

PENERAPAN ANALISA PETROFISIK DENGAN METODE DETERMINISTIK DAN METODE PROBABILISTIK DI LAPANGAN “STU”

Muhammad Egga Pahlevi, Sembodo, Benyamin
Jurusan Teknik Perminyakan, Universitas Trisakti

Abstrak

Analisa petrofisik adalah salah satu cabang ilmu dari teknik perminyakan yang mempelajari karakteristik reservoir serta permasalahan yang berhubungan dengan keberhasilan dalam penemuan cadangan minyak dan gas bumi. Cadangan ini dapat diperkirakan dengan mengetahui karakteristik batuan reservoir yang terdiri dari tebal, porositas, dan saturasi air. *Well logging* adalah pekerjaan merekam atau mencatat karakteristik batuan dimulai dari dasar sumur hingga ke permukaan dengan cara memasukkan peralatan log ke dalam sumur. Dengan kegiatan ini akan dihasilkan data-data yang diperlukan untuk melakukan kegiatan evaluasi formasi. Fokus pembahasan analisa petrofisik ini dilakukan pada dua lapisan, yaitu lapisan Pre-PARIGI bagian dari formasi PARIGI dan lapisan MAIN_22 bagian dari formasi MAIN. Lapisan Pre-PARIGI terdapat di sumur ST-1 dan lapisan MAIN_22 terdapat di sumur STU-1 dan STU-3. Analisa petrofisik pada lapisan-lapisan ini dilakukan dengan metode deterministik dan metode probabilitas. Kata Kunci : analisa petrofisik, deterministik, probabilitas

Pendahuluan

Evaluasi formasi adalah salah satu cabang ilmu dari teknik perminyakan untuk mempelajari karakteristik reservoir serta permasalahan yang berhubungan dengan keberhasilan dalam penemuan cadangan minyak dan gas bumi. Cadangan ini dapat diperkirakan dengan mengetahui karakteristik batuan reservoir yang terdiri dari tebal, porositas, dan saturasi air. *Well logging* adalah pekerjaan merekam atau mencatat karakteristik batuan dimulai dari dasar sumur hingga ke permukaan dengan cara memasukkan peralatan log ke dalam sumur. Dengan kegiatan ini akan dihasilkan data-data yang diperlukan untuk melakukan kegiatan evaluasi formasi.

Dari data-data yang dihasilkan dari well logging dapat dilakukan evaluasi formasi atau biasa disebut juga analisa petrofisik. Analisa petrofisik dapat dilakukan dengan dua metode, yaitu metode deterministik dan metode probabilitas. Dari kedua metode tersebut akan dihasilkan parameter karakteristik batuan seperti volume shale, porositas efektif, dan saturasi air. Dalam Tugas Akhir ini pembahasan lebih ditekankan kepada cara menerapkan metode deterministik dan metode probabilitas untuk mendapatkan volume shale, porositas, dan saturasi air.

