

# "SEISMIC PROCESSING SOFTWARE"

Oleh : Suprayitno Munadi

## I. PENDAHULUAN

Maksud dari pengolahan data seismik adalah: memproses data lapangan menjadi seismic section yang persyaratannya sesuai dengan kepentingan interpretasinya.

Untuk keperluan tersebut diperlukan peralatan-peralatan yakni komputer beserta perlengkapannya (yang umumnya disebut hardware) dan prosedur yang memerintahkan bagaimana komputer itu harus bekerja dan ini berujud program komputer (yang umumnya disebut software).

Karena persyaratan pengolahan data itu ditentukan oleh kepentingan interpretasinya maka prosedur yang dianut oleh komputer didalam mengolah data seismik, tidaklah selalu sama. Bahkan untuk komputer yang sama atau yang sedikit berbeda kualitas pengolahan data seismik sangat ditentukan oleh prosedurnya.

Prosedur dalam cara mengolah data seismik ini lebih sering disebut "Seismic processing software". Tiap perusahaan yang bergerak dibidang ini mempunyai sistim sendiri-sendiri yang selalu dicetak dalam buku yang bertuliskan "strickly private". Didalam sistim itulah terkandung metoda. Sistim yang satu sudah barang tentu mempunyai kelebihan dan kelemahan bila dibandingkan terhadap sistim yang lain dan dengan itu mereka berlomba mencari jasa.

Di Amerika Serikat ada beberapa puluh perusahaan ataupun lembaga-lembaga penelitian yang mempunyai sistim buatan sendiri dan sampai saat ini selalu dikembangkan. Di Perancis dan Jerman Barat juga demikian hanya mungkin jumlahnya tidak sebanyak di Amerika Serikat. Kita di Indonesia ini keadaannya berbeda. Data kita punya banyak! Akan tetapi metoda kita tidak mempunyainya.

Walaupun di Indonesia ini sudah banyak terdapat komputer-komputer besar baik dalam ingatan (memory) maupun kemampuannya, akan tetapi untuk pengolahan data seismik tersebut kita sudah terbiasa mengkontrak-kan-nya kepada perusahaan-perusahaan Amerika atau Perancis.

Kita mengkontrak metoda mereka untuk mengolah data kita yang demikian banyak itu. Dan kitapun (umumnya) puas dengan cara itu walaupun devisa negara yang terpakai untuk itu tidak sedikit jumlahnya.

Bagi perusahaan-perusahaan minyak, cara itu adalah yang paling efisien, karena mereka hanya mengkontrak metoda yang sudah jelas teruji kemampuannya, sedangkan apabila harus mengembangkan sendiri metoda/

sistimnya, waktu yang diperlukan cukup lama, biayanya cukup besar lagipula mutunya belum teruji.

Yang patut disayangkan adalah: bahwa banyak dari mereka-mereka yang bekerja dibidang-bidang penelitian dan pengembangan dan mungkin juga diuniversitas-universitas mempunyai pola berpikir yang sama dengan mereka-mereka yang bekerja diperusahaan, yakni mengkontrakkan saja masalah pengolahan data ini, tanpa diikuti usaha-usaha untuk mengembangkan potensinya sendiri dibidang ini. Kita masih lebih senang memakai anggaran untuk kontrak pemakaian metoda dari pada menginvestasikan anggaran untuk pengembangan metoda.

Itulah sebabnya, masalah seismic processing software di Indonesia ini, masih tetap merupakan hal yang misterius dan seolah-olah belum terjangkau oleh pikiran ilmiawan-ilmiawan Indonesia yang sudah cukup banyak jumlahnya.

## II. PROSES DASAR DAN LANJUTAN

Sesuai dengan kepentingan interpretasinya, maka pengolahan data seismik dibedakan atas dua macam yakni proses dasar dan proses lanjutan.

Proses dasar dititik beratkan kepada koreksi-koreksi terhadap hal-hal yang mengganggu data, setelah itu diikuti usaha-usaha untuk menampilkan informasi dasar dari data itu yang sangat diperlukan dalam interpretasi (yakni: kecepatan atau cepat rambat gelombang seismik didalam lapisan-lapisan batuan dibawah permukaan), kemudian diikuti oleh usaha-usaha untuk menampilkan informasi tentang struktur lapisan-lapisan batuan bawah permukaan.

Proses lanjutan diadakan karena orang berhasil mengembangkan metoda-metoda yang bisa mengurangi kekurangan-kekurangan yang ada pada proses dasar.

Diantara metoda-metoda yang dimaksud, antara lain terdapat:

- II.1. Metoda peningkatan daya pisah.
- II.2. Metoda koreksi migrasi lapisan (seismic horizon).
- II.3. Metoda penampilan perbedaan strata (seismic-facies).
- II.4. Metoda penampilan sifat-sifat fisis batuan bawah tanah/reservoir dengan warna (color display) seperti:
  - II.4.1. bright spot, flat spot, dim spot.
  - II.4.2. variasi impedansi akustik
  - II.4.3. variasi cepat rambat semu dari gelombang

- seismik.
- II.4.4. variasi kekuatan refleksi.
- II.4.5. variasi frekwensi sesaat dan fasa sesaat.
- II.4.6. variasi polaritas refleksi. dsb, dsb.

