



Jurnal Ilmu Kebumihan

Teknologi Mineral

ISSN 0854 – 2554

Volume 27 Nomor 1, Januari – Juni 2015

The Intergrowth of Gold Precipitation base on Drift Effect in Pongkor Gold Mine

Studi Injeksi Kimia Melalui Simulasi Reservoir : Kasus Pada Reservoir DI, Lapangan Rantau

Analisis dan Integrasi Data Log, Data *Scal*, Data *Core*, Data Uji Sumur, serta Data Produksi Untuk Mengetahui Harga *Cut-Off* Petrofisika dan Kontak Minyak-Air Lapangan Kejora (Cekungan Jawa Timur Utara)

Aplikasi Seismik Atribut Untuk Mengidentifikasi Pola Sebaran “Stratigraphy Trap” Sebagai Reservoir Pada Formasi Pematang, Cekungan Sumatera Tengah

Geologi dan Studi Paleokeologi Berdasarkan Fosil Moluska Pada Formasi Cemoro di Daerah Ngebung dan Sekitarnya Kecamatan Kalijambe Kabupaten Sragen, Provinsi Jawa Tengah



Jurnal Ilmu Kebumihan
Teknologi Mineral

PENANGGUNG JAWAB

Dr. Ir. Dyah Rini Ratnaningsih, MT.
Dekan Fakultas Teknologi Mineral
UPN "Veteran" Yogyakarta

PENGARAH

Dr. Ir. Joko Soesilo, MT

KETUA REDAKSI

Dr. Ir. Edy Nursanto, MT

REVIEWER/PENYUNTING AHLI

Prof. Dr. Ir. Sutanto, DEA (T. Geologi), Prof. Dr. Ir. Sari Bahagiarti K, M.Sc. (T. Geologi),
DR. Ir. Barlian Dwi Nagara, MT (T. Pertambangan), Dr. Singgih Saptono, MT (T. Pertambangan),
Dr. Ir. Drs. Herianto, MT (T. Perminyakan), Dr. Ir. Yosaphat Sumantri, MT (T. Perminyakan),
Dr. Ir. Andi Sungkowo, M.Si (T. Lingkungan), Dr. Ir. Suharsono, MT (T. Geofisika)

EDITOR PELAKSANA

M.Th. Kristiati, ST., MT.

SEKRETARIS

Aldin Ardian, ST., MT.

BENDAHARA

Dra. Indun Titisariwati, MT

PELAKSANA (BAG. DESAIN)

Ekha Yogafanny, S.Si., M.Eng
Hafiz Hamdalah, ST

PELAKSANA (BAG. TEKNIS)

Rusdiono, Budi Iriyanti, Aan Sunarya, Ferry Setiawan, ST

PENERBIT

Fakultas Teknologi Mineral – Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta
JIK Tek Min terbit secara berkala setiap 6 (enam) bulan sekali

ALAMAT REDAKSI/TATA USAHA

Gedung Frederick Arie Lasut, Fakultas Teknologi Mineral
Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta
Jl. SWK 104 (Lingkar Utara), Condongcatur, Yogyakarta 55283
Telp. (0274) 487814, Fax. (0274) 487813
E-mail : jurnal.ftm@upnyk.ac.id

Jurnal Ilmu Kebumian
Teknologi Mineral

DAFTAR ISI

The Intergrowth of Gold Precipitation base on Drift Effect in Pongkor Gold Mine Nur Ali Amri, Abdul Aziz Jemain, Wan Fuad Wan Hassan, Jatmika Setiawan.....	1-5
Studi Injeksi Kimia Melalui Simulasi Reservoir : Kasus Pada Reservoir DI, Lapangan Rantau Yosaphat Sumantri, Joko Pamungkas dan Petrus Claver Satrio Wibowo.....	6-20
Analisis dan Integrasi Data Log, Data Scal, Data Core, Data Uji Sumur, serta Data Produksi Untuk Mengetahui Harga Cut-Off Petrofisika dan Kontak Minyak-Air Lapangan Kejora (Cekungan Jawa Timur Utara) Sifa Fauzia, Bambang Triwibowo.....	21-26
Aplikasi Seismik Atribut Untuk Mengidentifikasi Pola Sebaran “Stratigraphy Trap” Sebagai Reservoir Pada Formasi Pematang, Cekungan Sumatera Tengah Ardian Novianto, Eka Wisnu Irawan.....	27-34
Geologi dan Studi Paleokeologi Berdasarkan Fosil Moluska Pada Formasi Cemoro di Daerah Ngebung dan Sekitarnya Kecamatan Kalijambe Kabupaten Sragen, Provinsi Jawa Tengah Adhitya Fakhrol Hidayat, Ediyanto, Achmad Subandrio.....	35-48

**Analisis dan Integrasi Data Log, Data *Scal*, Data *Core*, Data Uji Sumur,
serta Data Produksi Untuk Mengetahui Harga *Cut-Off* Petrofisika
dan Kontak Minyak-Air Lapangan Kejora
(Cekungan Jawa Timur Utara)**

