



## KUANTITAS MATERIAL ORGANIK DAN TIPE MASERAL BATUBARA FORMASI KAMPUNGBARU, DAERAH PERUSDA KOTA BALIKPAPAN

### *ORGANIC MATTER QUANTITY AND MACERAL TYPE OF KAMPUNGBARU FORMATION, PERUSDA AREA IN BALIKPAPAN CITY*

Jamaluddin\*<sup>1</sup>, E. P. Umar<sup>2</sup>, A. R. K. Lisan<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Geologi, Sekolah Tinggi Teknologi Migas Balikpapan

<sup>2</sup>Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Muslim Indonesia

<sup>3</sup>Program Studi Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian, UPN "Veteran" Yogyakarta

e-mail: \*[Jamaluddin@sttmigas.ac.id](mailto:Jamaluddin@sttmigas.ac.id)

#### ABSTRAK

Kandungan material organik dan tipe maseral dalam batubara menjadi faktor utama dalam menentukan kualitas serta pemanfaatannya. Formasi Kampungbaru adalah salah satu formasi geologi yang memiliki potensi cadangan batubara yang signifikan di Cekungan Kutai. Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh data kuantitas material organik dan tipe maseral yang terdapat pada formasi tersebut berdasarkan analisis *Total Organic Carbon* (TOC) dan petrografi organik. Analisis TOC digunakan untuk menentukan kandungan karbon organik dalam batubara. Sementara itu, analisis petrografi organik dilakukan dengan menggunakan mikroskop untuk mengamati dan mengidentifikasi komponen organik dalam batubara termasuk jenis maseral yang terdiri dari vitrinit, liptinit, dan inertinit. Berdasarkan hasil analisis, nilai TOC batubara pada Formasi Kampungbaru berkisar 6,31–8,13% yang mengindikasikan formasi tersebut berpotensi istimewa membentuk hidrokarbon. Secara mikroskopis, tipe maseral yang terkandung pada sampel batubara didominasi oleh vitrinit 60,7%, liptinit 27,5% dan inertinit 11,8%. Tipe maseral vitrinit yang dominan pada Formasi Kampungbaru mengindikasikan bahwa batubara tersebut terbentuk dari tumbuhan zona tropis yang lembab dan diendapkan pada lingkungan rawa delta. Vitrinit merupakan maseral yang dominan sebagai penyusun kerogen Tipe III yang berasal dari lignin dan selulosa sel kulit tumbuhan. Dominasi vitrinit dan liptinit dalam sampel batubara menunjukkan adanya potensi pembentukan gas dan minyak. Vitrinit cenderung menghasilkan lebih banyak gas, sementara liptinit memiliki potensi untuk menghasilkan minyak. Kandungan vitrinit yang tinggi sering kali dikaitkan dengan kualitas batubara yang lebih baik, karena vitrinit merupakan komponen organik utama yang dapat menghasilkan energi saat batubara dibakar. Oleh karena itu, tingginya persentase vitrinit dalam sampel menandakan potensi untuk menghasilkan batubara dengan nilai kalori yang tinggi.

**Kata kunci:** cekungan kutai bawah, formasi kampungbaru, kuantitas material organik, tipe maseral

#### ABSTRACT

*The organic matter content and maceral type in coal are the main factors in determining its quality and utilization. The Kampungbaru formation is one of the geological formations that has significant coal reserve potential in the Kutai Basin. This study aims to obtain data on the quantity of organic material and maceral type found in the formation based on Total Organic Carbon (TOC) analysis and organic petrography. TOC analysis is used to determine the organic carbon content in coal. On the other hand, organic petrographic analysis was conducted using a microscope to observe and identify organic components in the coal including the maceral types consisting of vitrinite, liptinite, and inertinite. Based on the analysis results, the TOC values of coal in the Kampungbaru Formation range from 6.31% to 8.13%, indicating the excellent potential of the formation to generate hydrocarbons. Microscopically, the maceral types contained in the coal samples are dominated by vitrinite 60.7%, liptinite 27.5%, and inertinite 11.8%. The dominance of vitrinite maceral in the Kampungbaru Formation indicates that the coal was formed from wet tropical plant matter deposited in a deltaic swamp environment. Vitrinite is the dominant maceral composing type III kerogen originating from lignin and cellulose of plant cell walls. The dominance of vitrinite and liptinite in the coal samples suggests the potential for gas and oil formation. Vitrinite tends to produce more gas, while liptinite has the potential to generate oil. High vitrinite content is often associated with better coal quality, as vitrinite is the primary organic component that releases energy when coal is burned. Therefore, the high percentage of vitrinite in the samples indicates the potential to produce coal with high calorific value.*

