

Spektrum Geofisika Reservoir

Oleh:
Suprajitno Munadi

I. PENDAHULUAN

Istilah geofisika reservoir (*reservoir geophysics*) belum lama dikenal di dunia industri. Istilah ini baru muncul setelah tahun 1990-an. Hal ini berbeda dengan istilah geofisika eksplorasi (*exploration geophysics*) yang sudah dikenal sejak tahun 1920-an dan mencapai tingkat popularitasnya setelah Perang Dunia II.

Dalam ilmu geologi sudah sejak lama muncul istilah geologi pengembangan (*development geology*) yaitu geologi yang berurusan dengan pengembangan lapangan migas. Geologi jenis ini mempunyai kompleksitas tersendiri bila dibandingkan dengan geologi regional yang mengurus struktur cekungan beserta strata dan sedimentasinya.

Sama halnya dengan geologi pengembangan yang merupakan lebih banyak diarahkan untuk memecahkan persoalan-persoalan yang menyangkut produksi lapangan migas yang di dalamnya terdapat reservoir migas dengan berbagai bentuk dan orientasinya, maka geofisika reservoir juga diarahkan untuk hal yang sama hanya bedanya pendekatannya memakai konsep-konsep ilmu geofisika terutama seismik. Geofisika reservoir adalah penerapan ilmu geofisika untuk membantu pekerjaan-pekerjaan karakterisasi reservoir, pengembangan lapangan dan peningkatan pengurasan.

Lake dan Carrol (1986) mendefinisikan karakterisasi reservoir adalah suatu usaha untuk secara kuantitatif menyingkap sifat-sifat reservoir, mengenali geologinya serta ketidakpastian dalam variasi spasialnya. Untuk mengurangi ketidakpastian dalam variasi spasial itulah maka dimanfaatkan geofisika seismik dan geostatistik.

Istilah geofisika reservoir menjadi lebih populer lagi di dunia industri setelah beberapa publikasi memakai nama tersebut, diantaranya adalah Sheriff (1992),

Walker (1994) Pennington (1997) dan Pennington (2001). Sebelumnya White dan Sengbush (1987) memakai istilah *Production Seismology* untuk menamai bidang kajian yang kurang lebih sama dengan geofisika reservoir. Selain itu Wittick (1994) memakai istilah pengembangan yang memanfaatkan seismik 3-D.

Tulisan ini berusaha mengupas bahan (materi atau topik) kajian yang termasuk dalam ruang lingkup spesialisasi Geofisika reservoir dengan maksud membuka wawasan pengetahuan pembaca tentang spesialisasi baru yang disebut sebagai geofisika reservoir. Istilah spektrum dipakai untuk menampung berbagai macam materi (topik) kajian dengan tingkat kontribusi yang berbeda-beda, tak ubahnya dengan spektrum sinyal seismik yang mempunyai beberapa puncak-puncak (amplitudo) yang tidak sama tingginya.

II. MATERI KAJIAN GEOFISIKA RESERVOIR

A. Struktur Seismik

Struktur dari penyebaran suatu lapisan reservoir mencerminkan dimensi lateral dari volume reservoir. Pola sesar yang terdapat pada peta struktur reservoir mencerminkan kompleksitas penyebarannya. Karena reservoir migas pada umumnya, terletak jauh di bawah permukaan, maka pembuatan peta struktur tersebut bertumpu pada data seismik (penampung seismik) yang kemudian di validasi oleh data sumur.

Struktur reservoir dari seismik ini sudah dipakai dari sejak sebelum Perang Dunia II dan masih terus dipakai sampai sekarang. Walaupun demikian untuk keperluan delineasi lapisan pengandung migas, informasi tentang struktur saja tidaklah cukup, karena struktur yang memenuhi syarat untuk dapat terakumulasinya migas dapat terbukti hanya berisi air,

pori-porinya terlalu kecil ataupun permeabilitasnya jelek.

