

Identifikasi Karakteristik Batubara Melalui Analisis Proksimat dan Petrografi pada PT XYZ Provinsi Kalimantan Utara

Zahwa Siba Afiza*, Linda Pulungan, Sriyanti

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

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

Abstract. Coal is a sedimentary rock derived from fossilized plants that have decomposed over millions of years so that they contain combustible elements. The elements in question are carbon (C), hydrogen (H), oxygen (O), and other additional elements such as sulfur (S), nitrogen (N), and other elements. The coal formation process is influenced by temperature, pressure, and geological time. So that coal has different characteristics, and these characteristics will affect the quality of coal. The purpose of this research is to determine the characteristics of coal based on proximate and petrographic analyses. This research consists of several stages, namely petrographic analysis by making polished incision samples to determine the composition of maseral and mineral constituents of coal under a microscope and proximate analysis to determine the quality of coal. In addition, the determination of the deposition environment based on the maserals content of coal using the classification according to Diessel, 1992. Based on the results of the study, it is found that the characteristics of coal in the research area have an average moisture content (IM) of 26.3% (adb), an average ash content of 5.8% (adb), an average fly matter content (VM) of 38.72% (adb), tethered carbon (FC) of 28.53% (adb), and mineral matter reaching 15.2%.

Keywords: *Coal, Coal Characteristics, Depositional Environment*

Abstrak. Batubara yaitu batuan sedimen yang berasal dari fosil tumbuhan yang terdekomposisi selama berjuta-juta tahun sehingga mengandung unsur yang mudah terbakar. Unsur yang dimaksud berupa karbon (C), hidrogen (H), oksigen (O), dan unsur tambahan lainnya seperti belerang (S), Nitrogen (N) dan unsur lainnya. Proses pembentukan batubara dipengaruhi oleh suhu, tekanan, waktu geologi. Sehingga batubara memiliki karakteristik yang berbeda – beda dan karakteristik tersebut akan mempengaruhi kualitas dari batubara. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui karakteristik batubara berdasarkan analisis proksimat dan petrografi. Penelitian ini terdiri dari beberapa tahapan yang dilakukan ini yaitu analisis petrografi dengan membuat sampel sayatan poles untuk mengetahui komposisi maseral dan mineral penyusun batubara dibawah mikroskop serta analisis proksimat untuk mengetahui kualitas batubara. Selain itu, dilakukan penentuan lingkungan pengendapan berdasarkan kandungan maseral batubara menggunakan klasifikasi menurut Diessel, 1992. Berdasarkan dari hasil penelitian didapatkan bahwa karakteristik batubara pada daerah penelitian memiliki kadar air (IM) rata – rata sebesar 26,3% (adb), kadar abu (Ash) rata – rata 5,8% (adb), kadar zat terbang (VM) rata – rata 38,72% (adb), karbon tertambat (FC) rata – rata 28,53% (adb) dan *mineral matter* mencapai 15,2%.

Kata Kunci: *Batubara, Karakteristik Batubara, Lingkungan Pengendapan*

A. Pendahuluan

Batubara merupakan batuan sedimen yang berasal dari fosil tumbuhan yang terdekomposisi selama berjuta-juta tahun sehingga mengandung unsur yang mudah terbakar. Unsur yang dimaksud berupa karbon (C), hidrogen (H), oksigen (O), dan unsur tambahan lainnya seperti belerang (S), Nitrogen (N) dan beberapa unsur logam pengotor yang terperangkap selama pembentukan batubara. Batubara terbentuk dari sisa tumbuh-tumbuhan yang terdekomposisi diakibatkan adanya pengaruh dari proses biologi dengan bantuan bakteri pengubah oksigen (anaerob) menjadi karbondioksida (CO_2) dan air (H_2O). Batubara memiliki proses keterbentukan atau *coalification* yang dipengaruhi oleh umur, suhu (*temperature*) dan tekanan.

Saat ini, Batubara masih menjadi sumber energi utama yang diandalkan untuk pembangkit listrik. Hal ini terlihat dari meningkatnya realisasi pemenuhan batubara untuk listrik berdasarkan data dari Badan Geologi Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) tahun 2022 yaitu mencapai 72,9 juta ton dan cadangan batubara di Indonesia tercatat 31,1 miliar ton dengan jumlah total izin pertambangan yang tercatat sebanyak 7.851 izin. Hal ini pula yang menjadikan batubara menjadi sektor pertambangan yang memberikan kontribusi besar terhadap pemasukan negara.

Di Indonesia sendiri penyebaran endapan batubara tentunya tidak merata, sebagian besar sebaran batubara berada di cekungan – cekungan besar seperti Kalimantan dan Sumatera. Proses keterbentukan batubara melalui proses pengendapan yang terjadi di lokasi tertentu dengan waktu yang cukup lama yang disebut dengan lingkungan pengendapan. Setiap lapisan batubara memiliki karakteristik (peringkat, kualitas dan tipe) batubara yang berbeda – beda yang dikontrol oleh berbagai faktor seperti lingkungan pengendapan, kondisi iklim, hidrologi dan tumbuhan asalnya. Sehingga karakteristik seperti sifat fisik dan kimia dari lapisan batubara akan menyesuaikan dengan faktor yang mempengaruhinya.

