

INTERPRETASI LOG SONIK UNTUK DETEKSI REKAHAN

Tugas Akhir

Oleh:

WAHISH ABDALLAH IMAN

NIM 12204013

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar
SARJANA TEKNIK
pada Program Studi Teknik Perminyakan



PROGRAM STUDI TEKNIK PERMINYAKAN
FAKULTAS TEKNIK PERTAMBANGAN DAN PERMINYAKAN
INSTITUT TEKNOLOGI BANDUNG
2008

INTERPRETASI LOG SONIK UNTUK DETEKSI REKAHAN

Tugas Akhir

Oleh:

WAHISH ABDALLAH IMAN

NIM 12204013

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar
SARJANA TEKNIK
pada Program Studi Teknik Perminyakan
Fakultas Teknik Pertambangan dan Perminyakan
Institut Teknologi Bandung

Disetujui oleh:

Pembimbing Tugas Akhir,

Ir. Hernansjah
NIP 131 695 140

INTERPRETASI LOG SONIK DALAM DETEKSI REKAHAN

Sonic Log Interpretation in Fracture Detection

Oleh :
Wahish Abdallah Iman*

Sari

Rekahan memiliki peran penting dalam menyimpan dan memproduksi hidrokarbon, terutama pada reservoir yang tidak memiliki permeabilitas matriks tinggi. Rekahan memiliki kontribusi 0.5 sampai 1.5% porositas dari total porositas reservoir. Namun nilai porositas ini terlalu kecil untuk dideteksi oleh log porositas biasa.

Salah satu pendekatan untuk melakukan investigasi karakter rekahan yang memotong lubang bor adalah dengan melakukan pengukuran geofisika di lubang sumur. Walaupun metode yang telah ada dapat menentukan parameter rekahan, kadang metode ini tidak memberikan hasil yang pasti. Studi ini dilakukan untuk mengoptimalkan pengukuran menggunakan sonic log untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat.

Kata kunci : log sonik, deteksi rekahan, seismik, gelombang

Abstract

Fractures have important role in stores and produces hydrocarbon, especially in reservoir which has insufficient permeability in matrix. Fracture contributes 0.5 until 1.5% of porosity from the total reservoir porosity. This value is too low to be detected by the existing porosity logs.

One of the way to investigate a fracture character which crosses the borehole is using geophysics measurement in the borehole. Although the present methods is able to determine the fracture parameter, sometimes these methods gave no fixed result. This study is made in order to optimize sonic log measurement to obtain more accurate result.

Keywords : sonic log, fracture detection, seismic, wave

* Mahasiswa Program Studi Teknik Pertambangan ITB.

I. PENDAHULUAN

Studi ini dilakukan untuk beberapa tujuan. Pertama, meninjau ulang konsep rekahan, parameter-parameter pentingnya, dan kontribusinya dalam reservoir. Kedua, meninjau ulang konsep well logging dan prinsip-prinsip pengukurannya.

Dengan memahami konsep well logging, kita dapat memahami prinsip alat-alat logging dalam aplikasinya untuk mengidentifikasi/mendeteksi rekahan. Ruang lingkup studi ini adalah mengenai pemahaman prinsip kerja log sonik dalam mendeteksi rekahan.

Tujuan yang terakhir adalah interpretasi data log sonik dari data lapangan untuk menentukan zona-zona rekahan pada lapangan tersebut.

II. RESERVOIR REKAHAN

2.1. Pendahuluan

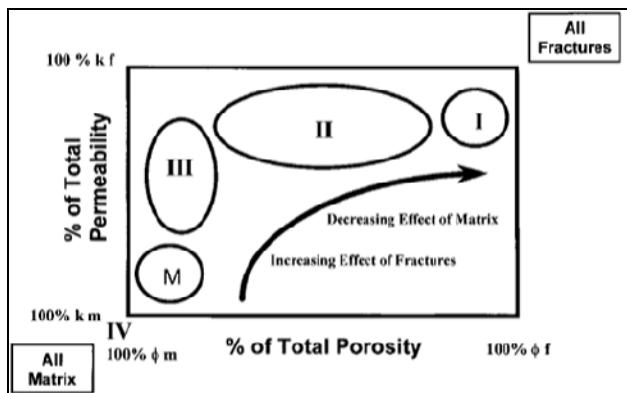
Reservoir rekahan sangat mungkin mengalami peningkatan aliran fluida (melalui peningkatan permeabilitas). Pada prinsipnya, rekahan berperan sebagai avenue (tempat mengalirnya fluida), dan matriks berperan sebagai storage (tempat menyimpan fluida).

2.2. Klasifikasi Reservoir Rekahan

2.2.1. Berdasarkan Nelson⁸.

1. Tipe 1, yaitu rekahan memberikan porositas dan permeabilitas yang baik.
2. Tipe 2, yaitu rekahan hanya memberikan permeabilitas yang baik.

3. Tipe 3, yaitu rekahan memberikan permeabilitas sebagai media pada reservoir yang telah berproduksi.
4. Tipe 4, yaitu rekahan tidak memberikan porositas dan permeabilitas yang baik, namun memberikan ketidakseragaman sehingga berperan sebagai barrier.



Gambar 1: Klasifikasi Rekahan Berdasarkan Nelson⁸.

2.2.2. Berdasarkan McNaughton n Garb⁶.

1. Tipe A, yaitu high storage capacity matrix, low storage capacity fracture.
2. Tipe B, yaitu equal matrix and fracture.
3. Tipe C, yaitu all storage capacity in fracture.

2.3. Parameter Penting dalam Reservoir Rekahan

1. Fracture Permeability.

Permeabilitas rekahan menentukan kemampuan rekahan sebagai media (venue) untuk mengalirkan hidrokarbon.

2. Fracture Porosity.

Porositas rekahan berperan sebagai penyimpan (storage), dan menentukan besarnya hidrokarbon yang terkandung di dalam rekahan. Parameter ini dapat ditentukan dari core analysis, log, maupun multiple well testing.

3. Fracture Width (Lebar Rekahan) dan Fracture Spacing (Jarak Antar Rekahan).

Width dan spacing merupakan parameter kuantitatif yang penting untuk memprediksi porositas dan permeabilitas di rekahan.

4. Fracture Intensity (Intensitas Rekahan).

Merupakan banyaknya rekahan yang terbentuk. Semakin kecil spacing, maka intensitas rekahan semakin besar.

5. Storativity Coefficient (ω).

Merupakan ukuran kontribusi rekahan dalam menyimpan fluida.

6. Interporosity Flow Coeffient (λ).

Merupakan kemampuan dalam mengalirkan fluida.

III. WELL LOGGING⁴

3.1. Konsep Dasar Well Logging

Well logging adalah kegiatan merekam karakteristik batuan sebagai fungsi dari kedalaman yang bertujuan mencari kandungan minyak dan gas potensial yang dapat diproduksikan secara ekonomis di dalam batuan. Dapat dilakukan ketika pemboran dengan media cutting (mud logging), atau setelah pemboran selesai (wireline logging).

3.2. Mud Logging

Mud logging dilakukan dengan meneliti cutting yang dibawa ke permukaan oleh lumpur pemboran. Analisanya dilakukan dengan mendeteksi penampakan hidrokarbon. Tes yang dilakukan adalah fluoresensi, cut dan kromatografi.

3.3. Wireline Logging

Wireline log dilakukan dengan me-run peralatan mulai dari dasar sumur hingga ke permukaan, dan merekam karakteristik lapisan di sepanjang kedalaman.

3.3.1. Spontaneous Potential (SP) Log.

Yaitu log yang merekam perbedaan potensial arus listrik antara pergerakan elektroda di lubang bor dengan pergerakan elektroda referensi di permukaan. SP log hanya dapat dilakukan pada conductive mud.

