

Identifikasi Lingkungan Pengendapan Batubara Berdasarkan Analisis Petrografi Organik pada Formasi Toraja, Sulawesi Barat

Identification of Coal Depositional Environment Based on Organic Petrographic Analysis of The Toraja Formation, West Sulawesi

Rizki Satria Rachman^{*1}, Sigit Arso Wibisono¹, Rahmat Hidayat¹

¹ Pusat Sumber Daya Mineral, Batubara dan Panas Bumi, Jl. Soekarno Hatta No.444, Kota Bandung, Jawa Barat, Indonesia

Corr Author: ¹rizkisatriarachman@gmail.com

ABSTRAK

Batubara merupakan sumber energi yang digunakan untuk pembangkit tenaga listrik. Pulau Sulawesi menjadi salah satu pulau yang berada di Indonesia dengan potensi batubara, salah satunya di Formasi Toraja. Akan tetapi, batubara tersebut belum banyak diteliti lebih lanjut terutama dari aspek lingkungan pengendapan. Penelitian kali ini bertujuan untuk mengidentifikasi lingkungan pengendapan Formasi Toraja berdasarkan analisis ultimat dan petrografi organik. Metode yang digunakan meliputi beberapa tahapan mulai dari studi pustaka, penyelidikan lapangan, analisis laboratorium, dan pengolahan data. Hasilnya, 39 sampel batubara didapatkan dari singkapan permukaan dan 4 pemboran batubara. Litologi daerah penelitian terdiri dari perselingan antara batupasir dan batulempung dengan sisipan batubara. Batubara pada Formasi Toraja memiliki peringkat lignit – bituminous dengan beberapa sampel termasuk *cannel coal*. Analisis hasil laboratorium dan log litologi memperlihatkan bahwa lingkungan pengendapan batubara Formasi toraja berada di lingkungan fluvial dengan kondisi *mire* yang selalu basah pada sungai intermiten yang mengalami banjir pada interval waktu tertentu. Batubara ini dapat terbagi menjadi dua *cluster*, *cluster* pertama terbentuk pada bagian cekungan dangkal sedangkan *cluster* kedua terbentuk pada bagian cekungan dalam.

Kata-kata kunci: Batubara, Formasi Toraja, Lingkungan Pengendapan, Petrografi Organik

ABSTRACT

Coal is a source of energy that is widely used for power generation. Sulawesi is one of the islands in Indonesia that has coal potential. One of the coal potentials is in the Toraja Formation. However, this coal potential has not been studied further, especially from the aspect of depositional environment. This study aims to identify the depositional environment of the Toraja Formation based on ultimate and organic petrographic analysis. The method used in this research includes several stages including library research, field activities, laboratory analysis, and data processing. Result, 39 coal samples were obtained from surface outcrops and 4 coal drills. The lithology of the study area consists of alternations between sandstones and claystones with coal as inserts. Coal in the Toraja Formation has lignite – bituminous rank with several samples classified as *cannel coal*. Analysis of laboratory results and lithology logs shows that the depositional environment for coal from Toraja Formation is in fluvial environment with mire conditions that are always wet in intermittent rivers that flood at certain time intervals. This coal can be divided into two clusters, the first cluster is formed in a shallow basin while the second cluster is formed in a deep basin.

Keywords: Coal, Toraja Formation, Depositional Environment, Organic Petrography

Submitted: 09-02-2023; Revised: 26-07-2023; Accepted: 05-09-2023; Available Online: 02-10-2023

Published by: Mining Engineering, Faculty of Engineering, Universitas Lambung Mangkurat

This is an open access article under the CC BYND license <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

