

## **Evaluasi Batuan Induk Minyak Bumi Berdasarkan Total Organic Carbon dan Rock Eval Pyrolysis Pada Daerah Nampu, Kecamatan Juwangi, Kabupaten Boyolali, Jawa Tengah**

### ***Petroleum Source Rock Evaluation Based on Total Organic Carbon and Rock Evaluation Pyrolysis in the Nampu Area, Juwangi District, Boyolali Regency, Central Java***

**Robert Timotius Tuska<sup>1</sup>, Al Hussein Flowers Rizqi<sup>1</sup>, Muhammad Erlandi<sup>1</sup>,  
Saviola Rusmania Ramadhani<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Geologi, Institut Teknologi Nasional Yogyakarta

<sup>2</sup>Jurusan Teknik Geologi, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta

Email : [alhussein@itny.ac.id](mailto:alhussein@itny.ac.id)

#### **ABSTRAK**

Lokasi penelitian berada di Desa Nampu, Kecamatan Juwangi, Kabupaten Boyolali, Jawa Tengah yang berada di Zona Kendang dan masuk pada Formasi Pelang. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan analisis TOC untuk mengetahui persentase material organik dan REP untuk menentukan jenis bahan organik yang ada dan untuk mengevaluasi potensi batuan shale daerah penelitian sebagai batuan induk. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik batuan induk shale pada daerah penelitian dan hubungannya dengan rembesan migas yang ditemukan pada lokasi penelitian. Litologi yang dijumpai pada lokasi penelitian berupa perselingan napal/mudstone dan kalkarenit/grainstone pada bagian bawah dan satuan napal/mudstone dengan struktur masif pada bagian atas. Berdasarkan analisis fosil foraminifera planktonik, umur batuan lokasi penelitian adalah N5-N7 pada lapisan bawah, N6 pada lapisan Tengah dan N4-N6 pada lapisan atas. Setelah di tarik umur batuan pada lokasi penelitian memiliki umur Miosen Awal. Fasies lingkungan pengendapan lokasi penelitian berada pada Upper Interval of Parallel Lamination dan Pelitic Interval yang dicirikan oleh perselingan batuan kalkarenit/grainstone dan napal/mudstone pada bagian bawah dan satuan batuan napal/mudstone pada bagian atas dengan struktur massif. lokasi penelitian memiliki kandungan TOC sebesar 0,89% sehingga dikategorikan memiliki kekayaan bahan organik sedang (fair). Hasil analisis rock eval terhadap sampel permukaan memiliki kategori sedang (fair) sebagai batuan sumber penghasil hidrokarbon, berdasarkan perbandingan diagram TOC dan S2, Tmax vs HI dan HI vs OI sampel memiliki indikasi Kerogen type III yang cenderung menghasilkan gas. Kematangan sampel batuan induk berdasarkan nilai Tmax memiliki tingkat kematangan yang belum matang (immature).

**Kata kunci** : Batuan Induk, Geokimia, Rembesan Migas

#### **ABSTRACT**

*The research location is in Nampu Village, Juwangi District, Boyolali Regency, Central Java which is in the Kendang Zone and is included in the Pelang Formation. The method used in this study is TOC analysis to determine the percentage of organic material and REP to determine the type of organic matter that exists and to evaluate the potential of the shale rock of the study area as a parent rock. This study aims to determine the characteristics of shale bedrock in the research area and its relationship with oil and gas seepage found at the research site. The lithology found at the research site is in the form of interjaded napal/mudstone and calcarenite/grainstone at the bottom and napal/mudstone units with massive structures at the top. Based on the analysis of planktonic foraminifera fossils, the age of the rocks of the study site was N5-N7 in the lower layer, N6 in the Middle layer and N4-N6 in the upper layer. After being retracted, the age of the rocks at the research site has an Early Miocene age. The environmental facies of the deposition of the research site are in the Upper Interval of Parallel Lamination and Pelitic Interval which are characterized by the interplay of calcarenite/grainstone and napal/mudstone rocks at the bottom and napal/mudstone units at the top with a massive structure. The research location has a TOC content of 0.89% so it is categorized as having a medium (fair) organic matter richness. The results of the rock eval analysis of the surface sample have a medium (fair) category as a source rock that produces hydrocarbons, based on the comparison of the TOC and S2 diagrams,*

*Tmax vs HI and HI vs OI samples have indications of Kerogen type III which tends to produce gases. The maturity of the parent rock sample based on the Tmax value has an immature level of maturity.*

**Keyword :** Source Rock, Geochemistry, Oil and Gas Seepage

**PENDAHULUAN**

Lokasi penelitian yang berada di desa Nampu, Kecamatan Juwangi, Kabupaten Boyolali, Jawa Tengah masuk pada Zona Kendeng dan masuk pada Formasi Pelang memiliki kondisi geologi yang menarik untuk di kaji lebih dalam. Ditemukan rembesan minyak dan gas bumi di daerah penelitian mengindikasikan Potensi cadangan minyak dan gas bumi. Peran batuan induk sebagai sumber penghasil hidrokarbon merupakan salah satu komponen utama sistem hidrokarbon. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik batuan induk shale pada daerah penelitian dan hubungannya dengan rembesan. Metode yang digunakan dalam penelitan ini adalah dengan analisis TOC untuk mengetahui persentase material organik dan REP untuk menentukan jenis bahan organik yang ada dan untuk menilai potensi batuan shale daerah penelitian sebagai batuan induk.

