

PERHITUNGAN DAN KORELASI NILAI *TOTAL ORGANIC CARBON* (TOC) DI DAERAH CEKUNGAN JAWA TIMUR UTARA

CALCULATION AND CORRELATION OF TOTAL ORGANIC CARBON (TOC) VALUE IN NORTH EAST JAVA BASIN

Paulus Leonardo Manurung^{1*}, Ordas Dewanto²

^{1,2}Jurusan Teknik Geofisika Universitas Lampung; Jl. Soemantri Brodjonegoro No.1 Bandar Lampung

Received: xxxx-xx-xx

Accepted: xx-xx-xx

Keyword:

Total Organic Carbon;
Korelasi;
Metode Passey.

Correspondent Email:

manurungpaulus2@gmail.com

How to cite this article:

© 2021 JGE (Jurnal Geofisika Eksplorasi). This article is an open-access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY NC)

Abstrak. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan potensi batuan induk di Formasi Kujung dan Cepu di Cekungan Jawa Timur Utara, dengan menggunakan parameter *Total Organic Carbon* (TOC). TOC dihitung dengan metode Passey. Metode Passey digunakan dengan cara melakukan *overlay* antara log sonic dan log resistivitas, serta menentukan *baseline* untuk mendapatkan besar separasi $\Delta \log \text{Resistivity}$, yang kemudian digunakan untuk memprediksi log TOC dengan mengikutsertakan variable LOM (*Level of Organic Maturity*) yang diperoleh dari data *vitrinite reflectance*. Setelah diperoleh nilai TOC log, maka dilakukan korelasi dengan nilai TOC core. Hasil prediksi TOC log pada sumur PM-1 bernilai 2,16% yang berarti memiliki kualitas sangat baik. Prediksi TOC log pada sumur PM-2 bernilai 2,68% yang berarti memiliki kualitas sangat baik. Nilai korelasi antara TOC log dan TOC core sumur PM-1 bernilai 0,67 yang berarti korelasi kuat. Pada sumur PM-2 korelasi TOC log dan TOC core bernilai 0,92 yang berarti korelasi sangat kuat.

Abstract. This research is to determine the potency of source rock in Kujung and Cepu Formation in the North East Java Basin, using the parameter of *Total Organic Carbon* (TOC). TOC is calculated using the Passey method. The Passey method is used by overlaying the sonic log and the resistivity log, and determining the baseline to get the separation of $\Delta \log \text{resistivity}$, which is then used to predict the TOC log by including the LOM (*Level of Organic Maturity*) variable obtained from the *vitrinite reflectance* data. After the TOC log value is obtained, a correlation is made with the TOC core value. The prediction result of TOC log in PM-1 well is 2.16%, which means it has very good quality. Prediction of TOC log in PM-2 well is 2.68% which means it has very good quality. The correlation value between the TOC log and the TOC core of the PM-1 well is 0.67 which means the correlation is strong. In the PM-2 well, the correlation between TOC log and TOC core is 0.92 which means that the correlation is very strong.

1. PENDAHULUAN

Cekungan Jawa Timur Utara merupakan salah satu cekungan penghasil *petroleum* paling produktif di Indonesia. Dalam penelitian, eksplorasi minyak dan gas bumi selalu berfokus utama kepada evaluasi di reservoir dan *trap*, sedangkan evaluasi pengisian hidrokarbon meliputi evaluasi batuan induk penghasil hidrokarbon dan migrasinya sering disederhanakan atau kurang diperhatikan, padahal evaluasi ini bisa menjawab waktu (kapan) dan jumlah minyak yang terbentuk pada suatu cekungan hidrokarbon di Indonesia. Jumlah material serpih di Indonesia sangat melimpah, sehingga diharapkan dalam beberapa tahun ke depan akan tersedia banyak sumber minyak dan gas. Dalam perkembangan industri yang modern ini minyak dan gas masih saja sangat diminati, mengingat energi tak terbarukan ini keberadaannya mulai sangat sulit untuk ditemukan (Dewanto dkk., 2017).

Secara umum batuan induk merupakan batuan yang mengandung material organik dalam jumlah yang cukup, telah mencapai kematangan tertentu, dan kaya akan kandungan unsur atom karbon yang didapat dari cangkang-cangkang fosil yang terendapkan di batuan itu, sehingga menjadi bahan baku pembentukan hidrokarbon. TOC merupakan kuantitas dari karbon organik yang terendapkan dalam batuan. Semakin tinggi nilai OC maka akan semakin baik batuan induk tersebut dan kemungkinan terbentuknya hidrokarbon akan semakin tinggi. Penelitian ini menggunakan Metode *Well Logging* sebagai analisis kuantitas TOC yang dapat dilihat dari nilai *Log Gamma Ray* yang tinggi sebagai *shale* dikarenakan tingkat radiasi *shale* lebih tinggi dibandingkan batuan lain karena unsur-unsur radioaktif cenderung mengendap di lapisan serpih yang tidak permeabel. Lapisan batuan induk memiliki jenis batuan lempung dan *shale*. Selain itu menggunakan separasi antara *Log Resistivity* dan *Log Sonic* untuk mengidentifikasi keberadaan batuan induk.

