

TEKNOLOGI SEISMIK REFLEKSI UNTUK EKSPLORASI MINYAK DAN GAS BUMI

Oleh

M. Hasanudin¹⁾

ABSTRACT

REFLECTION SEISMIC IS THE METHOD WHICH USE ACOUSTIC WAVE PROPAGATION. *The purpose of the method is to describe subsurface structure condition and possible to determine subsurface material properties. To describe subsurface geologic condition ideally, acoustic source energy from earth surface will propagate into the earth and will be reflected back to the earth surface by inhomogenous subsurface rock layers. Recorded travel time and amplitud wave reflection are used to create subsurface velocity model and depth model. This paper will describe about the utility of reflection seismic method for oil and gas exploration.*

PENDAHULUAN

Secara umum, tujuan utama dari pengukuran seismik adalah untuk memperoleh rekaman yang berkualitas baik. Kualitas rekaman seismik dapat dinilai dari perbandingan sinyal refleksi terhadap sinyal noise (S/N) yaitu perbandingan antara banyaknya sinyal refleksi yang direkam dibandingkan dengan sinyal noisenya dan keakuratan pengukuran waktu tempuh (*travel time*).

Eksplorasi seismik refleksi dapat dikelompokkan menjadi dua, yaitu eksplorasi prospek dangkal dan eksplorasi prospek dalam. Eksplorasi seismik dangkal (*shallow seismic reflection*) biasanya diaplikasikan untuk eksplorasi batubara dan bahan tambang lainnya. Sedangkan seismik dalam digunakan untuk eksplorasi daerah prospek hidrokarbon (minyak dan gas bumi). Kedua kelompok ini tentu saja menuntut resolusi dan akurasi yang berbeda begitu pula dengan teknik lapangannya.

Menurut SANNY (1998), kualitas data seismik sangat ditentukan oleh kesesuaian antara parameter pengukuran lapangan yang digunakan dengan kondisi lapangan yang ada. Kondisi lapangan yang dimaksud adalah kondisi geologi dan kondisi

¹⁾ Bidang Dinamika Laut, Pusat Penelitian Oseanografi-LIPI, Jakarta

daerah survei. Sebagai contoh, parameter lapangan untuk daerah batu gamping masif akan berbeda dengan parameter untuk daerah dengan litologi selang-seling antara lempung dan pasir. Di samping itu parameter lapangan yang harus disesuaikan adalah target eksplorasi yang ingin dicapai.

Secara umum, metode seismik refleksi terbagi atas tiga bagian penting yaitu pertama adalah akuisisi data seismik yaitu merupakan kegiatan untuk memperoleh data dari lapangan yang disurvei, kedua adalah pemrosesan data seismik sehingga dihasilkan penampang seismik yang mewakili daerah bawah permukaan yang siap untuk diinterpretasikan, dan yang ketiga adalah interpretasi data seismik untuk memperkirakan keadaan geologi di bawah permukaan dan bahkan juga untuk memperkirakan material batuan di bawah permukaan.

AKUISISI DATA SEISMIK

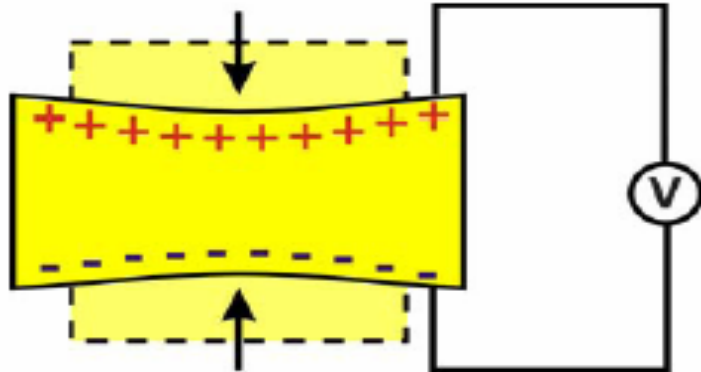
Untuk memperoleh hasil pengukuran seismik refleksi yang baik, diperlukan pengetahuan tentang sistem perekaman dan parameter lapangan yang baik pula. Parameter akan sangat ditentukan oleh kondisi lapangan yang ada yaitu berupa kondisi geologi daerah survei. Teknik-teknik pengukuran seismik meliputi :

1. Sistem Perekaman Seismik

Tujuan utama akuisisi data seismik adalah untuk memperoleh pengukuran travel time dari sumber energi ke penerima. Keberhasilan akuisisi data bisa bergantung pada jenis sumber energi yang dipilih. Sumber energi seismik dapat dibagi menjadi dua yaitu sumber impulsif dan vibrator. Sumber impulsif adalah sumber energi seismik dengan transfer energinya terjadi secara sangat cepat dan suara yang dihasilkan sangat kuat, singkat dan tajam. Sumber energi impulsif untuk akuisisi data seismik yang digunakan untuk akuisisi data seismik di laut adalah *air gun*.

