Studi Lingkungan Pengendapan dan Potensi Batuan Induk Hidrokarbon Formasi Balikpapan Daerah Palaran, Kalimantan Timur

Study of the Depositional Environment and Hydrocarbon Source Rock Potential of the Balikpapan Formation in the Palaran Area, East Kalimantan

Nijusiho Manik[1], Jamaluddin[*2], A. Ibnu Taslim[3]
[1] Program Studi Teknik Perminyakan, Sekolah Tinggi Teknologi Migas Balikpapan
[2-3] Program Studi Geologi, Sekolah Tinggi Teknologi Migas Balikpapan
Corr Author:[1]nijusiho@gmail.com, [*2]Jamaluddin@sttmigas.ac.id, [3]ibnu.ubay24@gmail.com

ABSTRAK

Studi mengenai lingkungan pengendapan dan potensi batuan induk hidrokarbon pada Formasi Balikpapan di daerah Palaran, Kalimantan Timur, sangat penting untuk dikaji sebagai indikator kemampuan suatu batuan sedimen untuk menghasilkan hidrokarbon. Data primer yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari data lapangan dan analisis geokimia yang meliputi *total organic carbon* (TOC), *Rock-Eval Pyrolysis*, dan pantulan vitrinit. Hasil penelitian menunjukkan bahwa daerah penelitian terdapat delapan (8) litofasies yaitu litofasies batupasir konglomeratan (Cst), litofasies batupasir silang-siur (St), litofasies batupasir stratifikasi silang *hummocky* (Shcs), litofasies batulempung laminasi, flaser, dan lentikuler (Fl), litofasies batulempung berlapis (Fsc), litofasies batulempung (Fm), litofasies serpih batubaraan (Csh), dan litofasies batubara (C). Asosiasi fasies pada daerah tersebut terdiri dari *delta plain* dan *upper distributary channel.* Lingkungan pengendapan Formasi Balikpapan merupakan lingkungan deltaik dengan pengaruh laut yang ditandai dengan adanya sedimen silisiklastik dan batubara yang mengindikasikan perubahan kondisi pengendapan dari darat ke laut. Berdasarkan analisis geokimia organik, serpih pada daerah Palaran memiliki nilai TOC 1.07 % – 1.74 % dan batubara 61.58 % – 61.60 %. Tipe kerogen dari batuan induk pada Formasi Balikpapan, Daerah Palaran menunjukkan kerogen tipe III yang memiliki potensi untuk menghasilkan gas atau sedikit minyak dengan tingkat kematangan belum matang hingga tahap matang awal. Sedimen pada Formasi Balikpapan mengindikasikan memiliki potensi yang bervariasi dari buruk hingga sedang dan tidak terlalu kaya dalam menghasilkan hidrokarbon.

Kata-kata kunci*:* Batuan Induk; Formasi Balikpapan; Lingkungan Pengendapan; Palaran.

ABSTRACT

The study of the depositional environment and hydrocarbon source rock potential of the Balikpapan Formation in the Palaran area, East Kalimantan, is crucial for understanding the capability of sedimentary rocks to generate hydrocarbons. The primary data used in this research consists of field data and geochemical analyses, including total organic carbon (TOC), Rock-Eval Pyrolysis, and vitrinite reflectance. The results of the study indicate that the research area comprises eight lithofacies: conglomeratic sandstone (Cst), trough cross-bedded sandstone (St), hummocky cross-stratified sandstone (Shcs), claystone with planar lamination, flaser, and lenticular (Fl), laminated mudstone (Fsc), claystone (Fm), coaly shale (Csh), and coal (C). The facies associations in this area consist of delta plain and upper distributary channel. The depositional environment of the Balikpapan Formation is deltaic with marine influence, indicated by the presence of siliciclastic sediments and coal, suggesting a transition from terrestrial to marine depositional conditions. Based on organic geochemical analysis, the shales in the Palaran area have TOC values ranging from 1.07% to 1.74%, and the coal samples range from 61.58% to 61.60%. The kerogen type of the source rocks in the Balikpapan Formation, Palaran area, is identified as Type III, which has the potential to generate gas or minor oil, with maturity levels ranging from immature to early mature stages. The sediments of the Balikpapan Formation indicate varying potential from poor to moderate and are not particularly rich in hydrocarbon generation.

Keywords: Source rock; Balikpapan Formation; Depositional environment; Palaran.

Submitted: 12-07-2024; Revised: 21-04-2025; Accepted: 05-05-2025; Available Online: 16-05-025
Published by: Mining Engineering, Faculty of Engineering, Universitas Lambung Mangkurat
This is an open access article under the CCBYND license https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
©2025, Geosapta

PENDAHULUAN

Cekungan Kutai merupakan salah satu formasi geologi yang signifikan dalam konteks eksplorasi hidrokarbon di Indonesia. Formasi ini memiliki sejarah geologi yang kompleks dan beragam lingkungan pengendapannya yang menjadikannya subjek penting untuk penelitian dalam rangka memahami potensi batuan induk hidrokarbon [1]. Formasi Balikpapan di daerah Palaran diduga memiliki potensi batuan induk yang signifikan, mengingat adanya indikasi kandungan organik yang tinggi dan kondisi geotermal yang mendukung. Studi ini berfokus pada analisis lingkungan pengendapan dan potensi batuan induk hidrokarbon di Formasi Balikpapan.

