

Karakteristik Maseral dan Peringkat Batubara Daerah Balikpapan Selatan Berdasarkan Analisis Petrografi Organik

¹Jamaluddin*, ¹Fathony Akbar Pratikno, ¹Hamriani Ryka, ¹A. Ibnu Taslim, ¹Imanuel Kaunang

¹ Program Studi Geologi, Sekolah Tinggi Teknologi Migas Balikpapan

[*Email: Jamaluddin@sttmigas.ac.id](mailto:Jamaluddin@sttmigas.ac.id)

Manuscript received: 10 Desember 2024; Received in revised form: 1 Februari 2025; Accepted: 20 Februari 2025

ABSTRACT

Coal characterization, including maceral composition analysis and vitrinite reflectance, plays a crucial role in determining coal quality and its potential applications. The South Balikpapan area holds promising coal resources that require further investigation to understand their organic petrographic characteristics. This study aims to characterize the mineral composition and determine the coal rank from the Kampungbaru Formation in the South Balikpapan area using organic petrographic analysis. Coal samples were examined through reflectance microscopy to identify and quantify the maceral components and measure vitrinite reflectance. The analysis reveals that the coal composition is predominantly composed of the huminite maceral group (60.7–84.6%), followed by liptinite (9.8–27.5%), with a low inertinite content (5.6–11.8%). Vitrinite reflectance values (%Ro) range from 0.30 to 0.33%, indicating that the coal ranks from lignite to low sub-bituminous. This low coal rank suggests rapid deposition conditions and anoxic to suboxic environments, which hinder the complete decomposition of organic matter.

Keywords: South Balikpapan, Maceral, Coal rank, Organic petrography.

ABSTRAK

Karakterisasi batubara termasuk analisis komposisi maseral dan reflektansi vitrinit sangat penting dalam menentukan kualitas dan potensi penggunaannya. Daerah Balikpapan Selatan memiliki potensi sumber daya batubara yang perlu dikaji lebih lanjut untuk mengetahui karakteristik petrografi organiknya. Penelitian ini bertujuan untuk mengkarakterisasi komposisi maseral dan menentukan peringkat batubara dari Formasi Kampungbaru di Daerah Balikpapan Selatan berdasarkan analisis petrografi organik. Sampel batubara dianalisis menggunakan mikroskop reflektansi untuk mengidentifikasi dan mengkuantifikasi komponen maseral, serta mengukur reflektansi vitrinit. Hasil analisis menunjukkan bahwa kelompok maseral huminit mendominasi komposisi batubara (60.7-84.6%), liptinit (9.8-27.5%) dan inertinit yang rendah (5.6-11.8%). Reflektansi vitrinit (%Ro) berkisar antara 0.30-0.33% mengindikasikan bahwa batubara berada pada peringkat lignit hingga sub-bituminus rendah. Peringkat batubara yang rendah ini mencerminkan kondisi deposisi yang cepat dan lingkungan anoksik hingga suboksik yang menghambat dekomposisi bahan organik secara lengkap.

Kata Kunci : Balikpapan Selatan, Maseral, Peringkat batubara, Petrografi organik.

1. PENDAHULUAN

Indonesia sebagai salah satu produsen dan eksportir batubara terbesar di dunia, memiliki berbagai formasi geologi yang kaya akan sumber daya batubara, termasuk Formasi Kampungbaru di daerah Balikpapan Selatan. Penelitian mengenai komposisi maseral dan peringkat batubara adalah aspek penting dalam studi batubara. Maseral merupakan komponen organik dari batubara yang terdiri dari bahan-bahan seperti vitrinit, inertinit, liptinit, dan eksinit [1]. Komposisi dan proporsi maseral dalam batubara memberikan indikasi tentang kondisi lingkungan saat pembentukan batubara, jenis tumbuhan asal, serta proses pembatubaraan yang terjadi [2]. Analisis petrografi organik adalah metode yang digunakan untuk mempelajari komposisi maseral dalam batubara. Peringkat batubara, seperti lignit, sub-bituminus, bituminus, dan antrasit ditentukan berdasarkan tingkat kematangan organiknya [3].

