



Seminar Nasional Ilmu Teknik dan Aplikasi Industri (SINTA)

Homepage: sinta.eng.unila.ac.id



Identifikasi *Total Organic Carbon* pada Sumur BTO Berdasarkan Data Core dan Data Log di Jawa Timur Utara

Bagus Sapto Mulyatno ^{a,*}, Ordas Dewanto ^a, Ilham Dani ^a, Isti Nur Kumalasari ^a, Ambrosius Hernawan Wibisono ^a, Suharso ^a

Jurusan/Program Studi Teknik Geofisika, Fakultas Teknik, Universitas Lampung, Jl. Prof. Soemantri Brojonegoro, Bandar Lampung 35145

INFORMASI ARTIKEL

ABSTRAK

Riwayat artikel:

Diterima tgl/bln/tahun

Direvisi tgl/bln/tahun

Kata kunci:

Hidrokarbon

Well Logging

Source Rock

Total Organic Carbon

Peningkatan kebutuhan hidrokarbon yang terjadi hingga saat ini disebabkan karena minyak dan gas bumi masih menjadi sumber energi utama yang digunakan oleh manusia di kehidupan sehari-hari. Untuk mengatasi hal tersebut perlu dilakukan eksplorasi terhadap daerah – daerah yang dianggap mampu menghasilkan minyak dan gas bumi. Dalam metode geofisika ada sebuah metode yang dapat digunakan untuk menganalisis atau mengetahui sumber penghasil minyak dan gas bumi, metode tersebut yaitu metode *well logging*. *Well logging* adalah suatu teknik untuk mendapatkan data bawah permukaan dengan menggunakan alat ukur yang dimasukkan ke dalam lubang sumur untuk evaluasi formasi dan identifikasi ciri-ciri batuan di bawah permukaan. Untuk mengetahui potensi penghasil minyak dan gas bumi dibutuhkan analisis berupa batuan induk (*Source Rock*) dengan metode perhitungan *Total Organic Carbon* (TOC). Batuan induk sendiri merupakan batuan yang mengandung bahan organik yang nantinya akan menghasilkan minyak dan gas bumi.

1. Pendahuluan

Geofisika merupakan ilmu pengetahuan alam yang dapat digunakan untuk mengetahui keadaan serta karakteristik material-material di bawah permukaan bumi berdasarkan sifat-sifat fisiknya melalui pengukuran yang dapat menggunakan beberapa metode seperti metode seismic, metode geolistrik, metode elektromagnetik, metode geomagnetik, metode gaya berat, dan metode *well logging*. Dalam penelitian yang dilakukan digunakan metode *well logging*. *Well Logging* adalah salah satu teknik untuk

mendapatkan data bawah permukaan secara vertikal dengan memanfaatkan alat ukur yang dimasukkan kedalam lubang sumur. Metode *well logging* merupakan suatu metode yang memberikan data untuk evaluasi secara kuantitatif dan kualitatif.

Peningkatan kebutuhan hidrokarbon yang terjadi hingga saat ini disebabkan karena minyak dan gas bumi masih menjadi sumber energi utama yang digunakan oleh manusia di kehidupan sehari-hari. Minyak dan gas bumi berada pada suatu tempat di bawah permukaan bumi (Wiloso, 2017).

* Penulis korespondensi.

E-mail: bagus.sapto@eng.unila.ac.id

Indonesia adalah salah satu negara di dunia yang kaya akan Sumber Daya Alam (SDA) misalnya cadangan sumber daya energi minyak dan gas. Cadangan migas (hidrokarbon) di Indonesia umumnya berada di cekungan belakang busur (*back arc basin*) yang berarti cekungan sedimen yang terletak di belakang busur vulkanik. Dalam *petroleum system*, selain *reservoir* ada juga unsur yang penting adalah batuan induk (*source rock*). Batuan induk adalah batuan yang mempunyai banyak kandungan material organik (Fatahillah, 2016).