Lingkungan pengendapan adalah faktor kunci yang menentukan kualitas dan kuantitas batuan induk hidrokarbon. Formasi Balikpapan terbentuk dalam

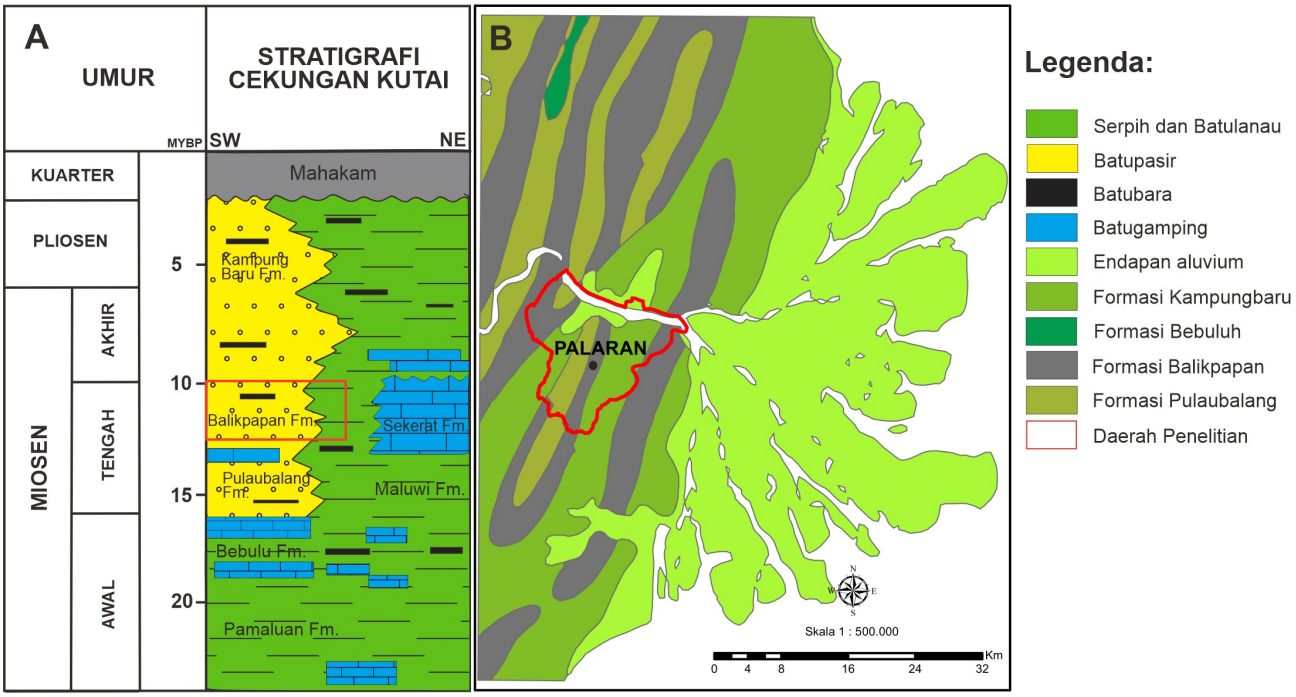
http://dx.doi.org/10.20527/jg.v11i1.19936

lingkungan marin hingga deltaik selama periode Tersier [2]. Studi tentang lingkungan pengendapan ini mencakup analisis fasies sedimentasi, tekstur batuan, dan struktur sedimen yang semuanya memberikan informasi penting tentang kondisi geologi masa lalu dan potensi sumber daya yang terkandung di dalamnya.

Selain pentingnya lingkungan pengendapan, potensi batuan induk hidrokarbon di Formasi Balikpapan juga menjadi fokus utama penelitian ini. Batuan induk adalah sumber utama hidrokarbon yang telah mengalami proses geokimia untuk menghasilkan minyak dan gas. Faktor-faktor seperti kandungan organik, tingkat kematangan termal, dan sejarah pemanasan geotermal sangat mempengaruhi kemampuan batuan induk untuk menghasilkan hidrokarbon [3].

