

Identifikasi Karakteristik Batubara Berdasarkan Analisis Proksimat dan Petrografi pada PT XYZ, Provinsi Kalimantan Selatan

Dinda Septiana*, Linda Pulungan, Sriyanti

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

*dindaengineer26@gmail.com, linda.lindahas@unisba.ac.id, sriyanti.tambang@yahoo.com

Abstract. Coal over time is increasingly needed in the industrial field and will be used as technology. The formation of coal is found in the coal depositional environment that undergoes the process of tidal sea water. Based on this, research on the coal deposition environment can reconstruct how the coal formation process is based on coal characteristics. The research was conducted on South Kalimantan coal to be able to find out the characteristics in coal, proximate analysis and petrographic analysis of coal can be done, for proximate analysis in the form of analysis of free water content (FM), total water content (TM), moist water content (IM), fly substance content (VM), ash content (AC), tethered content (FC). Petrographic analysis in the form of maceral, mineral matter and vitrinite reflectance. From the results of the research conducted, coal has macerals that can be grouped into sub-metals and sub-groups of macerals, where South Kalimantan coal is included in marsh deposition with a limnotematic environment and is characterized by high clay minerals and mineral matter content.

Keywords: *Proximate analysis, petrographic analysis, vitrinite analysis, coal depositional environment.*

Abstrak. Batubara seiring dengan perkembangan waktu semakin dibutuhkan dalam bidang industri dan akan digunakan sebagai teknologi. Keterbentukan batubara terdapat pada lingkungan pengendapan batubara yang mengalami proses pasang surut air laut. Berdasarkan hal tersebut sehingga penelitian tentang lingkungan pengendapan batubara dapat merekonstruksi bagaimana proses terbentuknya batubara berdasarkan karakteristi batubara. Penelitian dilakukan pada batubara Kalimantan Selatan untuk dapat mengetahui karakteristik dalam batubara maka dapat dilakukan pengujian analisis proksimat dan petrografi batubara, untuk analisis proksimat berupa analisis kadar air bebas (FM), kadar air total (TM), kadar air lembab (IM), kadar zat terbang (VM), kadar abu (AC), kadar tertambat (FC). Analisis petrografi berupa maseral, mineral matter dan reflektan vitrinite. Dari hasil penelitian yang dilakukan, batubara memiliki maseral yang dapat dikelompokkan kedalam sub maseral dan sub grup maseral, yang mana batubara Kalimantan selatan termasuk kedalam pengendapan marsh dengan lingkungan limnotematik dan dicirikan dengan kandungan clay minerals dan mineral matter yang tinggi.

Kata Kunci: *Analisis Proksimat, Analisis petrografi, analisis vitrinite, lingkungan pengendapan batubara.*

A. Pendahuluan

Batubara adalah sumber energi yang sudah lama digunakan dan memegang peranan penting sampai saat ini. Batubara menjadi salah satu sumber energi terbaik yang bisa didapatkan dengan mudah. Karena ketersediaan batubara yang bersifat panjang sehingga dapat menunjang berbagai proyek industri dan ekonomi. Menurut (CNN Indonesia 2022), banyak pelaporan yang membahas mengenai endapan batubara karena seiring dengan perkembangan waktu maka teknologi pengolahan batubara semakin dibutuhkan dalam bidang industri dan nantinya akan digunakan untuk teknologi tinggi. Batubara merupakan bahan bakar yang berasal dari tumbuh-tumbuhan pada lingkungan anaerob yang mana dipengaruhi oleh temperature dan tekanan yang berlangsung dalam kurun waktu yang lama. (Fungky Suhayadi & Sriyanti, 2022)

Cekungan barito merupakan cekungan Kalimantan selatan yang didalamnya terdapat formasi pembawa lapisan batubara yang memiliki karakteristik batubara yang berbeda beda setiap daerahnya. Setiap batubara mempunyai karakteristik dan ciri khusus tergantung dari peringkatnya. Sehingga, karakteristik batubara merupakan salah satu pembahasan yang menarik. Untuk dapat mengetahui peringkat batubara, maka dibutuhkan analisis laboratorium berupa analisis proksimat dan petrografi. (Akbar et al., 2022)

Secara umum untuk menentukan analisis proksimat dengan cara analisis kimia pada batubara yaitu menentukan jumlah air (moisture), zat terbang (volatile matter), karbon padat (fixed carbon), kadar abu (ash content). Analisis maseral dapat berupa, morfologi, bentuk, ukuran, relief, struktur dalam, komposisi kimia, warna pantul, intensitas pantul, tingkat pembatubaraan dan lingkungan pengendapan batubara. (Yodi Kurniawan et al., 2023)

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka perumusan masalah dalam penelitian ini sebagai berikut: Selanjutnya, tujuan dalam penelitian ini diuraikan dalam pokok-pokok sbb.