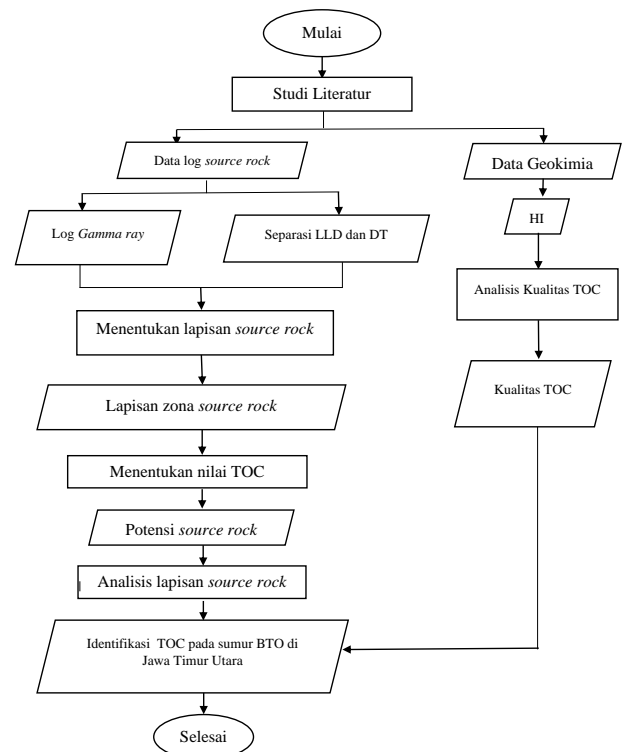
Salah satu cekungan hidrokarbon yang berada di Indonesia yaitu Cekungan Jawa Timur Utara. Cekungan Jawa Timur Utara adalah salah satu cekungan Tersier yang terletak di laut lepas sebelah utara Pulau Madura dan Pulau Kangean. Cekungan Jawa Timur Utara sebelah barat dibatasi oleh Busur Karimunjawa sehingga memisahkan dengan Cekungan Jawa Barat Utara, sebelah selatan cekungan dibatasi oleh busur vulkanik, sebelah timur cekungan dibatasi oleh Cekungan Lombok dan sebelah utara dibatasi oleh Tinggian *Patemoster* (Mujiono dan Pireno, 2001).

Cekungan Jawa Timur Utara adalah salah satu cekungan hidrokarbon yang sudah terbukti, beberapa blok sudah berproduksi dan eksplorasi. Hasil pengukuran dan analisis perubahan sifat kimia batuan di laboratorium memunculkan beberapa metode yang mendukung penelitian ini dalam menentukan kematangan hidrokarbon dan parameternya yang digunakan sebagai indikator untuk memprediksi tingkat perubahan bahan organik pada batuan. Untuk mengetahui potensi hidrokarbon, jenis material serpih, serta tingkat kematangan termalnya, dilakukan analisis geokimia berupa *Total Organic Carbon* (Dewanto et al, 2017). Perhitungan *Total Organic Carbon* (TOC) menjadi salah satu parameter penting dalam penentuan kualitas batuan hidrokarbon serpih dan dianggap menjadi kunci yang memengaruhi kualitas batuan dan estimasi tempat hidrokarbon serpih. Menurut penelitian (Fatahillah, 2016) pada Cekungan Jawa Timur Utara di Formasi Ngimbang, didapatkan nilai TOC sebesar 0.310.715 wt% dengan klasifikasi buruk sampai baik.

Pada penelitian ini dilakukan perhitungan TOC dengan menggunakan metode *Passey*. Dimana metode ini dilakukan dengan menentukan separasi antara log DT dan ILD dan menentukan baseline untuk memperoleh Δ log resistivitas dengan mengikutsertakan nilai LOM (*Level of Organic Maturity*) untuk memperoleh potensi *source rock* di daerah penelitian

2. Metodologi

Analisis TOC dilakukan dengan menggunakan software IP dengan melakukan interpretasi kualitatif dengan menentukan zona-zona *source rock* dengan memanfaatkan data log *gamma ray*, log *sonic* dan log *resistivity*. Setelah menentukan daerah zona yang diindikasikan sebagai *source rock* selanjutnya dilakukan analisis TOC. Untuk melakukan analisis TOC digunakan data geokimia berupa nilai TOC Log beserta data HI untuk menentukan potensi batuan induk (*source rock*) yang ada di daerah penelitian



Gambar 1. Diagram alir penelitian

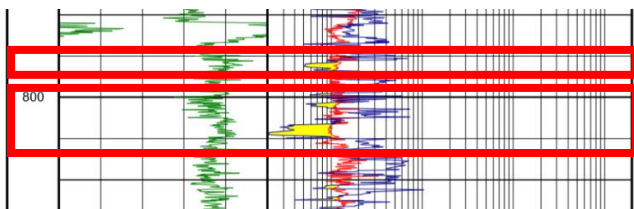
Pada penelitian ini digunakan data Log dan juga data Geokimia dari satu sumur penelitian yaitu sumur BTO. Data Log digunakan untuk menentukan daerah target *source rock* (batuan induk), sedangkan data Geokimia digunakan untuk menentukan tingkat maturasi hidrokarbon pada daerah penelitian. Pada penelitian ini digunakan satu data sumur untuk menentukan daerah zona target batuan induk. Pengolahan dilakukan dengan 2 aturan yaitu interpretasi secara kualitatif serta interpretasi secara kuantitatif.