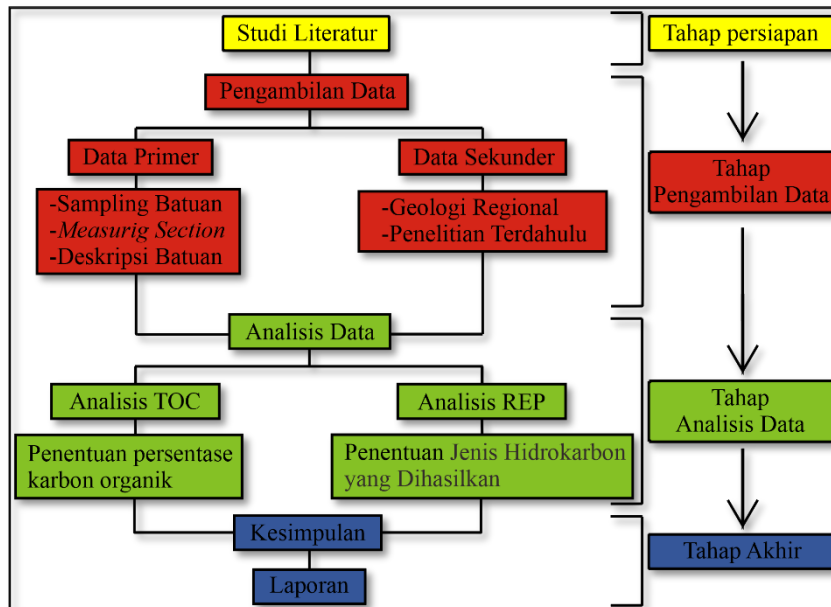
Pembentukan batuan induk tidak terlepas dari suatu ruang yang berperan dalam mempreservasi material organik dan menggenerasikan hidrokarbon dalam jumlah yang proporsional. Ruang tersebut dikontrol oleh variasi lingkungan pengendapan yang banyak mulai dari darat, transisi, hingga laut yang masing- masing memiliki jenis organisme yang berbeda dan menghasilkan jenis material organik yang berbeda pula.

TOC merupakan indikator jumlah total bahan organik yang terdapat dalam sedimen [1]. Analisis Rock Eval Pyrolysis (REP) merupakan analisis yang melibatkan pemanasan bertahap pada sampel batuan induk dalam keadaan tanpa oksigen pada kondisi atmosfer inert dengan suhu yang telah ditentukan yang digunakan untuk menganalisis komponen hidrokarbon pada batuan induk. Pemanasan ini memisahkan organik bebas (bitumen) dan komponen organik yang masih terikat dalam batuan induk atau kerogen [2].

Formasi Pelang dianggap sebagai formasi tertua yang tersingkap di Mandala Kendeng. Tidak jelas keberadaan bagian atas maupun bawah dari formasi ini karena singkapannya pada daerah upthrust, berbatasan langsung dengan Formasi Kerek yang lebih muda [3]. Dari bagian yang tersingkap tebal terukurnya berkisar antara 85 meter hingga 125 meter, litologi utama penyusunnya adalah napal, napal lempungan dengan lensa kalkarenit bioklastik yang banyak mengandung fosil foraminifera besar [4].

**METODE PENELITIAN**

Metode yang digunakan berupa pemetaan geologi permukaan untuk megetahui stratigrafi dan karakteristik litologi daerah penelitian. Dalam penulisan penelitian ini secara garis besar dilakukan empat tahap, yaitu tahap persiapan, tahap pengambilan data, tahap analisis data, dan tahap akhir yang secara terperinci dapat dilihat dalam (Gambar 1).



**Gambar 1.** Diagram alir penelitian

### Tahap Persiapan

Tahapan ini merupakan studi pustaka untuk digunakan sebagai pendukung yang terdiri dari pengumpulan data peneliti terdahulu yang berkaitan dengan judul penelitian dan beberapa literatur tinjauan regional Zona Kendeng dan metode serupa pada beberapa literatur yang digunakan dalam penelitian.

### Tahap Pengambilan Data

Tahapan ini terdiri dari identifikasi data geologi berupa *measuring Section* atau profil batuan, litologi, geomorfologi dan struktur geologi.

### Tahap Analisis Data

Tahap ini terdiri dari dua analisis yaitu analisis TOC dan REP. Analisis TOC untuk menentukan persentase karbon organik dan kekayaan material organik pada batuan *source rock* Analisis sampel permukaan dilakukan dengan menggunakan *instrument Leco Carbon Analyzer SC 832 DR* menggunakan Parameter Analisis *Source Rock* [5].

