

Preservasi Amplitudo Gelombang Seismik

Oleh:

Suprayitno Munadi

I. PENDAHULUAN

Pada tahap awal perkembangan metode seismik, amplitudo gelombang seismik dipakai sebagai indikator untuk menunjukkan adanya reflektor yang ada di bawah permukaan tanah, asal reflektor ini dapat dimunculkan dan diikuti penyebarannya dalam arah lateral ataupun vertikal, maka penanganan amplitudo sudah dianggap cukup. Penyebaran amplitudo dalam arah lateral maupun vertikal merupakan pencerminan dari penyebaran puncak (*top*) struktur-struktur menarik yang berkemungkinan merupakan jebakan-jebakan hidrokarbon yang ada di bawah permukaan. Prinsip ini disebut dengan nama struktur-seismik dan telah dipakai dalam eksplorasi migas mulai tahun 1940 hingga saat ini.

Perkembangan yang mulai muncul sejak tahun 1990-an adalah penerapan konsep-konsep baru yang disebut sebagai petrofisika seismik dan reservoir seismik. Untuk menerapkan konsep-konsep ini maka penanganan amplitudo yang dimaksudkan untuk keperluan struktur menjadi tidak memadai. Amplitudo gelombang seismik dalam petrofisika seismik dan reservoir seismik merupakan kunci untuk dapat diperolehnya informasi-informasi tentang sifat-sifat petrofisika dan sifat-sifat reservoir yang terkandung di dalam gelombang seismik.

Penanganan amplitudo gelombang seismik yang cermat ini berusaha memelihara (melakukan preservasi) amplitudo gelombang seismik secara ekstra hati-hati dengan memakai konsep yang sama sekali berbeda dengan konsep yang dianut sebelumnya seperti TAR (*True Amplitude Recovery*). Untuk keperluan pemeliharaan amplitudo ini prosesnya dinamakan PAR (*Preserved Amplitude Recovery*).

Sebelum membahas secara lebih mendalam tentang bagaimana proses preservasi amplitudo ini dilakukan, ada baiknya untuk memahami terlebih

dahulu faktor-faktor apa saja yang mempengaruhi amplitudo gelombang seismik mulai dari sumber gelombang sampai ke tempat penerima (detektor) bahkan saat dilakukan pengolahan data.

Tulisan ini mengulas beberapa pendekatan yang diperkenalkan oleh para ahli pengolahan data seismik dalam upaya memelihara amplitudo gelombang seismik.

