

Aplikasi Pulse Neutron Logging untuk Menentukan Zona Hidrokarbon Baru di Lapangan X

Eko Prastio, ST, MT*¹

¹Teknik Perminyakan, Fakultas Teknik, UBJ, Jakarta, Indonesia
email: *¹eko.prastio@dsn.uhharajaya.ac.id

Abstract

Neutron Porosity measurement on open wells (Open Hole) is intended to measure the hydrogen index contained in rock formations. The hydrogen index is defined as the ratio of the concentration of hydrogen atoms per cm³ of rock to the content of pure water at 75 F. Neutron Porosity log does not measure the true porosity of rocks, but what is measured is the hydrogen content found in the pores of rocks. Simply put, the more porous the rock the more hydrogen content and the higher the hydrogen index. Thus, shale which contains a lot of hydrogen can be interpreted to have a high porosity as well. To anticipate this uncertainty, in practice, interpretation of porosity can be done by elaborating log density logging. The above measurements are carried out on an open well (Open Hole) to determine the response of lithology, salinity, fluid type and others. Meanwhile, measuring Neutrons in closed wells (Cased Holes) will be difficult and requires special tools.

Keywords : Pulse Neutron Log, tubing, Hydrogen Index

PENDAHULUAN

Pengukuran *Neutron Porosity* pada evaluasi formasi ditujukan untuk mengukur indeks *hydrogen* yang terdapat pada formasi batuan. Indeks *hydrogen* didefinisikan sebagai rasio dari konsentrasi atom hydrogen setiap cm kubik batuan terhadap kandungan air murni. *Neutron Porosity log* tidaklah mengukur porositas sesungguhnya dari batuan, melainkan yang diukur adalah kandungan *hydrogen* yang terdapat pada pori-pori batuan [1]. Secara

sederhana, semakin berpori batuan semakin banyak kandungan *hydrogen* dan semakin tinggi indeks *hydrogen*. Sehingga, *shale* yang banyak mengandung *hydrogen* dapat ditafsirkan memiliki porositas yang tinggi pula.

Log Neutron digunakan untuk membedakan formasi yang porous dan mendeterminasi porositasnya. Log ini mendeteksi keberadaan hidrogen di dalam formasi. Pada formasi bersih pori – pori telah terisi oleh air atau minyak, *log neutron* merefleksikan porositas yang terisi oleh fluida. Neutron merupakan bagian dari atom yang tidak memiliki muatan namun massanya ekuivalen dengan inti hydrogen [1].

Neutron berinteraksi dengan material lain melalui dua cara, yaitu melalui kolisi dan absorpsi. Kolisi umumnya terjadi pada tingkat energi tinggi dan absorpsi terjadi pada tingkat energi yang lebih rendah. Jumlah energi yang hilang setiap kali terjadi kolisi tergantung pada massa relatif inti yang bertumbukan dengan neutron tersebut [2].

Tumbukan dengan inti yang berat tidak akan terlalu memperlambat laju dari neutron. Jadi, penurunan terbesar jumlah neutron yang kembali ditentukan oleh seberapa besar kandungan air di dalam formasi batuan tersebut. Dalam waktu beberapa mikrodetik, neutron yang telah diperlambat melalui kolisi akan bergerak menyebar secara acak tanpa kehilangan banyak energi. Neutron tersebut baru akan berhenti apabila ditangkap oleh inti dari atom seperti klorin, hidrogen, atau silikon.

METODE PENELITIAN

1. Pengumpulan data

Pengumpulan data kali ini dapat berasal dari lapangan. Data tersebut berupa data LAS, NTI, *Open Hole Log*, *Cased Hole Log*, *Well Diagram* dan beberapa file histori dari sumur tersebut [3].

2. Pengolahan Data

- *Depth Match* adalah menyelaraskan atau menyamakan data *GR open Hole* dengan data *GR Cased Hole* [3].

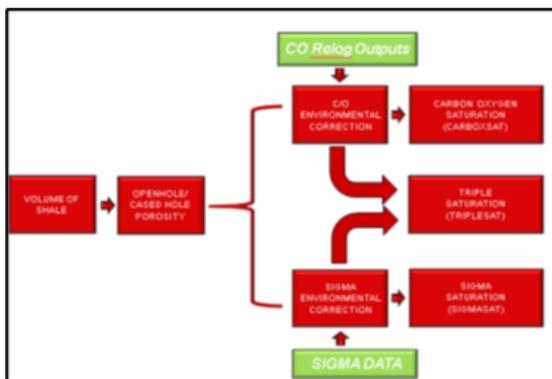
- Kalibrasi dari setiap Pass. Kalibrasi bertujuan agar data yang telah kita dapat terkoreksi dengan lingkungan sumur [3].