Shale hydrocarbon play adalah salah satu *play* hidrokarbon paling populer dalam lima tahun terakhir. Dalam *play* hidrokarbon serpih, batuan induk dan batuan reservoir adalah batuan yang sama. TOC adalah salah satu

parameter penting dalam penilaian kualitas hidrokarbon serpih dan juga dianggap sebagai salah satu variabel kunci yang secara langsung mempengaruhi kualitas batuan, estimasi tempat hidrokarbon serpih, dan desain rekahan hidrolik. Kondisi saat ini, ketersediaan data TOC serpih sebagai batuan induk sangat terbatas. Oleh karena itu diperlukan suatu metode untuk memprediksi TOC batuan serpih sebagai batuan induk. Prediksi TOC akan divalidasi dengan data TOC yang berasal dari batuan inti sumur migas (Basyir dkk., 2020).

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Geologi Regional

Secara geologi Cekungan Jawa Timur terbentuk karena proses pengangkatan dan ketidakselarasan, proses penurunan muka air laut dan pergerakan lempeng tektonik. Pembentukan cekungan tersebut ditandai dengan adanya *half graben* pada tahap awal yang dipengaruhi oleh struktur yang terbentuk sebelumnya dan tatanan tektonik yang paling muda dipengaruhi oleh pergerakan Lempeng Australia dengan Sunda dan secara regional perbedaan bentuk struktural berubah sejalan dengan bertambahnya waktu. Pada penelitian ini, lokasi penelitian berada di Cekungan Jawa Timur Utara. Cekungan Jawa Timur Utara merupakan salah satu Cekungan Tersier di Indonesia bagian Barat, hasil interaksi ketiga lempeng yang menghasilkan minyak dan gas bumi (Sribudiyani dkk., 2003).

Perkembangan tektonik yang berkembang di Cekungan Jawa Timur tidak terlepas dari aktivitas tektonik yaitu pergerakan Lempeng Samudera Indo-Australia ke arah utara, Lempeng Samudera Filipina dan Pasifik bergerak ke arah barat, dan Lempeng Eurasia yang relatif stabil. Aktifitas Tektonik utama yang berlangsung pada umur Plio-Pleistosen, menyebabkan terjadinya pengangkatan daerah regional Cekungan Jawa Timur dan menghasilkan bentuk morfologi seperti sekarang ini. Struktur geologi daerah Cekungan Jawa Timur umumnya berupa sesar naik, sesar turun, sesar geser, dan pelipatan yang mengarah

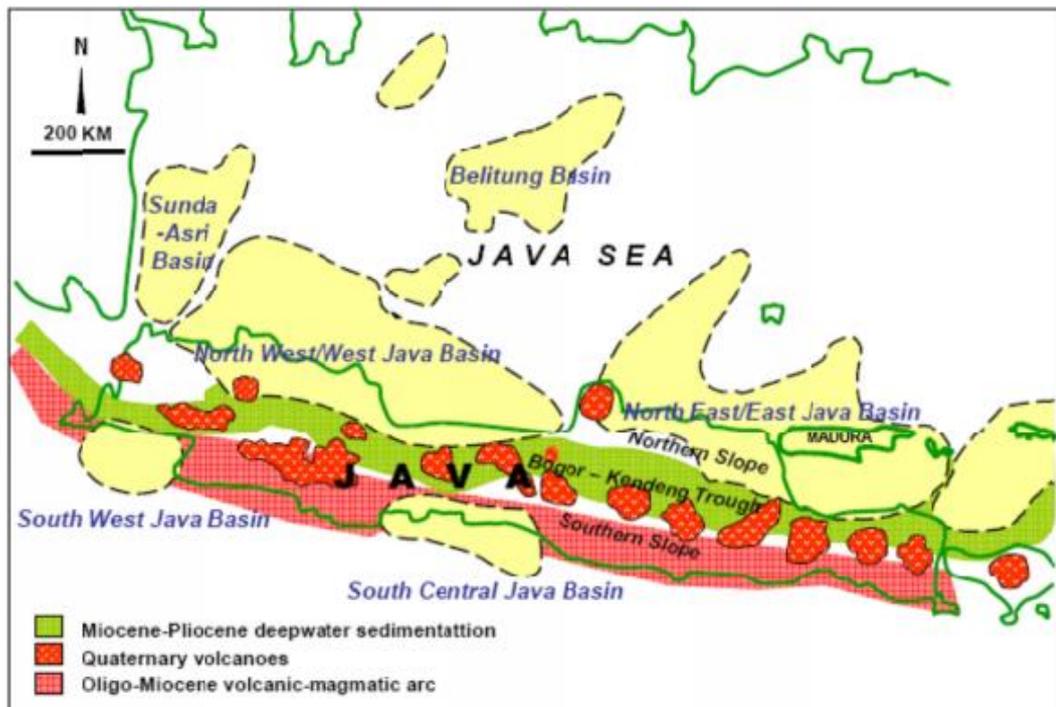
Barat–Timur akibat pengaruh gaya kompresi dari arah Utara–Selatan (Satyana, 2005).