Sumber energi vibrator merupakan sumber energi dengan durasi beberapa detik. Panjang sinyal input dapat bervariasi. Gelombang outputnya berupa gelombang sinusoidal. Seismik refleksi resolusi tinggi menggunakan vibrator dengan frekuensi 125 Hz atau lebih.

Perekaman data seismik melibatkan detektor dan amplifier yang sangat sensitif serta *magnetic tape recorder*. Alat untuk menerima gelombang-gelombang refleksi untuk survei seismik di laut adalah hidropon. Hidropon merespon perubahan tekanan. Hidropon terdiri atas kristal piezoelektrik yang terdeformasi oleh perubahan tekanan air. Hal ini akan menghasilkan beda potensial output. Elemen piezoelektrik ditempatkan dalam suatu kabel streamer yang terisi oleh kerosin untuk mengapungkan dan insulasi. Model hidropon seperti yang diperlihatkan pada Gambar 1.



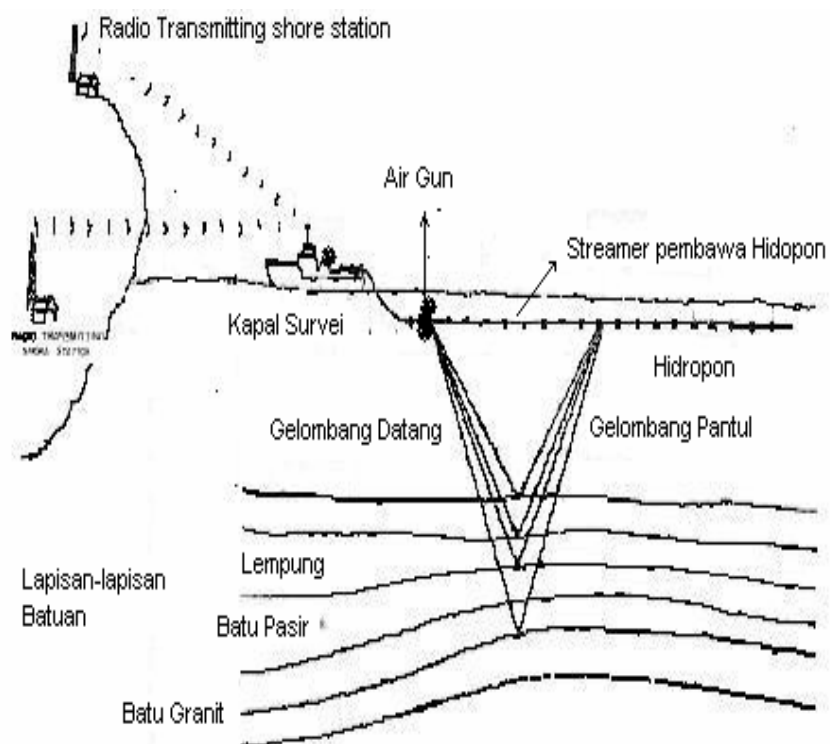
Gambar 1. Penampang hidropon

Hampir semua data seismik direkam secara digital. Karena output dari hidropon sangat lemah dan *output amplitude decay* dalam waktu yang sangat singkat, maka sinyal ini harus diperkuat. Amplifier bisa juga dilengkapi dengan filter untuk meredam frekuensi yang tidak diinginkan (SANNY, 2004).

2. Prosedur Operasional Seismik Laut

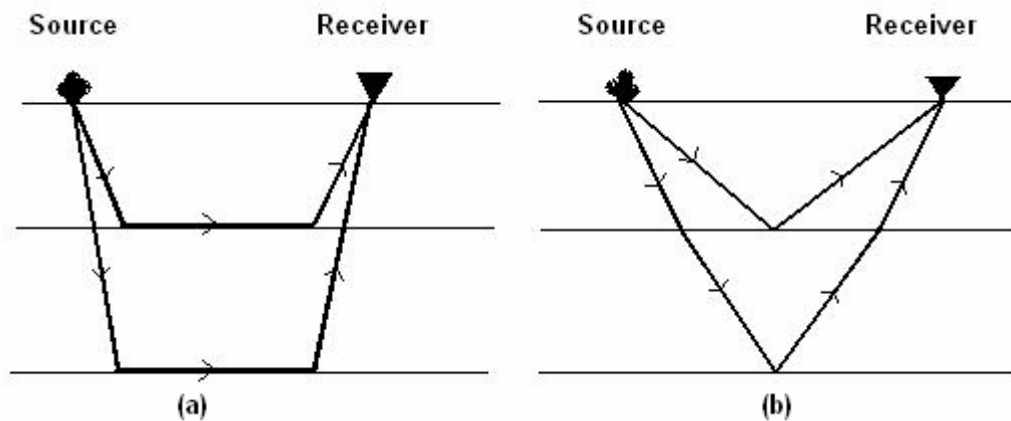
Kapal operasional seismik dilengkapi dengan bahan peledak, instrumen perekaman serta hidropon, dan alat untuk penentuan posisi tempat dilakukannya survey seismik seperti yang diperlihatkan pada Gambar 2. Menurut KEARN & BOYD (1963), terdapat dua pola penembakan dalam operasi seismik di laut yaitu :