Studi Pustaka

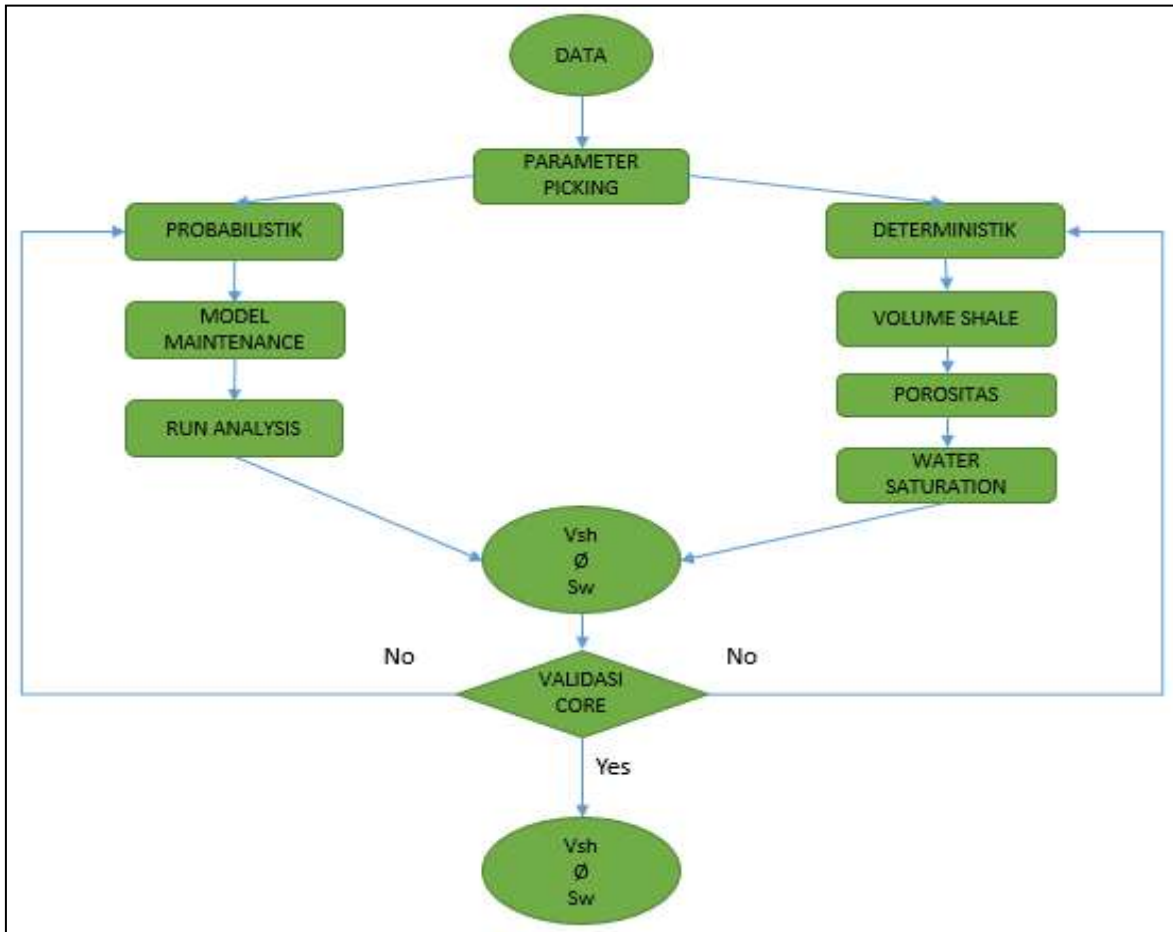
Metode deterministik adalah metode konvensional yang cara kerjanya bertahap dari menghitung volume shale (V_{sh}), porositas (\emptyset), dan saturasi air (S_w). Metode yang dipakai untuk menghitung volume shale (V_{sh}) adalah dengan gamma ray dan Density-Neutron. Dari kedua metode tersebut yang diambil sebagai hasil dari perhitungan V_{sh} adalah yang memiliki hasil paling minimum, ini dikarenakan persamaan tersebut cenderung untuk memperhitungkan V_{sh} terlalu besar. Porositas dapat dihitung dengan kombinasi density log dan neutron log, yang merupakan persamaan dari Bateman-Konen (1990).

Untuk menghitung saturasi air ada dua persamaan yang dipakai. Persamaan Archie digunakan untuk formasi yang dinilai bersih (*Clean sand*) dengan syarat V_{sh} di bawah 10%. Untuk V_{sh} di atas 10% digunakan Dual Water model. Dual Water model dikembangkan oleh Clavier (1977) berdasarkan Waxman & Smits model untuk menampung adanya dua macam air, yaitu *free water* dan *bound water*. Menurut konsep

ini *free water* adalah air yang bebas bergerak di dalam pori-pori dan *bound water* adalah air yang terikat oleh *clay*.

Metode probabilistik adalah analisa petrofisik yang dasarnya adalah dari pembangunan model mineral. Model mineral ini dibangun dari volume batuan dan volume fluida. Untuk mendapatkan volume-volume tersebut digunakan penyelesaian matriks dan kualitas dari volume yang didapat dapat dilihat dengan persamaan Chi-Squared. Jika kualitasnya masih tidak bagus, maka harus dilakukan kalibrasi pada parameter alat-alat log.

Metodologi Penelitian



Gambar 1. Bagan Alur Kerja Analisa Petrofisik

Gambar 1 di atas adalah bagan alur kerja yang dikerjakan pada Tugas Akhir ini. Pembahasan selanjutnya akan di jelaskan pada hasil dan pembahasan.