©2023, Geosapta

PENDAHULUAN

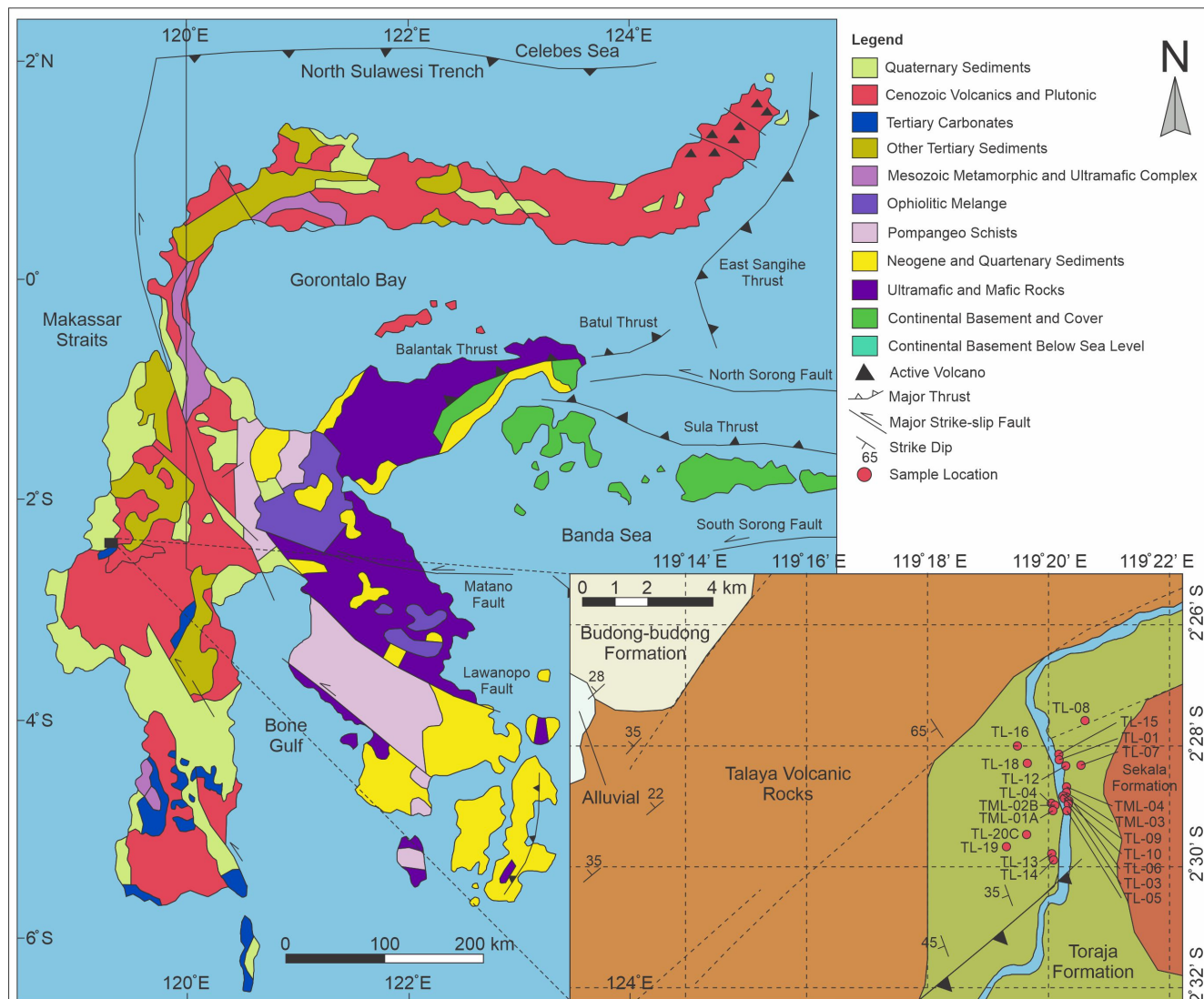
Batubara merupakan salah satu sumber energi yang penggunaannya masih didominasi untuk pembangkit tenaga listrik [1]. Indonesia merupakan salah satu produsen batubara tertinggi di dunia yang terus mengalami peningkatan produksi batubara hingga saat ini [2,3,4]. Batubara sebagai sumber daya energi merupakan kekayaan alam yang tidak sembarang tempat dapat ditemukan karena pembentukannya berkaitan dengan kontrol geologi di wilayah tertentu [5,6,7,8]. Pulau Sulawesi merupakan salah satu pulau di Indonesia yang menyimpan potensi batubara dan masih belum banyak diteliti lebih lanjut terutama dari aspek lingkungan pengendapan batubara karena jumlah dan kualitasnya yang masih minim [9].

Batubara yang ada di Sulawesi salah satunya berada pada Formasi Toraja. Formasi ini merupakan

bagian dari Cekungan Karama / Lariang yang terdiri dari perselingan batupasir kuarsa, serpih dan batulanau, bersisipan konglomerat kuarsa, batulempung karbonan, batugamping, napal, batupasir hijau, batupasir gampingan dan batubara [10]. Formasi Toraja diendapkan pada umur Eosen dengan lingkungan pengendapan yang cukup beragam mengingat distribusi formasi ini sangat luas. Formasi toraja terbentuk pada lingkungan pengendapan laut pada satu bagian dan lingkungan *terrestrial* tepatnya pada fluvial di bagian lainnya [11,12,13,10].