Dalam kegiatan penelitian ini membahas mengenai komposisi maseral dan mineral tertentu yang terkandung pada sampel batubara berdasarkan analisis petrografi guna mengetahui lingkungan pengendapan batubara pada daerah penelitian. Dengan mengetahui lingkungan pengendapan batubara, maka secara tidak langsung dapat diperkirakan pula karakteristik batubara. Sehingga berdasarkan penjelasan tersebut, maka dilakukannya penelitian mengenai hubungan karakteristik batubara dengan lingkungan batubara di PT. XYZ Provinsi Kalimantan Utara.

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, adapun perumusan masalah dalam kegiatan penelitian ini sebagai berikut: “Bagaimana karakteristik batubara berdasarkan hasil analisis proksimat dan petrografi?”. Meninjau dari perumusan masalah tersebut, maka tujuan dalam penelitian ini diantaranya:

1. Untuk mengetahui karakteristik batubara pada daerah penelitian.
2. Untuk mengetahui lingkungan pengendapan pada daerah penelitian.

B. Metodologi Penelitian

Metodologi penelitian yang digunakan yaitu data primer dan data sekunder dari kegiatan penelitian. Adapun uraian darisetiap parameter dan data sekunder yaitu sebagai berikut:

1. Data primer, merupakan data yang diperoleh secara langsung dari laboratorium yang meliputi data pengujian analisis proksimat, analisis petrografi berupa komposisi maseral dan mineral termasuk reflektansi vitrinit pada batubara
2. Data sekunder, merupakan penunjang untuk data primer yang meliputi laporan terdahulu, buku dan jurnal yang berkaitan dengan judul penelitian dan kondisi daerah penelitian.

Setelah data primer maupun data sekunder dikumpulkan yang selanjutnya dilakukan pengolahan data. Pengolahan data dilakukan untuk mengetahui lingkungan pengendapan berdasarkan nilai *Tissue Index* (TPI) dan *Gelification Index* (GI) yang kemudian diplot dalam diagram Diessel (1986). Selain itu untuk mengetahui peringkat batubara dengan menggunakan klasifikasi menurut ASTM D298- 06.

Proses Pembentukan Batubara

Batubara menurut (Sukandarrumidi, 1995) merupakan bahan bakar hidrokarbon padat yang terbentuk dari proses penggambutan dan pembatubaraan dari suatu cekungan dengan jangka waktu geologis yang meliputi aktivitas bio-geokimia terhadap akumulasi flora di alam yang mengandung selulosa dan lignin. Proses pembatubaraan dibantu oleh faktor tekanan yang berhubungan dengan kedalaman dan suhu yang berkaitan dengan pengurangan suatu kadar air. Genesa terbentuknya batubara terjadi akibat dua tahap yaitu tahap biokimia dan tahap pembatubaraan. Berikut merupakan penjelasannya:

1. Tahap Biokimia (Penggambutan)

Tahap penggambutan dimulai dari tumbuh-tumbuhan yang terakumulasi tersimpan dalam keadaan bebas oksigen (anaerobik) terkumpul di rawa dan tergenang air karena mengalami penirisan yang buruk dan selalu yang tergenang sehingga setiap waktunya melepaskan unsur H, N, O, dan C dalam bentuk senyawa CO₂, H₂O, dan NH₃. Dalam proses penggambutan adanya peranbakteri berupa bakteri anaerob yang mengonsumsi oksigen dari molekul organik dan mengubah material tumbuhan menjadi gambut dengan proses biokimia.

2. Tahap Pembatubaraan (*Coalification*)

Tahap pembatubaraan sebagai lanjutan dari penggambutan ini diartikan sebagai proses diagenesa dari gambut (hasil tahap biokimia) yang mengalami peningkatan temperatur dan tekanan yang tinggi dan mengalami pembebanan sedimen yang menutupinya dari waktu ke waktu sehingga menghasilkan batubara yang kaya akan karbon semakin lama proses pembatubarannya. Lapisan gambut hasil penggambutan akan mengalami kompaksi dan terkena gaya tektonik sehingga kadar air dari gambut pun akan berkurang yang menyebabkan pepadatan batubara dengan kadar air yang semakin sedikit. Gambut akan berubah menjadi lignit (*brown coal*). Batubara akan mengalami penurunan temperatur dan tekanan terus menerus dari lignit selanjutnya akan berubah menjadi *sub-bituminus*. Batubara akan terus mengalami perubahan fisik maupun kimia sehingga memiliki warna hitam pekat dan bertambah keras menjadi jenis batubara antrasit dengan kandungan karbon tertinggi.