Adapun tatanan stratigrafi lembar Samarinda yang diurutkan dari muda ke tua adalah Aluvial (Qa), Formasi Kampungbaru (Tpkb), Formasi Balikpapan (Tmbp), Formasi Pulaubalang (Tmpb), Formasi Bebuluh (Tmb), dan Formasi Pamaluan (Tomp) (Gambar 1a) [4]. Berdasarkan survei lapangan dan Peta Geologi Regional Lembar Samarinda (Gambar 1b), daerah penelitian berada pada Formasi Balikpapan yang mengindikasikan sebagai formasi pembawa batubara pada Cekungan Kutai. Formasi Balikpapan memiliki tebal ± 800 m – 1500 m, berumur Miosen Tengah Atas dan terdiri dari batulanau, batupasir, serpih, dan lapisan batubara [5]. Keberadaan batubara menunjukkan adanya lingkungan pengendapan lingkungan deltaik hingga laut dangkal dengan kondisi anoksik yang memungkinkan pelestarian bahan organic [5-6].

Penelitian tersebut bertujuan untuk mengetahui litofasies dan asosiasi fasies sehingga dapat menentukan lingkungan pengendapan serta potensi batuan induk hidrokarbon pada lokasi penelitian. Dengan memahami lingkungan pengendapan dan potensi batuan induk hidrokarbon, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi signifikan bagi upaya eksplorasi dan eksploitasi sumber daya hidrokarbon di Kalimantan Timur, serta membantu dalam pengelolaan yang lebih efisien dan berkelanjutan terhadap sumber daya alam di wilayah ini.



Gambar-1. (a) Kolom stratigrafi Cekungan Kutai Bawah menunjukkan urutan lapisan batuan dari tertua hingga termuda (modifikasi dari [4,7]); (b) Peta geologi daerah penelitian (modifikasi dari [6]).

METODOLOGI

Penelitian ini menggunakan data primer yang meliputi data lapangan dan data hasil analisis/uji laboratorium. Data lapangan diperoleh dari kegiatan fieldwork yang dilakukan di singkapan-singkapan yang berada di sekitar daerah Palaran, Samarinda. Singkapan ini menjadi sumber utama pengambilan sampel untuk penelitian ini. Sampel batuan berjumlah delapan sampel yang terdiri atas litologi serpih dan batubara. Analisis geokimia yang meliputi *Total Organic Carbon* (TOC), *Rock-Eval Pyrolysis*, dan pantulan vitrinit dilakukan di *Chair of Energy Geosciences*, Montanuniversitat Leoben, Austria.

Kandungan karbon total (TC), sulfur (S), dan karbon organik total (TOC) diukur menggunakan *analyzer Eltra Helios Double Dual Range* C/S dengan sampel sebanyak 60-80 mg material yang sudah dihaluskan. Analisis *Rock-Eval Pyrolysis* dilakukan menggunakan analyzer Rock-Eval6 dari *Vinci Technologies*. Sampel dipanaskan hingga mencapai suhu 300°C dan suhu ini dipertahankan selama tiga menit. Puncak S_1 yang dihasilkan pada tahap ini mewakili jumlah hidrokarbon bebas yang terdapat dalam sampel (mg HC/g batuan). Setelah itu, sampel dipanaskan secara bertahap hingga mencapai suhu 550°C dengan laju kenaikan suhu 25°C per menit. Hidrokarbon yang dihasilkan selama tahap pemanasan ini, yang disebabkan oleh perpecahan termal dari kerogen, direkam sebagai puncak S_2 (mg HC/g batuan). Suhu maksimum terjadinya puncak S_2 (Tmaks; °C) digunakan sebagai parameter kematangan dari sampel tersebut [8]. Parameter S_1 dan S_2 digunakan untuk menghitung indeks hidrogen (HI=100*S_2/TOC) dan Potensi Generasi (GP=S_1+S_2) [8]. Pengukuran reflektansi vitrinit dilakukan sesuai dengan prosedur yang telah

http://dx.doi.org/10.20527/jg.v11i1.19936

ditetapkan oleh Taylor dkk [9] menggunakan mikroskop *Leica DM 4P* dengan objektif cairan minyak 50×.

HASIL DAN DISKUSI

Litofasies

Analisis litofasies mengacu pada klasifikasi standar yang melibatkan identifikasi, deskripsi, dan interpretasi lingkungan pengendapan dari batuan sedimen [10-12]. Berdasarkan hasil pengamatan di lapangan, sebanyak delapan (8) litofasies terdapat pada daerah penelitian yaitu sebagai berikut:

Litofasies Batupasir Konglomeratan (Cst)

Dominasi butir kasar hingga kerikil, sering kali terlihat sebagai fragmen konglomerat yang terdiri dari campuran butiran berukuran pasir (2 mm - 0,0625 mm) dan klastik berukuran kerikil (>2 mm), relatif buruk sorting, dan bentuk butir berbentuk bulat *(rounded)*. Lapisan ini memiliki ketebalan < 1 meter. Batuan ini menunjukkan lingkungan pengendapan dengan energi tinggi, kemungkinan besar berasal dari aliran fluvial (Gambar 2a).

