

Analisis Data *Well Log* (Porositas, Saturasi Air, dan Permeabilitas) untuk menentukan Zona Hidrokarbon, Studi Kasus: Lapangan "ITS" Daerah Cekungan Jawa Barat Utara

Deni Irawan dan Widya Utama*
Laboratorium Geofisika, Jurusan Fisika, FMIPA
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111

Totok Parafianto
PT. Pertamina, Unit EP Regional Jawa

Intisari

Data log sumur dipakai antara lain untuk analisa penyebaran cadangan hidrokarbon dan analisa produksi hidrokarbon tentu saja terintegrasi dengan data seismik, yang menunjang upaya penentuan arah eksplorasi selanjutnya dan produksi pada sumur tersebut. Dalam kajian ini, dilakukan penentuan zona yang terisi hidrokarbon pada lapangan "ITS" di cekungan Jawa Barat sebelah Utara. Data yang digunakan adalah data *log GR*, *log SP*, *log resistivitas*, *log neutron*, *log densitas*, dan data master log. Penentuan kondisi litologi pada zona interest dilakukan dengan menggunakan data master log dan metode *crossplot* NPHI-RHOB. Perhitungan nilai porositas efektif dilakukan melalui integrasi dari analisa data *log densitas*, *log neutron*, dan *log GR*. Nilai resistivitas air (R_w) ditentukan melalui metode R_{wa} dan saturasi air dengan menggunakan persamaan Archie, untuk memperoleh nilai saturasi air S_w . Melalui persamaan Tixier dengan asumsi Swirr- S_w dapat ditentukan nilai permeabilitas lapisan, yang dapat dibuat peta-peta: top struktur, porositas, saturasi air, dan permeabilitas. Dari hasil analisis data didapatkan nilai porositas tertinggi 17,57 % pada sumur ITS-24, saturasi air terendah 32,84 % pada sumur ITS-05, permeabilitas tertinggi 90955,1 md dan tebal *netpay* tertinggi 56 meter pada sumur ITS-06.

KATA KUNCI: log analisis, porositas, saturasi air, permeabilitas, netpay

I. PENDAHULUAN

Meningkatnya kebutuhan industri akan sumber energi dan semakin berkurangnya cadangan minyak bumi yang tersedia, telah mendorong perusahaan minyak dan gas untuk menemukan cadangan baru ataupun mengelola sumur-sumur tua (*brown pits*) untuk menjaga kesetaraan *supply and demand*.

Langkah eksplorasi minyak dan gas bumi (migas) saat ini menjadi semakin kompleks, mulai dari kajian awal geologi dalam skala regional hingga kajian rinci skala mikro berdasarkan data *well-log* (sumur bor) dalam upaya mengungkap kondisi rinci dari sebuah *petroleum system* yang ditemukan.

Well Logging merupakan metode pengukuran parameter-parameter fisika, dalam lubang bor, yang bervariasi terhadap kedalaman sumur. Hasil analisis data *log* sumur dapat digunakan untuk mengetahui karakteristik *reservoir* (segi porositas, saturasi air, dan permeabilitas) yang digunakan antara lain untuk menentukan arah eksplorasi dan produksi selanjutnya.

Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis data *log*

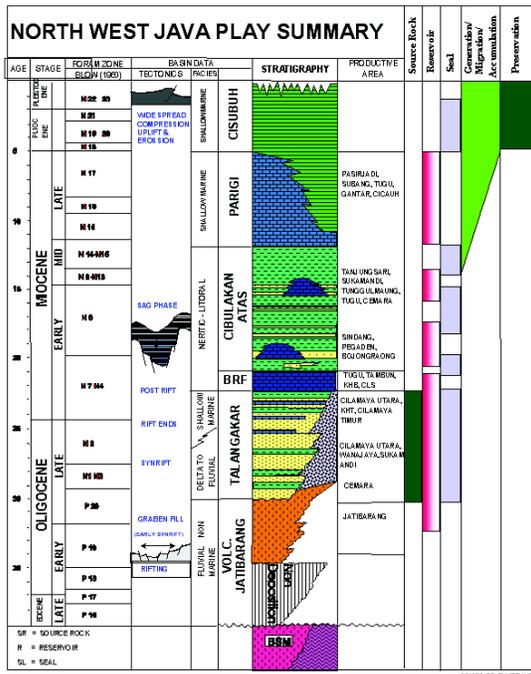
sumur lapangan "ITS" cekungan Jawa Barat sebelah Utara untuk menentukan interval zona *hidrokarbon*, porositas, saturasi air, permeabilitas, dan membuat peta kontur top struktur, peta kontur porositas, peta kontur saturasi air.