Proses pembentukan batubara sendiri memerlukan kondisi tertentu untuk dapat terbentuk secara sempurna. Terdapat dua teori yang menjelaskan tempat terbentuknya batubara yaitu sebagai berikut:

1. Teori In-Situ

Teori in-situ menjelaskan bahwa batubara yang terbentuk berasal dari tumbuhan yang tumbuh dan tumbang di tempat yang sama. Dalam artian tumbuhan yang berada di daerah basah atau rawa ketika tumbang dan sudah roboh maka akan jatuh di tempat tersebut yang kemudian mengalami pembatubaraan tanpa harus berpindah tempat untuk proses selanjutnya. Batubara yang terendapkan di tempat asalnya akan memiliki kandungan yang lebih optimal karena tidak banyak terkontaminasi dan tertimbun oleh endapan sedimen lainnya. Jenis batubara ini mempunyai ciri – ciri seperti sebarannya luas, merata, lapisan luas dan kualitas cukup baik dikarenakan hanya sedikit abu atau pengotor. Contoh batubara menurut teori insitu yaitu berada di Muara Enim, Sumatera Selatan.

2. Teori Drift

Teori drift menjelaskan bahwa batubara yang terbentuk bukan berasal dari tempat tumbuhan diendapkan melainkan dari tempat lain yang kemungkinan mengalami transportasi. Batubara hasil dari teori drift umumnya memiliki lapisan yang tipis dan banyak serta mengandung kadar abu yang tinggi dibandingkan dengan batubara hasil dari teori in-situ. Kualitas dari batubara yang dihasilkan dari proses ini kurang optimal karena diasumsikan sudah terkontaminasi dengan material lain pada saat transportasi berlangsung. Jenis batubara ini biasanya terbentuk di delta sungai dengan ciri lapisan tipis, tidak menerus, penyebaran yang sempit dan kandungan abu yang tinggi. Contoh batubara menurut teori drift yaitu berada di Mahakam Purba, Kalimantan Timur.

Menurut Diessel (1992) lingkungan pengendapan batubara terbagi menjadi beberapa bagian yaitu:

1. *Braid Plan*, merupakan dataran alluvial intramontana yang berada diantara pegunungan. Lingkungan pengendapan ini terendapkan material sedimen yang kasar dengan ukuran (<2 mm). Batubara yang terbentuk pada lingkungan pengendapan ini merupakan hasil dari diagnosis gambut ombrogenik yang mana gambut tersebut terjadi karena pengaruh air hujan dengan penyebaran lateral terbatas dan memiliki ketebalan rata – rata 1,5 m. Kandungan abu, total sulfur dan vitrinit tergolong rendah, namun kandungan vitrinit yang tinggi biasanya terjadi pada daerah tropis. Umumnya karena kekurangan nutrisi, bagian tengah lahan gambut biasanya mengandung banyak maseral inertinit yaitu sekitar 28%. Kandungan inertinit (maseral semifusinit) yang tinggi menyebabkan nilai TPI menjadi tinggi dan menunjukkan bahwa tumbuhan asalnya dominan dari kayu. Sedangkan untuk nilai GI relatif rendah dan warna batubara yang buram mengindikasikan bahwa gambut secara berkala mengalami kekeringan dan mengalami oksidasi.
2. *Alluvial Valley* dan *Upper Delta*, merupakan lingkungan pengendapan yang terbentuk dari peralihan antara lembah dan dataran *alluvial* dengan dataran delta melewati sungai stadia dewasa dan endapan sedimen terdiri atas perselingan batupasir dengan lempung/lanau. Dibandingkan dengan jenis lingkungan pengendapan lainnya, lapisan batubara mempunyai ketebalan yang bervariasi dengan ciri batubara berwarna hitam kusam dan memiliki kandungan abu dan sulfur yang relatif rendah. Umumnya gambut terakumulasi di rawa, dataran banjir dan tepian sungai dan lain-lain. Permukaan cenderung basah dan jarang mengalami musim kemarau sehingga menghasilkan batubara yang berkilau. Nilai TPI dan GI cenderung tinggi yang sebagian besar didominasi oleh maseral humotelinit.
3. *Lower Delta Plain*, lingkungan pengendapan ini dibedakan dengan *upper delta plain* berdasarkan pasang surut air laut terhadap sedimentasi. Pengaruh pasang surut air laut di *lower delta plain* lebih besar daripada *upper delta plain*. Pasang air laut naik akan membawa nutrisi ke rawa untuk meningkatkan pertumbuhan tanaman. Namun di sisi lain material sedimen klastik halus terendapkan pada daerah lingkungan ini dan akan berpengaruh pada peningkatan pengotor selama batubara. Selain itu kenaikan air laut akan meningkatkan kandungan pirit pada batubara yang terbentuk dari reduksi sulfat dalam air laut. Endapan sedimen yang ditemukan pada *lower delta plain* yaitu batulempung, batulanau dan serpih yang berselingan dengan batupasir halus. Karakteristik batubara pada lingkungan pengendapan ini memiliki lapisan yang luas dengan lapisan yang tipis dan kandungan inertinit yang relatif rendah serta nilai GI yang tinggi. Sedangkan untuk kandungan vitrinit/huminit yang didominasi oleh maseral detrovitrinit/humotelinit sehingga mempengaruhi nilai TPI yang relatif rendah (Horne dan Ferm, 1978).
4. *Backbarrier Strand Plain*, gambut yang terbentuk di lingkungan ini dipengaruhi oleh perubahan pasang surut air laut. Garis pantai di lingkungan ini dikontrol oleh tingkat sedimentasi yang disebabkan oleh pasang surut air laut, gelombang pasang dan arus. Jika tingkat sedimentasi tinggi, delta akan terbentuk, namun jika tingkat sedimentasi rendah material sedimen akan tersebar sepanjang garis pantai. Rawa gambut pada *backbarrier strand plain* memiliki permukaan yang lebih rendah dibandingkan dengan muka air laut, sehingga sering tergenang air dan ditumbuhi oleh alang – alang. Material gambut akan terakumulasi di suatu tempat jika fluktuasi air pasang laut tidak terlalu tinggi, sehingga timbunan gambut tidak berpindah tempat. Oleh karena itu, rawa gambut di lingkungan ini sangat dipengaruhi oleh perubahan regresi dan transgresi air laut. Batubara yang dihasilkan dari regresi memiliki nilai GI dan TPI rendah, serta memiliki kandungan sulfur yang rendah.
5. *Estuary*, merupakan lingkungan pengendapan yang terbentuk akibat tingkat sedimentasi dan energi pantai yang rendah, sehingga tidak ada delta yang terbentuk. Batubara yang terbentuk disini cenderung tipis dan tidak tersebar secara luas. Endapan sedimen yang