3. Hasil dan pembahasan

3.1 Interpretasi Kualitatif Zona Source Rock

Interpretasi secara kualitatif dilakukan secara *quicklook* untuk dapat mengetahui daerah target

source rock dan menentukan batas zona batuan batuan induk pada sumur penelitian. Interpretasi ini dilakukan dengan menggunakan metode passey yaitu dengan mengamati defleksi kurva log ILD dan log DT. Suatu zona dikatakan sebagai daerah target source rock jika zona tersebut memiliki: (1) zat radioaktif yang tinggi yang ditandai dengan nilai log gamma ray yang tinggi dan (2) adanya separasi antara log resistivitas (ILD) dengan log sonic (DT). Interpretasi kualitatif dilakukan dengan melihat arah defleksi nilai log GR yang diidentifikasi dengan kurva berwarna hijau, log gamma ray yang tinggi arah kurvanya akan ke arah kanan dan adanya separasi antara kurva log resistivitas yang ditandai dengan kurva berwarna merah dengan kurva log sonic yang ditandai dengan warna biru. Gambar 17 dibawah ini menunjukkan contoh zona yang dianggap sebagai zona target source rock.

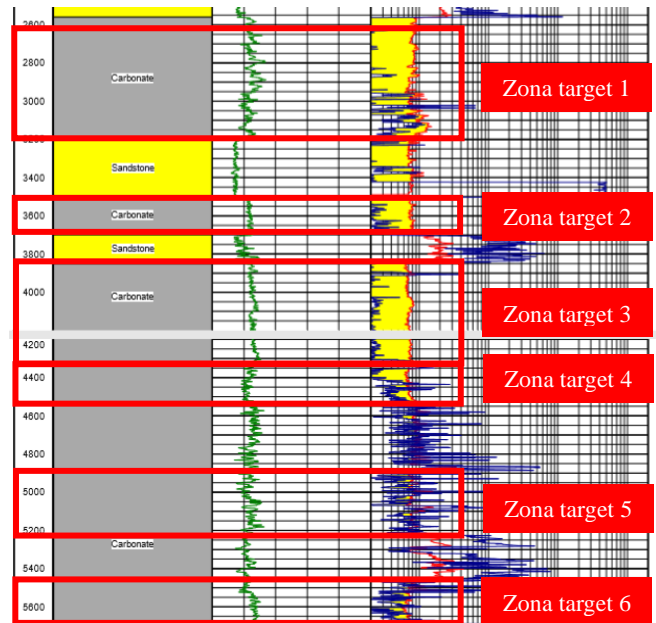


Gambar 2. Zona target dan bukan zona target source rock

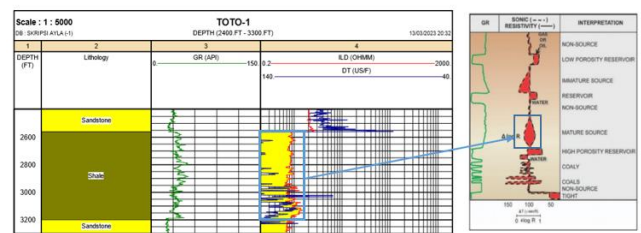
Terlihat pada Gambar 2, pada zona yang ditandai dengan kotak biru merupakan zona yang dianggap sebagai zona target. Sedangkan zona yang ditandai dengan warna merah dianggap bukan sebagai zona target source. Setelah menentukan zona target selanjutnya yaitu menentukan tingkat maturasi pada zona target, dengan cara pengambilan picking antara log resistivitas dengan log sonic kemudian disesuaikan dengan interpretasi kualitatif zona source rock menurut Passey et al (1990).

3.1.1 Interpretasi Kualitatif Zona Source Rock TO1

Sumur BTO memiliki kedalaman 0 ft hingga 6470 ft. hasil dari interpretasi kualitatif diketahui bahwa terdapat 6 lapisan zona source rock ditandai dengan kotak warna biru pada gambar dibawah ini.