Hasil Dan Pembahasan

Analisa petrofisik pada tulisan ini dilakukan dengan memakai software Geolog. Software ini mengolah data petrofisik dari bentuk format LAS (Log ASCII Standard). Penggunaan software ini mempermudah analisa dan perhitungan petrofisik. Data log yang tersedia pada lapangan "STU" ini terdiri dari gamma ray log, spontaneous potential log, caliper log, resistivity log jenis Dual Laterolog, density log, neutron log, dan PEF log.

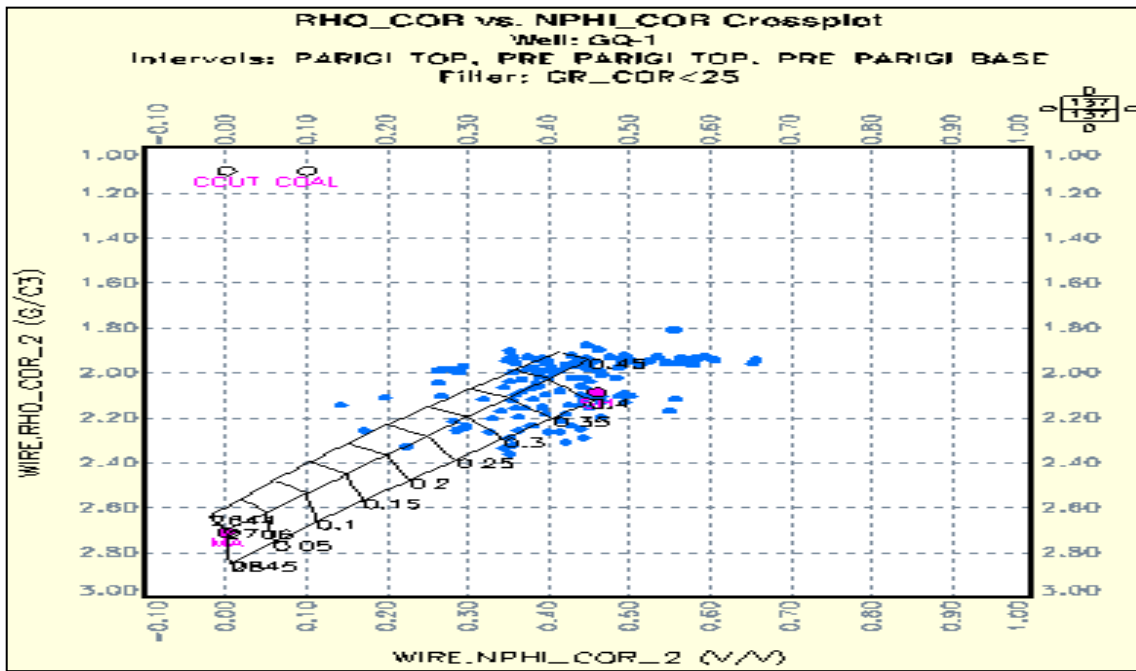
Data pendukung untuk analisa petrofisik pada tulisan ini berupa data cutting description, DST (*Drill Stem Test*), dan *sidewall core*. *Cutting description* dapat digunakan untuk mendukung penentuan litologi batuan, walaupun pada akhirnya penentuan akhir litologi menggunakan plot *chart* Schlumberger Por-12. Kegiatan pembuatan *cutting description* dilakukan pada sumur ST-1, STU-1, dan STU-3. DST digunakan untuk menentukan jenis

fluida yang ada pada lapisan dan membantu menganalisa air formasi untuk mendapatkan resistivitas air formasi. Kegiatan DST pada lapisan Pre-PARIGI dilakukan sebanyak 2 (dua) kali yaitu pada DST-2A di kedalaman 1878-1897 ft yang menunjukkan adanya aliran gas 3.783 MMCFGPD dan DST-2 pada kedalaman 1901-1907 ft dengan hasil aliran air 504 BWPD dan salinitas air Cl⁻14400 ppm. Pada lapisan MAIN_22 sumur STU-1 dilakukan uji kandungan lapisan DST-3 pada kedalaman 2334-2348 ft dengan hasil aliran minyak 394 BOPD dan lapisan MAIN_22 sumur STU-3 dilakukan uji kandungan lapisan DST-4 pada kedalaman 2308-2330 ft dengan hasil aliran minyak 36 BOPD dan salinitas air Cl⁻19000 ppm. Data *sidewall core* digunakan untuk validasi perhitungan saturasi air, walaupun core yang lebih dipercaya sebenarnya adalah *core* konvensional.

