata-rata nilai *error* sebesar 4,6%, *reconvolution* menggunakan *wavelet* 60 Hz memiliki rata-rata *error* sebesar 1,0%, *reconvolution* menggunakan *wavelet* 65 Hz memiliki rata-rata *error* sebesar 2,4%, dan *reconvolution* menggunakan *wavelet* 70 Hz memiliki rata-rata *error* sebesar 2,7%.

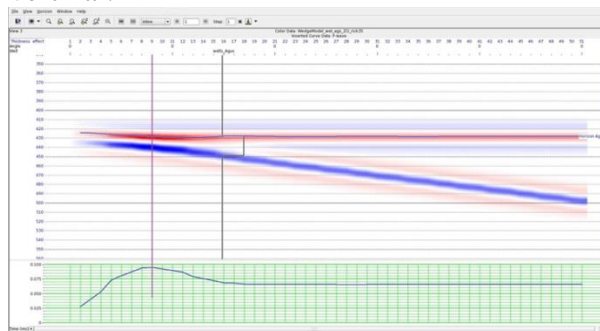
Tabel 2 Nilai *error intercept* (A) dan *gradient* (B) setelah dilakukan *introduce noise*

No	Treatment	Saturasi minyak					
		Insitu (%)		Saturasi (%)		Saturasi (gas) (%)	
		error (A)	error (B)	error (A)	error (B)	error (A)	error (B)
1	Original data +noise Afterrecon 50 Hz	4.8	0.3	5.0	8.2	4.3	0.4
2	Original data +noise Afterrecon 60 Hz	0.8	5.4	1.6	6.4	11.3	5.8
3	Original data +noise Afterrecon 65 Hz	0.2	4.7	0.7	6.6	0.0	0.7
4	Original data +noise Afterrecon 70 Hz	0.6	4.0	0.2	7.2	0.0	0.7

Berdasarkan tabel 3 pada *reconvolution* dengan menggunakan *wavelet* 50 Hz memiliki rata-rata nilai *error* sebesar 3,8%, *reconvolution* menggunakan *wavelet* 60 Hz memiliki rata-rata *error* sebesar 5,2%, *reconvolution* menggunakan *wavelet* 65 Hz memiliki rata-rata *error* sebesar 2,1%, dan *reconvolution* menggunakan *wavelet* 70 Hz memiliki rata-rata *error* sebesar 2,1%.

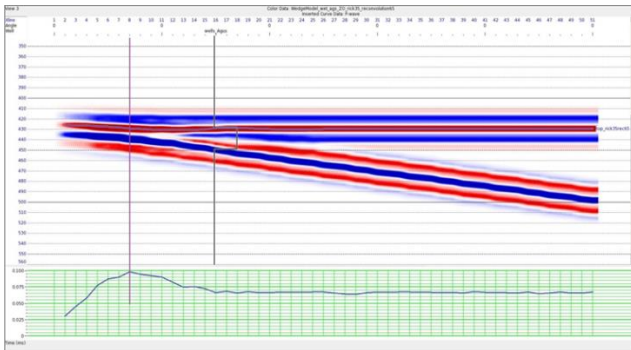
Analisis Tuning Thickness

Analisis *tuning thickness* dilakukan untuk mengetahui sejauh mana proses *reconvolution* mampu meningkatkan resolusi vertikal.



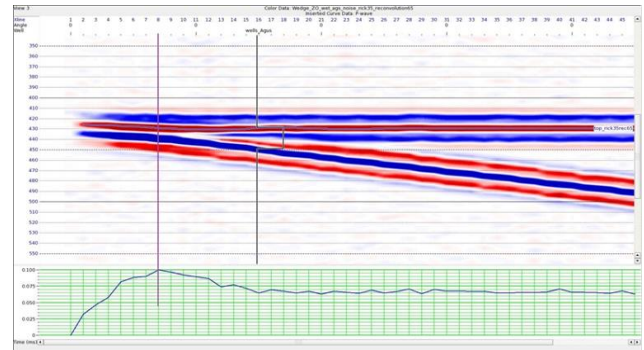
Gambar 11 Analisis *tuning thickness* pada model sebelum dilakukan *introduce noise* dan *reconvolution*

Pada gambar 11 memiliki frekuensi dominan 35 Hz, frekuensi tersebut merupakan frekuensi yang umumnya ada pada data seismik. Dengan menggunakan frekuensi tersebut diharapkan mampu merepresentasikan kondisi *real* data seismik pada umumnya. Frekuensi tersebut mampu untuk memisahkan lapisan tipis pada ketebalan minimal 16 m yang berada pada Xline 9.



