

Beberapa Pendekatan Dalam Masalah Pengadaan Data Seismik Untuk Menunjang Eksplorasi Perangkap Stratigrafi *)

Oleh : Suprajitno Munadi **)

I. PENDAHULUAN

Pemanfaatan data seismik untuk menunjang eksplorasi jebakan stratigrafi memang memungkinkan; akan tetapi diperlukan penanganan yang khusus sebelum data itu bisa dipakai sebagai dasar untuk menentukan apakah penafsiran tentang adanya perangkap stratigrafi itu bisa diterima.

Sudah barang tentu banyak faktor yang harus ditingkatkan sebelum data seismik tadi ingin dimanfaatkan untuk keperluan ini.

Diantara faktor-faktor yang dimaksud, salah satu diantaranya yang cukup dominan adalah masalah daya pisah (resolving power); dengan perkataan lain diperlukan "high resolution seismic section" untuk bisa menampilkan ujud perangkap stratigrafi tadi dalam seismic section.

Untuk bisa memperoleh high resolution seismic section, diperlukan penanganan data seismik yang berbeda dengan yang umumnya dikerjakan dalam "conventional seismic prospecting". Supaya hasilnya optimum, penanganan itu sebaiknya menyeluruh dan mendasar.

Menyeluruh artinya semua faktor yang mempengaruhi data mulai dari sumber ledakan, detektor, tehnik lapangan, instrumentasi, processing sampai kepada interpretasinya harus ditangani secara khusus.

Mendasar artinya peralatan, konsepsi ataupun metodenya kalau perlu harus diganti sama sekali.

II. MENGAPA "HIGH RESOLUTION"?

Dalam seismik, dua lapisan pemantul akan tampak terpisah bila jarak antara keduanya tidak kurang dari $\frac{1}{2} \lambda$. λ adalah panjang gelombang seismik yang efektif terpakai (dalam seismik konvensional antara 30 – 300 m).

Selain masalah jarak minimum, ada masalah lain yakni: tebal minimum dari lapisan pemantul yang bisa dideteksi dengan gelombang seismik. Secara eksperimental suatu lapisan pemantul akan bisa dideteksi dengan gelombang seismik bila tebalnya tidak kurang dari $\lambda/12$.

Kalau λ bisa dibuat kecil, akibatnya kemampuan untuk menampilkan lapisan-lapisan yang tipis akan meningkat.

Yang tidak begitu menguntungkan adalah, bahwa makin dalam penetrasi gelombang seismik, λ menjadi semakin besar pula; karena: cepat rambat gelombang seismik cenderung membesar, komponen-komponen frekuensi tinggi sinyal cenderung hilang (diserap oleh lapisan-lapisan batuan).

Mengingat tebal dari perangkap-perangkap stratigrafi relatif tipis, maka "high resolution seismic data" sangat diperlukan untuk dapat menunjang eksplorasi perangkap stratigrafi.

Pada seismik section dengan "high resolution" penampilan perangkap stratigrafi dalam section mungkin terlihat, tetapi pada seismic section yang konvensional penampilan itu sukar terlihat karena dia terbenam dalam gelombang-gelombang yang panjang gelombangnya lebih besar.

Sesuai dengan yang sudah diutarakan dimuka high resolution seismic data dapat diperoleh kalau panjang gelombang seismik efektif (λ) dapat dibuat kecil.

Salah satu harapan yang berhubungan langsung untuk memperkecil panjang gelombang adalah dengan meninggikan frekuensi gelombang yang terekam dan ini membawa konsekuensi-konsekuensi dalam peningkatan:

- teknik pemanfaatan sumber ledakan.
- pemilihan detektor, pengaturan array dan kopleng antara detektor dan medium.
- pemilihan sampling interval dan band width dari seismic amplifier.
- teknik processing dll.

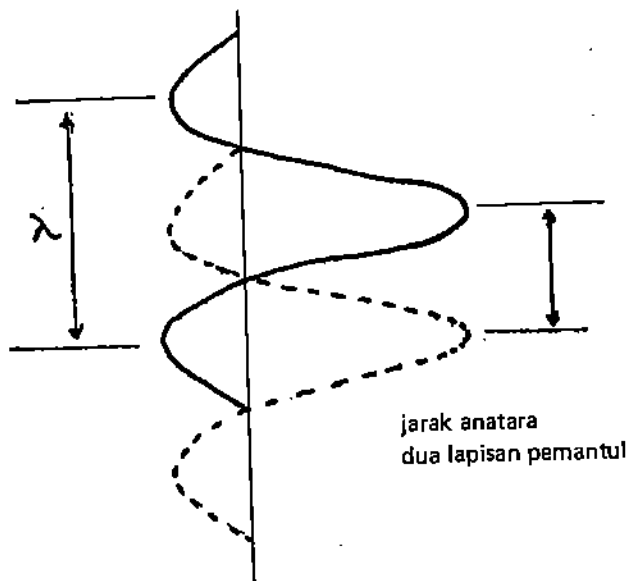
Sebelum membahas masalah diatas ini satu persatu, akan dicoba untuk menunjukkan fenomena absorpsi frekuensi dari gelombang seismik yang menjalar kedalam lapisan-lapisan batuan.

III. ATTENUASI DAN ABSORPSI GELOMBANG SEISMIK

Dua hal yang selalu dapat diamati dari penjalaran gelombang seismik didalam lapisan-lapisan bawah permukaan yaitu pelemahan amplitudo (fenomena attenuasi) dan berkurangnya kandungan frekuensi (fenomena absorpsi). Pelemahan amplitudo adalah akibat berkurangnya tenaga gelombang; makin jauh menjalar, makin lemah tenaganya. Pada waktu

*) Laporan tahunan (1980) anggota Program Penelitian Perangkap Stratigrafi (P3S)

**) Kelompok Geofisika PPTMGB "LEMIGAS".



Gambar 1.

melakukan survey seismik di lapangan melemahnya amplitudo ini sudah dicoba diatasi dengan memakai AGC (Automatic Gain Control) Amplifier; sedangkan di processing juga dicoba dikompensir dengan koreksi "spherical divergence" dan "inelastic attenuation". Walaupun diakui bahwa kompensasi ini belum sempurna betul, akan tetapi setidaknya-tidaknya usaha untuk menjaga agar tenaga sinyal yang hilang tidak terlalu banyak sudah dilakukan.

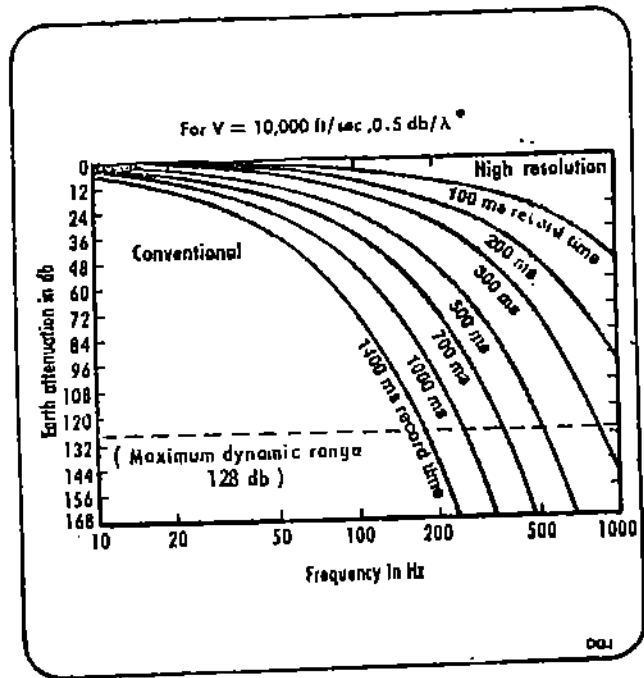
Di pihak lain, konservasi terhadap frekuensi tinggi kurang ditangani; hal ini disebabkan karena dalam seismik konvensional frekuensi efektif dari sinyal yang dipakai adalah sekitar 20 - 60 hz, sehingga alias filter dan high cut filter pada 125 hz sudah dianggap jauh lebih dari cukup. Untuk keperluan "high resolution seismic data" hal ini justru **belum mencukupi**. Frekuensi efektif yang diperlukan dalam hal ini harus diperlebar sampai dengan 200 Hz bahkan kalau mungkin lebih dari itu. Beberapa data empiris tentang kemungkinan mendapatkan rekaman seismik dengan frekuensi efektif sampai lebih dari 200 Hz, dapat dilihat pada gambar 2 a, gambar 2b dan gambar 2c.