Batuan induk hidrokarbon utama di Cekungan Jawa bagian Timur ini berasal dari serpih karbonatan berasal dari lingkungan marginal *marine*, deltaik, dan lakustrin Formasi Ngimbang, terutama berasal dari *Central Deep Basin* dengan tipe kerogen II dan III sehingga dapat menghasilkan minyak dan gas. Serpih laut dalam pada bagian bawah Formasi Kujung juga berpotensi sebagai batuan induk.

Formasi Kujung terjadi di akhir zaman Ngimbang, proses pengangkatan dan erosi yang disertai dengan penurunan air laut eustatic menghasilkan *event* Mid-Oligosen regresif yang menyebar luas yang menjelaskan dasar siklus Kujung berikutnya (30 juta tahun). Meskipun pada awalnya dianggap sebagai *event eustatic*, sejumlah pengamatan baik lokal (Cekungan Jawa Timur Utara) dan regional, menyarankan kontrol tektonik. Akhir dari siklus Kujung sesuai dengan berakhirnya transgresi awal yang didominasi karbonat. Dalam kebanyakan kasus, ini menunjukkan bagian atas dari batu gamping Miosen Awal, sifat batu

karang bagian atas dari siklus Kujung memiliki arti bahwa siklus Kujung sampai batas siklus Tuban seringkali merupakan suatu ketidakselarasan akibat waktu yang dibutuhkan untuk klastika berurutan untuk *onlap* sisa karang. Pada Oligosen akhir-Miosen awal diendapkan Formasi Kujung dengan batuan yang didominasi oleh batugamping dan *marl* dengan sisipan batupasir yang tipis dan terdapat fosil foraminifera, pecahan koral dan alga pada batugamping. Formasi kujung tersebar luas, meliputi daerah purwodadi menerus ke arah timur Tuban dan Madura.

Formasi Cepu pada Sedimentasi Miosen akhir pada cekungan Madura terjadi di laut dalam untuk pengendapan karbonat, lempung, dan *silica sand*. Proses struktur pada pertengahan Miosen telah berhenti, kemudian diisi dengan formasi cepu yang terdiri dari *marl* dan batugamping dari pengendapan *planktonic* dan *nanoplankton* (Nainggolan, 2018).



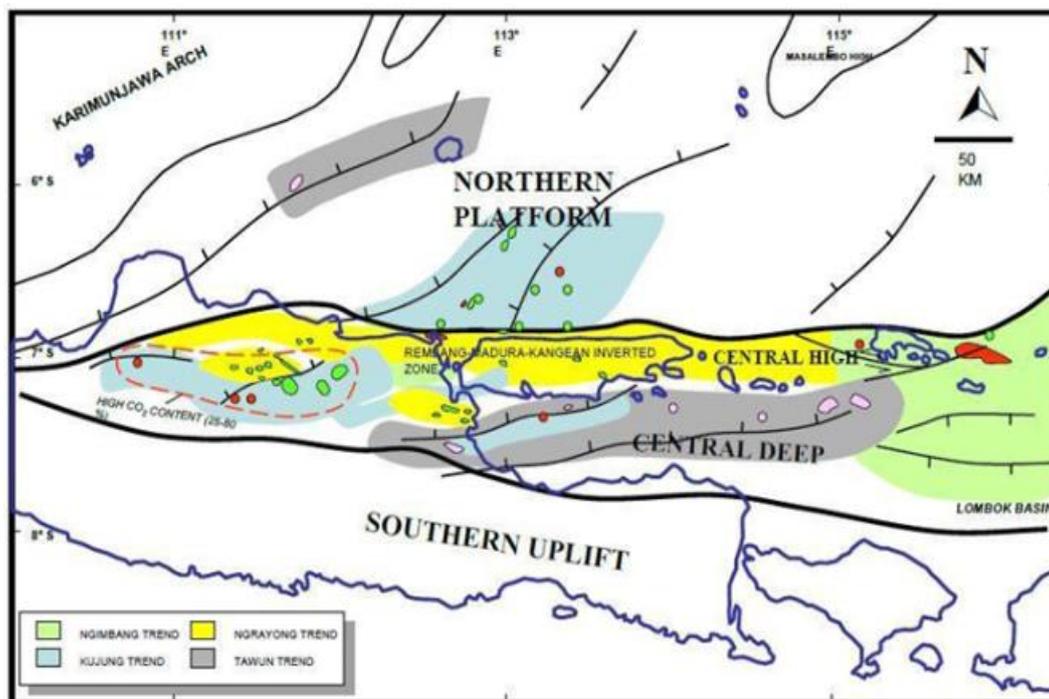
Gambar 1. Peta geologi regional Cekungan Jawa-Timur Utara (Sribudiyani dkk., 2003).