Litofasies batupasir silang-siur (St)

Batupasir dengan butiran sedang hingga kasar yang berwarna abu-abu terang hingga putih, mencerminkan komposisi mineral yang bersih dan sedikit kandungan organik. Sedimen yang telah mengalami pelapukan cenderung berubah warna menjadi coklat, yang disebabkan oleh oksidasi mineral besi atau pengaruh cuaca. Litofasies ini membentuk interval batupasir dengan ketebalan antara 2 hingga 17 meter, menunjukkan lapisan yang cukup tebal dan masif (Gambar 2b).

Litofasies batupasir stratifikasi silang *hummocky (Shcs)*

Litofasies batupasir stratifikasi silang *hummocky* (Shcs) merujuk pada batuan sedimen yang menunjukkan struktur stratifikasi silang *hummocky* yang terdiri dari batupasir dan batulanau. Litofasies ditandai oleh struktur stratifikasi silang yang bergelombang atau berbentuk *hummock* (bukit kecil) dan *swaley* (cekungan). Struktur ini biasanya terbentuk di bawah pengaruh gelombang badai (Gambar 2c).

Litofasies batulempung laminasi, flaser, dan lentikuler (Fl)

Litofasies ini memiliki warna abu-abu terang dengan ukuran butir lempung, sortasi sangat baik, *well cemented*, dan ditemukan dalam keadaan segar, fasies ini memiliki struktur sedimen (planar laminasi), terdapat sisipan batupasir halus dan batupasir halus dengan struktur (flaser dan lentikuler), terdapat nodul. Dengan ketebalan terukur 24,39 m (Gambar 2d).

Litofasies batulempung berlapis (Fsc)

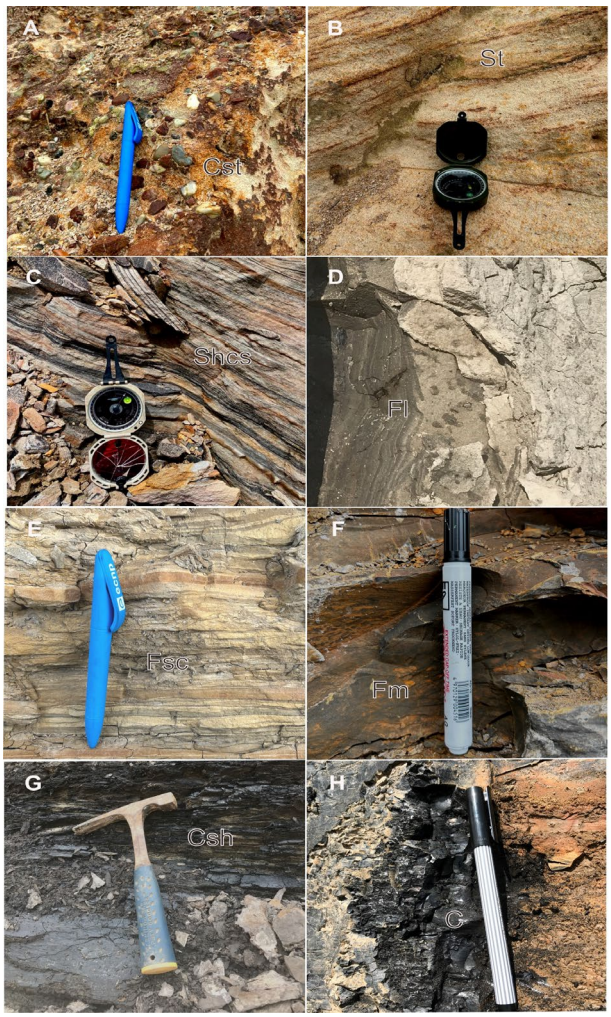
Litofasies batulempung berlapis (Fsc) merujuk pada batuan sedimen yang didominasi oleh batulumpur yang menunjukkan struktur perlapisan yang tipis, yang dapat terjadi secara paralel atau sedikit bergelombang. Struktur laminasi halus menunjukkan lingkungan pengendapan dengan energi rendah, kemungkinan besar di lingkungan laut dalam atau delta. Ketiadaan struktur sedimen yang kasar mengindikasikan kondisi pengendapan yang stabil dan tenang. Warna dapat bervariasi, tetapi biasanya ditemukan dalam warna abu-abu, hitam, atau coklat (Gambar 2e).

Litofasies batulempung (Fm)

Litofasies batulempung (Fm) merujuk pada batuan sedimen yang didominasi oleh lumpur *(mudstone)* yang menunjukkan struktur masif, tanpa adanya lapisan yang jelas atau perlapisan yang signifikan. Batuan menunjukkan warna abu-abu gelap dengan ukuran butir lempung sangat halus kurang dari 0.004 mm. Litofasies batulempung (Fm) menggambarkan deposisi dalam lingkungan energi rendah dengan kondisi pengendapan yang tenang dan stabil (Gambar 2f).