Sifa Fauzia^{1a}, Bambang Triwibowo^{1b},

¹Afiliasi/Institusi Jurusan Teknik Geologi, Fakultas Teknologi Mineral, UPN "Veteran" Yogyakarta,
Jl. SWK 104 (Lingkar Utara), Yogyakarta 55283 Indonesia

^aemail: fauziasifa.geo@gmail.com

^bemail: bambang3wibowo@yahoo.co.id

ABSTRAK

Lapangan Minyak Kejora terletak sekitar 20 kilometer sebelah timur-laut dari Cepu, Kabupaten Bojonegoro, Jawa Timur. Lapangan Kejora merupakan lapangan tua, ditemukan pada tahun 1898 oleh *Royal Dutch Shell*, dan telah menghasilkan minyak lebih dari 100 MMSTB. Dari data yang ada, masih tersisa minyak sekitar 18 MMSTB. Ini menyiratkan bahwa status lapangan masih menjanjikan untuk dikembangkan. Analisis petrofisika lanjutan pada lapangan dengan kategori *brown field* ini dibutuhkan, untuk mengkonfirmasi kebenaran angka cadangan. Analisis kualitatif dan kuantitatif petrofisika, dilakukan dengan menggunakan data yang tersedia untuk Lapangan Kejora. Interpretasi kualitatif dan kuantitatif log dilakukan dengan integrasi antara data log, data *special core analysis* (SCAL), *core*, data tes sumur, serta data produksi yang tersedia dan lengkap (KJ P-01 dan KJ P-04). Ekuivalensi modeling petrofisik yang dijumpai pada pada sumur lama (KJ P-01 dan KJ P-04), diterapkan pada sumur baru (tahun 2013) yakni sumur KJ P-25 dan KJ P-26. Determinasi parameter petrofisika seperti harga *cut-off* porositas (ϕ), volume *shale* (V_{sh}), dan saturasi air (S_w) dari suatu sumur atau lapangan minyak/gas bumi perlu ditentukan, untuk mengetahui besarnya *netpay* (h). Besaran " h " ini nantinya digunakan sebagai salah satu faktor penting untuk perhitungan cadangan hidrokarbon. Analisis *cut-off* dilakukan pada sumur KJ P-25 dan KJ P-26, Lapangan Kejora dengan hasil dari analisis *cut-off* ϕ , V_{sh} , dan S_w berturut-turut adalah 0.125, 0.38, dan 0.67. Kontak minyak-air di Lapangan Kejora didefinisikan sebagai minyak terendah yang dapat dikenali (*Lowest Known Oil*/LKO), yang ditentukan berdasarkan data uji pada sumur terluar di tepi perangkap Lapangan Kejora. Terdapat 6 wilayah yang dibatasi oleh sesar pada lapangan ini, sehingga diperoleh 6 harga nilai LKO, sedangkan untuk resevoir N, O, P, P1 LKO ditentukan berdasarkan sumur KJ P-25 dan KJ P-26.

Kata kunci: *cut-off*, porositas, volume *shale*, saturasi air, LKO

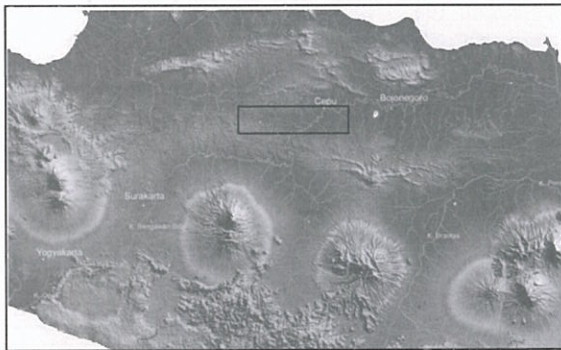
ABSTRACT

Kejora Oil Field is located approximately 20 kilometers northeast of Cepu, Bojonegoro regency, East Java. This field was matured, being first discovered in 1898 by Royal Dutch Shell, with more than 100 MMSTB of oil produced. The remaining oil is estimated to be around 18 MMSTB, based on existing data. This implies that the field is still promising to be developed. Advanced petrophysical analysis of the field, classified as a brown field, is necessary to ensure that its reserves amount is valid. Qualitative and quantitative analysis was performed using available data of Kejora Field. Qualitative and quantitative log interpretation was done by integrating log data, special core analysis (SCAL) data, core data, well test data, and production data (KJ P-01 and KJ P-04). Petrophysical modeling equivalence found in old wells (KJ P-01 and KJ P-04) was applied to new wells (drilled in 2013), namely KJ P-25 and KJ P-26. Petrophysical parameters, such as porosity cut-off (ϕ), shale volume (V_{sh}), and water saturation (S_w) of a well or oil/gas field, are required to determine the value of net pay (h). This " h " value is then used to evaluate the amount of hydrocarbon reserves. Cut-off analysis was performed on wells KJ P-25 and KJ P-26. The analysis result values of cut-off ϕ , V_{sh} and S_w are 0.125, 0.38, and 0.67 respectively. The oil-water contact in Kejora Field is defined as lowest known oil (LKO), based on outermost well test data on the trap edge of Kejora Field. Six values of LKO were obtained, as this field consists of six areas separated by faults.