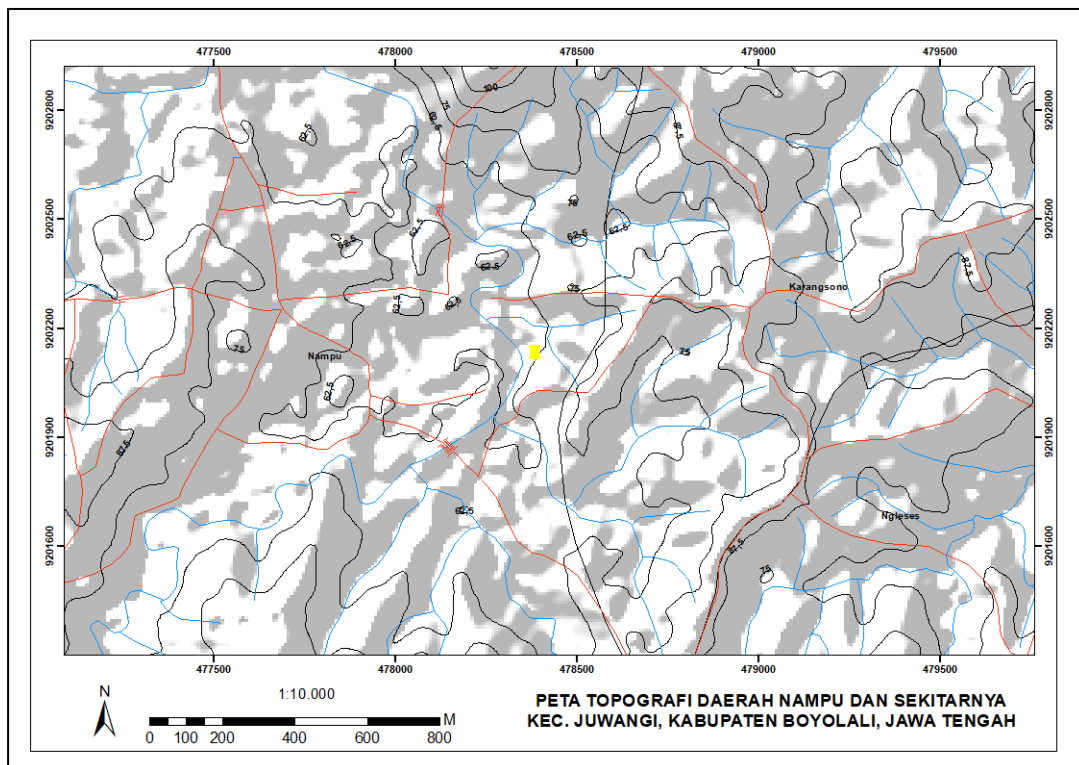
Analisis REP untuk mengetahui jenis bahan organik pada batuan induk *shale* dan menentukan jenis hidrokarbon yang di hasilkan dari batuan induk dengan melihat parameter Potensi Jenis Hidrokarbon yang dihasilkan [6]. Analisis *Rock Eval Pyrolysis* dilakukan untuk mengetahui Nilai S1, S2, S3 dan Tmax. Dari data yang dihasilkan akan diketahui potensi hidrokarbon (PY) yaitu penjumlahan S1 + S, Indeks Hidrogen (HI), Indeks Oksigen (OI). Analisis *Rock Eval Pyrolysis* untuk menentukan tipe kerogen berdasarkan hasil perbandingan diagram TOC vs S2 dan Tmax vs HI serta OI vs HI.

### Tahap Akhir

Penyusunan draft laporan akan menghasilkan kesimpulan berupa karakteristik batuan induk napal dan potensi jenis hidrokarbon yang dihasilkan dari batuan napal pada daerah penelitian

## HASIL DAN ANALISIS

Secara administrasi Lokasi penelitian berada di Desa Nampu, Kecamatan Juwangi, Kabupaten Boyolali, Jawa Tengah. Pada Peta Geologi Lembar Salatiga [7] daerah penelitian masuk di zona kendang dan masuk pada Formasi Pelang dengan litologi penyusun adalah napal, napal lempungan dengan lensa kalkarenit bioklastik yang banyak mengandung fosil foraminifera besar [4].



