

Studi Penentuan Lingkungan Pengendapan Batubara dan Berdasarkan Karakteristik Batubara pada PT XYZ

Muhammad Khalifman*, Linda Pulungan, Sriyanti

Prodi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Islam Bandung, Indonesia.

*khalifmann@gmail.com, linda.lindahas@unisba.ac.id, sriyanti.tambang@yahoo.com

Abstract. The depositional environment of the coal is a layer of coal that undergoes sedimentation. Based on this, research on the depositional environment can help reconstruct the coal formation process. Research has been conducted on East Kalimantan Coal to determine the depositional environment based on coal characteristics. The research stages were carried out by making samples in the form of polished incisions of coal, and the next stage was to analyze using tools in the form of microscopes, also known as Petrographic Analysis, as supporting data as well as ultimate and proximate testing on coal. Coal contains materials that are grouped into sub-materials and have the potential for rare earth metal content in the form of corpohuminite. Under microscopic reflection light, there is a metallic sheen in the form of pyrite, a radioactive mineral that has the potential to be found with rare earth metal elements. The presence of clay minerals also has the potential to have rare earth metal content in coal owing to the transportation and weathering of soil that plants can absorb through roots, resulting in the production of coal for millions of years of geological time.(Diessel, 1992)

Keywords: *Coal Depositional Environment, Petrography, Maceral Analysis*

Abstrak. Lingkungan pengendapan batubara merupakan suatu lapisan pembentukan batubara yang mengalami proses sedimentasi. Berdasarkan hal tersebut maka penelitian tentang lingkungan pengendapan dapat merekonstruksi bagaimana proses terbentuknya batubara. Penelitian dilakukan pada Batubara Kalimantan Timur untuk dapat menentukan lingkungan pengendapan berdasarkan karakteristik batubara. Tahapan penelitian dilakukan dengan membuat sampel berupa sayatan poles dari batubara, serta tahapan berikutnya adalah melakukan analisa menggunakan alat bantu berupa mikroskop atau yang dikenal dengan Analisa Petrografi sebagai data penunjang juga dilakukan pengujian ultimat dan proksimat pada batubara. Dari penelitian yang telah dilakukan, Batubara memiliki maseral yang dikelompokkan ke dalam sub maseral dan yang memiliki potensi kandungan logam tanah jarang berupa Corpohuminite. Dalam Cahaya pantulan mikroskop terdapat kilap logam yang berupa pyrite, mineral radioaktif dimana mineral ini memiliki potensi keterdapatan dengan unsur logam tanah jarang, keterdapatan mineral clay juga berpotensi memiliki kandungan logam tanah jarang pada Batubara karena proses transportasi serta pelapukan dari tanah yang mampu terserap tumbuhan melalui akar, dan tumbuhan tersebut mati menjadikan Batubara selama jutaan tahun waktu geologi.(Fungky Suhayadi & Sriyanti, 2022)

Kata Kunci: *Lingkungan Pengendapan Batubara, Petrografi, Analisis Maseral*

A. Pendahuluan

Batubara terbentuk melalui proses yang bernama *coalification*, yakni merupakan suatu proses yang melibatkan reaksi fisika dan pelapukan kimiawi dari gambut. Proses penggambutan dan pembatubaraan turut melibatkan proses kompaksi, tekanan, panas, dan waktu. Reaksi ini juga dipengaruhi oleh faktor biologi seperti bakteri anaerob yang berkembang, dalam proses pembentukan batubara memiliki potensi adanya logam tanah jarang yang terbentuk dan ikut masuk dalam waktu yang bersamaan dengan proses pembatubaraan. teori tempat terbentuknya batubara yaitu teori *insitu* dan teori *drift*, dimana dalam penjelasannya teori *insitu* terbentuk ditempat dimana tumbuhan asal berada, maka setelah tumbuhan tersebut mati, belum mengalami proses transportasi segera tertutup oleh lapisan sedimen dan mengalami proses pembatubaraan. Jenis batubara yang berbentuk dengan cara ini mempunyai penyebaran luas dan merata, kualitasnya lebih baik karena kadar abunya relatif kecil. Sedangkan teori *drift* pembentuk lapisan batubara terjadi di tempat yang berbeda dengan tempat tumbuhan semula hidup dan berkembang. Tumbuhan yang telah mati diangkut oleh media air dan berakumulasi disuatu tempat, tertutup oleh batuan sedimen dan mengalami proses *coalification*. Jenis batubara yang terbentuk dengan cara ini mempunyai penyebaran tidak luas, tetapi dijumpai di beberapa tempat, kualitas kurang baik karena banyak pengangkutan dari tempat asal tanaman ke tempat sedimentasi. (Sukandarrumidi, 1995)