- a) **Profil Refleksi**, pola ini memberikan informasi gelombang-gelombang seismik sebagai gelombang yang merambat secara vertikal melalui lapisan-lapisan di bawah permukaan. Teknik ini melakukan tembakan disepanjang daerah yang disurvei dengan kelajuan dan penembakan yang konstan. Jarak penembakan antara satu titik terhadap lainnya disesuaikan dengan informasi refleksi yang diperlukan, seperti yang diperlihatkan pada Gambar 3.



Gambar 2. Operasional seismik di laut

b) **Profile Refraksi**, Pola ini memberikan informasi gelombang-gelombang seismik yang merambat secara horizontal melalui lapisan-lapisan di bawah permukaan. Pada teknik ini kapal melakukan tembakan pada titik-titik tembak yang telah ditentukan (Gambar 3).



Gambar 3. Diagram metode penembakan Refraksi (a) dan Refleksi (b)

PENGOLAHAN DATA SEISMIK

Tujuan dari pengolahan data seismik adalah untuk memperoleh gambaran yang mewakili lapisan-lapisan di bawah permukaan bumi. Tujuan utama pemrosesan data seismik menurut VAN DER KRUK (2001) adalah :

1. untuk meningkatkan *signal to noise ratio* (S/N)
2. untuk memperoleh resolusi yang lebih tinggi dengan mengadaptasikan bentuk gelombang sinyal
3. mengisolasi sinyal-sinyal yang diinginkan (mengisolasi sinyal refleksi dari multiple dan gelombang-gelombang permukaan)
4. untuk memperoleh gambaran yang realistis dengan koreksi geometri
5. untuk memperoleh informasi-informasi mengenai bawah permukaan (kecepatan, reflektivitas, dll).

Secara garis besar urutan pengolahan data seismik menurut SANNY (2004) adalah sebagai berikut :

1. Field Tape

Data seismik direkam ke dalam pita magnetik dengan standar format tertentu. Standarisasi ini dilakukan oleh SEG (*Society of Exploration Geophysics*). *Magnetic tape* yang digunakan biasanya adalah tape dengan format: SEG-A, SEG-B, SEG-C, SEG-D, dan SEG-Y. Format data terdiri dari header dan amplitudo. Header berisi informasi mengenai survei, project dan parameter yang digunakan dan informasi mengenai data itu sendiri (Gambar 4).

2. Demultiplex

Data seismik yang tersimpan dalam format multiplex dalam pita magnetik lapangan sebelum diproses terlebih dahulu harus diubah susunannya. Data yang tersusun berdasarkan urutan pencuplikan disusun kembali berdasarkan receiver atau channel (*demultiplex*). Proses ini dikenal dengan *demultiplexing*.