Cekungan Jawa Timur dipisahkan menjadi 3 mandala struktur (*Structural Provinces*), dari Utara ke Selatan, yaitu:

1. Paparan Utara yang terdiri dari Busur Bawean, Paparan Madura Utara dan Paparan Kangean Utara.

2. Bagian tengah yaitu Tinggian Sentral yang terdiri dari Jawa Timur Utara Laut (Kujung) – Madura – Kangean – Tinggian Lombok merupakan daerah terangkat hasil pensesaran ekstensional Eosen–Oligosen Akhir dan pembalikan struktur Miosen–Resen. Tinggian sentral terbentuk karena kemenerusan tinggian Kujung dan tinggian Madura–Kangean ke arah Timur. Pada tegasan Eosen akhir menyebabkan penurunan regional di daerah ini, sedangkan tinggiannya menjadi tempat berkembangnya fasies gampingan.

3. Bagian selatan dikenal sebagai Cekungan Selatan yang terdiri dari Zona Rembang–Zona Madura–Sub Cekungan Lombok sebagai sesar mendatar berasosiasi dengan pengangkatan Kujung, Madura dan Kangean ke arah utara, sedangkan bagian selatan tetap pada lingkungan batial dalam. Terbentuk oleh sesar ekstensional Eosen–Oligosen akhir yang dilanjutkan oleh periode struktur terbalik produk kompresi Miosen awal–Resen. Zona Rembang yang menerus sampai lepas pantai (Satyana, 2005).



Gambar 2. Tiga struktur utama Cekungan Jawa Timur (Satyana dkk., 2005).

2.2 Metode Well Logging

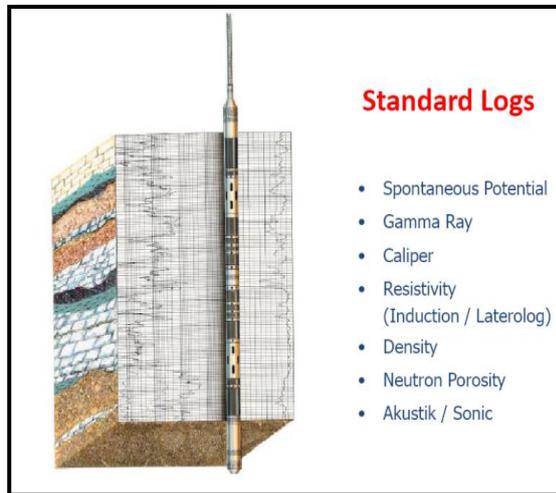
Well Logging merupakan sebuah metode yang dilakukan untuk memperoleh data rekaman sumur pemboran yang lebih detail yang digambarkan dalam bentuk kurva-kurva dari nilai parameter petrofisika. Tujuan dari *Well Logging* adalah untuk mendapatkan informasi litologi, pengukuran porositas, pengukuran resistivitas, dan kejenuhan fluida. Sedangkan tujuan utama dari penggunaan *log* pada penelitian ini adalah untuk menentukan zona *source rock* dan menghitung kuantitas *Total Organic Carbon* (TOC).

Prinsip *log gamma ray* adalah suatu rekaman tingkat radioaktivitas alami yang

terjadi karena tiga unsur, yaitu uranium (U), thorium (Th), dan potassium (K) yang ada pada batuan. Sinar gamma sangat efektif dalam membedakan lapisan permeabel dan yang tidak permeabel, karena unsur-unsur radioaktif cenderung berpusat di dalam serpih yang tidak permeabel, dan tidak banyak terdapat dalam batuan karbonat atau pasir secara umum adalah permeabel.

Log resistivitas adalah rekaman tahanan jenis formasi ketika dilewati oleh kuat arus listrik, dinyatakan dalam ohm-meter. *Sonic log* merupakan *log* akustik dengan prinsip kerja mengukur waktu tempuh gelombang bunyi pada jarak tertentu didalam lapisan batuan. Untuk prinsip kerja alat ini adalah bunyi dengan

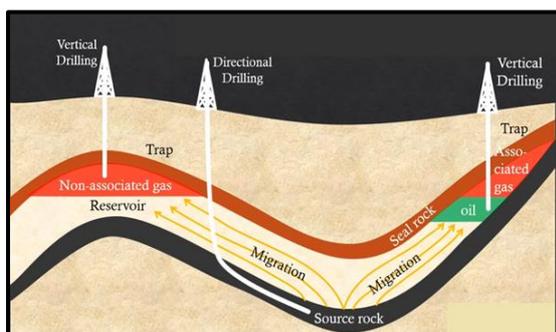
interval yang teratur dipancarkan dari sebuah sumber bunyi (*transmitter*) dan alat penerima akan mencatat lamanya waktu perambatan bunyi di dalam batuan (Δt) (Schlumberger, 1989).