Batubara umumnya dibagi kedalam lima kelas berdasarkan standar ASTM [2] yaitu: (1) Gambut, berpori dan memiliki kadar air di atas 75% serta nilai kalori yang paling rendah; Lignit mengandung air 35-75% dari beratnya. (2) Lignit merupakan batubara peringkat rendah dimana kedudukan lignit dalam tingkat klasifikasi batubara berada pada daerah transisi dari jenis gambut ke batubara; (3) Sub-Bituminus merupakan jenis batubara peralihan antara jenis lignit dan bituminus. mempunyai kandungan air, zat terbang, dan oksigen yang tinggi serta memiliki kandungan karbon yang rendah; (4) Bituminus mengandung 69 - 86% unsur karbon (C) dan kadar VM 14% -54%; (5) Antrasit mempunyai kandungan karbon lebih dari 93% dan kandungan zat terbang kurang dari 10%

Menurut Diessel [4] lingkungan pengendapan terbagi menjadi beberapa jenis yaitu: (1) *Braid Plain*, dataran aluvial intramontana yang terendapkan material sedimen kasar (>2mm). yaitu dataran aluvial yang berada di antara pegunungan. Pada lingkungan ini terendapkan material sedimen kasar diagenesa gambut ombrogenik yang mencapai 1,5 meter, yaitu gambut yang hanya terbentuk karena pengaruh hujan; (2) *Alluvial Valley and Upper Delta Plain*, terbentuk dari daerah peralihan lembah dan dataran aluvial ke delta yang memotong tahap sungai dewasa dengan banyak *meander*. Sedimennya adalah batupasir dan batulanau yang berselang-seling. Gambut dikumpulkan dari rawa, dataran banjir dan sungai. Memiliki nilai TPI dan GI yang tinggi, didominasi oleh karies fosil lunak, serta memiliki kadar abu dan sulfur yang rendah; (3) *Lower Delta Plain*, memiliki nilai pasang surut air laut yang lebih tinggi. Pasang air laut tersebut membawa nutrisi kedalam rawa sehingga meningkatkan pertumbuhan yang lebih baik, namun material sedimen klastik halus ikut terendapkan di lingkungan ini yang berpengaruh terhadap kenaikan pengotor selama proses penggambutan hingga pembatubaraan; (4) *Backbarrier Strand Plain*, dalam lingkungan ini, gambut yang terbentuk dipengaruhi oleh pasang surut air laut. Sedimentasi sangat dipengaruhi oleh regresi dan invasi air laut, delta akan terbentuk jika tingkat sedimentasi tinggi, sedangkan tingkat sedimentasi rendah, maka material sedimen akan terdistribusi sepanjang garis pantai. Hasil regresi batubara memiliki nilai GI dan TPI yang rendah serta bentuk sulfur yang rendah. Pada saat yang sama, hasil ilegal akan memiliki nilai yang berlawanan; (5) *Estuary*, terbentuk karena tingkat sedimentasi dan energi pantai sangat rendah, sehingga tidak terbentuk delta. Batubara yang terbentuk di lingkungan ini sangat tipis dan persebarannya tidak luas. Sedimentasi pada lingkungan ini berupa batulanau dan batupasir halus. Sebaran dari lingkungan ini tidak menerus dan memiliki ketebalan yang tipis.

Menurut Horne 1978 [8] lingkungan pengendapan terbagi menjadi beberapa jenis yaitu: (1) *Upper Delta Plain Fluvial*, didominasi oleh tubuh linier batupasir lentikuler, serpih, batulanau, dan batubara. Lapisan batubara pada lingkungan upper delta plain ini cukup tebal dapat mencapai 10 meter, sebarannya meluas dan memanjang sesuai jurus akan tetapi