**Keywords :** lower kutai basin, kampungbaru formation, quantity of organic material, maceral type

## PENDAHULUAN

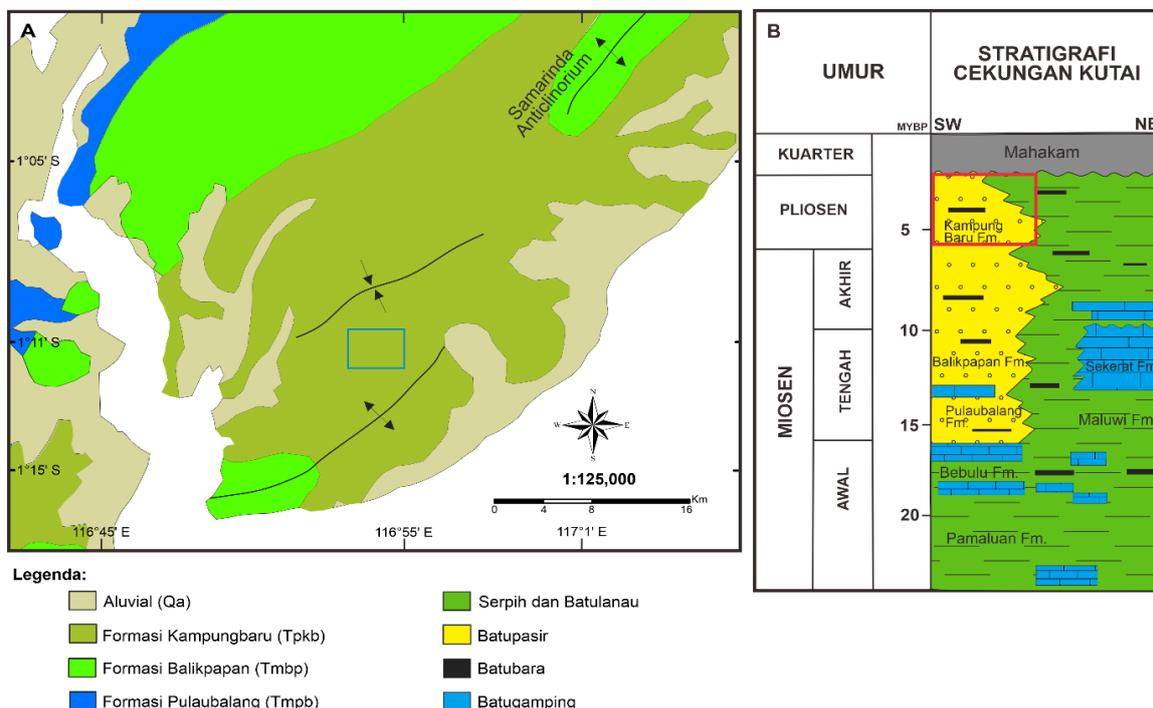
Kualitas batubara sangat bergantung pada kandungan material organik dan tipe maseral yang terkandung di dalamnya. Batubara merupakan sumber energi fosil yang terbentuk dari material organik terutama tumbuhan melalui proses geologis yang panjang. Karakteristik batubara termasuk komposisi maseral dan peringkatnya dipengaruhi oleh jenis material organik asal, kondisi pengendapan, dan tingkat metamorfosis. Analisis petrografi organik memungkinkan identifikasi maseral yang memberikan wawasan tentang lingkungan pengendapan dan potensi penggunaan batubara tersebut [1,2].