3.3.2. Gamma Ray (GR) Log.

Yaitu log yang mengukur radioaktif alami dari formasi, yaitu Thorium, Potassium dan Uranium. Hasilnya digunakan untuk identifikasi litologi dan korelasi zona-zona. GR log juga meningkat jika terdapat peningkatan kandungan shale.

3.3.3. Resistivity Log.

Yaitu log yang mengukur resistivitas di setiap kedalaman, mulai dari zona terinvasi (invaded zone) hingga zona tidak terinvasi (uninvaded zone). Log ini digunakan untuk menentukan zona hidrokarbon, water bearing zone, dan zona permeable.

3.3.4. Sonic (Acoustic) Log.

Yaitu log yang mengukur interval transit time gelombang suara yang melewati formasi. Signal dikirim oleh transmitter dan diterima oleh receiver. Log ini sangat efektif untuk menentukan porositas, litologi dan rekahan.

3.3.5. Neutron Log.

Yaitu log yang mengukur konsentrasi ion hidrogen dalam formasi. Log ini dapat digunakan untuk menentukan porositas dan mendeteksi zona gas.

3.3.6. Density Log.

Yaitu log yang mengukur elektron densitas dari formasi dengan memancarkan energi gamma ray. Log ini juga dapat digunakan untuk menentukan porositas, mendeteksi zona gas, menentukan densitas hidrokarbon, evaluasi shale dan mendeteksi mineral.

IV. BERBAGAI METODE UNTUK DETEKSI REKAHAN

4.1. Pendahuluan

Dalam melakukan eksplorasi, pengembangan, dan evaluasi pada formasi rekahan, kita harus mengetahui zona-zona dengan intensitas rekahan yang tinggi. Cara menentukan letak kedalaman zona-zona ini adalah dengan melakukan deteksi, atau kadang dengan prediksi.

4.2. Deteksi Rekahan Melalui Interpretasi Seismic

4.2.1. Vertical Seismic Profiling (VSP)⁹

VSP merupakan perekaman seismik secara vertikal pada berbagai kedalaman dalam suatu interval. Geofon yang ditempatkan di dalam lubang bor akan merekam gelombang yang kebawah (downgoing signal) maupun keatas (upgoing signal). VSP digunakan untuk korelasi kedalaman-waktu, dan dapat digunakan juga untuk pemetaan rekahan.

4.2.2. Offset Seismic Profiling (OSP)¹⁰

Merupakan pengembangan dari VSP, dimana geofon tetap berada di dalam lubang bor, namun sumbernya diletakkan jauh dari sumur, sehingga akan didapatkan jangkauan lateral yang cukup banyak.

4.3. Deteksi Rekahan Secara Langsung⁸

4.3.1. Core Analysis.

Dalam melakukan analisa ini, kita harus benar-benar mengenali bentuk dan arah rekahan dari bagaimana core tersebut terbelah. Kita juga harus melakukan coring sepanjang zona interest atau pada zona yang berpotensi terjadi rekahan.

4.3.2. Downhole Camera.

Deteksi ini dilakukan dengan menurunkan kamera dan sistem penerangan kedalam lubang untuk mengambil gambar di dalam lubang. Peralatan ini dapat mengambil 1000 gambar dalam sekali jalan, juga dapat bertahan

pada 200°F dan 4000 psi. Namun keterbatasan metode ini adalah cairan formasi harus bersih (berisi gas atau air), atau tidak ada cairan di dalam lubang bor.

4.3.3. Impression Packer.

Deteksi ini dilakukan dengan memasukkan packer ke dalam lubang bor sampai pada zona interest, lalu diberi tekanan. Soft coating yang menempel pada dinding sumur memberi informasi karakter fisik dan topografi mengenai keadaan sumur, termasuk rekahan.

4.4. Deteksi Rekahan Secara Tidak Langsung⁵

4.4.1. Evaluasi Well Log.

4.4.1.1. SP Log

Kadang kurva SP dipengaruhi oleh adanya rekahan. Biasanya terlihat dari adanya defleksi negatif yang disebabkan oleh masuknya ion filtrat lumpur ke dalam formasi rekahan. Namun defleksi negatif ini dapat juga disebabkan oleh adanya lapisan silt.

4.4.1.2. GR Log.

Log ini lebih sering digunakan untuk menghitung kandungan shale. Kenaikan gamma ray yang tidak ditandai dengan naiknya formation shaliness mengindikasikan adanya rekahan dimana garam uranium terdeposisi sepanjang permukaan rekahan dan di dalamnya.

4.4.1.3. Density Log.

Log ini digunakan untuk mengukur densitas bulk formasi. Karena log ini juga diaplikasikan untuk mengukur porositas pada batuan yang terisi oleh fluida, maka adanya rekahan ditandai dengan adanya pengurangan densitas bulk yang terukur. Namun log ini tidak mendeteksi rekahan secara jelas.

4.4.1.4. Neutron Log.

Neutron log juga diaplikasikan untuk mengukur porositas pada batuan yang terisi oleh fluida, maka adanya rekahan ditandai dengan adanya pengurangan ion hidrogen yang terukur. Log ini juga tidak mendeteksi rekahan secara jelas.

4.4.1.5. Sonic Log

Log ini mendeteksi rekahan sebagai pengurangan amplitudo gelombang yang merambat pada formasi. Transit time pada sonic dipengaruhi oleh fluida, sehingga deteksi rekahan lebih sering diukur dari amplitudo gelombang dan pelemahannya.

4.4.1.6. Resistivity Log.

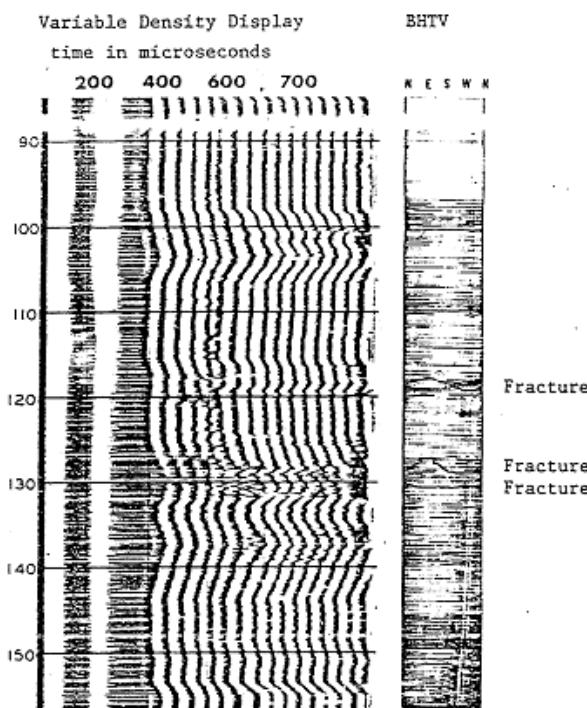
Efek rekahan pada log ini tergantung dari arah, ukuran, panjang, dan fluida yang ada di dalam rekahan. Jika terdapat rekahan, maka deep laterolog dan shallow laterolog akan mendeteksinya sebagai low resistivity zone. Pada rekahan vertikal, shallow laterolog akan lebih terpengaruh daripada deep laterolog. Zona rekahan akan terdeteksi sebagai zona anomali yang konduktif, jika rekahan terisi penuh oleh filtrat lumpur.

4.4.1.7. Caliper Log.

Log ini digunakan untuk mengukur diameter lubang bor. Alat ini memiliki lengan (arm) yang ditempelkan pada dinding lubang sumur, yang akan bergerak apabila diameter lubang berubah ketika alat ini ditarik ke atas. Kadang rekahan terdeteksi sebagai dinding lubang bor yang kasar. Alat ini tidak dapat merepresentasikan rekahan, dan memerlukan bantuan alat lain.