Secara rata-rata, dari gambar 2a dapat disimpulkan bahwa untuk mencapai kedalaman 14.000 ft (record length = 1.400 ms) masih mungkin diperoleh rekaman seismik dengan frekuensi sampai sekitar 200 Hz bila amplifier seismic diset pada "dynamic range" sebesar 140 dB sebagai kompensasi attenuasi (140 dB = lebih dari 1 juta kali).

IV. MASALAH SUMBER LEDAKAN

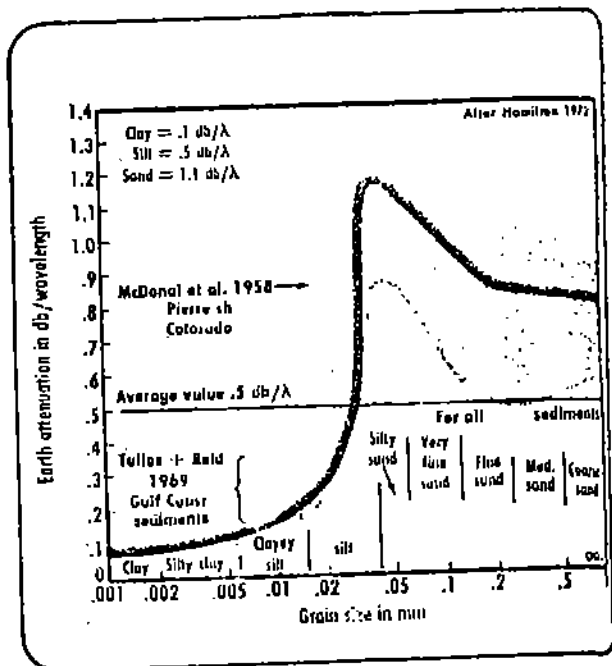
Sesuai dengan meningkatnya kebutuhan terhadap frekuensi sampai lebih dari 200 Hz tadi, faktor sumber ledakan juga harus disesuaikan malahan sumber ledakan sebaiknya mempunyai frekuensi range yang lebih lebar

Attenuation and frequency⁴

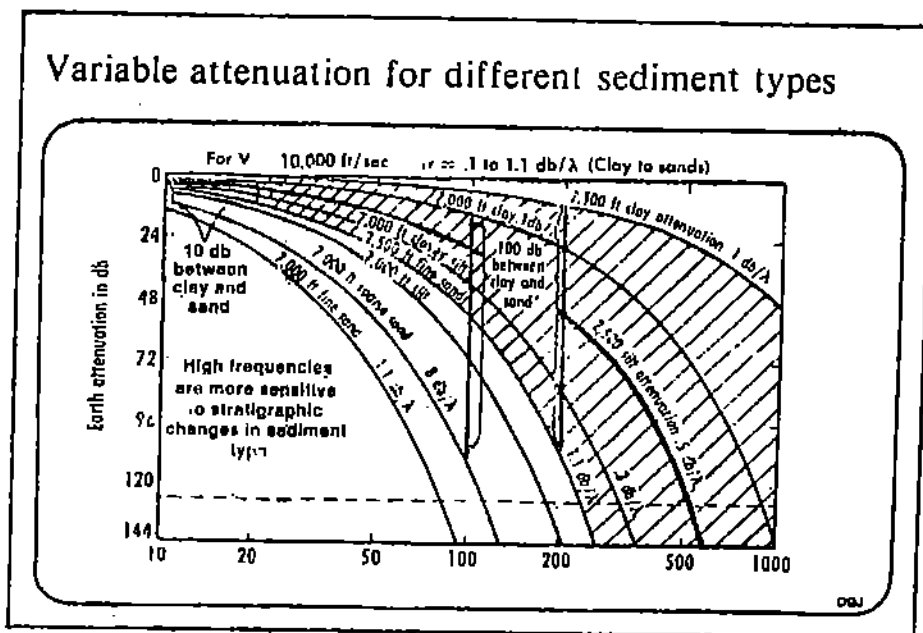


Gb. 2a

Attenuation and sediment type



Gb. 2b



Gb. 2c

dari pada frequency range yang diperlukan oleh data seismik.

Kemungkinan pembangkitan sumber ledakan seperti itu dapat dipelajari dari hasil-hasil penelitian beberapa sumber ledakan yang dapat dilihat pada gambar 3:

- A adalah pulsa tekanan dari ledakan high explosive (dinamit).
- B adalah pulsa tekanan dari ledakan sumber non dinamit ideal.
- C adalah pulsa tekanan dari ledakan dengan overshoot karena efek ghost.
- D adalah pulsa tekanan dari ledakan air gun quasi linear
- E adalah pulsa tekanan dari ledakan air gun (300 m³ pada kedalaman 20 ft).

Untuk air gun (2000 psi, 30 ft) hubungan antara frequency range (band width), energi dan tekanan awal diberikan pada Gambar 4a dan 4b. Terlihat bahwa makin tinggi energi ledakan frequency range bergeser ke daerah frekuensi rendah. Untuk jelasnya dari bermacam-macam sumber ledakan seismik off shore yang saat ini sudah diproduksi yang mempunyai frequency dominan melebihi 200 Hz hanya ada beberapa saja dan hal itu dapat dilihat pada Gambar 4c.

Berdasar atas data empiris tentang sumber ledakan (Gambar 3 dan Gambar 4) dan dengan memperhitungkan kebutuhan akan frequency range yang makin melebar ke daerah frekuensi tinggi, maka dalam masalah sumber ledakan seismik dapat diutarakan hal-hal sebagai berikut:

1. Di-onshore: dinamit yang dipergunakan untuk setiap ledakan (Charge size) sebaiknya tidak terlalu besar sebab: makin besar charge size, makin melebar bentuk pulsa ledakan dan frequency range dari

sumber ledakan bergeser ke daerah frekuensi rendah.

2. Penanaman dinamit dibawah weathering layer perlu mendapat pengawasan yang ketat; karena bila dinamit masih berada di weathering layer yang gembur atau plastis, tidak saja tenaga ledakan banyak berkurang tetapi komponen frekuensi tinggi yang dimiliki sumber ledakan juga ikut hilang.
3. Di off shore: pelebaran frequency range dari marine seismic energy source tertentu dapat diatur dengan mengkompromikan
 - kedalaman sumber ledakan (makin dalam, frequency range makin melebar)
 - Time constant (makin kecil time constant frequency range makin melebar, tetapi tenaga ledakan menjadi makin lemah).
(pada Gb. 3C: time constant = 0,004 detik)
 - dll.