Dalam struktur seismik informasi yang dikehendaki adalah variasi kedalaman dari puncak atau dasar lapisan reservoir, sementara data seismik tersaji dalam bentuk penampang dalam skala waktu. Pengubahan data dari skala waktu ke skala kedalaman sangat tergantung pada nilai kecepatan penjalaran gelombang seismik dari permukaan (*mean sea level*) sampai puncak atau dasar lapisan reservoir yang diselidiki. Penentuan nilai kecepatan ini masih merupakan suatu hal yang belum begitu sempurna. Berbagai istilah kecepatan diturunkan dan berbagai tehnik konversi waktu kedalaman diperkenalkan, di antaranya dengan PSDM (*Pre Stack Depth Migration Stretch to Depth*), Tomografi seismik, MVA (*Migration Velocity Analysis*), *high resolution velocity analysis*, dan lain-lain.

Pemetaan struktur dalam skala waktu dapat dianggap sudah mempunyai tingkat ketelitian yang dapat diterima, sementara pengubahannya ke dalam skala kedalaman masih merupakan materi kajian yang terus berlanjut.

B. Litologi Seismik

Litologi seismik diperkenalkan ke dunia industri sejak akhir tahun 1970-an (Lindseth, 1997; Beceqiecy, Lavergne dan Willen, 1979). Intinya berusaha mengubah penampang seismik menjadi penampang impedansi akustik. Dengan demikian seolah-olah kita mengebor sumur di setiap posisi *short point* (SP) seismik dan melakukan logging akustik dan densitas. Penampang impedansi akustik ini mempunyai sifat-sifat yang menarik, diantaranya:

1. Impedansi akustik mewakili lapisan, bukan mewakili bidang batas sebagaimana trace seismik.
2. Impedansi akustik cukup sensitif terhadap perubahan litologi.
3. Impedansi akustik identik dengan perkalian antara kecepatan perambatan gelombang seismik dalam suatu medium dikalikan dengan densitas medium. Kecepatan perambatan di pengaruhi oleh isi dan struktur medium di antaranya porositas, kompresibilitas matriks, kompresibilitas fluida, densitas dan lain-lain. Densitas dipengaruhi oleh saturasi air yang juga mencerminkan kandungan hidrokarbon.

Kecermatan impedansi akustik dipengaruhi oleh

pemeliharaan (terjaganya) amplitudo gelombang seismik dan hal ini tetap merupakan materi kajian yang terus dikembangkan untuk mendukung kepentingan dalam praktek. Mengenai pegubahan dari trace seismik menjadi deret koefisien refleksi, kelihatannya sementara ini sudah dapat dipenuhi oleh konsep *constraint sparse spike inversion (CSSI)* yang merupakan pengembangan dari konsep dekonvolusi klasik. Konsep-konsep seismik inversi yang lebih canggih masih terus dikembangkan.

C. AVO

Fenomena AVO (*Amplitude Variation with Offset*) yang secara teoritis telah diformulasikan oleh Zoeppritz (1919) mendapatkan lonjakan aplikasi praktis setelah tahun 1990-an. Daya tarik fenomena AVO tersebut adalah adanya anomali perubahan amplitudo terhadap *offset* bila kita berhadapan dengan lapisan reservoir batu pasir berisi gas. Pada keadaan umum, amplitudo yang menurun terhadap *offset* untuk kebanyakan perlapisan batuan, dan menjadi berubah (ada anomali) bila di salah satu lapisan tersebut ada gas.

Penerapan konsep Zoeppritz yang disederhanakan (Shuey, 1985; Aki dan Richards, 1981) memungkinkan dilakukannya proses inversi AVO yang dapat menghasilkan nilai rasio Poisson dan kemudian Vs (kecepatan gelombang S).

Dengan berhasilnya perkiraan nilai Vs dari gelombang seismik dan telah tersedianya Vp (kecepatan gelombang P) di dalam data seismik, maka hampir semua parameter petrofisika batuan yang ada di bawah permukaan dapat diperkirakan besarnya dari data seismik. Era munculnya aplikasi AVO ini menandai dimulainya era petrofisika seismik di dunia industri migas.

Anomali AVO semula diturunkan berdasarkan model yang berupa sejumlah gas di dalam batu pasir yang ditutupi oleh serpih. Dan dalam praktek keadaan-keadaan yang mirip inilah yang membuktikan keberhasilan konsep AVO dalam mendeteksi deposit gas di bawah permukaan. Persoalan yang kemudian harus diatasi adalah bagaimana jika deposit gas tersebut berada didalam reservoir batu gamping? Apakah konsep penyelesaian fenomena AVO tersebut masih dapat diterapkan?