Selain itu mathematical/computer modeling saat ini mulai sering dipakai uasha untuk membuat interpretasi yang lebih kwantitatif.

### III. KLASIFIKASI PROSES

Walaupun prosedur yang dianut didalam menangani data tidak selamanya sama, akan tetapi tahap-tahap yang dikerjakan merupakan suatu kesatuan yang kompak dan selaras. Tiap-tiap tahap tersebut mempunyai peranan yang khusus dalam memproses data. Pengembangan metoda proses biasanya dikenakan secara intensif pada tahap-tahap tertentu yang peranannya terhadap hasil proses cukup besar.

Berdasarkan klasifikasinya (bukan urutan proses), proses-proses didalam seismic processing software dapat dikelompokkan sebagai berikut :

- III.1. Koleksi dan/atau seleksi, terdiri dari sub proses-subproses:
  - III.1.1. Demultiplexing: merubah multiplexed trace menjadi seismic trace dalam bentuk deret waktu.
  - III.1.2. Near trace gather (NTG): mengumpulkan trace-trace yang dekat/agak dekat titik ledakan (shot point).
  - III.1.3. Common Depth Point Gather (CDP Gather): mengumpulkan trace-trace yang berasal dari satu titik reflektor.
  - III.1.4. Common Offset Gather: mengumpulkan trace-trace yang mempunyai offset sama.
  - III.1.5. Editing: mematikan trace-trace yang jelek atau sebagian dari trace yang jelek yang dapat mengganggu proses berikutnya.
  - III.1.6. Muting: menghilangkan pengaruh-pengaruh gelombang langsung dan gelombang terbias, dsb.
- III.2. **Koreksi-koreksi**, terdiri dari sub proses - sub proses.
  - III.2.1. Koreksi Statik: menghilangkan pengaruh relief/topografi.
  - III.2.2. Gain removal: menghilangkan pengaruh gain amplifier yang dipakai waktu merekam.
  - III.2.3. Koreksi attenuasi: menghilangkan pengaruh pelemahan tenaga gelombang waktu menjalar dibawah permukaan.
  - III.2.4. Koreksi absorpsi: menghilangkan pengaruh penyerapan frekwensi oleh lapisan-lapisan bawah permukaan.
  - III.2.5. Koreksi dinamik (NMD - Correction): menghi-

langkan pengaruh perbedaan offset (jarak shot point ke geophone) waktu perekaman.

### III.3. **Analisa/Evaluasi** : terdiri dari sub proses-sub proses:

- III.3.1. Analisa amplitudo: untuk mengetahui variasi kekuatan refleksi dari lapisan-lapisan bawah permukaan.
- III.3.2. Analisa spektral: untuk mengetahui frekwensi-frekwensi yang terkandung didalam data maupun didalam sinyal sehingga dapat ditentukan parameter filter yang lebih cocok, dsb.
- III.3.3. Analisa kecepatan: berusaha untuk mendekati besaran kecepatan lapisan batuan bawah permukaan bertolak dari rekaman yang ada dengan memakai konsep tertentu, dsb.-

Analisa spektral saat ini mulai dikembangkan pemakaiannya untuk mempelajari kaitan antara data seismik dan lithologi; sebab lapisan-lapisan batuan mempunyai sifat yang berbeda-beda dalam menyerap frekuensi sinyal seismik yang melewatinya. Batuan pasir berisi gas misalnya hanya melakukan frekuensi rendah saja.

### III.4. **Penyaringan (filtering)**, terdiri dari sub proses - sub proses:

- III.4.1. **Filter frekwensi**: untuk menghilangkan pengaruh frekwensi-frekwensi noise yang tidak diinginkan yang masih terekam didalam data. Noise yang dihilangkan disini adalah noise yang bersifat random.
- III.4.2. **Filter kipas (fan-filtering)**: untuk menghilangkan sisa-sisa gangguan ground roll yang memberikan kecepatan semu pada data. Proses filter disini dilakukan sekaligus dalam dua kawasan yakni kawasan frekwensi dan bilangan gelombang.
- III.4.3. **Filter inverse**: dimaksudkan untuk proses-proses yang bertujuan menghilangkan gangguan-gangguan yang teratur (organized noise) yang selalu terekam didalam data. Gangguan tersebut dapat berupa sinyal seismik itu sendiri, tetapi dia menjalar melewati lintasan yang tidak kita inginkan. Termasuk dalam hal ini misalnya fenomena: reverberasi, "ghosts", multiple, peg-leg multiple, dsb. Selain gangguan tersebut terdapat juga: gangguan yang selalu muncul, yakni pelebaran sinyal selama penjalaran karena beberapa macam frekwensi yang dikandungnya diserap secara selektif oleh lapisan-lapisan bawah permukaan. Proses filter inverse didalam pusat pengolahan data seismik lebih umum disebut sebagai

dekonvolusi, yang berarti: de reverberasi, deghosting, demultiple dan juga wave shaping.

