



Jurnal Ilmu Kebumihan

Teknologi Mineral

(Dahulu Buletin Teknologi Mineral)

ISSN 0854 - 2554

Volume 18, Nomor 2, Juli - Desember 2005, Hal. 63 - 122

Konstruksi grafis dan *chart* untuk mempercepat perhitungan hubungan antara volume, diameter pipa, dan kecepatan fluida

Aplikasi penanggalan umur dengan Metoda ^{14}C pada studi Geologi Kuartar di daerah Yogyakarta dan sekitarnya

Kebijakan industri pertambangan berbasis akomodasi multi-persepsi pengelolaan

Pemantapan tanah pada pembuatan terowongan dalam tanah lunak

***Depletion allowance* sebagai strategi pengembangan usaha Pertambangan Batubara di Indonesia**

Studi karakteristik batuan induk di daerah Karangobar dan sekitarnya, Banjarnegara

Penentuan saturasi air untuk *Shaly Sands* pada Formasi Talang Akar lapangan "X" dengan *Dual Water Model*

Studi penambahan titik serap pada reservoir "T" struktur karbonat *build-up*

Spectral analysis of Surface Wave (SASW) as a non-destructive method for evaluation of near-surface material stiffness

Alternatif penanganan produksi air yang tinggi dengan menurunkan permeabilitas relatif air (K_{rw}) menggunakan *Aquacon RPMs (Relative Permeability Modifiers) fluids*



Jurnal Ilmu Kebumihan
Teknologi Mineral

PENANGGUNGJAWAB

Dekan Fakultas Teknologi Mineral
UPN "Veteran" Yogyakarta

KETUA

Ir. D. Haryanto, M.Sc., Ph.D

DEWAN REDAKSI

Prof.Drs. H.R. Bambang Soeroto., Dr.Ir. Sutanto, DEA., Dr.Ir. Sari Bahagiarti K, M.Sc.,
Dr.Ir. Sudarmoyo, SE, MT., Dr.Ir. Dyah Rini, MT., Dr.Ir. Heru Sigit Purwanto, MT.,
Ir. Helmy Murwanto, M.Si., Ir. Sudarsono, MT., Ir. Hadiyan, MT., Ir. Kresno, MT.,
Ir. Moch. Winanto Adjie, M.Sc., Ir. F. Suhartono, M.Si., Ir. Andi Sungkowo, M.Si.

MITRA BESTARI

Prof.Dr.Ir. Septorlatno Siregar., Dr.Ir. Leksono M., Dr.Ir. Rudi Rubiandini.,
Prof.Dr.Ir. Made Astawa Rai., Dr.Ir. Sudarto Notosiswoyo., Dr.Ir. Totok Sudariyanto.
Dr.Ir. Heru Hendrayana., Dr.Ir. Dwikorita Kernawati., Ir. Marno Datun.

SEKRETARIS

Ir. Bambang Triwibowo, MT

BENDAHARA

Ir. R. Sukotjo, MT

TATA GRAFIS DAN CETAK

Ir. Bambang Bintarto, MT., Ir. Siti Umiyatun Choiriah, MT

TATA USAHA

Winarto, Yulia Andriani, Tukimin, Bambang Agusworo

PENERBIT

Fakultas Teknologi Mineral - Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta
JIK Tek Min terbit secara berkala setiap semester: Juni dan Desember.

ALAMAT REDAKSI / TATA USAHA

Fakultas Teknologi Mineral, Jl. SWK 104 (Lingkar Utara) Condongcatur Yogyakarta 55283
Telp. (0274) 487813, 487814 Fax. (0274) 487813,
E-mail : triwibowo@plasa.com

DICETAK OLEH

Unit Pelaksana Teknik Penerbitan UPN "Veteran" Yogyakarta

Jurnal Ilmu Kebumihan
Teknologi Mineral

Mochamad
 Jurusan T. Geofisika, Fakultas Teknologi Mineral UFN "Veteran" Yogyakarta

Daftar Isi

Abstract

Konstruksi grafis dan chart untuk mempercepat perhitungan hubungan antara volume, diameter pipa, dan kecepatan fluida 63

Moehadi

Aplikasi penanggalan umur dengan Metoda ^{14}C pada studi Geologi Kwartir di daerah Yogyakarta dan sekitarnya 69

Darwin Alijasa Siregar dan Sri Mulyaningsih.

