



Identifikasi Peringkat dan Lingkungan Pengendapan Batubara di Wilayah Batin XXIV, Kabupaten Batang Hati, Provinsi Jambi Berdasarkan Analisis Kimia dan Petrografi Organik

Sigit Arso Wibisono✉, Rizki Satria Rachman

Pusat Sumber Daya Mineral, Batubara, dan Panas Bumi, Jl. Soekarno Hatta No.444, Pasirluyu, Kec. Regol, Kota Bandung, Jawa Barat, 40254, Indonesia

ARTICLE INFO

Article history:

Received: 20-03-2023

Accepted: 24-08-2023

Published:

Keywords:

Petrografi organik, Formasi Muaraenim, peringkat batubara, mikrolitotipe, lingkungan pengendapan

Corresponding author:

Sigit Arso Wibisono

Email: sigi1705@gmail.com

Read online:



Scan this QR code with your smart phone or mobile device to read online.

Copyright © 2023 Authors



This work is licensed under a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License.

ABSTRAK

Peringkat dan lingkungan pengendapan merupakan parameter yang dapat diidentifikasi berdasarkan analisis kimia dan petrografi organik batubara. Kedua parameter tersebut dapat digunakan untuk mengidentifikasi karakteristik batubara Formasi Muaraenim di wilayah Batin XXIV, Kabupaten Batang Hari, Provinsi Jambi. Identifikasi peringkat, mikrolitotipe, dan lingkungan pengendapan batubara dilakukan berdasarkan parameter nilai kalori, kadar karbon tertambat (*fixed carbon*-FC), perbandingan oksigen dan karbon (O/C), perbandingan hidrogen dan karbon (H/C), nilai reflektansi vitrinit (Rv), dan perbandingan kelompok maseral yang berasal dari hasil analisis kimia dan petrografi organik. Hasil analisis kimia menunjukkan bahwa nilai kalori berkisar 5.636 kal/g (daf) - 7.133 kal/g (daf), FC berkisar 31,50% (daf) - 49,30% (daf), O/C berkisar 0,19 (daf) - 0,37 (daf), H/C berkisar 0,81 (daf) - 1,34 (daf). Selain itu, berdasarkan hasil analisis petrografi organik menunjukkan bahwa nilai Rv berkisar 0,33% - 0,51% dan komposisi kelompok maseral umumnya didominasi oleh vitrinit berkisar 28,80% - 82,20% dan sebagian kecil liptinit berkisar 0,40% - 5,60% serta inertinit berkisar 2,20% - 15,60. Hasil analisis mikrolitotipe menunjukkan bahwa jumlah nilai *vitrite* dan *clarite* berkisar 9,86% - 71,57%, *inertite* berkisar 1,21% - 8,03%, serta *trimacerite/intermediate* berkisar 2,88% - 10,68%. Berdasarkan identifikasi analisis kimia dan petrografi organik, batubara di wilayah Batin XXIV termasuk dalam peringkat lignit hingga bituminus volatil tinggi dan terendapkan pada lingkungan fluvial hingga dataran delta bagian bawah (*lower deltaic*).

ABSTRACT

Rank and depositional environment are parameters that can be identified based on coal chemical and organic petrography analysis. These two parameters can be used to identify the coal characteristics of the Muaraenim Formation in the Batin XXIV, Batang Hari Regency, Jambi Province. Identification of coal rank, microlithotypes, and depositional environment was carried out based on the parameters of calorific value, fixed carbon, ratio of oxygen and carbon (O/C), ratio of hydrogen and carbon (H/C), reflectance vitrinite (Rv), and comparison of maceral groups derived from the results of chemical and organic petrography analysis. The results of chemical analysis showed that the calorific value ranges from 5,636 cal/g (daf) to 7,133 cal/g (daf), FC 31.50% (daf) to 49.30% (daf), O/C 0.19 (daf) to 0.37 (daf), H/C 0.81 (daf) to 1.34 (daf). In addition, based on the results of organic petrographic analysis, it shows that the Rv value 0.33% to 0.51% and the composition of the maceral group is generally dominated by vitrinite ranging from 28.80% to 82.20% and a small portion of liptinite 0.40% to 5.60% also inertinite 2.20% to 15.60. The results of microlithotypes analysis showed that the total value of vitrite and clarite 9.86% to 71.57%, inertite 1.21% to 8.03%, and trimacerite/intermediate ranging 2.88% to 10.68%. Based on the identification of chemical and organic petrography analysis, coal rank on Batin XXIV is lignite to high volatile bituminous and deposited in a fluvial to lower deltaic environments.