**Gambar 2.** Lokasi Penelitian, daerah Nampu dan sekitarnya, Kecamatan Juwangi, Kabupaten Boyolali, Jawa Tengah



**Batuan penyusun**

1. Satuan Batuan Kalkarenit/Grainstone

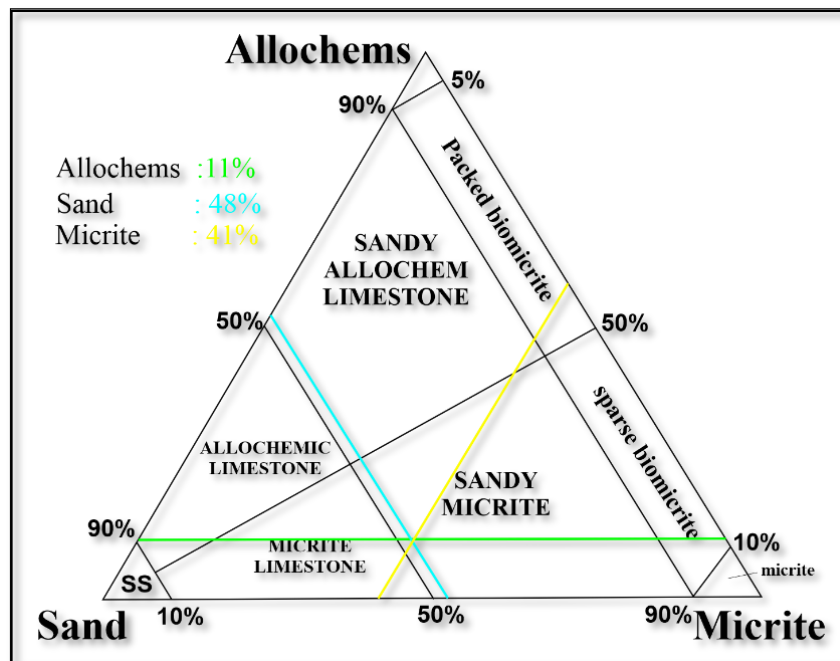
Berdasarkan pengamatan secara megaskopis pada lokasi penelitian, satuan batuan kalkarenit/grainstone pada lintasan ini memiliki warna abu-abu keputihan, dengan struktur perlapisan yang memiliki kedudukan batuan N 305°E/85°, memiliki sortasi buruk dengan kemas terbuka (Gambar 4). Satuan batuan kalkarenit/grainstone ini tidak terlalu banyak ditemukan pada lintasan lokasi penelitian ini karena didominasi oleh satuan napal/mudstone.

Berdasarkan pengamatan secara mikroskopis pada satuan batuan kalkarenit/grainstone pada lokasi penelitian memiliki komposisi yang terdiri dari allochem/fragmen berupa fosil foraminifera (11%), dan material klastik hasil transportasi berupa sand (48%), dan micrite sebesar (41%), dan ditemukan beberapa mineral opak (Gambar 4)

Berdasarkan klasifikasi batuan sedimen campuran karbonat dan silisiklastik [9], penamaan satuan batuan kalkarenit pada lokasi penelitian berdasarkan komposisi secara mikroskopis didapatkan nama batuan Sandy



**Gambar 4.** Satuan Batuan kalkarenit/Grainstone. Kenampakan singkapan pada Lokasi Penelitian (A), Kenampakan batuan kalkarenit/Grainstone secara megaskopis dengan kedudukan batuan N 305°E/85° (B), Kenampakan batuan kalkarenit/Grainstone secara mikroskopis (C), fosil foraminifera (for), sand (sn), micrite (mc)



**Gambar 5.** plotting nama batuan pada satuan batuan kalkarenit berdasarkan klasifikasi batuan sedimen campuran karbonat dan silisiklastik [9].

Micrite (Gambar 5). Penamaan batuan pada satuan batuan kalkarenit Berdasarkan klasifikasi [10] menamakan batuan pada lokasi penelitian berupa grainstone sesuai dengan komposisi yang didominasi berupa grain (48%).

2. Satuan Napal/Mudstone

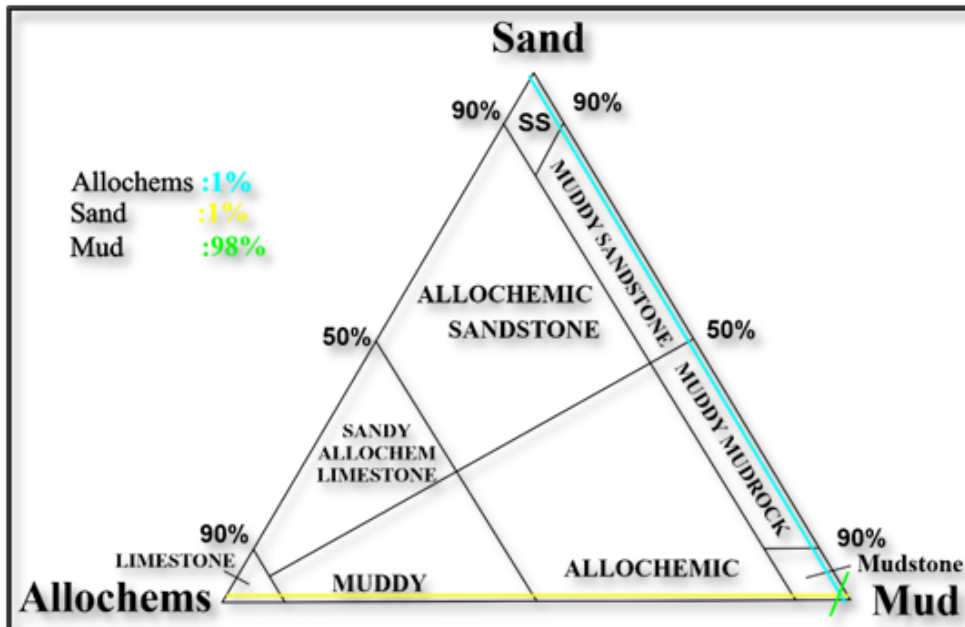
Berdasarkan pengamatan secara megaskopis pada lokasi penelitian, satuan batuan napal/mudstone pada lintasan ini memiliki warna coklat kehitaman, dengan struktur masif yang memiliki kedudukan batuan N 305°E/85°, ukuran butir lempung, memiliki sortasi baik dengan kemas tertutup (Gambar 6). Satuan batuan napal/mudstone merupakan satuan yang paling banyak di temukan pada lokasi penelitian (Gambar 6).