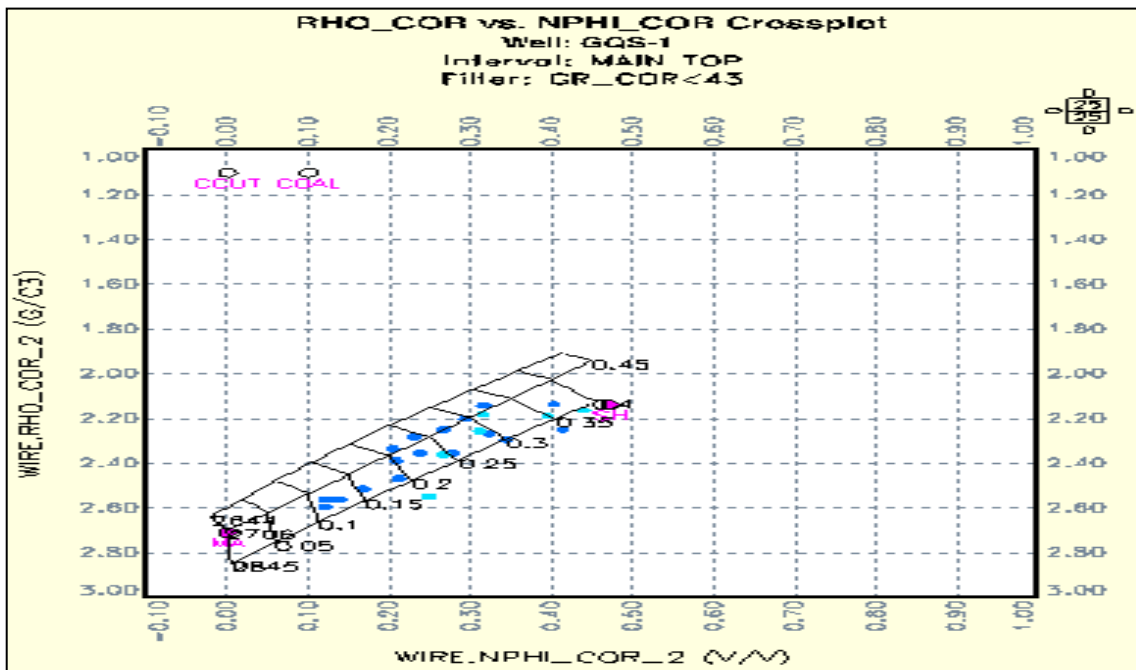
Parameter picking terdiri dari kegiatan penentuan litologi, mineral lempung, dan nilai dry clay. Penentuan litologi dilakukan dengan chart Schlumberger Por-12. Dari hasil plot tersebut diketahui bahwa lapisan Pre-PARIGI pada sumur ST-1 litologi dominannya adalah limestone (calcite). Data ini akan dipakai untuk keperluan perhitungan dengan metode deterministik Sedangkan untuk metode probabilistik mineral yang akan dibangun adalah dari mineral calcite, quartz, dan dolomite. Pada lapisan MAIN_22 untuk kedua sumur STU-1 dan STU-3 untuk keperluan perhitungan deterministik litologi dominannya adalah limestone. Sedangkan untuk metode probabilistik mineral yang akan dibangun terdiri dari mineral calcite dan dolomite. Selanjutnya untuk keperluan probabilistik, perlu diketahui mineral clay apa yang ada pada masing-masing formasi. Ini dilakukan dengan crossplot tersebut mineral lempung. Dari crossplot diketahui bahwa lapisan Pre-PARIGI dan MAIN mineral lempung dominannya adalah smectite, sehingga pada model mineral probabilistik mineral tersebut menjadi bagian dari model mineral yang akan dibangun. Parameter dry clay diketahui dari parameter wet clay. Parameter dry clay ditentukan dari diagram *ternary*. Diagram tersebut dibuat dari crossplot Density VS Neutron, GR VS Neutron, GR VS Density, dan GR VS Sonic.