Batubara pada dasarnya dapat terbentuk baik itu di lingkungan laut maupun darat. Penentuan lingkungan pengendapan batubara dapat dianalisis berdasarkan parameter tertentu seperti GI dan TPI, data proksimat, dan petrografi organik [14,15,16]. Analisis menggunakan petrografi organik hingga saat ini masih belum banyak

dilakukan terutama untuk batubara yang berada di Pulau Sulawesi.



Gambar-1. Lokasi Pengambilan Sampel Daerah Penelitian [Modifikasi dari 17 dan 10]

Daerah penelitian terletak di Kecamatan Bonehau, Kabupaten Mamuju, Provinsi Sulawesi Barat dengan koordinat $119^{\circ}12'00'' - 119^{\circ}22'10''$ BT dan $2^{\circ}26'30'' - 2^{\circ}31'50''$ LS berdasarkan Gambar-1 data batubara terutama dikaitkan dengan lingkungan pengendapan menjadi pembahasan menarik untuk diteliti lebih lanjut. Oleh karena itu, penelitian ini ditujukan untuk mengidentifikasi lingkungan pengendapan batubara berdasarkan karakteristik batubara di Formasi Toraja, Sulawesi Barat.

METODOLOGI

Kegiatan penelitian untuk mengidentifikasi lingkungan pengendapan batubara terbagi menjadi beberapa tahapan meliputi Studi Pustaka, Penyelidikan Lapangan, Analisis Laboratorium, dan Pengolahan Data.

Studi Pustaka

Studi pustaka dilakukan dengan mempelajari penelitian terdahulu mengenai formasi pembawa batubara di daerah penelitian yaitu Formasi Toraja. Selain itu, analisis lingkungan pengendapan batubara menggunakan metode petrografi organik juga dipelajari untuk dapat mencapai tujuan dari penelitian kali ini.

Penyelidikan Lapangan

Kegiatan lapangan terbagi menjadi 2 kegiatan yaitu pemetaan geologi batubara dan pengeboran batubara. Pemetaan geologi dilakukan dengan mencari singkapan-singkapan batubara di permukaan yang tersingkap secara baik untuk dapat dilakukan pengambilan sampel, sedangkan pengeboran batubara dilakukan sedalam 100 meter pada titik tertentu dengan menggunakan mesin bor jacro beserta alat penunjang lainnya. Lokasi pengambilan sampel dan analisis dilakukan sedemikian rupa sehingga sampel yang diambil representatif untuk dapat menggambarkan lingkungan pengendapan batubara di daerah penelitian.

Analisis Laboratorium

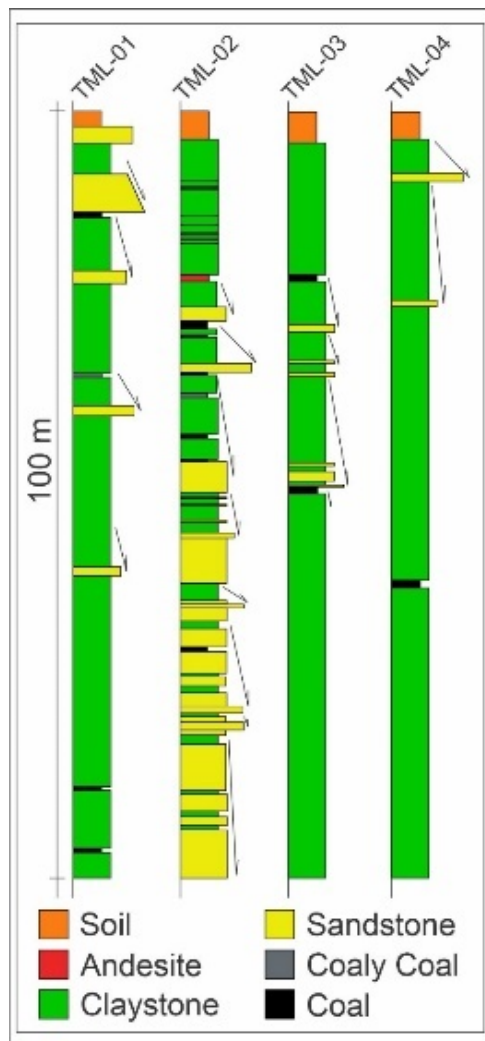
Analisis laboratorium yang dilakukan terhadap sampel batubara yang didapatkan adalah: Analisis kimia ultimat berupa C, H, O, N, S (% daf) dan petrografi organik untuk melihat komposisi kelompok maseral, dan mineral. Seluruh Analisis tersebut dilakukan di laboratorium Pusat Sumber Daya Mineral Batubara dan Panas Bumi.