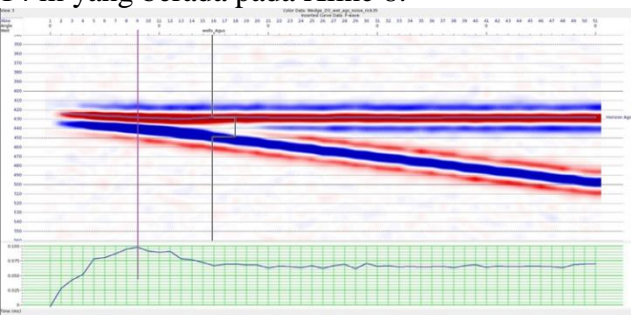
Gambar 12 Analisis *tuning thickness* pada model sebelum dilakukan *introduce noise* dan setelah *reconvolution*

Pada gambar 12 merupakan *wedge model* yang telah dilakukan *reconvolution*. *Wavelet* yang digunakan dalam *reconvolution* adalah *wavelet ricker* dengan frekuensi 65 Hz. Pada model yang telah dilakukan *reconvolution* mampu memisahkan lapisan tipis pada ketebalan minimal 14 m yang berada pada Xline 8.



Gambar 14 Analisis *tuning thickness* pada model setelah dilakukan *introduce noise* dan setelah *reconvolution*

Pada gambar 14 merupakan *wedge model* yang telah di-*introduce noise* dan dilakukan *reconvolution* dengan *wavelet* 65 Hz. Pada model tersebut zona *tuning thickness* minimal adalah 14 m. Zona *tuning thickness* tersebut berada pada Xline 8.

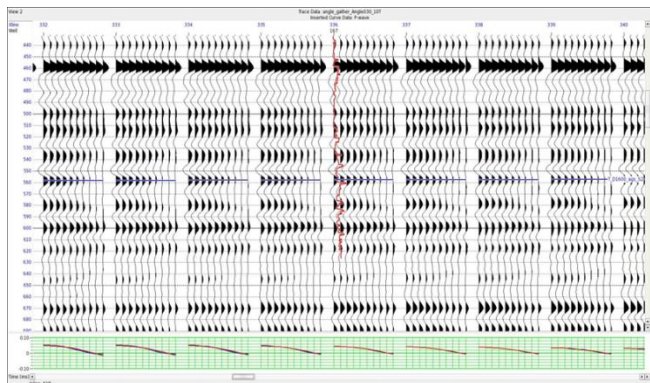


Gambar 13 Analisis *tuning thickness* pada model setelah dilakukan *introduce noise* dan sebelum *reconvolution*

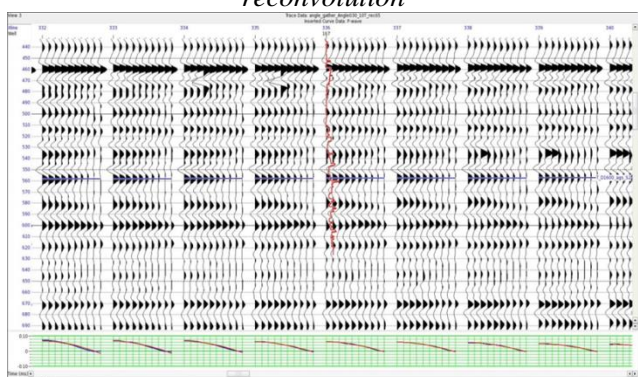
Pada gambar 13 merupakan *wedge model* yang telah di-*introduce noise*. Keberadaan *noise random* tidak mempengaruhi *tuning thickness* secara signifikan dari model, pada model tersebut zona *tuning thickness* minimal adalah 16 m yang berada pada Xline 9.