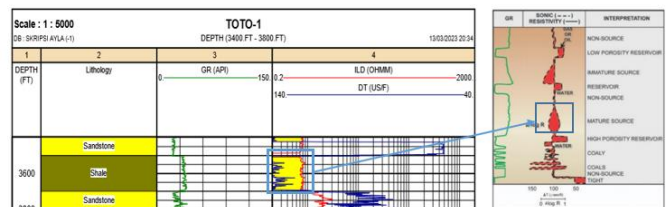


Gambar 3. Zona target source rock sumur TO1



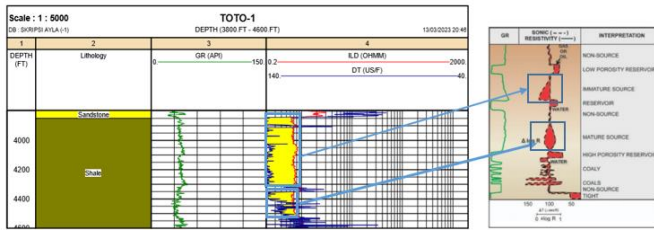
Gambar 4. Zona target source rock 1 sumur TO1

Terlihat pada Gambar 4 merupakan zona target batuan induk (source rock) 1 yang berada pada kedalaman dengan rentang 2564 – 3160 ft dengan besar nilai log gamma ray (GR) yaitu 51 API, log resistivitas (ILD) 0.82 Ohm.m dan log sonic (DT) sebesar 133 sec/ft. Berdasarkan interpretasi kualitatif dapat disimpulkan bahwa batuan yang ada pada zona target 1 dianggap sebagai batuan mature atau sudah matang.



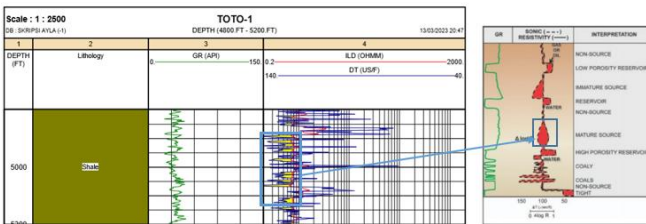
Gambar 5. Zona target source rock 2 sumur TO1

Terlihat pada Gambar 5 merupakan zona target batuan induk (source rock) 2 yang berada pada kedalaman dengan rentang 3501.5 – 3694 ft dengan besar nilai log gamma ray (GR) yaitu 46 API, log resistivitas (ILD) 0.87 Ohm dan log sonic (DT) sebesar 134 sec/ft. berdasarkan interpretasi kualitatif dapat disimpulkan bahwa batuan yang ada pada zona 2 dianggap sebagai batuan mature atau sudah matang.



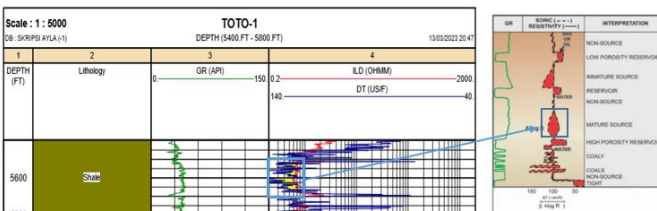
Gambar 6. Zona target source rock 3 dan 4 sumur TO1

Terlihat pada Gambar 6 merupakan zona target batuan induk 3 dan 4, dimana zona target 3 berada pada kedalaman dengan rentang 3845 – 4313.5 ft dengan besar nilai log gamma ray (GR) yaitu 49 API, log resistivitas (ILD) 0.79 Ohm.m dan log sonic (DT) sebesar 145 sec/ft. sedangkan untuk zona target 4 berada pada kedalaman 4350– 4532 ft dengan besar nilai log gamma ray (GR) yaitu 47 API, log resistivitas (ILD) 0.70 Ohm.m dan log sonic (DT) sebesar 142 sec/ft. Berdasarkan interpretasi kualitatif dapat disimpulkan bahwa batuan yang ada pada zona target 3 dan 4 dianggap sebagai batuan mature atau sudah matang.



Gambar 7. Zona target source rock 5 sumur TO1

Terlihat pada Gambar 7 merupakan zona target batuan induk 5 yang berada pada kedalaman dengan rentang 4888 – 5071 dengan besar nilai log gamma ray (GR) yaitu 45 API, log resistivitas (ILD) 0.75 Ohm.m dan log sonic (DT) sebesar 134 sec/ft. Berdasarkan interpretasi kualitatif dapat disimpulkan bahwa batuan yang ada pada zona target 5 dianggap sebagai batuan mature atau sudah matang.