II. DATA PENELITIAN

Data yang digunakan antara lain:

1. Data Primer, yang berupa data: *log GR*, *Log SP*, *log resistivity*, *log neutron*, dan *log densitas* pada sumur ITS-05, ITS-06, ITS-21, ITS-24, ITS-25, ITS-26, ITS-28, dan ITS-29 di lapangan "ITS" cekungan Jawa Barat sebelah Utara
2. Data Sekunder :
 - Kolom Stratigafi Cekungan Jawa Barat Utara
 - Data *master log* (*Rate Of Penetration*, *Mud Log*, *Cutting Description*) sumur ITS-25, ITS-28, ITS-29 pada Lapangan "ITS".

*E-MAIL: widya@physics.its.ac.id



Gambar 1: Kolom stratigrafi cekungan Jawa Barat, bagian Utara

III. METODOLOGI DAN ANALISIS DATA

Pengolahan data tersebut meliputi beberapa langkah:

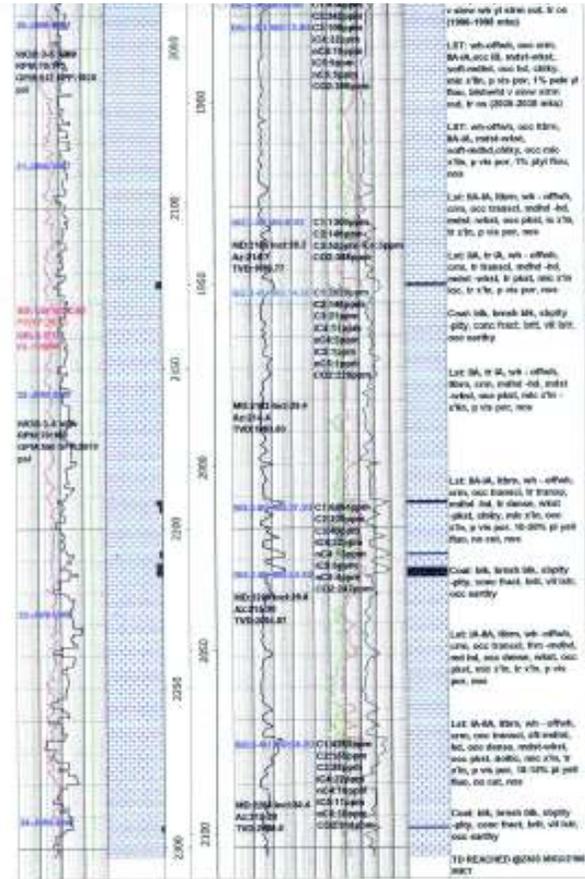
1. Identifikasi Zona Permeable

Data log yang digunakan untuk mengidentifikasi zona permeable dan impermeable adalah data log GR. Respon GR yang rendah mengindikasikan bahwa pada lapisan tersebut merupakan lapisan yang permeable, sedangkan respon GR yang tinggi mengindikasikan bahwa pada lapisan tersebut merupakan lapisan yang impermeable. Data dari Log GR dipadukan dengan data dari log SP. Data log GR dipakai untuk menentukan volume shale, lihat Pers. 1. Untuk lapisan yang permeable log SP menunjukkan defleksi. Arah defleksi dari log SP tergantung dari nilai Rmf dan Rw pada lapisan tersebut.

$$V_{Shale} = \frac{GR_{Log} - GR_{Min}}{GR_{Max} - GR_{Min}} \quad (1)$$

2. Identifikasi Zona Hidrokarbon

Setelah diketahui lapisan mana yang merupakan reservoir, selanjutnya dicari lapisan mana yang terisi hidrokarbon. Data log yang digunakan untuk mengidentifikasi reservoir yang mengandung hidrokarbon adalah data log resistivitas, densitas, dan neutron. Untuk lapisan yang terisi hidrokarbon, log resistivitas menunjukkan respon yang tinggi, dan ada separasi positif antara log neutron dan densitas, sedangkan untuk lapisan yang mengandung air, log resistivitas menunjukkan respon yang rendah serta antara log densitas



Gambar 2: Data master log sumur ITS-28

dan neutron berhimpitan ataupun menunjukkan separasi negatif.