kemenerusannya terpotong secara lateral, bentuk batubaranya ditandai adanya *splitting* akibat channel dan kadar sulfurnya rendah. Sedangkan lapisan batubara pada endapan *fluvial plain* cenderung lebih tipis dibandingkan dengan endapan upper delta plain, ketebalannya bertambah apabila mendekati *channel* dan sebaliknya akan semakin tipis apabila menjauh dari *channel*; (2) *Transitional Lower Delta Plain*, zona yang berada diantara *upper dan lower delta plain*. sering ditemukannya batupasir tipis yang lebih banyak dibandingkan *lower delta plain* tetapi lebih sedikit dari *upper delta plain*. Tebal lapisan batubara mencapai lebih dari 10 meter. sebarannya meluas dan memanjang searah dengan jurus pengendapan. Kemenerusan lapisan secara lateral sering terpotong oleh *channel*, bentuk dari lapisan batubaranya ditandai oleh adanya *splitting* yang diakibatkan oleh channel kontemporer dan *washout* oleh *channel* subsekuen, serta memiliki kadar sulfur yang agak rendah; (3) *Lower Delta Plain*, didominasi oleh endapan serpih dan batulanau dibagian atas, bagian bawah diisi oleh lempung-serpih, terkadang ditemukan *mudstone* siderit. Lapisan batubara cenderung tipis dengan pola penyebaran yang sepanjang *channel* atau jurus pengendapan. Bentuk lapisannya ditandai oleh adanya *splitting* oleh endapan *crevasse splay* dan memiliki kandungan sulfur yang agak tinggi; (4) *Back Barrier*, lapisan utama berupa serpih yang kaya bahan organik dan batulanau diikuti oleh batubara yang penyebaran secara lateralnya tidak menerus serta memiliki zona siderit yang berlubang. Lapisan batubara cenderung tipis dengan penyebaran yang memanjang sejajar jurus perlapisan. Bentuk dari lapisannya melembat dikarenakan adanya pengaruh pasang surut air laut pada saat proses pengendapan ataupun setelah pengendapan dan juga memiliki kadar sulfur yang tinggi; (5) *Barrier*, semakin kearah laut maka butirannya akan semakin halus dan berselingan dengan serpih gampingan. Sedangkan batupasir pada lingkungan pengendapan ini akan lebih bersih dikarenakan adanya pengaruh dari gelombang dan pasang surut air laut

Berdasarkan latar belakang tersebut maka pokok permasalahan yang ada yaitu perbedaan kualitas batubara yang dipengaruhi oleh cara pengendapan dan kondisi lingkungan pada batubara, sehingga kondisi lingkungan pengendapan akan mempengaruhi karakteristik dari batubara. Meninjau dari rumusan masalah tersebut, maka tujuan penelitian ini diantaranya:

1. Mengetahui karakteristik batubara berdasarkan nilai reflektansi vitrinit
2. Mengetahui lingkungan pengendapan Batubara

B. Metodologi Penelitian

Metodologi yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan metode kuantitatif dengan melakukan pengujian di laboratorium data tersebut selanjutnya diolah hingga diperoleh analisis dari kegiatan penelitian yang telah dilakukan. Data tersebut bersumber dari:

1. Data Primer, merupakan data yang diperoleh secara langsung dari laboratorium meliputi data pengujian analisis ultimat dan proksimat, petrografi
2. Data Sekunder, merupakan data penunjang meliputi jurnal dan buku.

Data tersebut diolah dengan menggunakan persamaan empiris untuk menentukan karakteristik batubara yang dikaitkan dengan bagaimana awal mula dari batubara itu terbentuk dan terendapkan, dari hasil pengujian di laboratorium didapati analisis berupa parameter yang dapat di korelasikan dengan penelitian terkait adanya potensi logam tanah jarang pada batubara.

Tahap Penggambutan, tahap dimana sisa-sisa tumbuhan yang terakumulasi tersimpan dalam kondisi bebas oksigen (anaerobik) di daerah rawa dengan sistem pengeringan yang buruk dan selalu tergenang air pada kedalaman 0,5 - 10 meter. Material tumbuhan yang busuk ini melepaskan unsur H, N, O, dan C dalam bentuk senyawa CO₂, H₂O, dan NH₃ untuk menjadi humus. Selanjutnya oleh bakteri anaerobik dan fungi diubah menjadi gambut. Pembatubaraan atau Coalification terdiri dari dua tahapan, yaitu tahap biokimia dan tahap geokimia. Tahap biokimia, dimana tumbuhan yang telah mati mengalami pembusukan dan menjadi humus, yang kemudian diubah menjadi gambut oleh bakteri anaerob dan fungi, sedangkan tahap geokimia merupakan tahap dimana gambut akan mengalami perubahan secara fisika dan kimia hingga akhirnya menjadi batubara yang sesungguhnya. Proses coalification tersebut dimulai dari Lignite sampai Anthracite. Pada tahap ini persentase karbon akan meningkat, sedangkan persentase hidrogen dan oksigen akan berkurang. Proses ini akan menghasilkan batubara dalam berbagai tingkat kematangan material organiknya mulai dari lignit, sub bituminus, bituminus,

semi antrasit, antrasit, hingga meta antrasit.