Gambar 3. Ilustrasi *Well Logging* (Darwin, 2008).

2.3 Batuan Induk

Batuan induk (*Source Rock*) merupakan batuan karbonat yang berasal dari material organik yang terendapkan oleh batuan sedimen. Umumnya batuan ini memiliki ukuran butir halus, seperti batulempung dan serpih, yang terendapkan pada lingkungan reduksi, sehingga material organik yang terkandung dapat terawetkan. Material organik yang terdapat dalam batuan ini kemudian mengalami proses diagenesis akibat perubahan temperatur dan tekanan dan mengubahnya menjadi kerogen dan bitumen. Material organik yang terdapat di dalam batuan mengandung 90% kerogen dan 10% bitumen (Hunt, 1979).



Gambar 4. Elemen *Petroleum System* (Ginger & Fielding, 2005).

2.4 Total Organic Carbon

Total Organic Carbon (TOC) adalah ukuran kekayaan organik yang menggambarkan jumlah bahan organik dalam batuan induk yang terdiri dari bitumen dan kerogen. TOC diwakili oleh persen berat bahan organik relatif terhadap berat total batuan. Secara umum, batuan induk diklasifikasikan kualitas Buruk jika nilai TOC kurang dari 0,5%; Sedang jika nilai TOC berada di antara 0,5%-1%; Baik jika nilai TOC berkisar antara 1%-2%; dan Sangat Baik jika nilai TOC berkisar 2%-4%; *Excellent* jika lebih dari 4% (Peters & Cassa, 1994).

Penentuan dan analisis parameter reservoir atau batuan induk dilakukan dengan dua metode yaitu analisis *core* di laboratorium dan interpretasi log dari lapangan. Pengujian pirolisis digunakan untuk mengetahui kandungan organik (TOC), kematangan bahan organik, mendeteksi kandungan minyak atau gas yang dihasilkan dan juga digunakan untuk mengidentifikasi jenis beberapa material campuran (Mulyatno dkk., 2018).

2.5 Korelasi

Korelasi merupakan teknik analisis yang termasuk dalam salah satu teknik pengukuran asosiasi/hubungan (*measures of association*). Pengukuran asosiasi merupakan istilah umum yang mengacu pada sekelompok teknik dalam statistik bivariat yang digunakan untuk mengukur kekuatan hubungan antara dua variabel. Diantara sekian banyak teknik-teknik pengukuran asosiasi, terdapat dua teknik korelasi yang sangat populer sampai sekarang, yaitu Korelasi *Pearson Product Moment* dan Korelasi *Rank Spearman*. Korelasi bermanfaat untuk mengukur kekuatan hubungan antara dua variabel (kadang lebih dari dua variabel) dengan skala-skala tertentu, misalnya Pearson data harus berskala interval atau rasio; Spearman dan Kendall menggunakan skala ordinal. Kuat lemah hubungan diukur menggunakan jarak (*range*) 0 sampai dengan 1.

Koefisien korelasi ialah pengukuran statistik kovarian atau asosiasi antara dua variabel. Besarnya koefisien korelasi berkisar antara +1 s/d -1. Koefisien korelasi menunjukkan kekuatan (*strength*) hubungan linear dan arah hubungan dua variabel acak. Jika koefisien korelasi positif, maka kedua variabel mempunyai hubungan

searah. Artinya jika nilai variabel X tinggi, maka nilai variabel Y akan tinggi pula. Sebaliknya, jika koefisien korelasi negatif, maka kedua variabel mempunyai hubungan terbalik. Artinya jika nilai variabel X tinggi, maka nilai variabel Y akan menjadi rendah dan berlaku sebaliknya. Untuk memudahkan melakukan interpretasi mengenai kekuatan hubungan antara dua variabel penulis memberikan kriteria sebagai berikut:

- a. 0 : Tidak ada korelasi antara dua variabel
- b. >0 – 0,25 : Korelasi sangat lemah
- c. >0,25 – 0,5 : Korelasi cukup
- d. >0,5 – 0,75 : Korelasi kuat
- e. >0,75 – 0,99 : Korelasi sangat kuat
- f. = 1 : Korelasi sempurna (Sarwono, 2006).