Litofasies serpih batubaraan (Csh)

Fasies ini berwarna hitam dengan laminasi halus dan inklusi batubara. Fasies ini memiliki ketebalan < 1 meter dan sering kali berada di antara lapisan batupasir. Warna hitam dan laminasi halus menunjukkan pengendapan di lingkungan dengan energi rendah dan kaya bahan organik, seperti rawa atau delta. Kehadiran batubara menunjukkan periode akumulasi bahan organik yang signifikan di lingkungan anoksik (Gambar 2g).



Gambar-2. Distribusi litofasies pada satuan batuan penyusun Daerah Palaran.

Litofasies batubara (C)

Batubara dalam fasies ini terutama bersifat masif, meskipun beberapa lapisan menunjukkan struktur berlapis.

http://dx.doi.org/10.20527/jg.v11i1.19936

Batubara ini memiliki karakteristik yang keras dan kompak, dengan tekstur yang berlapis-lapis dan kehadiran celah batubara serta pirit framboidal. Ketebalan maksimal lapisan batubara ini mencapai < 1 meter. Lapisan batubara ini menunjukkan lingkungan pengendapan delta dengan kondisi anaerobik yang mendukung pembentukan batubara dan pirit (Gambar 2h).

Asosiasi Fasies

Delta Plain

Fasies asosiasi delta plain pada daerah penelitian dapat diidentifikasi berdasarkan kehadiran litofasies yang khas yaitu Cst, St, Fm, dan Csh. Kehadiran litofasies ini menunjukkan adanya variasi lingkungan pengendapan yang berhubungan dengan sistem delta. Kehadiran litofasies Cst menunjukkan bahwa ada lingkungan aliran energi tinggi, kemungkinan besar di saluran utama sungai pada *delta plain*. Energi tinggi diperlukan untuk mengangkut dan mengendapkan material kasar seperti kerikil. Hal ini mengindikasikan adanya saluran *distributary* atau saluran utama yang aktif mengangkut material dari hulu ke delta. Batubara, batulempung, dan batulanau kaya organik adalah fasies dominan yang mencerminkan lingkungan pengendapan dengan akumulasi material organik yang tinggi [2,14].

Upper Distributary Channel

Upper Distributary Channel di daerah Palaran merupakan bagian dari lingkungan upper delta plain yang didominasi oleh proses fluvial dengan pengaruh pasang surut dan laut yang minimal. Lokasi ini berada di bagian atas delta yang terletak di atas muka laut, di mana aliran sungai menjadi agen utama dalam pengendapan sedimen. Proses pengendapan ini didominasi oleh aliran sungai yang kuat yang membawa sedimen dari daratan menuju ke delta. Asosiasi fasies *upper distributary channel* di upper delta plain didominasi oleh litofasies batupasir silang siur dengan sisipan dan lensa batulempung. Struktur pelapisan silang planar yang mendominasi mencerminkan aliran satu arah yang kuat, hasil dari aktivitas fluvial yang sangat dominan dengan pengaruh pasang surut yang rendah. Suksesi mengkasar ke atas dan menebal ke atas menunjukkan peningkatan kecepatan aliran seiring waktu. Arah pengendapan umum ke arah timur sesuai dengan pola pengendapan Delta Mahakam [14].

Lingkungan Pengendapan

Rekontruksi lingkungan pengendapan daerah Palaran berada pada wilayah transisi antar lapisan yang menunjukkan perubahan kondisi lingkungan dari energi rendah (*mudstone* dan batubara) ke energi tinggi (pasir kasar dengan struktur silang-siur). Dominasi fasies lumpur dan laminasi halus, serta kehadiran lapisan batubara, menunjukkan lingkungan pengendapan dataran banjir *(delta plain)* dengan vegetasi lebat dan kondisi rawa yang memungkinkan akumulasi material organik. Dominasi struktur *cross-bedded sandstone* dan *channel sandstone* menunjukkan pengendapan di lingkungan saluran *distributary* dengan aliran air yang kuat dan fluktuasi energi yang cukup besar. Formasi Balikpapan yang terbukti sebagai lingkungan pengendapan fluvio-deltaik. Batubara dan material organik lainnya di delta plain menunjukkan potensi tinggi untuk pembentukan hidrokarbon, sementara saluran distributary menyediakan jalur migrasi potensial untuk hidrokarbon yang terbentuk.

Gambar-3. Rekonstruksi lingkungan pengendapan daerah Palaran.