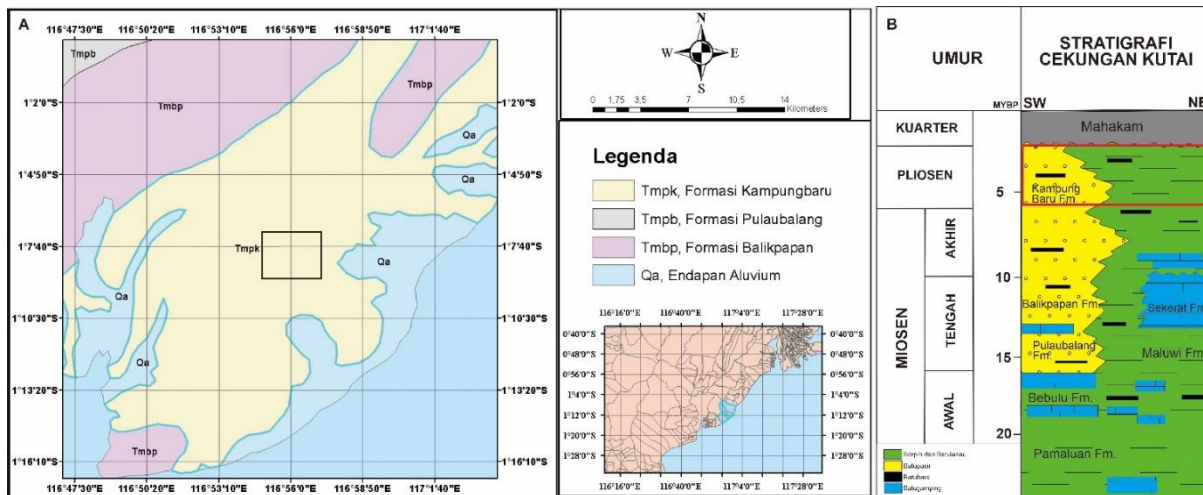
Daerah penelitian berada pada Formasi Kampungbaru berdasarkan peta geologi regional. Formasi ini diketahui memiliki potensi batubara yang signifikan, namun karakteristik organiknya masih belum banyak diteliti secara mendalam (Gambar 1a). Formasi Kampungbaru terbentuk selama periode Tersier, khususnya pada kala Miosen (Gambar 1b). Formasi ini terdiri dari serangkaian lapisan batuan sedimen yang mencerminkan lingkungan pengendapan yang bervariasi, mulai dari lingkungan delta hingga lingkungan laut dangkal [4]. Litologi formasi ini umumnya terdiri dari batupasir, batu lempung, dan batubara. Lapisan batupasir yang sering kali berselingan dengan lapisan batulempung dan batubara. Batupasir ini menunjukkan lingkungan pengendapan fluvial hingga deltaik. Lapisan batulempung dengan kandungan organik yang cukup tinggi, menunjukkan lingkungan pengendapan yang reduktif, ideal untuk pembentukan material organik yang kemudian menjadi batubara. Lapisan batubara pada Formasi Kampungbaru terbentuk dari

akumulasi material tumbuhan yang terdekomposisi dan kemudian terkubur oleh sedimentasi lebih lanjut. Lapisan batubara ini sering ditemukan berasosiasi dengan batulempung dan batupasir [5-7]. Penelitian oleh Luthfi dan Sunarwan [8] menunjukkan bahwa perlipatan di wilayah Balikpapan dikontrol oleh aktivitas tektonik yang kompleks

Wilayah Balikpapan Selatan diketahui memiliki sumber daya batubara yang signifikan, namun studi yang membahas karakteristik petrografi organiknya masih terbatas. Karakterisasi batubara khususnya analisis petrografi organik sangat penting untuk memahami kandungan maseral dan tingkat kematangan organik yang menentukan potensi penggunaan batubara dalam industri. Karakterisasi lebih lanjut masih diperlukan untuk memahami variasi peringkat batubara dalam Formasi Kampungbaru serta faktor-faktor geologi yang memengaruhi kematangannya. Penelitian ini berkontribusi dalam pengembangan ilmu petrografi batubara dengan menyediakan data terbaru mengenai karakteristik maseral dan reflektansi vitrinit di Balikpapan Selatan. Dengan pendekatan analisis petrografi organik, penelitian ini tidak hanya memberikan informasi mendetail tentang komposisi batubara, tetapi juga membantu memahami proses geologi yang berperan dalam pembentukannya.