Studi terdahulu yang relevan dengan penelitian ini telah dilakukan di wilayah sekitar wilayah Balikpapan. Jamaluddin et al. (2025) melakukan analisis petrografi organik pada batubara di Balikpapan Selatan dan menemukan bahwa kelompok maseral huminit mendominasi komposisi batubara dengan persentase 60,7–84,6%, diikuti oleh liptinit (9,8–27,5%) dan inertinit (5,6–11,8%) [1]. Reflektansi vitrinit berkisar antara 0,30–0,33%, menunjukkan peringkat batubara lignit hingga sub-bituminus. Kuantitas material organik dan tipe maseral pada batubara dapat bervariasi tergantung pada berbagai faktor geologi dan lingkungan saat formasi tersebut terbentuk [3]. Secara umum, Formasi Kumpangbaru memiliki tingkat kandungan organik yang cukup tinggi yang merupakan hasil dari akumulasi sisa-sisa organisme laut dan darat di lingkungan pengendapan

laut dangkal, rawa-rawa, dan delta sungai selama periode pembentukan.

Cekungan Kutai yang terletak di daerah Kalimantan Timur merupakan salah satu cekungan dimana batubara yang berumur Tersier terendapkan. Berbagai studi dan penelitian mengenai batubara pada Cekungan Kutai telah dilakukan, namun studi yang mengangkat topik tentang batubara pada daerah Perusda masih relatif jarang. Kondisi geologi pada permukaan di daerah ini menunjukkan adanya lapisan batubara yang terbentuk sebagai hasil dari proses sedimentasi jutaan tahun lalu.

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui tingkat kekayaan material organik (TOC) batuan dan tipe maseral batubara yang terdapat pada Daerah Perusda Kota Balikpapan (Gambar 1a). Formasi Kumpangbaru terbentuk selama periode Miosen hingga Pliosen yang berlangsung sekitar 23 hingga 5 juta tahun yang lalu. Pembentukan formasi ini terjadi melalui deposisi beragam material sedimen, termasuk batubara, pasir, dan lanau, di lingkungan pengendapan seperti rawa-rawa, delta sungai, dan lingkungan pesisir [4,5,6] (Gambar 1b). Salah satu komponen penting dari Formasi Kumpangbaru adalah batubara yang terkandung di dalamnya. Batubara dari formasi ini umumnya dikenal memiliki kualitas yang baik dan secara luas dieksploitasi untuk tujuan komersial. Batubara ini biasanya memiliki kandungan bahan organik yang tinggi dan berbagai tipe maseral seperti vitrinit, inertinit, dan liptinit.



**Gambar 1** (a) Peta daerah penelitian. Pengambilan sampel batubara dilakukan pada daerah kotak berwarna biru; (b) Kolom stratigrafi daerah penelitian (modifikasi [4,5,6]).

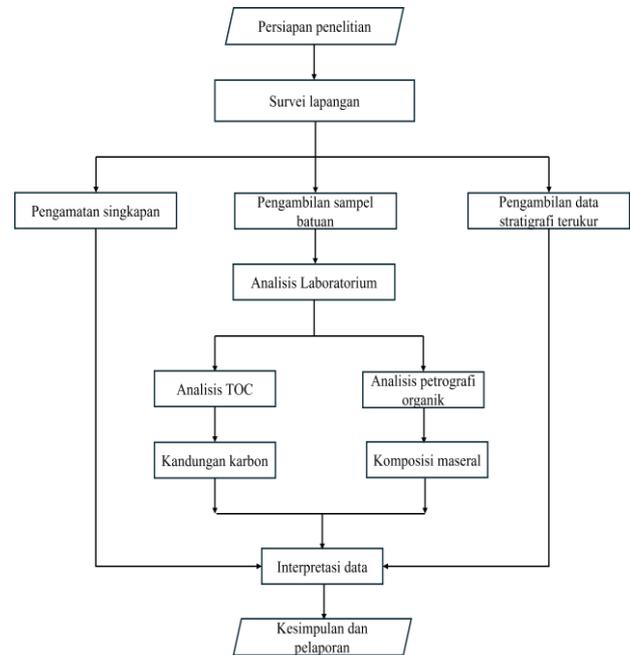
Berdasarkan latar belakang tersebut, wilayah ini menjadi objek penelitian yang menarik terkait kuantitas material organik dalam batuan pada formasi tersebut. Pemahaman yang mendalam tentang kuantitas material organik dan tipe maseral dalam sedimen Formasi Kampungbaru penting dalam mengevaluasi potensi sumber daya batubara di Cekungan Kutai. Analisis laboratorium dan interpretasi data geologi dapat memberikan wawasan yang lebih dalam tentang karakteristik batubara yang terbentuk dari formasi ini dan potensi ekonominya.