II. FAKTOR-FAKTOR YANG MEMPENGARUHI AMPLITUDO GELOMBANG SEISMIK

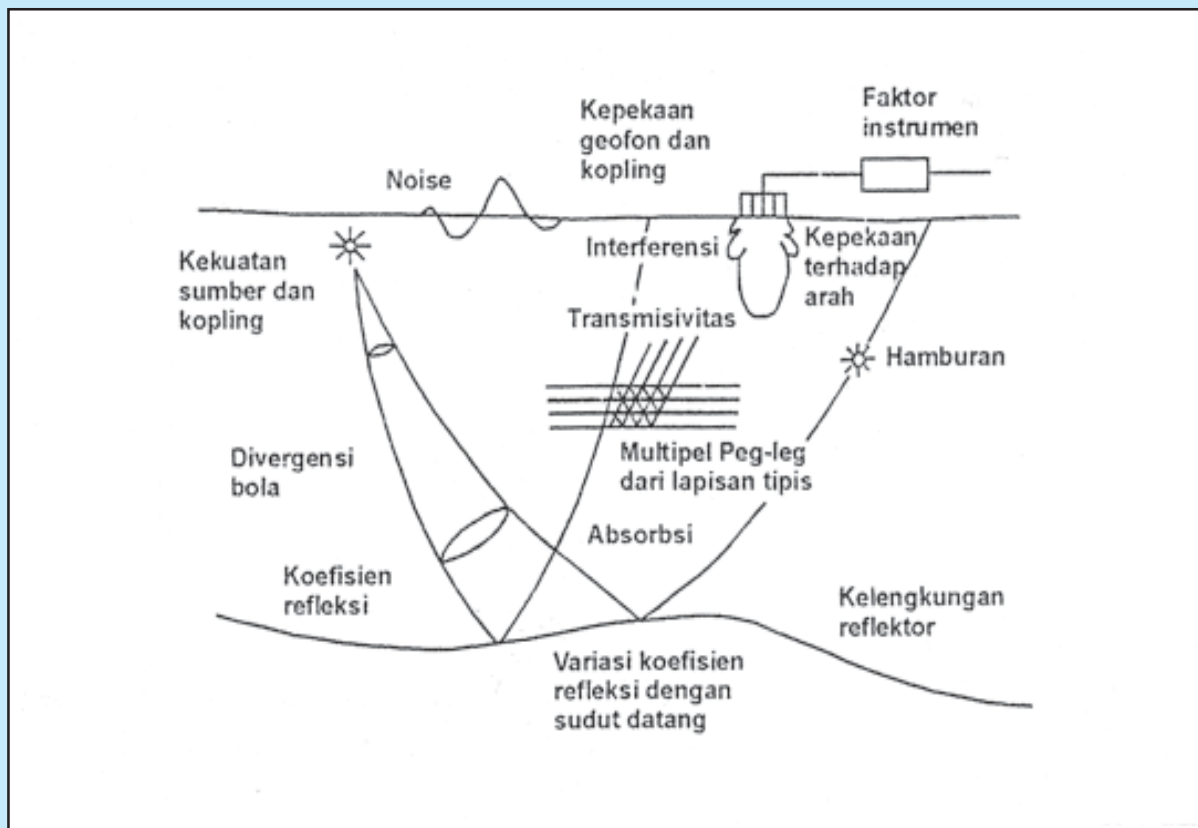
A. *Di Lapangan*

Faktor-faktor yang mempengaruhi amplitudo seismik di lapangan ada cukup banyak. Sheriff (1975) melukiskan faktor-faktor tersebut seperti tampak pada Gambar 1. Walaupun faktor-faktor tersebut ada banyak akan tetapi kekuatan pengaruhnya tidaklah sama besar. Akumulasi dari pengaruh-pengaruh tersebut terlihat pada bentuk gelombang yang terekam di penerima (*geophone*) seperti yang diperlihatkan pada Gambar 2 (sebelum diperkuat oleh *amplifier*). Terlihat bahwa semua refleksi yang datang ke penerima setelah satu detik hampir-hampir ditelan oleh pengurangan amplitudo yang menurun dengan cepat akibat berbagai faktor tadi.

Amplitudo murni yang mengandung informasi tentang sifat-sifat petrofisika batuan adalah variasi koefisien refleksi terhadap sudut datang. Sehingga dengan demikian dalam rangka memelihara amplitudo yang murni maka semua faktor-faktor yang berpengaruh terhadap amplitudo selain koefisien refleksi sebagai fungsi sudut datang harus dihilangkan.

B. *Di Saat Pengolahan Data*

Pada saat mengolah data seismik dengan komputer, amplitudo gelombang seismik akan mengalami berkali-kali perubahan.



Gambar 1
Faktor-faktor yang mempengaruhi amplitudo gelombang seismik (Sheriff, 1975; Isnawati, 2003)

Perubahan pertama adalah penghapusan pengaruh *gain amplifier* dan menggantinya dengan kurva *gain* eksperimental yang dianggap mencukupi kebutuhan untuk lapangan yang bersangkutan. Penerapan kurva *gain* eksperimental ini mengandung kelemahan karena kurva yang eksak biasanya tidak betul-betul cocok sewaktu dikenakan pada data lapangan. Tim pengolah data biasanya kemudian melakukan penyesuaian-penyesuaian seperlunya.

Perubahan amplitudo yang lain adalah sewaktu menerapkan koreksi divergensi sferis. Dalam tahap ini kecepatan gelombang seismik belum diketahui secara pasti dan selalu dipakai asumsi bahwa sampai dengan waktu penjalaran tertentu maka lapisan bawah permukaan dianggap homogen. Tahap lain yang mengubah amplitudo gelombang seismik adalah pada saat melakukan *stacking*. *Stacking* meningkatkan rasio sinyal terhadap *noise* dan

bermanfaat pada saat penentuan kecepatan, akan tetapi amplitudo masing-masing *trace* seismik menjadi hilang karena disatukan dengan amplitudo *trace* yang lain.