Berdasarkan pengamatan secara mikroskopis (Gambar 6) pada satuan batuan napal/mudstone pada lokasi penelitian memiliki komposisi yang terdiri dari mud yang paling banyak ditemukan sebesar (98%), allochem berupa fosil foraminifera (1%), sand sebesar (1%).

Berdasarkan klasifikasi batuan sedimen campuran karbonat dan silisiklastik [9], penamaan satuan batuan napal pada lokasi penelitian berdasarkan komposisi secara mikroskopis didapatkan nama batuan mudstone (Gambar 7). Penamaan batuan pada satuan batuan napal Berdasarkan klasifikasi [10] menamakan batuan pada lokasi penelitian dengan nama batuan yang berupa mudstone yang sesuai dengan komposisi yang didominasi berupa mud (98%).



**Gambar 6.** Satuan Napal/Mudstone. Kenampakan singkapan pada Lokasi Penelitian (A), Kenampakan Napal/Mudstone dengan struktur massif secara megaskopis (B), Kenampakan Kenampakan Napal/Mudstone secara mikroskopis (C), fosil foraminifera (for), sand (sn), mud (md)



**Gambar 7.** Ploting nama batuan pada satuan napal masif berdasarkan klasifikasi batuan sedimen campuran karbonat dan silisiklastik [9].

### Fasies Batuan

Berdasarkan data lapangan dan hasil *Measuring Section* atau profil batuan pada singkapan di Desa Nampu, Kecamatan Juwangi, Kabupaten Boyolali, Jawa Tengah, dilakukan pengelompokan dan interpretasi menjadi 2 fasies pengendapan berupa *Smooth portion of suprafan lobes* pada bagian bawah dan *lower fan* pada bagian atas menurut [11].

#### 1. *Smooth portion of suprafan*

Fasies ini tersusun oleh perselingan batuan kalkarenit/*grainstone* dan napal/*mudstone* dengan ketebalan 3,2 meter pada bagian bawah yang masuk pada fasies *Classical Turbidite* (CT) menurut [11]. Fasies ini umumnya tersusun dari perselingan batuan sedimen klastik seperti batupasir dan lempung. Berdasarkan profil lingkungan pengendapan menurut [12] satuan batuan kalkarenit/*grainstone* dan napal/*mudstone* masuk kedalam *Upper Interval of Parallel Lamination* (Td) yang tersusun perselingan antara batuan berukuran pasir halus dan lempung, lempung pasiran berkurang ke arah atas, dan bidang perlapisan terlihat sangat jelas. Fasies ini dicirikan dengan ukuran butir pada satuan batuan yang semakin kasar ke atas yang menandakan satuan batuan kalkarenit/*grainstone* dan napal/*mudstone* semakin dekat dengan sumber dan terjadi perubahan energi pengendapan yang semakin bertambah ke arah lapisan atas.

#### 2. *Lower Fan*

Fasies ini tersusun oleh satuan batuan napal/*mudstone* pada bagian atas dengan struktur massif dengan ukuran butir lempung, memiliki sortasi baik dengan kemas tertutup dengan ketebalan 5,5 meter yang masuk pada fasies *Classical Turbidite* (CT) menurut [11]. Fasies pengendapan *Lower Fan* terletak pada bagian luar sistem laut dalam, dengan kondisi morfologi lingkungan pengendapan yang datar dan memiliki energi yang relatif rendah ditandai dengan litologi yang semakin halus dan material pasiran mulai berkurang. Berdasarkan profil lingkungan pengendapan menurut [12] satuan batuan kalkarenit/*grainstone* dan napal/*mudstone* masuk kedalam *Pelitic Interval* (Te) yang bersifat lempungan dan tidak menunjukkan struktur yang jelas ke arah atas, material pasiran berkurang, ukuran butir semakin halus, dan di atas lapisan yang bersifat lempung napalan atau yang di sebut lempung pelagik [12].

### Analisis Umur Batuan

Analisis umur pada penelitian yang dilakukan pada lapisan bawah, tengah, dan atas pada lokasi penelitian yang ditentukan melalui fosil foraminifera planktonik berdasarkan klasifikasi [13].