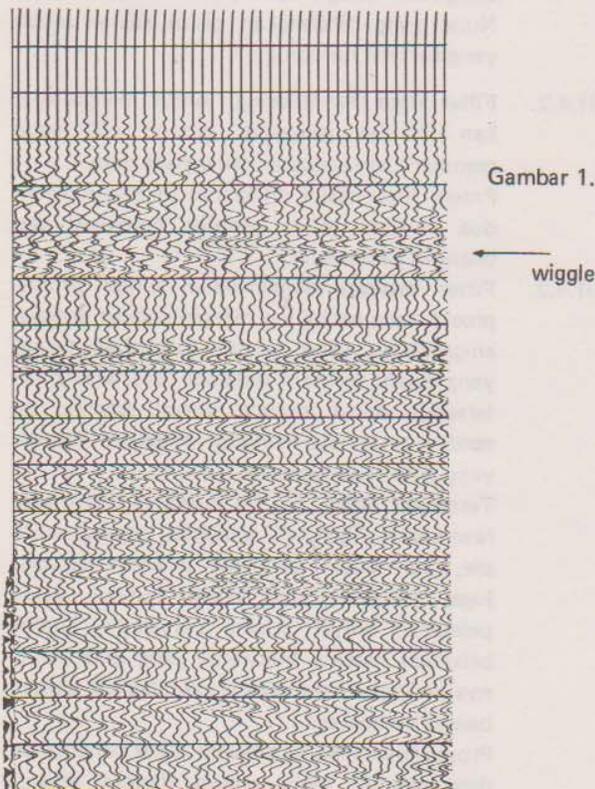
III.4.4. **Filter bilangan gelombang:** Biasanya sudah dilakukan dilapangan akan tetapi beberapa bentuk dari filter jenis ini yang masih dikerjakan dipusat pengolahan data adalah: **stacking** dan/atau **mixing**. Keduanya dikerjakan untuk meninggikan signal to noise to ratio. Noise yang diusahakan ditekkan didalam hal ini adalah noise yang random.

### III.5. Penyajian hasil proses (display)

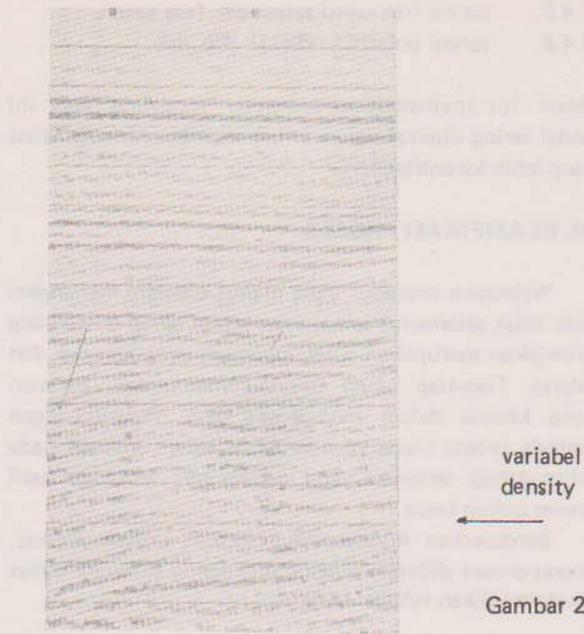
Hasil proses data seismik biasanya disajikan dalam bentuk seismic section yang dapat berupa time section (gambar penampang lapisan bawah permukaan) dengan absis lintasan sedangkan ordinatnya waktu (waktu penjalaran gelombang seismik bolak balik) ataupun depth section, sebagaimana time section tetapi ordinatnya menunjukkan kedalaman.

Sebelum disajikan dalam bentuk gambar biasanya diadakan proses-proses seperti **scaling**, **equalization**, dsb. Untuk dapat menyajikan hasil proses komputer mejadi gambar (seismic section) diperlukan alat (hardware) khusus yakni seismic display screen atau electrostatic plotter. Dewasa ini dikenal beberapa cara dalam menyajikan trace seismik yang membentuk section itu yakni:

#### III.5.1. display dalam bentuk wiggle trace (Gb.1.)

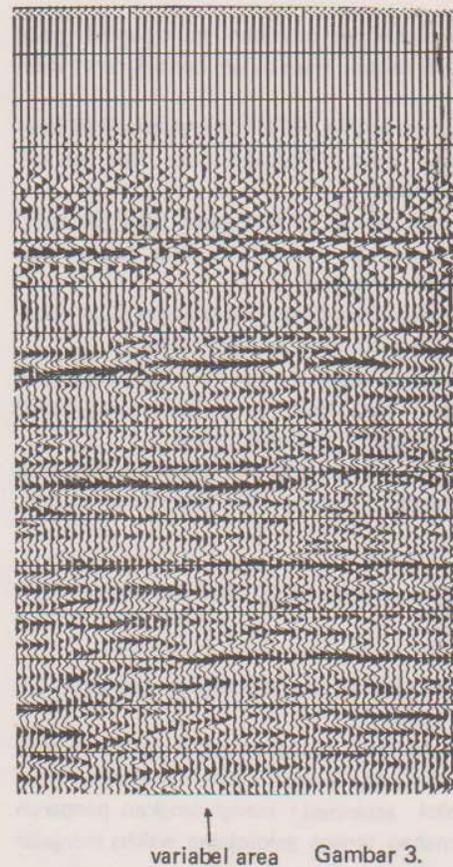


#### III.5.2. display dalam bentuk variabel density (Gb.2.)



Gambar 2.