- *Gain Stabilization*

Pada proses ini semua kurva akan diselaraskan pada *Hydrogen Peak Window* [3].

- *Pulse Neutron Interpretation*

Pada proses ini akan memasukan beberapa data yang di butuh kan ke dalam sistem seperti data *Vshale*, *RhoOil*, *RhoGas*, *Litology*, *Bit Size*, *TPor* dan Lain-lain. Biasanya data tersebut bisa kita dapat melalui data *Open Hole* [3].



Gambar 1. Flow Diagram proses PNL

Pada *Flow Chart* di atas kita dapat melihat alur kerja dalam pemrosesan data PNL ini. Pada proses akhir kita dapat melihat tiga

kolom yaitu *Carboxsat Log*, *Sigmatasat Log* dan *Triplesat Log*. Untuk *Carboxsat Log* di peruntukan untuk mencari saturasi Minyak. *Sigmatasat Log* untuk mencari saturasi Gas dan *Triplesat Log* untuk mencari Minyak dan Gas.

HASIL DAN PEMBAHASAN

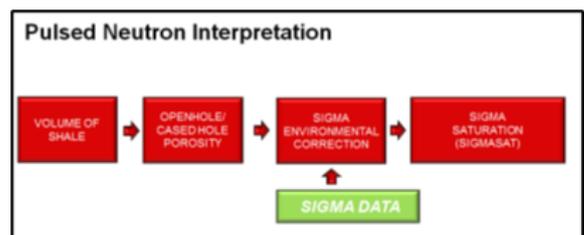
Tujuan utama dari alat *Reservoir Monitoring Tool* (RMTI) adalah untuk mengidentifikasi sisa potensi *hidrokarbon* di belakang *casing*, menentukan jenis *fluida* dan tekanan reservoir sebelum mendapatkan *update* data reservoir untuk evaluasi kandidat untuk *workover* [4].

Diagram Alir Pekerjaan Interpretasi Hasil Rekaman

Pulse Neutron adalah alat untuk mengukur kadar *Carbon* di minyak dan *Oksigen* di air. Ketika alat ini menangkap air maka kadar atom O akan tinggi dan atom C rendah. Apabila alat ini menangkap *Hidrocarbon* maka atom C akan tinggi dan atom O akan rendah. Rasio dari *Carbon* dan *Oksigen* tersaji antara air dan *Hidrocarbon* tergantung dari salinitas air. Pada proses *C/O* kali ini di khususkan hanya untuk mencari Minyak [5].

Di bawah ini adalah diagram alir dari *Procesing Carbon Oksigen* itu rangkaian *casing* yang direncanakan pada suatu lapangan harus mampu menahan beban-beban yang terjadi, seperti halnya : *Beban Burst*, *Beban Collapse* dan *Beban Tension*. Selain mampu menahan beban-beban diatas, yang perlu diperhatikan juga adalah ketahanan *casing* terhadap kondisi lubang di lapangan yang mempunyai karakteristik khusus *Sigma* adalah salah satu proses interpretasi dalam menentukan minyak dari dalam formasi.

Dengan proses *Sigma Log* ini kita dapat membedakan antara air asin dan minyak, vapor dan air, minyak dan vapor. Vapor disini adalah terdiri dari *Methane*, *carbondioksida*, *nitrogren* dan *steam*. Di bawah ini adalah diagram alir dari *Procesing Carbon Oksigen* [2].



Gambar 2. Flow Diagram Proses C/O

Hasil Interpretasi Cased Hole Logging

Setelah melalui proses diharapkan data yang telah dihasilkan adalah data yang telah melalui beberapa tahapan koreksi. Koreksi kali ini digunakan agar untuk meminimalisir kesalahan-kesalahan pada pembacaan alat karena terlalu banyak gangguan di dalam sumur. Pada interpretasi ini terdapat dua model yaitu Sigma Log dan C/O Log. Sigma Log di gunakan untuk mencari gas dan C/O Log tujuannya adalah untuk mencari minyak [6].