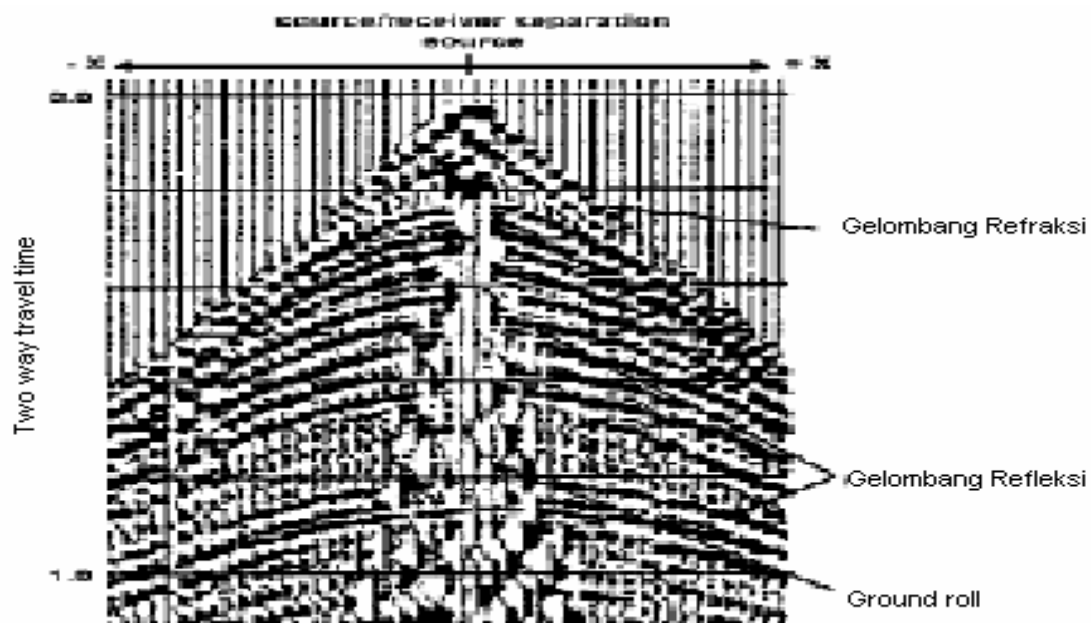
3. Gain Recovery

Akibat adanya penyerapan energi pada lapisan batuan yang kurang elastis dan efek divergensi sferis maka data amplitudo (energi gelombang) yang direkam mengalami penurunan sesuai dengan jarak yang ditempuh. Untuk menghilangkan efek ini maka perlu dilakukan pemulihan kembali energi yang hilang sedemikian rupa sehingga pada setiap titik seolah-olah datang dengan jumlah energi yang sama. Proses ini dikenal dengan istilah *Automatic Gain Control* (AGC) sehingga nantinya menghasilkan kenampakan data seismik yang lebih mudah diinterpretasi.

4. Editing dan Muting

Editing adalah proses untuk menghilangkan semua rekaman yang buruk, sedangkan mute adalah proses untuk menghilangkan sebagian rekaman yang

diperkirakan sebagai sinyal gangguan seperti ground roll, first break dan lainnya yang dapat mengganggu data (Gambar 4).



Gambar 4. Rekaman data seismik

5. Koreksi statik

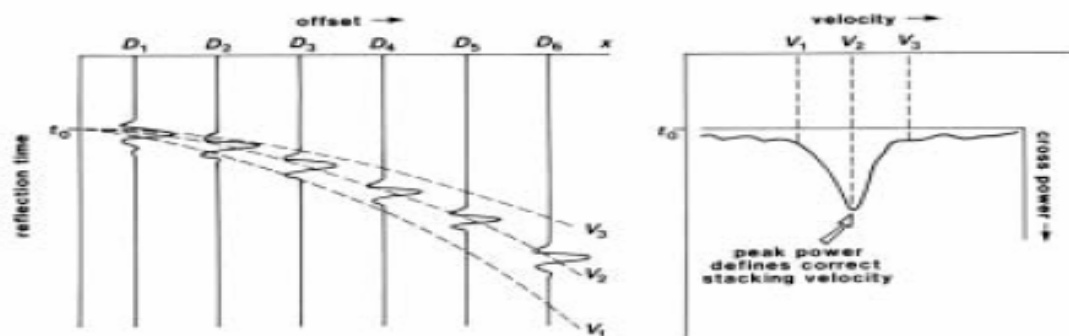
Koreksi ini dilakukan untuk menghilangkan pengaruh topografi (elevasi shot dan receiver) sehingga *shot point* dan *receiver* seolah-oleh ditempatkan pada datum yang sama.

6. Dekonvolusi

Dekonvolusi dilakukan untuk menghilangkan atau mengurangi pengaruh *ground roll*, *multiple*, *reverberation*, *ghost* serta memperbaiki bentuk *wavelet* yang kompleks akibat pengaruh noise. Dekonvolusi merupakan proses *invers filter* karena konvolusi merupakan suatu filter. Bumi merupakan *low pass filter* yang baik sehingga sinyal impulsif diubah menjadi *wavelet* yang panjangnya sampai 100 ms. *Wavelet* yang terlalu panjang mengakibatkan turunnya resolusi seismik karena kemampuan untuk membedakan dua *event* refleksi yang berdekatan menjadi berkurang.