3. METODE PENELITIAN

Analisis *Total Organic Carbon* (TOC) pada penelitian ini menggunakan dua data sumur, yang secara khusus dilakukan penelitian pada formasi Kujung (Sumur PM-1) dan formasi Cepu (Sumur PM-2). Adapun alur pada penelitian ini sebagai berikut:

- 1. Melakukan analisis zona batuan induk dengan menggunakan *log Gamma Ray*, *Log resistivity*, dan *Log Sonic*.
- 2. Menghitung nilai TOC tiap zona batuan induk menggunakan *log Passey* (1990). Dengan rumus sebagai berikut:

$$TOC = (\Delta \text{Log } R) \times 10^{(2.297 - 0.1688 \times LOM)} \quad (1)$$

$$\Delta \text{Log } R = \text{Log} \left(\frac{R}{R_{baseline}} \right) + 0.02 \times (T - T_{baseline}) \quad (2)$$

Dengan:

TOC = *Total Organic Carbon* (wt%);

LOM = *Level Of Maturity*;

Log R = Kurvaseparasi pada *overlay log sonic/resistivity*;

R = Resistivitas yang terukur alat *logging* (ohm-m);

T = Pengukuran waktu transit (μsec/ft);

R_{baseline} = Nilai resistivitas yang sama dengan T_{baseline} ketika kurva *baseline* berada pada batuan kaya lempung (*non source*);

0.02 = Berdasarkan rasio pada 50 μsec/ft per 1 *resistivity cycle*.

3. Menentukan koefisien korelasi antara kedua data TOC Core dan TOC Log.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada sampel Sumur PM-1 (**Tabel 1**) diperoleh nilai TOC rata-rata dari 24 sampel adalah 2,16%. Nilai minimum TOC adalah 0,49% pada kedalaman 8254 ft dan TOC maksimum adalah 5,09% pada kedalaman 8848 ft. Menurut sistem klasifikasi TOC Peters & Cassa (1994) maka dapat di klasifikasikan bahwa batuan induk dalam penelitian formasi kujung ini sebagai batuan induk yang baik dalam hal kekayaan organik karena kandungan TOC rata-rata bervariasi di dominasi antara 1% dan 2%.

Tabel 1. Parameter kuantifikasi nilai TOC pada sumur PM-1

Depth (ft)	LOM	TOC Log (wt%)
7010	5.7	4.84
7139	5.7	2.24
7248	5.5	1.65
7335	5.6	1.9
7447	5.5	0.67
7754	5.4	2.54
7967	5.4	3.49
8034	5.6	2.35
8142	5.7	3.11
8217	5.7	1.83
8254	5.8	0.49
8314	5.8	1.47
8538	5.9	4.4

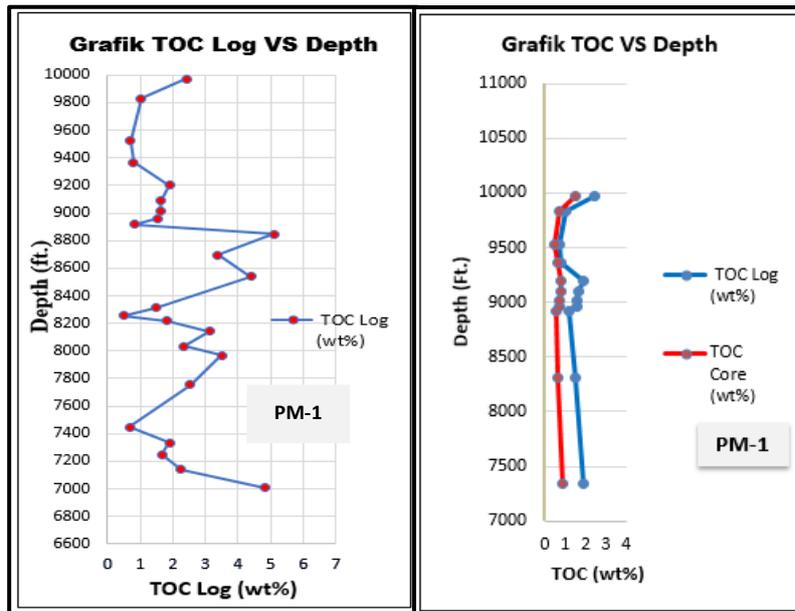
Depth (ft)	LOM	TOC Log (wt%)
8695	5.9	3.37
8848	6	5.09
8920	6.1	0.81
8960	6.1	1.55
9018	6.2	1.61
9093	6.1	1.64
9200	6.3	1.89
9366	6.4	0.8
9525	6.5	0.69
9828	6.7	1.03
9970	7.2	2.41

Pada sampel Sumur PM-2 (**Tabel 2**) diperoleh nilai TOC rata-rata dari 14 sampel adalah 2,68%. Nilai minimum TOC adalah 0,58% pada kedalaman 6685 ft dan TOC maksimum adalah 6,49% pada kedalaman 5812 ft. Menurut sistem klasifikasi TOC Peters