Informasi Data Sumur

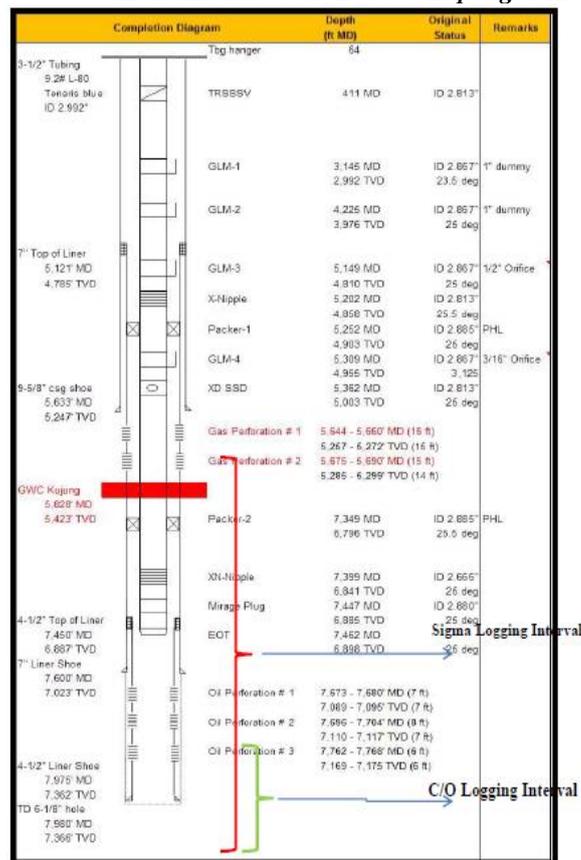
RMTI adalah alat untuk mengevaluasi gas dan potensi minyak di dalam. Sumur X terletak di daerah Jawa timur.

RMTI (*Sigma Mode* dan *C/O Mode*) telah di aplikasikan pada sumur X pada tanggal 28 Nov 2014. Pada RMTI ini di jalankan pada inside 4.5" liner dan pada interval 7860-7650 FT MD (Gambar. 3). Untuk RMTI *Sigma* mode yang di jalankan pada 7" dan 4.5" liner dan pada interval 7850-5600 (Gambar. 3). Tetapi untuk *processing* hanya pada interval 6000-5640 FT.

Environmental Correction telah di lakukan untuk RMTI yang meliputi

- Ukuran casing
- Ketebalan casing
- Bit size
- Litologi
- Salinitas air di dalam casing

Pada *Sigmatasat* Modul dipergunakan untuk memperoleh harga gas dengan perhitungan *Sigma Intrinsic* dan *Carboxsat modul* tujuannya untuk mendapatkan saturasi minyak dengan perhitungan rasio *C/O Log* [7].



Gambar 3. Well Diagram

Interpretasi Kualitas Data Log

Seluruh data akan melalui beberapa RMTI *prosesing* model untuk energi *Gain Stabilization windows* dan *enviromental correction* tujuan meminimalisir dari efek lubang sumur dan alat-alat yang berada di dalam sumur yang mungkin akan mempengaruhi efek dari hasil Log Sigma Log dan C/O Log. Sebelum mengerjakan data RMTI terlebih dahulu melalui tahap yaitu data tersebut di siapkan terlebih dahulu. Pada sub bab di bawah akan di bahas tentang *preparasi* data.

Preparasi Data Sigma Log

Dibawah ini adalah langkah-langkah untuk persiapan data untuk *sigma*

- Langkah 1. *Gain Stabilization (Relog for spectra)* [8].

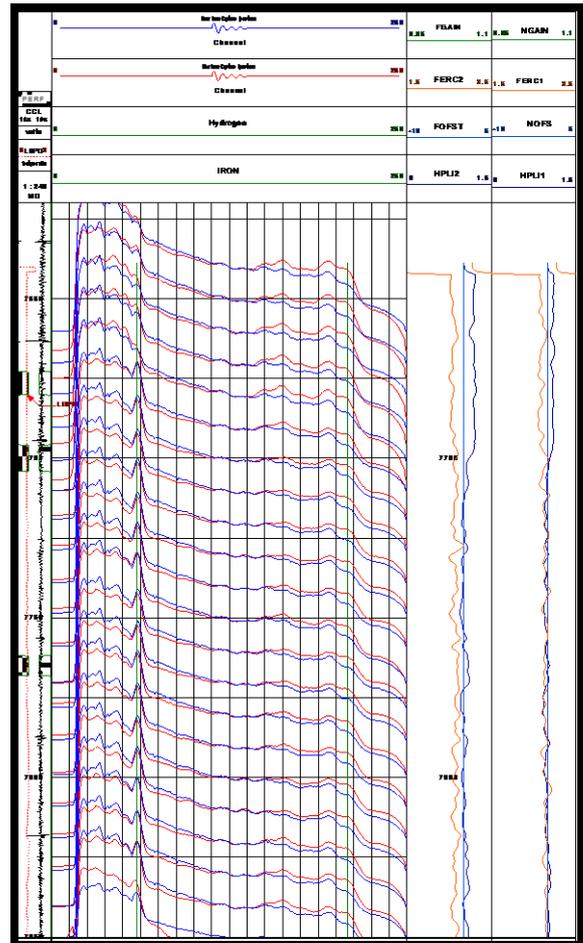
Parameters for Pass1 with input pass: pass1 Up		
Name	Description	Zone0: 0 - 99999
FGAINCDR	Far Gain Correction?	Fe Auto
FMANGAIN	Far Manual Gain? (If FGAINCDR=Manual)	1.0
FOFFSCDR	Far Offset Correction?	Hy Auto
FMANOFFS	Far Manual Offset in Channels? (If FOFFSCDR=Manual)	0.0
FHPKLOW	Far Hy Cent. Minimum Peak Channel?	40.0
FHPKHIGH	Far Hy Cent. Maximum Peak Channel?	59.0
FHPKWINW	Far Hy Window Width in Channels?	4
FHPKAMIR	Far Hy Peak Amplitude Minimum Ratio?	1.0
FGSFILTR	Far Recursive Filter Factor? (0 < X < 1)	0.1
FFECTL	Far Fe Control Ratio?	1.7
FFECHN	Far Fe target Channel?	197.0
IDXCHN	Oxygen Channel? (BOTH NEAR/FAR)	172.0
IDXCTL	Oxygen Control Ratio? (BOTH NEAR/FAR)	2.0
IDXFACT	Oxygen Control Factor? (Both Near & Far)	0.2