Keywords: *cut-off*, porosity, shale volume, water saturation, LKO

I. PENDAHULUAN

Ketersediaan cadangan minyak dan gas bumi yang semakin menipis serta perkembangan industri yang semakin pesat, menyebabkan banyak instansi yang mencoba melakukan studi eksplorasi maupun eksploitasi di daerah yang memiliki potensi cadangan minyak dan gas bumi. Cekungan Jawa Timur Utara merupakan salah satu cekungan hidrokarbon yang potensial di Indonesia. Hingga saat ini kegiatan eksplorasi serta eksploitasi di Cekungan Jawa Timur Utara terus dilakukan untuk menambah cadangan dan meningkatkan produksi hidrokarbon. Lapangan Kejora (**Gambar 1**), merupakan salah satu lapangan minyak yang berada di cekungan ini.



Gambar 1. Lokasi Lapangan Kejora di Cekungan Jawa Timur Utara diplot pada citra SRTM-90

Well logging sangat berperan penting dalam perkembangan eksplorasi hidrokarbon. Hasil *well logging* adalah data rekaman parameter fisika dalam lubang bor terhadap kedalaman sumur yang dapat menginformasikan gambaran persebaran litologi batuan di bawah permukaan bumi dan berapa kedalaman lapisan yang mengandung hidrokarbon.

Dalam penentuan *cut-off* parameter-parameter petrofisika berupa nilai porositas, saturasi air, dan volume *shale* pada suatu lapangan minyak maka dilakukan analisa petrofisika batuan secara kualitatif maupun kuantitatif dengan data yang tersedia. Integrasi data log, data SCAL (*Special Core Analysis*), data *core*, data uji sumur, dan data produksi sangat membantu dalam proses interpretasi kualitatif dan kuantitatif yang berperan dalam penentuan *cut-off* dan batas kontak minyak-air dengan menggunakan LKO (*Lowest Known Oil*).

Tujuan yang ingin dicapai dari penulisan ini yaitu menentukan harga *cut-off* porositas (ϕ), *Volume shale* (*Vsh*), dan saturasi air (*Sw*), serta dapat menentukan zona prospek hidrokarbon berdasarkan analisa petrofisika. Selain hal tersebut diatas, penentuan batas kontak minyak-air dikenal dengan istilah LKO (*Lowest Known Oil*) pada

Lapangan Kejora yang digunakan untuk rangkuman reservoir maupun perhitungan cadangan.

Litostratigrafi Lapangan Kejora yang terdiri dari Formasi Ngrayong yang tersusun oleh litologi batugamping berselang-seling dengan batupasir dan dijumpai serpih di beberapa tempat telah terbukti sebagai batuan reservoir minyak dan gas bumi. Formasi Ngrayong merupakan salah satu reservoir yang diunggulkan dalam produksi hidrokarbon terutama di area Cepu. Formasi Ngrayong berada di atas Formasi Tawun yang terdiri dari perselingan batugamping, serpih dan batupasir.

II. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan berupa pengolahan serta analisis yang mengintegrasikan data log, data SCAL (*Special Core Analysis*), data *core*, data uji sumur, dan data produksi. Beberapa tahapan yang dilakukan pada penelitian ini adalah :

1. Zonasi lapisan prospek hidrokarbon serta korelasi antar sumur dengan melihat kenampakan pola kurva log yang memiliki bentuk dan ciri khas yang relatif sama.
2. Kalkulasi *Vshale*.
3. Penentuan *Rwa* dan *Rmf*.
4. Penentuan porositas.
5. Penentuan saturasi air.
6. Penentuan *cut-off Vshale*, *cut-off* porositas, *cut-off* saturasi air.
7. Penentuan nilai kontak fluida/ LKO.

Analisa kalkulasi *cut-off Vshale*, *cut-off* porositas, *cut-off* saturasi air dilakukan menggunakan bantuan *Microsoft Excel* dengan kalkulasi *Vshale* vs kalkulasi Porositas, dan kalkulasi fraksional air vs kalkulasi saturasi air.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