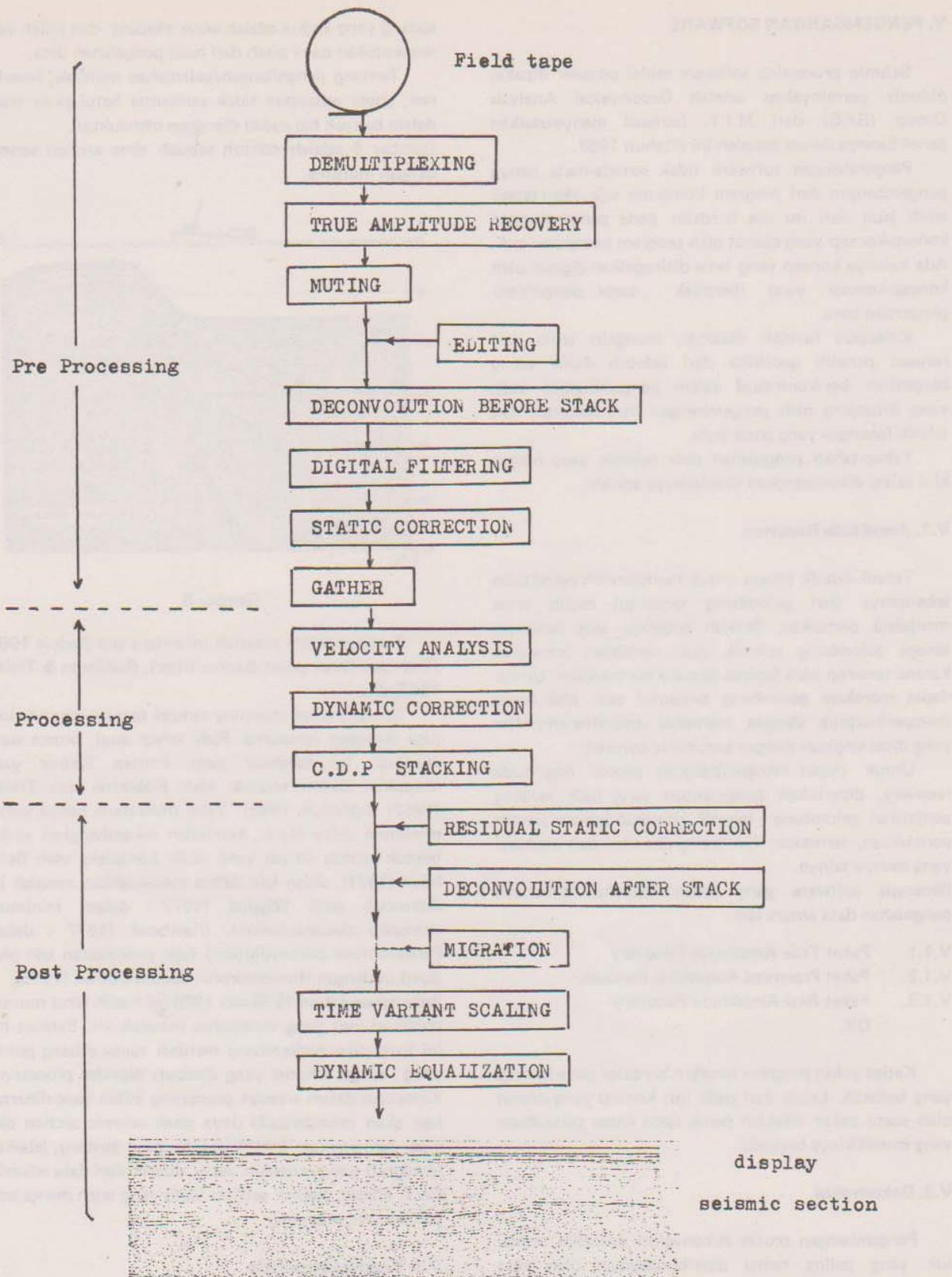
#### III.5.3. display dalam bentuk variabel area (Gb.3.)



Gambar 3.

III.5.4. display dalam bentuk variabel area ditambah bias.

III.5.5. display dalam bentuk warna, yang terakhir ini baru muncul setelah 1977.



Gambar 4.

Gambar 4. Contoh salah satu urutan sub-proses dalam pengolahan data seismik.

## V. PENGEMBANGAN SOFTWARE

Seismic processing software mulai populer dipakai di dunia perminyakan setelah Geophysical Analysis Group (GAG) dari M.I.T. berhasil menyelesaikan penelitiannya dalam masalah ini ditahun 1967.

Pengembangan software tidak semata-mata hanya pengembangan dari program komputer saja, akan tetapi lebih jauh dari itu dia berdasar pada pengembangan konsep-konsep yang dianut oleh program komputer tadi. Ada kalanya konsep yang lama ditinggalkan diganti oleh konsep-konsep yang berpijak pada pengertian-pengertian baru.

Kalaupun hendak didaftar, mungkin lebih dari ratusan peneliti geofisika dari seluruh dunia saling bergantian ber-kontribusi dalam pengembangan tadi, yang ditunjang oleh pengembangan instrumentasi dan teknik lapangan yang pesat pula.