3. Pemisahan Zona Minyak dan Gas

Setelah diketahui lapisan mana yang mengandung hidrokarbon, selanjutnya diidentifikasi jenis hidrokarbon yang mengisi lapisan tersebut. Secara kualitatif data log yang digunakan untuk mengidentifikasi jenis hidrokarbon adalah data log densitas, dan neutron. Untuk membedakan lapisan yang terisi gas dan minyak, digunakan separasi positif antara log densitas dan neutron. Untuk gas menunjukkan respon resistivitas yang lebih tinggi, dan separasi positif log densitas-neutron yang lebih besar daripada minyak. Secara kuantitatif nilai Sw < 25 % dianggap sebagai gas, 25% > Sw < 75% dianggap minyak, Sw > 75% dianggap sebagai air.

4. Interpretasi Litologi

Data-data yang digunakan berupa perpaduan dari data log (Crossplot NPHI-RHOB), dan cutting description. Interpretasi ini dilakukan untuk mengetahui jenis litologi reservoir pada setiap sumur.

5. Menghitung Porositas

Data *log* yang digunakan untuk menghitung porositas adalah perpaduan antara data *log* densitas dan neutron. Nilai porositas dari *log* densitas (ϕ_d) ditentukan dengan menggunakan Pers. 2. Sedangkan untuk *log* neutron langsung menunjukkan nilai porositas (ϕ_n) batuan dengan skala matrik batu gamping, Pers. 3 dan 4, berikut ini:

$$\phi_D = \frac{\rho_{ma} - \rho_b}{\rho_{ma} - \rho_f} \quad (2)$$

$$\phi_{DC} = \phi_D - (V_{SH} \times \phi_{DSH}) \quad (3)$$

$$\phi_{NC} = \phi_D - (V_{SH} \times \phi_{NSH}) \quad (4)$$

Nilai ϕ_{dsh} didapatkan dari nilai porositas dari densitas (ϕ_d) pada lapisan lempung. Nilai ϕ_{nsh} didapatkan dari *log* neutron pada lapisan lempung, Volume shale (V_{SH}) dicari dengan menggunakan Pers. 1. Nilai porositas efektif (ϕ_{eff}) didapatkan dengan persamaan :

$$\phi_{eff} = \frac{\phi_{DC} + \phi_{NC}}{2} \quad (5)$$

6. Menghitung Resistivitas Rw

Nilai Rw didapatkan dengan mencari lapisan reservoir yang terisi penuh dengan air ($S_w = 1$). Sehingga dengan menganggap nilai $a = 1$, $m = 2$, $n = 2$, maka Pers. 7 menjadi :

$$R_w = \phi R_t \quad (6)$$

Lapisan yang terisi penuh dengan air ditandai dengan rendahnya respon *log* resistivitas dan berhimpitnya kurva *log* neutron dan kurva *log* densitas.

7. Menghitung Saturasi Sw

Nilai Rw dihitung dengan menggunakan Pers. 6, dan porositas efektif yang didapatkan dari Pers. 5, dengan menganggap nilai $a = 1$, $m = 2$, $n = 2$.

$$S_w = \frac{a}{\phi_{eff}} \sqrt{\frac{R_w}{R_t}} \quad (7)$$

8. Menghitung Permeabilitas

Nilai permeabilitas dihitung dengan menggunakan Pers. 8, dengan menggunakan nilai $S_{wirr} = S_w$, dan porositas efektif yang didapatkan dari Pers. 5.

$$K = \left(\frac{250\phi_{eff}^3}{S_{wirr}} \right)^2 \quad (8)$$

IV. PENGOLAHAN DATA DAN HASIL-HASILNYA

Pada penelitian ini digunakan integrasi data *log* GR dan SP untuk mengetahui batas atas dan bawah zona yang memiliki permeabilitas dan merupakan reservoir. Pada zona yang memiliki permeabilitas ditunjukkan dengan adanya deplesi

pada kurva *log* SP dan pada kurva *Log* GR menunjukkan respon yang rendah. Hal ini dikarenakan pada zona yang memiliki permeabilitas yang tinggi unsur-unsur radioactive alami tidak terkonsentrasi pada zona tersebut melainkan terkonsentrasi pada zona yang tidak memiliki permeabilitas ataupun permeabilitasnya kecil yang identik dengan zona lempung ataupun serpih.