4.4.1.8. Borehole Televiwer (BHTV)

Borehole televiwer merupakan alat akustik yang menggambarkan keadaan di dalam lubang sumur. Pulsa akustik direfleksikan dari lubang sumur saat transmitter dan receiver berputar. Gambar yang diambil dihubungkan dengan magnet utara dan dipresentasikan sebagai gambar yang kontinyu pada gambar dibawah ini.

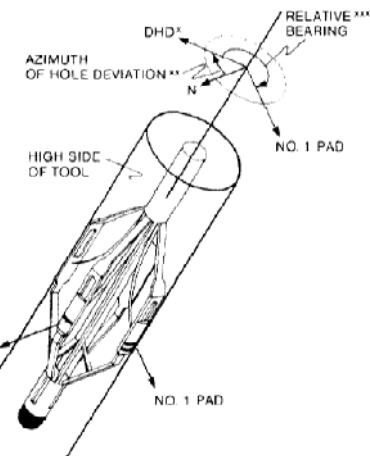


Gambar 2: Tampilan pada BHTV⁵.

Rekahan dan ketidakteraturan lain dalam lubang bor ditunjukkan pada titik gelap. Rekahan ditunjukkan pada 119 dan 128 pada log di gambar 017. Tepat dibawah 130, terdapat rekahan atau lapisan shale.

4.4.1.9. Dipmeter Log.

Alat ini digunakan untuk menentukan arah dan kemiringan formation dip pada suatu lubang bor. Alat ini harus peka terhadap arah (northing dan vertikal), dan harus bereaksi terhadap bidang formasi. Aplikasi alat ini adalah untuk memetakan bentuk dan struktur formasi.



Gambar 3: Alat Dipmeter¹³.

4.4.2. Flow Test dan Evaluasi Well Test.

4.4.2.1. Flow Test.

Metode ini dilakukan dengan mengamati reservoir performance melalui production history.

4.4.2.2. Well Test.

Yaitu mengevaluasi rekahan dengan melakukan single well test (pressure drawdown dan pressure build up) serta multiple well test (pressure interference test).

V. ANALISA SONIC LOG DALAM DETEKSI REKAHAN

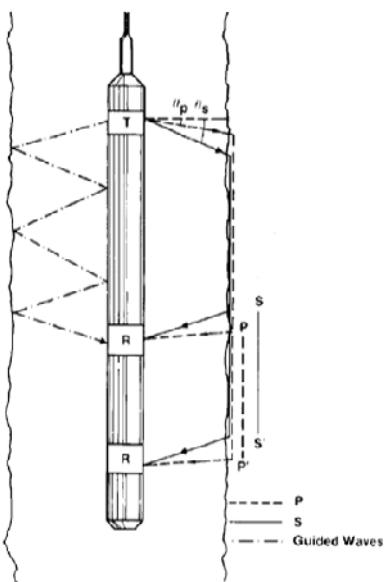
5.1. Pendahuluan

Banyak literatur yang membahas efek rekahan pada perambatan gelombang akustik pada batuan berpori dan batuan rekahan. Namun, kebanyakan itu hanya merupakan teori dan tidak selalu di dukung oleh data lapangan, seringkali bertentangan. Meskipun demikian, sonic log merupakan metode pendeksi rekahan paling baik untuk sumur-sumur tua. Walaupun hasil dari dipmeter dan micro-scanner memberikan informasi yang lebih banyak, namun kedua metode ini memakan biaya yang mahal sehingga sonic log lebih sering digunakan untuk identifikasi.

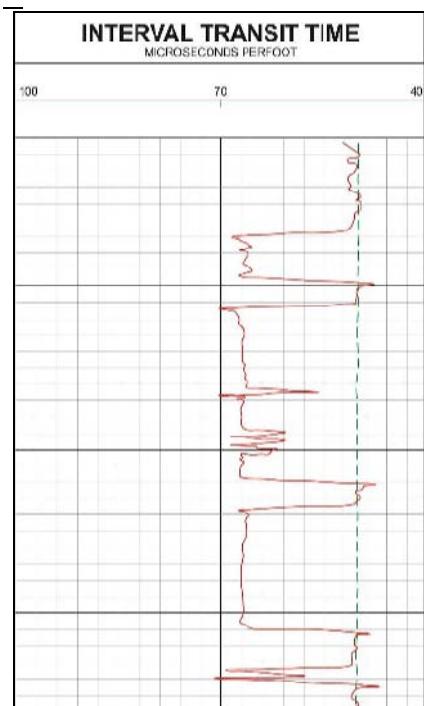
5.2. Prinsip Dasar Sonic Log

5.2.1. Perekaman pada Sonic Log⁵.

Sonic log mengukur waktu tempuh (transit time) gelombang suara yang merambat melalui formasi yang dipancarkan oleh transmitter dan diterima oleh receiver pada jarak tertentu. Transit time (Δt) dipengaruhi oleh jenis batuan dan porositas.



Gambar 4: Alat Sonic Log¹³

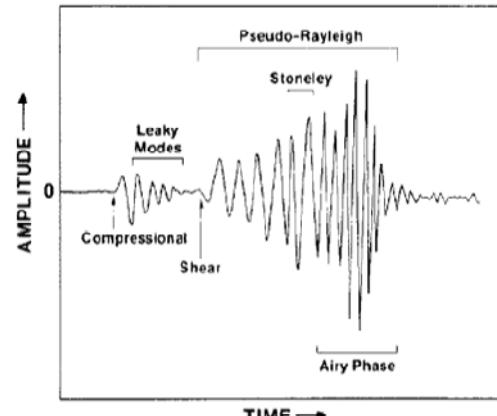


Gambar 5: Contoh Pengukuran pada Sonik Log¹⁵

5.2.2. Gelombang pada Sonic Log¹³

Gelombang yang terukur terdiri dari beberapa jenis gelombang yang disebut dengan waveform. Receiver menerima kombinasi dari 4 komponen gelombang dalam waveform, yaitu gelombang primer (gelombang P), gelombang sekunder (gelombang S), gelombang Rayleigh dan gelombang Stoneley.

Gelombang yang pertama kali diterima setelah transmitter mengirimkan sinyal adalah gelombang P, dan kadang diikuti oleh gelombang S yang lebih lambat, lalu diikuti oleh gelombang permukaan (Rayleigh dan Stoneley) akibat pergerakan sinyal menuruni lubang sumur dan interface antara lubang bor dengan formasi.



Gambar 6: Waveform yang Diterima oleh Receiver¹³

5.2.2.1. *Gelombang Primer (P-wave)*.

Gelombang ini disebut juga gelombang compressional (tekan), dan merupakan jenis dari gelombang longitudinal, yaitu gelombang yang partikel-partikelnya bergetar sepanjang arah yang sama dengan arah rambatan gelombang. Benda cair, padat dan gas cenderung melawan tekanan sehingga gelombang P dapat merambat melalui media ini.

5.2.2.2. *Gelombang Sekunder (S-wave)*.

Gelombang ini disebut juga gelombang shear (geser) atau gelombang distorsi, dan merupakan jenis dari gelombang transversal, yaitu gelombang yang partikel-partikelnya bergetar secara tegak lurus terhadap arah rambatan gelombang. Benda padat memiliki sifat yang kaku dan dapat melawan geseran, sedangkan benda cair dan gas tidak. Sehingga gelombang ini hanya merambat pada benda padat. Rambatan gelombang ini lebih lambat daripada gelombang P.