Tahap-tahap pengolahan data seismik yang hingga kini selalu dikembangkan diantaranya adalah:

### V.1. Amplitude Recovery

Tehnik-tehnik proses untuk memperoleh amplitudo sebenarnya dari gelombang terpantul masih terus menjalani perbaikan. Setelah beberapa saat lamanya, tenaga gelombang seismik akan demikian lemahnya karena terserap oleh lapisan dimana dia menjalar. Untuk dapat merekam gelombang terpantul tadi, kita harus memperkuatnya dengan memakai amplifier-amplifier yang dilengkapi dengan automatic control.

Untuk dapat mengembangkan proses amplitude recovery, diperlukan pengetahuan yang baik tentang penjalaran gelombang seismik dilapisan-lapisan bawah permukaan, termasuk: fenomena absorpsi dan atenuasi yang menyertainya.

Beberapa software yang sudah diapakai diindustri pengolahan data antara lain:

- V.1.1. Paket True Amplitude Recovery
  - V.1.2. Paket Preserved Amplitude Recovery
  - V.1.3. Paket Real Amplitude Recovery
- Dll.

Ketiga paket program tersebut berdasar pada konsep yang berbeda. Lebih dari pada itu: konsep yang dianut oleh suatu paket tidaklah persis sama kalau perusahaan yang memilikinya berbeda.

### V.2. Dekonvolusi

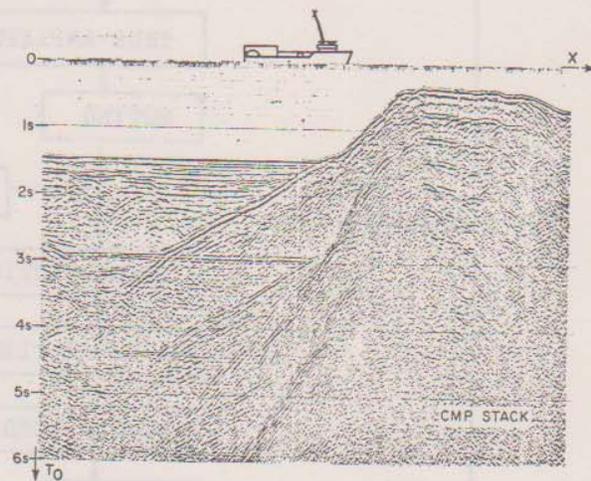
Pengembangan proses dekonvolusi mungkin termasuk yang paling ramai diperbincangkan oleh para peneliti. Hal ini mengingat peranannya yang cukup menentukan dalam kualitas seismik section.

Sebagaimana sudah disinggung pada bab III.4.3. proses dekonvolusi ini menyangkut dua aspek; yang pertama adalah: de-reverberasi, de-ghosting, de-multiple,

sedang yang kedua adalah wave shaping dan inilah yang menentukan daya pisah dari hasil pengolahan data.

Tentang penghilangan/pelemahan multiple, reverberasi, ghost walaupun tidak sempurna betul akan tetapi dalam banyak hal sudah dianggap mencukupi.

Gambar 5 adalah contoh sebuah time section seismik dengan multiple.



Gambar 5.

Terlibat dalam masalah ini antara lain Backus 1962, (Two dan three point Backus filter), Robinson & Treitel 1967, dll.

Tentang wave shaping sampai saat ini masih belum juga dianggap sempurna. Pada tahap awal, proses wave shaping ini berdasar pada konsep Weiner yang ditrapkan dalam seismik oleh Robinson dan Treitel (1967) (optimum filter). Yang mula-mula hanya untuk minimum delay signal, kemudian dikembangkan untuk bentuk-bentuk sinyal yang lebih kompleks oleh Berkhout (1977). Jalan lain dalam memecahkan masalah ini ditempuh oleh Wiggins (1977 : dalam minimum entropy deconvolution), Claerbout (1977 : dalam Parsimonious deconvolution) juga pendekatan lain oleh Buttkus dengan Homomorphic deconvolution (1975). Pada tahun-tahun 1978 dan 1979 ini masih terus muncul publikasi riset yang membahas masalah ini. Bahkan hal ini kemudian berkembang menjadi suatu cabang proses yang sangat khusus yang disebut: Wavelet processing. Kemajuan dalam wavelet processing inilah yang diharapkan akan memperbaiki daya pisah seismic section dan juga menyingkap informasi-informasi tentang jebakan stratigrafi yang mungkin dapat ditarik dari data seismik. Gb.7. adalah seismik section Gb.6 yang telah mengalami proses wave shaping.

### V.3. Residual/autostatic

Koreksi statik yang diperoleh dengan jalan memasukkan static file (data koreksi statik yang dihitung oleh regu lapangan) ternyata tidak mencukupi. Ketidaksempurnaan ini diakibatkan oleh banyak hal, misalnya



Gambar 6.