How to cite: Wibisono, S. dan Rachman, R. S. (2023). Identifikasi Peringkat dan Lingkungan Pengendapan Batubara di Wilayah Batin XXIV, Kabupaten Batang Hati, Provinsi Jambi Berdasarkan Analisis Kimia dan Petrografi Organik. *OPHIOLITE: Jurnal Geologi Terapan*, 5(1), pp. 8-14. <https://doi.org/10.56099/ophi.v5i1.p8-14>

1 Pendahuluan

Batubara merupakan sumber energi utama dunia berupa campuran kompleks dari zat kimia organik yang terdiri dari rantai karbon, oksigen, dan hidrogen yang saling berhubungan (Arif, 2014). Karakteristik yang terdapat di dalam batubara pada dasarnya dapat mengidentifikasi peringkat dan lingkungan pengendapan batubara pada suatu wilayah. Peringkat batubara dapat didefinisikan sebagai tingkat perubahan kualitas batubara pada proses pembatubaraan (*coalification*) dan umumnya dipengaruhi oleh tekanan, suhu, dan waktu geologi, sedangkan lingkungan pengendapan merupakan lingkungan atau tempat terbentuknya batubara. Mengetahui peringkat dan lingkungan pengendapan batubara dapat digunakan untuk studi lebih lanjut bagaimana batubara tersebut selanjutnya dapat dimanfaatkan dan dikembangkan (Nursanto dkk., 2015, Talla, 2018, Aulia dkk., 2021).

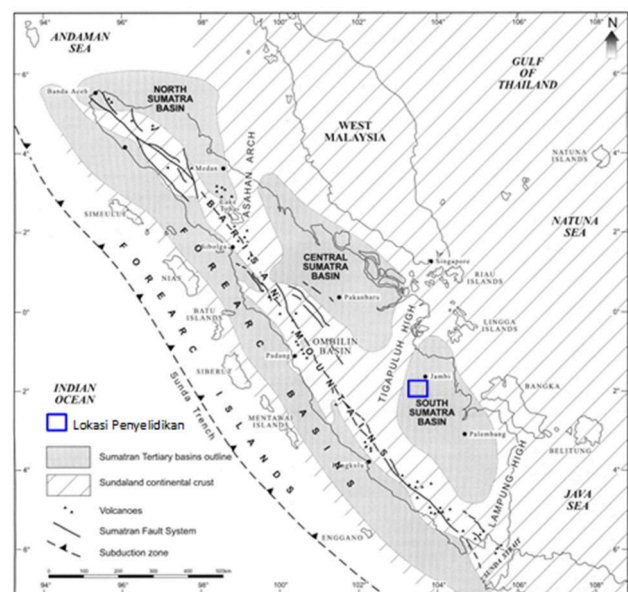
Horne dkk. (1978) membagi lingkungan pengendapan batubara berdasarkan hubungan lateral dan vertikal dari struktur, tekstur, serta mineralogi batupasir menjadi 5 (lima) yaitu *barrier*, *back barrier*, *lower delta plain*, *transitional lower delta plain*, dan *upper delta plain fluvial*. Berdasarkan klasifikasi *American Society for Testing and Materials ASTM* (2005), peringkat batubara dibedakan menjadi 4 (empat) kelompok yaitu lignit (*lignite*); subbituminus yang terbagi menjadi subbituminus B-C (*subbituminous* B-C); bituminus yang terbagi menjadi bituminus volatil tinggi A-C (*high volatile bituminous* A-C), bituminus volatil medium (*medium volatile bituminous*), bituminus volatil rendah (*low volatile bituminous*); serta antrasit yang terbagi menjadi semi antrasit (*semi antrachite*), antrasit (*antrachite*), dan meta antrasit (*meta antrachite*).

Cekungan Sumatra Selatan merupakan salah satu cekungan sedimen di Indonesia yang memiliki potensi batubara. Keberadaan potensi batubara tersebut umumnya berada di Formasi Muaraenim berumur Miosen Akhir. Formasi Muaraenim terdiri atas batupasir tufan berbutir sedang, batulempung tufan pasir, dan batulempung berfosil berwarna kuning abu-abu yang bersisipan dengan lignit berwarna coklat kehitaman mengandung oksida besi berupa konkresi dan lapisan tipis. Formasi ini memiliki ketebalan lebih dari 600 meter dan diendapkan pada lingkungan fluvial atau darat (Simandjuntak dkk., 1994).

Menurut beberapa ahli geologi, daerah penyelidikan termasuk dalam wilayah Cekungan Sumatra Selatan bagian Utara atau Sub-cekungan Jambi (Gambar 1). Secara administratif, daerah penyelidikan berada di wilayah Kecamatan Batin XXIV, Kabupaten Batang Hari, Provinsi Jambi. Secara

geografis, daerah penyelidikan berada pada koordinat 103° 4' 35" - 103° 07' 35" Bujur Timur (BT) dan 1° 53' 00" - 1° 56' 00" Lintang Selatan (LS).