Tabel 1. Parameter *Dry Clay*

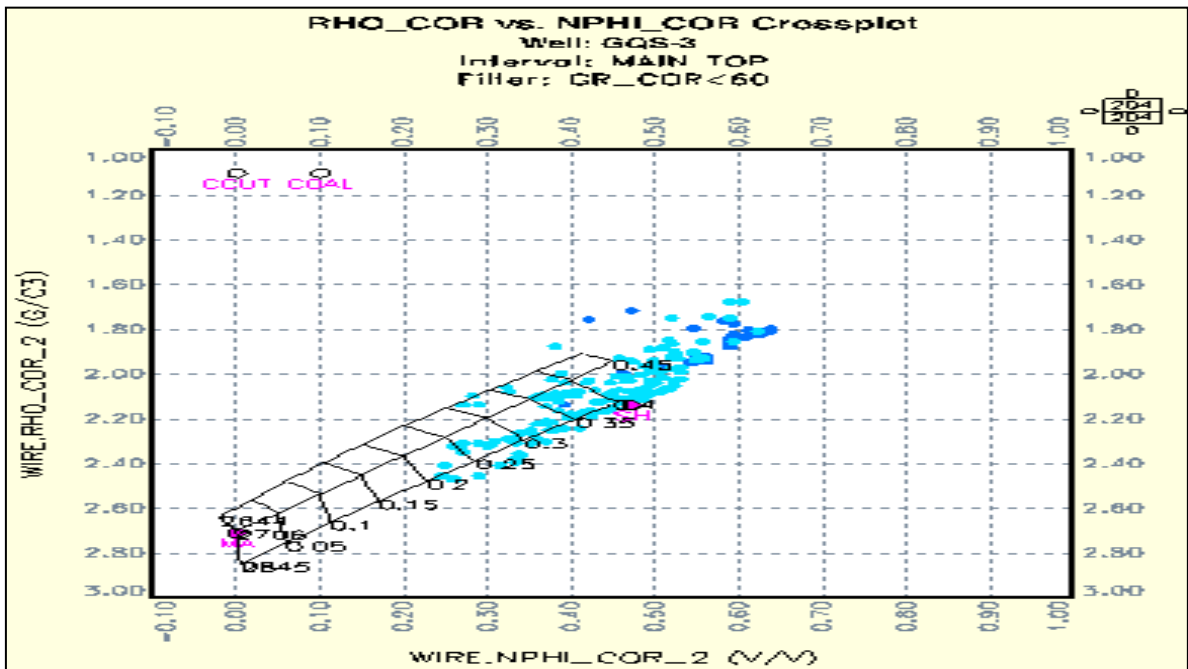
FORMASI	PARAMETER DRY CLAY				
	NPHI (fraksi)	RHOB (gr/cc)	GR (GAPI)	DT (μ s/ft)	Wet Clay Porosity (fraksi)
Pre-PARIGI	0.191	2.63	157	153.42	0.333
MAIN	0.244	2.63	139	147.51	0.301



Gambar 2. Crossplot Pada Chart Schlumberger Por-12 (Pre-PARIGI ST-1)



Gambar 3. Crossplot Pada Chart Schulmberger Por-12 (MAIN STU-1)



Gambar 4. Crossplot Pada Chart Schulmberger Por-12 (MAIN STU-3)

Metode deterministik bekerja secara bertahap dari menentukan volume shale, porositas, dan saturasi air. Volume shale ditentukan dengan gamma ray log dan density-neutron log. Dari kedua metode ini diambil volume shale yang terkecil, karena perhitungan volume shale cenderung memperhitungkan volume shale lebih secara berlebihan. Dari perhitungan volume shale, didapat pada lapisan Pre-PARIGI sumur ST-1 volume shalnya 8%. Sedangkan pada lapisan MAIN_22 pada sumur STU-1 dan STU-3 masing-masing volume shalnya 55% dan 53%. Karena Pre-PARIGI volume shalnya relatif kecil yaitu dibawah 10% maka perhitungan saturasi airnya menggunakan metode Archie. Sedangkan pada lapisan MAIN_22 digunakan metode Dual Water. Porositas pada tulisan ini dihitung dengan metode kombinasi neutron log dan density log. Dari perhitungan tersebut didapatkan porositas efektif rata-rata untuk lapisan Pre-PARIGI sumur ST-1 30%, lapisan MAIN_22 sumur STU-1 22%, dan lapisan MAIN_22 sumur STU-3 20%. Untuk perhitunga saturasi air pada Pre-PARIGI digunakan $a = 1$; $m = 2$ dan $n = 2$. Untuk formasi MAIN digunakan $a = 1$; $m = 1.77$ dan $n = 1.8$. Angka-angka tersebut diambil dari analisa core lapangan terdekat pada formasi yang sama. Dari perhitungan saturasi air tersebut didapatkan saturasi air rata-rata pada Pre-PARIGI sumur ST-1 66%, pada MAIN_22 sumur STU-1 59%, dan pada MAIN_22 sumur STU-3 82%.