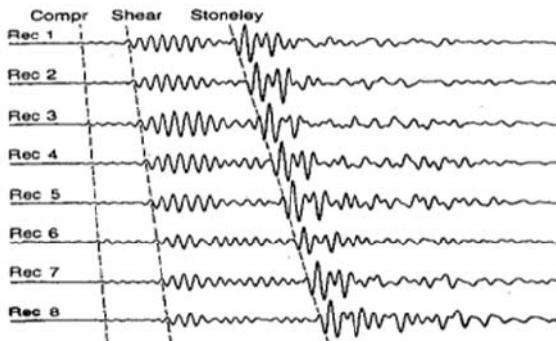
5.2.2.3. *Gelombang Rayleigh*.

Ditemukan pertama kali oleh Lord Rayleigh (1885). Gelombang ini terdapat di bidang pemisah antara formasi dengan lumpur, dimana kecepatannya mendekati kecepatan gelombang shear. Gelombang ini dikenal juga sebagai conical wave (gelombang kerucut).

5.2.2.4. *Gelombang Stoneley*.

Ditemukan oleh Stoneley (1924). Gelombang ini terdapat pada lumpur karena interaksi antara lumpur dengan formasi. Rambatannya lebih lambat daripada gelombang lumpur. Tidak seperti gelombang S dan gelombang Rayleigh, gelombang Stoneley selalu hadir sebagai gelombang dengan amplitudo tinggi pada

frekuensi yang rendah. Gelombang ini dikenal juga sebagai tube wave (gelombang tabung). Gelombang ini dapat digunakan untuk memprediksi permeabilitas dan mengidentifikasi rekahan.



Gambar 7: Gelombang Stoneley¹³

5.2.3. Parameter yang Terukur.

Beberapa properti yang terukur dari keempat gelombang adalah:

5.2.3.1. Velocity (kecepatan).

Kecepatan gelombang pada media berpori dipengaruhi oleh beberapa hal seperti komposisi batuan, elastisitas matriks batuan, porositas, ukuran butir dan distribusinya, derajat penyemenan, densitas fluida di dalamnya, dan tekanan pori.

5.2.3.2. Amplitude (amplitudo).

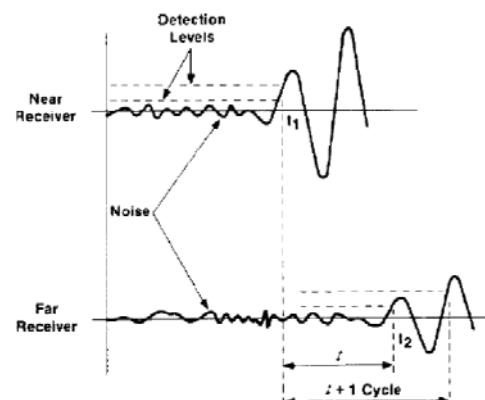
Amplitudo merupakan ukuran energi sonik yang diterima. Properti ini diukur oleh acoustic amplitude log. Amplitudo gelombang dipengaruhi oleh jenis batuan, porositas, rugosity (kerusakan), penempatan alat, fluida formasi di dalamnya, serta arah dan ukuran rekahan.

5.2.3.3. Amplitude Attenuation (pelemahan amplitudo).

Pelemahan amplitudo merupakan pengurangan dari amplitudo yang menempuh jarak tertentu pada suatu medium. Properti ini diukur oleh acoustic attenuation log. Cara mengukur pelemahan amplitudo paling baik adalah dengan merekam amplitudo di kedua receiver, lalu membandingkannya.

5.2.4. Cycle Skipping¹³.

Pada perekaman gelombang, kemungkinan dapat terjadi cycle skipping, yaitu tidak terdeteksinya gelombang karena adanya pelemahan pada gelombang yang sangat tinggi. Hal ini dapat disebabkan oleh adanya formasi tidak terkompaksi, terdapatnya hidrokarbon ringan, adanya gas sand, adanya rekahan, atau karena aerated mud. Pada batuan yang keras, cycle skipping merupakan indikasi yang bagus untuk mendeteksi adanya rekahan.



Gambar 8: Skema Cycle Skipping¹³

5.2.5. Sonic Transit Time⁴.

Harga kecepatan gelombang-gelombang tersebut tergantung kepada parameter-parameter elastis dari medianya dan densitas dari gelombang tersebut. Tabel dibawah ini menunjukkan beberapa harga:

Tabel 1: Harga Transit Time⁴

Media	Kecepatan Gelombang (ft/s)	
	Longitudinal	Transversal
Udara	1100	-
Air	5300	-
Minyak	4200	-
Sandstone	17850	10800
Limestone	20500	10800
Dolomite	22750	12000
Steel	17500	9510

Pada batuan terkonsolidasi, travel time (waktu rambat) yang terukur merupakan rata-rata dari travel time matriks batuan yang kompak dan travel time fluida yang berada pada pori batuan, sesuai dengan rumus Wyllie:

$$\Delta t_{\log} = \varphi_s \Delta t_f + (1 - \varphi_s) \Delta t_{ma};$$

dimana: Δt_{\log} = waktu rambat yang terbaca pada hasil logging, Δt_f = waktu rambat fluida di dalam pori batuan, Δt_{ma} = waktu rambat matriks batuan, φ_s = porositas sonik formasi.

Suatu koreksi harus dilakukan pada formasi yang tak terkonsolidasi.

5.2.6. Alat-alat Log Sonik.

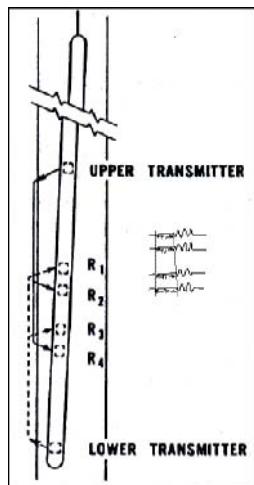
5.2.6.1. Log Sonik Konvensional

Awalnya, log sonik dibuat untuk mengukur sepanjang kedalaman lubang sumur untuk membantu interpretasi seismik. Pengukuran ini juga digunakan untuk menentukan porositas dan litologi batuan. Alat-alat

yang dibuat pertama kali hanya memiliki satu buah transmitter dan satu receiver.

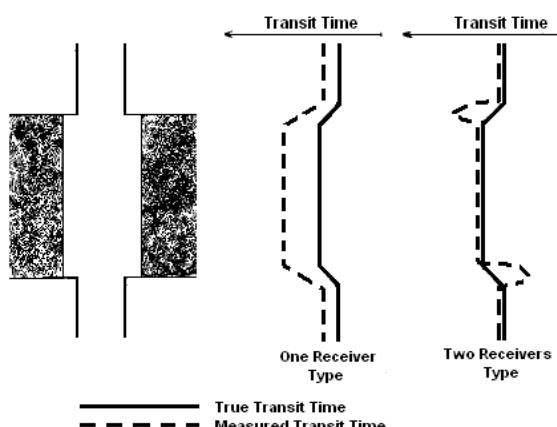
5.2.6.2. Borehole Compensated (BHC)

Beberapa hal yang mengganggu pengukuran pada sonic log adalah adanya variasi (perubahan) ukuran lubang bor, dan juga kemiringan posisi alat di dalam lubang bor. Untuk mengatasinya, digunakan alat Borehole Compensated (BHC). Alat ini dilengkapi dengan Double Inverted System (sistem balik ganda).