Gambar 8. Zona target source rock 6 sumur TO1

Terlihat pada Gambar 8 merupakan zona target batuan induk 6 yang berada pada kedalaman dengan rentang 5497 – 5667.5 m dengan besar nilai log gamma ray (GR) yaitu 44 API, log resistivitas (ILD) 0.56 Ohm.m dan log sonic (DT) sebesar 133 sec/ft. Berdasarkan interpretasi kualitatif dapat disimpulkan

bahwa batuan yang ada pada zona target 6 dianggap sebagai batuan mature atau sudah matang.

Tabel 1. Daerah target source rock sumur BTO

| Kedalaman | | Log Gr | Log ILD | Log DT | Tingkat Maturasi |
|-----------|--------|--------|---------|--------|------------------|
| Top | Bottom | | | | |
| Sumur BTO | | | | | |
| 2564 | 3160 | 51 | 0.82 | 133 | Mature |
| 3351.5 | 3694 | 46 | 0.87 | 134 | Mature |
| 3845 | 4313.5 | 49 | 0.79 | 145 | Mature |
| 4350 | 4532 | 47 | 0.79 | 142 | Mature |
| 4888 | 5071 | 45 | 0.75 | 134 | Immature |
| 5497 | 5667.5 | 44 | 0.56 | 133 | Mature |

3.2 Interpretasi Kuantitatif Zona Source Rock

Analisis kuantitatif dilakukan untuk mengetahui kemampuan batuan induk dalam menghasilkan minyak ataupun gas bumi. Dijelaskan bahwa untuk mengetahui kemampuan batuan induk dalam menghasilkan hidrokarbon bergantung pada tiga parameter yaitu: kandungan karbon organik dalam batuan, kualitas serta tingkat kematangan kerogennya. Pada penelitian ini dilakukan analisis kualitas TOC pada batuan induk serta analisis tingkat kematangan batuan induk berdasarkan besarnya nilai Ro.

3.2.1 Analisis Total Organic Carbon (TOC)

TOC atau Total Carbon Organic adalah suatu indikator dari total kandungan material organik yang ada dalam sebuah batuan. Peters dan Cassa (1994) telah mengkategorikan batuan induk dari yang buruk hingga istimewa berdasarkan nilai TOC-nya, dimana nilai TOC 0-0.5 wt% dianggap sebagai batuan induk yang poor (buruk), 0.5 – 1 wt% dianggap sebagai batuan induk fair (cukup), 1 – 2 wt% dianggap sebagai batuan induk very good (bagus) dan nilai TOC dari 2 – 4 wt% dianggap sebagai batuan induk yang excellent (istimewa).

Untuk dapat menghasilkan nilai TOC dapat dilakukan perhitungan dengan menggunakan rumus (Harsono, 1997) yaitu :

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

Dimana :

TOC : Total Organic Carbon (wt%)

ΔLog R : Kurva separasi overlay dari log resistivitas dan log sonic

LOM : Level of Maturity

Setelah menentukan zona target *source rock* pada daerah penelitian selanjutnya dilakukan perhitungan TOC untuk mengetahui kualitas batuan yang dikandung dengan rumus diatas.

Zona target 1

Diketahui : Log Gr = 51 API

Log ILD = 0.82

Log DT = 133

Rb = 1.24

Tb = 0.92

Ro = 0.34

Untuk mendapatkan nilai LOM dibutuhkan nilai Ro (*Vitrinite Reflectance*) dengan menggunakan batuan grafik seperti di bawah ini:

| HYDROCARBONS PRODUCED | THERMAL MATURITY | LOM | VITRINITE REFLECTANCE | TAI | CAI | TEMP °C for CAI |
|-------------------------|------------------|-----|-----------------------|-----|-----|-----------------|
| DRY GAS | SUBMATURE | 0 | | 1 | | < 50-80 |
| | | 2 | 0.25 | 1+ | | |
| | | 4 | 0.3 | 2 | 1 | |
| | | 6 | 0.5 | 2.5 | | |
| OIL (GENERATION WINDOW) | MATURE | 8 | | | 1.5 | 50-90 |
| | | 10 | 1.0 | 3 | 2 | 60-140 |
| WET GAS AND CONDENSATE | EARLY POSTMATURE | 12 | 1.5 | 3.5 | 3 | 110-200 |
| | | 14 | 2.0 | | | |
| DRY GAS | LATE POSTMATURE | 16 | 2.5 | 4± | 4 | 190-300 |
| | | 18 | | | | |
| | | 20 | | | 5 | 300-400 |

Gambar 9. Grafik LOM vs Ro

Dari grafik diatas maka diketahui bahwa nilai LOM pada zona target 1 adalah 5.4. setelah mendapatkan nilai LOM maka perhitungan TOC dapat dilakukan sebagai berikut :