Kebijakan industri pertambangan berbasis akomodasi multi-persepsi pengelolaan 78

Nur Ali Amri

Pemantapan tanah pada pembuatan terowongan dalam tanah lunak 83

Sudarsono

Depletion allowance sebagai strategi pengembangan usaha Pertambangan Batubara di Indonesia 90

Immarlinianto

Studi karakteristik batuan induk di daerah Karangkoar dan sekitarnya, Banjarnegara 93

Praptisih dan Kamtono

Penentuan saturasi air untuk Shaly Sands pada Formasi Talang Akar lapangan "X" dengan Dual Water Model 101

Haryadi

Studi penambahan titik serap pada reservoir "T" struktur karbonat build-up 106

Suranto, Deddy Kristanto dan Wicaksono

Spectral analysis of Surface Wave (SASW) as a non-destructive method for evaluation of near-surface material stiffness 113

Suharsono

Alternatif penanganan produksi air yang tinggi dengan menurunkan permeabilitas relatif air (K_{rw}) menggunakan Aquacon RPMs (Relative Permeability Modifiers) fluids 118

Anas Puji Santoso

Penentuan saturasi air untuk *Shaly Sands* pada Formasi Talang Akar lapangan "X" dengan *Dual Water Model*

Haryadi

Jurusan T. Perminyakan, Fakultas Teknologi Mineral UPN "Veteran" Yogyakarta

Abstract

The problems in interpretation of shaly sands is that the water saturation calculated using Archie equations is too high. This is caused by the shale or clay (CEC) having lower resistivity than the sands grains. Porosity logs are often influenced by shale so that the calculated porosities are accurate.

In shaly sandstone it is difficult to determine R_w (water resistivity) and most important that the shale often reduce the permeability resulting error in calculation. Usually with no shale corrections, the water saturations is too high making the zone look like it non productive.

Dual Water techniques, mathematically removing the shale so that porosity and water saturations use in calculation could be treated as parameters in clean sandstone.

Abstrak

Salah satu masalah yang dijumpai dalam interpretasi pasir berlempung (shaly sands) adalah tingginya harga saturasi air jika dihitung dengan persamaan Archie. Hal ini disebabkan adanya CEC (Cation Exchange Capacity) yang mempengaruhi pembacaan resistivitasnya, yaitu lebih rendah dibanding resistivitas formasi. Shale atau clay akan mempengaruhi log porositas, sehingga menyebabkan harga porositas terhitung tidak tepat.

Pada pasir berlempung tidak mudah untuk mencari harga resistivitas air (R_w), bahkan shale juga akan menurunkan permeabilitas sehingga akan beresiko dalam perhitungan. Pada umumnya (tanpa koreksi terhadap keberadaan shale) harga saturasi air terhitung akan tinggi, hal ini berakibat zona yang diamati menjadi seperti zona air (tidak produktif) padahal zona tersebut cukup mengandung minyak.

Dual Water Model mengatasi masalah lempung dalam formasi dengan cara matematis sehingga dapat digunakan harga porositas dan saturasi air terhitung dengan cara yang sama dalam perhitungan formasi pasir bersih.

Kata-kata kunci : saturasi, *shaly-sands*, *dual water model*, matematis

PENDAHULUAN

Dalam menentukan porositas dan saturasi air dalam formasi berlempung tentunya sangat berbeda dengan formasi yang bersih atau sedikit mengandung lempung. Keberadaan pertikel lempung dalam formasi akan sangat mempengaruhi hasil perhitungan porositas dan saturasi air.