Gambar 4. Input parameter untuk Far Detector [8].

Parameters for Pass1 with input pass: pass1 Up		
Name	Description	Zone0: 0 - 99999
NGAINCDR	Near Gain Correction?	Fe Auto
NMANGAIN	Near Manual Gain? (If NGAINCDR=Manual)	1.0
NDOFFSCDR	Near Offset Correction?	Hy Auto
NMANOFFS	Near Manual Offset in Channels? (If NDOFFSCDR=Manual)	0.0
NHPKLOW	Near Hy Cent. Minimum Peak Channel?	40.0
NHPKHIGH	Near Hy Cent. Maximum Peak Channel?	59.0
NHPKWINW	Near Hy Window Width in Channels?	4
NHPKAMIR	Near Hy Peak Amplitude Minimum Ratio?	1.0
NGSFILTR	Near Recursive Filter Factor? (0 < X < 1)	0.1
NFECTL	Near Fe Control Ratio?	1.7
NFECHN	Near Fe target Channel?	194.0
IDXCHN	Oxygen Channel? (BOTH NEAR/FAR)	172.0
IDXCTL	Oxygen Control Ratio? (BOTH NEAR/FAR)	2.0
IDXFACT	Oxygen Control Factor? (Both Near & Far)	0.2

Gambar 5. Input parameter untuk Near Detector [8].

Setelah masuk kan *Far Parameter* (Gambar 3) dan *Near Parameter* Gambar 5) lalu akan mendapatkan seperti Log di bawah (Gambar 6). Pada proses di atas bertujuan untuk menyelaraskan puncak pada kurva spektrum antara *Far* dan *Near*. Apabila belum mendapatkan hasil yang bagus pada log bisa kembali mengubah beberapa pada *Far* dan *Near Parameter*.



Gambar 6. Log untuk Gain Stabilization

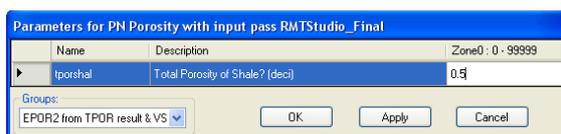
- Langkah 2. *Enviromental Corection*

Pada *Environmental Correction* dapat memasukkan data dari *Vshale* dan Total Porositas. Pada Gambar 7 adalah tabel untuk memasukkan parameter *Vshale*. Pada Gambar. 8 adalah tabel untuk memasukan parameter Total Porositas. Koreksi Sigma di aplikasikan untuk mengoreksi terhadap data RMTI.

Parameters for PN Vshale with input pass: RMTStudio_Final		
Name	Description	Zone0: 0 - 99999
shsel1	Shale Select #1	Use
clean1	clean value of SHALIN1	0
shale1	shale value of SHALIN1	100
anonlin1	Non-Linearity Method #1?	Linear
steib1	steiber value of SHALIN1	1.0

Gambar 7. Input parameter untuk Vshale [8].

Aplikasi Pulse Neutron Logging untuk Menentukan Zona Hidrokarbon Baru di Lapangan X



Gambar 8. Input parameter untuk *Total porosity* [8].