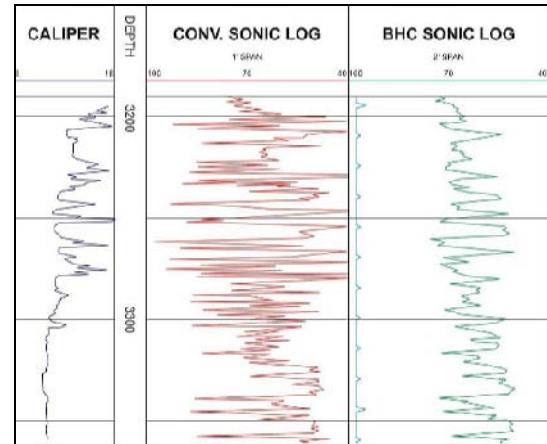


Gambar 9: Alat BHC¹³

Alat ini dilengkapi dengan dua buah transmitter (di atas dan di bawah), yang dijalankan bersamaan, serta dua buah receiver terletak ditengahnya. Ketika transmitter memancarkan pulsa, gelombang suara yang terbentuk merambat melalui formasi, dan waktu tempuh antara kedua receiver diukur. Hasil pengukurannya dirata-ratakan sehingga efek (error) dari perubahan ukuran lubang bor serta kemiringan alat dapat dikurangi/dikompensasi.



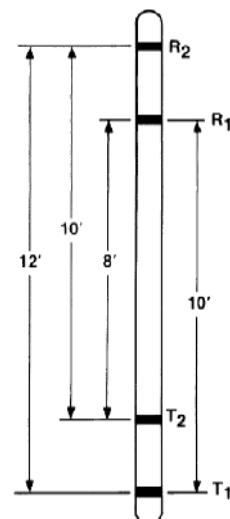
Gambar 10: Pengaruh Variasi Ukuran Lubang Bor terhadap Pengukuran Transit Time¹³



Gambar 11: Perbedaan Pengukuran Log Sonik Konvensional dengan BHC¹⁵

5.2.6.3. Long-Spacing Sonic (LSS) Log

Tujuan digunakannya LSS adalah untuk mengatasi adanya pengaruh lingkungan di sekitar lubang bor terhadap pengukuran travel time. Spacing yang biasa digunakan adalah: $T - 8' - R1 - 2' - R2$; atau $T - 10' - R1 - 2' - R2$.

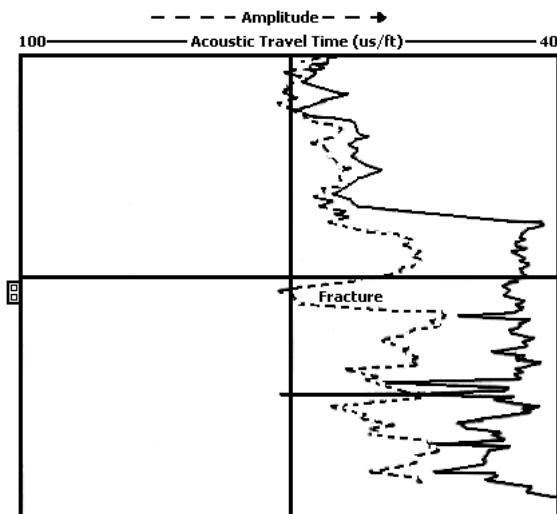


Gambar 12: Log LSS¹³

Pemanjangan jarak dan juga pemanjangan traveltimes antara transmitter dan receiver juga menyebabkan pemisahan yang lebih baik antara gelombang-gelombang longitudinal, transversal dan lubang sumur. Hal ini memungkinkan perekaman traveltimes gelombang longitudinal dan transversal pada lubang sumur open hole maupun cased hole secara simultan. Ini juga merupakan sumber data pada formasi-formasi rekanan.

5.3. Identifikasi Rekahan

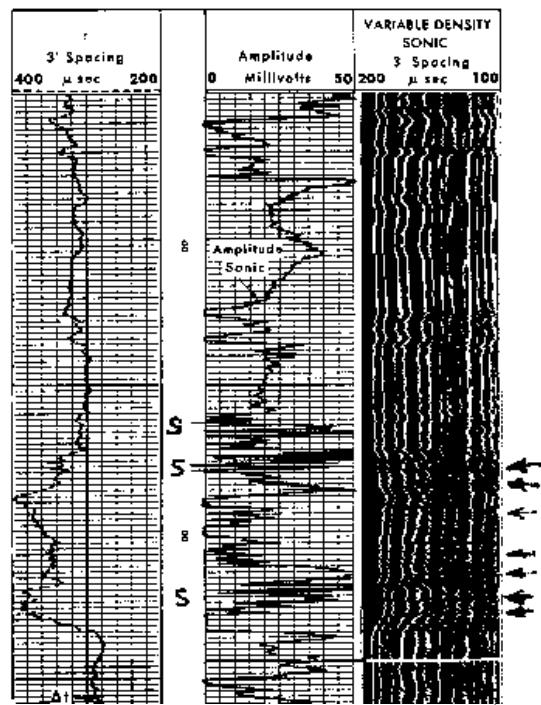
Log sonik yang digunakan untuk mendeteksi adanya rekahan memanfaatkan gelombang compressional dan shear, namun identifikasi menggunakan shear wave kadang meragukan. Gelombang akustik akan melemah jika terdapat rekahan. Perubahan densitas batuan dan kecepatan suara pada rekahan menyebabkan refleksi sebagian energi gelombang sehingga energi gelombang yang melewati rekahan akan berkurang. Sehingga energi yang diterima alat juga akan berkurang. Pengurangan amplitudo akustik itu sendiri bukan merupakan suatu indikasi positif adanya rekahan. Rekahan tertutup mengurangi amplitudo lebih sedikit daripada rekahan terbuka. Gelombang yang terrefraksi dan merambat ke segala arah juga dapat menurunkan amplitudo dan memberikan interpretasi yang salah terhadap deteksi rekahan. Amplitudo akustik berkurang pada lapisan shale, perbedaan litologi, berhadapan dengan gas bearing zone, dan ketika porositas bertambah. Log amplitudo akustik biasanya digunakan bersamaan dengan log kecepatan akustik sehingga peningkatan porositas, perbedaan litologi dan lapisan shale dapat diidentifikasi. Sehingga indikasi positif adanya rekahan adalah jika amplitudo berkurang secara signifikan, namun travel time tidak berubah.



Gambar 13: Identifikasi Rekahan dari Amplitude Log dan Velocity Log⁵.

5.3.1. Sonic Amplitude Log

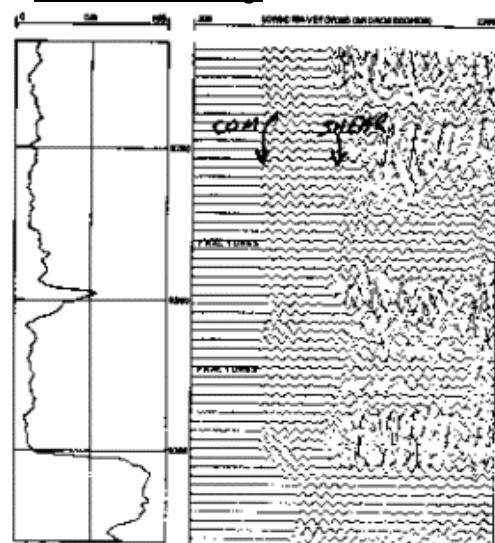
Sonic amplitude log merupakan kurva yang merepresentasikan energi gelombang yang pertama kali datang (first arrival). Banyak faktor yang mempengaruhi amplitudo, namun amplitudo yang rendah sering mengindikasikan adanya rekahan. Log ini biasanya dikombinasikan dengan Gamma Ray, Caliper, dan Wavetrain.



Gambar 14: Contoh Sonic Amplitude Log⁵.

Pada gambar di atas, interval rekahan diindikasikan oleh amplitudo compressional yang rendah pada kurva amplitudo, serta pola gelap pada waveform pada bagian masuknya energi (tanda panah). Log amplitudo juga menunjukkan cycle skipping (simbol S pada log). Amplitudo signal disebabkan oleh beberapa karakteristik rekahan seperti kemiringan rekahan, jumlah rekahan, bentuk permukaan rekahan, serta materi yang terdapat di dalam rekahan.

5.3.2. Sonic Wavetrain Log



Gambar 15: Contoh Sonic Waveform Log⁵.