Pengolahan Data

Data hasil analisis kemudian diolah untuk mendapatkan karakteristik beserta lingkungan pengendapan batubara di daerah penelitian. Pengolahan data yang dilakukan terbagi menjadi 2 bagian. Pertama, pengolahan data dilakukan menggunakan data ultimat untuk melihat karakteristik batubara (peringkat batubara). Pengolahan dilakukan dengan menghitung rasio H/C dan O/C yang kemudian di plot pada diagram rasio H/C dan O/C [Modifikasi dari 18]. Kedua, pengolahan data dilakukan menggunakan data petrografi organik berupa jumlah persentase maseral dan mineral didalam batubara untuk melihat lingkungan pengendapan beserta kondisi pembentukannya. Pengolahan data petrografi dilakukan dengan menghitung persentase dari masing-masing maseral dan mineral yang kemudian di plot pada diagram terner lingkungan pengendapan [Modifikasi dari 19].

HASIL DAN DISKUSI

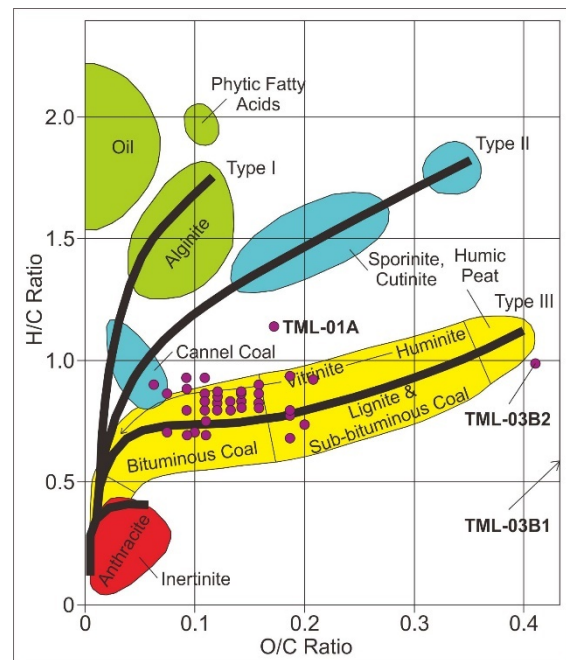
Daerah penyelidikan berdasarkan perkembangan tektonik regional Sulawesi, berada pada Busur vulkanik Sulawesi Barat yang terbentuk beberapa tahap meliputi kompleks batuan dasar berumur Mesozoik Tengah; sekuen batuan karbonat berumur Kapur Akhir – Eosen Tengah; hingga batuan vulkanik berumur Miosen Tengah – Kuarter. Daerah penelitian terpengaruh kuat oleh adanya sesar utama Pulau Sulawesi yaitu sesar Palu-Koro.



Gambar-2. Log Litologi Hasil Pemboran

Hasil Penelitian

Litologi daerah penelitian tergambar dari hasil pemboran yang dilakukan pada 4 titik yaitu TML-01, TML-02, TML-03 dan TML-04 serta singkapan permukaan yang ditemukan (Gambar-1 dan Gambar-2). Secara umum, daerah penelitian memiliki litologi yang cukup seragam. Litologi didominasi berupa perselingan antara batulempung dan batupasir yang pada beberapa titik disisipi oleh litologi batubara. Perselingan antara batulempung, batupasir, dan batubara tersebut memperlihatkan perulangan dengan struktur *graded bedding* yang dapat dilihat pada Gambar-2. Batulempung memiliki karakteristik berwarna abu-abu gelap; getas hingga agak keras; terdapat sisipan batupasir, dan batubara serta kandungan glaukonit, kalsit, dan fosil pada beberapa bagian. Kemudian, batupasir memiliki karakteristik berwarna abu-abu cerah hingga kecoklatan; lunak – keras; struktur *graded*; terdapat sisipan batubara serta kandungan glaukonit dan fosil pada beberapa bagian. Sedangkan batubara memiliki karakteristik berwarna hitam; lunak – keras; terdapat kandungan kalsit, pirit, dan kalkopirit pada beberapa bagian. Selain itu, ditemukan juga bongkah andesit diantara batulempung pada titik TML-02.