terbentuk berupa batulanau dan batupasir halus.

C. Hasil Penelitian dan Pembahasan

Peringkat Batubara

Peringkat batubara adalah suatu tahapan yang dicapai oleh batubara selama proses pembatubaraan. Proses diagenesa yang melibatkan tekanan, panas dan waktu memiliki pengaruh yang signifikan terhadap proses pembatubaraan. Salah satu cara untuk menentukan peringkat batubara berdasarkan sifat fisiknya adalah dengan menggunakan nilai reflektansi vitrinit. Reflektansi vitrinit digunakan untuk mengukur seberapa besar intensitas sinar yang dipantulkan kembali oleh maseral vitrinit, yang kemudian dinyatakan sebagai persentase sinar yang terpantul dipermukaan vitrinit. Tingkat reflektansi vitrinit akan meningkat ketika derajat pembatubaraan semakin tinggi, sehingga dapat digunakan sebagai parameter tingkat kematangan (peringkat) dari batubara.

Nilai reflektansi vitrinit dapat digunakan sebagai indikator peringkat batubara karena terdapat korelasi yang kuat antara kedua variabel tersebut (Hoffman & Jenker 1932, dalam Stach et. al., 1982). Berdasarkan nilai reflektansi vitrinit pada sampel diperoleh nilai R_v rata – rata yaitu 0,20 – 0,31%. Jika dilihat secara rentang nilai R_v rata – rata yang merujuk pada klasifikasi standar ASTM D298- 06 termasuk ke dalam jenis peringkat batubara lignit (*brown coal*).

Tipe Batubara

Tipe batubara menurut (Parks dan Donnel dalam Cook, 1982) menjelaskan bahwa tipe batubara digunakan untuk mengelompokkan berbagai jenis tumbuhan pembentuk batubara. Tipe batubara dapat dibedakan berdasarkan asal dan materi pembentuknya (tumbuhan). Tipe batubara berhubungan dengan tipe genetik batubara yang tercermin melalui material organik pembentuk batubara yang disebut sebagai maseral. Dengan kata lain komposisi maseral dapat menggambarkan jenis tumbuhan yang membentuk rawa gambut (jenis tumbuhan pembentuk batubara). Maseral yang di indikasikan berasal dari tumbuhan kayu (lignin) seperti *humotelinite*, *fusinite* dan *semifusinite*. Sedangkan maseral yang di indikasikan berasal dari tumbuhan perdu (selulosa) seperti *humodetrinite*, *liptodetrinite*, *sporinite*, *cutinite*, *alginite* dan *intertodetrinite* (Teichmuller, 1989). Tipe batubara daerah penelitian didominasi oleh tumbuhan perdu (selulosa) dengan persentase rata – rata 49.93 % sedangkan yang berasal dari tumbuhan kayu (lignin) memiliki rata – rata sebesar 14 %.

Analisis Proksimat

Analisis proksimat pada batubara merupakan analisis yang digunakan untuk penentuan kualitas batubara seperti kadar air (*moisture*), kadar abu (*ash*), zat terbang (*volatile matter*) dan karbon tertambat (*fixed carbon*). Analisis ini menggunakan standar ASTM (*American Society for Testing and Materials*). Salah satu standar klasifikasi pada analisis proksimat ini yaitu ASTM D7582-15 *Standar test Method for Proximate Analysis of Coal and Coke by macro Thermogravimetric Analysis*.