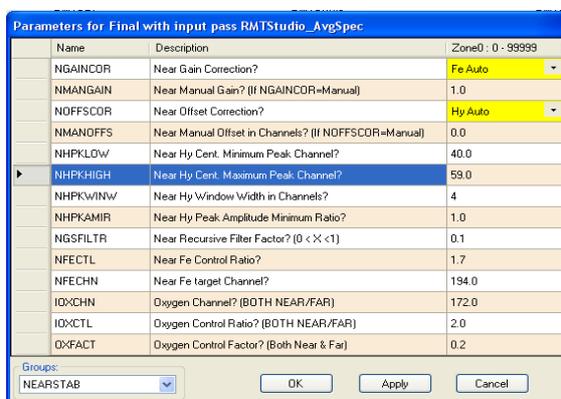
Preparasi Data C/O Log

Environmental Corection pada *C/O* digunakan untuk mengkoreksi data *C/O* terhadap *Borehole size*, *casing/tubing size* dan *borehole salinity*. Salinitas pada sumur dikoreksi sebesar 5000 ppm NaCl. Data *C/O* telah di koreksi dengan oil column di *casing* dan *tubing*. Berikut ini adalah langkah-langkah persiapan data untuk *C/O*.

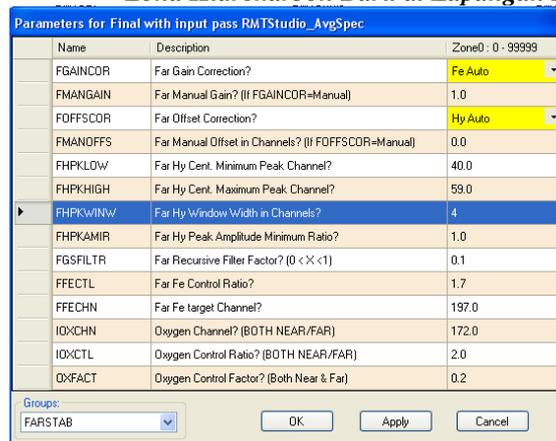
- Langkah-1. *Gain Stabilization* (penjelasan pada preparasi data *Sigma*)
- Langkah-2. *Average spectra from multi passes*

Berbeda dari preparasi data *Sigma*, untuk data *C/O* ada satu bagian yang di tambahkan yaitu *Average Spectra*. Pada tahapan ini akan mengumpulkan 3 buah *pass* data untuk menjadi 1 buah data *pass*. *Pass* data adalah ketika alat mulai merekam dari *top depth* sampai ke *bottom depth* dan kembali lagi ke *top depth* itu lah yg di sebut 1 buah data *pass*.

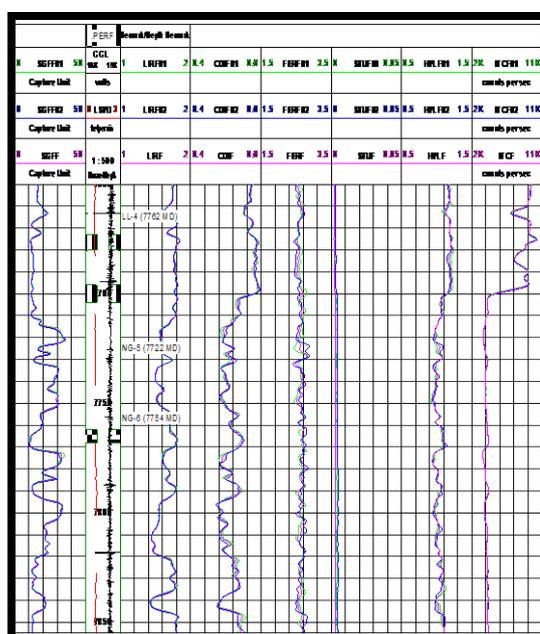
Tujuan tahapan ini adalah untuk melihat data rata-rata dari setiap *pass*. Pada Gambar. 8 dan Gambar. 9 adalah tabel untuk memasukan beberapa parameter. Hasil dari *Average Spectra* seperti terlihat pada Gambar 11.



Gambar 9. Input *Near* Parameter untuk *Log Average* [8].



Gambar 10. Input *Far* Parameter untuk *Log Average* [8].



Gambar 11. *Log Average* untuk *C/O*

- Langkah-3. *C/O mode Environmental Corection* (penjelasan pada preparasi data *Sigma*)

Model Interpretasi

Setelah melalui proses diatas diharapkan data yang telah dihasilkan adalah data yang telah melalui beberapa tahapan koreksi. Koreksi kali ini digunakan agar untuk meminimalisir kesalahan-kesalahan pada pembacaan alat karena terlalu banyak gangguan di dalam sumur. Pada interpretasi ini terdapat dua model yaitu *sigma Log* dan *C/O Log*. *Sigma Log* di gunakan untuk mencari gas

dan C/O Log tujuannya adalah untuk mencari minyak [9].

