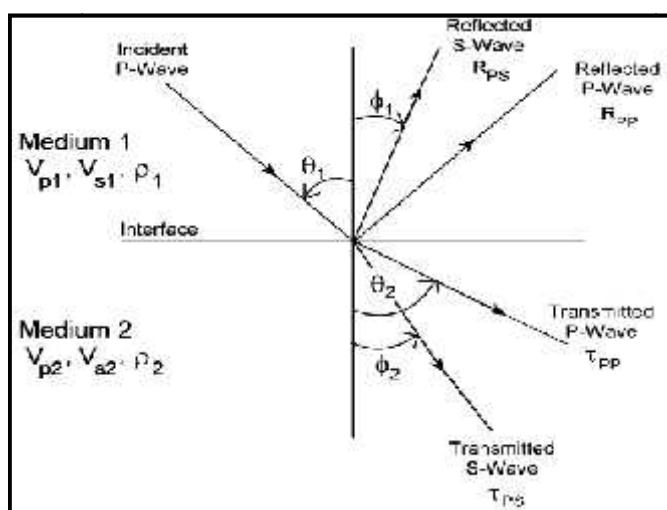


BAB III

TEORI DASAR

3.1. Konsep Refleksi Gelombang Seismik

Prinsip dasar metode seismik, yaitu menempatkan *geophone* sebagai penerima getaran pada lokasi penelitian. Sumber getaran dapat ditimbulkan oleh ledakan dinamit atau suatu pemberat yang dijatuhkan ke tanah (*Weight Drop*). Gelombang yang dihasilkan oleh sumber menyebar ke segala arah dan direkam oleh *geophone* sebagai fungsi waktu yang dapat memperkirakan bentuk lapisan bawah permukaan yang sebenarnya (Gambar 3). Hasil gelombang seismik yang terekam oleh *receiver* akan membawa informasi mengenai litologi dan fluida bawah permukaan dalam bentuk waktu rambat (*travel time*), amplitudo refleksi, dan variasi fasa.



Gambar 3. Sketsa partisi refleksi gelombang seismik (Russel, 1996)

3.2. *Trace* Seismik

Setiap *trace* merupakan hasil konvolusi sederhana dari reflektivitas bumi dengan fungsi sumber seismik ditambah dengan *noise* (Russel, 1996).

$$S(t) = w(t) * r(t) + n(t) \dots \dots \dots \quad (1)$$

dimana, $S(t)$ = trace seismik

w(t) = wavelet seismik

$r(t)$ = reflektivitas bumi, dan

$n(t)$ = noise

3.3. Impedansi Akustik (IA)

Impedansi Akustik (IA) dapat didefinisikan sebagai sifat fisis batuan yang nilainya dipengaruhi oleh jenis litologi, porositas, kandungan fluida, kedalaman, tekanan dan temperatur. Berdasarkan pengertian tersebut, maka IA dapat digunakan sebagai indikator jenis litologi, nilai porositas, jenis hidrokarbon dan pemetaan litologi dari suatu zona reservoar.

IA secara matematis dapat dirumuskan sebagai :

$$IA = \dots .V \quad (2)$$

dengan

... : densitas

V : kecepatan gelombang seismik

Pemantulan gelombang seismik akan terjadi jika ada perubahan atau kontras IA antara lapisan yang berbatasan. Perbandingan antara energi yang dipantulkan dengan energi datang pada keadaan normal dapat dituliskan sebagai :

$$E(pantul)/E(datan g) = KR^2 \quad \dots \dots \dots \quad (3)$$

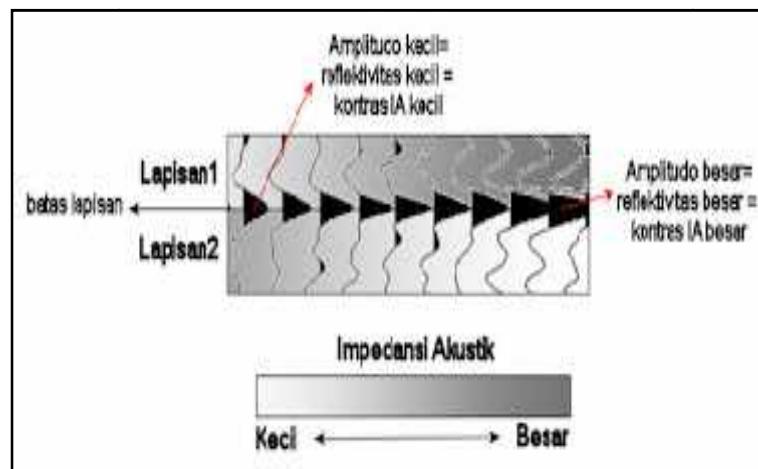
$$KR = \frac{IA2 - IA1}{IA2 + IA1} \quad \dots \quad (4)$$

dengan :