V. MASALAH DETEKTOR

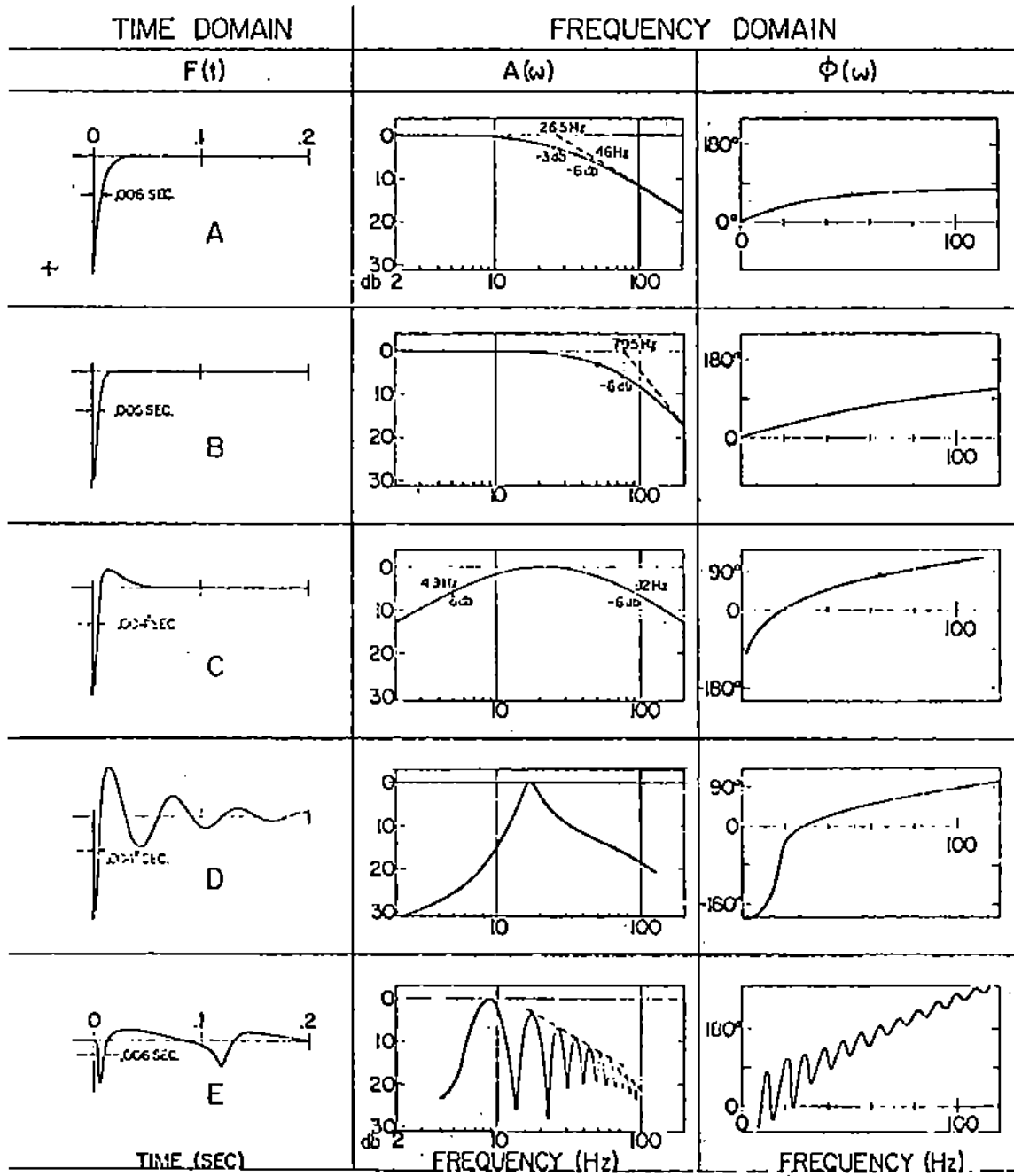
Frequency response dari detektor yang digunakan dalam seismik eksplorasi, masih memungkinkan untuk diperlebar ke daerah frekuensi yang lebih tinggi dari 200 Hz tanpa harus memodifikasinya. Lihat gambar 5.

Yang menjadi masalah untuk keperluan ini adalah sensitivitasnya. Informasi-informasi seismik yang berfrekuensi tinggi pada umumnya lemah amplitudonya, sehingga untuk dapat merekam dengan baik sensitivitas dari detektor harus tinggi.

Selain masalah sensitivitas, masalah yang paling berat adalah kopling antara detektor dengan tanah.

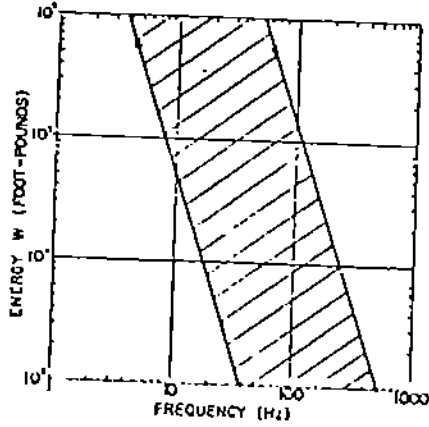
Di lapisan yang mengalami pelapukan, kopling ini jelas tidak sempurna. Para peneliti sudah banyak yang

Gambar 3.

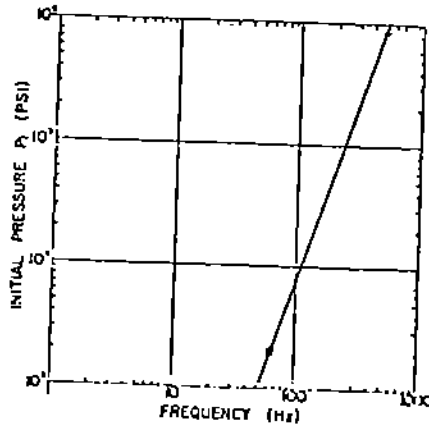


Gb.3 Frequency Spectra of Familiar Pulse Types

Gambar 4a, 4b, 4c.