Gambar-3. Plot Diagram Rasio H/C dan O/C [Modifikasi dari 18 dan 20]

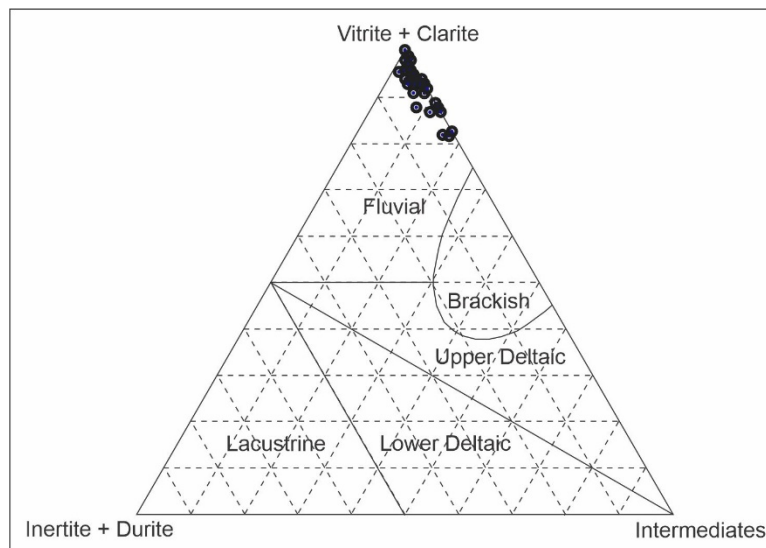
Dari hasil kegiatan lapangan, didapatkan 39 sampel batubara untuk analisis laboratorium (Tabel-1). Hasilnya data analisis ultimat memperlihatkan bahwa batubara di daerah penelitian didominasi oleh batubara peringkat bituminus. Akan tetapi terdapat beberapa sampel yang memiliki peringkat batubara yang berbeda yaitu sampel TL-01A, TL-01B, dan TL-01C termasuk *cannel coal*; TML-04A1, TML-04A2, TL-06, TL-19A2, TL-19C1, dan TL-20C termasuk peringkat lignit – Sub-bituminus; serta TML-01A, TML-03B1, dan TML-03B2 yang tidak dapat dikategorikan pada peringkat tertentu (Gambar-3).

Diagram terner lingkungan pengendapan memperlihatkan bahwa seluruh sampel penelitian terbentuk pada lingkungan fluvial secara dominan (Gambar-4). Hal tersebut diperlihatkan dengan

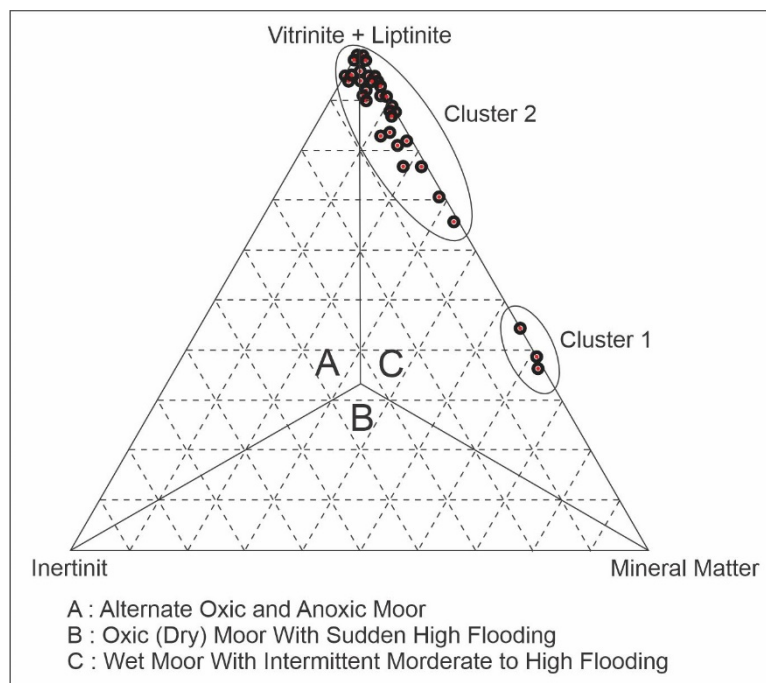
dominannya kandungan *microlitotype vitrite* dan *clarite* dibandingkan dengan kandungan *inertite*, *durite*, maupun *intermediates* pada sampel penelitian. Oleh karena itu, dapat dikatakan bahwa jika dilihat dari petrografi organik, Formasi Toraja pada penelitian ini diendapkan pada lingkungan fluvial.