Sigma Saturation (Sigmasat)

Sigma Saturation (SigmaSat) adalah salah satu modul interpretasi Pulse Neutron dimana digunakan untuk mengkalkulasi saturasi dari sigma. Pada modul Sigma Saturation para meter yang digunakan adalah :

- $\Sigma_{water} = 32$ Cu, berdasarkan formation water salinity: 6 Kppm [10].
- $\Sigma_{gas} = 3$ Cu, berdasarkan temperature dan pressure [10].
- $\Sigma_{shale} = 12$ Cu, berdasarkan sigma intrinsic value di shale zone [10].
- $\Sigma_{matrix} = 8$ Cu, berdasarkan sigma apparent matrix value di clean water zone [10].

Carbon Oksigen Saturation (CarbOxsat)

Saturasi Hydrocarbon (minyak) yang di komputasi dengan menggunakan CarbOxsat Saturation model dari stacking data, penggabungan data dan rata-rata antara 3 RMTI C/O mode dari setiap pass nya dan dari data open hole.

Seluruh data akan melalui beberapa RMTI prosesing model untuk energi Gain Stabilization windows dan enviromental correction untuk meminimalisir dari efek lubang sumur dan alat-alat yang berada di dalam sumur yang mungkin akan mempengaruhi efek dari perhitungan.

Volume Shale dan porositas adalah dasar utama dalam mengerjakan model ini, yaitu dengan memasukkan Vshale dan Porositas yang diberikan dari customer yang berasal dari perhitungan Open hole Log [5]

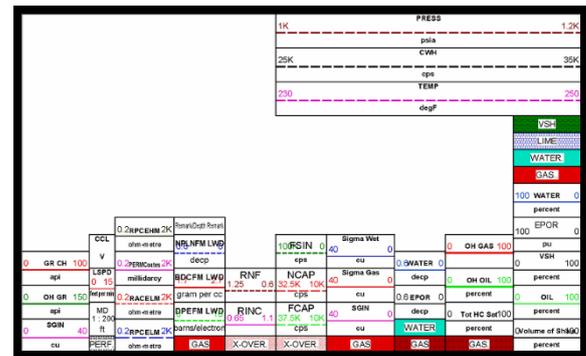
Hasil Prosesing Cased Hole Logging

Pada Pembahasan kali ini penulis ingin menjelaskan tentang hasil dari prosesing Sigma Saturation (SigmaSat) dan Carbon Oksigen Saturation (CarboxSat). Sigma Saturation modul di peruntukkan untuk mengkalkulasi gas dari sigma intrinsic. Sedangkan Carbon Oksigen Saturation (CarboxSat) di gunakan untuk mengetahui saturasi minyak di dalam sumur.

Sigma Saturation

Modul Sigma Saturasi digunakan untuk mengkalkulasi saturasi gas dan sigma intrinsic. Pada Gambar 12 adalah hasil dari Sigma Saturasi Analisis dari sumur ini.

Semua data telah di depth correlated dengan data Open Hole. Porositas telah di kalkulasi dari xplot density dan neutron porosity



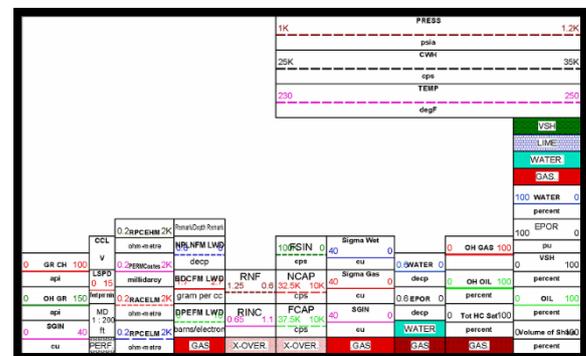
Gambar 12. Kepala Log dari Sigma Saturation

Hasil Prosesing Cased Hole Logging

Pada Pembahasan kali ini penulis ingin menjelaskan tentang hasil dari prosesing Sigma Saturation (SigmaSat) dan Carbon Oksigen Saturation (CarboxSat). Sigma Saturation modul di peruntukkan untuk mengkalkulasi gas dari sigma intrinsic. Sedangkan Carbon Oksigen Saturation (CarboxSat) di gunakan untuk mengetahui saturasi minyak di dalam sumur.

Sigma Saturation

Modul Sigma Saturasi digunakan untuk mengkalkulasi saturasi gas dan sigma intrinsic. Pada Gambar 13 adalah hasil dari Sigma Saturasi Analisis dari sumur ini.



Gambar 13. Kepala Log dari Sigma Saturation

Semua data telah di *depth correlated* dengan data *Open Hole*. Porositas telah di kalkulasi dari *xplot density* dan *neutron porosity*

Gambar 13

Kepala Log dari *Sigma Saturation*

Legenda :

Track 1:

GR_OH adalah *open hole gamma ray*.