Analisa Batubara Analisa Proksimat

Analisa proksimat Batubara merupakan analisis yang dilakukan untuk menentukan kandungan *moisture*, *volatile matter*, kandungan abu, dan kandungan karbon tetap dalam Batubara

1. *Moisture* (Kadar air)

Moisture merupakan kandungan air yang terdapat dalam Batubara. Kandungan air yang dalam Batubara terdiri dari beberapa macam, yaitu:

1. *Free Moisture*: air terbentuk di permukaan partikel atau maseral Batubara
2. *Inherent (residual) moisture*: air yang terbentuk oleh kegiatan kapiler dalam pori-pori (kapiler Batubara)
3. *Decomposition moisture*: merupakan air yang dihasilkan dari dekomposisi
4. termal pada unsur-unsur organik pada Batubara.
5. *Mineral moisture*: merupakan air yang berasal dari bagian struktur dari kristal
6. silika hidrat seperti lempung dan mineral anorganik dalam Batubara.

Nilai kadar air pada batubara adalah perbandingan antara komposisi berat air total dengan berat kering batubara. Porositas pada batubara mempengaruhi kandungan *moisture content*, semakin besar porositas yang dimiliki maka akan semakin besar kandungan *moisture content* terkandung.

2. *Volatile Matter* (Zat Terbang)

Volatile Matter (VM) adalah banyaknya zat yang hilang bila sampel batubara dipanaskan pada suhu dan waktu yang telah ditentukan (setelah dikoreksi dengan kadar *moisture*). Zat terbang merupakan jumlah kandungan zat yang menghilang ketika proses pemanasan dilakukan pada batubara. Komposisi zat yang terkandung didalamnya berupa gas metana dan gas hidrokarbon. Semakin besar nilai *volatile matter* pada batubara akan menyebabkan semakin besar resiko terjadinya potensi ledakan gas atau swabakar pada Batubara. Bahan yang mudah menguap dari Batubara adalah Metana, Hidrokarbon, Hidrogen, CO₂, CO, dan NO.

3. *Ash Content* (Kadar abu)

Abu merupakan residu anorganik hasil pembakaran Batubara, terdiri dari oksida-oksida logam seperti Fe₂O₃, MgO, Na₂O, K₂O, dan sebagainya. Dan juga mengandung logam oksida-oksida non logam seperti SiO₂, P₂O₅, dan lain-lain. Pembakaran Batubara pada metode ASTM, Kadar abu merupakan kandungan zat abu sebagai hasil dari proses pembakaran material organik. Penentuan kadar abu berhubungan dengan kandungan *mineral matter* pada batubara, semakin besar kandungan sulfur pada batubara akan menghasilkan abu sisa pembakaran yang relatif sedikit. Perbedaan Lingkungan pengendapan batubara juga dapat mempengaruhi kandungan abu yang terdapat di dalam batubara.

4. *Fixed Carbon* (Karbon Terhambat)

Fixed Carbon (FC) adalah karbon dalam keadaan bebas yang tidak terikat dengan elemen lain. Karbon terhambat merupakan total kadar karbon yang terdapat pada batubara ketika suhu pada *volatile matter* ditetapkan tidak menguap. Nilai kandungan *fixed carbon* besar mempengaruhi tingkatan kualitas dari batubara, dimana jika kandungan *fixed carbon* pada batubara semakin tinggi maka akan meningkatkan kualitas dari batubara.

Analisis Ultimat

Analisis ultimat adalah analisis laboratorium untuk menentukan kandungan abu, karbon, hidrogen, oksigen dan belerang dalam Batubara dengan metode tertentu. Kandungan itu dinyatakan dalam persen pada basis dan sampel dikeringkan pada suhu 105°C dalam keadaan bebas kelembaban dan abu Analisis ultimat dilakukan untuk menentukan kadar karbon (C), hidrogen (H), oksigen (O), nitrogen (N), dan sulfur (S) dalam karbon. Prosedur analisis ultimat ini cukup ringkas, dengan memasukkan sampel ke dalam instrumen dan hasil analisis akan muncul kemudian pada layar komputer. Untuk penentuan kandungan karbon, hidrogen, dan nitrogen dapat dilakukan berdasarkan ASTM D5373-02 tentang standar metode pengujian untuk penentuan kandungan karbon, hidrogen, dan nitrogen dalam sampel laboratorium dari Batubara dan kokas. Sedangkan untuk penentuan kandungan sulfur dapat dilakukan berdasarkan ASTM D3177 tentang total sulfur dalam analisis sampel Batubara dan kokas.