Apply Real Data Seismik

Apply real data seismik penelitian ini digunakan data Seismik 3D *gather* yang telah melalui proses *Pre-stack time migration* (PSTM). Volume data seismik berada pada inline 450 sampai dengan inline 670 dan xline 260 sampai dengan 480 pada lapangan "X". Pada daerah penelitian terdapat tiga sumur yaitu sumur 212, sumur 007, dan sumur 008. Pada seismik dilakukan proses *reconvolution* dengan *wavelet* 65 Hz. Data seismik sebelum dan setelah dilakukan *reconvolution* akan dilakukan analisis AVO pada daerah sumur 212 dan analisis atribut volume AVO pada seluruh daerah penelitian. Pada *real data* seismik dilakukan Analisis AVO pada setiap CDP dan Analisis AVO *atribute* volume pada seluruh daerah penelitian.



Gambar 15 Analisis AVO real data seismik sebelum reconvolution



Gambar 16 Analisis AVO real data seismik setelah reconvolution

Pada analisis AVO untuk real data seismik dapat diketahui bahwa proses reconvolution tidak merubah trend dari intercept (A) dan gradient (B) pada masing-masing CDP. Intercept (A) tetap bernilai (+) dan gradient (B) tetap bernilai (-) pada real data seismik sebelum dan sesudah dilakukan reconvolution, hal tersebut sesuai dengan validasi pada sintetik model yang telah dilakukan sebelumnya.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengolahan data dan analisis AVO pada metode reconvolution, maka diperoleh kesimpulan:

1. Metode reconvolution mampu memperbaiki resolusi vertikal data seismik. Hal tersebut disebabkan oleh meningkatnya frekuensi dominan seismik dari hasil konvolusi wavelet frekuensi tinggi sehingga panjang gelombang semakin pendek. Peningkatan resolusi terlihat dengan menurunnya

ketebalan tuning baik pada data dengan maupun tanpa noise dari 16 m menjadi 14 m.

2. Berdasarkan model geologi yang telah dibuat dengan dan tanpa noise serta analisis AVO yang dilakukan pada data real sebagai validasi, reconvolution tidak merubah perilaku amplitudo secara signifikan. Nilai intercept (A) dan gradient (B) sedikit bervariasi tergantung frekuensi wavelet yang digunakan akan tetapi deviasi yang terjadi sangat minim sehingga tidak menyebabkan perubahan kelas AVO.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada PT. Chevron Pacific Indonesia, Rumbai, Riau yang telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk melakukan penelitian di sana.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Badley, M.E., 1985, *Practical Seismic Interpretation*, Prentice Hall.
- [2]. Castagna, J.P., Swan, H.W., dan Foster, D.J., 1998, *Framework For AVO Gradient and Intercept Interpretation*, Geophysics, 63, 948-956
- [3]. Hampson, D.P., dan Russel, B.H., 2008, *AVO Workshop Part 1, Course Notes*, CGG Veritas.
- [4]. Kumar, S., Kiran, K., dan Ajoy, B., 2008, *Frequency Enhancement of Seismic Data*, CSEG Recorder, 38-42.
- [5]. Ostrander, W.J., 1984, *Plane-wave reflection coefficient for gas sands at normal incident*, Geophysics, Vol.39, p. 1637-1648.
- [6]. Shuey, R.T., 1985, *Simplification of The Zoeppritz Equation*, Geophysics 50,609-614.

- [7]. Yilmaz, O., 2001, *Seismic Data Analysis: Processing, Interpretation and Inversion*, Society of exploration Geophysics.
- [8]. Young, P., dan Wild, A., 2005, *Cosmetic Enhancement of Seismik Data By Loop Reconvolution*, CSEG convention.
- [9]. Zoeppritz, R., 1919. *On The Reflection and Propagation of Seismic Waves*, *Erdbebenwellen VIII B*; *Gottinger Nachrichten I*, 66-68.