7. Analisis Kecepatan

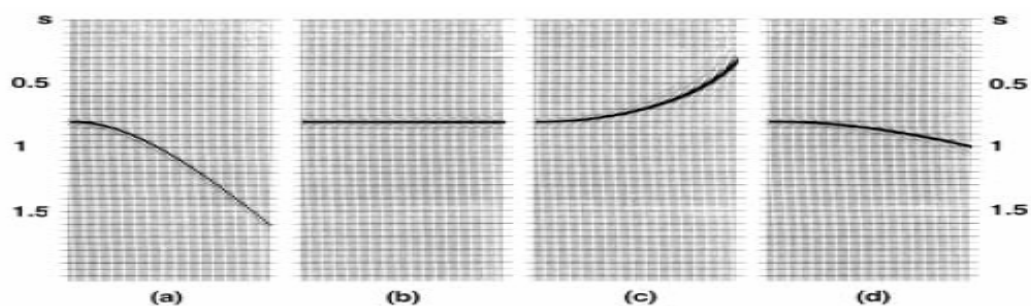
Tujuan dari analisis kecepatan adalah untuk menentukan kecepatan yang sesuai untuk memperoleh *stacking* yang terbaik. Pada grup *trace* dari suatu titik pantul, sinyal refleksi yang dihasilkan akan mengikuti bentuk pola hiperbola. Prinsip dasar analisa kecepatan pada proses *stacking* adalah mencari persamaan hiperbola yang tepat sehingga memberikan *stack* yang maksimum (Gambar 5).



Gambar 5. Stacking velocity

8. Koreksi Dinamik/Koreksi NMO

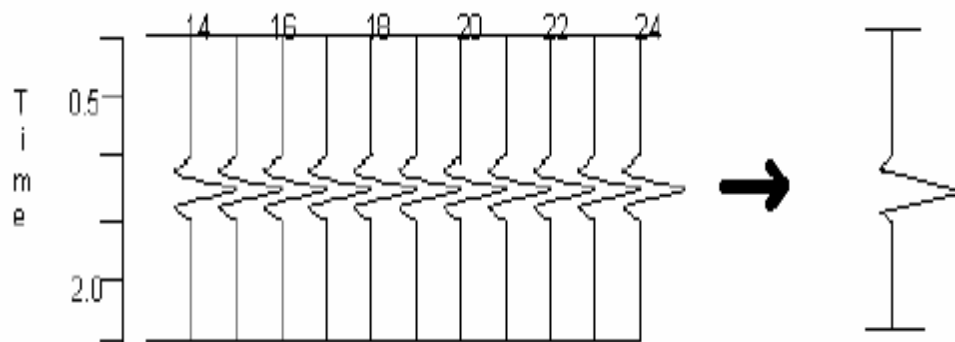
Koreksi ini diterapkan untuk mengoreksi efek adanya jarak offset antara *shot point* dan *receiver* pada suatu *trace* yang berasal dari satu CDP (*Common Depth Point*). Koreksi ini menghilangkan pengaruh offset sehingga seolah-olah gelombang pantul datang dalam arah vertikal (*normal incident*) (Gambar 6).



Gambar 6. Koreksi NMO: (a) belum dikoreksi (b) kecepatan yang sesuai (c) kecepatan yang lebih rendah (d) kecepatan yang lebih tinggi (VAN DER KRUK, 2001)

9. Stacking

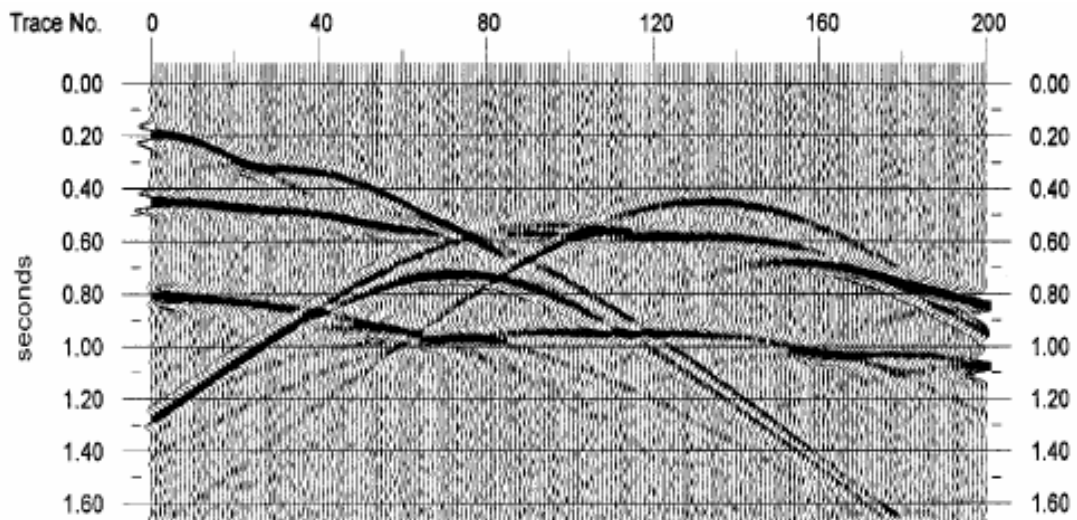
Stacking adalah proses penjumlahan trace-trace dalam satu *gather* data yang bertujuan untuk mempertinggi sinyal to noise ratio (S/N). Proses ini biasanya dilakukan berdasarkan CDP yaitu *trace-trace* yang tergabung pada satu CDP dan telah dikoreksi NMO kemudian dijumlahkan untuk mendapat satu *trace* yang tajam dan bebas noise inkoheren (Gambar 7).