Persamaan Archie yang menghubungkan resistivitas batuan ke saturasi air, mengasumsikan bahwa air formasi adalah satu-satunya bahan konduktif yang ada dalam formasi, tanpa memperhitungkan bahan konduktif lainnya dalam formasi, hal ini menyebabkan harga saturasi air yang diperoleh nantinya akan terlalu besar. Keberadaan bahan konduktif lainnya (misal : serpih dan lempung) perlu diperhitungkan karena bahan tersebut juga mendukung konduktivitas batuan.

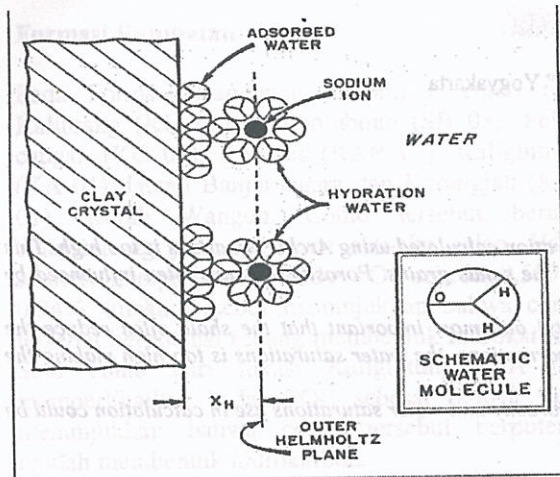
Model *Dual Water* menganggap kelebihan konduktivitas disebabkan oleh tambahan ion-ion positif yang terikat pada lapisan difusi di sekeliling kristal lempung. Kation-kation ini diperlukan untuk mengimbangi kelainan listrik yang di dalam kristal

lempung, jumlah ion ini menyusun apa yang disebut CEC (*Cation Exchange Capacity*)

TEORI DASAR

Serpih adalah unsur batuan yang sangat penting di dalam analisa log. Disamping pengaruhnya pada porositas dan permeabilitas. Serpih adalah batuan lepas, pegas, campuran pertikel lempung berbutir halus atau partikel koloid dan sering mengandung sejumlah besar mineral lempung. Kebanyakan mineral lempung berstruktur lembaran alumina-oktahedron dan silica tetrahedron, dimana biasanya terdapat kelebihan muatan listrik negatif didalam lembaran-lembaran mineral lempung. Substitusi Al^{+++} oleh ion-ion valensi lebih rendah merupakan penyebab utama kelebihan muatan tersebut, tetapi struktur kristal tetap sama. Ketidak seimbangan listrik lokal tersebut harus dikompensasikan untuk mempertahankan netralitas listrik partikel lempung. Bahan pengompensasi adalah ion positif atau kation atau bahan pelawan yang menempel pada permukaan lembaran lempung dalam keadaan kering. Muatan positif ini biasanya diukur dalam miliekivalen ion per 100 gram mineral lempung

kering atau disebut dengan kapasitas tukar ion (CEC), gambar 2.



Gambar 2. Model dari air dan distribusi dari CEC pada permukaan lempung

Jika partikel lempung dicelupkan ke dalam air, maka gaya-gaya Coulomb yang mempertahankan ion-ion positif permukaan tersebut diturunkan oleh sifat-sifat dielektrik air. Ion-ion pelawan meninggalkan permukaan lempung dan bergerak relatif bebas di dalam suatu layer air di dekat permukaan (keseimbangan listrik harus dipelihara sehingga ion-ion pelawan tetap dekat antar-muka air-lempung) dan mendukung konduktivitas batuan.

Karena persamaan saturasi air dari Archie yang menghubungkan resistivitas batuan ke saturasi mengasumsikan bahwa air formasi saja yang konduktif maka persamaan tersebut perlu dimodifikasi untuk memasukkan bahan konduktif lain misalnya serpih dan air ikat dalam perhitungan saturasi.