Sampai dengan saat ini masalah AVO di dalam batu gamping kelihatannya masih merupakan bahan kajian yang hasilnya sangat ditunggu-tunggu oleh

industri, beberapa aplikasi lapangan memang menunjukkan kemiripan antara AVO batu pasir dan AVO batu gamping, akan tetapi hal ini tidak didukung oleh kajian analitis yang memadai.

D. *Preservasi Amplitudo Gelombang Seismik*

Preservasi (pemeliharaan) amplitudo gelombang seismik merupakan bahan kajian yang sangat penting dalam geofisika reservoir. Proses-proses inversi seismik yang dimaksud dalam sub bab 2.2 dan analisis maupun inversi AVO dalam sub bab 2.3 tak mungkin dipercaya hasilnya bila amplitudo gelombang seismik yang dipakai tidak mengalami preservasi. Kondisi ini berbeda dengan struktur seismik yang lebih mengutamakan bentuk/geometri dan penyebaran reservoir migas. Dalam kasus struktur seismik ini amplitudo dapat diubah-ubah sesuai dengan kepentingan kita asalkan geometri dapat dimunculkan. Pada taraf awal dari penerapan konsep preservasi amplitudo gelombang seismik ini para praktisi di industri memakai proses *Surface Constant Deconvolution* (Cambois, 1992). Konsep yang lebih maju adalah seperti yang pernah dipelajari oleh Haris (2003) yakni *Amplitude Preserving Migration*.

E. *Jaringan Syaraf Tiruan*

Jaringan syaraf tiruan (*Artificial Neural Network*) yang termasuk dalam keluarga besar konsep kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence*). Sesuai dengan namanya, jaringan syaraf tiruan mencontoh cara kerja otak biologis.

Sel-sel syaraf (*neuron*) tiruan bekerja dengan cara yang sama dengan neuron biologis. Jumlah neuron di dalam otak manusia adalah sekitar 10 miliar. Di dalam organ semacam itulah informasi diterima, diproses dan dikirimkan dengan menggunakan sistem sandinya sendiri. Otak menggunakan isyarat listrik untuk memproses informasi yang diterima. Neuron dapat mengubah sandi informasi yang kompleks menjadi isyarat listrik yang sederhana.

Informasi (disebut *input*) akan dikirimkan ke neuron dengan bobot kedatangan tertentu. *Input* ini akan diproses oleh suatu fungsi perambatan (*transfer function*) yang akan menjumlahkan nilai-nilai dari semua bobot yang datang (Kusumadewi, 2003). Hasil penjumlahan ini kemudian akan dibandingkan dengan suatu nilai ambang tertentu melalui fungsi aktivasi setiap neuron. Apabila *input* melewati suatu nilai ambang tertentu, maka neuron yang bersangkutan

akan diaktifkan. Apabila neuron diaktifkan, maka neuron tersebut akan mengirimkan *output* melalui bobot-bobot outputnya ke semua neuron yang berhubungan dengannya. Demikian seterusnya. Faktor terpenting dalam menentukan kelakuan suatu neuron adalah fungsi aktivasi dan pola bobotnya.

Aplikasi di dunia geofisika reservoir menunjukkan bahwa konsep jaringan syaraf tiruan ini, kini banyak dipakai untuk menurunkan data log sumuran semu berdasarkan data lain yang diketahui. Sebagai contoh: diturunkan (dibuat) data log porositas berdasarkan log sinar gamma, impedansi akustik dan densitas. Contoh yang lain adalah diturunkannya log resistivitas berdasarkan data lain seperti impedansi akustik, log sinar gamma, log porositas dan densitas. Keberhasilan prediksi log resistivitas dari kurva-kurva log geofisika sumur yang lain (Widarsono dan Saptono, 2000) ini akan merupakan sumbangan besar geofisika reservoir dalam industri perminyakan.

Dalam memecahkan masalah-masalah yang berkaitan dengan kecermatan pemetaan reservoir migas, konsep jaringan syaraf tiruan ini akan banyak membantu menyelesaikan persoalan karena dia dapat memprediksi nilai yang kosong berdasarkan data lain yang tersedia.