Setelah diketahui zona yang memiliki permeabilitas dan merupakan reservoir hidrokarbon maka dilakukan analisis selanjutnya dengan menggunakan *log* resistivitas. Pada *log* resistivitas jika pada ketiga kurva *log* resistivitas ternyata ada separasi maka dapat disimpulkan bahwa pada zona tersebut terjadi pengusiran dari posisinya oleh lumpur pemboran. adanya pengusiran merupakan indikasi awal pada zona tersebut bahwa pada zona tersebut memiliki porositas dan permeabilitas. Untuk zona yang terisi hidrokarbon pada umumnya ditunjukkan dengan nilai resistivitas yang tinggi dan untuk zona yang terisi air ditunjukkan dengan nilai resistivitas yang rendah, hal ini dikarenakan air bersifat konduktif dan minyak bersifat resistif. Pada reservoir karbonat nilai resistivitas yang tinggi belum tentu menunjukkan bahwa pada formasi tersebut terisi hidrokarbon dikarenakan batu gamping memiliki nilai resistivitas yang tinggi pula. karena itu hasil yang didapatkan dikombinasikan dengan data *log* densitas dan neutron.

Pada daerah yang terisi hidrokarbon kurva *log* densitas dan *log* neutron pada skala yang sama menunjukkan separasi positif. Hal ini dikarenakan hidrokarbon memiliki hydrogen index yang rendah sehingga ketika *neutron tools* menembakkan *high energy neutron* di dalam formasi. Pada daerah yang terisi dengan hidrokarbon menunjukkan nilai yang lebih rendah. Sebaliknya, untuk *log* densitas pada daerah yang terisi dengan hidrokarbon akan menunjukkan nilai yang lebih tinggi. karena hal itu terjadi separasi positif pada daerah yang terisi dengan hidrokarbon. Untuk membedakan secara kualitatif tipe hidrokarbon yang mengisi formasi tersebut dilihat besarnya separasi positif antara *log* densitas dan *log* neutron, separasi *log* untuk gas lebih besar dari pada untuk minyak, karena *hydrogen index* pada gas lebih kecil.

Setelah diketahui *litologi* reservoir dan zona yang terisi minyak dan gas pada tiap sumur dengan cara analisis secara sepintas (*quick look analysis*) selanjutnya dilanjutkan dengan *full analysis*. Langkah awal yang dilakukan adalah menghitung porositas pada interval zona reservoir dengan menggunakan gabungan data *log* densitas dan porositas. Porositas dari densitas didapatkan dengan menggunakan Pers. 2 sedangkan untuk neutron langsung menunjukkan nilai porositas unit dengan skala batu gamping. Selanjutnya data porositas yang didapatkan dikoreksi dari pengaruh lempung dengan menggunakan Pers. 3 dan Pers. 4. Porositas efektif didapatkan dengan menggunakan Pers. 5. Volume *shale* didapatkan dengan menggunakan Pers. 1. Setelah dihitung nilai porositas pada zona yang terisi hidrokarbon pada tiap sumur selanjutnya dicari nilai resistivitas air (Rw) dengan menggunakan Pers. 7 pada tiap sumur dengan asumsi bahwa zona yang diambil adalah zona dengan saturasi air 100%. Zona jenuh air diketahui dengan melihat respon dari *log* resistivitas dan separasi antara *log* densitas dan neutron. Pada zona jenuh air *log* resistivitas akan menunjukkan nilai yang rendah dibandingkan

zona yang terisi hidrokarbon serta berhimpitnya atau separasi antara *log* densitas dan neutron sangatlah kecil. Langkah selanjutnya adalah menghitung nilai *Sw* pada tiap sumur dengan menggunakan Pers. 8 dengan parameter yang digunakan adalah $a = 1$, $m = 2$, $n = 2$. Digunakannya persamaan Archie daripada persamaan *Sw* lainnya dikarenakan pada reservoir batuan karbonat pengaruh lempung tidak terlalu besar dibandingkan dengan reservoir pada batu pasir.