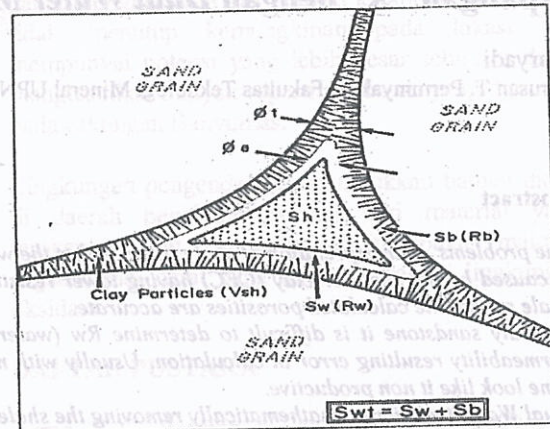
MODEL DUAL WATER

Model *Dual Water* ini adalah pengembangan dari Model Waxman-Smith yang telah ada. Model *Dual Water* didasarkan pada tiga alasan pokok, yaitu :

- Konduktivitas lempung disebabkan oleh CEC-nya
- CEC lempung murni adalah sebanding dengan area permukaan spesifik dari lempung (Gambar 3)
- Di dalam larutan salin, anion diasingkan dari layer air sekitar permukaan butiran. Ketebalan layer ini mengembang jika salinitas larutan berkurang (di bawah suatu batas tertentu) seperti pada Gambar 2, dan ketebalan tersebut adalah fungsi dari salinitas dan temperatur.

Dalam model ini lempung dimodelkan seperti tersusun atas dua komponen, yaitu air-ikat dan mineral-mineral lempung. Mineral lempung dimodelkan sebagai bahan yang inert listrik,

sedangkan air ikat dimodelkan sebagai bahan yang mendukung konduktivitas.



Gambar 3. Distribusi air ikat dalam pori-pori batuan

Analisa pasir berlempung sedikit lebih rumit daripada pasir bersih. Keberadaan serpih dalam formasi akan mempengaruhi respon terukur pada banyak tingkat dan pengaruh tersebut akan dipersulit oleh sifat-sifat serpih yang memiliki variasi yang luas. Saat mempergunakan pengukuran-pengukuran tersebut dalam pasir berlempung, maka pengaruh serpih harus ditaksir untuk mendapatkan porositas efektif dan saturasi air.

Prosedur Perhitungan

Dalam Model *Dual Water* ini prosedur perhitungan adalah sebagai berikut :

Perhitungan volume lempung dengan menggunakan Gamma Ray Log :

$$V_{sh} = 0.33[2^{(2xIGR)} - 1.0] \text{ (formasi kompak) (1)}$$

$$V_{sh} = 0.82[2^{(2xIGR)} - 1.0] \text{ (formasi lepas-lepas) (2)}$$

$$I_{GR} = \frac{GR_{LOG} - GR_{MIN}}{GR_{MAX} - GR_{MIN}} \text{ (3)}$$

dimana :

- V_{sh} = volume lempung
- I_{GR} = indeks Gamma Ray
- GR_{LOG} = GR pada pasir berlempung
- GR_{MAX} = GR maksimum (serpih)
- GR_{MIN} = GR minimum (formasi bersih)

Perhitungan Porositas

Harga porositas densitas diperoleh dengan mengolah data densitas formasi (ρ) dari log *density* dengan persamaan :

$$\phi D = (\rho_{ma} - \rho) / (\rho_{ma} - \rho_r) \text{ (4)}$$

dimana :