Analisis data log sumuran (*well log analysis*) merupakan materi inti dalam pembelajaran reservoir khususnya bagi para ahli petrofisika. Hasil dari analisis log ini adalah gambaran tentang variasi vertikal dari parameter petrofisika di sepanjang kedalaman sumur pengeboran. Banyak informasi penting tentang batuan reservoir yang diperlukan untuk karakterisasi reservoir diperoleh dari hasil analisis log sumur ini.

Selain sebagai kunci untuk karakterisasi reservoir dan evaluasi formasi, hasil analisis data log sumur juga menjadi pijakan bagi geofisika reservoir untuk bergerak ke luar sumur. Dan di antara semua log sumur yang ada, log sonik merupakan kunci lain dari geofisika reservoir, karena pengubahan dari skala kedalaman ke skala waktu hanya dimungkinkan dengan memanfaatkan log sonik.

F. *Mikro Gravitasi*

Walaupun tidak termasuk dalam geofisika seismik, mikro gravitasi mulai mendapatkan popularitas dikalangan industri migas untuk tujuan-tujuan penyelidikan reservoir terutama yang menyangkut masalah-masalah monitoring pendesakan air (*water flooding*) dalam tahap efektivitas pengurusan

sekunder (*secondary recovery*). Hal ini terutama dilakukan dalam hal data seismik tidak lagi dapat memberikan informasi yang berarti karena keterbatasan-keterbatasan yang dimilikinya.

Mikro gravitasi berbeda dengan gravitasi yang biasa dipakai untuk pemetaan cekungan-cekungan sedimen. Dari data gravitasi ini dapat ditemukan variasi densitas (rapat massa) dari per lapisan batuan di bawah permukaan. Kepekaan mikro gravimeter adalah seribu kali kepekaan gravimeter standar.

G. Analisis Data Log Sumuran

Analisis data log sumuran (*well log analysis*) merupakan materi inti dalam pembelajaran reservoir migas dan ahli-ahli petrofisika. Hasil dari analisis data log sumuran ini adalah gambaran tentang variasi vertikal dari parameter petrofisika di sepanjang kedalaman sumur pengeboran. Banyak informasi penting tentang batuan reservoir yang diperlukan untuk karakterisasi reservoir dan evaluasi formasi diperoleh dari hasil analisis log sumur ini. Selain itu semua usaha untuk memperkirakan nilai parameter reservoir yang telah dilakukan oleh metode-metode geofisika reservoir tetap harus di validasi oleh hasil analisis data log sumur. Dan di antara semua log sumur yang ada, maka log sonik memegang peranan sebagai jembatan, karena hanya dengan log soniklah informasi-informasi yang disajikan dalam skala waktu (seperti dalam penampang seismik) dapat diubah untuk disajikan dalam skala kedalaman dan sebaliknya. Dengan demikian dapat dikorelasikan antara apa yang ada di data log dengan apa yang tersirat di data seismik.

Untuk kepentingan geofisika reservoir, hasil analisis data log sumuran merupakan kunci untuk dapat bergerak ke luar sumur.

III. PEMBAHASAN

Komponen-komponen spektrum geofisika Reservoir yang dinotasikan oleh huruf-huruf A, B, C, D, E, F dan G seperti yang diuraikan dalam Sub Bab II sebetulnya belum lengkap.

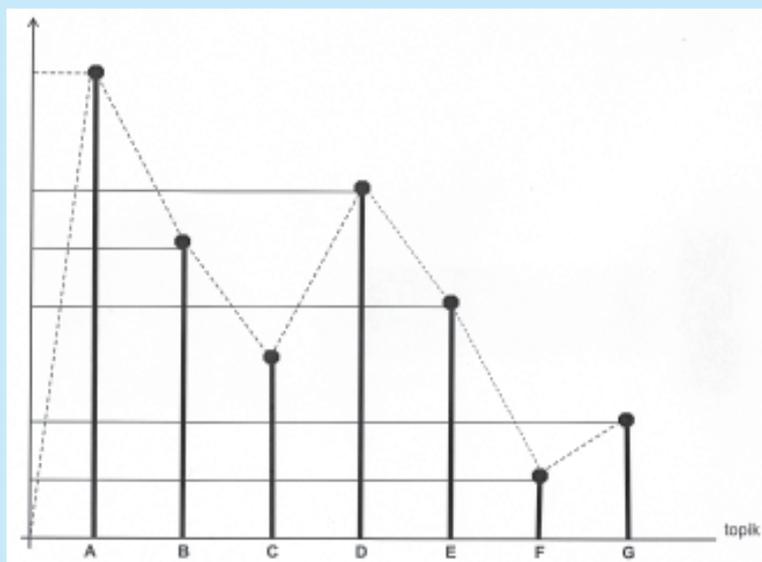
Walaupun demikian ketujuh komponen tersebut sudah dapat memberikan gambaran tentang ruang lingkup materi kajian utama yang harus dikuasai dalam upaya mendukung pembelajaran reservoir migas.