Pengubahan amplitudo gelombang seismik yang lain juga terjadi pada saat melakukan *scaling* dan *equalization*. Untuk keperluan struktur seismik hal ini memang dapat diterima, akan tetapi apabila amplitudo gelombang seismik ingin dijadikan sarana untuk memeras informasi petrofisika dari batuan bawah permukaan maka hal ini tidak dapat dilakukan.

III. UPAYA-UPAYA PEMELIHARAAN AMPLITUDO

A. Dekonvolusi Surface Consistent

Dari faktor-faktor yang mempengaruhi amplitudo gelombang seismik yang disebutkan pada Sub Bab II.A dapat diamati bahwa beberapa faktor yang

berada dipermukaan, mempunyai pengaruh yang sangat nyata terhadap nilai amplitudo. Upaya untuk menghilangkan pengaruh-pengaruh yang berada di permukaan ini disebut *Surface Consistent Deconvolution*.

Pendekatan yang dipakai dalam memodelkan *trace* seismik tidak sekedar konvolusi antara sinyal dengan koefisien refleksi, akan tetapi dianggap bahwa *trace* seismik dapat diuraikan dalam komponen sumber, penerima, offset dan CDP. Cambois dan Stoffa (1992) memperkenalkan model *surface consistent deconvolution* dalam bentuk perumusan sebagai berikut :

$$Q(P_{ij}(t)) = S_i(t) * R_j(t) * Y_k(t) * H_p(t) \dots (1)$$

dalam hal ini :

$S_i(t)$ menyatakan fungsi sumber.

$R_j(t)$ menyatakan impulse response dari penerima.

$Y_k(t)$ menyatakan reflektivitas pantulan normal pada CMP di lokasi k .

$H_p(t)$ menyatakan operator yang tergantung pada offset.

Q menyatakan sederetan proses yang mengubah setiap jejak seismik menjadi reflektivitas pantulan normal. Proses-proses tersebut adalah koreksi statik lapangan (untuk survei di darat), koreksi divergensi sferis dan koreksi NMO.

- menyatakan konvolusi pada kawasan waktu.

indeks i menggambarkan posisi penerima

indeks j menggambarkan posisi sumber

indeks k menyatakan nomor *gather* (CDP, CMP)

Estimasi S_i , R_j dan H_p dari persamaan (1) disebut dekomposisi *surface consistent*, sedangkan menghilangkan pengaruh S_i , R_j dan H_p disebut dekonvolusi *surface consistent*.

Untuk menyelesaikan persamaan (1) Cambois dan Stoffa mengusulkan transformasi data ke dalam domain log / Fourier sehingga persamaan (1) dapat disederhanakan menjadi:

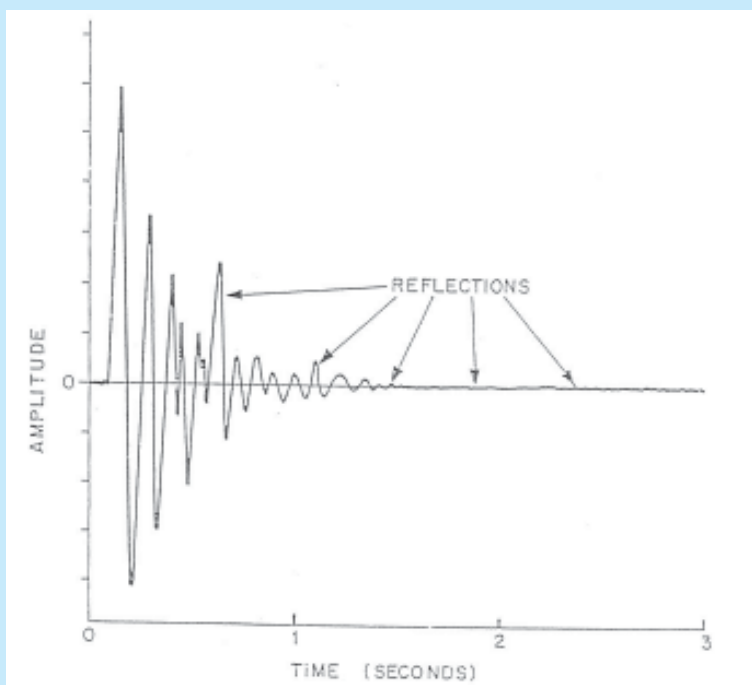
$$\hat{P}_{ij}(w) = \hat{S}_i(w) + \hat{R}_j(w) + \hat{Y}_k(w) + \hat{H}_p(w) \dots (2)$$

dalam hal ini untuk penyederhanaan Q digantikan oleh P yang menggambarkan bahwa data telah dikoreksi terhadap pengaruh statik, NMO dan divergensi sferis. Simbol “^” menyatakan bahwa hanya bagian real dari logaritma kompleks saja yang dipakai.