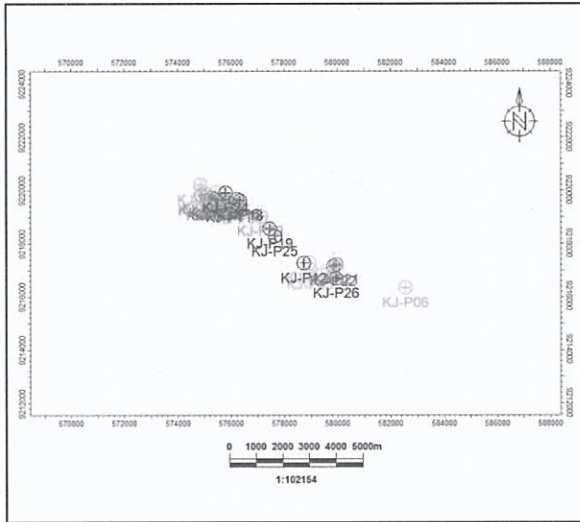
Analisa Sumur

Lapangan Kejora terdapat 26 data log sumur yaitu log sumur KJ P-01, KJ P-02, KJ-P03, KJ-P04, KJ-P05, KJ-P06, KJ-P07, KJ-P08, KJ-P09, KJ-P10, KJ-P11, KJ-P12, KJ-P13, KJ-P14, KJ-P15, KJ-P16, KJ-17, KJ-P18, KJ-P19, KJ-P20, KJ-P21, KJ-P22, KJ-P23, KJ-P24, KJ-P25, dan KJ-P26 (**Gambar 2**).

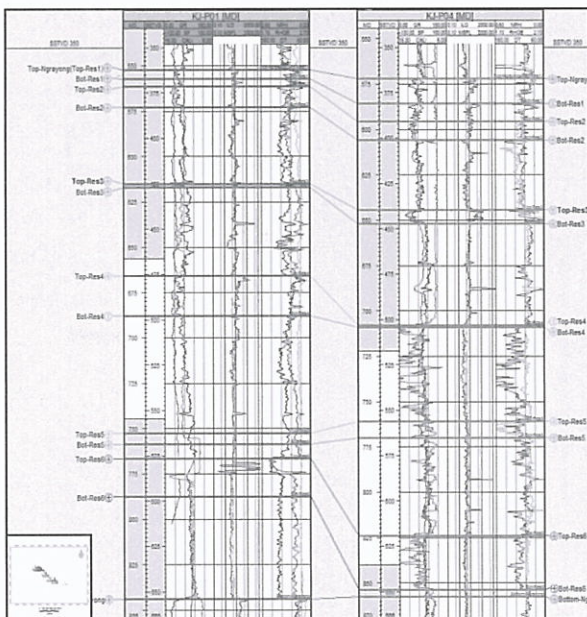
Interpretasi data litologi bawah permukaan menggunakan informasi yang saling mendukung misalnya data log, data *core*, dan data seismik. Analisa data log akan mewakili pada masing-masing sumur. Untuk interpretasi litologi menggunakan 2 jenis data yang mampu menginformasikan gambaran litologi di antaranya data log dan didukung data *core*.

Secara umum Formasi Ngrayong di daerah telitian terdiri dari litologi batupasir berdasarkan

data log dan data *core* dengan sisipan serpih dan batulempung memiliki ketebalan hingga sekitar 300 meter. Berdasarkan data uji dan data produksi sumur-sumur di Lapangan Kejora di lapisan tertentu yang mengandung hidrokarbon.

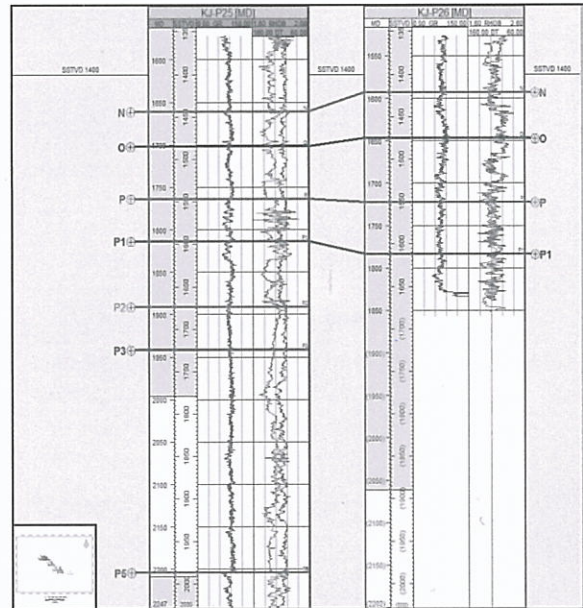


Gambar 2. Sumur-sumur Lapangan Kejora



Gambar 3. Korelasi sumur KJ-P01 - KJ-04

Korelasi struktur dilakukan dengan menghubungkan masing-masing sumur dengan acuan lapisan penunjuk (*datum*) berupa kedalaman. *Datum* ini berfungsi sebagai marker dalam menginterpretasikan kondisi struktur bawah permukaan saat ini. Korelasi struktur ini dilakukan untuk mengetahui bagaimana kondisi struktur yang berkembang dilihat ada atau tidaknya lapisan yang menghilang atau menipis serta terjadi atau tidaknya perulangan litologi (Gambar 3 & 4). Korelasi struktur ini pun berperan dalam penentuan LKO (*Lowest Known Oil*) didukung dengan data uji sumur dan data produksi sumur.