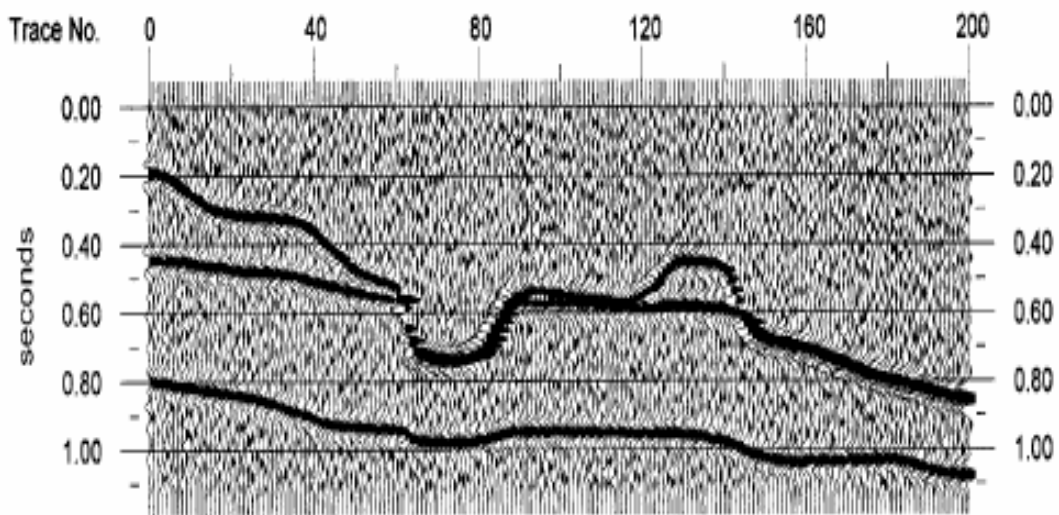
Gambar 7. Proses penjumlahan trace-trace dalam satu CDP (stacking)

10. Migrasi

Migrasi adalah suatu proses untuk memindahkan kedudukan reflektor pada posisi dan waktu pantul yang sebenarnya berdasarkan lintasan gelombang. Hal ini disebabkan karena penampang seismik hasil stack belumlah mencerminkan kedudukan yang sebenarnya, karena rekaman *normal incident* belum tentu tegak lurus terhadap bidang permukaan, terutama untuk bidang reflektor yang miring. Selain itu, migrasi juga dapat menghilangkan pengaruh difraksi gelombang yang muncul akibat adanya struktur-struktur tertentu (patahan, lipatan) (Gambar 8).



(a)

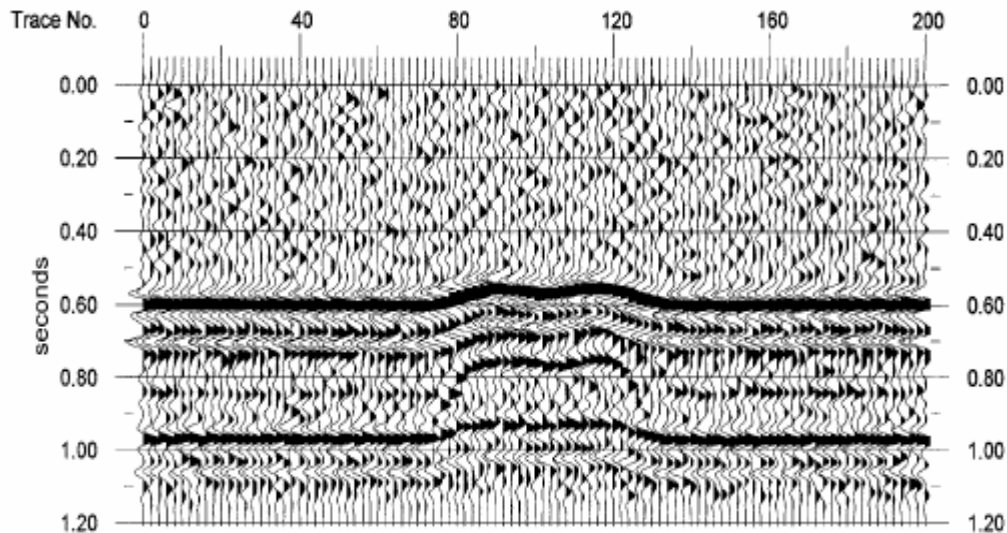


(b)