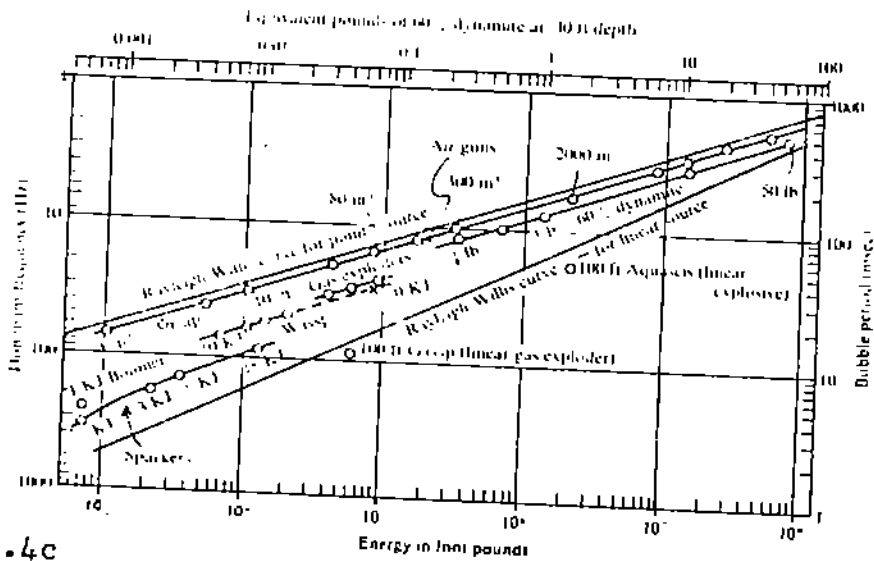


Gb.4a



Gb.4b

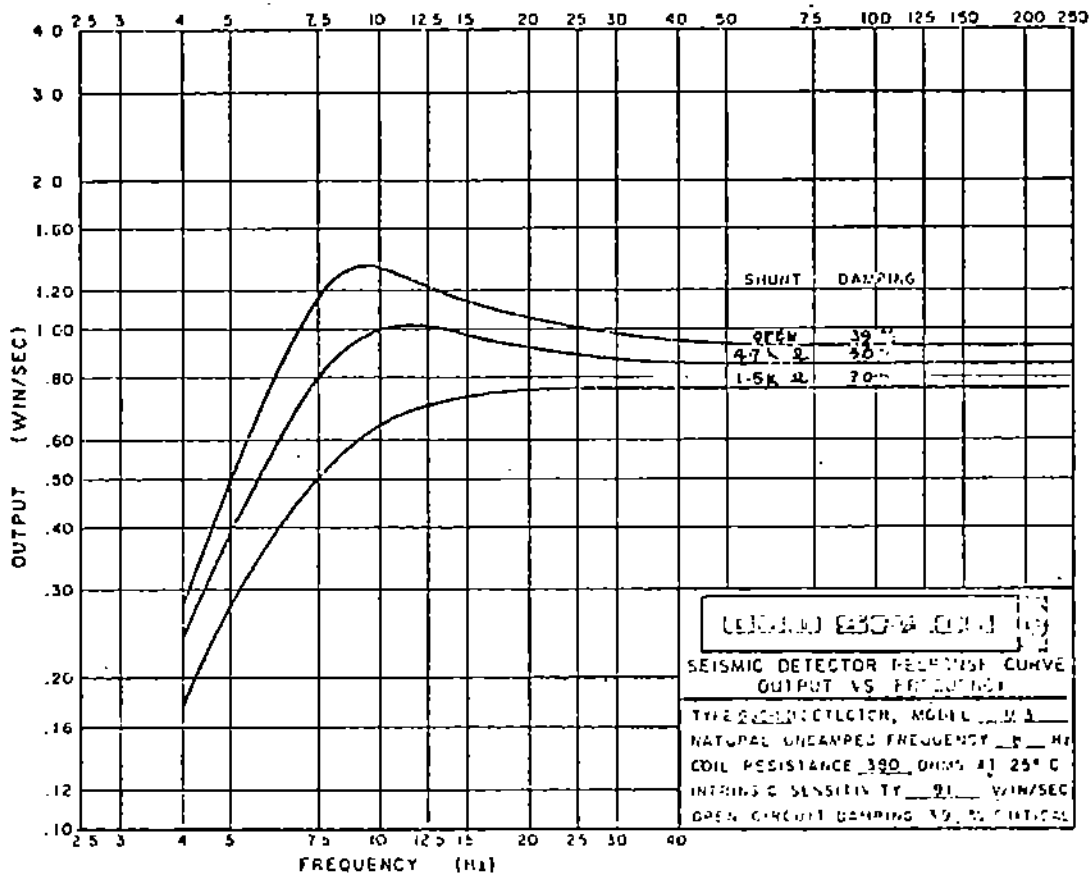
Relationships Between Bandwidth, Cutoff Frequencies, Energy, and Initial Pressure



Gb.4c

Energy-frequency relationships for marine sources (30 ft depth). (From Kramer et al., 1965.)

FREQUENCY RESPONSE CURVES



Gb. 5

menyelidiki bahwa kopling antara geophone dengan tanah adalah suatu sistem filter pemotong frekuensi tinggi (high cut filter) dengan demikian sistem ini banyak merugikan kalau frekuensi yang lebih tinggi dari "cut off" ingin dimanfaatkan.

Di off shore sejenis hydrophone yang disebut multidyne mempunyai frequency response seperti gambar 6 (cukup ideal).

VI. MASALAH INSTRUMENTASI

Secara teknis peningkatan alat perekam untuk bisa beroperasi pada frequency range yang makin melebar kearah frekuensi tinggi adalah sangat memungkinkan.

Di dunia teknik elektronika malahan hal ini sudah tidak merupakan masalah baru.

Persyaratan-persyaratan seperti dibawah ini mungkin merupakan hal yang mudah dipenuhi:

1. Apakah multiplexer dapat diset untuk memberikan sampling interval 2 milidetik atau lebih kecil dari itu.
2. Apakah band width dari sub rangkaian pre-amplifier juga mencakup frekuensi-frekuensi sampai 200 Hz

atau lebih?

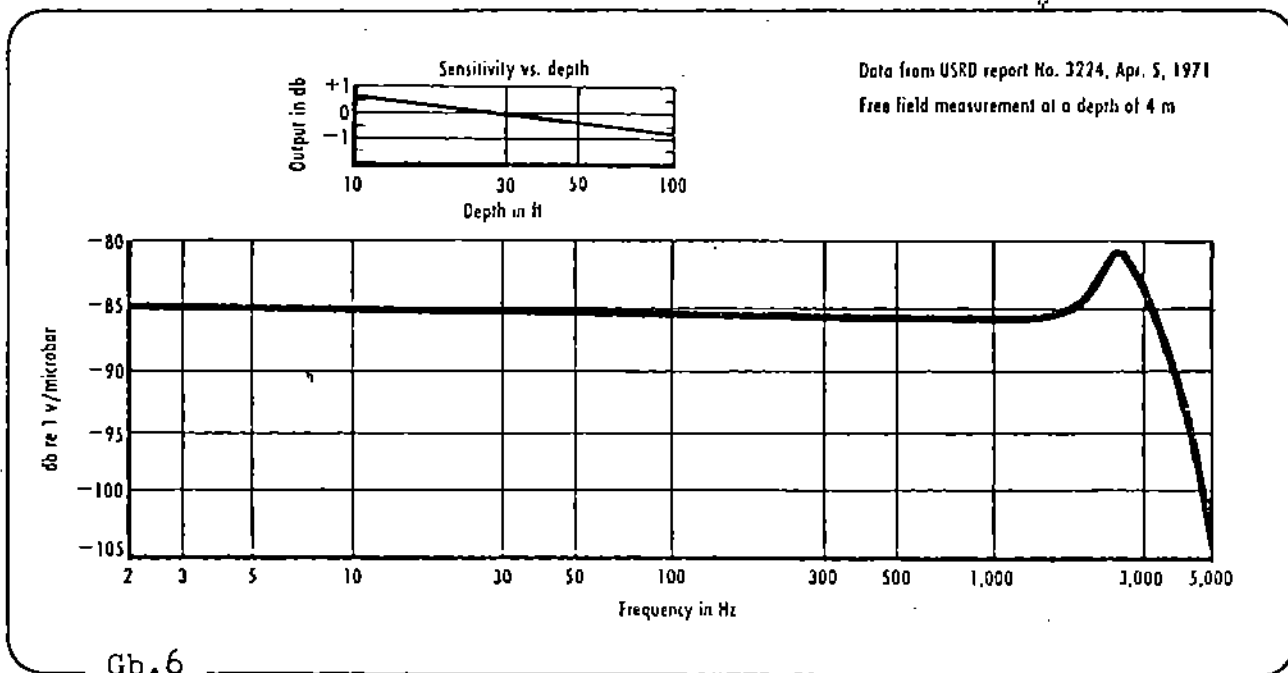
3. Apakah band width dari sub rangkaian amplifier juga mencakup frekuensi-frekuensi sampai 200 Hz atau lebih?
4. Dynamic range merupakan faktor yang penting, berdasarkan gambar 2a, maka dynamic range dari digital seismic recorder harus melebihi 168 dB.
5. Sudah barang tentu untuk keperluan pengadaan data seismic stratigrafi, pemakaian Instantaneous Floating Point Amplifier akan lebih menguntungkan dari pada Binary Gain Amplifier.
6. dll.

VII. TEHNIK LAPANGAN

Berdasarkan uraian-uraian yang sudah diutarakan dimuka, dalam masalah tehnik lapangan dapat diutarakan hal-hal sbb.:

1. Untuk memperoleh signal to noise ratio yang memadai dalam Charge size yang minimum, maka jumlah multiple coverage harus ditingkatkan (bisa dicoba 2400% coverage atau lebih).

Multidyne open circuit voltage sensitivity



Gb.6

2. Geophone array sebetulnya beraksi juga sebagai high cut filter.

Untuk keperluan ini banyak penelitian yang menghasilkan kesimpulan yang cenderung menyarankan pemakaian single geophone; asal kopling dengan tanah cukup baik.

(Bisa dicoba single geophone yang ditanam dibawah weathering layer atau paling tidak sampai pada water table).

Ada tendensi dari pabrik geophone untuk membuat type baru yang sensitif dan murah agar bisa ditinggalkan didalam lubang tiap sekali dipakai.

3. Pemilihan alias filter sudah barang tentu harus disesuaikan dengan sampling interval yang dipilih.
4. Filter-filter analog yang sering digunakan dalam keperluan ini menjadi tidak diperlukan lagi, jadi:
 - high cut filter: open
 - low cut filter: open.
5. Bentuk pulsa ledakan perlu direkam dengan cermat untuk memudahkan koreksi absorpsi dan estimasi sinyal waktu proses wave shaping.
6. Pola survey yang menyebabkan "wide spread angle reflection" sebaiknya dihindari, sebab pola ini akan mengakibatkan NMO correction yang besar dan ini menghilangkan frekuensi tinggi.
7. Untuk menaikkan S/N ratio, gabungan antara peningkatan CDP (point 1) dengan pemakaian vertical stacking waktu pengumpulan data di lapangan bisa dicoba.
8. dll.