Selanjutnya, *plotting* juga dilakukan untuk melihat kondisi lingkungan saat batubara terbentuk (Gambar-5). Hasilnya, sampel penelitian memiliki

kandungan vitrinit dan liptinit yang sangat dominan dibandingkan dengan kandungan inertinit dan *mineral matter*. Akan tetapi, pada beberapa sampel yaitu TML-01A, TML-03B1, dan TML-03B2 kandungan *mineral matter* meningkat meskipun masih dalam satu wilayah *plotting*. Secara umum, hasil analisis menunjukkan bahwa sampel penelitian terbentuk pada kondisi *mire* yang selalu basah dengan kondisi banjir pada interval waktu tertentu.



Gambar-4. Plot Diagram Ternern Lingkungan Pengendapan Batubara [Modifikasi dari 19]



Gambar-5. Plot Diagram Ternern Kondisi Pengendapan Batubara [Modifikasi dari 19]

Pembahasan

Berdasarkan [19], tingginya kandungan vitrinit pada sampel menunjukkan bahwa pembentukan batubara terjadi pada cekungan yang cukup dalam. Sedangkan tingginya *mineral matter* menunjukkan sampel terbentuk pada cekungan yang dangkal sehingga pengaruh eksternal dapat meningkatkan kandungan mineral lain didalam pembentukan batubara. Oleh karena itu, secara umum sampel penelitian dapat digolongkan menjadi 2 cluster.

Cluster pertama terdiri dari 3 sampel yaitu TML-01A, TML-03B1, dan TML-03B2. Sampel ini dipisahkan karena memiliki karakteristik yang jauh baik itu dari analisis ultimat, maupun petrografi organik. Pada plot rasio H/C dan O/C, ketiga sampel ini tidak dapat dikategorikan pada peringkat tertentu disebabkan oleh tingginya *mineral matter* pada batubara. Berdasarkan hasil analisis, *cluster* ini terbentuk pada lingkungan fluvial dengan kondisi *mire* yang selalu basah pada sungai intermiten yang mengalami banjir pada interval waktu

tertentu. Adapun tingginya mineral matter pada *cluster* ini menunjukkan lingkungan pengendapan berada pada kondisi yang dangkal.

Cluster kedua terdiri dari 36 sampel yaitu seluruh sampel kecuali sampel pada *cluster* pertama. Sampel ini dipisahkan karena memiliki karakteristik yang seragam dibandingkan sampel pada *cluster* sebelumnya. Berdasarkan hasil analisis, *cluster* ini terbentuk pada lingkungan fluvial dengan kondisi mire yang selalu basah pada sungai intermiten yang mengalami banjir pada interval waktu tertentu. Adapun tingginya vitrinit dan liptinit pada *cluster* ini menunjukkan lingkungan pengendapan berada pada kondisi yang dalam sehingga pengaruh eksternal berupa pengayaan mineral tidak terjadi pada *cluster* ini.

Selain dilihat dari analisis tersebut, lingkungan pengendapan juga dapat diinterpretasikan dari litologi batuan yang terbentuk. Litologi batuan daerah penelitian didominasi perselingan antara batupasir dan batulempung

dengan sisipan batubara pada beberapa bagian (Gambar-2). Selain itu, struktur sedimen berupa graded bedding ditemukan pada beberapa bagian di perselingan batuan tersebut. Karakteristik tersebut memiliki kesamaan dengan penelitian sebelumnya yang menemukan paket litologi batuan serupa. Hal tersebut menunjukkan bahwa batuan didaerah penelitian terbentuk pada lingkungan fluvial (darat) yang diperkuat dari keseragaman dengan penelitian sebelumnya [21 dan 22].

Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian terdahulu yang menyebutkan bahwa Formasi Toraja terbentuk pada lingkungan laut hingga terrestrial [11,13,10], bahkan [12] menyebutkan bahwa hasil analisis lingkungan pengendapan menunjukkan batubara Formasi Toraja terbentuk di lingkungan fluvial. Oleh karena itu, batubara daerah penelitian yang merupakan bagian dari Formasi Toraja pada penelitian kali ini diinterpretasikan memiliki lingkungan pengendapan fluvial.