1. Mengetahui karakteristik batubara daerah penelitian
2. Mengetahui lingkungan pengendapan batubara.

B. Metodologi Penelitian

Metodologi penelitian yang digunakan yaitu dengan pengujian dilaboratorium yang nantinya data tersebut termasuk kedalam data primer dan data sekunder serta pengolahan data sehingga dapat dihasilkan suatu analisis dari data-data.

1. Data Primer

Data primer dihasilkan dari pengujian mikroskopis laboratorium agar mendapatkan data yang berupa komposisi dan mineral tertentu dari sampel batubara. Selain itu, dapat dilakukan pengujian dengan cara megaskropis pada sampel batubara agar dapat mengetahui kenampakan serta sifat fisiknya dan digunakan pula data hasil analisis laboratorium seperti analisis proksimat dan maseral.

2. Data Sekunder

Data sekunder dihasilkan dari studi literatur yang berupa laporan terdahulu berkaitan dengan analisis petrografi serta kondisi daerah penelitian seperti topografi, morfologi dan kondisi geologi, sedangkan untuk tahap pengumpulan referensi bisa didapatkan dari jurna, buku, serta laporan terdahulu.

Data tersebut diolah menggunakan persamaan empiris untuk dapat menentukan karakteristik batubara yang dikaitkan dengan bagaimana awal mula dari batubara tersebut terbentuk dan terendapkan.

Batubara merupakan batuan sedimen (padatan) yang dapat terbakar, berasal dari tumbuhan dan merupakan bahan bakar hidrokarbon padat yang terbentuk dari proses penggabutan dan proses pembatubaraan di dalam rawa ataupun cekungan dalam jangka waktu yang lama yang melalui proses bio-geokimia terhadap akumulasi flora di alam yang banyak mengandung selulosa dan lignin.

Dalam proses pembentukan batubara dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor geologi dan beberapa faktor lainnya sehingga batubara memiliki karakteristik yang berbeda-beda. Karakteristik batubara pada daerah penelitian dapat dilihat dengan berdasarkan sifat megaskopis

dan mikroskopisnya. Berikut merupakan pengklasifikasian batubara berdasarkan beberapa karakteristik yang dimiliki oleh batubara.

Tahap Penggambutan merupakan tahapan sisa-sisa tumbuhan terakumulasi dan tersimpan dalam kondisi bebas oksigen (anaerobic) pada daerah rawa dengan menggunakan sistem penisiran (drainage system) yang tidak baik dan pada daerah tersebut selalu digenangi air beberapa inci dipermukaan rawa. Material tumbuhan yang busuk tersebut melepaskan unsur H, N, O dan C dengan bentuk senyawa CO₂, H₂O dan NH₃ untuk dapat menjadi humus. Kemudian oleh bakteri anaerob dan fungi selanjutnya material tumbuhan tersebut diubah menjadi gambut. Tahap Pembatubaraan sebagai suatu proses diagenesis terhadap suatu komponen organik dari gambut yang dapat meningkatkan temperature dan tekanan sebagai gabungan proses biokimia, kimia dan fisika yang terjadi karena pengaruh sedimen yang menutupi dalam kurun waktu yang lama karena proses tersebut sehingga presentase hidrogen maupun oksigen berkurang dan akan menghasilkan batubara berbagai tingkat maturitas material organiknya. Proses coalification tersebut dimulai dari Lignite sampai dengan Antrasite.

Pada tahap ini persentase karbon akan meningkat, sedangkan presentase hydrogen akan berkurang sehingga proses ini akan menghasilkan batubara dalam beberapa tingkat kematangan organiknya seperti lignite, sub-bituminose, bituminose, semi-antrasite, antrasite, sampai dengan meta-antrasite.