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan pada singkapan Daerah Perusda, Kota Balikpapan dengan koordinat geografis 1°14'17.7" S 116°53'38.6" E. Lokasi pengamatan berada pada Formasi Kampungbaru dengan litologi dominan yaitu batupasir, batuserpih, dan batubara. Metode penelitian yang digunakan secara umum berupa metode survei dan analisis laboratorium (Gambar 2). Metode survei dilakukan untuk memperoleh data faktual mengenai kondisi geologi di lapangan. Tahapan dalam metode survei meliputi orientasi medan, yaitu proses awal untuk memahami kondisi geografis dan geologi daerah penelitian, serta pengamatan singkapan dan batuan guna mengidentifikasi karakteristik geologi secara langsung. Selain itu, dilakukan pula pengambilan data stratigrafi terukur (*measured section*) untuk memahami urutan dan ketebalan lapisan batuan di lokasi penelitian. Tahap berikutnya adalah pengambilan sampel batuan, yang bertujuan untuk memperoleh material yang akan dianalisis lebih lanjut di laboratorium. Teknik pengambilan sampel dilakukan dengan metode *random sampling* yaitu pengambilan sampel secara acak namun tetap mempertimbangkan representasi karakteristik batuan di lokasi penelitian. Setelah sampel dikumpulkan, dilakukan analisis laboratorium guna menentukan kuantitas material organik serta jenis maseral yang terkandung dalam batubara Formasi Kampungbaru.

Pengukuran kandungan TOC ini dilakukan menggunakan alat Leco. Sampel dibersihkan dan dilakukan proses pengeringan menggunakan oven dengan temperatur 40 °C selama 24 jam. Sampel yang telah dikeringkan kemudian dihaluskan hingga berbentuk serbuk dengan alat *groundes*. Evaluasi Total Karbon dilakukan dengan menimbang 100 mg sampel sedimen yang kemudian dibakar menggunakan LECO *carbon analyzer* (RC 612) pada suhu 1100 °C. Selama proses pembakaran akan menghasilkan depletor CO<sub>2</sub>, kemudian diukur dengan infra red detector. Analisis TOC dilakukan pada Laboratorium Department of Geology, University of Vienna, Austria. Analisis petrografi organik dilakukan untuk mengetahui komposisi maseral pada batubara menggunakan mikroskop dan dilakukan sebanyak 150 titik pengamatan menggunakan sinar putih (*reflected white light*) dan sinar fluoresen (*reflected fluorescent light*). Standar dan prosedur mengenai pengujian

petrografi organik berdasarkan klasifikasi *International Committee for Coal Petrology* (ICCP) [7,8,9].