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

$$TOC = (Log (R - Rb)) + (0.02 \times (T - Tb)) \times 10^{(2.297 - 0.1688 \times LOM)}$$

$$TOC = (Log (0.82 - 0.92)) + (0.02 \times (133 - 124)) \times 10^{(2.297 - 0.1688 \times LOM)}$$

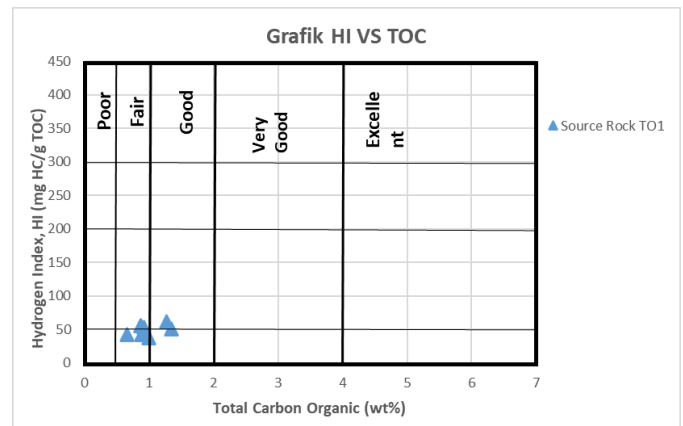
$$TOC = 0.9167$$

Selanjutnya dilakukan perhitungan TOC untuk setiap zona target di sumur BTO dengan melakukan cara yang sama. Hasil dari perhitungan TOC untuk sumur BTO dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Parameter nilai Total Organic Carbon pada sumur BTO

| Depth (Ft) | TOC Core (wt%) | TOC Log (wt%) | Indikasi Batuan |
|-------------|----------------|---------------|-----------------|
| 2564 – 3160 | 0,99 | 0,917 | Fair |
| 3501 – 3694 | 1,04 | 1,000 | Fair |
| 3845 – 4313 | 1,34 | 1,351 | Good |
| 4350 – 4532 | 1,38 | 1,275 | Good |
| 4888 – 5071 | 0,9 | 0,873 | Fair |
| 5497 – 5667 | 0,58 | 0,663 | Fair |

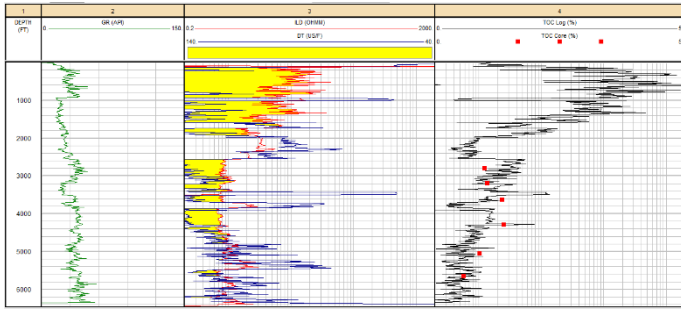
Dari tabel 2 dapat dilihat bahwa pada sumur BTO terdapat 6 titik sampel dengan nilai TOC yang didapatkan berkisar 0.6 – 1.3 wt%. Dimana nilai TOC paling besar terdapat pada kedalaman 3845 – 4313.5 ft dengan nilai TOC sebesar 1.3 wt% yang menandakan bahwa batuan induk pada kedalaman tersebut tergolong batuan induk yang bagus atau good . sehingga batuan induk pada kedalaman tersebut berpotensi untuk dieksplorasi secara lanjut.



Gambar 10. Cross-plot Van Krevelen HI vs TOC untuk mengetahui kualitas batuan induk

3.2.2 Perbandingan TOC Core dan TOC Log

Perbandingan nilai TOC Core dan TOC Log dilakukan dengan cara memplot nilai antara TOC Core dan TOC Log pada software interactive petrophysics. Pada Gambar 25 merupakan gambar persebaran titik antara nilai TOC Core dan TOC Log untuk sumur penelitian yaitu sumur BTO, yang mana TOC Core dan TOC Log ditandai dalam kotak biru pada gambar dibawah. Grafik hitam dalam kotak merupakan TOC Log dan untuk kotak merah dalam kotak merupakan TOC Core.



Gambar 11. Titik persebaran TOC Log dengan TOC Core sumur TO1

Korelasi antara TOC Log dan TOC Core dilakukan untuk mengetahui hubungan antara nilai kedua variabel tersebut. Nilai TOC Log didapatkan berdasarkan perhitungan data log dan untuk nilai TOC Core dihasilkan dari nilai aktual pengukuran di labotarium.