Analisa Batubara Analisis Proksimat

Analisis proksimat sendiri terdiri dari empat parameter yaitu, kadar lair (moisture), kadar abu (ash), zat terbang (volatile matter) dan karbon tertambat (fixed carbon). Kadar air (moisture), merupakan kandungan air yang terdapat dalam batubara, yang dapat dibedakan menjadi kadar air bebas (free surface moisture), kadar air bawaan (inherent moisture) dan kadar air total (total moisture), kadar abu (ash), didefinisikan sebagai bahan organik yang tertinggal (tidak terbakar). zat terbang (volatile matter) adalah parameter yang menyatakan mengenai jumlah kandungan zat terbang atau zat yang mudah menguap dalam batubara, yang mana umumnya berwujud senyawa karbon yang berbentuk gas yang dipanaskan tanpa udara pada suhu 900°C, meliputi volatile mineral matter dan volatile organik matter. Karbon tertambat (fixed carbon), adalah banyaknya karbon yang diperoleh dalam material sisa setelah zat terbang (volatile matter) dihilangkan, karbon tertambat tersebut mewakili sisa-sisa penguraian dari komponen organik batubara yang ditambah sedikit senyawa nitrogen, belerang, hydrogen, yang terserap dan juga bersatu dengan cara kimiawi.

Analisis Petrografi

Analisis petrografi adalah metode mendasar yang berfungsi untuk dapat mendukung analisis data geologi. Analisis tersebut bisa digunakan karena sifat fisik batuan seperti tekstur, komposisi, maseral dan mineral penyusun tidak bisa diamati secara megaskopis. Pada umumnya analisis petrografi dilakukan secara kuantitatif dan kualitatif untuk dapat mengetahui komponen organik dan anorganik dalam batubara yang nantinya akan dibantu dengan menggunakan bantuan mikroskop (Standar Australia.,2000)

Batubara sendiri pada prinsipnya memiliki karakteristik kimiawi tertentu. Bisa dilihat secara petrografi, batubara bisa dikelompokkan menjadi lythotype, microlithotype, dan maceral. Komponen organik dapat berupa tiga grup maseral yaitu; Vitrinite, liptinite, atau Exinite dan inertinite. Maseral Vitrinite dan liptinite memiliki kandungan yang kaya akan unsur oksigen (O), dan hidrogen (H), sedangkan inertinite hanya memiliki kandungan unsur carbon (C). sedangkan untuk kompone anorganik yaitu terdiri dari mineral lempung, karbonat, sulfida, silika dan mineral yang lain.

Menurut (Annisa et al., 2021) kelompok maseral dibagi menjadi tiga yaitu adalah vitrinite, liptinite dan inertinite, dan berikut merupakan penjelasan dari setiap kelompok maseral :

1. Kelompok Vitrinit berasal dari tumbuhan yang berasal dari serat kayu dan serat daun, maseral vitrinit di bawah mikroskop memiliki kenampakan warna abu-abu tua sampai

muda. Vitrinite sendiri memiliki karakter tinggi kaya akan fraksi aromatic dan oksigen. Maseral vitrinite sendiri termasuk kedalam kelompok telinit, kolinit, dan vitrodetrinit.

2. Kelompok liptinite / Exinit

Liptinite (exinit) berasal kutikula pada ganging dan resin pada spora, maseral liptinite sendiri dibawah sinar flouresen memiliki warna kuning muda sampai dengan tua sedangkan dibawah sinar putih memiliki warna abu abu sampai gelap.

3. Kelompok Inertinit

Inertinite sendiri berasal dari tumbuh-tumbuhan yang sudah terbakar (charcoal), yang mana sebagian lagi berasal dari maseral lain yang sudah mengalami proses oksidasi dekarboksilasi yang bisa disebabkan karena jamur dan juga bakteri (proses biokimia). Kelompok inertinite sendiri berwarna kuning muda, putih hingga kekuningan jika diamati dengan menggunakan sinar pantul, karakteristik yang lain adalah relief dan reflektansinya tinggi dibandingkan maseral atau kelompok yang lainnya.