Selanjutnya dicari nilai permeabilitas dengan menggunakan persamaan Tixier dengan asumsi bahwa $Swirr = Sw$, dengan anggapan bahwa yang didapatkan adalah permeabilitas minimum pada zona tersebut. Setelah didapatkan nilai top struktur, porositas rata-rata tiap sumur, saturasi air rata-rata tiap sumur, dan tebal lapisan yang menghasilkan hidrokarbon (*net pay*) selanjutnya dibuat peta kontur dengan nilai-nilai yang didapatkan dari perhitungan sebelumnya.

Pada sumur ITS-25, ITS-28, ITS-29 terlihat bahwa ada beberapa data dengan densitas yang sangat rendah, dan setelah dikorelasikan dengan data *cutting description*, data tersebut merupakan batu bara (*coal*).

Dari hasil analisis data dan pembahasan didapatkan nilai porositas tertinggi pada sumur ITS-24 dengan nilai porositas 17,6 %, saturasi air terendah pada sumur ITS-05 dengan nilai 32,8 %, permeabilitas tertinggi pada sumur ITS-06 dengan nilai 90955,1 mD, dan tebal net pay tertinggi pada sumur ITS-06 dengan nilai 56 Meter. Dengan variasi nilai *Rw* dari 0.078 - 0.289 Ohm.meter. Pada peta kontur top struktur terlihat bahwa bentuk jebakan merupakan *anticline*. Karena tebal *netpay* berhubungan dengan peta kontur top struktur,

maka berdasarkan peta kontur keseluruhan, dapat ditunjukkan bahwa pengembangan lapangan yang baik adalah pada arah Utara dan Timur Laut, yang ditunjukkan dengan ketebalan *netpay* yang lebih tinggi dibandingkan dengan arah lainnya. Selain tebal *netpay*, nilai saturasi air juga relatif rendah untuk arah utara dan timur laut dengan nilai porositas yang tidak terlalu jelek jika dibandingkan daerah sekitarnya.