C. Hasil Penelitian dan Pembahasan

Kegiatan Penelitian

Sampel bongkah Batubara yang didapatkan dari daerah penelitian sebanyak 6 sampel yaitu sampel A, B, C, D, E dan F. Sampel Batubara ini dilakukan pengujian berupa analisis proksimat, ultimat, serta petrografi. Sampel Batubara ini dilakukan pengujian di tiga Lembaga yaitu di Pusat Sumber Daya Mineral Batubara dan Panas Bumi menguji analisis proksimat, petrografi serta maseral reflektan, Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Mineral dan Batubara menguji analisis ultimat, serta Laboratorium Petrologi & Mineralogi Teknik Geologi Universitas Padjajaran menguji petrografi.



Gambar 1. Sayatan Poles

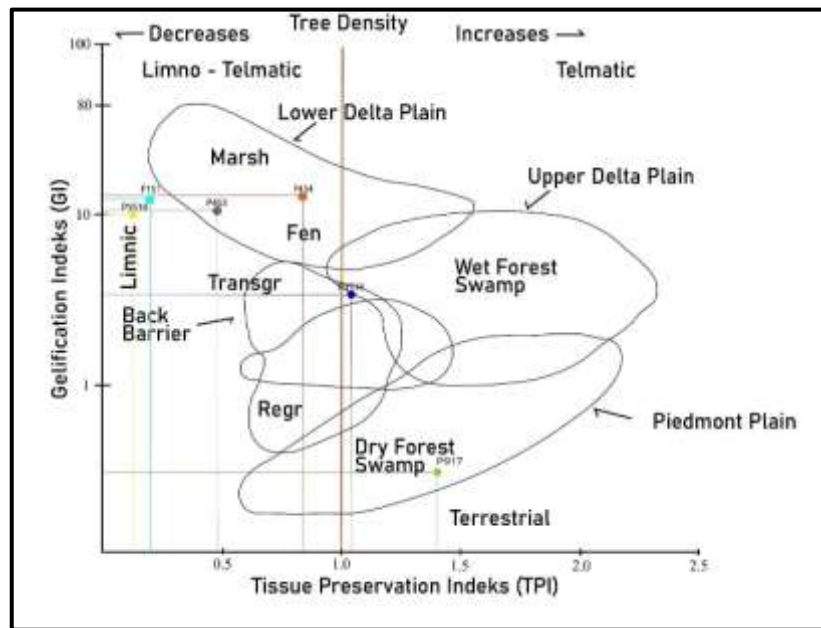


Gambar 2. Hasil Petrografi

pada analisis Proksimat sampel memiliki nilai rata rata IM sebesar 14%, VM 40,5%, Ash 6,5%, FC 38%, dan total sulfur sebesar 1,08%. Pada analisis Ultimat sampel memiliki nilai rata rata C sebesar 58%, H 5,6%, N 1,02%, O 27,9%.

Analisis Reflektansi Vitrit merupakan pengukuran pada maseral vitrit menggunakan mikroskop monokromatik yang berupa besarnya sinar yang dipantulkan kembali oleh maseral vitrit atau huminit. Nilai dari reflektansi vitrit ini dapat menjadi parameter dalam menentukan peringkat Batubara. Hasil Penelitian menggambarkan reflektansi vitrit 0,36 %, nilai ini diplot kedalam tabel peringkat batubara berdasarkan vitrit menghasilkan Batubara

jenis lignite.