Gambar 4. Korelasi sumur KJ-P25 - KJ-26

Korelasi struktur dilakukan dengan menghubungkan masing-masing sumur dengan acuan lapisan penunjuk (*datum*) berupa kedalaman. *Datum* ini berfungsi sebagai marker dalam menginterpretasikan kondisi struktur bawah permukaan saat ini. Korelasi struktur ini dilakukan untuk mengetahui bagaimana kondisi struktur yang berkembang dilihat ada atau tidaknya lapisan yang menghilang atau menipis serta terjadi atau tidaknya perulangan litologi (Gambar 3 & 4). Korelasi struktur ini pun berperan dalam penentuan LKO (*Lowest Known Oil*) didukung dengan data uji sumur dan data produksi sumur.

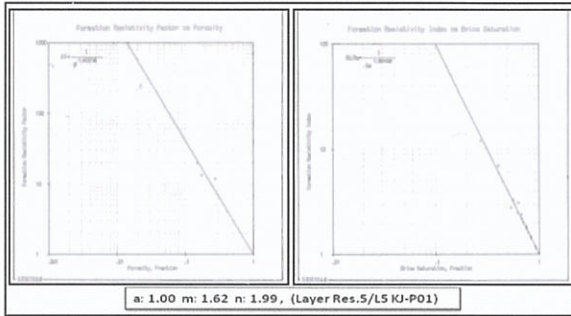
Analisa dan Pemodelan Petrofisika

Data log yang digunakan terdiri dari log *gamma ray*, log *spontaneous potential*, log resistivitas, log densitas dan log neutron. Karena keterbatasan data *core* maka data log ini cukup berperan penting untuk menentukan litologi dan fluida hidrokarbon yang terkandung dalam resevoir secara kualitatif, sifat fisik resevoir dan geometri resevoir secara kuantitatif. Harga tortuositas (*a*), sementasi (*m*), dan eksponen saturasi (*n*) ditentukan berdasarkan data SCAL (Gambar 5).

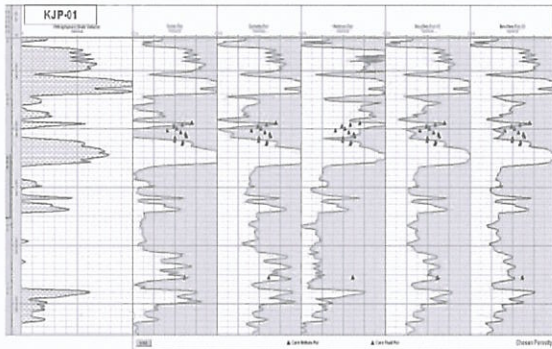
Harga *Vclay* didefinisikan dengan menentukan nilai GR dengan rumus :

$$Vclay = (GR\ read - GR\ min) / (GR\ max - GR\ min)$$

Porositas nilainya ditentukan dengan metode *neutron-density*. Selanjutnya, hasil perhitungan porositas akan divalidasi oleh data inti batuan (Gambar 6).



Gambar 5. Kurva nilai parameter a; m; n dari data SCAL(Layer Res.5/L5 pada sumur KJ-P01)

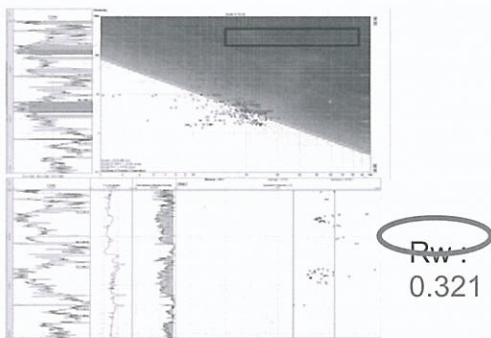


Gambar 6. Sumur KJ-P01 memvalidasi interpretasi nilai-nilai inti porositas dengan interpretasi petrofisika