Gambar 7.

kesalahan-kesalahan dalam pengukuran ketinggian, pembulatan-pembulatan dalam perhitungan, adanya perbedaan cepat rambat gelombang seismik secara lateral

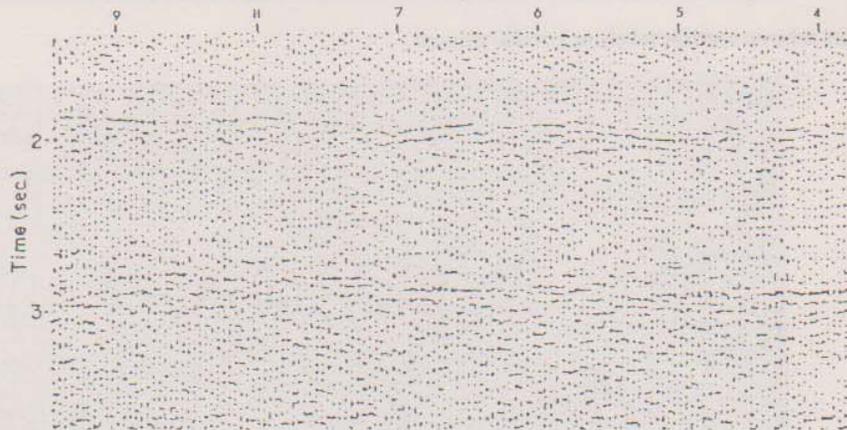
dilapisan pelapukan (weathering layer) terhadap nilai yang dipakai dan lain-lain.

Koreksi statik yang sisa ini (residual static) kemudian dicoba dihilangkan dengan merancang proses yang disebut autostatic atau residual static dan hal ini ternyata besar pengaruhnya terhadap kualitas hasil akhir.

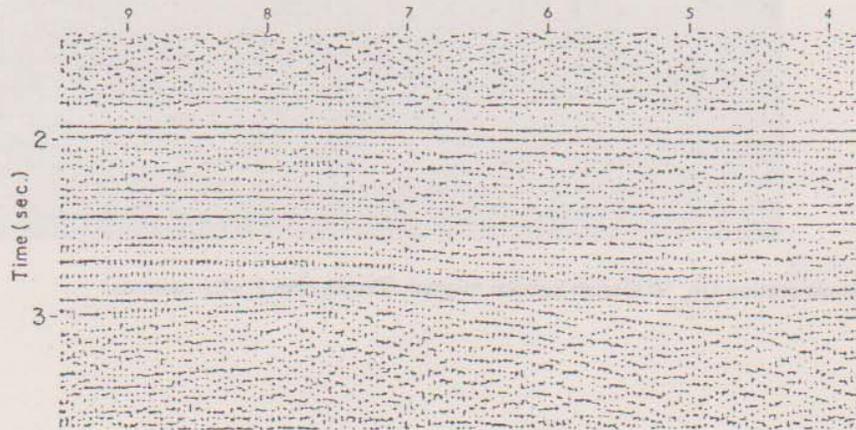
Paket program untuk autostatic dari tiap-tiap perusahaan pengolahan data pada mulanya berdasar pada konsep korelasi silang antara beberapa trace didalam suatu "jendela", dengan model trace yang dianggap sebagai "relative datum static", akan tetapi konsep itu kemudian dikembangkan secara khusus. Pengembangan ini adalah hasil modifikasi dari tiap perusahaan dan merupakan rahasia teknis yang mencirikan produk mereka.

Ambilah sebagai contoh: versi saat ini dari paket autostatic milik Geophysical—Serice Inc (Amerika) tidaklah akan sama dengan versi saat ini dari paket autostatic milik Compagnie General de Geophysique (Perancis). Keduanya mempunyai kelebihan dan kelemahan sendiri-sendiri dalam menangani suatu masalah yang sudah tertentu itu.

Gambar 8 dan 9 menunjukkan hasil proses data yang tidak memakai koreksi residual statik dan yang memakai.



Gambar 8. Seismic section sebelum diproses dengan sub-proses residual static

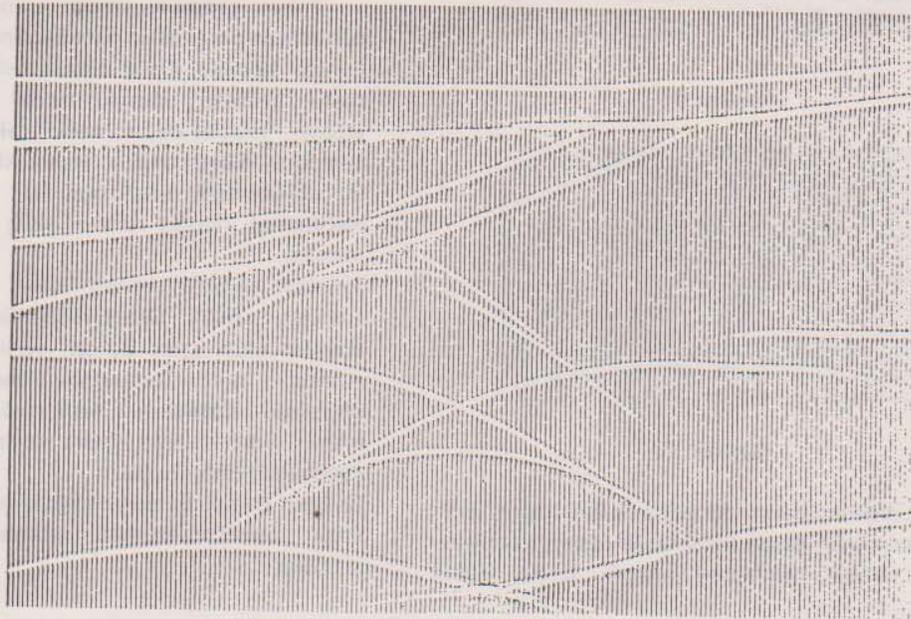


Gambar 9. Seismic section Gb. 8 setelah diproses dengan sub-proses residual static. (Proses oleh : Western Geophysical Co.)