B. Amplitude Preserving Pre Stack Depth Migration

Amplitude-preserving migration adalah pengembangan yang terbaru dalam teknik migrasi data seismik, dalam hal ini migrasi tidak hanya berfungsi untuk memposisikan titik reflektor tetapi juga untuk mempreservasi amplitudo sinyal-sinyal refleksi.

Dalam mengembangkan teknik migrasi tersebut ada tiga grup yang dikenal secara internasional. Yang



Gambar 2
Efek kumulatif dari faktor-faktor tersebut dalam Gambar 1 terhadap amplitudo gelombang seismik. Perhatikan bahwa untuk waktu pantul lebih besar dari 1,5 detik informasi tentang reflektor seolah-olah lenyap (Lindseth, 1980)

pertama adalah grup di Universitas Delft yang pionernya adalah Berkhout, 1991; Berkhout, 1997 a; Berkhout, 1997 b, de Bruin dkk, 1990. Grup kedua terdapat di Center for Wave Phenomena di Colorado School of Mines (Hanitzsch dkk, 1994; Hubral dkk, 1991; Hubral, 2001; Bleistein dkk, 1987) yang kemudian dibawa ke Jerman di Universitas Karlsruhe. Grup ketiga berada di Perancis yang dimotori oleh Tarantola (1984) yang kemudian dikembangkan di dunia internasional oleh banyak peneliti, diantaranya Le Bras dan Clayton (1988).

Manakah yang lebih unggul di antara ketiga pendekatan yang dianut oleh ketiga grup tersebut di atas? Ternyata masing-masing mempunyai kekurangan dan keunggulan sendiri-sendiri.

Secara prinsip migrasi adalah suatu teknik inversi yang dapat diformulasikan sebagai proses numerik untuk mengestimasi sifat reflektivitas bidang batas antarlapisan yang ada di bawah permukaan dengan membuang pengaruh akuisisi dan pengaruh propagasi gelombang seismik.

Amplitude-preserving migration dapat diformulasikan sebagai berikut:

$$R(Z_m) = W(x_s, x_p) U(z_m, z_0) P(z_0) D(z_0, z_m) \dots (3)$$

dengan catatan:

$R(z_m)$ adalah reflektivitas dari gelombang seismik pada kedalaman z_m .

$U(z_m, z_0)$ adalah operator propagasi ke atas dari kedalaman z_m ke kedalaman z_0 .

$P(z_0)$ adalah gelombang yang terdeteksi di permukaan.

$D(z_0, z_m)$ adalah operator propagasi ke bawah dari kedalaman z_0 ke kedalaman z_m .

$W(x_s, x_p)$ adalah fungsi bobot yang bertugas untuk memelihara (mempreservasi) amplitudo gelombang seismik.

Fungsi bobot ini adalah juga merupakan fungsi yang tergantung dari lokasi sumber (x_s), lokasi penerima (x_p) dan koordinat dari titik refleksi. Penentuan fungsi bobot merupakan kegiatan tersendiri yang memerlukan keahlian khusus.

IV. ULASAN

Hasil seperti apakah yang diharapkan dari proses preservasi amplitudo rekaman seismik? Bagaimana kita tahu atau bagaimana kita dapat mengontrol bahwa hasilnya benar atau mendekati kebenaran?

Sebagaimana dibahas pada Sub Bab III di muka, data masukan untuk proses preservasi amplitudo adalah data rekaman seismik (*prestack*), akan tetapi dari data *prestack* ini dipilah-pilah untuk diambil CMP (*Common Mid Point*) *gather*nya. Walaupun masukannya berupa data *prestack* tetapi keluarannya dapat berupa jejak seismik pantulan normal yang mencerminkan koefisien refleksi pada bidang batas antarlapisan dalam keadaan tidak terpengaruh oleh efek sumber, efek geometri dan efek-efek lain yang tidak diinginkan.