Gambar 2. Bagan alir penelitian

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Kondisi Singkapan

Secara litologi, singkapan yang terdapat pada daerah penelitian terdiri dari batupasir halus, batulempung, serpih, dan batubara terendapkan di delta sampai ke laut dangkal. Berdasarkan peta geologi lembar Balikpapan, daerah penelitian termasuk ke dalam Formasi Kampung Baru [10] yang tersusun dari litologi batupasir kuarsa, sisipan batulempung, serpih, batulanau dan batubara dengan ketebalan singkapan sekitar 5,98 m. Pola sedimentasi pada singkapan tersebut cenderung menghalus ke atas (*fining upward*). Sedimen klastik kasar berupa pasir kuarsa yang terdapat pada lapisan paling bawah singkapan merupakan akibat dari pelapukan mekanis dan hasil dari proses transgresi pada Pliosen awal ke arah *basinward*. Batupasir yang terdapat pada singkapan ini memiliki ukuran butir pasir sangat halus sampai pasir halus dan kemas tertutup. Lapisan barubara yang termasuk dalam kategori lignit hingga subbituminus. Batubara yang terdapat pada lapisan tersebut terbentuk pada lingkungan tertentu seperti *swamp* yang dipengaruhi proses reduksi. Asosiasi antara batuan sedimen klastik halus seperti batulempung, batulanau dan batupasir yang merupakan lapisan sedimen pembawa batubara (*coal bearing*).

Berdasarkan analisis profil menggunakan model pendekatan yang dikemukakan oleh Horne et al. (1978)

[11] dan Cibaj et al. (2014) [12], diketahui bahwa daerah penelitian diendapkan pada lingkungan transisi-*lower delta plain* (Gambar 3).

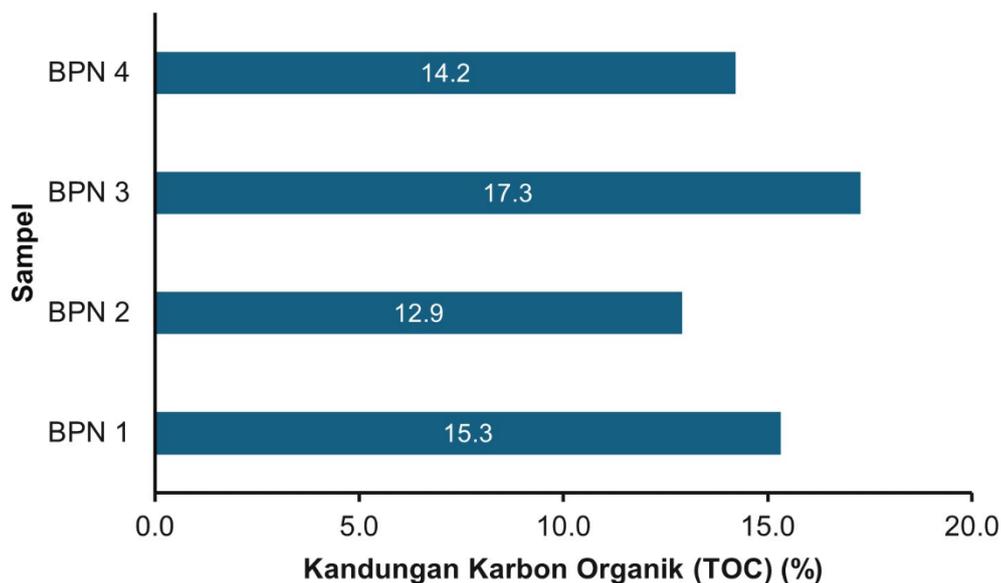
### Kuantitas Material Organik

Material organik yang terdapat pada sedimen merupakan hasil dari berbagai komponen yang berasal dari banyak sumber dengan perbedaan derajat preservasi. Salah satu faktor yang mempengaruhi jumlah organik yang terkandung dalam suatu batuan adalah lingkungan pengendapan. Batuan induk umumnya berasosiasi dengan wilayah produktivitas organik tinggi dengan lingkungan pengendapan anoksik, upwelling, dan sedimentasi yang cepat [13,14,15]. Hasil analisis dari 4 contoh batubara

pada singkapan ini menunjukkan bahwa nilai TOC berkisar 12,9–17,3%, yang mengindikasikan istimewa membentuk hidrokarbon pada formasi tersebut. Perbedaan nilai TOC pada empat contoh batuan disebabkan akibat adanya perbedaan lingkungan pengendapan yang terjadi saat sedimen terendapkan (Gambar 4). Nilai TOC yang tinggi menunjukkan bahwa batubara tersebut memiliki kandungan karbon organik yang signifikan. Ini menandakan bahwa batubara tersebut kaya akan materi organik seperti bahan bakar fosil, yang biasanya memiliki potensi energi yang tinggi.