ρ_{ma} = densitas matrik sandstone = 2.65, limestone = 2.71 gr/cc

ρ_f = densitas fresh mud = 1.0, salt mud = 1.1 gr/cc

Setelah dikoreksi terhadap kandungan lempung dalam formasi didapat harga porositas density koreksi (ϕ_{Dc}) sebagai berikut :

$$\phi_{Dc} = \phi_D - \phi_{D_{sh}} \cdot V_{sh} \dots\dots\dots (5)$$

Porositas neutron didapat langsung dari pembacaan Compensated Neutron Log dan setelah dikoreksi dengan kandungan shale dalam formasi didapatkan porositas neutron koreksi (ϕ_{Nc}) sebagai berikut :

$$\phi_{Nc} = \phi_N - \phi_{N_{sh}} \cdot V_{sh} \dots\dots\dots (6)$$

Perhitungan porositas neutron-density didapat dengan persamaan :

$$\phi_{NDc} = (\phi_{Nc} + \phi_{Dc})/2 \dots\dots\dots (7)$$

Perhitungan porositas total dari lapisan shale terdekat

$$\phi_{tsh} = \delta \phi_{D_{sh}} + (1 - \delta) \phi_{N_{sh}} \dots\dots\dots (8)$$

dimana :

$$\delta = 0.5 - 1.0$$

Perhitungan porositas total dan saturasi air ikat (bond water)

$$\phi_t = (\phi_{NDc}) + V_{sh} + \phi_{tsh} \dots\dots\dots (9)$$

$$S_b = V_{sh} \cdot \phi_{tsh} / \phi_t \dots\dots\dots (10)$$

dimana :

ϕ_t = porositas total

S_b = saturasi air ikat

Perhitungan air ikat dari lapisan shale terdekat

$$R_b = R_{sh} \cdot \phi_{tsh}^2 \dots\dots\dots (11)$$

dimana :

R_b = resistivitas air ikat

R_{sh} = resistivitas lapisan shale terdekat

ϕ_{tsh} = porositas total lapisan shale terdekat

Perhitungan resistivitas air apparent (R_{wa})

$$R_{wa} = R_t \cdot \phi_t^2 \dots\dots\dots (12)$$

dimana :

R_{wa} = resistivitas air apparent

R_t = resistivitas formasi sebenarnya

ϕ_t = porositas total

Perhitungan saturasi air total (S_{wt}) terkoreksi terhadap lempung

$$S_{wt} = b + \sqrt{b^2 (R_w / R_{wa})} \dots\dots\dots (13)$$

dimana :

S_{wt} = saturasi air total terkoreksi terhadap lempung

$$b = [S_b (1 - R_w / R_b)]/2 \dots\dots\dots (14)$$

dimana :

R_w = resistivitas air formasi

R_{wa} = resistivitas air apparent

Menghitung saturasi air efektif (S_{we})

$$S_{we} = (S_{wt} - S_b) / (1 - S_b) \dots\dots\dots (15)$$

dimana :

S_{we} = saturasi air efektif

S_{wt} = saturasi air total

S_b = saturasi air ikat

Studi Kasus untuk Interpretasi Pasir Berlempung

Data dari data logging sumur Y Lapangan X pada Formasi Talang Akar pada kedalaman 6680 ft didapatkan data sebagai berikut :

ϕ_N = 15 %

ϕ_D = 13 %

R_t = 11 Ohm-M

R_{SFL} = 20 Ohm-M

Pada kedalaman 6590 ft (formasi shale) terekam data - data sebagai berikut :