2. METODOLOGI

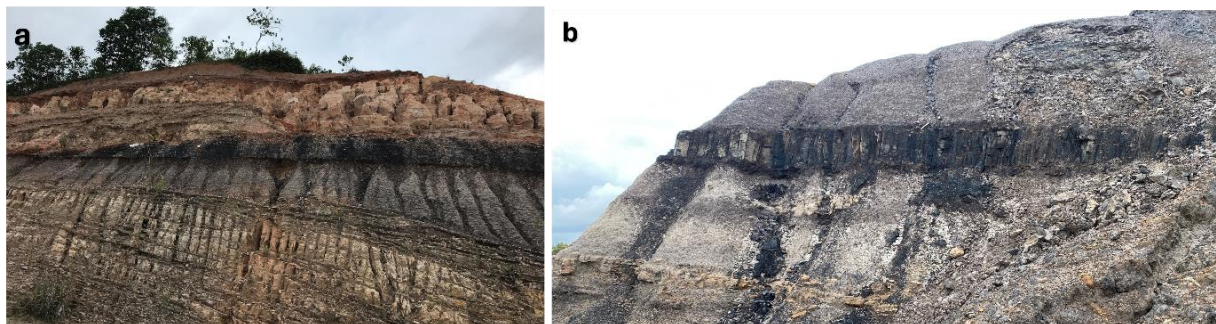
Metodologi penelitian yang digunakan dalam studi tentang komposisi maseral dan peringkat batubara dalam Formasi Kampungbaru di daerah Balikpapan Selatan didasarkan pada pendekatan analisis petrografi organik yang komprehensif. Metode ini melibatkan langkah-langkah sistematis untuk mengidentifikasi, mengklasifikasi, dan menganalisis komponen organik dalam sampel batubara. Tiga percontoh sampel batubara dari daerah Balikpapan Regency dan Bukit Lestari di daerah studi dikumpulkan secara representatif



Gambar 1. (a) Peta Geologi Kota Balikpapan (modifikasi dari [8]). Kotak hitam merupakan daerah penelitian; (b) kolom stratigrafi daerah penelitian (modifikasi dari [6-7]).

dan dilakukan dengan memperhatikan variasi stratigrafi (Gambar 2). Setiap sampel kemudian dipersiapkan dengan proses

preparasi berdasarkan standar ISO 7404-2:2009a [9].



Gambar 2. Lokasi pengambilan sampel batubara pada daerah penelitian (a) Balikpapan Regency; (b) Bukit Lestari.

Analisis petrografi organik melibatkan identifikasi dan kuantifikasi komponen maseral dalam batubara menggunakan mikroskop Leica DM 4P microscope berdasarkan pada standar ISO 7404-2:2009b [10]. Komponen maseral diklasifikasikan ke dalam tiga kelompok utama: huminit, inertinit, dan liptinit berdasarkan sistem *International Committee for Coal and Organic Petrology* [11-15]. Peringkat batubara kemudian ditentukan berdasarkan reflektansi vitrinit [13,16].