Berdasarkan hasil analisis proksimat menunjukkan bahwa bahwa setiap parameter kandungan dalam batubara tidak memiliki kandungan yang tetap. Hal tersebut dapat terjadi akibat adanya faktor pada saat pembentukan batubara yang meliputi faktor waktu, suhu, tekanan maupun faktor geologi lainnya. Kadar air (IM) memiliki rata – rata sebesar 26,3% (adb). Hal tersebut kemungkinan batubara pada daerah penelitian terkontaminasi oleh banyak pengotor karena selama proses pengendapannya menerima material pengotor dari darat yang dibawa oleh air hujan atau angin dan daerah ini sering tergenang air. Sehingga lapisan batubara di daerah ini mengandung banyak pengotor, akibatnya batubara daerah penelitian memiliki kadar air yang tinggi. Kadar air ini sangat mempengaruhi nilai kalor, dimana semakin tinggi nilai kadar air akan menyebabkan nilai kalor menurun.

Kadar zat terbang (VM) pada batubara rata – rata 38,72% (adb) menunjukkan bahwa semakin tinggi kandungan zat terbang maka semakin rendah kualitas batubara karena semakin tinggi kandungannya dalam batubara akan mempercepat proses pembakaran dan berkaitan dengan nilai *reflectance vitrinite* yaitu dimana semakin tinggi kandungan zat terbang maka

semakin rendah nilai *reflectance vitrinite*. Sedangkan kadar abu (Ash) memiliki rata – rata 5,8% (adb) menunjukkan bahwa semakin tinggi kandungan abu, maka semakin rendah kualitas batubara. Kadar abu tinggi dikarenakan banyaknya kontribusi dari material anorganik. Sehingga kemungkinan kadar abu sendiri terdiri dari senyawa seperti besi, sulfat, fosfat dan lain – lain yang dikenal sebagai *mineral matter*. Karbon tertambat (FC) memiliki rata – rata 28,53% (adb) menunjukkan bahwa semakin tinggi karbon tertambat maka bahan bakar tersebut memiliki kualitas energi yang lebih baik, sedangkan karbon tertambat yang rendah menunjukkan kualitas energi yang lebih rendah dan kemampuan pembakaran yang lebih rendah.

Analisis Petrografi

Analisis petrografi batubara merupakan analisis yang digunakan untuk mengidentifikasi komposisi maseral dan mineral yang terkandung dalam batubara. Analisis ini melibatkan pengamatan terhadap struktur mikroskop batubara dengan menggunakan mikroskop sinar pantul. Pengamatan dilakukan pada sampel batubara yang sudah dalam bentuk sayatan poles (*polished block*). Definisi maseral merupakan material bahan-bahan organik (tumbuh – tumbuhan) pembentuk batubara yang dapat dibedakan dari kenampakan mikroskop seperti bentuk, morfologi, ukuran, relief, stuktur dalam, komposisi kimia, warna pantul, intensitas pantul, tingkat pembatubaraannya, asal kejadian dan sifat-sifat fisik dan kimia. Mineral *matter* merupakan semua komponen pada batubara yang bukan termasuk dalam kategori organik seperti karbon, hidrogen, oksigen, nitrogen dan sulfur. Kehadiran mineral *matter* tidak dapat dipisahkan dalam proses pembentukan batubara, baik pada tahap penggabutan maupun pembatubaraan, sama halnya dengan proses pembentukan komponen organik dalam batubara itu sendiri.

Berdasarkan hasil analisis petrografi mengacu pada klasifikasi maseral ICCP (*International Committee for Coal Petrology*, 1994) didapatkan bahwa komposisi kelompok maseral yang terdapat pada daerah penelitian didominasi oleh kelompok maseral *vitrinite* dengan kandungan tertinggi rata – rata 76,73%. Melimpahnya kelompok maseral *vitrinite* menunjukkan bahwa batubara terbentuk pada lingkungan rawa hutan basah (Teichmuller, 1982; Bustin, et.al., 1983). Kelompok maseral *liptinit* menunjukkan nilai yang relatif rendah dibandingkan dengan kelompok maseral lainnya dengan rata – rata 6,53%. Kandungan *liptinit* yang relatif rendah menunjukkan bahwa batubara yang terbentuk dominan berasal dari tumbuhan kayu. Maseral *liptinit* memiliki kandungan yang rendah mungkin disebabkan oleh adanya bahan organik yang mudah teroksidasi dalam *liptinit* yang dapat menghasilkan panas dan menyebabkan pembakaran spontan (Misra dan Singh 1994 dan Singh 1994). Pada kelompok maseral *inertinite* menunjukkan nilai yang relatif rendah dengan rata – rata yaitu 11,53%. Menurut (Stach dkk., 1982) kandungan *inertinit* yang relatif rendah menunjukkan bahwa batubara terendapkan dilingkungan yang basah, dengan tingkat oksidasi yang rendah dan tergenang oleh air yang menghalangi proses oksidasi dan pembusukan. Sehingga proses oksidasi pada material organik pembentuk batubara di daerah penelitian tidak terjadi secara signifikan.