VIII. TEHNIK PENGOLAHAN DATA

Sebelum membahas tehnik pengolahan data yang menghasilkan "high resolution seismic section" mungkin perlu disebutkan sub-proses mana yang mengurangi resolution ini pada pengolahan data konvensional.

Resolution losses" bisa diakibatkan oleh subproses-subproses:

1. Penggunaan time variant filtering dengan high cut filter setinggi ± 50 Hz.
2. Akibat koreksi dinamik lebih-lebih pada shallow horizon.
3. Akibat koreksi migrasi.
4. Pemilihan skala waktu display.
5. Koreksi absorpsi yang kurang cermat.
6. dll.

Perbaikan dalam sub-proses sub proses diatas sudah barang tentu akan meningkatkan daya pisah dari seismic section yang dihasilkan.

Walaupun demikian perbaikan-perbaikan ini hanya baru merupakan pengantar/pelengkap bagi sub proses yang sangat berpengaruh besar dalam masalah daya pisah yakni "spiking deconvolution" atau wave shaping atau yang terbaru adalah "wavelet processing".

Dewasa ini sudah banyak proses jenis ini yang tersedia di pusat pengolahan data; wavelet processing mula-mula berusaha mengekstrak sinyal yang dikandung oleh trace seismik, kemudian memanfaatkannya untuk disain proses "wave shaping", agak mirip dengan proses ini

tetapi lebih murah adalah yang disebut dengan "signature deconvolution" dalam hal ini tidak dilakukan sub-proses ekstraksi sinyal sebab sinyal sudah direkam secara cermat pada waktu pengumpulan data dan sinyal inilah yang dipakai untuk disain proses "spiking deconvolution".

Penggunaan proses "real amplitude" ("amplitude preservation") akan sangat membantu untuk keperluan "Penampilan" ujud dari perangkat-perangkat stratigrafi dalam seismic section.

Gambar 7a adalah suatu contoh seismic section standard AGC (konvensional).

Gambar 7b adalah seismic section Gambar 7a yang sudah mengalami proses "amplitude preservation".

Bertolak dari seismic section Gambar 7b, kemudian dilakukan "wavelet processing" menghasilkan seismic section Gambar 7c; perbandingan antara seismic section Gambar 7b dan Gambar 7c pada suatu fenomena yang lebih khusus diperlihatkan pada Gambar 8.

IX. PENGGUNAAN SEISMIC MODELING DAN SEISMIC ATTRIBUTE DALAM MEMBANTU PENAFSIRAN DATA

Modeling merupakan suatu usaha untuk memperkuat hipotesa kita terhadap data yang kita tafsirkan.

Kemampuan membangun dan menyelesaikan model ada kalanya dapat dimanfaatkan untuk menyingkap tabir yang menyelubungi suatu fenomena yang menarik.

Model yang baik adalah model yang memperhitungkan semua faktor yang dapat membentuk fenomena yang diselidiki, akan tetapi kalau hal itu semua harus dimasukkan dalam satu model secara bersamaan perhitungannya menjadi sangat sukar.

Pendekatan yang umumnya dilakukan adalah membangun beberapa model secara terpisah, masing-masing dengan memperhitungkan satu atau beberapa faktor, kemudian diintegrasikan untuk menerangkan fenomena yang diselidiki.

Untuk membantu penafsiran dalam "seismic stratigraphy", modeling dengan konsepsi seismic geometris mungkin tidak mencukupi, dalam hal ini diperlukan konsepsi seismic yang lebih fisis; (memakai wave function) hal ini diperlukan misalnya dalam menirukan pelemahan amplitudo akibat menipisnya lapisan. Pengetahuan tentang hubungan antara tebal lapisan dengan amplitudo sinyal seismic yang dipantulkan akan banyak bermanfaat dalam stratigraphic modeling.

Selain modeling, pemakaian beberapa macam "seismic attribute" juga dapat dimanfaatkan dalam membantu penafsiran.

Beberapa macam seismic attribute yang sudah banyak dimanfaatkan adalah: amplitudo, kuat refleksi, polaritas, sifat frekuensi, sifat fasa, impedansi akustik, pseudo velocity, dll.

Sebagai contoh:

Suatu lensa pasir berisi gas dapat memberikan fenomena seismic sebagai berikut: kekuatan refleksi yang cukup menonjol (amplitudo tinggi), polaritas refleksi yang negatif, munculnya frekuensi rendah tepat dibawah lensa, pseudo velocity yang merendah, impedansi akustik yang mengecil, dll.

Kombinasi antara stratigraphic modeling dengan analisa kuantitatif dari seismic attribute dari seismic section yang sudah mengalami "wavelet processing" akan banyak membantu interpretasi seismic stratigraphy.

Gambar 9a dan gambar 9b kemudian gambar 10a dan gambar 10b menunjukkan contoh dari analisa kwantitatif dari salah satu seismic attribute yaitu amplitudo yang kemudian dihubungkan dengan tebal lapisan (pay thickness).

Dengan demikian analisa kwantitatif dari seismic attribute yang lain akan memberikan sumbangan yang berarti dalam usaha melokalisir perangkat stratigrafi pada seismic section.

X. KESIMPULAN

Mengingat terbatasnya kemampuan dan fasilitas yang saat ini tersedia di PPTMGB "LEMIGAS", maka kontribusi kelompok studi perangkat stratigrafi PPTMGB "LEMIGAS" dalam menunjang eksplorasinya yang sebenarnya dari segi seismic dapat dikelompokkan sebagai berikut:

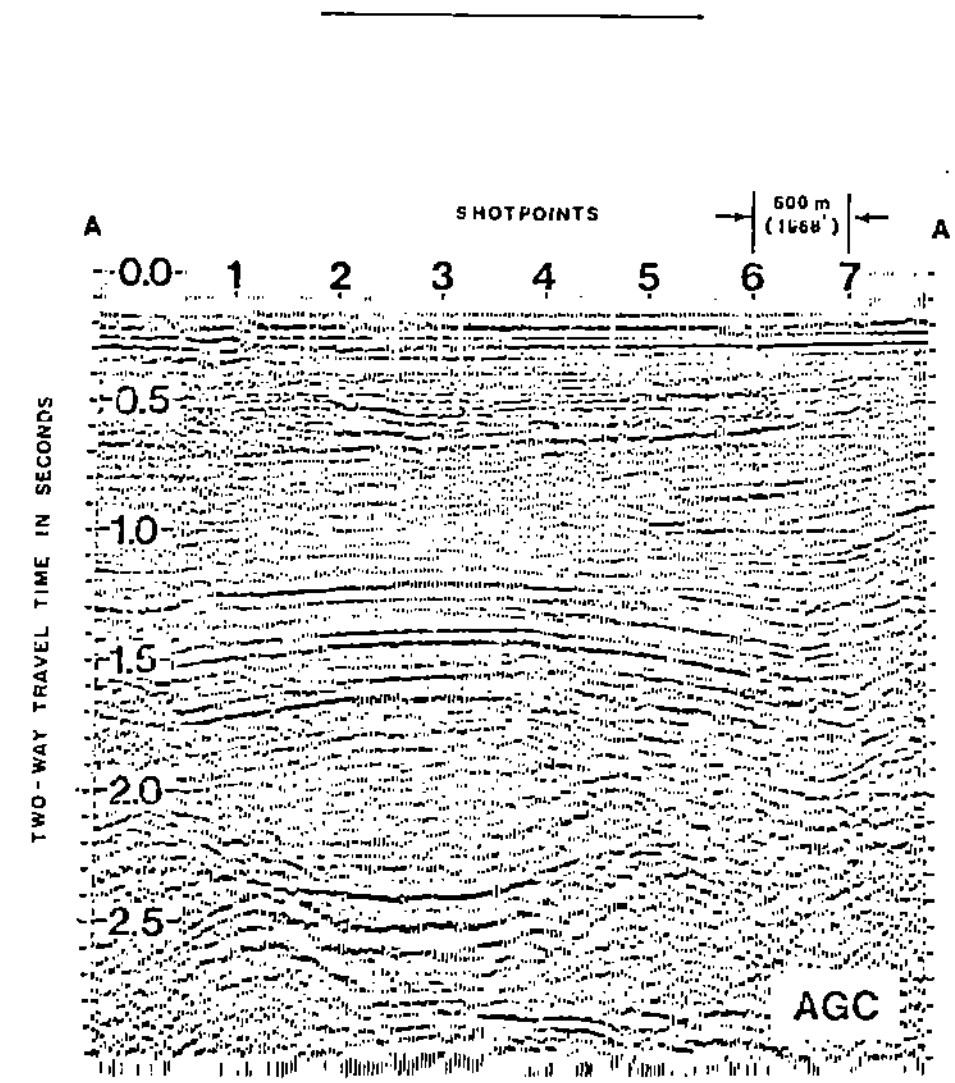
1. Dalam masalah tehnik lapangan:
Saran/konsultasi yang menyangkut pemilihan peralatan, parameter-parameter lapangan dan lain-lain yang bersangkutan dengan itu agar dapat diperoleh kualitas data yang memadai untuk eksplorasi perangkat stratigrafi.
2. Dalam masalah pengolahan data seismic:
Sama dengan no. 1 tetapi yang bersangkutan dengan proses dan parameter proses.
Analisa detail dan proses lanjutan yang khusus, dapat dikenakan pada "potongan seismic section". Membantu melakukan analisa kwantitatif ini mungkin dapat dilakukan di Lemigas.
3. Modeling untuk membantu penafsiran seismic section lebih memungkinkan untuk dikerjakan di PPTMGB "LEMIGAS".