**Gambar 3.** Analisis profil dan dokumentasi singkapan batuan pada Daerah Perusda, Kota Balikpapan



**Gambar 4.** Kandungan karbon organik (TOC) pada sampel batubara Daerah Perusda, Kota Balikpapan

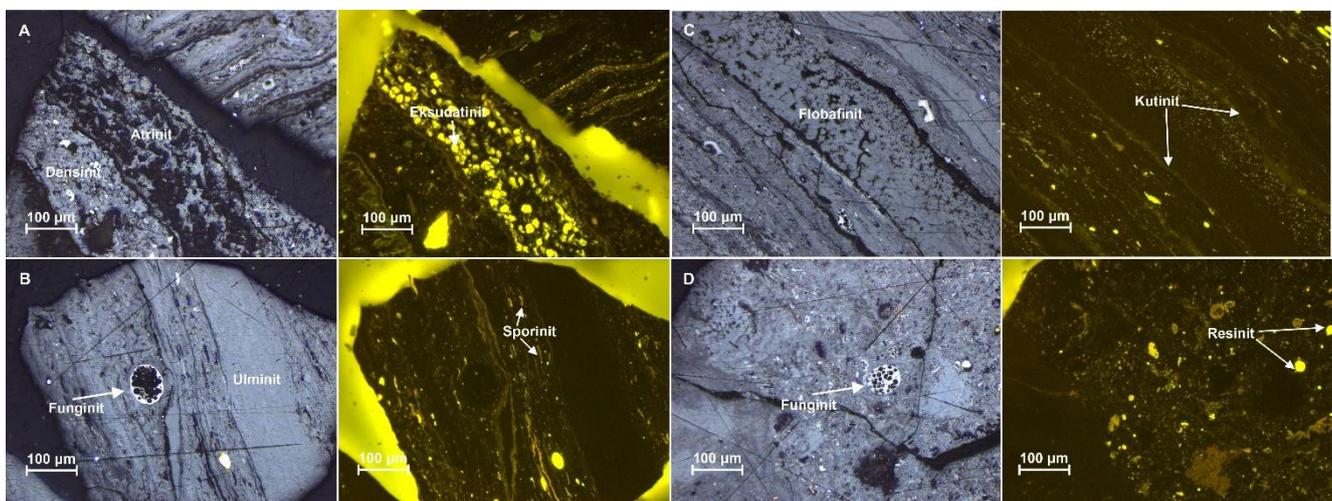
**Tipe Maseral Batubara Daerah Penelitian**

Dalam batubara, tipe maseral mengacu pada jenis-jenis komponen organik yang terdapat di dalamnya. Batubara dari Formasi Kumpangbaru di Cekungan Kutai memiliki beragam tipe maseral, yang mencerminkan asal-usul dan proses pembentukannya. Kandungan kelompok maseral yang terkandung dalam Formasi Kumpangbaru didominasi oleh vitrinit (60,7%), dan liptinit (27,5%) serta sangat jarang ditemukan inertinit (11,8%). Tipe maseral vitrinit merupakan tipe maseral dominan pada batubara yang terdapat pada Formasi Kumpangbaru yang mengindikasikan bahwa batubara tersebut terbentuk dari tumbuhan zona tropis yang lembab dan diendapkan pada lingkungan rawa delta [16,17,18,19]. Berdasarkan hasil pengamatan fotomikrograf maseral pembentuk batubara yang terdapat pada daerah penelitian tersebut menggunakan *white light* dan *fluorescence light*, tipe maseral yang terkandung adalah densinit, atrinit, ulminit, flobafinit, funginit, sporinit, kutinit, resinit, dan eksudatinit (Gambar 5).