Tabel 1. Klasifikasi Group Maseral

Group maseral	Sub group maseral	Type maseral		
Vitrinite	Tellovitrinite	Textinite		
		Texto-ulminite		
		Eu-ulminite		
		Telocolinite		
	Detrovitrinite	Atrinite		
		Desinite		
		Desmocolinite		
		Corpogelinite		
	Gelovitrinite	Porigelinite		
		Eugelinite		
Sporinite				
Cutinite				
Suberinite				
Fluorinite				
Liptinite		Liptodetrinite		
		Alganite		
		Bituminite		
		Fusinite		
		Semifusinite		
		Scelorotinite		
		Detroinertinite	Inertodetrinite	
			Micrinite	
			Geloinerertinite.	Macrinite

Menurut Diessel (1992), menyatakan bahwa terdapat dua jenis lahan gambut yaitu gambut ombrogen dan lahan gambut topogen. Lahan gambut ombrogen merupakan sala satu lahan gambut yang mana dapat dipengaruhi oleh air hujan sedangkan untuk lahan gambut topogen merupakan lahan gambut yang dipengaruhi oleh air tanah. Terdapat beberapa lahan gambut berdasarkan jenis tumbuhan pembentuknya yaitu:

1. Bog , adalah sala satu rawa yang banyak ditumbuhi tanaman lumut dan juga tanaman miskin nutrisi lainnya
2. Fenogeni, adalah rawa yang banyak sekali ditumbuhi oleh tumbu- tumbuhan perdu dan jenis pohon lainnya, yang mana lingkungan ini sendiri terkadang basa dan kering.
3. Marsh, adalah rawa yang banyak sekali ditumbuhi oleh tumbu-tumbuhan perdu dan beberapa jenis tanaman merambat yang mana banyak sekali dijumpai disekitar danau ataupun laut
4. Swamp, adalah rawa yang selalu basah saat terjadinya musim kemarau sampai musim dingin, lingkungan ini sendiri banyak sekali di tumbuhin oleh tumbuhan berkayu.

Menurut Stack dkk., (1982) menyatakan bahwa kondisi lingkungan pengendapan batubara dibagi menjadi tematis atau terrestrial, limnic, marine, dan Ca-rich. Telmatis atau terrestrial adalah lingkungan yang mana berada pada daerah pasang surut yang menghasilkan gambut dan tidak terganggu oleh tumbuhan insitu. Limnic adalah lingkungan batubara terbentuk

yaitu di bawah air rawa danau. Marine adalah lingkungan batubara dapat terbentuk dan memiliki pengotor yang tinggi (mineral matte) seperti abu dan juga sulfur, sedangkan Ca-rich adalah lingkungan pengendapan batubara yang mana kaya akan Ca.

Diessel (1992) mengklasifikasikan terdapat beberapa lingkungan utama terbentuknya batubara, yaitu gravelly braid plain, sandy braid plain, alluvial valley and upper delta plain, lower delta plain, backbarrier stand plain, dan estuary.

1. Braid Plain adalah daerah aluvial intramontana, atau dataran aluvial di antara pegunungan. Diagenesa gambut ombrogenik, yaitu gambut yang hanya terbentuk oleh air hujan, terendapkan pada lingkungan ini.
2. Alluvial valley and upper delta plain memiliki litofasies yang sama. Lingkungan dibentuk oleh transisi lembah dan dataran aluvial ke dataran delta melalui sungai stadia dewasa yang memiliki banyak meander. Dibandingkan dengan lingkungan pengendapan lainnya, lapisan batubara bervariasi dalam ketebalan dan memiliki tingkat abu dan sulfur yang lebih rendah.
3. Lower delta plain merupakan pengaruh pasang surut air laut terhadap sedimentasi yang membedakan lower delta plain dan upper delta plain. Meskipun pasang air laut akan membawa nutrisi ke rawa untuk meningkatkan pertumbuhannya, dalam proses tersebut material sedimen klastik halus akan terendapkan di tempat ini selama proses pengangkutan dan pematubaraan.
4. Backbarrier strand plain adalah lingkungan pengendapan yang dipengaruhi oleh pasang dan surut air laut. Tingkat sedimentasi yang dipengaruhi oleh gelombang pasang surut air laut, dan arus mempengaruhi garis pantai. Delta akan terbentuk jika tingkat sedimentasi tinggi, sedangkan jika tingkat sedimentasi rendah, material sedimen tersebut akan tersebar sepanjang garis pantai.