Identifikasi peringkat dan lingkungan pengendapan batubara menjadi parameter yang menarik untuk dibahas lebih lanjut mengingat kedua hal tersebut berguna untuk menentukan karakteristik batubara di wilayah Batin XXIV, Kabupaten Batang Hari, Provinsi Jambi khususnya pada Formasi Muaraenim. Identifikasi peringkat dan lingkungan pengendapan batubara dilakukan berdasarkan parameter analisis kimia (proksimat, ultimat, nilai kalori) dan analisis petrografi (nilai reflektansi vitrinit dan maseral) (Amijaya dan Littke, 2005, Baihaqi dkk., 2017, Wibisono dkk., 2019).



Gambar 1 Lokasi Daerah Penelitian (Barber dkk., 2005)

2 Metode Penelitian

Kegiatan penyelidikan bertujuan mengidentifikasi peringkat dan lingkungan pengendapan batubara di daerah penelitian. Kegiatan terbagi menjadi beberapa tahapan terdiri atas telaah pustaka, pengambilan data di lapangan, analisis laboratorium, dan pengolahan data.

Telaah pustaka merupakan kegiatan mengetahui geologi regional dari Formasi Muaraenim. Selain itu, pengetahuan mengenai analisis kimia dan petrografi organik diperlukan agar tujuan dari kegiatan penyelidikan ini tercapai. Selanjutnya, pengambilan data di lapangan dilakukan dengan metode pemetaan geologi permukaan dan pengeboran guna mendapatkan sampel batubara yang digunakan untuk dilakukan analisis kimia dan petrografi organik.

Setelah itu, analisis laboratorium dilakukan terhadap sampel yang diambil pada kegiatan pengambilan data di lapangan, meliputi: analisis proksimat, ultimat, nilai kalori, dan petrografi organik

batubara. Analisis proksimat terdiri atas analisis nilai zat terbang (*volatile matter*-VM), dan karbon tertambat (*fixed carbon*-FC). Analisis ultimat terdiri atas analisis oksigen (O), karbon (C), dan hidrogen (H). Analisis petrografi organik meliputi nilai reflektansi vitrinit dan maseral. Terakhir, pengolahan data dilakukan terhadap hasil analisis laboratorium untuk mengidentifikasi peringkat dan lingkungan pengendapan batubara berdasarkan parameter nilai kalori, karbon tertambat (*fixed carbon*-FC), oksigen (O), karbon (C), hidrogen (H), nilai reflektansi vitrinit, dan kelompok maseral. Parameter nilai kalori, FC, nilai reflektansi vitrinit, serta rasio H/C dan O/C digunakan untuk mengidentifikasi peringkat batubara, sedangkan kelompok maseral yang diplot pada diagram terner digunakan untuk mengidentifikasi lingkungan pengendapan batubara.

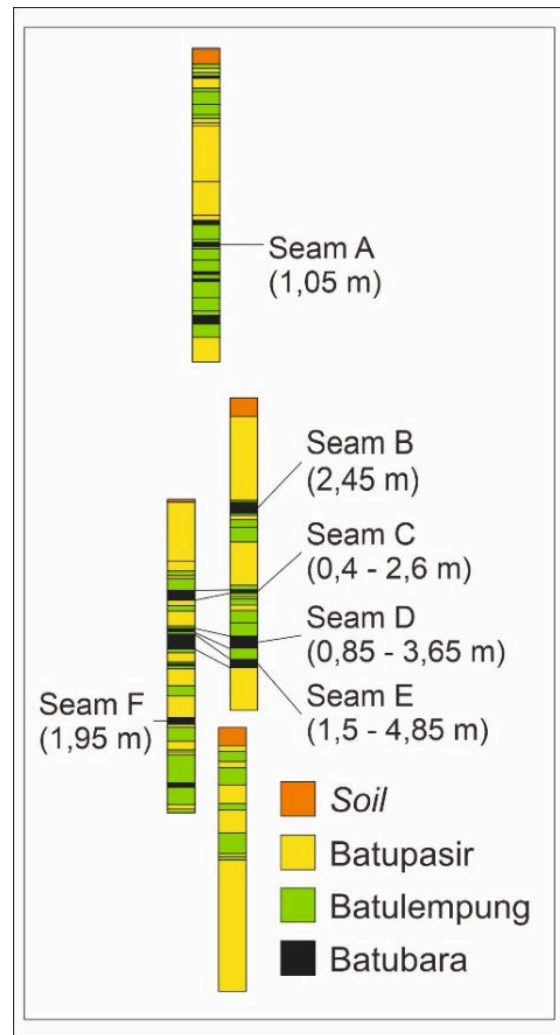
3 Hasil dan Pembahasan

Daerah penyelidikan berada pada Cekungan Sumatra Selatan yang oleh ahli geologi dianggap sebagai kelompok cekungan busur belakang (*back arc basin*). Cekungan ini dibatasi oleh Pegunungan Bukit Barisan di barat daya, Pegunungan Tigapuluh di barat laut, dan Tinggian Lampung di tenggara.