#### 1. Umur Lapisan Bawah (Bottom)

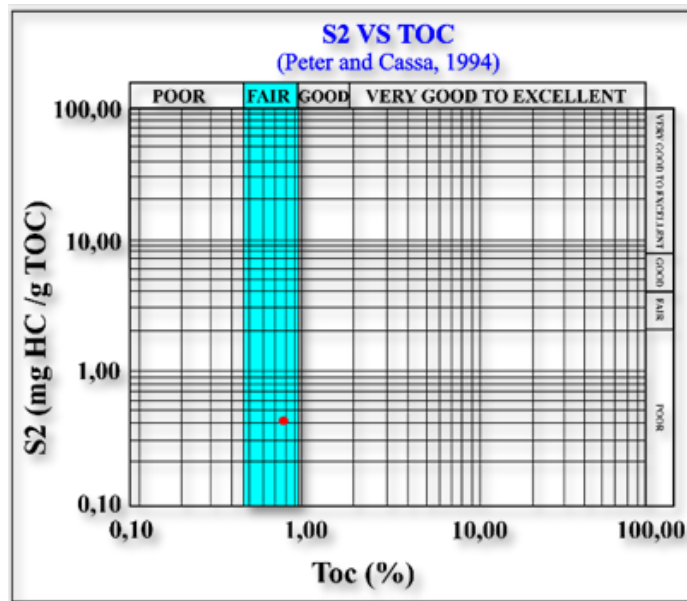
Analisis umur lapisan bawah/bottom yang dilakukan dengan mikroskop dengan perbesaran 40x batuan mudstone [10]. Ditemukan fosil foraminifera planktonik berupa *Globigerina parabulloides*, *Globoquadrina altispira*, *Globigerinoides quadrilobatus*, *Globigerinoides primordius* (Gambar 8). Berdasarkan hasil penarikan umur relatif pada lapisan bawah (Tabel 1), maka umur batuan pada Lokasi penelitian bagian bawah yaitu N5-N7 (Miosen Awal).



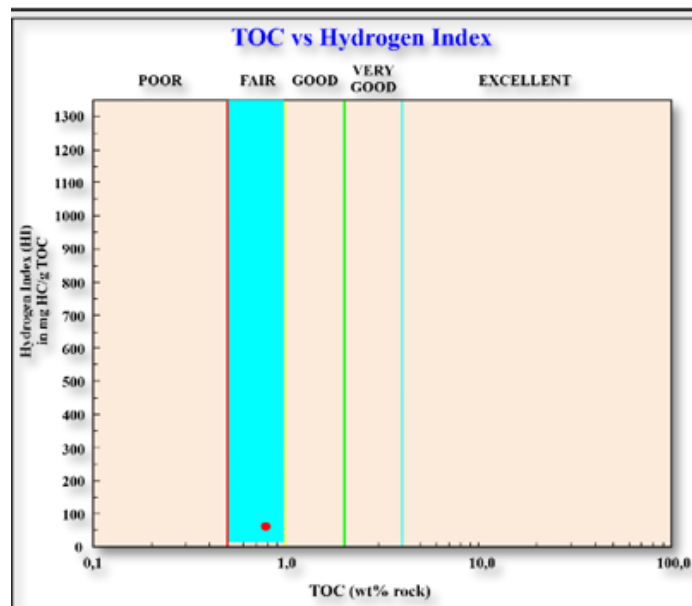
**Gambar 8.** Kenampakan fosil foraminifera planktonik pada lapisan bawah.







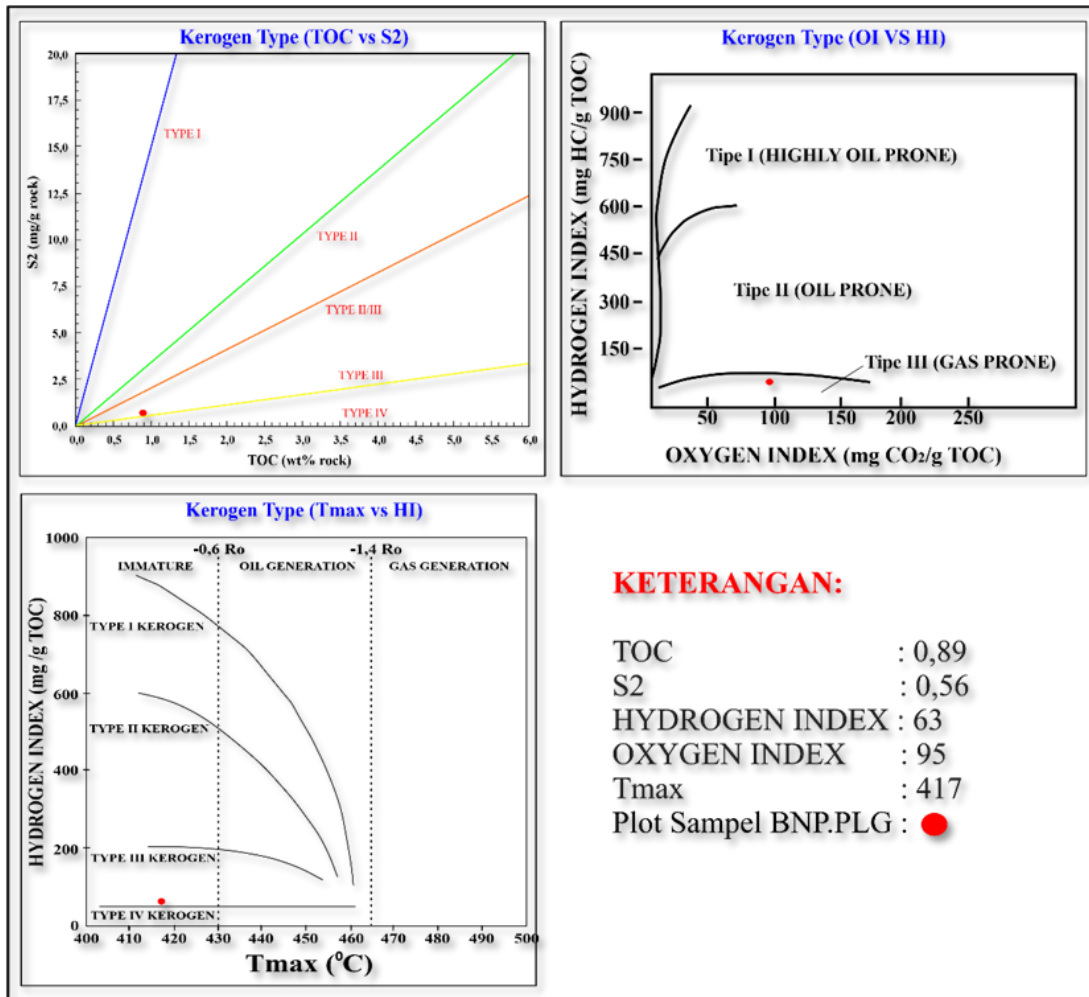
(a)