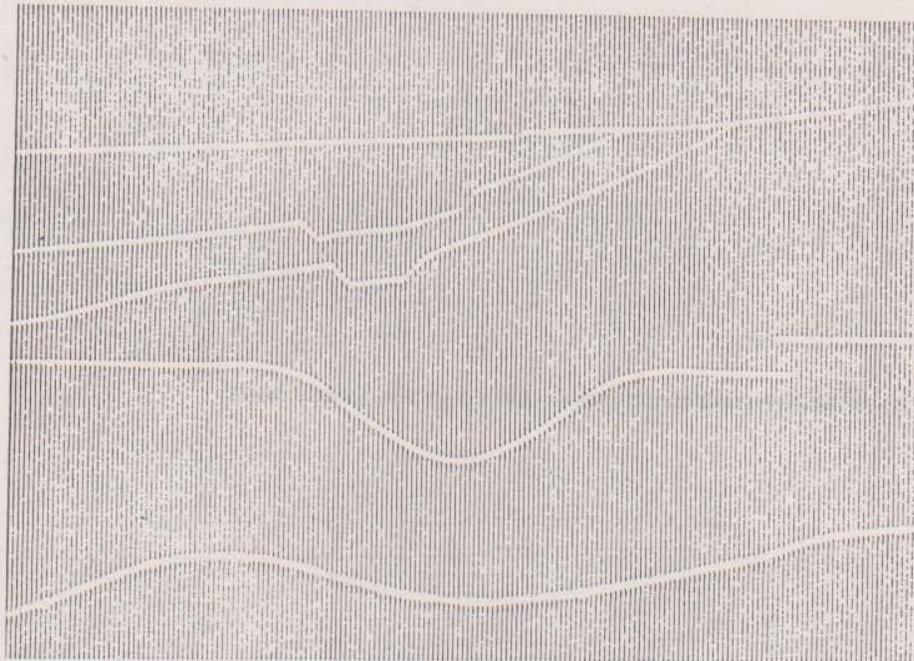
#### V.4. Koreksi Migrasi

Koreksi Migrasi dalam seismik diartikan sebagai memindah lapisan-lapisan pemantul (memposisikan) kepada posisi yang seharusnya. Berpindahnya posisi lapisan itu dapat diakibatkan misalnya oleh: geometri

lapisan pemantul, adanya difraksi, adanya sifat batuan yang tidak isotropis, dll. Akibat adanya fenomena tersebut gambaran tentang bentuk lapisan bawah permukaan menjadi berubah bahkan dapat dikaburkan oleh lapisan-lapisan palsu sebagai produk difraksi. Lihat Gb.10 dan Gb.11.



Gambar 10. Model seismic section sebelum koreksi migrasi.



Gambar 11. Seismic section Gb. 10 setelah koreksi migrasi. (Proses oleh Prakla- seismos)

Pada taraf awal dari tehnik seismik, koreksi migrasi dilakukan secara manual dengan bantuan kurva-kurva induk yang sengaja dibuat untuk keperluan itu.

Saat ini tehnik koreksi tersebut jarang dipakai karena sudah banyak program komputer yang berhasil dibuat untuk memecahkan masalah itu, hal ini dimungkinkan oleh dipakainya konsep fungsi gelombang (wave function) dalam memecahkan masalah migrasi ini.

Ada tiga metoda yang dipakai untuk memecahkan fungsi gelombang ini, yakni:

- metoda beda berhingga (finite difference) dari Claerbout.
- metoda Kirchoff (summation method).
- metoda Frekwensi/bilangan gelombang.