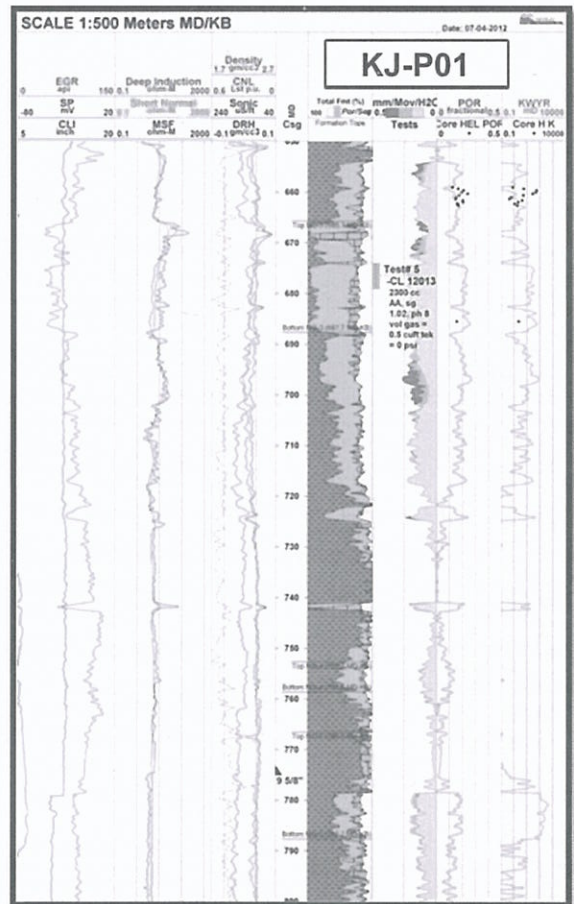
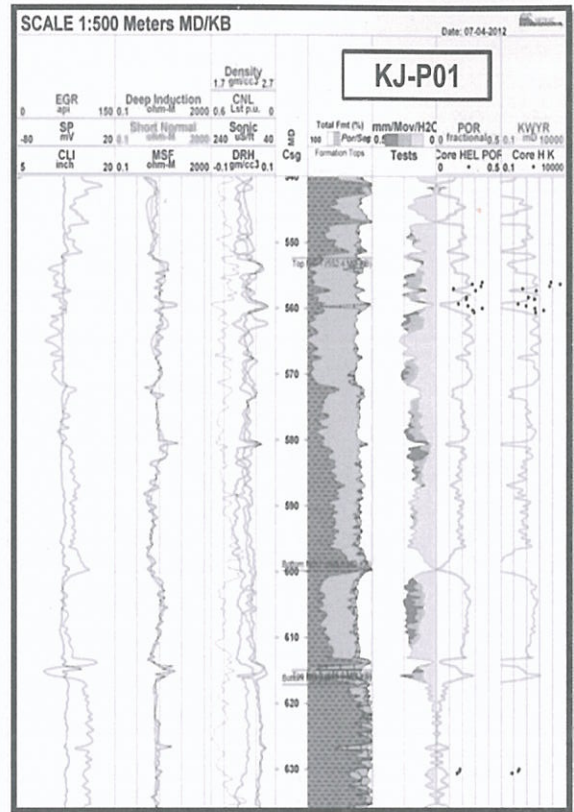
Perhitungan harga S_w pada Lapangan Kejora berdasarkan harga R_w , harga R_w ini dicocokkan dengan kandungan hidrokarbon hasil dari data uji sumur (**Gambar 7**).

$$S_w^n = F.(R_w/R_t)$$

- S_w : Saturasi Air ;
- N : Eksponen saturasi ;
- F : Faktor formasi
- R_w : Resistivity air formasi pada temperatur formasi ,
- R_t : True resistivity pada formasi (RILD/LLD)



Gambar 7. Data Hasil Uji Analisa Air dan Pickett Plot Sumur KJ-P01 (Ngrayong Fm.)

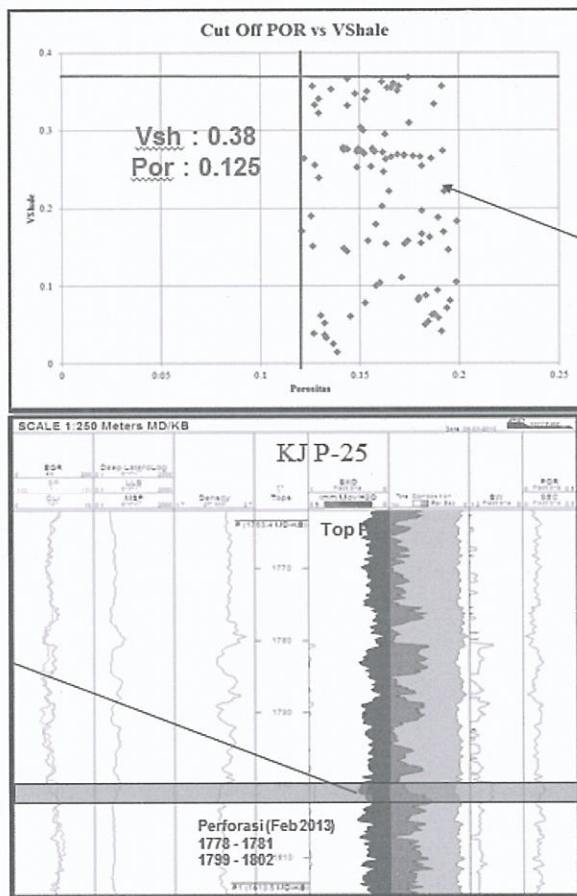


Gambar 8. Petrofisika Modeling Sumur KJ-P01 (Ngrayong Fm.)

Hasil pemodelan petrofisik dapat dilihat pada **Gambar 8**, memperlihatkan sebaran secara vertikal harga-harga parameter petrofisik yang diperoleh, khususnya porositas, volume *shale* dan saturasi air.