Potensi Batuan Induk Hidrokarbon

Formasi Balikpapan di Cekungan Kutai memiliki potensi yang signifikan sebagai batuan induk hidrokarbon. Dengan kandungan material organik yang cukup, ketebalan lapisan yang memadai, dan kondisi geologis yang mendukung, formasi ini merupakan target yang

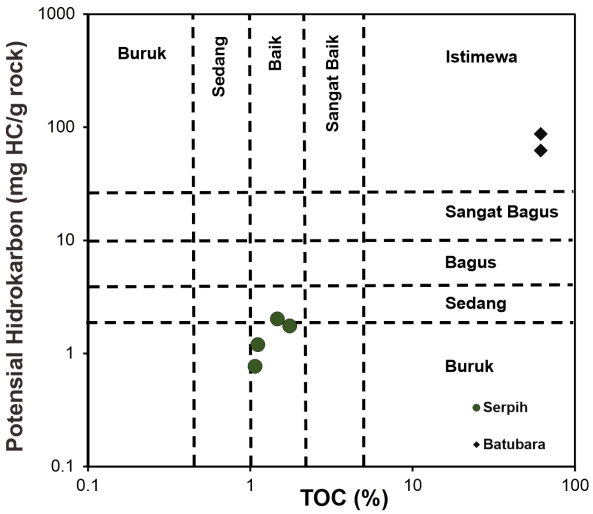
http://dx.doi.org/10.20527/jg.v11i1.19936

penting bagi eksplorasi minyak dan gas di Indonesia. Hasil geokimia organik yang menggambarkan potensi batuan induk hidrokarbon pada daerah Palaran terdapat pada Tabel 1.

Hubungan antara TOC dan potensi hidrokarbon (Gambar 4) menunjukkan serpih pada daerah Palaran memiliki nilai TOC 1.07 % – 1.74 % dan potensi hidrokarbon (GP) 0.77– 2.03 mg HC/g rock yang mengindikasikan memiliki potensi yang bervariasi dari buruk hingga sedang dan tidak terlalu kaya dalam menghasilkan hidrokarbon. Sedangkan, batubara memiliki nilai TOC lebih dari 4% (61.58 % – 61.60 %) dan potensi hidrokarbon (GP) 62.27 – 87.06 mg HC/g rock menunjukkan bahwa batubara ini sangat berpotensi untuk menghasilkan hidrokarbon dalam jumlah besar. Semakin tinggi TOC maka semakin tinggi potensi batuan untuk menghasilkan hidrokarbon. Ini karena jumlah material organik yang tersedia untuk diubah menjadi hidrokarbon lebih banyak pada batuan dengan TOC tinggi.

Tabel-1. Hasil analisa *Total Organic Carbon* (TOC), *Rock-Eval Pyrolysis*, dan pantulan vitrinit.

Sampel	Litologi	TOC	S_1	S_2	GP	Tmaks.	HI	Ro
		%	mg HC/g rock			ºC	mg HC/g TOC	%Ro
SMD 2.3	Serpih	1.07	0.09	0.69	0.77	427	63.6	0.53
SMD 3.4	Serpih	1.11	0.08	1.13	1.20	432	103.7	0.62
SMD 3.5	Serpih	1.46	0.08	1.95	2.03	432	137.9	0.62
SMD 3.6	Serpih	1.74	0.11	1.65	1.76	431	95.8	0.60
SMD 3.7	Batubara	61.58	0.41	61.87	62.27	423	91.2	0.43
SMD 3.8	Batubara	61.60	1.04	86.03	87.06	415	134.1	0.49

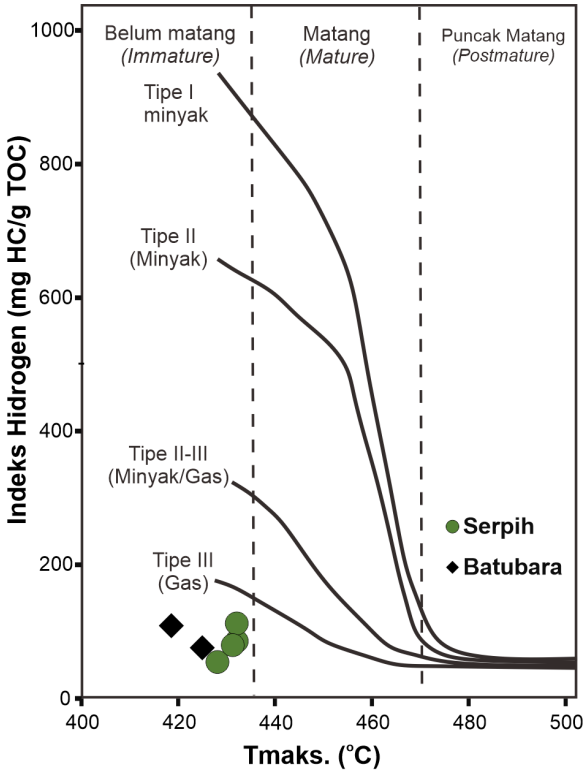


Gambar-4. Hubungan antara potensi hidrokarbon dalam mg HC/g rock dengan total karbon organik (TOC) dalam persen.