Mineral *matter* pada batubara daerah penelitian memiliki komposisi mineral *matter* mencapai 15,2% meliputi mineral pirit dan mineral lempung. Mineral yang paling banyak ditemukan pada conto batubara daerah penelitian adalah mineral pirit yang mana berdasarkan hasil analisis petrografi, jenis pirit pada sampel 1 adalah pirit *framboidal* dan diikuti dengan mineral lempung. Adanya komposisi mineral pirit pada sampel batubara menandakan bahwa hal ini terjadi karena adanya fluktuasi muka air di rawa gambut yang dikontrol oleh kondisi cekungan dan banjir yang disebabkan oleh curah hujan yang tinggi. Kehadiran pirit *framboidal* menandakan bahwa saat batubara terbentuk pernah dipengaruhi oleh lingkungan air laut. Pirit *framboidal* terbentuk berasal dari proses pengurangan kandungan sulfur oleh mikroba organisme yang hidup dilingkungan air laut hingga air payau. Keberadaan mineral lempung pada batubara dapat disebabkan karena adanya proses transportasi dan pelapukan dari tanah yang telah terserap tumbuhan pembentuk batubara melalui akar hingga tumbuhan tersebut mati dan menjadikan batubara terendapkan selama jutaan tahun.

Lingkungan Pengendapan Batubara

Lingkungan pengendapan batubara merupakan tempat dimana lapisan batubara terbentuk melalui proses sedimentasi. Cekungan yang merupakan lokasi dimana tumbuhan mengendap dan mengalami proses hingga menjadi batubara juga dapat disebut sebagai lingkungan pengendapan. Penentuan lingkungan pengendapan batubara ditentukan berdasarkan metode yang dikemukakan oleh Diessel (1992) yaitu menggunakan nilai *Tissue Preservation Index* (TPI) dan *Gelification Index* (GI) yang diambil dari hasil perhitungan terhadap komposisi maseral (petrografi organik) yang ada pada batubara yang kemudian diplot dalam grafik perbandingan antara kedua nilai tersebut menggunakan diagram Diessel (1986).

TPI (*Tissue Preservation Index*) adalah perbandingan antara maseral yang terawetkan dengan maseral yang tidak terawetkan. Nilai TPI (>1) menunjukkan bahwa jaringan tumbuhan terawetkan dengan baik dengan kata lain batubara berasal dari tanaman berkayu atau tanaman berpohon tinggi. Nilai TPI (<1) menunjukkan bahwa jaringan tumbuhan pembentuk gambut kurang baik terawetkan dan rendahnya persentase kehadiran tumbuh – tumbuhan berkayu, berarti menandakan kehadiran tumbuhan perdu dengan persentase yang tinggi, hal tersebut disebabkan oleh mudahnya material selulosa pada tumbuhan perdu terdekomposisi yang berdampak pada penurunan nilai TPI, namun proses humifikasi bahan pembentuk vitrinit naik (Diessel, 1986). Penurunan nilai TPI dapat disebabkan oleh jenis vegetasi yang dominan (rasio angiosperma/gymnosperma tinggi).

Sementara itu, GI (*Gelification Index*) merupakan perbandingan antara komponen maseral yang mengalami gelifikasi (vitrinit dan makrinit) dengan komponen maseral yang mengalami oksidasi (fusinit, semifusinit dan inertodetrinit). Nilai GI ini akan mengindikasikan seperti tingkat kelembaban/keringnya kondisi pembentukan batubara dan menginterpretasikan tinggi muka air tanah terhadap permukaan gambut. Sedangkan nilai GI (<5) menunjukkan bahwa proses oksidasi berlangsung secara signifikan terhadap material pembentuk batubara. Nilai GI (>5) menunjukkan permukaan air tinggi, sehingga tingginya permukaan air akan menyulitkan sirkulasi oksigen menyebabkan proses oksidasi akan sulit membentuk kelompok maseral inertinit dan proses batubara terbentuk dari gambut dalam keadaan lembab atau jenuh air yang ditunjukkan oleh rendahnya kandungan maseral inertinit.