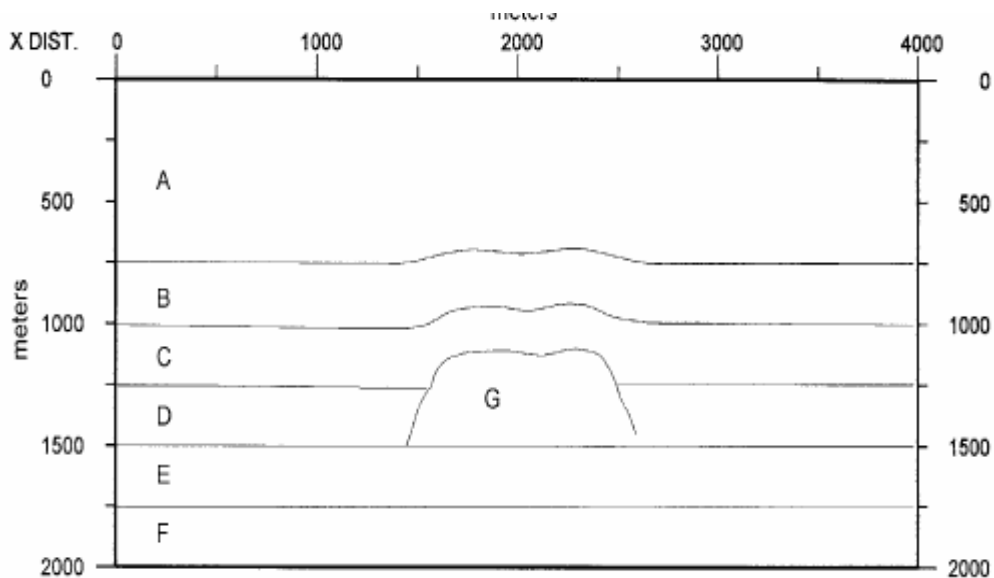
Gambar 8. Penampang seismik: (a) sebelum migrasi; (b) setelah migrasi

INTERPRETASI DATA SEISMIK

Tujuan dari interpretasi seismik secara umum menurut ANDERSON & ATINUKE (1999) adalah untuk mentransformasikan profil seismik refleksi *stack* menjadi suatu struktur kontinu/model geologi secara lateral dari *subsurface* (Gambar 9).



(a)



(b)

Gambar 9. (a) Penampang seismic; (b) Interpretasi seismic {A=Mannville(clastic); B=Wabamun(karbonat); C=Ireton(lempung); D=Duvemay(lempung); E=Cooking Lake(karbonat); F= Beaverhill(lempung); G=Leduc(reef)}

Sedangkan beberapa tujuan khusus dari interpretasi seismik menurut VAN DER KRUK (2001) adalah :

1. Pemetaan Struktur-Struktur Geologi

Untuk pemetaan struktur-struktur geologi pada data seismik, posisi horizon-horizon utama dan gangguan dipetakan dan bentuk serta posisi sesar diidentifikasi.

Tujuannya adalah untuk memperoleh profil geologi dan untuk memperoleh kedalaman horizon serta gangguan.

2. Analisis Sekuen Seismik

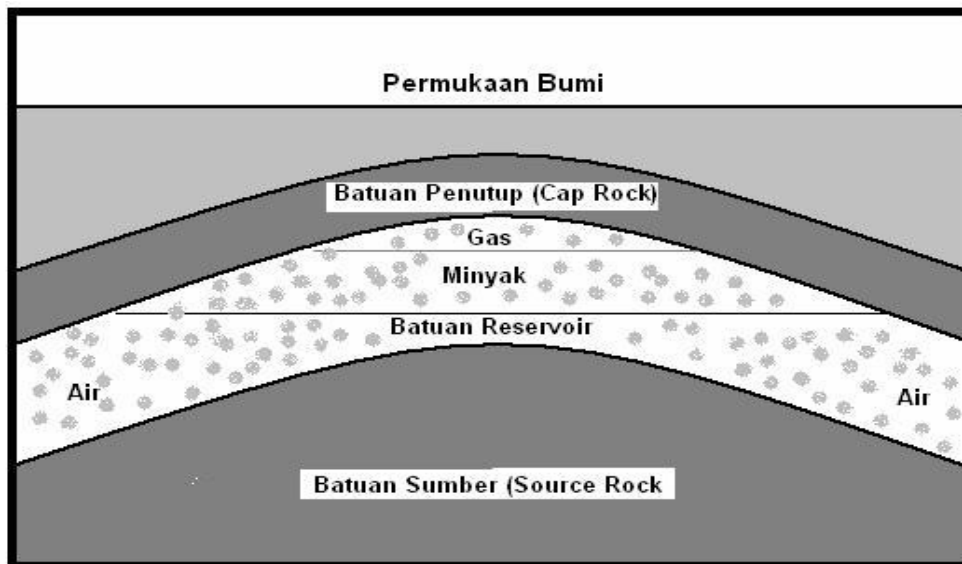
Tujuan utama dari analisis sekuen seismik adalah :