DAFTAR PUSTAKA

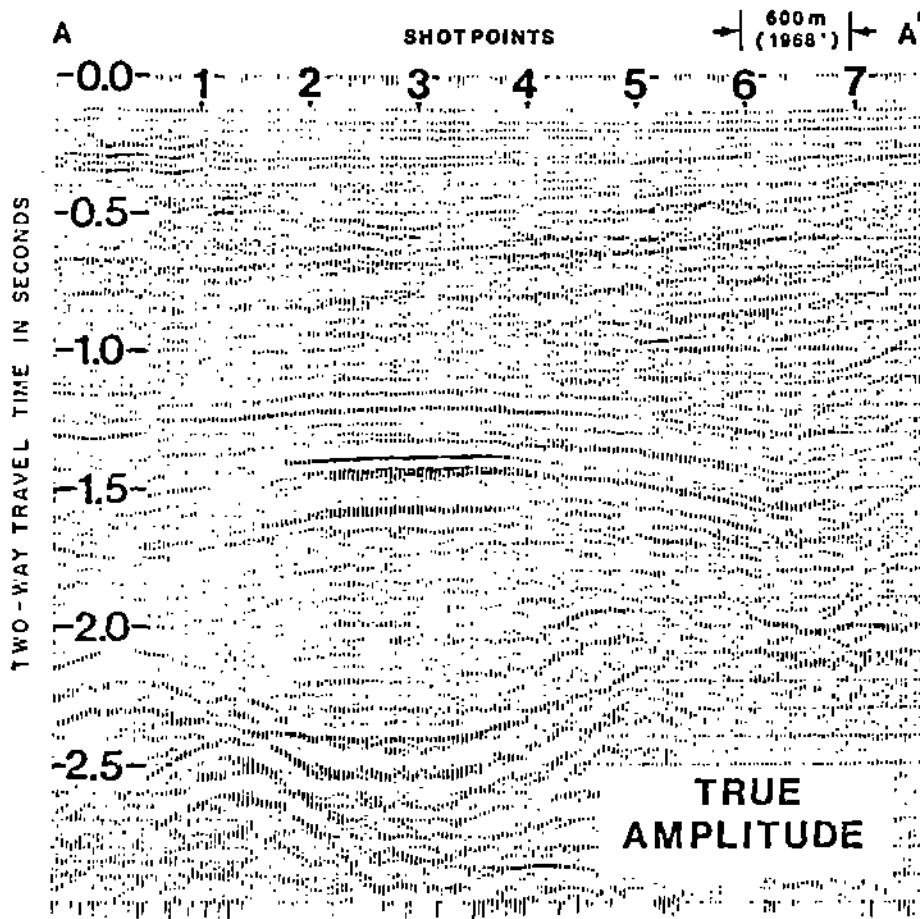
- Denham L.R., 1979, "Extended resolution seismic exploration" ceramah di HAGI, Jakarta.
- Farr, John B., 1977, "High-resolution seismic section methods improve stratigraphic exploration", the Oil and Gas Journal No. 21.
- Farrlol, R., Michon, D., Muniz, R., Staron, P., 1970, "Study and comparison at marine seismic source signatures recorded in a very wide frequency band", C.G.G., Paris.

Kramer, F.S., Peterson, R.A., Walter, W.C., Oct. 1978, "Seismic energy sources Handbook", United Geophysical Corporation, Denver.
 Lamer, A., January 1970, "Le geophone en seismic petrolier", IFP, Paris.
 Lindsey J.P., Dedman E.V., Ausburn B.E., May 1978,

"New seismic technique define stratigraphy, lithology", World Oil.
 Schramm M.V., Dedman E.V., Lindsey J.P., 1977, "Practical stratigraphic modeling and interpretation in seismic stratigraphy application to hydrocarbon exploration", AAPG Memoir 26, Tulsa.

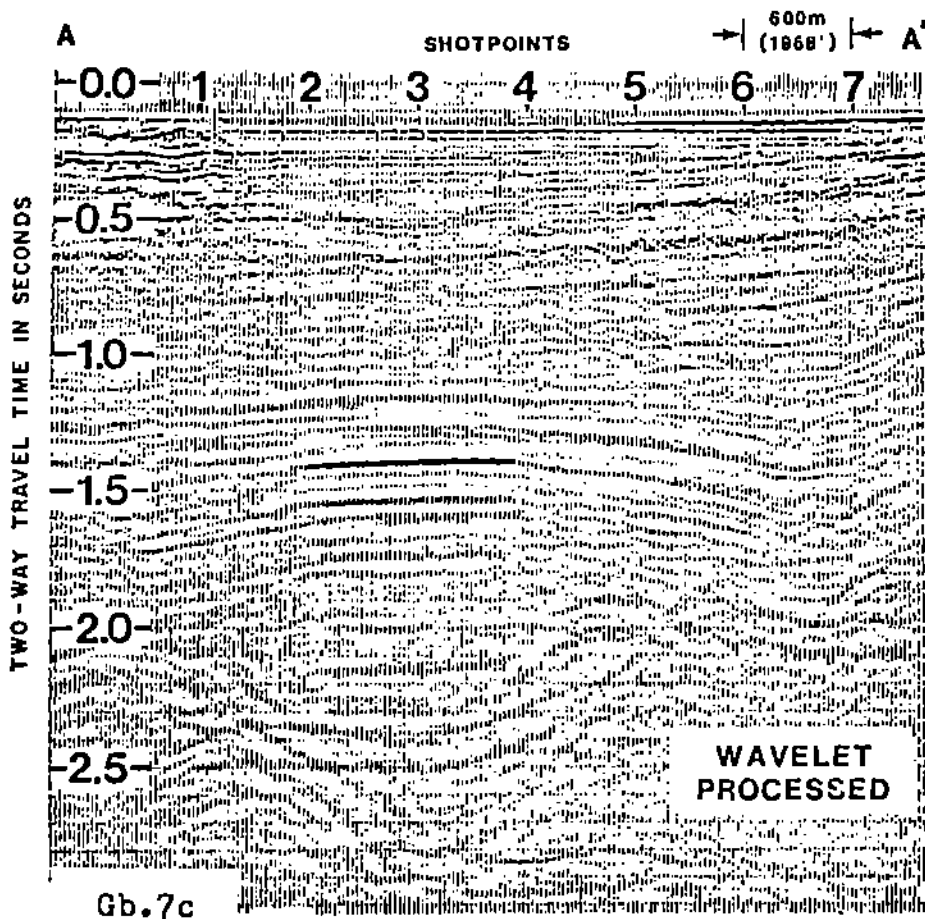


Gb.7a Standard AGC seismic section showing indications of an amplitude anomaly (bright spot) between shotpoints 2 and 4 at about 1.4 sec.