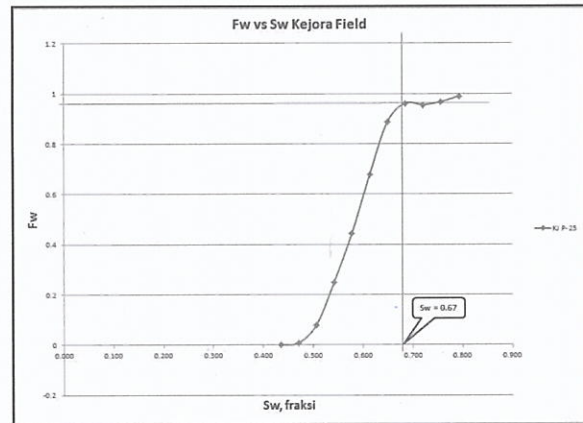
Penentuan Cut-off Petrofisika

Data log, data SCAL (*Special Core Analysis*), data *core*, data *test* sumur, dan data produksi digunakan untuk menentukan besarnya harga *cut-off* *Vshale* dan *cut-off* porositas lapisan pembawa hidrokarbon pada Lapangan Kejora. *Cut-off* tersebut diperoleh dari data *core* yang dikombinasikan dengan *cut-off* yang diperoleh dari data log dan data *test* produksi, sehingga diperoleh harga *cut-off* yang realistis.



Gambar 9. *Cut-off* Porositas dan *Cut-off* VShale berdasarkan zona perforasi (Layer P Sumur KJ P-25)

Penentuan *cut-off* porositas dan *cut-off* Vshale ditentukan berdasarkan plot silang antara porositas dengan data V-Shale pada interval kedalaman 1778-1781 m (MD). Pada interval kedalaman 1778-1781 m (MD) terbukti menghasilkan minyak. Oleh karena itu, nilai porositas sebesar 0.125 dan Vshale sebesar 0.38 yang harga minimum pada interval produksi di atas ditentukan sebagai nilai *cut-off* nya (**Gambar 9**).



Gambar 10. *Cut-off* Saturasi Air Sumur KJ P-25

Penentuan *cut-off* Sw diperoleh berdasarkan plot silang antara fraksi laju alir air (Fw) dengan Saturasi air (fraksi). Harga *cut-off* Sw ditentukan pada nilai Fw 0.98. Hasil *cut-off* Sw berdasarkan data di sumur KJ P-25 sebesar 0.67 (**Gambar 10**).

$$Fw = 1 / (1 + Kro/Krw \times \mu_o / \mu_w)$$

Fw : fraksi laju alir air;

Kro : Permeabilitas minyak ;

Krw : Permeabilitas air

μ_o : Viskositas minyak ;

μ_w : Viskositas air

Ekuivalensi Modeling Petrofisika yang mendeterminasikan harga *cut-off* Vshale yang digunakan pada Lapangan Kejora adalah 0.35 (35%) diterapkan pada sumur baru tahun 2013 yang memiliki hasil tidak jauh berbeda yaitu 0.38 (38%). Sedangkan, untuk mendeterminasikan harga *cut off* Porositas yang digunakan pada Lapangan Kejora adalah 0.13 (13%) diterapkan pada sumur baru tahun 2013 yang memiliki hasil tidak jauh berbeda yaitu 0.125 (12.5%). Determinasi harga *cut off* Saturasi air yang digunakan pada sumur baru tahun 2013 Lapangan Kejora adalah 0.67 (67%). Harga *cut-off* Vshale, *cut-off* positas, *cut-off* saturasi air ini berguna untuk mengetahui besarnya harga *netpay* pada lapisan target di Lapangan Kejora.

Penentuan Nilai Kontak Fluida / LKO

Lapangan Kejora memiliki pola struktur graben-graben yang dibatasi oleh sesar utama (major) memiliki arah NW – SE disertai sesar-sesar penyerta (minor) berarah NW-SE dan NE-SW. Sesar yang berkembang di Lapangan Kejora memiliki sifat *sealing* yang dapat membatasi dan membagi lapangan tersebut menjadi beberapa segmen atau kompartemen.

Dalam penentuan kontak fluida Lapangan Kejora menggunakan nilai LKO (*Lowest Known Oil*), penentuan sumur referensi berdasarkan data produksi yang terbukti pernah di produksi didukung dengan nilai korelasi sumur. Hasil LKO pada