- Mengidentifikasi batas-batas sekuen pada data seismik
- Menentukan sekuen pengendapan dalam waktu
- Menganalisis fluktuasi muka air laut

3. Analisis Fasies Seismik

Sekuen seismik dapat juga untuk menyelidiki karakteristik refleksi di dalam suatu sekuen, yang berhubungan dengan seismik fasies. Tidak hanya waktu sekuen sedimentasi yang diperoleh namun juga memungkinkan untuk mengambil kesimpulan yang dapat menggambarkan tentang lingkungan pengendapannya.

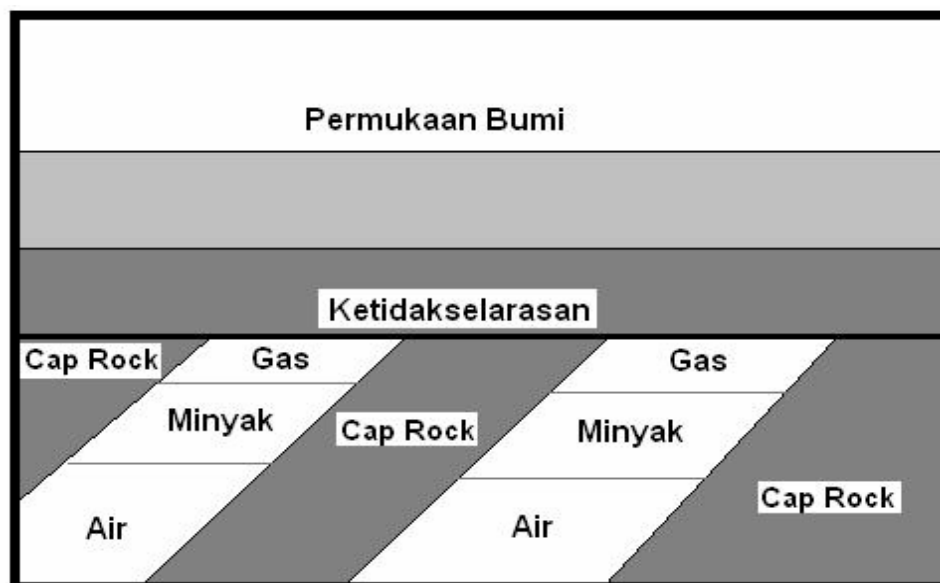
Tujuan interpretasi seismik khusus dalam eksplorasi minyak dan gas bumi adalah untuk menentukan tempat-tempat terakumulasinya (struktur cebakan-cebakan) minyak dan gas. Minyak dan gas akan terakumulasi pada suatu tempat jika memenuhi tiga syarat, yaitu: (1) Adanya Batuan sumber (source rock), adalah lapisan-lapisan batuan yang merupakan tempat terbentuknya minyak dan gas, (2) Batuan Reservoir yaitu batuan yang permeabel tempat terakumulasinya minyak dan gas bumi setelah bermigrasi dari batuan sumber, (3) Batuan Penutup, adalah batuan yang impermeabel sehingga minyak yang sudah terakumulasi dalam batuan reservoir akan tetap tertahan di dalamnya dan tidak bermigrasi ke tempat yang lain. Berikut adalah beberapa contoh cebakan-cebakan minyak dan gas bumi yang diperoleh dari data seismik (Gambar 10, 11 dan 12).



Gambar 10. Cebakan Minyak Struktur Antiklin



Gambar 11. Cebakan Minyak Pada Struktur Fault (sesar)



Gambar 12. Cebakan Stratigrafi Minyak dan Gas

DAFTAR PUSTAKA

- ANDERSON, N and A. ATINUKU 1999. *Overview of The Shallow Seismic Reflection Technique*. University of Missouri-Rolla, Missouri : 27 pp.
- KEARNS, R and F. C. BOYD. 1963. *The Effect of a Marine Seismic Exploration on Fish Population in British Colombia*. Vancouver, Canada : 7 pp.
- SANNY, T. A. 2004. *Panduan Kuliah Lapangan Geofisika Metode Seismik Refleksi*. Dept. Teknik Geofisika, ITB, Bandung : 34 hal.
- SANNY, T. A. 1998. *Seismologi Refleksi*. Dept. Teknik Geofisika, ITB, Bandung : 31 hal.
- VAN DER KRUK 2001. *Reflection Seismik 1*, Institut für Geophysik ETH, Zürich : 86 pp.