E : Energi IA_1 : Impedansi akustik lapisan atas

KR : Koefisien Refleksi IA_2 : Impedansi akustik lapisan bawah

Harga kontras IA dapat diperkirakan dari harga amplitudo refleksi, dimana semakin besar amplitudo refleksi, maka semakin besar kontras IA-nya. Impedansi akustik seismik memberikan resolusi lateral yang bagus (12,5-25 m), tetapi dengan resolusi vertikal yang buruk (5-10 m) sedangkan IA sumur memberikan resolusi vertikal yang sangat baik (s/d 0,15 m), tetapi resolusi lateralnya buruk.



Gambar 4. Hubungan antara amplitudo, reflektivitas, dan kontras IA (Sukmono, 1999)

3.6. Seismik Atribut

Seismik Atribut adalah segala informasi yang diperoleh dari data seismik baik melalui pengukuran langsung, komputasi maupun pengalaman. Seismik atribut

diperlukan untuk memperjelas anomali yang tidak terlihat secara kasat mata pada data seismik konvensional. Analisis seismik biasanya digunakan untuk memprediksi sifat reservoir seperti porositas, *vshale*, *water saturation*, dll, berdasarkan masukan data atribut seismik. Algoritma di dalam multiatribut analisis cukup beragam.

Atribut seismik merupakan pengolahan data seismik yang cukup baik untuk menggambarkan citra seismik yang lebih baik dan pengukuran zona-zona yang menarik serta untuk menentukan struktur atau lingkungan pengendapan (Chopra dan Marfurt, 2005). Seismik Atribut merupakan sifat kuantitatif dan deskriptif dari data seismik yang dapat didisplai pada skala yang sama dengan data seismik konvensional (Barnes, 1999). Seismik merupakan derivatif suatu pengukuran seismik dasar (Brown, 2000).

Untuk menampilkan zona-zona yang menarik secara langsung dari citra seismik, diperlukan keahlian untuk memilih dan atribut menentukan atribut yang tepat. Anomali *brightspot* merupakan contoh atribut seismik yang secara langsung berhubungan dengan parameter yang menarik, karena biasanya terdapat kandungan gas di dalamnya.

Salah satu sinyal seismik yang umumnya digunakan untuk mendapatkan informasi reservoir adalah amplitudo. Pendekatan interpretatif untuk mengevaluasi reservoir dari atribut amplitudo menggunakan asumsi yang sederhana, yaitu *brightspot* pada peta seismik yang didasarkan pada besar kecilnya amplitudo yang akan lebih tinggi bila saturasi hidrokarbon tinggi, porositas semakin besar, *pay thickness* lebih tebal (walaupun dengan beberapa

komplikasi *tuning effect*). Secara umum bahwa semakin terang *brightspot* (semakin nyata kontras amplitudo) semakin bagus prospeknya.

3.6.1. Atribut *Structural Smoothing*

Atribut ini mengoperasikan *smoothing* dari sinyal *input* yang dipandu oleh struktur lokal dan berguna untuk meningkatkan kemenerusan reflektor seismik. Perhitungan utamanya, yaitu komponen *dip* dan *azimut* yang digunakan untuk menentukan struktur lokal. *Gaussian smoothing* lalu diaplikasikan sejajar dengan orientasi struktur ini (Randen, 2002). *Structural smoothing* lebih baik dalam menampilkan reflektor seismik dibandingkan dengan penampang seismik konvensional. Atribut ini juga dapat digunakan untuk membantu dalam penarikan horizon target karena tampilan seismik yang dihasilkan oleh atribut ini dapat memperjelas kemenerusan reflektor seismik.

3.6.2 Atribut *Variance*

Atribut varian merupakan kebalikan dari koherensi. Atribut ini dihitung dalam 3D yang mewakili *trace* ke *trace* untuk melacak variabilitas pada interval sampel tertentu. Oleh karena itu menghasilkan perubahan lateral yang ditafsirkan dalam impedansi akustik. Jejak yang sama menghasilkan koefisien variansi yang rendah, sedangkan diskontinuitas memiliki koefisien tinggi. Karena kesalahan dan *channel* dapat menyebabkan diskontinuitas dalam satuan batuan sekitar.

Dikutip dari artikel Waluyo pada tahun 2006 bahwa *variance* (S) secara bebas dapat diartikan sebagai ragam nilai suatu data. Ide atribut *variance* berasal dari ilmu geostatistika yang formulanya disajikan sebagai berikut:

$$S^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^k f_i (x_i - \bar{x})^2 \quad \dots \dots \dots \quad (5)$$

Sebenarnya *variance* hanya menyoroti variasi vertikal pada impedansi akustik. Atribut ini membandingkan jejak samping satu sama lain pada setiap posisi sampel. Jika ada perbedaan itu mungkin karena kesalahan atau adanya *noise*. Penggunaan atribut ini harus diaplikasikan dengan *structural smooth attribute* untuk mengurangi *noise*.