Metode probabilistik dasar pekerjaannya adalah membangun model mineral dari volume matriks batuan dan volume fluida, sehingga penting untuk menentukan yang terkandung di dalam formasi. Model mineral ini dibangun berdasarkan sistem matriks dan ilmu statistik. Volume yang dicari dapat diselesaikan dengan penyelesaian matriks. Dari volume yang telah didapat dilihat kualitasnya dengan persamaan Chi-Squared. Jika kualitasnya masih tidak bagus maka akan dilakukan kalibrasi parameter. Standar parameter mineral batuan didapat dari mineral reference, sedangkan mineral lempung hanya parameter densitas yang diambil dari mineral reference. Untuk parameter lainnya seperti neutron, gamma ray, dan sonic didapat dari perhitungan dry clay. Kalibrasi parameter dilakukan untuk memperbaiki kualitas perhitungan. Kualitas perhitungan bisa dilihat pada log quality dan log condnum. Syarat kualitas perhitungan baik adalah pada saat log quality berada di bawah nilai 1, dan log condnum stabil diantara nilai 4 sampai 6. Selain dari kedua log tersebut, kalibrasi juga dilakukan berdasarkan dominasi volume mineral yang menyusun formasi. Mineral yang akan dibangun pada lapisan Pre-PARIGI ST-1 terdiri dari quartz, calcite, dolomite, dan smectite dengan fluida penyusun gas, free water, dan irreducible water. Sedangkan pada lapisan MAIN_22 STU-1 dan STU-3 terdiri

dari calcite, dolomite, dan smectite dengan fluida penyusun oil, free water, clay bound water, dan irreducible water. Dari metode probabilistik didapatkan volume shale (volume dry clay) pada lapisan Pre-PARIGI ST-1 7%; MAIN_22 STU-1 49%; dan MAIN_22 STU-3 45%. Hasil perhitungan porositas efektif lapisan Pre-PARIGI ST-1 32.5%; MAIN_22 STU-1 26.7%; dan MAIN_22 STU-3 24%. Hasil perhitungan saturasi air lapisan Pre-PARIGI ST-1 63.6%; MAIN_22 STU-1 53.5%; dan MAIN_22 STU-3 81%.

Setelah metode deterministik dan metode probabilistik dikerjakan, hasil perhitungannya divalidasi. Validasi lebih baik dilakukan dengan core konvensional. Pada lapangan "STU" hanya tersedia sidewall core, sehingga validasi dilakukan saturasi airnya saja. Validasi tidak dilakukan pada porositasnya karena sidewall core tidak menggambarkan keadaan lapisan sebenarnya. Cara kerja sidewall core dengan menembak dan menjepit core membuat core tersebut cenderung merubah porositasnya. Pada validasi Pre-PARIGI sumur ST-1 kedua metode sama-sama memiliki tingkat kecocokan saturasi air 67%, dengan 4 (empat) perhitungan saturasi valid dari 6 (enam) interval core yang ada. Pada MAIN_22 sumur STU-1 kedua metode sama tingkat validasi saturasi airnya 50%, dengan 1 (satu) perhitungan saturasi valid dari 2 (dua) interval core yang ada. Pada lapisan MAIN_22 sumur STU-1 sebenarnya memiliki 5 (lima) interval core, tetapi 3 (tiga) interval dalam keadaan fracture sehingga tidak bisa dijadikan bahan validasi. Walaupun tingkat kecocokan data core dengan metode deterministik dan probabilistik hampir sama, tapi data yang dipakai untuk analisa petrofisik selanjutnya adalah dari hasil analisa metode probabilistik.