Untuk mengklasifikasikan tingkat korelasi dapat menggunakan kriteria nilai korelasi menurut Sarwono, 2006 dimana kriterianya yaitu :

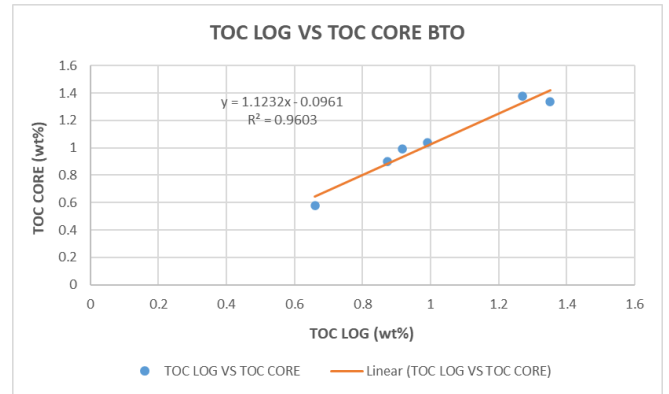
- 0 : Tidak ada korelasi antara dua variabel
- >0 – 0.25 : Korelasi sangat lemah
- >0.25 – 0.5 : Korelasi cukup
- >0.5 – 0.75: Korelasi kuat
- >0.75 – 0.99 : Korelasi sangat kuat
- =1 : Korelasi sempurna

Dibawah ini merupakan data yang digunakan untuk mengetahui relevansi TOC Log terhadap TOC Core pada sumur penelitian.

Tabel 3. Data TOC Log dan TOC Core yang digunakan untuk korelasi

| No | TOC Log (wt%) | TOC Core (wt%) |
|-----------|---------------|----------------|
| Sumur BTO | | |
| 1 | 0,99 | 0,917 |
| 2 | 1,04 | 1,000 |
| 3 | 1,34 | 1,351 |
| 4 | 1,38 | 1,275 |
| 5 | 0,9 | 0,873 |
| 6 | 0,58 | 0,663 |

Dibawah ini merupakan gambar yang menunjukkan relevansi antara TOC Core dan TOC Log dari ketiga sumur penelitian.



Gambar 12. Korelasi TOC Log dengan TOC Core sumur TO1

Berdasarkan gambar grafik 26 dapat diketahui bahwa relevansi antara nilai TOC Log dan TOC Core pada sumur penelitian sebesar 0,9 yang mana mengacu pada klasifikasi korelasi menurut Sarwono (2006), dikatakan jika nilai relevansi lebih dari 0.75 – 0.99 maka korelasi dianggap sangat kuat, maka dapat disimpulkan bahwa korelasi nilai TOC Log dan TOC Core pada sumur BTO tersebut adalah sangat kuat Dapat dilihat pada gambar 26 bahwa sumur BTO memiliki nilai koefisien korelasi sebesar 0.96 yang artinya sumur TO1 memiliki koefisien yang sangat kuat.

4. Kesimpulan

Hasil dari interpretasi yang telah dilakukan disimpulkan bahwa pada sumur penelitian yaitu sumur BTO terdapat 6 zona lapisan *source rock*. Berdasarkan hasil perhitungan TOC dan analisis yang dilakukan didapatkan hasil dari perhitungan *Total Organic Carbon* (TOC) pada BTO diperoleh rata-rata nilai TOC sebesar 1.03%. jika dilihat berdasarkan indikasi batuan induk menurut Petter dan Cassa (1994) maka batuan induk pada sumur BTO1 dianggap sebagai batuan induk yang baik (good). Berdasarkan hasil korelasi antara nilai TOC Core dan TOC Log pada sumur penelitian yaitu sumur BTO memiliki indikasi sangat kuat karena pada sumur TO1 memiliki nilai korelasi sebesar 0.96.

Ucapan Terima Kasih

Kami ucapkan terima kasih kepada pihak Laboratorium Mitigasi Bencana Geologi Teknik Geofisika Universitas Lampung yang telah membantu dalam Penyedia fasilitas penelitian. Penulis juga meminta saran kepada pembaca apabila masih ada kesalahan atau kekurangan dalam penulisan artikel ini sekiranya dapat memebrikan koreksi dan masukkan sehingga penulis dapat menjadi lebih baik kedepannya dalam penulisan artikel.