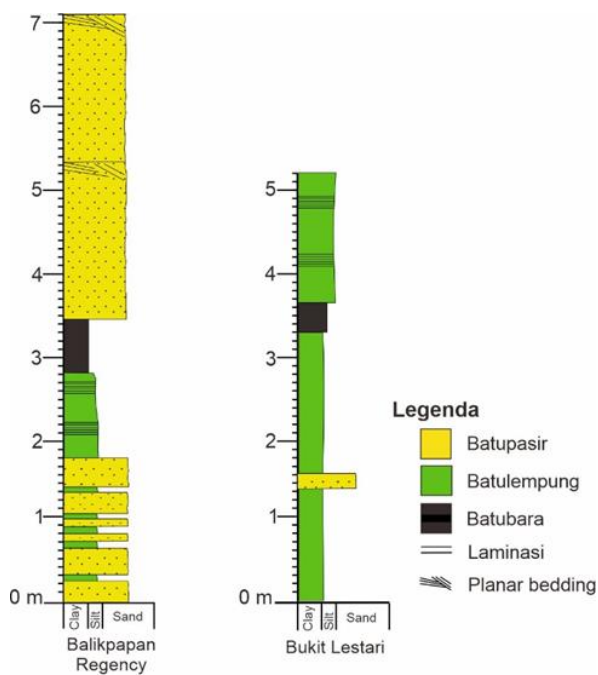
Tabel 1. Hubungan antara reflektansi vitrinit dengan peringkat batubara menurut klasifikasi ASTM D2798-06 [17].

Peringkat Batubara	Nilai Ro (%)
Gambut	< 0.20
Brown coal/lignit	0.2 - 0.35
Sub-bituminus	0.35 - 0.70
Bituminus zat terbang tinggi	0.70 - 1.10
Bituminus zat terbang menengah	1.10 - 1.50
Bituminus zat terbang rendah	1.50 - 1.90
Semi-antrasit	1.90 - 2.20
Antrasit	> 2.20

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Sedimentasi Endapan Batubara

Berdasarkan hasil observasi singkapan pada daerah penelitian, endapan batubara berada pada satuan batulempung yang merupakan sisipan dalam satuan batulempung yang merupakan anggota dari Formasi Kampungbaru. Kehadiran batupasir dengan struktur perlapisan planar pada daerah Balikpapan Regency dan Bukit Lestari menunjukkan pengendapan dalam lingkungan fluvial atau delta, di mana terjadi variasi energi deposisi. Singkapan pada daerah Balikpapan Regency menunjukkan variasi energi deposisi yang lebih dinamis dengan interval batupasir tebal, mengindikasikan periode deposisi berenergi tinggi yang lebih panjang sedangkan singkapan pada daerah Bukit Lestari menunjukkan variasi yang lebih stabil antara batulempung dan batupasir, mengindikasikan fluktuasi energi deposisi yang lebih sering (Gambar 3).



Gambar 3. Profil singkapan pada Daerah Balikpapan Regency dan Bukit Lestari, Kota Balikpapan.

Adanya lapisan batubara yang signifikan di kedua lokasi menunjukkan bahwa pada beberapa interval waktu,

lingkungan deposisi berubah menjadi rawa-rawa atau lingkungan air tenang yang mendukung akumulasi bahan organik.

3.2 Komposisi Maseral

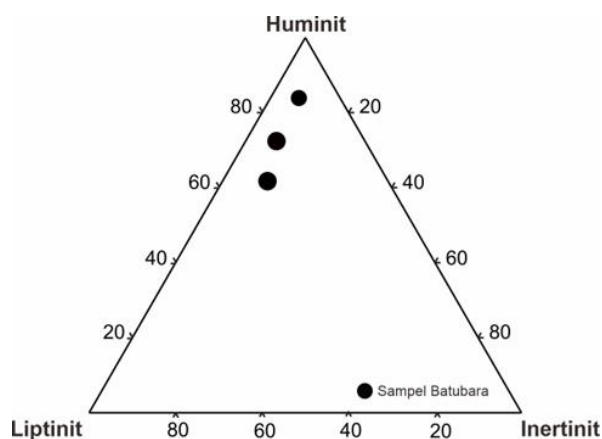
Formasi Kampungbaru menunjukkan komposisi maseral yang beragam, mencerminkan berbagai kondisi deposisi dan proses diagenesis yang telah terjadi selama pembentukan batubara. Diagram segitiga komposisi maseral batubara dari Formasi Kampungbaru menunjukkan kandungan huminit yang sangat tinggi (60.7-84.6%) dan kandungan liptinit (9.8-27.5%) serta inertinit yang rendah (5.6-11.8%) (Tabel 2).