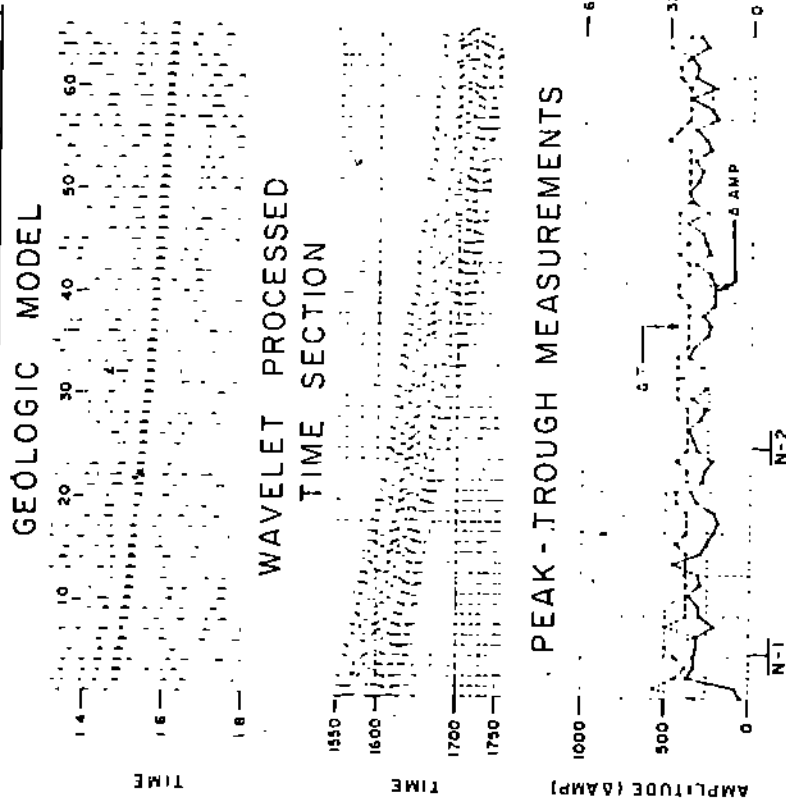
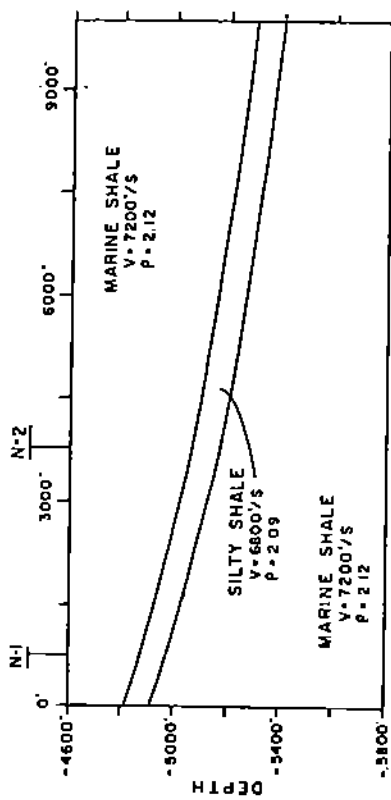
Gb.7b

Amplitude-processed version

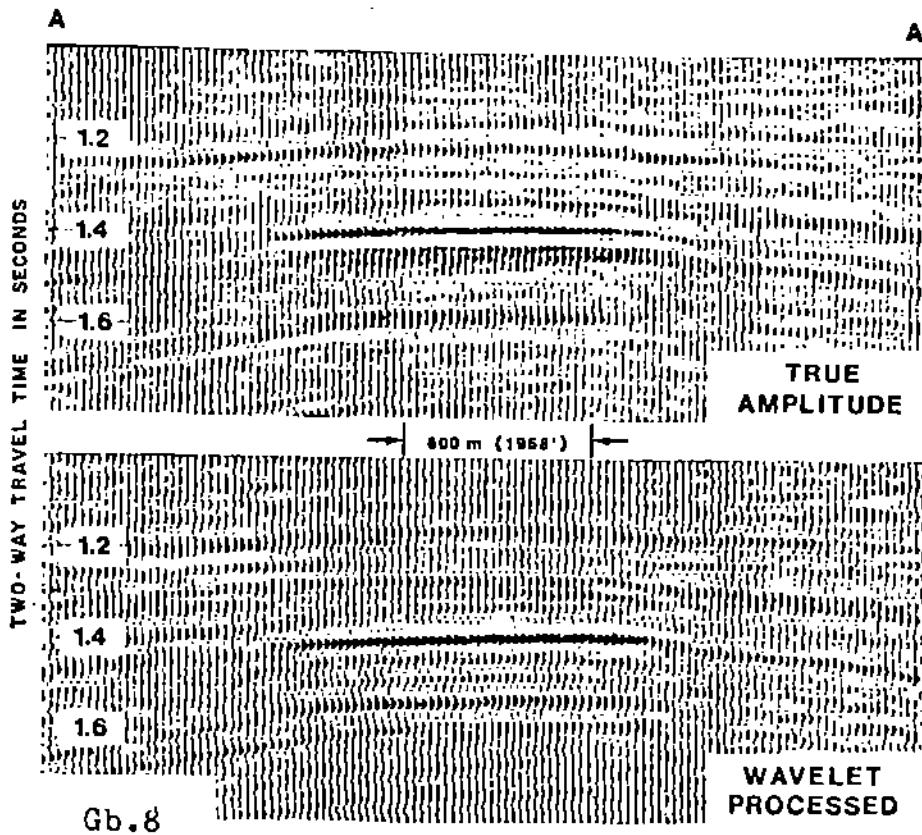


Gb.7c

-Wavelet-processed version



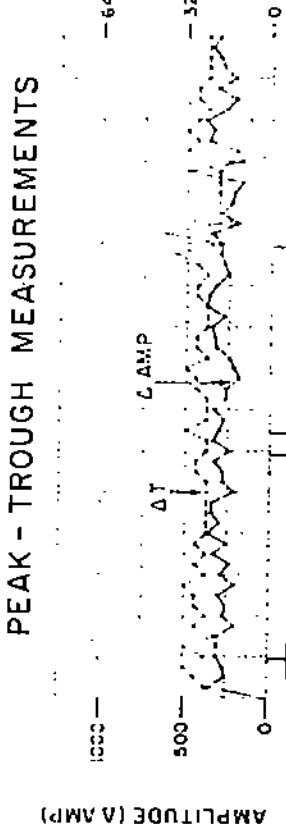
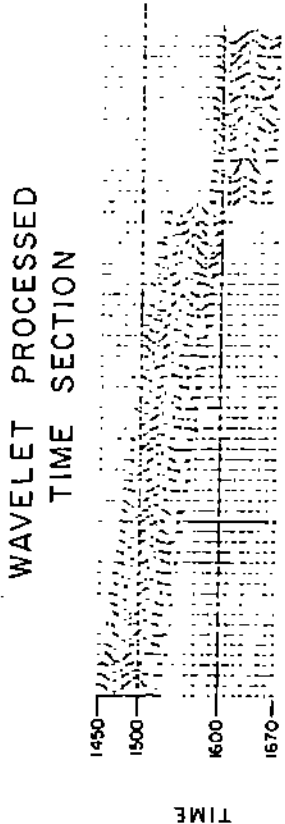
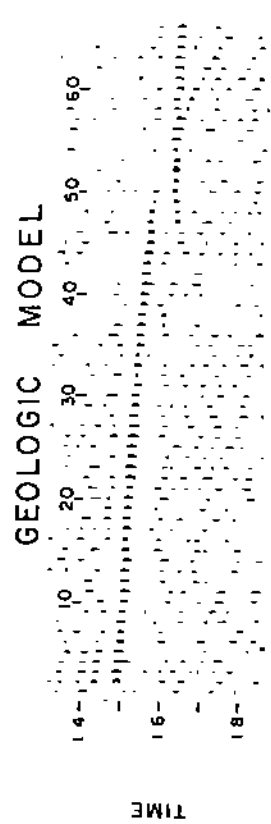
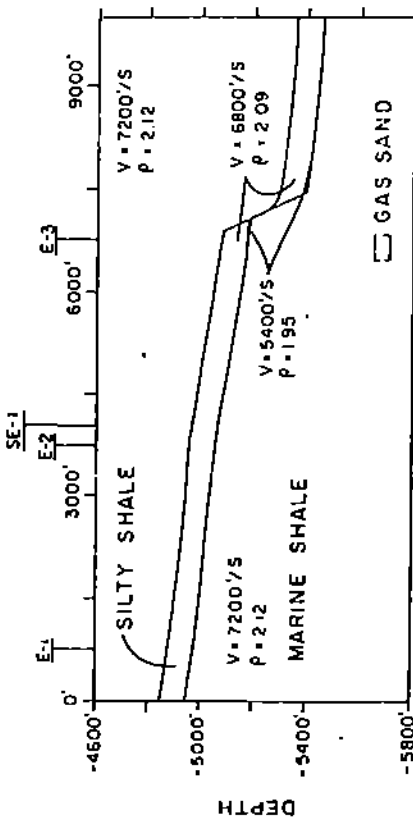
Gb. 9a --Quantitative stratigraphic analysis of line E-I.