C. Hasil Penelitian dan Pembahasan

Kegiatan penelitian yang dilakukan pada daerah penelitian sebanyak 3 sampel yaitu sampel 1, 2, dan 3. Sampel batubara tersebut dilakukan pengujian analisis proksimat dan petrografi. Pengujian dilakukan di laboratorium PSDMBP (Pusat Sumber Daya Mineral Batubara dan Panas Bumi) yaitu berupa pengujian analisis proksimat dan petrografi serta maseral reflektan. Dalam melakukan pengujian analisis proksimat maka didapatkan data

kadar air bebas (FM), kadar air total (TM), kadar air lembab (IM), kadar zat terbang (VM), kadar abu (AC), kadar tertambat (FC) yang terdapat pada batubara, selanjutnya dilakukan pengujian analisis petrografi adalah metode mendasar yang mana berfungsi untuk mendukung analisis data geologi. Analisis data ini dilakukan karena sifat fisik batuan seperti sifat fisik batuan seperti tekstur, komposisi maseral dan mineral penyusun yang tidak dapat diamati dengan cara megaskopis.

Analisis Reflektasi Vitrinite merupakan analisis untuk menentukan besarnya intensitas sinar yang dipantulkan kembali oleh vitrinite. Peningkatan besarnya intensitas ini bersifat progresif dengan meningkatnya pematubaraan, sehingga dapat digunakan untuk parameter tingkat kematangan (peringkat) satu lapisan batubara. Hasil penelitian menggambarkan reflektansi vitrinite. Nilai tersebut diplotkan ke dalam tabel peringkat batubara berdasarkan vitrinite menghasilkan batubara peringkat lignite.

Berdasarkan diagram nilai TPI dan GI didapatkan hasil untuk nilai TPI memiliki nilai rata-rata sebesar 0,3 sedangkan untuk nilai GI memiliki rata-rata sebesar 15,8. Sehingga dapat diinterpretasikan bahwa pembentukan batubara terjadi pada dua lingkungan yang berbeda yakni limnic dan limno-telmatic, dalam kisaran lingkungan pengendapan marsh dan terbentuk dalam zona lower delta plain.

Lingkungan pengendapan lower delta plain tersusun atas batulanau, batulempung dan serpih yang diselilingi oleh batupasir halus. Jika terjadi pasang surut air laut akan membawa nutrisi menuju ke rawa gambut sehingga dapat memungkinkan adanya pertumbuhan tanaman yang baik, sedangkan jika naiknya batas pasang maka dapat terendapkan sedimen klastik halus yang menjadikan pengotor dalam batubara. Batubara yang terendapkan dalam lingkungan lower

delta plain memiliki penyebaran yang luas tetapi memiliki ketebalan yang tipis. Batubara pada lingkungan lower delta plain sendiri memiliki kandungan inertinite yang rendah dan nilai GI yang tinggi. Kandungan huminite didominasi oleh humotellinit sehingga nilai TPI-nya relatif rendah

D. Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan dalam penelitian ini, peneliti menyimpulkan beberapa hasil penelitian sebagai berikut:

1. Batubara pada daerah penelitian termasuk dalam batubara peringkat lignit berdasarkan nilai reflektan vitrinite. Berdasarkan tipe batubara daerah penelitian berasal dari tumbuhan kayu dan tumbuhan perdu (selulosa).
2. Berdasarkan nilai TPI dan GI didapatkan bahwa daerah penelitian termasuk ke dalam lingkungan lower delta plain. Dimana proses pembentukan batubara terjadi pada rawa yang selalu tergenang air dan didominasi dengan tumbuhan perdu.

Acknowledge

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

1. Teruntuk kedua orang tua, terimakasih selalu mendukung, mendoakan dan memberikan kasih sayang serta dukungan moril yang tidak terhingga. Semoga kita tetap bisa bersama-sama baik di Dunia dan Akhirat.
2. Terimakasih kepada Ibu Ir. Linda Pulungan, M.T. Yang telah mengikut sertakan dalam penelitian ini dan terimakasih juga telah menjadi pembimbing skripsi dalam penelitian ini.
3. Terimakasih kepada Ibu Sriyanti, S.T., M.T. selaku Dosen Wali yang telah membimbing serta memberikan arahan kepada penyusun selama perkuliahan dan terimakasih sudah mengikut sertakan dalam penelitian ini.
4. Bapak Dr. Yunus Ashari, Ir., M.T. selaku Ketua Program Studi Teknik Pertambangan Universitas Islam Bandung.
5. Bapak Noor Fauzi Isniarno, S.Pd., S.Si., M.T. selaku Sekretaris Program Studi Teknik Pertambangan Universitas Islam Bandung.
6. Bapak Zaenal, Ir., M.T selaku Koordinator Skripsi.