Gambar diatas menunjukkan dua waveform log yang digabung dengan gamma ray. Amplitudo compressional wave biasanya lebih rendah daripada shear wave. Pada log sebelah kiri terlihat adanya pengurangan amplitudo compressional dan shear, yang mengindikasikan adanya rekahan.

5.4. Aplikasi Sonic Log Lainnya

1. Menentukan konstanta elastisitas dan estimasi sifat mekanis batuan melalui gelombang shear.
2. Membantu interpretasi geologi dalam melakukan korelasi antar sumur.
3. Membantu interpretasi seismik.
4. Evaluasi perekahan.
5. Evaluasi penyemenan casing.
6. Penentuan litologi dan porositas pada lubang bor yang terisi cairan.
7. Memprediksi porositas sekunder pada vuggy formation dan pada rekahan.
8. Menentukan kandungan hidrokarbon.
9. Menentukan zona tekanan abnormal.
10. Prediksi geopressure (tekanan formasi).

VI. STUDI KASUS

6.1. Pendahuluan

Studi kasus pada sumur A ini dilakukan untuk membuktikan bahwa data dari sonic log dan interpretasinya dapat digunakan untuk memvalidasi hasil interpretasi dari data seismik.

Interpretasi sonic log ini dilakukan berdasarkan teori-teori mengenai amplitudo dan transit time gelombang pada formasi dan rekahan.

Pada lampiran 1 sampai lampiran 3, diberikan contoh data dari lapangan A. Kedalaman tiap lapisan pada sumur ini ditandai dengan X00 (500 ft), X50 (1000 ft) dan Y00 (1500 ft).

6.2. Interpretasi Data Seismik

Interpretasi seismik menggambarkan adanya rekahan dari profil amplitudo yang berbeda dari zona-zona diatasnya. Pada bagian terdapatnya rekahan, amplitudo gelombang compressional dan shear akan menurun.

Penurunan amplitudo ini ditemukan pada kedalaman 1300 – 1550 ft, dapat dilihat pada lampiran 4. Selanjutnya akan dilakukan interpretasi data sonik untuk mencocokkan hasil interpretasi dari data seismik.

6.3. Interpretasi Data Sonic Log

Jika melihat kurva amplitudo sonik, zona rekahan terlihat dari adanya pelembahan (penurunan) amplitudo.

Telah dijelaskan sebelumnya bahwa penurunan amplitudo ini disebabkan karena sebagian gelombang yang melewati rekahan akan mengalami refleksi.

Cycle skipping sebenarnya juga merupakan salah satu indikasi adanya rekahan. Namun pada data yang diberikan, cycle skipping kurang terlalu terlihat sehingga interpretasi hanya dilakukan berdasarkan amplitudo gelombang saja.

Berdasarkan acoustic amplitude log (log paling kanan pada lampiran 5), ternyata penurunan amplitudo juga terdapat pada kedalaman yang sama dengan interpretasi seismik, yaitu pada kedalaman 1300 – 1550 ft. Dan jika diperhatikan dari acoustic velocity log, ternyata adanya rekahan juga mempengaruhi kecepatan gelombang pada kedalaman yang sama. Rekahan mengakibatkan pelambatan (peningkatan travel time) compressional wave dan shear wave.

Berdasarkan data compressional dan shear wave, dapat dibuktikan bahwa compressional wave memang merambat lebih cepat daripada shear wave. Pada lampiran 3, diperlihatkan bahwa travel time compressional wave selalu lebih kecil daripada shear wave. Pada lampiran 3 juga diperlihatkan bahwa rasio kecepatan (v_p/v_s) selalu lebih dari 1.

VII. KESIMPULAN DAN SARAN

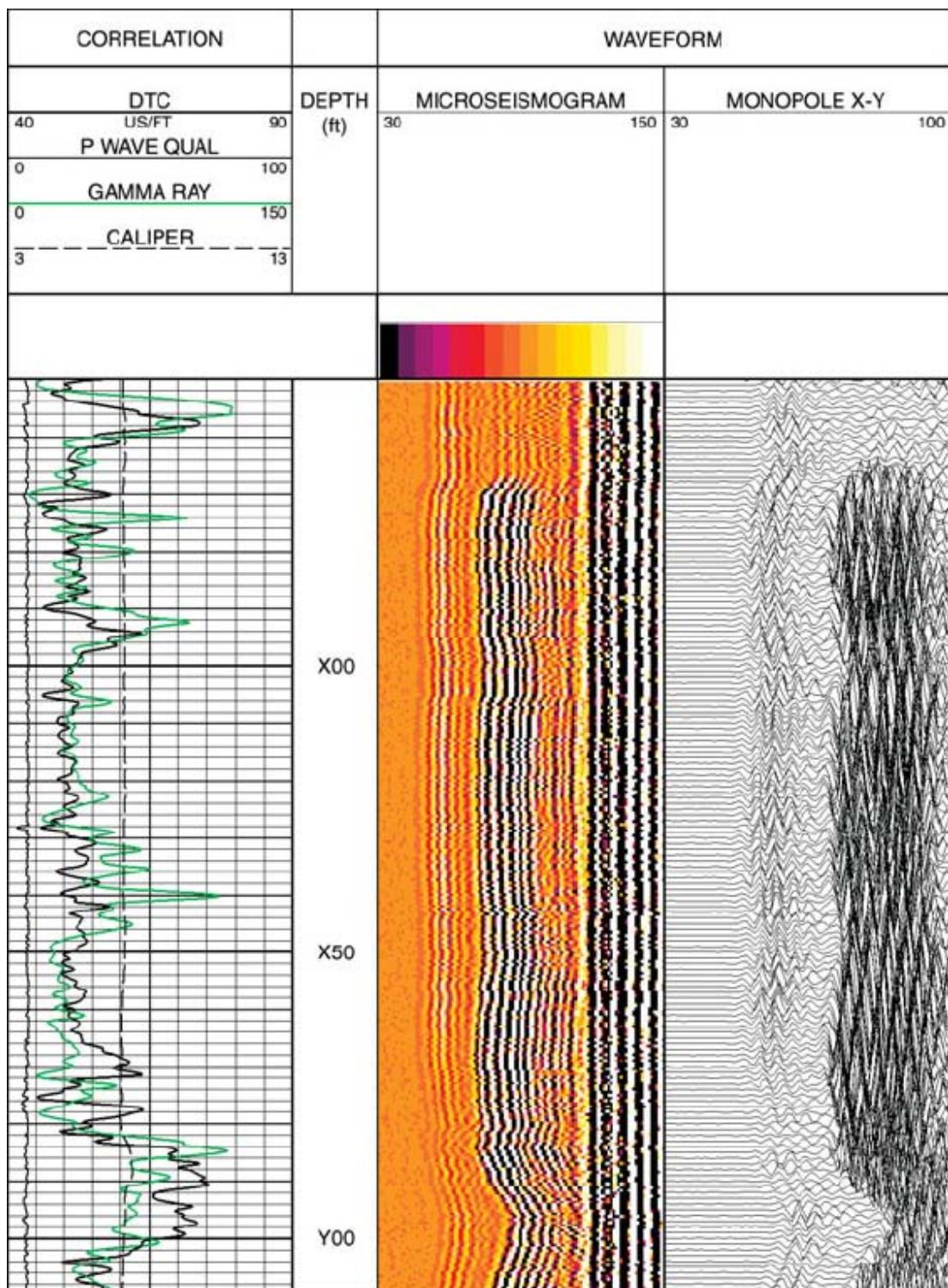
7.1. Kesimpulan

1. Amplitudo gelombang dipengaruhi oleh jenis batuan, porositas, rugosity (kerusakan), penempatan alat, fluida formasi di dalamnya, serta arah dan ukuran rekahan.
2. Kecepatan (serta travel time) gelombang dipengaruhi oleh komposisi batuan, elastisitas matriks batuan, porositas, ukuran butir dan distribusinya, derajat penyemenan, serta densitas fluida di dalamnya.
3. Compressional wave selalu merambat lebih cepat daripada shear wave.
4. Indikasi rekahan dari seismik dilihat dari penurunan amplitudo gelombang.
5. Indikasi-indikasi rekahan pada log sonik adalah amplitudo gelombang compressional (dan shear) berkurang secara signifikan, terjadi cycle skipping, serta profil amplitudo gelombang Stoneley yang menurun.
6. Sonic log dapat digunakan untuk memvalidasi data dan hasil interpretasi seismik.
7. Kelebihan log sonik dalam interpretasi rekahan adalah lebih praktis dan cukup akurat, tidak terlalu dipengaruhi oleh fluida di dalamnya, serta dapat dikorelasi dan divalidasi dengan alat-alat seismik.
8. Hal-hal yang dapat menyebabkan kekeliruan dalam interpretasi dan deteksi adanya rekahan