R_{sh} = 3 Ohm-M

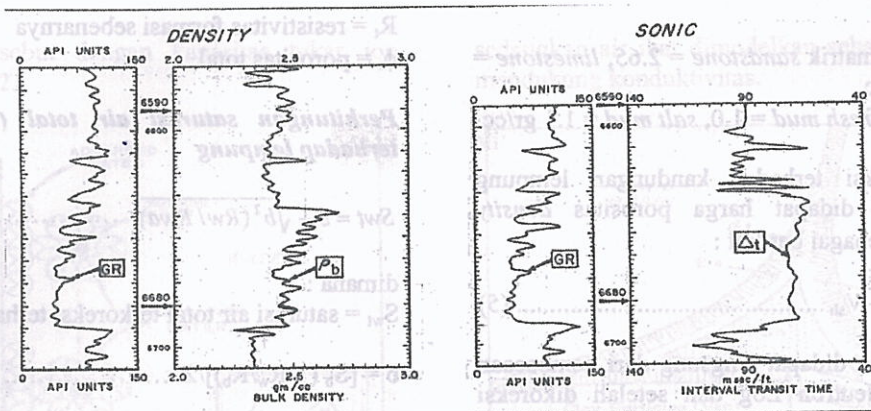
GR_{MAX} = 98 APIU

$\phi_{N_{sh}}$ = 33 %

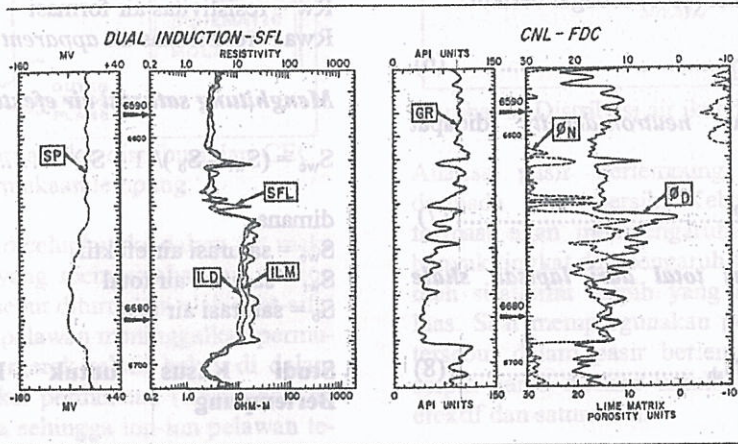
$\phi_{D_{sh}}$ = 12 %

Hasil log dapat dilihat pada Gambar 4 dan Gambar 5. Hasil dari interpretasi dengan metoda Dual Water dan Metoda Konvensional (Archie) pada kedalaman 6680 ft pada perhitungan diasumsikan bahwa dalam formasi terdapat lempung yang terdispersi, sehingga $R_{cl} = 0.4 R_{sh}$ (Fertl and Hammack, 1971)

Dari hasil perhitungan untuk Metoda Dual Water adalah harga $S_w = 33.5\%$ sedangkan dengan Metode Archie = 51.0%



Gambar 4. Log Density, Gamma Ray dan Sonic pada kedalaman yang dianalisa

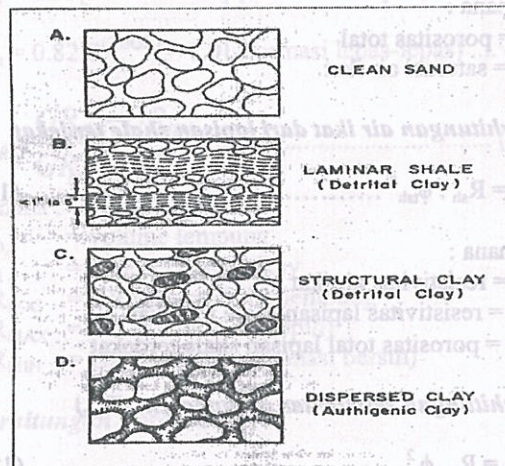


Gambar 5. Log Resistivity SFL dan Log CNL - FDC

PEMBAHASAN

Dari dua hasil yang didapatkan untuk saturasi air pada kedalaman yang sama yaitu 6880 ft terlihat memberikan hasil yang jauh berbeda yakni 33.5% dan 51%, bila diambil *cut off* kurang dari 50% maka saturasi air 51% terlihat bukan merupakan zona produktif, tetapi bila dihitung lebih cermat (dengan memperhitungkan faktor lempung) menunjukkan bahwa pada kedalaman tersebut adalah zona produktif. Lempung yang terdapat pada formasi ini adalah jenis lempung yang terdispersi dalam batuan, sehingga menyebabkan kecilnya harga porositas (Gambar 1). Harga Saturasi yang didapatkan dengan metode Archie sangat tinggi karena dalam metode ini sama sekali tidak memperhitungkan air yang mengikat lempung atau kandungan lempung itu sendiri dalam formasi. Padahal air yang mengikat (air ikat) lempung juga menghantarkan arus (konduktif) sehingga harga resistivitas formasinya menjadi lebih kecil dan hal ini akan menaikkan harga saturasi air terhitung. Metode *Dual Water* dalam memperhitungkan faktor air ikat itu sendiri, terbukti dalam mencari harga saturasi dengan metode ini memperhitungkan harga saturasi air ikatnya $S_{b,}$ harga S_b sendiri penyusun saja yaitu mineral lempung besar kecilnya sangat dipengaruhi