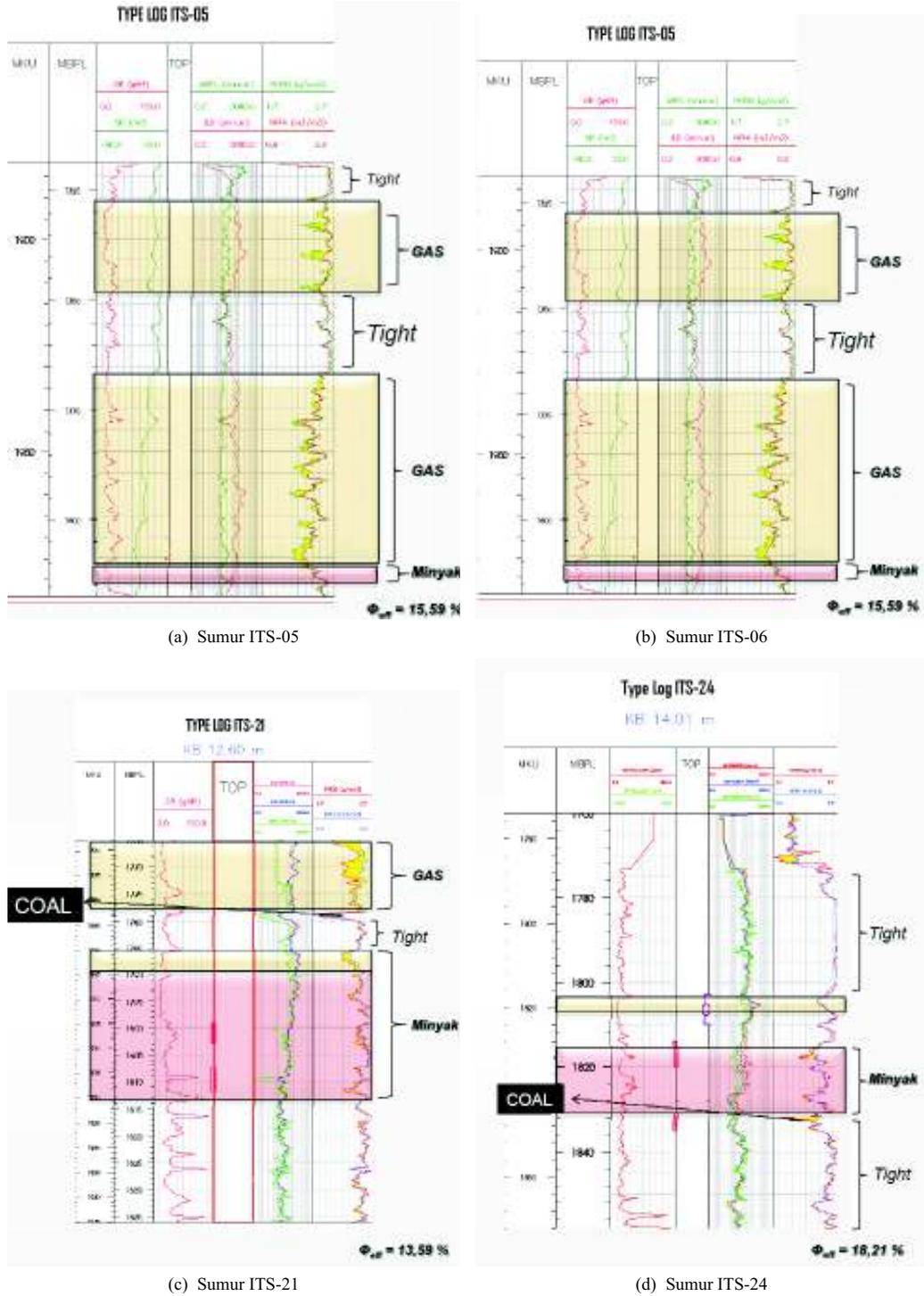
V. SIMPULAN

Dari hasil analisis data dan pembahasan didapatkan nilai porositas tertinggi 17,57 % pada sumur ITS-24, saturasi air terendah 32,84 % pada sumur ITS-05, permeabilitas tertinggi 90955,1 mD pada sumur ITS-06, dan tebal *netpay* tertinggi 56 meter pada sumur ITS-06.

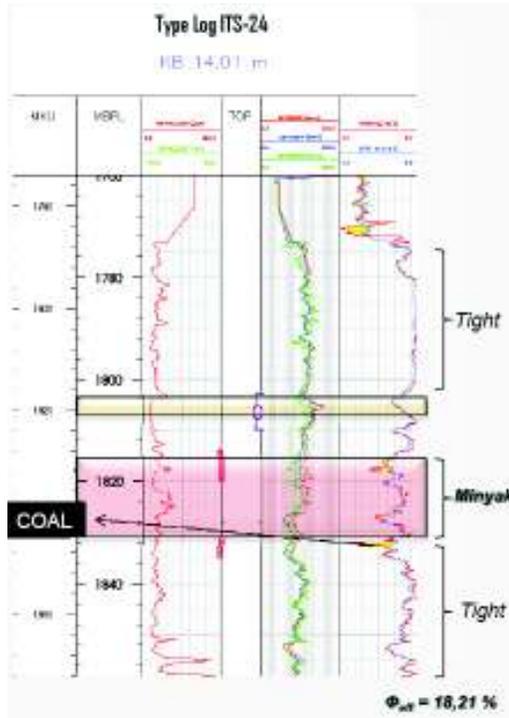
Ucapan Terima Kasih

Penelitian ini merupakan kerjasama antara PT. Pertamina, Unit EP Regional Jawa dengan Laboratorium Geofisika Jurusan Fisika FMIPA ITS. Kami menyampaikan penghargaan yang setinggi-tingginya atas diskusi yang sangat bernas dari kolega dan sejawat para ahli kebumiharian terhadap hasil-hasil penelitian ini.