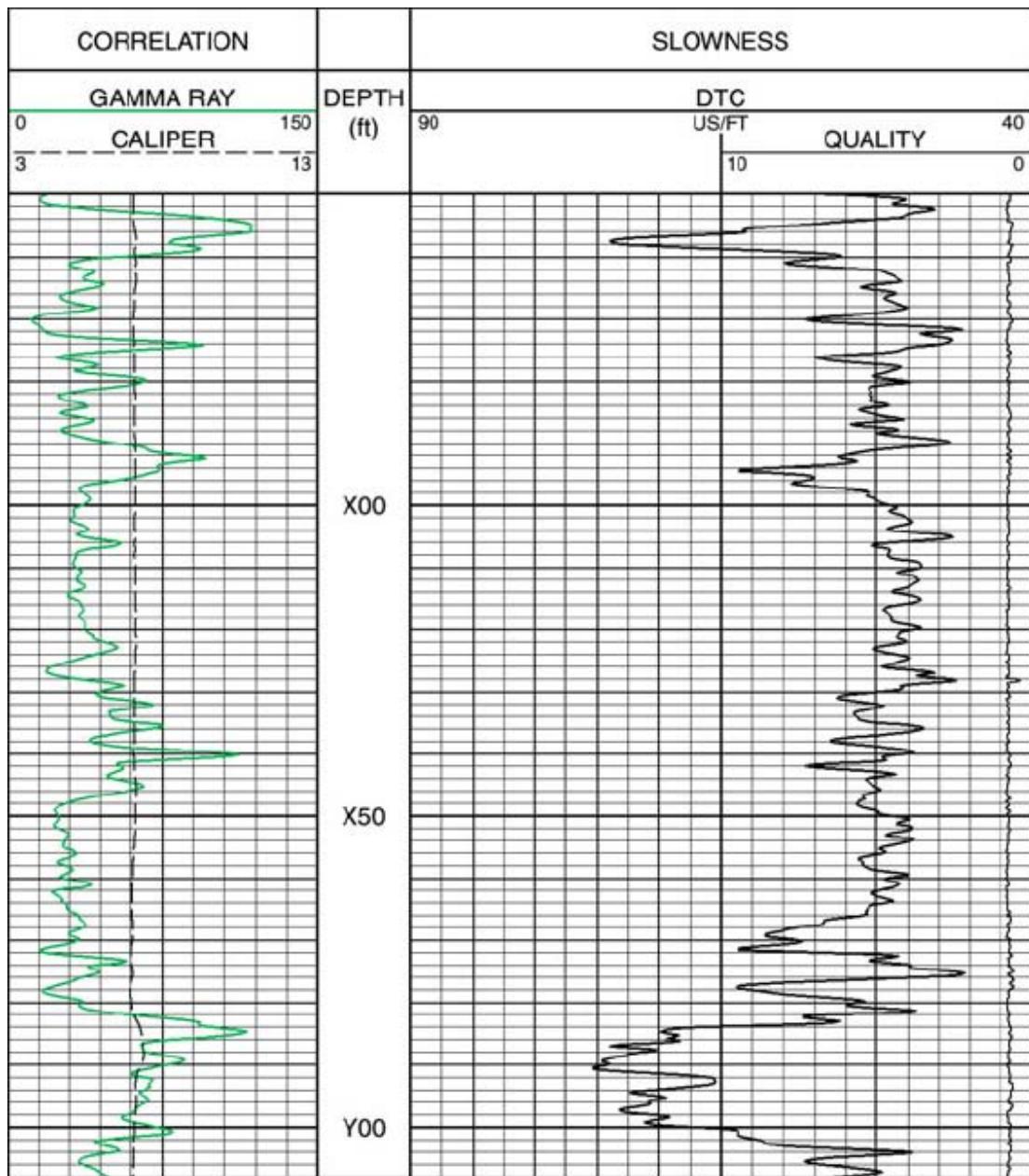
- adalah terdapatnya shale zone dan gas bearing zone dan terjadi peningkatan porositas primer batuan pada suatu kedalaman.
9. Deteksi rekahan menggunakan sonic log akan lebih akurat jika dikombinasikan dengan alat log lain (caliper log, dipmeter dan VDL), deskripsi visual (BHTV, FMS dan FMI), serta interpretasi seismik (VSP atau OSP).
- ### 7.2. Saran
1. Sebaiknya dalam melakukan interpretasi data lapangan, data log yang didapat juga dilengkapi dengan data seismik seperti data VSP. Hal ini bertujuan agar hasil interpretasi kedua metode dapat dibandingkan, dapat divalidasi dan dikoreksi satu sama lain.
 2. Sebaiknya dilakukan sensitivity lebih jauh mengenai pengaruh rekahan terhadap travel time, agar dapat dibedakan pengaruh dari rekahan, zona porous dan zona shale.
- ## VIII. REFERENSI
1. Core Lab. "Application of Core Analysis in Reservoir Description and Characterization".
 2. Dresser Atlas. 1982. "Well Logging Interpretation Technique".
 3. Economides, Michael J., Kenneth G. Nolte. "Reservoir Stimulation, Third Edition".
 4. Hernansjah. "Well Log Analysis".
 5. Martinez, Liliana Patricia. 2002. "Characterization of Naturally Fractured Reservoirs from Conventional Well Logs". Oklahoma: The University of Oklahoma.
 6. "Naturally Fractured Reservoir Class Notes".
 7. Nawab, Ramin. "Fracture Characterization Using the Multi-azimuth VSP Technique".
 8. Nelson, R.A. 2001. "Geologic Analysis of Naturally Fractured Reservoirs, Second Edition". Houston, Texas: Gulf Professional Publishing.
 9. Schlumberger. 1981. "Formation Evaluation Conference". Indonesia: PT Pacific Wellog.
 10. Schlumberger. 1986. "Formation Evaluation Conference". Indonesia: PT Pacific Wellog.
 11. Schlumberger. 2000. "Log Interpretation Chart".
 12. Shell. 2008. "Acoustic and Elastic Waves in the Strongly Scattering and Non-linear Regime".
 13. Society of Petroleum Engineers. 1987. "Petroleum Handbook".
 14. Tiab, Djebbar, Erle C. Donaldson. 2004. "Petrophysics, Second Edition". Houston, Texas: Gulf Professional Publishing.
 15. Zahid, Muhammad. "Introduction to Logging Tools".