Metode probabilistik dipilih karena pertama dilihat dari dasar pekerjaannya, metode ini menganggap bahwa suatu formasi terdiri dari beberapa volume penyusun. Volume penyusun ini terdiri dari litologi batuan dan fluida yang menempati pori-pori batuan. Dengan begitu metode ini dalam analisisnya dapat memperhitungkan beberapa litologi dan fluida sekaligus dalam pembangunan model mineralnya. Berbeda dengan deterministik yang pada perhitungannya harus menentukan satu litologi dominan penyusun formasi. Alasan kedua adalah dari sisi validasi metode probabilistik memiliki dua cara validasi, yaitu dengan statistik dan core. Sedangkan metode deterministik validasi dilakukan hanya dengan core.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil pembahasan yang telah disebutkan sebelumnya, didapat beberapa kesimpulan sebagai berikut :

- a) Analisa dengan metode deterministik membutuhkan penentuan litologi untuk melakukan perhitungan. Litologi pada metode ini diambil dari penyebaran data yang dominan pada chart Schlumberger Por-12. Lapisan Pre-PARIGI mengambil litologi limestone berdasarkan. Lapisan MAIN_22 mengambil litologi limestone.
- b) Analisa metode probabilistik dapat memperhitungkan litologi lebih dari satu jenis, sehingga pemilihan litologi sangat mempengaruhi hasil perhitungan. Lapisan Pre-PARIGI ST-1 membangun model mineral dari sandstone, limestone, dolomite, dan smectite berdasarkan. Lapisan MAIN_22 STU-1 dan STU-3 membangun model mineral dari limestone, dolomite, dan smectite.
- c) Volume shale rata-rata dari metode deterministik dan probabilistik pada masing-masing lapisan secara berurutan adalah, lapisan Pre-PARIGI ST-1 8.5% dan 7%; lapisan MAIN_22 STU-1 55% dan 49%; lapisan MAIN_22 STU-3 53% dan 45%.
- d) Porositas efektif (ϕ_e) rata-rata dari metode deterministik dan probabilistik pada masing-masing lapisan secara berurutan adalah, lapisan Pre-PARIGI ST-1 30% dan 32.5%; lapisan MAIN_22 STU-1 22% dan 26.7%; dan lapisan MAIN_22 STU-3 20% dan 24%.
- e) Saturasi air (S_w) rata-rata dari metode deterministik dan probabilistik masing-masing lapisan secara berurutan adalah lapisan Pre-PARIGI ST-1 66% dan 63.6%; lapisan MAIN_22 STU-1 59% dan 53.5%; dan lapisan MAIN_22 STU-3 82% dan 81%.

- f) Dibandingkan metode deterministik, metode probabilistik pada tulisan ini dianggap lebih baik dipakai karena dalam perhitungannya metode ini dapat membangun model mineral dengan beberapa litologi, tidak berdasarkan dominasi suatu litologi. Dari sisi validasi, metode probabilistik juga memiliki 2 (dua) tahap validasi, yaitu secara statistik dan core.

Daftar Pustaka

Asquith, George dan Gibson, Charles, "Basic Well Log Analysis for Geologist", The American Association of Petroleum Geologist, Tulsa, Oklahoma, USA, 1983.

Bateman, Richard, "Open Hole Log and Formation Evaluation", Texaco Exploration and Production Technology Division, Houston, Texas, USA, 1990

Harsono, Adi, "Evaluasi Formasi dan Aplikasi Log", edisi 8, Schlumberger Oilfield Service, Jakarta, 1997.

Pertamina Hulu Energi, "Final Report", Unpublished, Jakarta, 2010.

Schlumberger ed., "Introduction to Open Hole Log Interpretation", Schlumberger, Texas, USA, 1996.

Schlumberger ed., "Log Interpretation Charts", Schlumberger, Texas, USA, 2009.

Schlumberger ed., "Log Interpretation Principles/Applications" Schlumberger, Texas, USA, 1998.

Sembodo dan Nugrahanti Asri, "Penilaian Formasi II", Fakultas Teknologi Kebumihan dan Energi, Universitas Trisakti, Jakarta, 2005.