Kandungan maseral atrinit yang tinggi dapat menunjukkan lingkungan pengendapan yang produktif dan deposisi organik yang cepat, sementara densinit yang tinggi menunjukkan kondisi pengendapan yang lebih stabil dan lama. Eksudatinit juga ditemukan pada sampel batubara pada daerah Perusda yang ditemukan dalam jumlah yang kecil, berwarna kuning-oranye yang mengisi celah-celah atau retakan-retakan lapisan batubara (Gambar 5a). Keberadaan funginit pada sampel batubara daerah Perusda mengindikasikan bahwa maseral tersebut terbentuk dari sisa-sisa tumbuhan yang lebih tua, biasanya dari tumbuhan berkayu. Funginit cenderung terbentuk dari lignin, komponen utama dari dinding sel tumbuhan kayu [16]. Keberadaan funginit dapat mengindikasikan keberadaan sumber organik berkayu dalam batubara.

Sementara ulminit bisa menunjukkan keberadaan bahan organik dari tumbuhan non-kayu atau sumber organik yang lebih muda yang terbentuk dari sisa-sisa organik tumbuhan, tetapi lebih berkaitan dengan bahan organik yang kurang terurai, seperti selulosa dan hemiselulosa (Gambar 5b). Sporinit yang dijumpai pada sampel tersebut dengan kandungan < 1% yang berwarna kuning di bawah sinar fluorezen (Gambar 5b). Keberadaan sporinit bisa menunjukkan bahwa lingkungan pengendapan tempat batubara tersebut terbentuk pada masa lalu memiliki hubungan yang erat dengan ekosistem perairan atau rawa [17]. Sporinit sering kali ditemukan dalam lingkungan deposisi yang kaya akan materi organik dari organisme mikroalga dan tumbuhan yang hidup di perairan.

Keterdapatn maseral flobafinit dalam batubara Formasi Kumpangbaru menunjukkan bahwa batubara tersebut terbentuk dalam lingkungan pengendapan yang terkait dengan ekosistem perairan atau rawa [16,17,18,19]. Tanaman air dan organisme air yang menjadi sumber material organik untuk flobafinit umumnya hidup di lingkungan yang tergenang air atau rawa (Gambar 5c). Kutinit ini berwarna kuning cerah-oranye di bawah sinar fluorezen (Gambar 5c). Kehadiran kutinit menunjukkan bahwa lingkungan pengendapan tempat batubara tersebut terbentuk memiliki hubungan erat dengan ekosistem rawa atau rawa-rawa yang ada di sekitarnya. Resinit yang mengisi rongga-rongga sel vitrinit dan terlihat sebagai bulatan-bulatan kecil (Gambar 5d). Kehadiran resinit menunjukkan bahwa batubara tersebut terbentuk dari sisa-sisa material organik yang mengandung bahan resin, seperti resin tumbuhan atau tanaman konifer. Resin dapat berasal dari tanaman yang hidup di lingkungan darat, seperti hutan konifer [18].



**Gambar 5.** Fotomikrograf maseral pembentuk batubara pada singkapan daerah Perusda, Kota Balikpapan menggunakan *white light* (kiri) dan *fluorescence light* (kanan).