3.6.3. Atribut *Isochron Thickness*

Atribut ini diartikan sebagai perbedaan waktu antara dua horizon. Biasanya diukur dalam unit horizon *input* (*milisecond*) dalam domain waktu dan feet/meter dalam domain kedalaman). Menurut metode permukaan, atribut ini menggunakan model permukaan atas dan bawah dari lapisan bawah tanah yang numerik, di dalam volume data seismik dengan tepi permukaan planar yang menghubungkan peristiwa refleksi dari berbagai arah pada 3D jejak seismik. Atribut *isochron* menghitung jumlah *isochron* penebalan atau penipisan suatu *layer* ke arah dip dan azimut perubahan ketebalan maksimum.

3.6.4. Atribut Intensitas Refleksi (*Reflection Intensity*)

Intensitas refleksi adalah rata-rata amplitudo sebuah *window* yang ditentukan yang dikalikan dengan interval sampel. Atribut ini berguna untuk delinasi sifat atribut ketika mempertahankan tampilan frekuensi dari data seismik aslinya.

3.6.5. Atribut Selubung (*Envelope*)

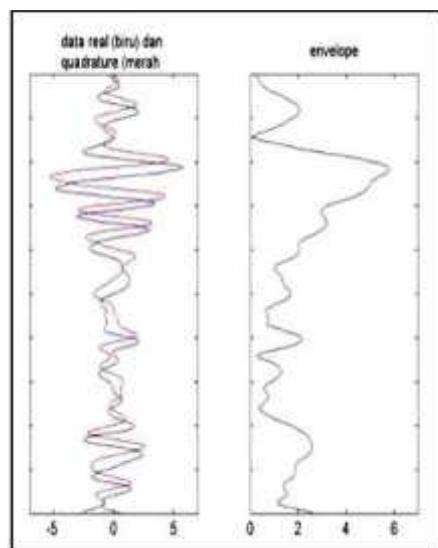
Atribut selubung (*envelope*) merepresentasikan total energi sesaat (*instantaneous*), yaitu nilai amplitudonya bervariasi antara nol sampai amplitudo maksimum tras seismik. Bila amplitudonya tinggi, maka energi juga akan demikian.

$$\text{Env} = \sqrt{f^2 + g^2} \quad \dots \dots \dots \quad (6)$$

dengan :

f = trace real

g = trace imajiner



Gambar 5. Perbandingan antara tras seismik dan *envelope* (Sukmono, 2007)

Envelope berhubungan langsung dengan kontras impedansi akustik, sehingga bermanfaat untuk melihat kontras impedansi akustik, anomali *brightspot*, akumulasi gas, batas sekuen, ketidakselarasan lapisan, perubahan litologi, perubahan lingkungan pengendapan.

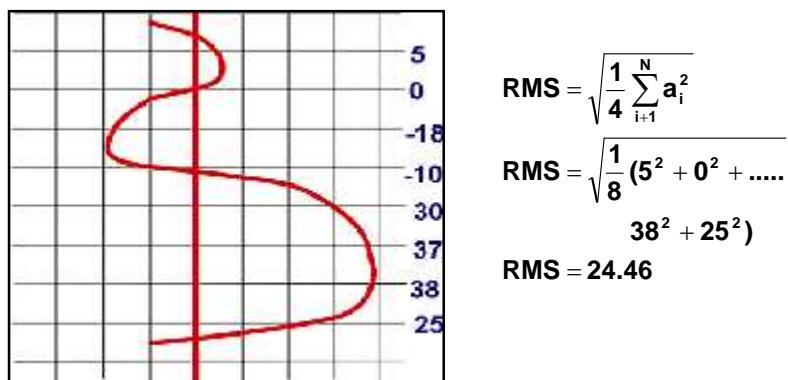
3.6.6. RMS Amplitude

Amplitudo rms merupakan akar dari jumlah energi dalam domain waktu (amplitudo dikuadratkan). Karena nilai amplitudo diakarkan sebelum dirata-ratakan, maka amplitudo RMS sangat sensitif terhadap nilai amplitudo yang ekstrem. Juga berguna untuk melacak perubahan litologi yang ekstrim seperti pada kasus pasir gas dan *channel deltaic*. Dengan persamaan,

$$\text{Amplitudo RMS} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N a_i^2} \quad \dots \dots \dots \quad (7)$$