(b)

**Gambar 11.** Potensi batuan sumber berdasarkan diagram perbandingan (a) TOC vs S2 dan (b) TOC vs HI dengan TOC = 0,89, S2 =0,56, HI = 63 dan titik merah adalah plot sampel BNP.PLG

Tipe Kerogen berdasarkan hasil perbandingan diagram TOC vs S2 dan Tmax vs HI serta OI vs HI, dari perbandingan tersebut sampel yang dianalisis memiliki indikasi kerogen Type III memiliki kecenderungan menghasilkan gas (Gmbar 12). Kematangan batuan induk dapat di lihat berdasarkan nilai Tmax, sampel batuan permukaan memiliki nilai Tmax sebesar 417°C mengindikasikan memiliki tingkat kematangan belum matang/immature (Gambar 12).



**Gambar 12.** Type Kerogen berdasarkan diagram perbandingan TOC vs S2, Tmax vs HI dan OI Vs HI

## DISKUSI

Formasi Pelang dianggap sebagai formasi tertua yang tersingkap di Mandala Kendeng. Tidak jelas keberadaan bagian atas maupun bawah dari formasi ini karena singkapannya pada daerah upthrust, berbatasan langsung dengan Formasi Kerek yang lebih muda [14]. Penelitian yang berhubungan dengan rembesan minyak pada Zona Kendeng dilakukan oleh [15] menganalisis karakteristik geokimia minyak Gales dan gas gunung kendil cenderung berkorelasi dengan Formasi Pelang dengan posisi stratigrafi lebih dalam. Formasi Pelang berpotensi sebagai batuan induk yang cenderung menghasilkan minyak dan gas. [16] berpendapat bahwa formasi batuan induk pada cekungan kendeng dapat beralih ke formasi di bawah Kerek, yaitu Pelang. Formasi Pelang tersusun atas lempung yang terdiri dari napal bersisipan batugamping.

Berdasarkan perbandingan sampel Formasi Pelang yang dianalisis memiliki indikasi kerogen Type III memiliki kecenderungan menghasilkan gas, dari data batuan induk perlu dilakukan analisis lebih lanjut terkait gas yang keluar ke permukaan melalui rembesan yang di temukan pada lokasi penelitian untuk menentukan tingkat kematangan hidrokarbon yang dihasilkan dari batuan induk Formasi Pelang.

Berdasarkan analisis umur, lokasi penelitian memiliki umur yang sudah terbalik ditandai dengan litologi bagian atas yang memiliki umur yang lebih tua. Pembalikan umur tersebut terjadi karena Formasi Pelang terkena sesar naik pada utara lokasi penelitian mengakibatkan Formasi Pelang yang memiliki umur paling tua di Zona Kendeng dapat tersingkap di permukaan dan lapisan batuan Formasi Pelang mengalami pembalikan. Struktur geologi daerah telitian terdiri dari 6 sesar yaitu sesar naik Kalimati, sesar naik Sambeng, sesar naik Pilangrejo, sesar naik Juwangi, sesar mendatar kiri Jerukan, dan sesar mendatar kanan Kayenserta, sesar tersebut berada dalam satu sistem sesar naik yaitu imbrikasi kedepan dan memiliki kisaran umur relatif sesar antara N19-N21 [17].

Pada analisis fosil tidak menggunakan foraminifera bentonik, karena fokus pada analisis fosil hanya untuk mengetahui umur batuan pada Lokasi penelitian. Lingkungan pengendapan daerah penelitian ditentukan melalui analisis fasies batuan yang di korelasikan dengan fasies lingkungan pengendapan. Analisis umur dilakukan untuk mengetahui umur batuan induk yang memiliki indikasi menghasilkan hidrokarbon.

## KESIMPULAN

Lokasi penelitian berada di Desa Nampu, Kecamatan Juwangi, Kabupaten Boyolali, Jawa Tengah yang berada di zona kendang dan masuk pada Formasi Pelang. Litologi yang di temukan berupa perselingan Napal/mudstone dan kalkarenit/grainstone pada bagian bawah dengan ketebalan 3,2 meter dan satuan Napal/Mudstone dengan struktur masif pada bagian atas dengan ketebalan 5,5 meter. Berdasarkan analisis fosil foraminifera planktonik, umur batuan lokasi penelitian adalah N5-N7 pada lapisan bawah, N6 pada lapisan Tengah dan N4-N6 pada lapisan atas. Setelah di tarik umur pada lapisan bawah, tengah dan atas, batuan pada lokasi penelitian memiliki umur Miosen Awal.