Batubara yang ditemukan di daerah penelitian memiliki kenampakan megaskopis berwarna cokelat kehitaman hingga hitam, kekerasan sedang hingga getas, kilap kusam, goresan cokelat gelap, terdapat pengotor lempung, dan sebagian teramati masih mempunyai kenampakan struktur kayu. Litologi daerah penyelidikan dapat teridentifikasi berdasarkan hasil pengeboran yang dilakukan pada 4 (empat) titik yaitu MK-01 - MK-04 (Gambar 2).

Analisis laboratorium dilakukan terhadap 23 (dua puluh tiga) sampel yang berasal dari data pemetaan geologi dan pengeboran. Seluruh analisis laboratorium dilakukan di laboratorium Pusat Sumber Daya Mineral, Batubara dan Panas Bumi. Analisis kimia dan petrografi organik yang digunakan untuk mengidentifikasi peringkat batubara antara lain; nilai kalori, karbon tertambat (*fixed carbon*-FC), oksigen (O), karbon (C), hidrogen (H), dan nilai reflektansi vitrinit, sedangkan lingkungan pengendapan batubara diidentifikasi berdasarkan komposisi kelompok maseral (Tabel 1).

Berdasarkan plot data nilai kalori dan FC mengindikasikan bahwa batubara di daerah penyelidikan umumnya termasuk kategori peringkat *subbituminus B* atau *high volatile C bituminus* (ASTM, 2005) (Gambar 3). Hal tersebut ditandai dengan nilai kalori yang berkisar 11.716 btu/lb - 12.852 btu/lb dalam basis *dry mineral matter free* (dmmf) dan nilai FC berkisar 38,30% - 49,50% dalam basis *dry mineral matter free* (dmmf) (Tabel 1).



Gambar 2 Korelasi *seam* batubara Daerah Penelitian

Parameter lain yang digunakan untuk mengidentifikasi peringkat batubara di daerah penyelidikan adalah parameter rasio H/C dan O/C yang kemudian diplot dalam diagram Van Krevelen yang telah dimodifikasi oleh Cornelius (1978). Nilai rasio H/C berkisar 0,81 - 1,34 dan rasio O/C berkisar 0,19 - 0,37 (Tabel 1). Berdasarkan parameter rasio H/C dan O/C mengindikasikan bahwa batubara di daerah penyelidikan umumnya termasuk kategori peringkat lignit hingga subbituminus serta termasuk kerogen Tipe III (Gambar 4). Kerogen Tipe III umumnya didominasi oleh kelompok maseral huminit/vitrinit yang cenderung menghasilkan produk hidrokarbon berupa gas (Mastalerz dkk., 2004).

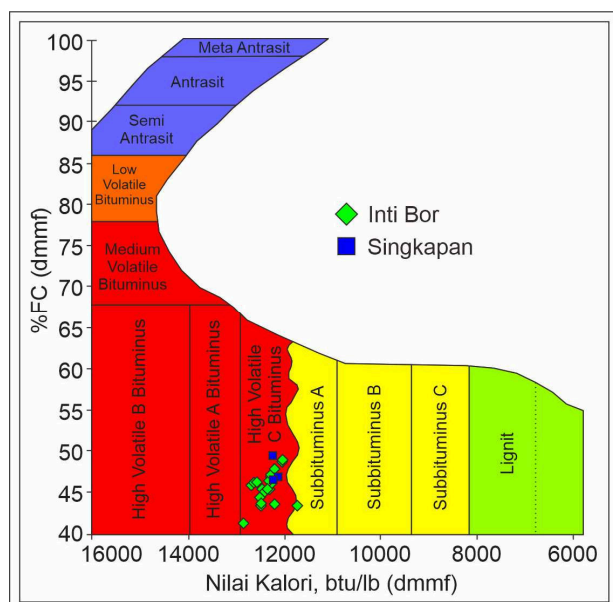
Batubara di daerah penelitian memiliki nilai reflektansi vitrinit (R_v) berkisar 0,33% - 0,37% yang mengindikasikan bahwa peringkat batubara di daerah penyelidikan termasuk peringkat lignit (*lignite*) hingga subbituminus (*subbituminous*). Terdapat 2 (dua) sampel batubara yaitu MK-02-9 dan MK-02-10 dengan nilai reflektansi vitrinit 0,49% dan 0,51% yang mengindikasikan peringkat bituminus volatil tinggi (*high volatile bituminous*). Apabila merujuk pada hasil

korelasi (Gambar 2). Nilai reflektansi vitrinit (Rv) yang relatif tinggi pada kedua sampel tersebut, kemungkinan disebabkan karena kedua sampel tersebut berada paling bawah/dalam dibandingkan