Berdasarkan dari hasil yang diperoleh didapatkan nilai dari TPI yaitu 0,17% - 0,67% sehingga diasumsikan bahwa nilai TPI tergolong rendah karena TPI $<1\%$. Hasil nilai GI diperoleh nilai yang bervariasi yaitu 5,20% - 8,51%, sehingga dapat diasumsikan bahwa nilai GI tergolong tinggi karena nilai GI $>5\%$. Selanjutnya diplot pada diagram fasies lingkungan pengendapan menurut (Diessel, 1986). Berdasarkan diagram menurut (Diessel, 1986) menunjukkan bahwa batubara pada daerah penelitian terendapkan dalam lingkungan *lower delta plain* dengan zona *limno – telmatic* pada rawa gambut *fen* dan *limnic*. Zona *limno – telmatic* merupakan rawa yang selalu tergenang air meskipun pasang surut ataupun dalam kondisi biasa. Sifat dari lingkungan ini yaitu mesotrofik yang ditandai dengan adanya pencampuran antara air laut dengan air tawar. Tumbuhan perdu mendominasi lingkungan ini diikuti tumbuhan kayu. Pada lingkungan pengendapan *lower delta plain* tersebar pada stadium *limnic* yang umumnya didominasi oleh tumbuhan perdu (selulosa).

Lingkungan pengendapan *lower delta plain* dicirikan oleh nilai TPI cukup rendah dan nilai GI yang relatif tinggi, serta didominasi oleh sub grup maseral *detrohuminite* yang masih dipengaruhi oleh air laut. Umumnya lingkungan *lower delta plain* menghasilkan batubara yang relatif kaya *vitrinit* dibandingkan dengan *upper delta plain* (Thomas, 2013). Lingkungan pengendapan *lower delta plain* merupakan lingkungan pengendapan yang dipengaruhi oleh pasang surut air laut, semakin mendekati *upper delta plain*, kemungkinan terkena air pasang surut akan semakin kecil atau bahkan tidak ada. Disamping itu, pengaruh air laut akan meningkatkan kandungan pirit dalam batubara terbentuk dari reduksi sulfat yang terdapat dalam air laut (Diessel, 1992).

Sampel 1 dan sampel 3 terendapkan pada kondisi lingkungan *limnic*. Lingkungan *limnic* merupakan lingkungan yang menghasilkan lahan gambut yang terbentuk dibawah air rawa. Menurut (Diessel, 1992) di lingkungan ini umumnya tumbuhan yang ditemui berupa rerumputan, semak, lumut dan tumbuhan tingkat rendah (perdu), serta sangat jarang ditumbuhi

oleh tumbuhan pepohonan. Kondisi *limnic* mengindikasikan lingkungan tersebut berada pada daerah dataran banjir yang kaya akan tanaman sumber dari material organik pembentuk batubara. Pada sampel 2 terendapkan di lingkungan pengendapan *fen* yang merupakan rawa yang banyak ditumbuhi tanaman perdu sehingga lebih didominasi oleh maseral selulosa dan beberapa jenis pohon lainnya. Umumnya terletak pada lingkungan ombrogenik yaitu daerah lingkungan ini kadang – kadang basah dan kering. Lingkungan pengendapan *fen* juga merupakan zona pembentukan gambut yang dikontrol oleh sedikit proses transgesi air laut yang menyebabkan terjadinya pencampuran antara air tawar dan air laut.

D. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat ditarik kesimpulan yaitu sebagai berikut:

1. Karakteristik batubara daerah penelitian termasuk dalam batubara peringkat lignit dengan nilai reflektansi vitrinit (0,20 -0,31%) dengan nilai kadar air rata – rata 26,38% (adb), kandungan zat terbang rata – rata sebesar 38,72% (adb), kadar abu rata – rata sebesar 5,88% (adb) dan karbon tertambat rata – rata sebesar 28,53% (adb).
2. Lingkungan pengendapan pada daerah penelitian terendapkan pada lingkungan lower delta plain yang dipengaruhi oleh pasang surut air laut dengan kondisi limno-telmatic pada rawa gambut limnic dan fen.

Acknowledge

Penyusun mengucapkan terimakasih kepada beberapa pihak yang telah membantu, memotivasi dan mendukung penyusun diantaranya:

1. Orang tua penyusun yang senantiasa mendo'akan dan mendukung dalam penelitian ini.
2. Bapak Dr. Ir. Yunus Ashari, M.T. selaku Ketua Program Studi Teknik Pertambangan Unisba serta selaku dosen wali yang telah membantu dan memotivasi penulis semasa perkuliahan.
3. Bapak Noor Fauzi Isniarno, S.Pd., S.Si., M.T. selaku Sekretaris Program Studi Teknik Pertambangan Unisba.
4. Bapak Ir. Zaenal, M.T. selaku Koordinator Skripsi Program Studi Teknik Pertambangan Unisba yang telah banyak membimbing, membantu dan memberikan arahan kepada penulis sehingga dapat melakukan skripsi dengan lancar.
5. Ibu Ir. Linda Pulungan, M.T., selaku Dosen Pembimbing yang telah banyak membantu, membimbing dan memberikan ilmu dalam kelancaran pengerjaan skripsi ini. Dan memberi penyusun kesempatan dan telah mengikut sertakan penulis dalam penelitian.
6. Ibu Sriyanti, S.T., M.T., selaku co – pembimbing yang telah memberikan arahan, bimbingan dan masukan kepada penulis dalam pengerjaan skripsi ini dan memberi penulis kesempatan dan telah mengikut sertakan penyusun dalam penelitian.