Tabel 2. Persentase komposisi maseral batubara pada daerah penelitian

Lokasi	Sampel	H	I	L
Bukit Lestari	BPN 1	78.6	0.8	20.6
Balikpapan regency	BPN 2	84.6	5.6	9.8
	BPN 3	60.7	11.8	27.5

H: Huminit; I: Inertinit; L: Liptinit.

Berdasarkan hasil pengamatan fotomikrograf maseral pembentuk batubara yang terdapat pada daerah penelitian menggunakan *white light* dan *fluorescence light* diinterpretasikan pada bahwa maseral yang mendominasi secara umum adalah kelompok huminit (Gambar 4). Kandungan huminit yang tinggi menunjukkan bahwa sampel batubara ini berasal dari bahan ligno-selulosa yang mengalami diagenesis awal dan terbentuk di lingkungan yang kaya akan tumbuhan dengan sedikit proses pembakaran atau oksidasi [3]. Rendahnya kandungan liptinit menunjukkan sedikit kontribusi dari bahan lipid, resin, atau kutikula tumbuhan. Rendahnya kandungan inertinit menunjukkan bahwa tidak banyak bahan tanaman yang terbakar atau teroksidasi sebelum dan selama diagenesis.



Gambar 4. Diagram segitiga maseral menggambarkan komposisi relatif dari tiga kelompok utama maseral dalam sampel batubara Formasi Kampungbaru.

Kelompok Maseral Huminite

Kehadiran flobafinit terlihat sebagai area berwarna putih terang dalam mikroskop reflektif. Flobafinit berasal dari jaringan tanaman yang mengalami degradasi dan perubahan kimiawi yang signifikan. Flobafinit sering terbentuk dalam kondisi anaerobik di lingkungan rawa-rawa yang kaya organik dan rendah oksigen. Ulminite memiliki warna abu-abu hingga hitam dalam mikroskop reflektif. Tidak menunjukkan fluoresensi yang signifikan. Ulminite berasal dari dinding sel tanaman dan bahan ligno-selulosa lainnya yang telah mengalami proses humifikasi dan menunjukkan bahan organik yang terdekomposisi dalam kondisi anaerobik di lingkungan rawa (Gambar 5a). Atrinit terdiri dari fragmen kecil bahan tanaman yang lebih terdekomposisi dibandingkan telinit (Gambar 5b). Kehadiran atrinit mengindikasikan dekomposisi lebih lanjut dari bahan organik, mungkin karena aktivitas mikroba.