Tabel-1. Data Analisis Sampel Batubara Formasi Toraja

No	H/C	O/C	Vitrinite + Clarite (%)	Inertite + Durite (%)	Intermediate (%)	Vitrinite + Liptinite (%)	Inertinite (%)	Mineral Matter (%)
1	1,16	0,17	93,85	2,11	4,04	44,20	0,80	55,00
2	0,76	0,15	90,03	3,71	6,26	76,60	4,40	19,00
3	0,90	0,09	80,75	1,45	17,80	70,00	1,60	28,40
4	0,72	0,07	94,60	1,95	3,45	65,40	1,60	33,00
5	0,77	0,11	93,06	2,54	4,40	82,80	3,40	13,80
6	0,79	0,56	86,75	4,42	8,84	36,00	1,20	62,80
7	0,97	0,41	97,04	1,42	1,55	38,80	0,40	60,80
8	0,76	0,18	91,20	3,82	4,97	82,60	5,20	12,20
9	0,74	0,20	94,74	2,43	2,83	80,20	3,00	16,80
10	0,87	0,06	86,88	0,50	12,61	87,20	0,80	12,00
11	0,87	0,06	90,58	0,66	8,76	87,00	1,00	12,00
12	0,84	0,07	91,11	0,46	8,43	93,20	0,80	6,00
13	0,84	0,11	93,03	0,00	6,97	90,40	0,00	9,60
14	0,80	0,11	92,36	0,52	7,12	99,00	1,00	0,00
15	0,81	0,13	97,14	0,61	2,25	93,80	1,00	5,20
16	0,77	0,09	97,69	0,38	1,93	92,20	0,60	7,20
17	0,79	0,14	91,78	2,24	5,98	95,00	4,00	1,00
18	0,88	0,21	87,98	0,34	11,67	92,20	0,60	7,20
19	0,77	0,13	95,97	1,11	2,91	97,40	2,00	0,60
20	0,89	0,11	86,05	0,40	13,55	97,20	0,80	2,00
21	0,78	0,14	98,94	0,12	0,94	94,00	0,20	5,80
22	0,85	0,09	97,56	0,33	2,11	89,80	0,50	9,80
23	0,79	0,12	86,17	3,04	10,79	93,40	5,60	1,00
24	0,84	0,14	82,56	0,28	17,16	98,20	0,60	1,20
25	0,79	0,16	92,94	1,07	5,98	92,60	1,80	5,60
26	0,82	0,12	86,51	2,47	11,02	90,00	4,20	5,80

27	0,87	0,16	84,54	0,72	14,74	87,80	1,20	11,00
28	0,76	0,12	93,38	2,25	4,37	90,60	3,60	5,80
29	0,75	0,11	96,18	1,11	2,71	97,80	2,00	0,20
30	0,73	0,10	93,65	3,04	3,31	90,20	4,80	5,00
31	0,72	0,11	93,66	3,03	3,31	94,00	5,20	0,80
32	0,72	0,09	97,80	1,05	1,15	90,40	1,60	8,00
33	0,78	0,16	91,15	0,78	8,07	94,60	1,40	4,00
34	0,76	0,18	92,41	1,23	6,36	81,40	1,60	17,00
35	0,84	0,16	90,16	1,81	8,03	93,60	3,20	3,20
36	0,91	0,18	81,85	0,35	17,80	88,20	0,60	11,20
37	0,84	0,14	90,55	1,03	8,42	76,20	1,20	22,60
38	0,85	0,12	81,26	2,57	16,17	89,40	4,60	6,00
39	0,71	0,18	94,19	1,36	4,45	95,60	2,40	2,00

KESIMPULAN DAN SARAN

Formasi Toraja pada daerah penelitian memiliki litologi berupa perselingan antara batupasir dan batulempung dengan sisipan batubara. Batubara pada formasi ini memiliki peringkat lignit – bituminous dengan beberapa sampel termasuk *cannel coal*.

Integrasi hasil analisis dan log litologi memperlihatkan bahwa lingkungan pengendapan batubara Formasi Toraja berada di lingkungan fluvial dengan kondisi *mire* yang selalu basah pada sungai intermiten yang mengalami banjir pada interval waktu tertentu. Batubara ini dapat terbagi menjadi dua *cluster*, *cluster* pertama terbentuk pada kondisi dangkal sedangkan *cluster* kedua terbentuk pada kondisi lebih dalam.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Kelompok Kerja Batubara, Pusat Sumber Daya Mineral, Batubara dan Panas Bumi, Badan Geologi, Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral yang telah membantu dalam kegiatan penelitian ini