IX. LAMPIRAN

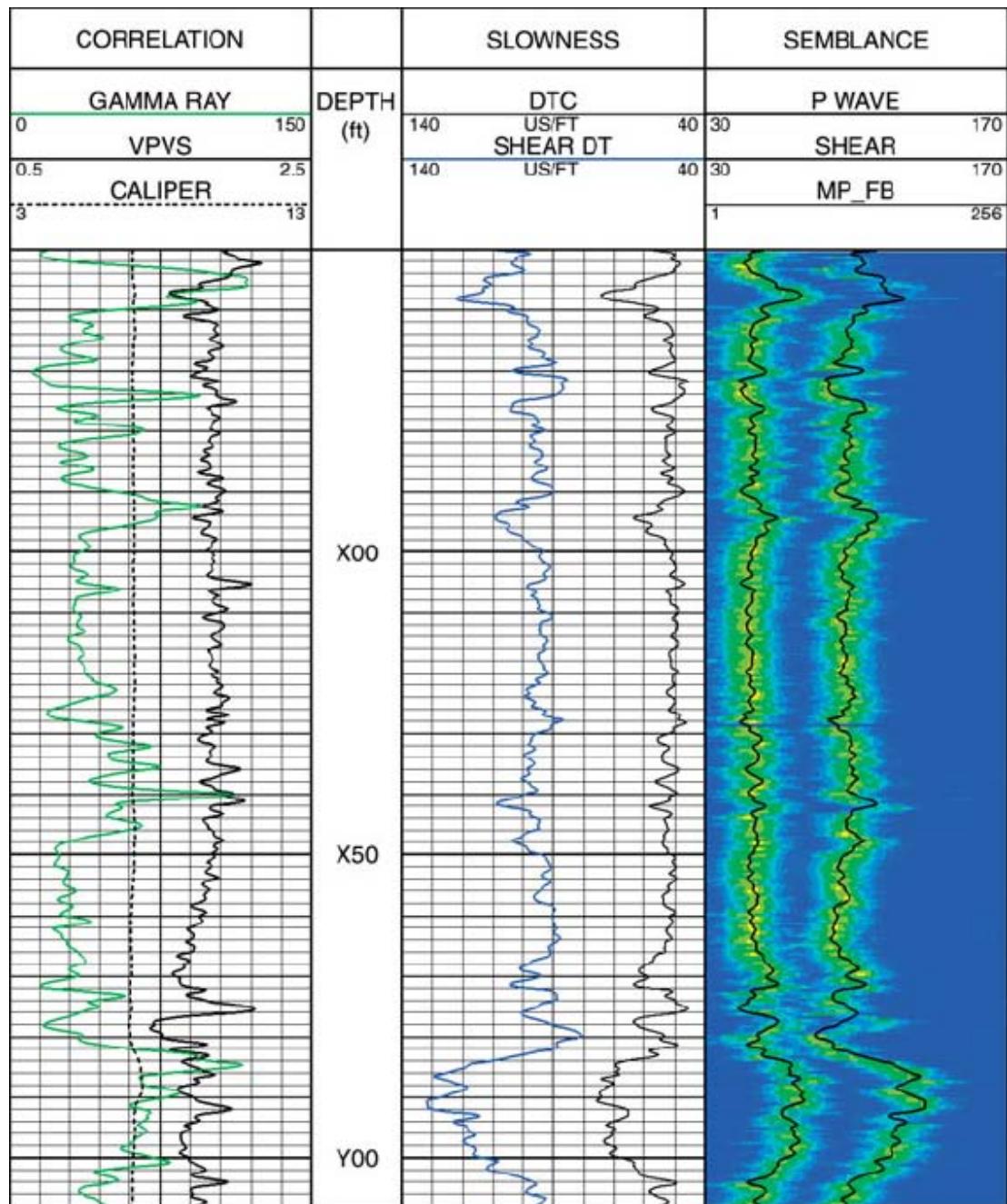
Lampiran 1 - Data Seismik Sumur A



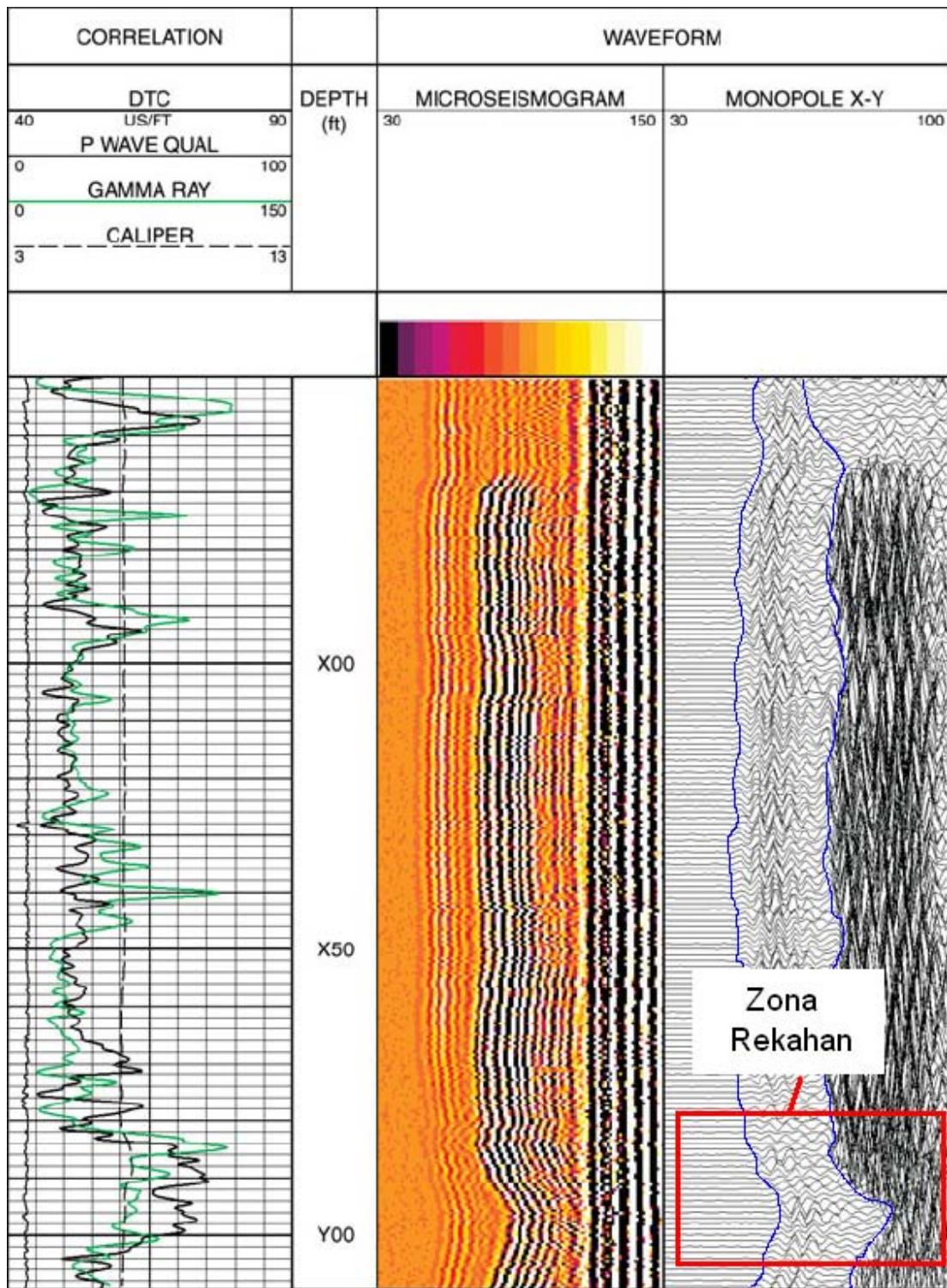
Lampiran 2 - Data Log Sumur A



Lampiran 3 - Data Seismik dan Log Sumur A



Lampiran 4 - Hasil Interpretasi Seismik pada Sumur A



Lampiran 5 - Hasil Interpretasi Sonik pada Sumur A