Daftar Pustaka

- [1] American Society for Testing and Materials., 2006, “ASTM D2798-06: Standard Test Method for Microscopical Detemination of the Vitrinite Reflektance of Coal”, USA.
- [2] Arif, Irwandy., 2014. “Batubara Indonesia”. PT Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- [3] ASTM D 7582-15., 2015, “Standard Test Methods for Proximate Analysis of Coal and coke by Coke Macro Thermogravimetric Analysis”, Annual book of ASTM.
- [4] ASTM D 2798-20., 2020,” Standard Test Method fot Microscopical Determination of the Vitrinite Reflectance of Coal”, Annual book of ASTM.
- [5] Calder, J. H., Gibling, M. R., D., & Mukopadhyay, P. K., 1991, “Peat formation in a Westphalian B piedmont setting, Cumberland Basin, Nova Scotia : implications for the maceral-based interpretation of rheotrophic and raised paleomires”, Bulletin de La Societe Geologique de France, 162/2, p. 283–298.
- [6] Baihaqi, A., Susilawati, R., Fauzielly, L., dan Muljana, B., I., 2017, “Studi perbandingan karakteristik kimia dan petrografi batubara lapangan x, Cekungan Sumatera Selatan dan lapangan y Cekungan Sumatera Tengah, Indonesia”, Buletin Summer Daya Geologi, 12,

- 87-102, Pusat Sumber Daya Mineral Batubara dan Panas Bumi, Bandung
- [7] Cook, A. C., 1982, "The origin and petrology of organic matter in coal, oil shales and petroleum source rocks", University of Wollongong, Wollongong, New South Wales.
 - [8] Diessel, C.F.K., 1992, "Coal-Bearing Depositional Systems". Springer-Verlag, Berlin Heidelberg.
 - [9] Diessel, C.F.K., 1986, "On the Correlation Between Coal Facies and Depositional Environments", Proceedings of the 20th Sydney Basin Symposium, Department of Geology, University of Newcastle, 19-22.
 - [10] Horne, J., 1978, "Depositional Models in Coal Exploration and Mine Planning in Appalachian Region., Vol 62, pp. 2379-2411.
 - [11] International Committee for Coal and Organic Petrology (ICCP)., 2001, "The New Inertinite Classification (ICCP System 1994)", Fuel Vol. 80, 459-471 p.
 - [12] Lamberson, M.N., Bustin, R.M dan Kalkreuth, W., 1991, "Lithotype (maceral) composition and variation as correlated with paleo-wetland environments", Gates Formation, northeastern British Columbia, Canada, International Journal of Coal Geology, 18, 87-124.
 - [13] Stach, E., M., -TH, Mackowsky., M, Teichmuller., G, H, Taylor., D, Chandra., dan R, Teichmuller., 1982, "Coal Petrology", Berlin: Gebrüder Borntraeger.
 - [14] Misra BK, Singh BD., 1994, "Susceptibility to spontaneous combustion of Indian coals and lignites: an organic petrographic autopsy", Int J Coal Geol 25:265–286.
 - [15] Pasymi., 2008, "Batubara (jilid-1)", Padang: Bung Hatta University Press.
 - [16] Teichmuller, M., 1989, "The genesis of coal from the viewpoint of coal petrology". In: P.C. Lyons and B. Alpern (Editors), Peat and Coal: Origin, Facies and Depositional Model. Int. J. Coal Geol., 12: 1-87.
 - [17] Thomas, L., 2013, "Coal Geology Second Edition", Chichester, West Sussex, UK: Wiley-Blackwell.
 - [18] Qadaryati, N., Praditya, D. T., & Hidajat, W. K., 2019, "Penentuan Lingkungan Pengendapan Batubara Berdasarkan Karakteristik dan Maseral Batubara di PT X, Kabupaten Nunukan, Kalimantan Utara", Jurnal Geosains Dan Teknologi Volume 2 No.3
 - [19] Funky Suhayadi and Sriyanti, "Kajian Lingkungan Pengendapan Berdasarkan Karakteristik Batubara Formasi Pulau Balang," *Jurnal Riset Teknik Pertambangan*, pp. 1–8, Jul. 2022, doi: 10.29313/jrtp.v2i1.779.
 - [20] Yodi Kurniawan, Elfida Moralista, and Zaenal, "Penentuan Remaining Service Life Struktur Conveyor B pada Tambang Batubara PT XYZ," *Jurnal Riset Teknik Pertambangan*, pp. 1–6, Jul. 2023, doi: 10.29313/jrtp.v3i1.786.
 - [21] E. I. Akbar, Dono Guntoro, and R. M. Ulfa, "Karakterisasi Batubara untuk Underground Coal Gasification di Daerah Sekayu Musi Banyuasin," *Jurnal Riset Teknik Pertambangan*, pp. 117–124, Dec. 2022, doi: 10.29313/jrtp.v2i2.1315.