Daftar Pustaka

- Al-Areeq, N. M. (2018). *Petroleum Source Rocks Characterization and Hydrocarbon Generation*. London: Intech Open Publisher.
- Asquith, G. E., dan Krygowski, D., (2004). Basic Well Log as an aid in Determining Some Reservoir Characteristics. *Trans., AIME*. 146 : 54-62.
- Bemmelen Van, R.W. (1949). *The Geology of Indonesia*. Martinus Nijhoff, The Hague. Netherlands.
- Davies, J.R. (1989). *Generalized Stratigraphy and HC Existing of Kangean Block*. Gearhart Geodata Services Ltd.
- Dewanto, O. (2018). *Well Logging*. Buku Ajar. Bandar Lampung: Penerbit Pustaka Media.
- Fatahillah, Y. 2016. Penentuan Potensi Batuan Induk Menggunakan Model Log TOC, Pada Formasi Ngimbang, Lapangan "Arrazi", Cekungan Jawa Timur Utara. *Skripsi*. Doctoral dissertation, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Fransiska, (2012). Analisis Resistivitas Batuan dengan Menggunakan Parameter dar zarrouk dan Konsep Anisotropi. Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam ITS. *Jurnal Sains dan Seni*. Vol 1(1). <http://dx.doi.org/10.12962/j23373520.v1i1.232>.
- Harsono, A., (1997). *Evaluasi Formasi dan Aplikasi Log*, Edisi 8. Schlumberger Oilfield Service. Jakarta.
- Malinda Arief, D., Dewanto, O., Karyanto, K., & Azzaino, Z. (2018). Analisis Petrofisika Dalam Penentuan Zona Prospek Dan Estimasi Cadangan Hidrokarbon Pada Sumur Dma-01 Dan Dma-04 Lapisan-9 Formasi "Dma" Cekungan "X". *Jurnal Geofisika Eksplorasi*, 2(17).
- Nainggolan, T. (2018). Dekomposisi Spektral dengan Transformasi Wavelet Kontinyu untuk Deteksi Zona Hidrokarbon di Perairan Bali Utara. *Jurnal PPPGL*, Bandung.
- Nukefi, A. (2007). Karakterisasi Reservoir dan Perhitungan Volumetrik Cadangan Hidrokarbon pada Reservoir "A", Lapangan Dalmatian, Cekungan Natuna Barat. *Skripsi*. Bandung: Institut Teknologi Bandung
- Passey, Q.R Creany, S., Kulla, J.B., Moretti, F.J., dan Strapund, J.D. (1989). Well logging evaluation of organic-rich rock. *International Meeting On Organic Geochemistry*. Paris.
- Paters, K.E dan Cassa, M.R. (1994). *Applied Source Rock Geochemistry the Petroleum System From Source To Trap*. American Association of Petroleum Geologists. Hal 93 – 117.
- Rider, M.H. (2002). *The Geological Interpretation of Well Logs Second Edition*. Scotland: Rider-French Consulting Ltd.
- Satyana, A, H., dan Djumiati, M. (2003). Oligo-Miosen Carbonates of the East Java Basin Indonesia. In AAPG. *Journal International Conference*. Barcelona.
- Setiahadiwibowo, A., P. (2016). Analisis Karakteristik Batubara Berdasarkan Rekaman Well Logging di Daerah Kabupaten Katingan Kalimantan Tengah. *Tesis*. UPN Veteran Yogyakarta.
- SKK Migas. (2020). *Laporan Tahunan 2020 'Menuju 1 Juta BOPD & 12 BSCFD Di 2023*. Jakarta.
- Sultan, Panjaitan., (2010). Prospek Migas pada Cekungan Jawa Timur Utara dengan Pengamatan Metode Gaya Berat. Bandung: *Buletin Sumber Daya Geologi*, Vol 5(3). <https://doi.org/10.47599/bsdg.v5i3.266>.
- Subroto, E.A., (2012). *Catatan Kuliah : GL4192 Pengenalan Geokimia Petroleum dan Penggunaan Geokimia Petroleum*. Bandung: ITB
- Sribudiyani, M.N., Ryucudu, Kunto, P., Astono, I., Prasetya, B., Sapie, S., Asikin, A.H. and Harsolumakso, I.Y. (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*.
- Waples, D., (1985). Geochemistry in Petroleum Exploration. *International human resources development corporation*. Boston, 323.
- Wisnu, M. (2019). Analisis Fasies dan Lingkungan Pengendapan Batupasir A, B, dan C Formasi Talang Akar Berdasarkan Data Log dan Batuan Inti di Lapangan. *Skripsi*. Universitas Trisakti. Jakarta