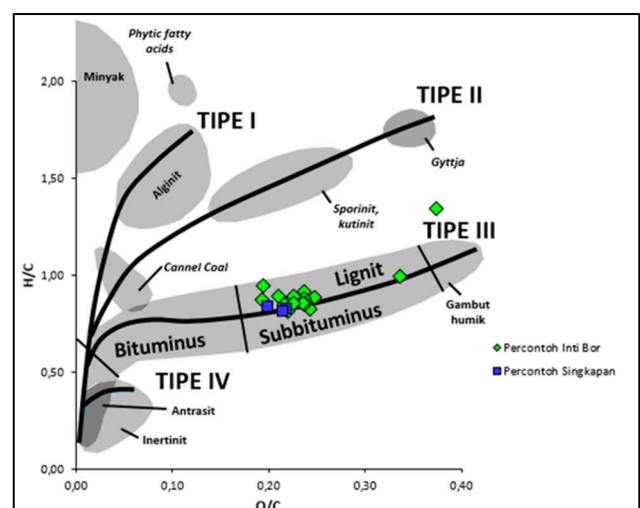
sampel batubara lainnya sehingga mengalami tekanan yang lebih besar yang dapat meningkatkan peringkat kedua sampel batubara tersebut.

Tabel 1 Hasil analisis laboratorium batubara di daerah penyelidikan

No	Kode Sampel	Nilai Kalori btu/lb (dmmf)	FC % (dmmf)	O/C	H/C	Rv (%)	Vitrinite + Clarite (%)	Inertite + Durite (%)	Inter- mediate (%)	Seam
1	MK-01-1	12.190	43,40	0,24	0,92	0,35	50.98	7.37	10.08	-
2	MK-01-2	12.322	38,30	0,37	1,34	0,35	9.86	1.21	2.88	A
3	MK-01-3	11.716	43,30	0,34	0,99	0,35	25.60	5.61	7.44	-
4	MK-02-1	12.207	47,70	0,24	0,82	0,36	64.00	8.03	10.68	C
5	MK-02-2	12.297	45,20	0,22	0,87	0,36	68.89	4.51	6.48	C
6	MK-02-3	12.547	46,20	0,23	0,86	0,37	71.57	2.86	5.04	C
7	MK-02-4	12.370	45,60	0,25	0,88	0,37	59.91	3.96	6.24	D
8	MK-02-5	12.457	43,30	0,24	0,88	0,36	54.76	7.15	8.04	E
9	MK-02-6	12.273	45,60	0,24	0,85	0,36	61.15	8.58	10.20	E
10	MK-02-7	12.433	44,90	0,22	0,85	0,36	68.23	5.06	7.32	E
11	MK-02-8	12.484	45,50	0,22	0,86	0,35	68.23	3.41	6.84	E
12	MK-02-9	12.057	48,80	0,22	0,81	0,49	61.47	6.27	9.00	F
13	MK-02-10	12.288	47,10	0,22	0,85	0,51	59.60	5.28	7.56	F
14	MK-03-1	12.435	45,40	0,23	0,89	0,34	67.24	5.06	8.88	B
15	MK-03-2	12.208	47,70	0,24	0,85	0,33	72.25	3.52	5.52	B
16	MK-03-3	12.268	46,30	0,24	0,85	0,33	59.91	8.03	10.68	D
17	MK-03-4	12.261	46,00	0,23	0,85	0,34	67.90	4.62	5.76	D
18	MK-03-5	12.498	44,30	0,21	0,89	0,35	49.28	5.61	7.44	D
19	MK-03-6	12.852	41,30	0,19	0,94	0,34	62.73	5.17	8.04	D
20	MK-03-7	12.660	45,80	0,19	0,87	0,35	60.53	3.74	6.60	E
21	MKS-01	12.140	46,90	0,22	0,82	0,36	67.90	7.59	9.84	-
22	MKS-02	12.226	47,30	0,20	0,83	0,35	71.57	6.16	8.64	D
23	MKS-03	12.216	49,50	0,21	0,81	0,36	66.26	7.04	8.52	E



Gambar 3 Peringkat batubara berdasarkan parameter nilai kalori dan FC (ASTM, 2005)



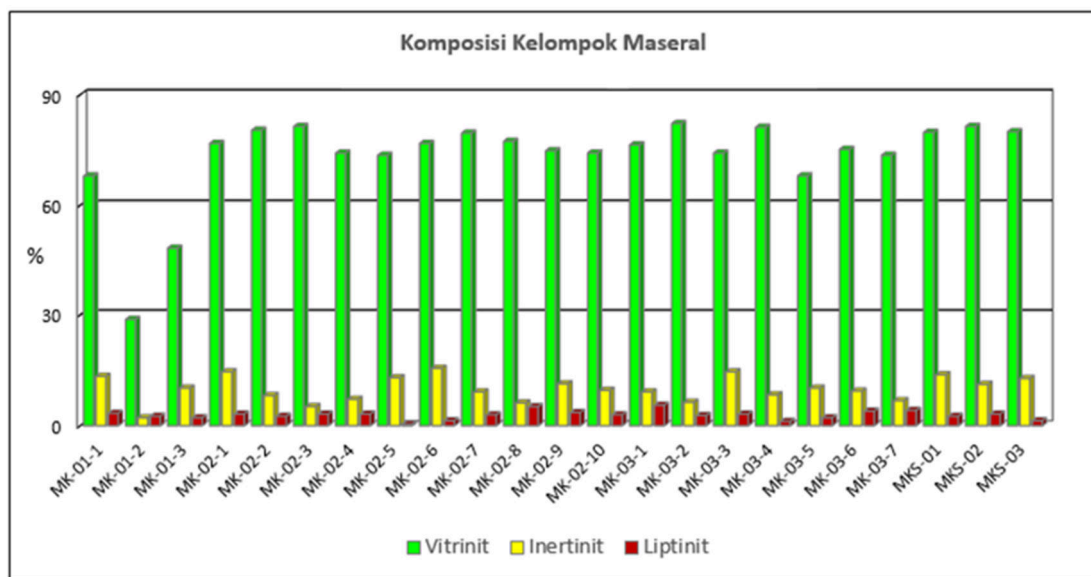
Gambar 4 Peringkat batubara berdasarkan parameter nilai O/C dan H/C (Cornelius, 1978)