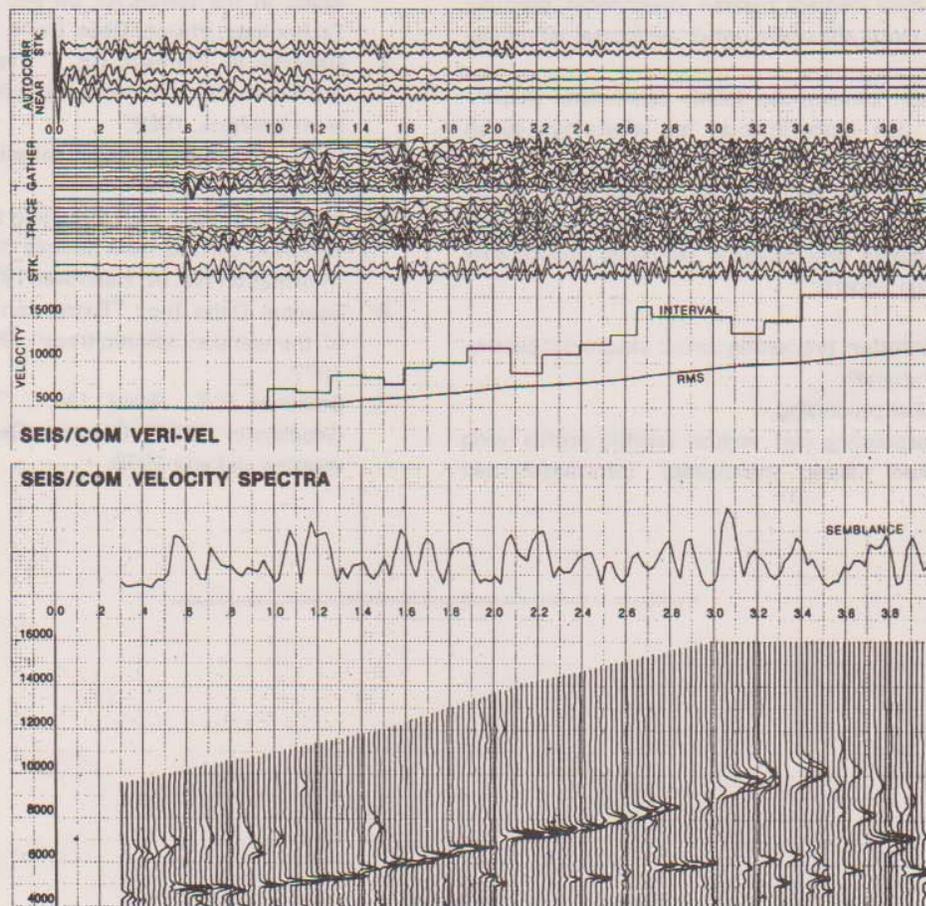
Ketiga cara tersebut mempunyai kelebihan dan kelemah-

an bila dibanding yang satu terhadap yang lain. Muncul diindustri setelah tahun 1977 dan sampai sekarang juga masih terus dikembangkan.

### V.5. Analisa kecepatan

Metode analisa kecepatan pada mulanya berdasar pada prinsip velocity scanning dan stacking pada waktu melakukan koreksi NMO. Dengan cara ini kecepatan yang tepat akan memberikan hasil stacking yang optimal. Scanning dapat dilakukan dengan memasukkan beberapa "constant velocity" maupun "velocity function" sebagai inputnya.

Perbaikan-perbaikan yang diturunkan dari metoda ini melahirkan yang disebut dengan velocity spectra dan semblance spectra. Lihat Gb.12.



Gambar 12.

Konsep baru yang saat ini mulai dipakai diindustri berdasar pada persamaan gelombang yang diperkenalkan oleh Claerbout pada tahun 1976. Nama yang sering dipakai adalah wave stack.

## VI. Kesimpulan

Pengembangan tehnik pengolahan data seismik maju demikian pesatnya. Hampir setiap hari konsep-konsep baru dilahirkan dalam forum-forum diskusi di-pusat2 pengembangan tehnologi. Berpuluh-puluh modifikasi dan percobaan2 dilakukan oleh tenaga peneliti diseluruh dunia setiap bulannya; sehingga produk baru diindustri hampir selalu muncul setiap beberapa bulan sekali.

Kalau kita melakukan penelitian metoda pengolahan data seismik hal ini memungkinkan kita untuk:

1. Tidak selalu menjadi pasaran pelemparan produk2 industri tanpa ada usaha untuk menguasai tehnologinya.
2. Membekali kemampuan tehnik dalam taraf eksperimental, dan eksperimental ini sebetulnya sudah dekat ke tehnologi.
3. Memperoleh kemampuan yang mencukupi untuk mengadakan loncatan-loncatan dalam mengejar ketertinggalan kita dibidang tehnologi seismic data processing, seperti:
  - 3.1. high resolution processing untuk eksplorasi perangkap2 stratigrafi.
  - 3.2. lithological processing.
  - 3.3. digital processing dari vertical seismic profile yang diharapkan dapat melengkapi informasi2 dan

menutupi kelemahan2 yang masih terdapat pada horizontal profiling yang selalu dipakai saat ini.

- 3.4. dll, proses yang lebih sophisticated yang pasti akan muncul tahun2 mendatang.
4. Meningkatkan dan membekali kemampuan untuk suatu ketika melakukan "short cut" (jalan pintas) dalam berkontribusi pada kegiatan eksplorasi minyak dan gas bumi.

## DAFTAR PUSTAKA:

1. Becquey M., Lavergne M., Willm C. : "Acoustic impedance logs computed from seismic traces". France Petroleum Institute, 1977.
2. Berkhout A.J. : "Exploration seismology, the use of sound in the search for oil and gas" University of Technology, Physics Dept. Delft. 1978.
3. Damotte B., Hemaon Ch. : "Traitement de l'information sismique en oceanographie". France Petroleum Institute, 1969.
4. G.S.I. : "900 package seismic data processing software for TIMAP".
5. Prakla Seismos: "Determination and presentation of velocities derived from seismic data. Prakla Seismos Information No.14. Hannover 1978.
6. Seiscom Delta Inc.: "Extraction and interpretation of the complex seismic trace". IPA meeting, Jakarta 1977.
7. Stommel H.E., Graul J.M. : "Current trends in Geophysics 1978" Chevron Geophysical Co. IPA meeting, Jakarta 1978.