Daftar Pustaka

- [1] Annisa, A., Putri, K. S., & Oktavianti, W. P. (2021). Identifikasi Variasi Maseral Berdasarkan Analisis Petrografi Di Formasi Warukin (Seam O Dan Seam P) Kabupaten Tapin Provinsi Kalimantan Selatan. *Jurnal GEOSAPTA*, 7(1), 61. <https://doi.org/10.20527/jg.v7i1.10111>
- [2] ASTM D 7582-10. (2012). Standard Test Methods for Proximate Analysis of Coal and Coke by Macro. *Program*, i, 1–9. <https://doi.org/10.1520/D7582>
- [3] ASTM D7708-23. (2023). Standard Test Method for Microscopical Determination of the Reflectance of Vitrinite Dispersed in Sedimentary Rocks. *ASTM International*, D7708-23, 1–10.
- [4] Diessel, C.F.K., 1992. “Coal-bearing Depositional Systems”. Springer Verlag. Berlin. 721p.
- [5] 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
- [6] Flores, R.M., 2013. “Coal and Coalbed Gas: Fueling the Future”. Elsevier Science, Burlington.
- [7] Heryanto, R., & Panggabean, H. (2008). Lingkungan Pengendapan Formasi Pembawa Batubara Warukin Di Daerah Kandangan Dan Sekitarnya, Kalimantan Selatan. *Jurnal Geologi Dan* 23(2), 93–103.

- <https://jgsm.geologi.esdm.go.id/index.php/JGSM/article/view/93%0Ahttps://jgsmgeologi.esdm.go.id/index.php/JGSM/article/download/93/87>
- [8] Hopkins, W.G., N.P.A. Hunner, 2009. Introduction to Plant Physiology. 4th ed. John Wiley & Sons Inc. Hoboken.
- [9] Monita, A., Aryanto, N., & 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), 123–133. <https://doi.org/10.30556/jtmb.vol17.no3.2021.1160>
- [10] Nas, C., & Marwanza, I. (2020). Penentuan Peringkat Batubara Berdasarkan Analisis Reflektansi Vitrinit Determination of Coal Rank Based on Vitrinite Reflectance Analysis. *Indonesian Mining and Energy Journal*, 3(Mei), 1–3.
- [11] Novita, D., & Kusumah, K. D. (2016). Karakteristik dan Lingkungan Pengendapan Batubara Formasi Warukin di Desa Kalumpang, Benuang, Kalimantan Selatan. *Geo-Resource*, 17(3), 139–152. Puspita, M., AR, A., & Zahar, W. (2022). Identifikasi Keterdapatan Unsur Logam Tanah Jarang dalam Lapisan Batubara di PT Prima Mulia Sarana Sejahtera Kabupaten Muara Enim Provinsi Sumatera Selatan. *COMSERVA Indonesian Journal of Community Services and Development*, 1(9), 657–666. <https://doi.org/10.36418/comserva.v1i9.55>
- [12] Puspita, M., AR, A., & Zahar, W. (2022). Identifikasi Keterdapatan Unsur Logam Tanah Jarang dalam Lapisan Batubara di PT Prima Mulia Sarana Sejahtera Kabupaten Muara Enim Provinsi Sumatera Selatan. *COMSERVA Indonesian Journal of Community Services and Development*, 1(9), 657–666. <https://doi.org/10.36418/comserva.v1i9.55>
- [13] 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), 107. <https://doi.org/10.14710/jgt.2.3.2019.107-116>.
- [14] Akbar, E. I., Dono Guntoro, & Ulfa, R. M. (2022). Karakterisasi Batubara untuk Underground Coal Gasification di Daerah Sekayu Musi Banyuasin. *Jurnal Riset Teknik Pertambangan*, 117–124. <https://doi.org/10.29313/jrtp.v2i2.1315>
- [15] 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>
- [16] Yodi Kurniawan, Elfida Moralista, & Zaenal. (2023). Penentuan Remaining Service Life Struktur Conveyor B pada Tambang Batubara PT XYZ. *Jurnal Riset Teknik Pertambangan*, 1–6. <https://doi.org/10.29313/jrtp.v3i1.786>