Selanjutnya, berdasarkan hasil analisis komposisi kelompok maseral pada batubara di daerah penyelidikan umumnya didominasi oleh kelompok maseral vitrinit/huminit berkisar 28,80% - 81,40%, serta sebagian kecil inertinit berkisar 2,20% - 15,60%,

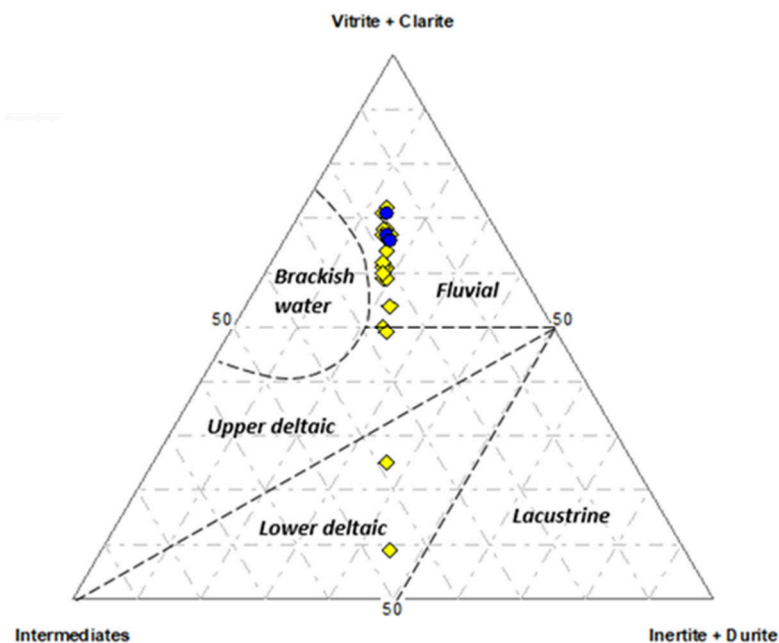
dan liptinit berkisar 0,40% - 5,60% (Gambar 5). Dominasi kelompok maseral vitrinit/huminit umumnya berasal dari tanaman yang mengandung serat kayu yang terdapat pada akar, batang, dahan, dan serat daun (Stach dkk., 1982, Qadaryati dkk., 2019). Tanaman yang mengandung serat kayu umumnya tumbuh pada lingkungan beriklim tropis, sehingga dapat diasumsikan bahwa lingkungan pengendapan batubara di daerah penyelidikan berada di lingkungan yang beriklim tropis (Rijal, 2014).

Identifikasi lingkungan pengendapan batubara menggunakan parameter mikrolitotipe yang didapatkan dari hasil perhitungan kelompok maseral diplot pada diagram terner dari Singh dan Shukla

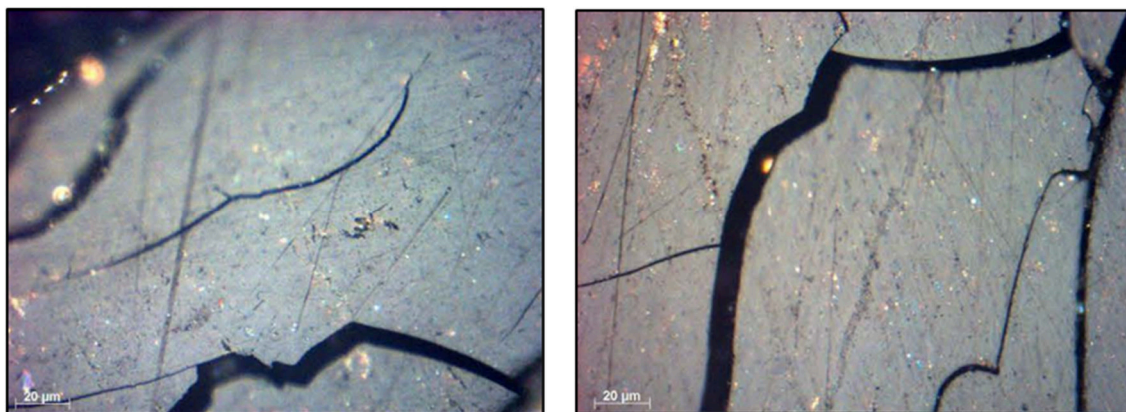
(2004). Berdasarkan plot pada diagram terner terindikasi bahwa lingkungan pengendapan batubara di daerah penyelidikan umumnya terendapkan pada lingkungan *upper delta plain - fluvial* serta sebagian kecil terendapkan pada lingkungan *lower delta plain* (Gambar 6). Hal ini ditandai dengan dominasi mikrolitotipe *vitrite* dan *clarite* berkisar 9,86% - 72,25%, sebagian kecil *inertite* dan *durite* berkisar 1,21% - 8,58%, dan *intermediate* berkisar 2,88% - 10,68%. Dominasi jumlah mikrolitotipe jenis *vitrite* dan *clarite* mengindikasikan bahwa batubara di daerah penyelidikan umumnya tersusun oleh kelompok maseral vitrinit (Gambar 7).