GR_CH adalah *cased hole gamma ray*.

SGIN adalah *Sigma Intrinsic*.

Track Depth:

LSPD adalah *wireline line speed (ft/min)*.

CCL adalah

Track 2:

RACELM adalah *LWD deep resistivity*.

RPCLM adalah *LWD shallow resistivity*

RPCEHM adalah *LWD invaded zone resistivity*

PERMCoates adalah *Coates permeability value*

Track 3:

BDCFM (*Bulk Density*) adalah *LWD bulk density*

NPLNFM (*Neutron Porosity*) adalah *LWD neutron porosity (Limestone matrix)*.

DPEFM (*Photo Electric*) adalah *LWD PE*

Track 4:

RINC (*Corrected Inelastic Ratio*) adalah koreksi dari *inelastic ratio (near/far)* dimana seperti *pseudo density* untuk *open hole data*.

RNF (*Ratio Near/Far*) adalah *ratio near dan far capture count rate* dari *RMTI*, seperti *pseudo neutron porosity* dari *open hole data*.

Track 5:

FCAP (*Far capture counts*) adalah *capture counts rate* dari *far detector*.

NCAP (*Near capture counts*) adalah *capture counts rate* dari *near detector*.

FSIN (*Far inelastic count rate*) adalah *inelastic count rate* dari *far detector*

Track 6:

Sigma Wet adalah angka *sigma* dimana 100% air di formasi

Sigma Gas adalah angka *sigma* dimana 100% Gas di formasi

SGIN (*Sigma Intrinsic*) adalah *sigma intrinsic*

Aplikasi Pulse Neutron Logging untuk Menentukan Zona Hidrokarbon Baru di Lapangan X

Track 7:

Water (VWEFF) adalah *volume* air di *effective porosity*.

EPOR adalah *effective porosity* yang di dapat dari *Customer*

Track 8:

Tot HC Sat *HC/Gas saturation* dari *SigmaSat™*

SWE_Client *HC/Gas saturation* dari *Customer*

Track 9:

EPOR adalah *effective porosity* yang di dapat dari *Customer*

Water (VWEFF) adalah *volume* dari air di *effective porosity*.

VSH adalah *volume* dari *shale* yang di peroleh dari *customer*

Track 10:

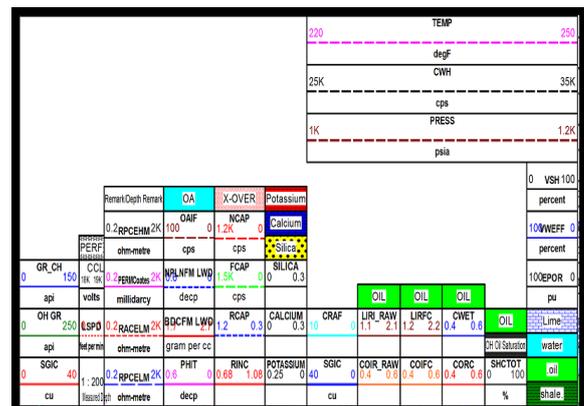
PRESS adalah *pressure* di *borehole*

CWH (*capacitance water hold up*) adalah *capacitance fluid* di *borehole*

TEMP adalah *temperatur* di *borehole*

Carbon Oksigen Saturation

Modul *Sigma Saturasi* digunakan untuk mengkalkulasi saturasi minyak. Pada Gambar 14 adalah hasil dari *Sigma Saturasi Analisis* dari sumur ini. Semua data telah di *depth correlated* dengan data *Open Hole*. Porositas telah di kalkulasi dari *xplot density* dan *neutron porosity*



Gambar 14. Kepala Log dari Carbon Oksigen Saturation

Track 1:

GR_OH adalah *open hole gamma ray*.

GR_CH adalah *cased hole gamma ray*
SGIN adalah *Sigma Intrinsic*.

Track Depth:

LSPD adalah *wireline line speed (ft/min)*.

CCL adalah *casing collar locator*.

Track 2:

RACELM adalah *LWD deep resistivity*.

RPCLM adalah *LWD shallow resistivity*

RPCEHM adalah *LWD invaded zone resistivity*

PERMCoates adalah *Coates permeability*

Track 3:

BDCFM (*Bulk Density*) adalah *LWD bulk density*

NPLNFM (*Neutron Porosity*) adalah *LWD neutron porosity (Limestone matrix)*.

OAIF adalah *oxygen activation indicator* dari *far detector*

Track 4:

NCAP (*Near capture counts*) adalah *capture counts rate* dari *near detector*.

FCAP (*Far capture counts*) adalah *capture counts rate* dari *far detector*.