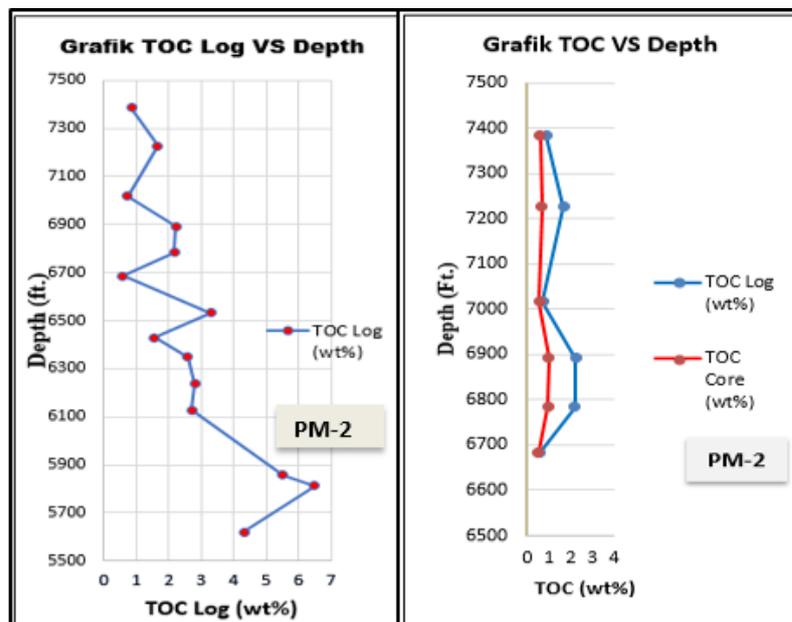
& Cassa (1994) maka dapat diklasifikasikan bahwa batuan induk dalam penelitian formasi cepu ini sebagai batuan induk yang cukup baik dalam hal kekayaan organik karena kandungan TOC rata-rata bervariasi di dominasi antara 0.5% hingga 2%.

Tabel 2. Parameter kuantifikasi nilai TOC pada sumur PM-2

Depth (ft)	LOM	TOC Log (wt%)
5620	4.7	4.33
5812	4.9	6.49
5858	4.9	5.51
6129	5.1	2.72
6236	5.2	2.8
6347	5.4	2.59
6430	5.5	1.56
6532	5.6	3.3
6685	5.7	0.58
6784	5.8	2.18
6893	5.8	2.22
7016	5.9	0.72
7227	6	1.67
7385	6.1	0.86



Gambar 5. Grafik hubungan antara TOC dengan *Depth* pada sumur PM-1.



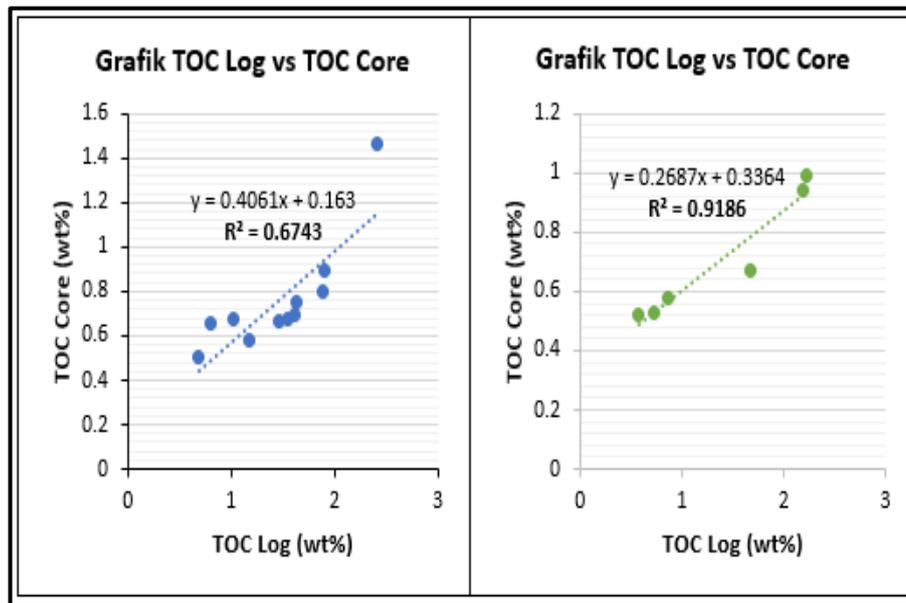
Gambar 6. Grafik hubungan antara TOC dengan *Depth* pada sumur PM-2.

Pada **Gambar 7**, saya melakukan korelasi pada kedua data TOC Log dan juga TOC Core dari sumur PM-1 dan PM-2. Korelasi ini digunakan untuk melihat hubungan dan keterkaitan besar kecilnya kedua variabel/nilai TOC Log dengan TOC Core. Dimana, TOC

Log merupakan nilai hasil prediksi berdasarkan data Log, sedangkan TOC Core merupakan nilai hasil *actual* (nyata) pada pengukuran di laboratorium (*Rock Eval Pyrolysis*). Dari gambar tersebut dapat disimpulkan bahwa nilai korelasi (R) antara TOC Log dan TOC Core

pada sumur PM-1 bernilai 0,67 yang artinya menurut teori korelasi Sarwono (2006) dikategorikan sebagai korelasi kuat. Pada sumur PM-2, nilai korelasi (R) antara TOC Log dan TOC Core bernilai 0,91 yang artinya memiliki korelasi sangat kuat.