Gambar 5 Komposisi kelompok maseral pada batubara di daerah penyelidikan

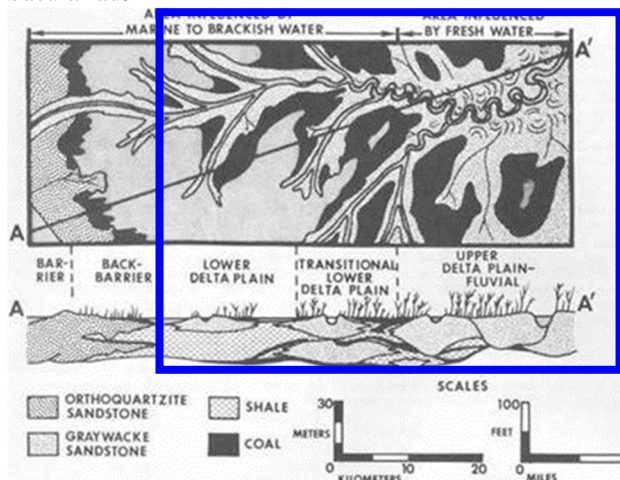


Gambar 6 Diagram terner lingkungan pengendapan



Gambar 7 Kenampakan kelompok maseral vitrinit pada batubara di daerah penyelidikan

Berdasarkan klasifikasi Horne dkk. (1978), lingkungan pengendapan *fluvial* hingga *lower delta plain* sebagaimana interpretasi pada diagram terner identik dengan lingkungan pengendapan *upper delta plain - fluvial* hingga *lower delta plain* (Gambar 8). Lingkungan *upper delta plain - fluvial* merupakan daerah transisi yang memiliki ketebalan batubara bervariasi dan litologinya terdiri atas endapan sedimen berupa perselingan batulempung, batulanau, dan batupasir, sedangkan lingkungan *lower delta plain* merupakan daerah yang memiliki ketebalan batubara relatif tipis serta litologinya terdiri atas perselingan batupasir halus, batulempung, dan batulanau.



Gambar 8 Model lingkungan pengendapan batubara di daerah penyelidikan (Horne dkk., 1978, Jafar dkk., 2021)

Referensi

- Amijaya, H. & Littke, R. 2005. Microfacies and depositional environment of Tertiary Tanjung Enim low rank coal, South Sumatra Basin, Indonesia. *International Journal of Coal Geology*, 61(3-4), pp. 197-221. <https://doi.org/10.1016/j.coal.2004.07.004>
- Arif, I. 2014. *Batubara Indonesia*. Jakarta, Gramedia Pustaka Utama.
- ASTM 2005. ASTM Volume 05.05: Petroleum Products, Liquid Fuels, And Lubricants (V): D8144 – Latest; Combustion Characteristics; Manufactured Carbon And Graphite Products; ASTM Volume 05.06: Gaseous Fuels; Coal And Coke; Catalysts; Bioenergy And Industrial Chemicals. Section 5: Petroleum

4 Kesimpulan

Formasi Muaraenim merupakan salah satu formasi pembawa batubara di daerah penyelidikan yang termasuk dalam wilayah Cekungan Sumatra Selatan bagian utara atau Sub-cekungan Jambi. Secara geologi, lokasi penyelidikan terletak di pinggiran atau batas Cekungan Sumatra Selatan. Batubara pada formasi ini memiliki peringkat lignit hingga bituminus volatil tinggi.

Hasil identifikasi lingkungan pengendapan dari hasil analisis mikrolitipe dengan menggunakan parameter kelompok maseral (vitrinit, inertinit, dan liptinit) terindikasi bahwa batubara daerah penelitian terbentuk didominasi pada lingkungan *upper delta plain - fluvial* serta sebagian kecil (2 sampel) terbentuk pada lingkungan *lower delta plain*.