Dalam pembelajaran reservoir migas, geofisika reservoir lebih banyak berperan pada zona-zona di luar sumur, maupun pada lapisan-lapisan yang lebih dalam daripada total kedalaman sumur (*Total Depth*). Dalam hal ini fungsi geofisika reservoir khususnya geofisika seismik menjadi mirip dengan geostatistik. Bedanya, kalau geofisika seismik bertumpu pada pengindraan bawah permukaan yang menghasilkan data/informasi yang sering digolongkan sebagai *soft data*, sementara geostatistik bertumpu pada perilaku populasi data sumuran.

Berikut ini adalah pendapat penulis tentang bobot (intensitas) kontribusi masing-masing komponen utama spektrum geofisika reservoir dalam mendukung pembelajaran reservoir migas (Lihat Gambar 1).

IV. KESIMPULAN

Geofisika reservoir mempunyai spektrum yang cukup luas. Hal ini muncul sebagai akibat dari penelitian, pengembangan dan penerapan berbagai disiplin ilmu yang dimuarakan untuk kepentingan



Gambar 1
Spektrum geofisika reservoir, A = Struktur seismik, B = Litologi seismik, C = AVU, D = Presered Amplitude Recovery, E = Jaringan Syaraf Tiruan, F = Microgravitasi dan G = Analisis rekaman data sumur

pemelajaran reservoir. Berbagai macam permasalahan praktis yang muncul pada waktu melakukan pemelajaran reservoir memunculkan banyak pengetahuan baru dan metodologi baru yang kemudian dimuarakan dalam spektrum geofisika reservoir. Bidang kajian Rock Physics tidak dimunculkan dalam spektrum geofisika reservoir karena topik ini ibarat gunung es yang muncul ke permukaan di geofisika reservoir akan tetapi sebagian besar dari *body*-nya malahan ada di ilmu dasar.

Semua cabang ilmu tersebut berinteraksi dan menghasilkan produk-produk kombinasi yang kemudian menjadi alat atau metode pemelajaran reservoir yang canggih yang kita kenal sekarang ini.

KEPUSTAKAAN

1. Aki, K. dan Richards, P.G., 1980, Quantitanic Seismology W.H. Freeman & Co.
2. Becquecy, L, Lavergne, M. dan Willem, C., 1979; Acoustic Impedance Log Computed from Seismic Traces, Geophysics, 44, 1485-1501.
3. Lindseth, R. O., 1977, Mapping Stratigraphic Traps North Seislog, 6th Annual Meeting of the IPA-Jakarta.
4. Shuey, R. T., 1985, A Simplification of the Zoeppritz Equation, Geophysics, 50, 609-614.
5. Widarsono, B. dan Saptono, F., 2000; A New Approach in Processing Core and Log Data for Assisting Seismic-based Mapping of
6. Lake, L.W. dan Carrol, H. B. Jr, 1986. Reservoir Characterization, Academic Press Inc, Tokyo.
7. Pennington, W. D. ,1997, Seismic Petrophysics, An applied science for reservoir geophysics, The Leading Edge, 16, 241-244.
8. Sheriff, R. E., 1992. Reservoir Geophysics, Society of Exploration Geophysicists, Tulsa.
9. Walker, C., 1994, Reservoir Geophysics Today and Tomorrow, Petromin, October, 48-56.
10. White, J. E. and Senghesh, R. G., 1987, Productive Seismology, Geophysical Press, Amsterdam.
11. Wittick, T., 1994, 3-D Seismic Data in Development work, London Exploration. •