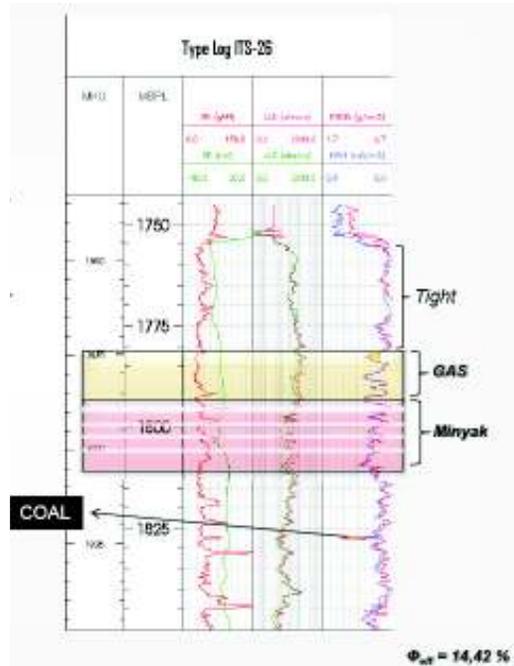
-
- [1] Arpandi, D., Patmosukismo, S., *The Cibulakan Formation as One of the Most Prospective Stratigraphic Units in the Northwest Java Basinal Area*, IPA Proceeding, Vol 4th Annual Convention, Jakarta, 1975.
 - [2] Budiyani, S., Priambodo, D., Haksana, B.w., Sugianto, P., *Konsep Eksplorasi Untuk Formasi Parigi di Cekungan Jawa Barat Utara*, Makalah IAGI, Pertemuan Ilmiah Tahunan ke-20, Jakarta, 1991.
 - [3] Harsono Adi, *Evaluasi Formasi dan Aplikasi Log*, Edisi Revisi 8 Mei 1997, Schlumberger Oil Services, 1997.
 - [4] Koesoemadinata. R.P., *Geologi Minyak dan Gas Bumi* (Edisi kedua, Jilid 1 dan 2, Penerbit ITB, Bandung, 1980).
 - [5] Martodjojo, S., *Evolusi Cekungan Bogor* (Penerbit ITB, Bandung, 2003)
 - [6] Reynolds, J.M., *An Introduction to Applied and Environmental Geophysics* (Jhon Wiley & Sons, 1997).
 - [7] Serra, O., *Sedimentary Environment from Wireline Logs* (Imprimerie Louis Jean, Schlumberger, France, 1989).
 - [8] Schon, J.H., *Physical Properties of Rock* (Institute of Applied Geophysics Leoben, Austria, 1998).
 - [9] Tearpock, D.J., Bischke, R.E., *Applied Subsurface Geological Mapping* (Houston, USA, 1982).



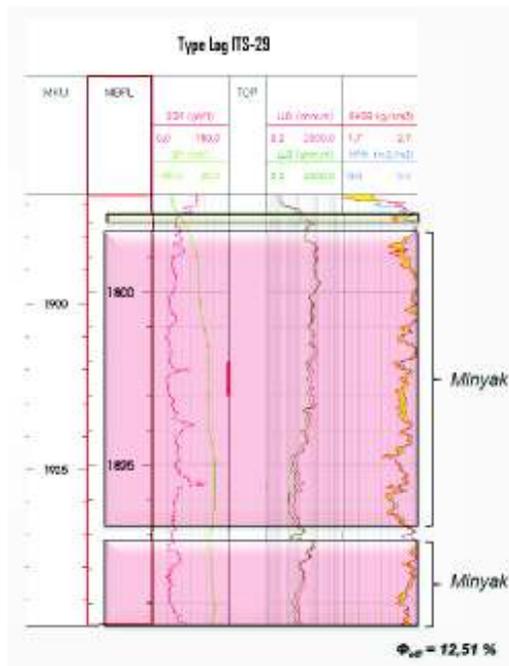
Gambar 3: Hasil analisis log sumur ITS-05, ITS-06, ITS-21, dan ITS-24