5 Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih disampaikan oleh penulis kepada Kelompok Kerja Batubara, Pusat Sumber Daya Mineral, Batubara dan Panas Bumi, Badan Geologi, Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral yang telah mendukung dan membantu dalam kegiatan penyelidikan ini.

- Products, Lubricants, and Fossil Fuels. Philadelphia: American Society for Testing and Materials. pp. 155-584.
- Aulia, A., Farid, F. & Zahar, W. 2021. Korelasi Parameter Analisis Proksimat dan Analisis Ultimat terhadap Nilai Kalori Batubara. *Jurnal Pertambangan Dan Lingkungan*, 2(1), pp. 21-30. <https://doi.org/10.31764/jpl.v2i1.4715>
- Baihaqi, A., Susilawati, R., Fauzielly, L. & Muljana, B. 2017. Studi Perbandingan Karakteristik Kimia dan Petrografi Batubara Lapangan X Cekungan Sumatera Selatan dan Lapangan Y Cekungan Sumatera Tengah Indonesia. *Buletin Sumber Daya Geologi*, 12(2), pp. 87-102. <https://doi.org/10.47599/bsdg.v12i2>
- Barber, A. J., Crow, M. J. & Milsom, J. S. 2005. Sumatra: Geology, Resources and Tectonic Evolution. Geological Society, London, Memoirs. <https://doi.org/10.1144/gsl.Mem.2005.031>
- Cornelius, C. D. 1978. Muttergesteinfazies als parameter der erdolbildung. *Erdo l-Erdgas Zeitschrift*, 3, pp. 90-94.
- Horne, J. C., Ferm, J. C. & Caru, F. T. 1978. Depositional Models in Coal Exploration and Mine Planning in Appalachian Region. *AAPG Bulletin*, 62(12), pp. 2379-2411. <https://doi.org/10.1306/c1ea5512-16c9-11d7-8645000102c1865d>
- Jafar, F., Masri & Hasria 2021. Karakteristik seam batubara menggunakan data log dan data core di PT. Equalindo Makmur Alam Sejahtera Sanga-Sanga, Kabupaten Kutai Kerta Negara, Kalimantan Timur. *OPHIOLITE: Jurnal Geologi Terapan*, 2(2), pp. 69-81. <https://doi.org/10.56099/ophiolite.v2i2.22509>
- Mastalerz, M., Hower, J. C., Drobniak, A., Mardon, S. M. & Lis, G. 2004. From in-situ coal to fly ash: a study of coal mines and power plants from Indiana. *International Journal of Coal Geology*, 59(3-4), pp. 171-192. <https://doi.org/10.1016/j.coal.2004.01.005>
- Nursanto, E., Sudaryanto & Sukanto, U. 2015. Pengolahan Batubara dan Pemanfaatannya untuk Energi Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia "Kejuangan", Yogyakarta. pp. A1.1-A1.7.
- Qadaryati, N., Praditya, D. T., Hidajat, W. K. & Martiningtyas, I. 2019. Penentuan Lingkungan Pengendapan Batubara Berdasarkan Karakteristik dan Maseral Batubara di PT X, Kabupaten Nunukan, Kalimantan Utara. *Jurnal Geosains dan Teknologi*, 2(3), pp. 107-116. <https://doi.org/10.14710/jgt.2.3.2019.107-116>
- Rijal, M. 2014. Studi Morfologi Apu (*Pistia stratiotes*) dan Kiambang (*Salvinia molesta*). *Jurnal Biology Science & Education*, 3(2), pp. 94-105.
- Simandjuntak, T. O., Budhitisna, T., Surono, Gafoer, S. & Amin, T. C. 1994. Peta Geologi Lembar Muarabungo, Sumatera. Bandung, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- Singh, M. P. & Shukla, R. R. 2004. Petrographic characteristics and depositional conditions of Permian coals of Pench, Kanhan, and Tawa Valley Coalfields of Satpura Basin, Madhya Pradesh, India. *International Journal of Coal Geology*, 59(3-4), pp. 209-243. <https://doi.org/10.1016/j.coal.2004.02.002>
- Stach, E., Mackowsky, M. T., Teichmuller, M., Tailor, G. H., Candra, D. & Techmuller, R. 1982. *Coal Petrology*. Berlin, Gebrüder Borntraeger.
- Talla, H. 2018. Hubungan Lingkungan Pengendapan Dengan Kandungan Mineral Matter Dan Sulfur Pada Batubara. *Jurnal Sains dan Terapan Kimia*, 12(1), pp. 11-19. <https://doi.org/10.20527/jstk.v12i1.4342>
- Wibisono, S. A., Dwitama, E. P. & Prahesti, I. O. 2019. Petrografi Dan Geokimia Batubara Di Daerah Pahiran dan Sekitarnya, Kabupaten Kotawaringin Timur, Provinsi Kalimantan Tengah. *Buletin Sumber Daya Geologi*, 14(1), pp. 65-78. <https://doi.org/10.47599/bsdg.v14i1.245>