## KESIMPULAN

Berdasarkan dari hasil penelitian di atas, nilai *Total Organic Carbon* (TOC) pada sampel batubara dari Daerah Perusda, Formasi Kumpangbaru, Cekungan Kutai Bawah berkisar antara 12,9% – 17,3% menunjukkan kandungan material organik yang cukup tinggi. Kelompok maseral yang dominan adalah vitrinit (60,7%) yang menunjukkan kandungan material organik berasal dari tumbuhan tingkat tinggi. Batubara ini memiliki hubungan dengan kerogen tipe III yang umumnya berasal dari material organik yang kaya lignin dan selulosa berpotensi menghasilkan gas dibandingkan minyak. Berdasarkan komposisi maseral dan karakteristik TOC, batubara ini kemungkinan terbentuk di lingkungan *transisi-Lower Delta Plain*, yaitu daerah yang berdekatan dengan dataran rendah sungai atau delta di mana akumulasi material organik dapat terjadi dalam jumlah besar.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Jamaluddin, Pratikno, F. A., Taslim, A. I., & Kaunang, I. (2025). Karakteristik maseral dan peringkat batubara daerah Balikpapan Selatan berdasarkan analisis petrografi organik. *Geosains Kutai Basin*, 8(1), 10–15.
- [2] Jamaluddin, J., Nugraha, S. T., Maria, M., dan Umar, E. P. (2018). Prediksi Total Organic Carbon (TOC) Menggunakan regresi multilinear dengan pendekatan data well. *Jurnal Geoelebes*, 2(1), 1-5.
- [3] Dwiantoro, M., dan Sundoyo (2018). Litotipe, Petrografi, dan Komposisi Kimia Batubara Formasi Pulubalang dan Balikpapan sebagai Data Pendukung Potensi Hidrokarbon, Cekungan Kutai, Kalimantan Timur. *Jurnal Teknologi Mineral FT UNMUL*, 6(1), 1–10.
- [4] 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, 99-122
- [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*, 9 (3), 171-186.
- [6] Jamaluddin, Wagreich, M., dan Xinxuan, X., dan Umar, E.P. (2022). Organic geochemical characterization of Miocene shale in Lower Kutai Basin, East Kalimantan, Indonesia. *PANGEO Austria*. Leoben.
- [7] ICCP (International Committee for Coal Petrology): (1993). International Handbook of Coal Petrography, 3<sup>rd</sup> Supplement to 2<sup>nd</sup> Edition. University of Newcastle on Tyne (England)
- [8] ICCP (International Committee for Coal Petrology). (1998). The new vitrinite classification (ICCP System 1994). *Fuel* 77, 349–358.
- [9] ICCP (International Committee for Coal Petrology). (2001). The new inertinite classification (ICCP System 1994). *Fuel* 80, 459–471.
- [10] Yuniardi, Y., Muljana, B., dan Rahmat Fakhruddin (2012). Kronostratigrafi Cekungan Kutai Bagian Bawah, Daerah Balikpapan dan Sekitarnya, Propinsi Kalimantan Timur. *Bulletin of Scientific Contribution*, 10, 42-57.
- [11] Horne, J. C., Ferm, J. C., Caruccio, F. T. Baganz, B. dan P. (1978). Depositional Models in Coal Exploration and Mine Planning in Appalachian Region, *AAPG Bull*, 62(12), 2379–2411.
- [12] Cibaj, I., Lambert, B., Ashari, U., Giriansyah, B., Schulbaum, L., Imbert, P., Cordelier, dan Philippe, (2014). Sedimentology and Stratigraphic Stacking Patterns of the Peciko Field Main Zone, Lower Kutei Basin, East Kalimantan, Indonesia. *Proceedings Indonesian Petroleum Association 38<sup>th</sup> Annual Convention and Exhibition*, May 2014.
- [13] Meyers, P.,A. (2003). Applications of organic geochemistry to paleolimnological reconstructions: a summary of examples from the Laurentian Great Lakes. *Organic geochemistry*, 34 (2), 261- 289.
- [14] Jamaluddin, dan Sea, J.G. (2018). Evaluasi Batuan Induk Berdasarkan Data Geokimia Hidrokarbon pada Sumur Prabumulih, Cekungan Sumatra Selatan. *Jurnal Geomine*, 6(3), 109-115.
- [15] 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*. 13(10), 1259.
- [16] Scott, A.C. (2002). Coal petrology and the origin of coal macerals: a way ahead?. *International Journal of Coal Geology*, 50, 119-134.
- [17] Moore, T.A. and Shearer, J.C. (2003). Peat/coal type and depositional environment-are they related?. *International Journal of Coal Geology*, 56, 233-252.
- [18] Santoso, B. dan Daulay, B. (2005). Type and rank of selected Tertiary Kalimantan coals. *Indonesian Mining Journal*, 8 (2), 1-12.
- [19] Diessel, C.F.K. (2010). The stratigraphic distribution of inertinite. *International Journal of Coal Geology*, 81, 251-268.