Gambar 3. Diagram Lamberson

Pada diagram Lamberson diatas, sampel batubara yang terendapkan berada pada zona limno-telmatic. Zona *limno-telmatic* merupakan zona rawa yang digenangi oleh tumbuhan perdu. Berdasarkan diagram diatas, zona batubara yang ditunjukkan sesuai dengan kandungan maseral pada sampel batubara yang lebih didominasi oleh tumbuhan perdu. Lingkungan pengendapan sangat berkaitan dengan lokasi yang berinteraksi dengan air pasang surut, semakin menuju *upper delta plain* maka kemungkinan untuk terkena air pasang lebih kecil atau tidak ada. Sehingga walaupun satu formasi tetapi jika lokasi sampel berbeda maka lingkungan pengendapannya pun akan berbeda. Berdasarkan hasil analisis, semakin mendekati zona *upper delta plain* maka nilai karbon akan semakin meningkat dan nilai oksigen akan menurun. Faktor menurunnya nilai oksigen tersebut dikarenakan pengendapan batubara tidak terkena air sehingga pengendapan dalam keadaan anaerob atau tidak membutuhkan oksigen. Lingkungan pengendapan *upper delta plain* yang memiliki lokasi lebih dekat dengan daratan dan tidak terkontaminasi oleh air laut ini memungkinkan batubara terendapkan dalam suasana anaerob. Hal ini ditunjukkan dengan kandungan oksigen yang kecil pada sampel batubara. Sedangkan pada kandungan karbon, batubara dengan lingkungan pengendapan *upper delta plain* memiliki nilai karbon yang lebih tinggi. Hal tersebut menunjukkan bahwa batubara pada lingkungan pengendapan *upper delta plain* memiliki kualitas yang lebih baik. Lingkungan pengendapan *upper delta plain* berupa batuan karbonatan yang kaya akan senyawa karbon. Hubungan antara lingkungan pengendapan dengan karakteristik batubara, sampel batubara mulai dari *lower delta plain* sampai *upper delta plain* kandungan air makin sedikit. Lalu pada kadar zat terbang, semakin menuju *upper delta plain* nilainya semakin besar pada setiap formasinya. Berdasarkan analisis ultimat menunjukkan bahwa semakin ke arah *upper delta plain* nilai karbon semakin meningkat sedangkan oksigen semakin menurun. Sehingga dapat dikatakan semakin menuju *upper delta plain* kualitas dari batubara semakin bagus. Setiap sampel Batubara memiliki beberapa lingkungan pengendapan yang berbeda Sampel A, B, C dan E termasuk kedalam lingkungan *limnotelmatic*, sedangkan sampel F termasuk kedalam lingkungan Transgresi dan pada sampel D termasuk kedalam lingkungan *Dryforest swamp*. Berdasarkan pengamatan terhadap potensi logam tanah jarang yang dikorelasikan dengan pengujian nilai hasil Analisa proksimat, Analisa ultimat, serta *mineral matters* pada daerah penelitian yaitu pada sampel A serta B yang termasuk kedalam pengendapan Marsh dengan lingkungan *limnotelmatic* dicirikan dengan kandungan *mineral matters* yang tinggi yaitu di angka 19% serta kadar abu 9% dan adanya potensi logam tanah jarang.

D. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pembahasan dalam penelitian ini, maka kesimpulan yang dapat diambil sebagai berikut.

1. Berdasarkan pembahasan pada penelitian yang telah dilakukan, maka dapat ditarik kesimpulan karakteristik batubara berdasarkan analisis laboratorium berupa analisis proksimat, ultimat, nilai kalor dan petrografi didapatkan kandungan yang berbeda yaitu pada analisis Proksimat sampel memiliki nilai rata rata IM sebesar 14%, VM 40,5%, Ash 6,5%, FC 38%, dan total sulfur sebesar 1,08%. Pada analisis Ultimat sampel memiliki nilai rata rata C sebesar 58%, H 5,6%, N 1,02%, O 27,9%.
2. Pada penentuan rank, tipe dan grade batubara dapat disimpulkan berdasarkan tabel menurut ASTM [2], peringkat batubara berdasarkan nilai Rv sampel tersebut termasuk kedalam peringkat Lignite
3. Sehingga dapat disimpulkan bahwa lokasi pengendapan kemungkinan terendapkan pada lokasi cekungan kutai dengan lingkungan pengendapan pada rawa gambut Marsh lingkungan limnotelmatic Dimana proses pembentukan Batubara terjadi pada rawa yang selalu tergenang air atau di bawah permukaan air dengan dominasi vegetasi pada daerah ini adalah daun, rumput dan semak belukar. Berdasarkan hasil Analisa maseral didapati dominasi kandungan grup maseral vitrinite dengan tumbuhan pembentuk adalah tumbuhan kayu