Gb. 8

Comparison of conventional and wavelet processing, amplitude preserved.

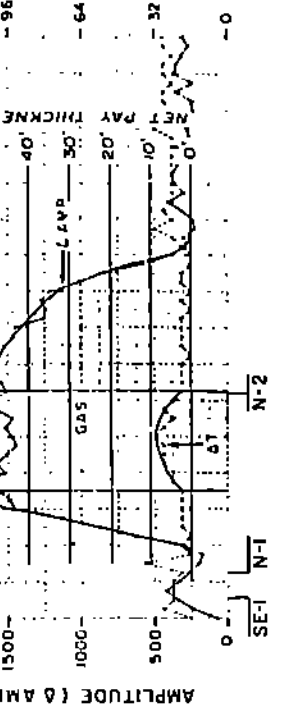
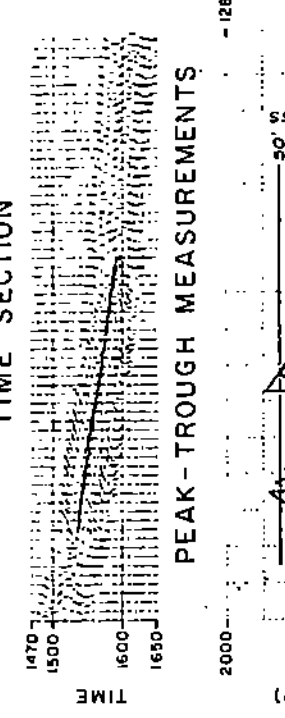
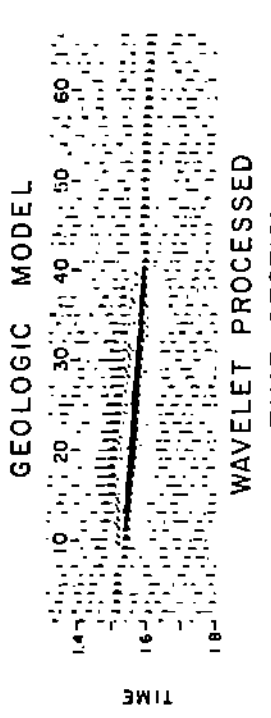
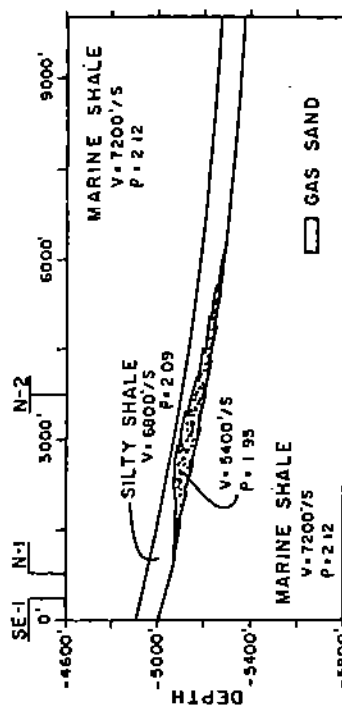
(Gb.7a , 7b , 7c dan Gb.8 diproses oleh Teledyne Exp.Inc.)



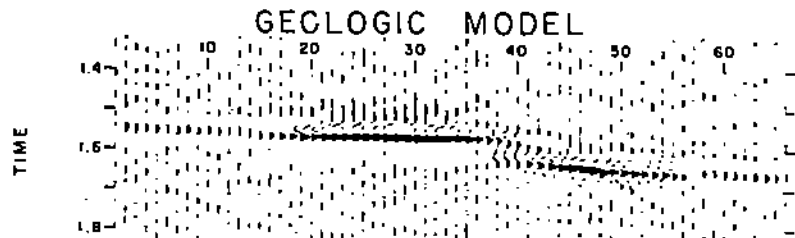
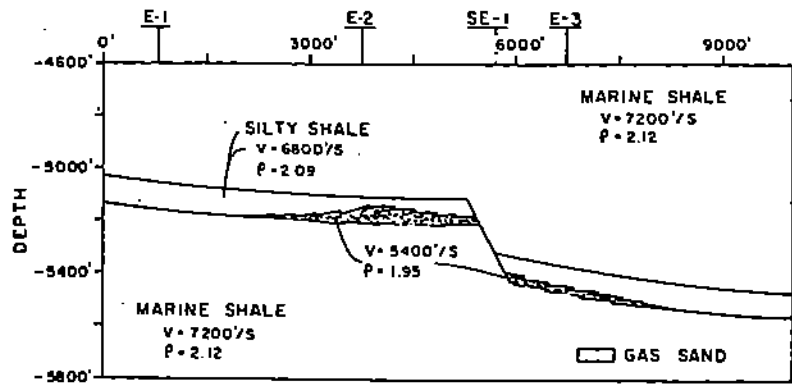
Gb. 10a: Quantitative stratigraphic analysis of line E-2.

M.W. Schramm, Jr., et al :
 "Stratigraphic Modeling and Interpretation"

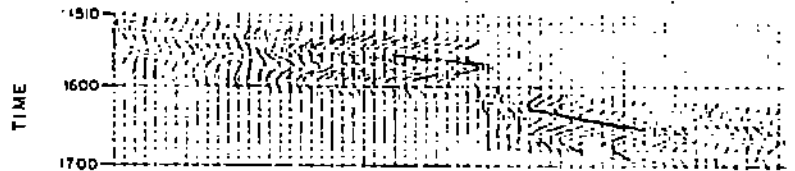
Stratigraphic Modeling and Interpretation



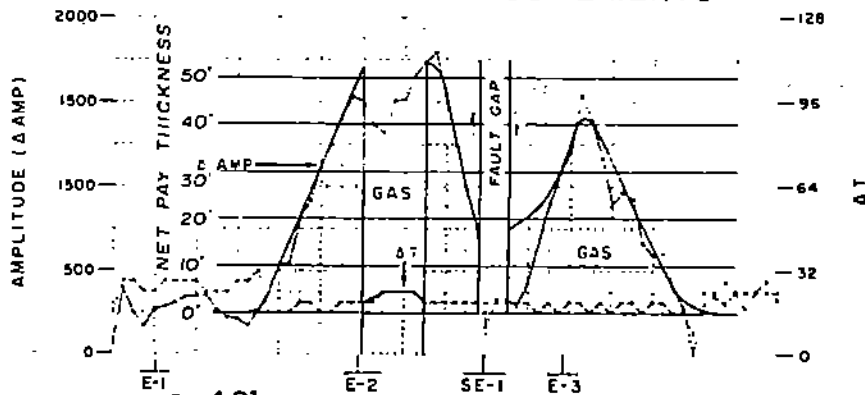
Gb. 9b: Quantitative stratigraphic analysis of line E-1.



WAVELET PROCESSED
TIME SECTION



PEAK-TROUGH MEASUREMENTS



Gb. 10b Quantitative stratigraphic analysis of line N-2.