RCAP(*Ratio near/far capture*) adalah *near to far capture counts rate ratio*

RINC (*Ratio near/far inelastic corrected*)

RCAP adalah RINC kurva yang akan di *overlay* di *wet* atau *zona shale*. Biasanya FCAP lebih besar dari pada NCAP, ini membuktikan bahwa adanya *gas bearing* atau *zona tight*

Track 5:

SILICA (YSI) adalah *Silicon Yield*

CALCIUM (YCa) adalah *Calcium Yield*

POTASSIUM (YK) adalah *Potassium Yield*

Track 6:

CRAF adalah *compton ratio far*

SGIC (*Sigma Intrinsic*) adalah *sigma intrinsic*

Track 7:

LIRI_RAW adalah *Calcium/Silicon inelastic ratio far detector* setelah *gain stabilization*

COIR_RAW adalah *Carbon/Oxygen inelastic ratio far detector* setelah *gain stabilization*

Track 8:

LIRFC adalah *Calcium/Silicon inelastic ratio far detector corrected* dari *well completion* dan *environment*

COIFC adalah *Carbon/Oxygen inelastic ratio far detector corrected* dari *well completion* dan *environment*

Track 9:

CWET adalah *Carbon/Oxygen* di *wet formation*

CORC adalah *Carbon/Oxygen inelastic ratio far detector corrected* dari *sumur completion* and *environment* (*These two curves are stacked in wet zone (water zone)*)

Track 10:

Tot HC Sat adalah *HC/Gas saturation* calculated dari *CarboxSat™ processing*

SWE_Client HC/Gas saturasi dari *Customer*

Track 11:

EPOR adalah *effective porosity* diperoleh dari *customer*

Water (VWEFF) adalah volume air dari *effective porosity*.

VSH adalah *volume of shale* diperoleh dari *customer*

Track 12:

PRESS adalah *pressure* in the *borehole*

CWH (*capacitance water hold up*) adalah *capacitance fluid* di *borehole*

TEMP adalah temperatur di *borehole*

KESIMPULAN DAN SARAN

1. RMTi bekerja baik pada Capture Mode dan CO Mode
2. Terdapat fluida berbeda di dalam Borehole
3. SigmaSat prosesing memberikan formasi gas saturation dengan menggunakan Sigma Intrinsic dan Open Hole Logs
4. CarboxSat prosesing memberikan Saturasi Minyak dengan menggunakan CO rasio dan Open Hole Log

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Harsono, A. (2006). *Evaluasi Formasi dan Aplikasi Log*, Edisi-8. Schlumberger

- Oilfield Services, Kuningan, Jakarta, Indonesia
- [2] De Coaster, G. L. (2005). The Geology of the Java Basin. *Procced 3rd Ann. Conv IPA 3-4/6/2005*: Jakarta, p 77-110
- [3] Internal Study. (2010). *Pulse Neutron Process and Application*. Halliburton Houston, Texas.
- [4] Truax, J., Dorffer, D., & Kwong, S. (2010). Pulsed Neutron Tool For Unconventional Reservoirs. *Society of Petrophysicists and Well log Analysts Journal, SPWLA 51st Annual Logging Symposium*, 19-23 June, SPWLA-2010-48800.
- [5] Gingger, D. & Fielding, K. (2005). *Petroleum System and Future Potential of South Sumatra Basin. Procced 30th Ann. Conv IPA 2005*: Jakarta.
- [6] Guo, W., Jacobson, L., Truax, J., Dorffer, D., & Kwong, S. (2010). A New Three-detector 1-11/16 Inch Pulsed Neutron Tool For Unconventional Reservoirs. *Society of Petrophysicists and Well log Analysts Journal, SPWLA 51st Annual Logging Symposium*, 19-23 June, SPWLA-2010-48800.
- [7] Salim, Y., et al. (2007). *Remaining Potential of The Java Basin Study Report. South Sumatra AMI Study Group: Santa Fe Energy Resources S.E. Asia Limited, Anadarko Petroleum Corp., Kerr-McGee Corp.*
- [8] Windows. (2017). *INSITE Software User's Manual version 4.x for Windows, Inc.Windows*.
- Aplikasi Pulse Neutron Logging untuk Menentukan Zona Hidrokarbon Baru di Lapangan X**
- [9] Guo, W., Dorffer, D., & Kwong, S. (2011). Cased-Hole Porosity Measurements Using Pulsed Neutron Logging Tools. *Society of Petrophysicists and Well log Analysts Journal, SPWLA 51st Annual Logging Symposium*, 19-23 June, SPWLA-2010-48800.
- [10] Asquith, G., & Gibson, C. (2005). *Basic Well Log Analysis for Geologists*. The American Association of Petroleum Geologists, Tulsa, Oklahoma, USA.