Acknowledge

Penyusun mengucapkan banyak terimakasih kepada beberapa pihak yang telah membantu serta mendukung penyusun diantaranya:

1. Orang tua penyusun yang senantiasa mendo'akan dan mendukung dalam penelitian.
2. Dr. Ir. Yunus Ashari M.T. selaku Ketua Program Studi Teknik Pertambangan Unisba.
3. Noor Fauzi Isniarno S.Si., M.T. selaku Sekretaris Program Studi Teknik Pertambangan Unisba.
4. Ir. Zaenal, M.T. sebagai Koordinator Skripsi yang senantiasa mengarahkan dalam kelancaran kegiatan skripsi
5. Ibu Ir. Linda Pulungan, M.T. selaku Pembimbing yang telah membimbing dan memberikan ilmu selama penelitian dan memberikan kesempatan untuk ikut dalam penelitian ini.
6. Ibu Sriyanti, S.T., M.T. selaku Co-Pembimbing yang telah membimbing dan memberikan ilmu selama penelitian
7. Bapak Ir. Rusman Rinawan selaku Pembimbing yang telah membimbing dan memberikan ilmu selama penelitian
8. Bapak Eka Adhitya K. selaku Dosen Wali yang senantiasa menjadi tempat untuk bertukar pikiran dan pengalaman
9. Keluarga Laboratorium Unisba, yang telah memberikan pengalaman dan kenangan selama penyusun menjadi mahasiswa.
10. Keluarga Tambang 2019, yang telah bersama-sama berjuang sebagai mahasiswa.

Daftar Pustaka

- [1] Anggayana, K., Rahmad, B., Widayat, A.H., dan Hede, A.N.H., (2014): *Limnic in ombrotrophic peat type as the origin of Muara Wahau coal, Kutei Basin, Indonesia*, *Journal of The Geological Society of India*. 83,555-562
- [2] ASTM. 2004. *Annual Book of ASTM Standards*, Vol. 05.06, *American Society for Testing and Materials*, West Conshohocken, PA
- [3] Adams, J.W., and Staatz, M.H., 1973, *Rare-earth elements*, in Brobst, D.A., and Pratt, W.P., eds., *United States mineral Resources: U.S Geological Survey Professional Paper* 820, p. 547-556
- [4] Diessel, CFK. (1991): *On the correlation between coal fasies and depositional enviroments*. *The University of New Castle*.
- [5] Elderfield, H., Whitfield, M., Burton, J.D., Bacon, M.P., and Liss, P.S., 1988, *The oceanic*

- chemistry of the rare-earth elements [and discussion]: Philosophical Transactions of the Royal Society A*, v. 325, no.1583
- [6] Goldstein, S.J., and Jacobsen, S.B., 1988, *Rare earth elements in river waters: Earth and Planetary Science Letters*, v. 89, no. 1, p. 35-37
 - [7] Gambogi, Joseph, 2015, *Rare earths: U.S. Geological Survey Mineral Commodity Summaries* 2015, p. 128-129
 - [8] J. C. Horne, *Depositional Models in Coal Exploration and Mine Planning in Appalamchian Region*, vol. 62, pp. 2379-2411, 1978
 - [9] Jones, A.P., Wall, Frances, and Williams, C.T., eds., 1996, *Rare earth minerals-Chemistry, origin and ore deposits (1st ed.)*: London, United Kingdom, Chapman & Hall, Mineralogical Society series, v. 7, p. 372
 - [10] PSDMBP, 2019 "Potensi Logam Tanah Jarang di Indonesia", Bandung, Kementrian Energi dan Sumber Daya Mineral
 - [11] Powell, J. E. (1994). *The Rare-Earth Elements. In Journal of the American Chemical Society* (Vol. 86, Issue 21).
 - [12] Stach, E, 1953, *Stach's Textbook of Coal Petrology*, Gebruder Borntraeger, Germany
 - [13] Diessel, C. F. K. (1992). *Coal-Bearing Depositional Systems*. Springer-Verlag. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-3-642-75668-9>
 - [14] Funky Suhayadi, & Sriyanti. (2022). Kajian Lingkungan Pengendapan Berdasarkan Karakteristik Batubara Formasi Pulau Balang. *Jurnal Riset Teknik Pertambangan*, 1–8. <https://doi.org/10.29313/jrtp.v2i1.779>
 - [15] Sukandarrumidi. (1995). *Batubara dan Gambut*. Gadjah Mada University Press.