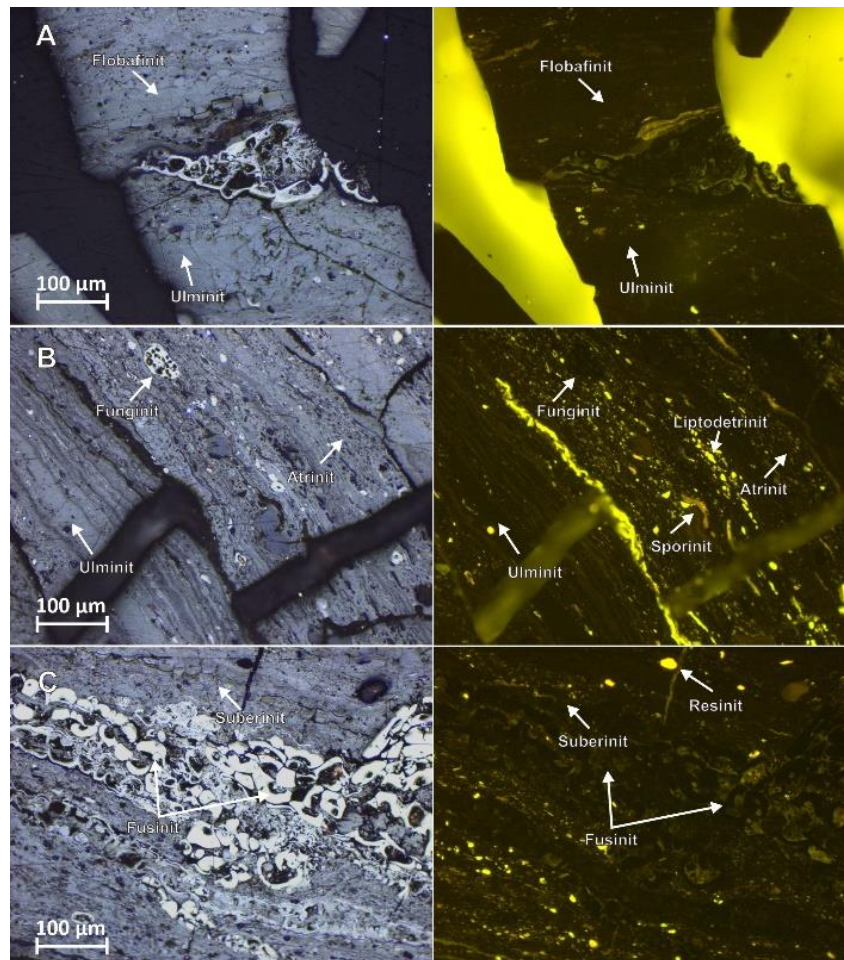
Kelompok Maseral Liptinite

Kehadiran liptinit seperti liptodetrinit, suberinit, dan sporinit menunjukkan adanya

kontribusi dari bahan organik non-ligno-selulosa seperti resin, kutikula, dan spora, meskipun dalam jumlah kecil. Kehadiran liptinit pada sampel batubara Formasi Kampungbaru mengindikasikan bahwa selain bahan ligno-selulosa, ada kontribusi dari bahan-bahan yang lebih tahan terhadap dekomposisi mikroba. Liptodetrinit terdiri dari fragmen kecil bahan kaya lipid seperti kutikula atau spora yang menunjukkan kontribusi dari bahan organik non-ligno-selulosa dalam jumlah kecil (Gambar 5b). Sporinit terdiri dari spora atau polen yang mengindikasikan adanya kontribusi dari spora atau polen pada batubara (Gambar 5b). Suberinit berasal dari jaringan suberin, biasanya dari kulit atau dinding sel tanaman. Kehadiran suberinit mengindikasikan adanya kontribusi dari bahan organik non-ligno-selulosa seperti kutikula atau kulit tanaman (Gambar 5c). Resinit terbentuk dari bahan organik kaya resin dalam pembentukan batubara (Gambar 5c).

Kelompok Maseral Inertinite

Kelompok maseral inertinit dalam sampel batubara dari Formasi Kampungbaru terdiri dari funginit dan fusinit. Funginit menunjukkan aktivitas jamur pada bahan organik sebelum atau selama proses pembentukan batubara, mengindikasikan kondisi lingkungan yang memungkinkan pertumbuhan jamur dan paparan oksigen (Gambar 5b). Fusinit menunjukkan adanya pembakaran vegetasi dengan struktur seluler yang masih jelas, mengindikasikan kejadian kebakaran atau oksidasi yang signifikan (Gambar 5c). Kombinasi dari kedua maseral ini memberikan gambaran yang lebih lengkap tentang proses diagenesis dan kondisi lingkungan deposisi yang bervariasi, mulai dari anaerobik hingga aerobik [18].



Gambar 5. Fotomikro maseral batubara Formasi Kampungbaru Daerah Balikpapan Selatan.

3.2 Peringkat Batubara

Reflektansi vitrinit adalah parameter penting dalam menentukan peringkat batubara, yang merupakan ukuran tingkat kematangan batubara. Berdasarkan klasifikasi ASTM D2798-06 [17], peringkat batubara Formasi Kampungbaru Daerah Balikpapan Selatan dapat dikategorikan sebagai lignit hingga sub-bituminus rendah. Ini berarti batubara ini belum mencapai kematangan termal yang tinggi dan masih berada pada tahap awal dalam hierarki peringkat batubara. Batubara dengan reflektansi vitrinit rendah sering terbentuk dalam lingkungan yang memiliki kondisi *anoxic* (kekurangan oksigen) hingga *suboxic*, yang menghambat dekomposisi bahan organik secara lengkap.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan analisis petrografi organik, batubara dari Formasi Kampungbaru di Daerah Balikpapan Selatan didominasi oleh huminit dengan jumlah liptinit yang signifikan dan inertinit yang rendah. Dominasi huminit dan rendahnya inertinit menunjukkan bahwa lingkungan deposisi mungkin memiliki kondisi anoksik hingga suboksik yang menghambat dekomposisi lengkap bahan organik. Kondisi ini memungkinkan presipitasi dan preservasi materi organik dalam bentuk yang relatif tidak berubah. Reflektansi vitrinit yang berkisar antara 0,30-0,33% menunjukkan bahwa batubara ini berada pada peringkat lignit hingga sub-bituminus rendah. Peringkat ini menunjukkan bahwa batubara masih pada