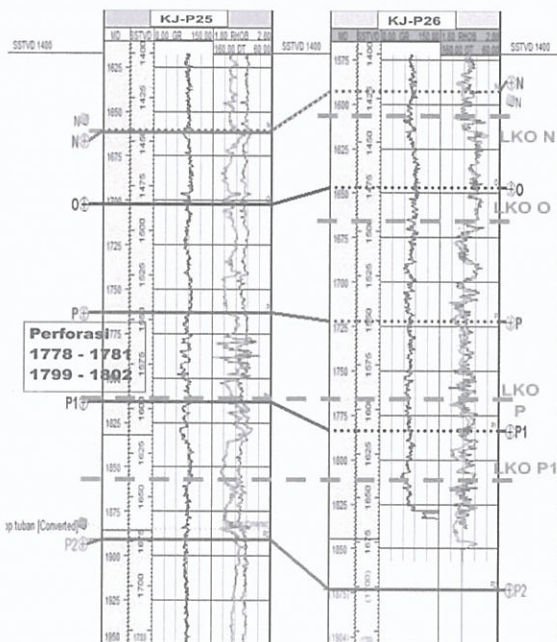
masing-masing region pada Tabel 1. Sedangkan LKO masing-masing zona reservoir dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 1. Data LKO pada Lapangan Kejora

WIL	SUMUR	LKO MD (M)	LKO TVDSS (M)
1	KJ-25	901.7	640.7
2	KJ-25	901.7	640.7
3	KJ-P04	899	694.9
4	KJ-59	899	708.8
5	KJ-15	883	694.7
6	KJ-106	976	805.1

Tabel 2. Data LKO pada Lapangan Kejora

Sumur	Zona Reservoir	LKO MD (M)	LKO STTVD (M)
	Layer N	1609.5	1437.7
KJ-P25 dan KJ-P26	Layer O	1665	1494.1
	Layer P	1764.8	1593.3
	Layer P1	1810.5	1639



Gambar 11 . LKO Lapangan Kejora pada zona resevoir (Lapisan N)

IV. KESIMPULAN

- Analisis *cut-off* dilakukan pada sumur KJ P-025 dan KJ P-26, Lapangan Kejora dengan hasil dari analisis *cut-off* ϕ , Vsh, dan Sw berturut-turut adalah 0.125, 0.38, dan 0.67.

- Batas fluida di Lapangan Kejora didefinisikan sebagai minyak terendah yang dapat dikenali (*Lowest Known Oil/LKO*), yang ditentukan berdasarkan data uji sumur terluar di bagian tepi perangkap Lapangan Kejora.
- Terdapat 6 wilayah yang dibatasi oleh sesar pada lapangan ini, sehingga diperoleh 6 harga nilai LKO 901.7 MD, 901.7 MD, 899 MD, 899 MD, 883 MD, dan 976 MD.
- Sedangkan pada resevoir N, O, P, P1 ditentukan dari sumur KJ P-25 dan KJ P-26, masing-masing 1609.5 MD, 1665 MD, 1764.8 MD, dan 1810.5 MD

DAFTAR PUSTAKA

Asquith, G.B., & Gibson, C.R., 1982. *Basic Well Log Analysis for Geologist*, AAPG, Tulsa

Ardhana, W., 1993. *A Depositional Model for The Early Middle Miocene Ngrayong Formation and Implications for Exploration in the East Java Basin*: Indonesian Petroleum Association, Proceedings 22nd Annual Convention, Jakarta, p. 395-443.

Ardhana, W., Lunt, P., dan Burgon, G.E., 1993. *The Deep Marine Sand Facies of The Ngrayong Formation in The Tuban Block, East Java Basin*: In: Atkinson, C.D., Scott, J. & Young, R. (Eds.) *Clastic rocks and reservoirs of Indonesia*, IPA Core Workshop Notes, October 1993. Indonesian Petroleum Association, p. 117-175.

Brandsen, P.J.E. dan Matthews, S.J., 1992, *Structural and Stratigraphic Evolution of The East Java Sea, Indonesia*. Indonesian Petroleum Association, Proceedings 21st Annual Convention, Jakarta p. 417-453.

Crain, E. R., 2000. *The Log Analysis Handbook Volume 1, Quantitative Log Analysis Methods*, PENNWELL Books, Tulsa, Oklahoma, USA.

Harsono, A., 1997. *Evaluasi Formasi dan Aplikasi Log*, Schlumberger Oilfield Service.

John, T. D., 1983. *Essentials of Modern Open-hole Log Interpretation*. Penn-Well Books, Penn-Well Publishing Company, Tulsa, Oklahoma.

Pertamina, dan Beicip, 1985, *Hydrocarbon Potential of Western Indonesia*, Pertamina and Beicip, Jakarta, 293 ps.

Purnomo, J., dan Purwoko, 1994, *Kerangka Tektonik dan Stratigrafi Pulau Jawa Secara Regional dan Kaitannya dengan Potensi Hidrokarbon*. Prosiding Geologi dan Geotektonik Pulau Jawa Sejak Akhir Mesozik hingga Kuarter, Jurusan Teknik Geologi Fakultas UGM, pp. 217-238.

Rider, M., 2002. *The Geological Interpretation of Well Logs*, Scotland.

Van Bemmelen, R.W., 1970, *The Geology of Indonesia*, Govt. Printing Office, The Hague, v. 1A, 732 ps.