Sampel serpih memiliki nilai HI 63.6 – 139.7 mg HC/g TOC dan sampel batubara memiliki nilai HI 91.2 – 134.1 mg HC/g TOC. Diagram pseudo van Krevelen Tmaks terhadap HI (Gambar 5) menunjukkan batuan induk pada Formasi Balikpapan menunjukkan kerogen tipe III yang memiliki potensi untuk menghasilkan gas atau sedikit minyak tergantung pada tingkat kematangannya. Kerogen tipe III terdiri dari material yang mengandung sedikit lemak atau zat lilin dengan zat salulosa dan lignin sebagai penyumbang terbesar. pada kerogen tipe III. Komposisi kerogen tipe III memiliki kandungan material organik Material tumbuhan tinggi (kayu, selulosa) dengan maseral vitrinit dan berada pada lingkungan pengendapan laut dangkal hingga darat [15].

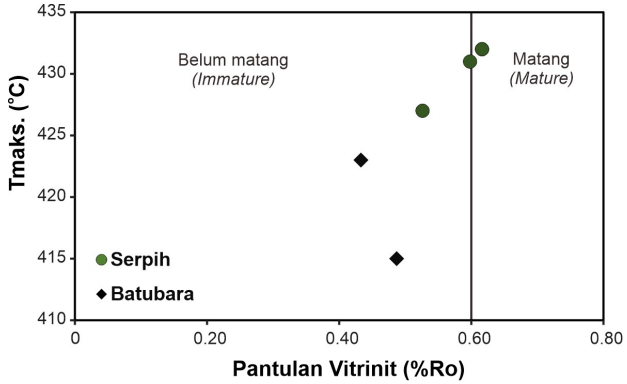
Peningkatan nilai reflektansi vitrinit yang tinggi pada Formasi Balikpapan mungkin terkait dengan geologi daerah tersebut, yang ditandai oleh Antiklinorium *Samarinda-Mahakam Fold Belt* dan gradien geotermal yang relatif tinggi. Cekungan Kutai di Kalimantan Timur memiliki gradien geotermal antara 25° dan 40 °C/km [16]. Peningkatan regional selama Miosen Tengah, seperti yang terbukti oleh lapisan deltaik-fluvial dari Delta Mahakam Miosen Tengah yang mengelilingi Kota Samarinda [1].

Berdasarkan analisis tingkat kematangan, serpih sebagian besar berada pada tahap belum matang ($T_{maks.}$ 420 – 430°C dan %Ro 0.20 – 0.60%). Namun, ada beberapa titik yang mendekati atau telah mencapai tahap matang ($T_{maks.}$ ± 430°C dan %Ro < 0.60%). Sedangkan sampel batubara juga berada pada tahap belum matang ($T_{maks.}$ 415-425°C dan %Ro 0.20 – 0.40%) (Gambar 6). Serpih dan batubara yang terdapat pada daerah Palaran masih berada pada tahap belum matang menunjukkan bahwa proses thermal metamorphism dari materi organik dalam batuan tersebut belum mencapai tingkat yang cukup untuk menghasilkan hidrokarbon secara signifikan.



Gambar-5. Penentuan tipe kerogen batuan induk grafik pseudo van krevelen T_{maks} vs HI.

http://dx.doi.org/10.20527/jg.v11i1.19936



Gambar-6. Diagram hubungan antara suhu temperatur maksimum ($T_{maks.}$) dan pantulan vitrinit (%Ro).

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan penelitian di atas, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

- Asosiasi fasies dari *delta plain* dan *upper distributary channel* menunjukkan bahwa wilayah ini dipengaruhi oleh dinamika deltaik yang kuat dengan fluktuasi antara kondisi pengendapan darat dan laut. Ini konsisten dengan pengamatan adanya sedimen silisiklastik yang bercampur dengan batubara yang menandakan transisi lingkungan pengendapan.
- Data geokimia menunjukkan bahwa serpih di daerah ini memiliki nilai TOC yang berkisar antara 1.07% hingga 1.74%, sedangkan batubara menunjukkan nilai TOC yang sangat tinggi, yaitu antara 61.58% hingga 61.60%. Kerogen yang ditemukan adalah tipe III, yang memiliki potensi utama untuk menghasilkan gas dengan sedikit minyak. Tingkat kematangan kerogen bervariasi dari belum matang hingga tahap matang awal, menunjukkan bahwa batuan induk di daerah ini berada pada berbagai tahap dalam proses pembentukan hidrokarbon.

Melalui pendekatan yang lebih terintegrasi dan komprehensif, penelitian selanjutnya dapat lebih efektif dalam mengidentifikasi dan mengoptimalkan potensi hidrokarbon di Formasi Balikpapan, daerah Palaran seperti evaluasi isotop karbon dan analisis biomarker. Pendekatan ini akan memberikan informasi yang lebih spesifik mengenai sumber material organik dan kondisi pengendapan yang mengarah pada pembentukan hidrokarbon. Studi biostratigrafi untuk menentukan umur relatif dari lapisan batuan dan korelasi stratigrafi. Ini akan membantu dalam memahami sejarah geologi dan evolusi lingkungan pengendapan di Formasi Balikpapan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak STT Migas Balikpapan yang telah mendanai kegiatan penelitian ini sehingga dapat terlaksana dengan baik. Penulis juga menyampaikan apresiasi kepada Montanuniversität Leoben, Austria, yang telah bersedia menyediakan fasilitas untuk keperluan analisis petrologi organik. Dukungan dari kedua institusi ini sangat berperan dalam keberhasilan penelitian ini.