DAFTAR ACUAN

- [1] Suárez-Ruiz, I. and Crelling, J. C. 2008. *Applied Coal Petrology: The Role of Petrology in Coal Utilization*. Elsevier. Burlington.
- [2] Atteridge, A., Aung, M. T. and Nugroho, A. 2018. *Contemporary coal dynamics in Indonesia*. Stockholm Environment Institute. Stockholm.
- [3] Kurniawan, R. and Managi, S. 2018. Coal consumption, urbanization, and trade openness linkage in Indonesia. *Energy Policy*. Volume 121. pp. 576-583.
- [4] Rosyid, F. A. and Adachi, T. 2018. Optimization on long term supply allocation of Indonesian coal to domestic market. *Energy Systems*. Volume 9. pp. 385-414.
- [5] Holdgate, G. R. 2005. Geological processes that control lateral and vertical variability in coal seam moisture contents—Latrobe Valley (Gippsland Basin) Australia. *International Journal of Coal Geology*. 63(1-2). pp. 130-155.
- [6] Li, B., Zhuang, X., Li, J. and Zhao, S. 2014. Geological controls on coal quality of the Yili Basin, Xinjiang, Northwest China. *International Journal of Coal Geology*. 131(1). pp. 186-199.
- [7] Muhari, R., Ediyanto and R., H. D. 2016. Geologi Dan Pengaruh Struktur Geologi Terhadap Kualitas Batubara pada Satuan Batupasir Kampungbaru Daerah Mutiara dan Sekitarnya Kecamatan Samboja Kabupaten Kutai Kartanegara Provinsi Kalimantan Timur. *Promine Journal*. 4(2). pp. 21-30.
- [8] Querol, X. et al. 1996. Geological controls on the coal quality of the Mequinenza subbituminous coal deposit, northeast Spain. *International Journal of Coal Geology*. 29(1-2). pp. 67-91.
- [9] Avicenna, M. F., Sufriadin, Budiman, A. A. and Widodo, S. 2019. Analisis Mineralogi Dan Kualitas Batubara Desa Kadingeh, Kecamatan Baraka, Kabupaten Enrekang, Sulawesi Selatan. *Jurnal Geomine*. 7(2). pp. 114-123.
- [10] Ratman, N. and Atmawinata, S., 1993. *Peta Geologi 1:250.000 Lembar Mamuju, Sulawesi*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi. Bandung.
- [11] Calvert, S. J. 2000. The Cenozoic Evolution of the Lariang and Karama Basins, Sulawesi. *27th Annual Convention Proceedings, Indonesian Petroleum Association*. Jakarta.
- [12] Hermiyanto, M. H., Mangga, S. A. and Koesnama. 2010. Lingkungan Pengendapan Batubara, Formasi Kalumpang di Daerah Mamuju. *Jurnal Sumber Daya Geologi*. 20(4). pp. 179-187.
- [13] Lelono, E. B. 2007. Palinomorf Eosen dari Selat Makasar. *Lembaran publikasi minyak dan gas bumi*. 41(2). pp. 1-10.
- [14] Monita, A. P., Aryanto, N. C. D. and Ashari, Y. 2021. Kajian Lingkungan Pengendapan Batubara Berdasarkan Analisis Petrografi Organik Pada Formasi Muara Enim Cekungan Sumatera Selatan. *Jurnal Teknologi Mineral dan Batubara*. 17(3). pp. 123-133.
- [15] Qadaryati, N., Praditya, D. T., Hidajat, W. K. and 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.
- [16] Stach, E. et al. 1982. *Stach's Textbook of Coal Petrology*. 3th ed. Gebruder Borntraeger. Berlin-Stuttgart.
- [17] Hall, R. and Wilson, M. E. J. 2000. Neogene sutures in eastern Indonesia. *Journal of Asian Earth Sciences*. 18(6). pp. 781-808.
- [18] Singh, P. K. et al. 2016. Studies on thermal maturity and hydrocarbon potential of lignites of Bikaner-Nagaur basin, Rajasthan. *Energy Exploration & Exploitation*. 34(1). pp. 140-157.
- [19] Singh, M. P. and 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.
- [20] Wibisono, S. A., Dwitama, E. P. and Prahesthi, L. O. 2019. Petrografi dan Geokimia Batubara di Daerah Pahirangan dan Sekitarnya, Kabupaten Kotawaringin Timur, Provinsi Kalimantan Tengah. *Buletin Sumber Daya Geologi*. 14(1). pp. 65-78.
- [21] Nichols, G. 2009. *Sedimentology and Stratigraphy*. 2nd ed. John Wiley & Sons. Oxford.
- [22] Sunardi, E. and Adhiperdana, B. 2013. Sedimentologi dan Paleohidrologi Sedimen Fluvial Oligosen Formasi Walat, Sukabumi - Jawa Barat. *Bionatura-Jurnal Ilmu-ilmu Hayati dan Fisik*. 15(1). pp. 8-13.