kandungan lempung di dalam formasi. Dalam metode ini menganggap bahwa lempung dimodelkan tidak tersusun oleh satu komponen saja yaitu mineral lempung, tetapi ditambah dengan adanya air ikat di dalam lempung yang keberadaanya sangat mempengaruhi konduktivitas dan resistivitas formasi.



Gambar 1. Berbagai Macam Distribusi Lempung dalam Pori-Pori

KESIMPULAN

- 1. Besarnya harga saturasi air yang diperoleh pada kedalaman 6680 ft disebabkan oleh kecilnya harga resistivitas formasi yang didukung konduktivitas air ikat lempung.
- 2. Mineral lempung dimodelkan sebagai bahan yang inert listrik dan konduktivitas listrik lempung berasal dari konduktivitas air ikat.
- 3. Metoda *Dual Water* sangat efektif bila digunakan untuk menghitung saturasi air pada formasi yang mengandung lempung yang terdispersi.

DAFTAR PUSTAKA

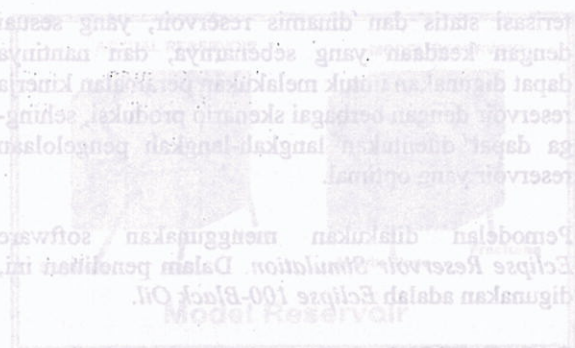
Fertl, W.H., and G.W. Hammack, 1971. A Comparative look at Water Saturation Computations in Shaly Pay Sands, Soc. Of Professional Well Log Analyst, 12th Annual Logging Symposium Trans, Paper R

Dewan J.T., 1983. *Essentials of Modern Open Hole Log Interpretation*, PenWell Publishing Co, Tulsa, Oklahoma

George B Asquith, 1990. Log Evaluatin of Shaly Sandstone : A Practical Guide, *The American Association of Petroleum Geologist*, Tulsa, Oklahoma.

Simulasi reservoir adalah definisikan sebagai proses pemanfaatan model buatan yang menggambarkan keadaan reservoir yang sebenarnya. Untuk menggambarkan keadaan reservoir yang sebenarnya, yang sesuai dengan keadaan yang sebenarnya, dan tentunya dapat digunakan untuk melakukan perhitungan-perhitungan dengan menggunakan perangkat lunak pengolahan data. Untuk melakukan perhitungan-perhitungan tersebut, maka diperlukan langkah-langkah penyelesaian reservoir yang optimal.

Modelan dilakukan menggunakan software Eclipse Reservoir Simulation. Dalam penelitian ini, digunakan adalah Eclipse 100-Block Oil.



Gambar 1. Model Warren Root Untuk Mengambarkan Reservoir Untuk Simulasi Reservoir

Waktu (hari)	Produksi (bbl)	Saturasi Air (a _w)
0	0	0.25
100	1000	0.25
200	2000	0.25
300	3000	0.25
400	4000	0.25
500	5000	0.25
600	6000	0.25
700	7000	0.25
800	8000	0.25
900	9000	0.25
1000	10000	0.25

Tujuan dari simulasi reservoir adalah menyajikan suatu model reservoir yang mendeskripsikan