DAFTAR ACUAN

[1] Bachtiar, A., Heru, N.D.W., Azzaino, Z., Utomo, W., Krisyunianto, A., Sani, M. 2013. Surface data re-evaluation, Eocene source rock potential and hydrocarbon seepage, and Ecene sand reservoir prospectivity in West Sangatta, Northern Kutai Basin. *Proceedings of the Indonesian Petroleum Association*, 37th Annual Convention and Exhibition, Jakarta, Indonesia, 15–17 Mei 2013.

[2] Cibaj, I., Lambert, B., Zaugg, P., Ashari, U., Jaques-Antoine Dal., Imbert, P. 2014. Stratigraphic Stacking Patterns of the Mahakam Area, Lower Kutei Basin, East Kalimantan, Indonesia. *Proceedings of Indonesian Petroleum Association*, 38th Annual Convention, 21 - 23 Mei 2014.

[3] Hunt, J.M. 1996. *Petroleum Geochemistry and Geology*. W.H. Freeman and Company. New York.

[4] Satyana, A. H., Nugroho, D., Surontoko, I. 1999. Tectonic Controls on The Hydrocarbon Habitats of The Barito, Kutai and Tarakan basin, East Kalimantan, Indonesia. *Journal of Asian Earth Sci.* vol 17. Hal 99-120. https://doi.org/10.1016/S0743-9547(98)00059-2

[5] Permana, A,K., Sendjadja, Y.A., Panggabean, H., dan Fauxely, L. 2018. Depositional Environment and Source Rocks Potential of the Miocene Organic-Rich Sediments, Balikpapan Formation, East Kutai Sub-Basin, Kalimantan. *Journal of Geology and Mineral Resources*. Vol 9 (3). Hal 171-186.

[6] Jamaluddin, Wagreich, M, Gier S, Schöpfer K, Battu D.P. 2023. Sedimentary Environments and Paleoclimate Control of the Middle Miocene Balikpapan Group, Lower Kutai Basin (Indonesia): Implications for Evaluation of the Hydrocarbon Potential. *Minerals*. vol 13(10).

[7] Jamaluddin, Schöpfer, K., Wagreich, M., Maria, Gier, S., Fathy, D. 2024. Effect of Depositional Environment and Climate on Organic Matter Enrichment in Sediments of the Upper Miocene—Pliocene Kampungbaru Formation, Lower Kutai Basin, Indonesia. *Geosciences*. Vol 14, 164. https://doi.org/10.3390/geosciences14060164

[8] Espitalie, J., Madec, M., Tissot, B., Mennig, J.J., Leplat, P. 1977. Source Rock Characterization Method for Petroleum Exploration. *Proceedings of the Offshore Technology Conference*, Houston, Texas. https://doi.org/10.4043/2935-MS

[9] Taylor, G., Teichmüller, M., Davies, A., Diessel, D., Littke, R., Robert, P. 1998. *Organic Petrology*. Gebrüder Borntraeger, Berlin.

[10] Miall, A.D. 1996. *The Geology of Fluvial Deposits: Sedimentary Facies, Basin Analysis and Petroleum Geology*. Heidelberg, Springer-Verlag, 582 pp.

[11] Collinson, J.D., Mountney, N., Thompson, D. 2006, *Sedimentary Structures*, 3rd Edition. England, Terra Publishing, 292 p.

[12] Scherer, C.M.S., Goldberg, K., Bardola, T. 2015. Facies architecture and sequence stratigraphy of an early post-rift fluvial succession, Aptian Barbalha Formation, Araripe Basin, northeastern Brazil. *Sedimentary Geology*. vol 322. hal 43–62. https://doi.org/10.1016/j.sedgeo.2015.03.010

[13] Bridge, J.S., 2003. *Rivers and Floodplains*. Oxford, Blackwell, 491 p.

[14] Jamaluddin, Rahmawati, D., Maria. 2024. Analisis Lingkungan Pengendapan dan Karakteristik Material Organik Daerah Air Putih, Kota Samarinda, Indonesia. *Jurnal Geosains dan Teknologi*. vol 6(3). Hal 203-214.

[15] Peters, K.E. 1986. Guidelines for Evaluating Petroleum Source Rock Using Programmed Pyrolysis. *Am. Assoc. Petrol. Geol. Bull.* vol 70 (3). hal 318-329. http://dx.doi.org/10.1306/94885688-1704-11D7-8645000102C1865D

[16] Kenyon, C. S., Roberti, K. J., De Matharel, M., Hughes, M. W. 1976. Geothermal Gradient Map Of Indonesia: *A Progress Report, Southeast Asia Petroleum Exploration Society (SEAPEX)*