Fasies lingkungan pengendapan lokasi penelitian berada pada Upper Interval of Parallel Lamination (Td) dan Pelitic Interval (Te) yang dicirikan oleh perselingan batuan kalkarenit/grainstone dan napal/mudstone pada bagian bawah dan satuan batuan napal/mudstone pada bagian atas dengan struktur massif. Berdasarkan sikuen progradasi kipas bawah laut menurut [10], lokasi penelitian masuk pada fasies Classical Turbidite (CT).

Berdasarkan nilai analisis TOC yang telah dilakukan, lokasi penelitian memiliki kandungan TOC sebesar 0,89% sehingga dikategorikan memiliki kekayaan bahan organik sedang (fair). Hasil analisis rock eval terhadap sampel permukaan memiliki kategori sedang (fair) sebagai batuan sumber penghasil hidrokarbon, berdasarkan perbandingan diagram TOC dan S<sub>2</sub>, T<sub>max</sub> vs HI dan HI vs OI diketahui bahwa sampel memiliki indikasi Kerogen type III yang cenderung menghasilkan gas. Kematangan sampel batuan induk berdasarkan nilai T<sub>max</sub> memiliki tingkat kematangan yang belum matang (immature).

## UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada seluruh rekan-rekan yang telah berkontribusi dalam pelaksanaan penelitian ini, baik dalam pengumpulan data, analisis, maupun diskusi yang konstruktif. Penulis Mengucapkan terimakasih kepada Institusi yang telah mendukung para mahasiswa dalam penelitian ini.

Penulis berharap hasil penelitian ini dapat memberikan manfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan di bidang geologi serta menjadi acuan bagi penelitian selanjutnya di bidang yang relevan.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ronov, A. B. Organic carbon in sedimentary rocks (in relation to the presence of petroleum). *Geochemistry*, 1958, 5: 497-509.
- [2] Samodra, H., Suharsono, S. Gafoer dan T. Suwarti., (1992): "Geologi Lembar Tulungagung, Jawa", Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung, Indonesia.
- [3] Rahardjo, Wartono. 2004. Buku Panduan Ekskursi Geologi Regional Pegunungan Selatan dan Zona Kendeng. Jurusan Teknik Geologi. Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada.
- [4] De Genevraye, Patrick, and Luki Samuel, Geology of the Kendeng zone (Central & east Java), Indonesian Petroleum Association, 1972, pp. 17-30.
- [5] Peters, K.E., dan M. R. Cassa, Applied Source Rock Geochemistry, AAPG Memoir, 1994, 60, 93-120.
- [6] Waples, D. W, Geochemistry in Petroleum Exploration, Boston: D. Reidel Publishing Company, 1985.
- [7] Sukardi, T. Budhitrisna. Peta Geologi Lembar Salatiga, Jawa. *Pusat Penelitian Dan Pengembangan Geologi, Bandung*, 1992.
- [8] Grabau, Amadeus William. *On the Classification of Sedimentary Rocks...* 1904.
- [9] Mount, Jeffrey. "Mixed siliciclastic and carbonate sediments: a proposed first-order textural and compositional classification." *Sedimentology* 32.3 (1985): 435-442.
- [10] Embry, Ashton F., and J. Edward Klovan. "A late Devonian reef tract on northeastern Banks Island, NWT." *Bulletin of Canadian petroleum geology* 19.4 (1971): 730-781.
- [11] Walker, Roger G., and Douglas J. Cant. "Sandy fluvial systems." *Facies models* 1 (1984): 71-89. s
- [12] Bouma, Arnold H. "Sedimentology of some flysch deposits." *Agraphic approach to facies interpretation* 168 (1962).
- [13] Blow, Walter H. Late Middle Eocene to Recent planktonic foraminiferal biostratigraphy. Leiden: *Proceedings of the first international conference on planktonic microfossils*. 1969. p. 199-422.
- [14] HARSONO, P. Stratigrafi daerah Mandala Rembang dan sekitarnya. 1983.

- [15] Mardianza, Andi, and Cindy Dianita. "Korelasi Geokimia Antara Batuan Induk Dan Rembesan Minyak Dan Gas Di Zona Kendeng Bagian Barat, Jawa Tengah." *Lembaran Publikasi Minyak Dan Gas Bumi (LPMGB)* 52.2 (2018): 67-77.
- [16] Vashti, A. A., Romario, I. F. B., Suprpto, R. E., & Devi, E. A. (2007). Evaluasi Karakteristik Batuan Dan Rembesan Minyak Pada Formasi Kerek Terhadap Potensi Hidrokarbon Cekungan Kendeng, Semarang, Jawa Tengah, Indonesia.
- [17] Hapsoro, Satrio Esti. "Geologi Dan Studi Karakteristik Sesar Naik Daerah Pilangrejo Dan Sekitarnya Kecamatan Juwangi, Kabupaten Boyolali Provinsi Jawa Tengah." *Jurnal Ilmiah Geologi PANGEA* 1.2 (2021).