Sebagai sarana untuk mengetahui efektivitas proses preservasi amplitudo tersebut di atas adalah membandingkannya dengan seismogram sintetik bebas *noise* di suatu sumur yang dilewati oleh lintasan seismik yang amplitudonya ingin di preservasi .

Salah satu kelemahan dekonvolusi *surface consistent* untuk keperluan preservasi amplitudo adalah proses ini sangat sensitif terhadap *noise* (Rachmat, 1996).

Amplitude preserving migration masih merupakan suatu hal yang sangat baru bagi industri migas. Secara teoritis mempunyai keuntungan potensial bahwa untuk melakukan preservasi amplitudo maka fungsi bobotnya hanya diturunkan dari operator rekaman (seismogram yang terekam). Dalam praktis proses *amplitude preserving migration* masih sangat *time consuming* dan mahal, terlebih-lebih bila operasinya dikerjakan di domain waktu.

V. KESIMPULAN

Preservasi amplitudo gelombang seismik dalam waktu dekat mendatang ini akan menjadi proses yang harus dikerjakan apabila kita ingin memanfaatkan rekaman seismik untuk karakteristik reservoir atau deteksi langsung hidrokarbon.

Amplitude preserving migration akan segera masuk ke dunia industri setelah mengalami penyempurnaan di sana-sini.

Preservasi amplitudo gelombang seismik ini walaupun ide dasarnya kelihatannya sederhana, tetapi realisasinya akan sangat berjasa dalam penemuan cadangan migas yang baru, terlebih-lebih di daerah yang sudah *mature*.

Final stack section yang terdiri dari sejumlah *trace* yang amplitudonya terpelihara dengan baik akan

memberikan informasi bawah permukaan yang lebih berdaya guna dari pada *final stack section* yang amplitudonya belum mengalami preservasi.

KEPUSTAKAAN

1. Berkhout, A.J., 1992, A real shot record technology, *Journal of Seismic Exploration* 1 : 251-264.
2. Berkhout, A.J., 1997 a, Pushing the limit of seismic imaging part I : Prestack migration in term of double dynamic focusing, *Geophysics* 62 : 937-954.
3. Berkhout, A.J., 1997 b, Pushing the limit of seismic imaging part II : Integration of prestack migration velocity estimation, and AVO analysis, *Geophysics* 62 : 954-969.
4. Bleistein, N., Cohen, J.K. dan Hafin, F-6, 1987. Two and one-half dimensional born inversion with an arbitrary reference, *Geophysics* 52: 26-36.
5. Cambois, G. dan Stoffa, P.L., 1992, Surface consistent deconvolution in the log/Fourier domain, *Geophysics* 57 : 823-840.
6. de Brain, C.G.M., Wapenar C.P.A, dan Berkhout, A.J., 1990, Angle dependent reflectivity by means of prestack migration, *Geophysics* : 1223-1234.
7. Hanitzsch, C., Schleicher, J. dan Hubral, P., 1994, True amplitude migration of 2d synthetic data, *Geophysical Prospecting* 42 : 445-462.
8. Haris, A., 2003, Amplitude-preserving migration and its application to imaging of a BSR in marine multichannel seismic reflection data, Disertasi doctor, Universitas Kiel, Jerman.
9. Hubral, P., Tygel, M. dan Zien, H., 1991. Three dimensional true-amplitude zero-offset migration, *Geophysics* 56 : 18-26.
10. Hubral, P., 2001, True love for true amplitudes, 1970-1980, European Association of Geoscientists and Engineers Perspective, 67-69.
11. Isnawati, 2003, Preservasi amplitudo rekaman seismik refleksi, Studi kasus daerah Binjai - Sumatera Utara, *Skripsi S2 Geofisika, PPS Fisika UI, Jakarta*.
12. Le Bras, R. dan Clayton, R., 1988, An iterative inversion of back scattered acoustic wave, *Geophysics* 53 : 501-508.
13. Lindseth, R.O., 1980, Digital Processing of Geophysical Data, A Review, Continuing Education Program, The University of Sydney.
14. Rachmat, R.M., 1996, Studi dekomposisi dan dekonvolusi surface consistent, Tesis S2 Teknik Geofisika ITB.
15. Sheriff, R.E. 1975, Factor affecting seismic amplitudes, *Geophysical Prospecting*, 125-138.
16. Tarantola, A., 1984, Inversion of seismic data in the acoustic approximation, *Geophysics* 49 : 1256-1266. •