Hal ini dapat disimpulkan bahwa hasil nilai TOC Log (prediksi) memiliki hasil yang baik, dapat digunakan sebagai penelitian awal jika tidak memiliki data TOC Core.



Gambar 7. Grafik korelasi TOC Log vs TOC Core pada Sumur PM-1 dan PM-2.

5. KESIMPULAN

Dari keseluruhan proses penelitian dapat diambil kesimpulan, yaitu:

1. Secara kuantitatif, dari 24 zona batuan induk sumur PM-1, diperoleh nilai rata-rata TOC batuan induk sebesar 2,16%, dan menurut klasifikasi TOC Peters & Cassa (1994) dapat didefenisikan memiliki kualitas yang sangat baik.
2. Dari 14 zona batuan induk pada sumur PM-2, diperoleh nilai rata-rata TOC batuan induk sebesar 2,68%, dan menurut klasifikasi TOC Peters & Cassa (1994) dapat didefenisikan memiliki kualitas yang sangat baik.
3. Korelasi antara nilai TOC Core dan TOC Log pada sumur PM-1 bernilai 0,67 yang berarti menurut Sarwono (2006) termasuk kriteria kuat.
4. Korelasi antara nilai TOC Core dan TOC Log pada sumur PM-2 bernilai 0,92 yang berarti Sarwono (2006) termasuk kriteria sangat kuat.

DAFTAR PUSTAKA

- Basyir, A., Bachtiar, A., & Haris, A. (2020). Total organic carbon prediction of well logs data: Case study Banuwati Shale Member Fm., Asri Basin, Indonesia. *AIP Conference Proceedings*, 2256. <https://doi.org/10.1063/5.0014651>.
- Darwin, J. M. (2008). *Well Logging for Earth Scientists*. Springer Science & Business Media.
- Dewanto, O., Mulyatno, B. S., Rustadi, & Wibowo, R. C. (2017). Determining the Temperature of Shale Material Conversion Into Crude Oil Based on Organic Clay and Organic Carbonate Test Outside Reservoir. *International Journal of Mechanical and Mechatronics Engineering, IJMME*, 17 (ISSN: 2077-124X (Online), 2227-2771 (Print)), 84–89.
- Ginger, D., & Fielding, K. (2005). The Petroleum System and Future Potential of The South Sumatra Basin. *Proceedings Indonesian Petroleum Association, 30th Annual Convention & Exhibition*, 67–89.

- Hunt, J. (1979). *Petroleum Geochemistry and Geology*. Freeman, San Francisco.
- Mulyatno, B. S., Dewanto, O., & Rizky, S. (2018). Determining Layer Oil Shale as New Alternative Energy Sources Using Core Analysis and Well Log Method. *International Journal of Engineering & Technology*, 7 (ISSN: 2227524X), 941–949.
- Nainggolan, T. B. (2018). Dekomposisi Spektraldengan Transformasi Wavelet Kontinyu untuk Deteksi Zona Hirdokarbon di Perairan Bali Utara. *Jurnal PPPGL*, Bandung.
- Passey, Q. R., Creaney, S., Kulla, J. B., Moretti, F. J., & Stroud, J. (1990). A practical model for organic richness from porosity and resistivity logs. *AAPG Bulletin*, 74, 12, 1777–1794.
- Peters, K. E., & Cassa, M. (1994). Applied Source Rock Geochemistry, Chapter 5. *AAPG Memoir 60*, 93–120.
- Sarwono, J. (2006). *Metode Penelitian Kuantitatif dan Kualitatif*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Satyana, A., Lambok, P. M., Margaretha, E. M., Purwaningsih, D., & Utama, M. K. (2005). Regional Gas Geochemistry of Indonesia: Genetic Characterization and Habitat of Natural Gases, *Proc. Of Indon. Petro. Associaton, 31, Annual Convention*.
- Satyana, A. (2005). Petroleum geology of Indonesia: Current concepts (preconvention course). *Indonesian Association of Geologists 34th Annual Convention Proceedings*. Surabaya, Indonesia.
- Schlumberger. (1989). *Log Interpretation Principles / Applications*. Schlumberger Wireline & Testing : Texas.
- Sribudiyani, M. N., Ryacudu, T., Kunto, P., Astono, I., Prasetya, B., Sapie, S., Asikin, A. H., & Harsolumakso. (2003). The collision of the East Java microplate and its implication for hydrocarbon occurrences in the East Java Basin. *Proceedings Indonesian Petroleum Association 30th Annual Convention & Exhibition*.