tahap awal dalam proses pembentukannya dan belum mengalami pematangan termal yang signifikan. Komposisi maseral dan peringkat batubara ini mencerminkan kondisi deposisi yang cepat dan lingkungan anoksik hingga suboksik yang menghambat dekomposisi lengkap bahan organik.

5. 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.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Suarez-Ruiz, I. dan Crelling, J.C. (2008). *Applied coal petrology*. Elsevier. Amsterdam, 388 p.
- [2] Moore, T.A. dan Shearer, J.C. (2003). Peat/coal type and depositional environment-are they related?. *International Journal of Coal Geology*, 56:233-252.
- [3] Scott, A.C. (2002). Coal petrology and the origin of coal macerals: a way ahead?. *International Journal of Coal Geology*, 50:119-134
- [4] Yuniardi, Y. (2012). Petroleum System Cekungan Kutai Bagian Bawah, Daerah Balikpapan dan Sekitarnya, Propinsi Kalimantan Timur. *Bulletin of Scientific Contribution*, 10 (1).
- [5] Satyana, A. H. (1999). Tectonic Controls on The Hydrocarbon Habitats of The Barito, Kutei, and Tarakan Basins, Eastern Kalimantan, Indonesia: Major Dissimilarities in Adjoining Basins, *Journal of Asian Earth Sciences*, 17.
- [6] 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*, 14, 164.
- [7] 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.
- [8] Luthfi, M., Sunarwan, B. (2009). Tinjauan Geologi Terhadap Potensi dan Tingkat Kerawanan Bahaya Longsor Di Kota Balikpapan-Kalimantan Timur. *Jurnal Teknologi*, II (14): 9-28.
- [9] ISO, 2009a. 7404-2(E). Methods for the petrographic analysis of coals - Part 2: Methods of preparing coal samples.
- [10] ISO, 2009b. 7404-3. Methods for the petrographic analysis of coals - Part 3: Method of determining maceral group composition
- [11] ICCP (International Committee for Coal Petrology). (1998). The new vitrinite classification (ICCP System 1994). *Fuel* 77, 349–358.
- [12] ICCP (International Committee for Coal Petrology). (2001). The new inertinite classification (ICCP System 1994). *Fuel* 80, 459–471.
- [13] Taylor, G., Teichmüller, M., Davies, A., Diessel, D., Littke, R., Robert, P., 1998. Organic Petrology. Gebrüder Borntraeger, Berlin.
- [14] Hackley, P. C. dan Warwick, P. D. (2005). Organic Petrography of Coals from a Coalbed Methane Test Well, Ouachita Parish, Louisiana. Virginia: USGS.
- [15] Pickel, W., Kus, J., Flores, D., Kalaitzidis, S., Christanis, K., Cardott, B.J., Misz-Kennan, M., Rodrigues, S., Hentschel, A., Hamor-Vido, M.,

- Crosdale, P., Wagner, N. (2017). Classification of liptinite - ICCP System 1994. *International Journal of Coal Geology*, 169, 40–61.
- [16] ISO, 2009c. 7404-5. Methods for the petrographic analysis of coals - Part 5: Method of determining microscopically the reflectance of vitrinite.
- [17] American Society for Testing and Materials. (2006). ASTM D2798-06: Standard Test Method for Microscopical Detemination of the Vitrinite Reflektance of Coal. USA.
- [18] Diessel, C.F.K. (2010). The stratigraphic distribution of inertinite. *International Journal of Coal Geology*, 81, 251-268.