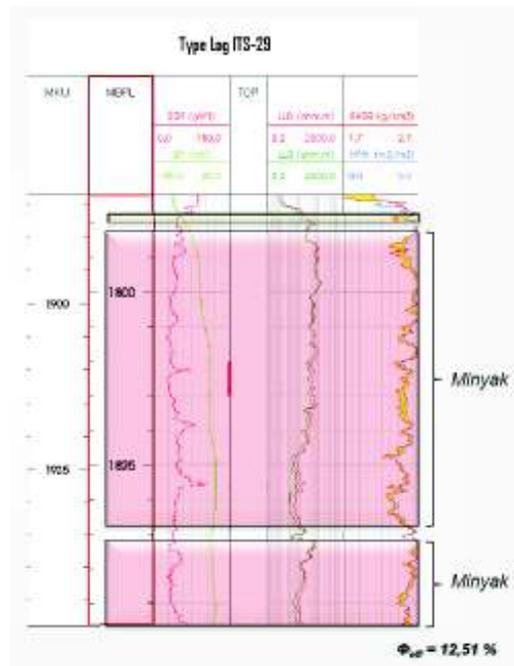
(a) Sumur ITS-25



(b) Sumur ITS-26

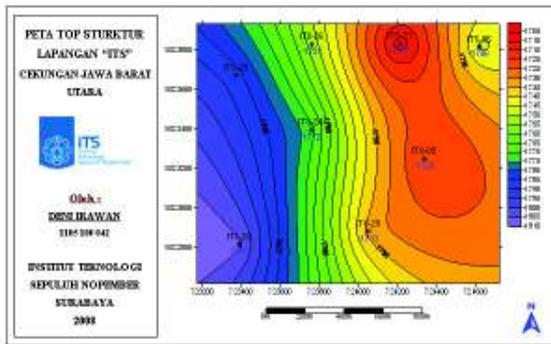


(c) Sumur ITS-28

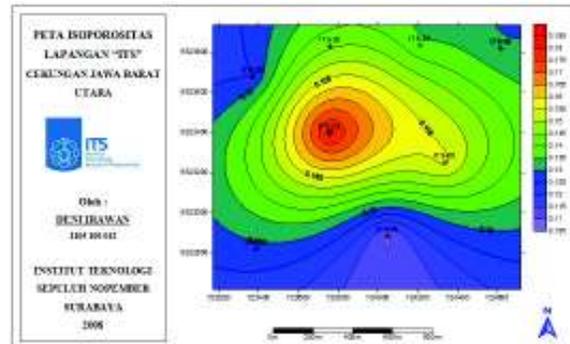


(d) Sumur ITS-29

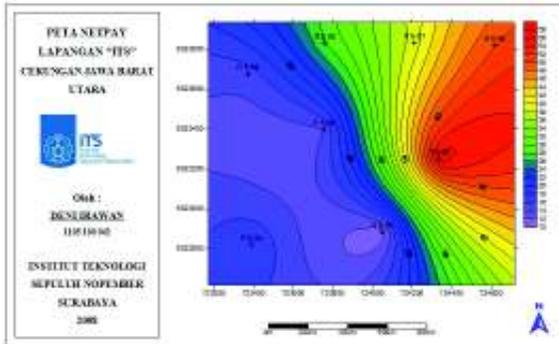
Gambar 4: Hasil analisis log sumur ITS-25, ITS-26, ITS-28, dan ITS-29



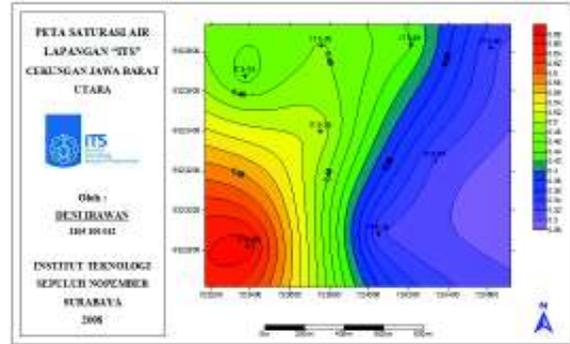
(a) Peta top struktur lapangan "ITS"



(b) Peta Isoprositas lapangan "ITS"



(c) Peta netpay lapangan "ITS"



(d) Peta saturasi air lapangan "ITS"

Gambar 5: Peta top struktur, isoprositas, netpay dan saturasi air lapangan "ITS"