dimana : N = jumlah sampel amplitudo pada jendela analisis

a = besar amplitudo



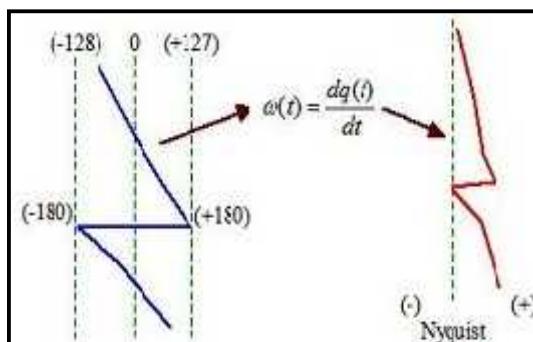
Gambar 6. Ilustrasi penghitungan amplitudo RMS (Sukmono, 2007.)

3.6.7. Atribut Frekuensi Sesaat (*Instantaneous Frequency*)

Fekuensi Sesaat merepresentasikan besarnya perubahan Fasa Sesaat terhadap waktu atau sebagai *slope* jejak Fasa yang diperoleh dari turunan pertama dari Fasa Sesaat.

$$(t) = \frac{d}{dt} \left(\tan^{-1} \left[\frac{f(t)}{f^*(t)} \right] \right) \quad \dots \dots \dots \quad (8)$$

dengan : $\omega(t)$ = frekuensi sesaat $f * (t)$ = jejak seismik imajiner
 $f(t)$ = jejak seismik riil



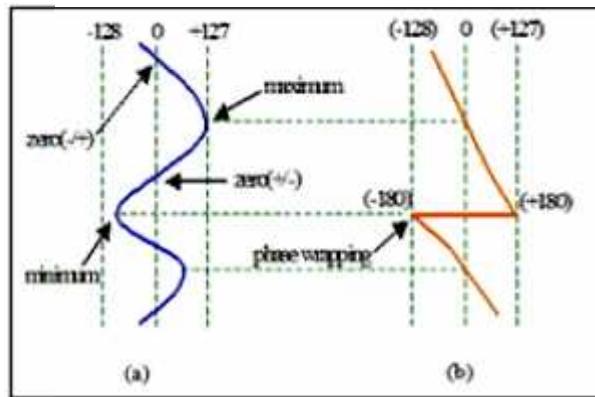
Gambar 7. Perubahan dari puncak ke palung pada jejak seismik dengan perhitungan frekuensi *Nyquist* (Sukmono, 2007)

Frekuensi sesaat memiliki rentang frekuensi dari (-) Frekuensi *Nyquist* sampai (+) Frekuensi *Nyquist*, tetapi sebagian besar Frekuensi Sesaat bernilai positif. Frekuensi sesaat memberikan informasi tentang perilaku gelombang seismik yang mempengaruhi perubahan frekuensi seperti efek absorpsi, rekahan, dan ketebalan sistem pengendapan. Atenuasi gelombang seismik ketika melewati reservoir gas dapat dideteksi sebagai penurunan frekuensi, fenomena ini lebih dikenal dengan “*low frequency shadow*” (Barnes, 1999). Hilangnya frekuensi tinggi menunjukkan daerah *overpressure*.

3.6.8 Atribut Fase Sesaat (*Instantaneous Phase*)

Fasa Sesaat merupakan sudut di antara fasor (rotasi vektor yang dibentuk oleh komponen riil dan komponen imajiner dalam deret waktu) dan sumbu riil sebagai fungsi dari waktu dan selalu mempunyai nilai antara -180° s.d. $+ 180^\circ$. Dalam pengertian umum, saat tras seismik riil berpindah dari puncak ke palung, maka

fasa sesaat berubah dari 0° ke $+180^\circ$. Pada palung, fasa sesaat “terlipat tajam” tajam dari $+180^\circ$ ke 180° .



Gambar 8. Perubahan dari puncak ke palung pada jejak seismik memiliki (a) menghasilkan Fasa Sesaat antara $0 - 180$ derajat. Palung seismik real berfase -180 derajat s/d 180 derajat (Sukmono, 2007).

Secara matematis, persamaan untuk *Instantaneous Phase* (fasa sesaat) dituliskan sebagai berikut :

$$\theta(t) = \tan^{-1} \left[\frac{f(t)}{f^*(t)} \right] \quad \dots \dots \dots \quad (9)$$

dengan : $\theta(t)$ = fasa sesaat $f^*(t)$ = jejak seismik imajiner
 $f(t)$ = jejak seismik riil

Dalam interpretasi seismik, *Instantaneous Phase* (fasa sesaat) digunakan untuk melihat kontinuitas lapisan secara lateral, ketidakmenerusan, batas sekuen, konfigurasi perlapisan, dan digunakan untuk menghitung kecepatan fasa.