



Studi Perbandingan Kualitas Batubara Berdasarkan Analisis Proksimat pada Dua Seam dengan Variasi Kedalaman di Pit North Pt Karya Putra Borneo

Alvian George Devandrie^{1*}, Windhu Nugroho², Lucia Litha Respati³,
Agus Winarno⁴, Harjuni Hasan⁵

¹⁻⁵Program Studi Teknik Pertambangan, Universitas Mulawarman, Indonesia

E-mail: alviangeorged@gmail.com¹, windhu.n@ft.unmul.ac.id²

*Penulis Korespondensi: alviangeorged@gmail.com

Abstract. This research aims to compare coal quality based on proximate analysis in two seams with varying depths in Pit North and evaluate the relationship between depth and coal quality parameters. The research method includes taking representative samples at each seam and proximate analysis laboratory testing including inherent moisture, ash content, volatile matter, and fixed carbon. The results showed that seam 1 at an average depth of 59.8 m had an inherent moisture value of 13.51%, ash 4.68%, volatile matter 39.93%, and fixed carbon 41.88%, while seam 2 at an average depth of 82.1 m had inherent moisture 13.42%, ash 4.59%, volatile matter 40.15%, and fixed carbon 41.84%. Correlation analysis shows that the relationship between depth and coal quality parameters is relatively weak with correlation coefficient values ranging from -0.36 to 0.25 and a low coefficient of determination, so that variations in depth do not have a significant influence on coal quality at the research location.

Keywords: Ash Content; Coal Quality Correlation; Fixed Carbon, Seam Depth; Proximate Analysis; Volatile Matter.

Abstrak. Penelitian ini bertujuan membandingkan kualitas batubara berdasarkan analisis proksimat pada dua seam dengan variasi kedalaman di Pit North serta mengevaluasi hubungan kedalaman terhadap parameter kualitas batubara. Metode penelitian meliputi pengambilan sampel representatif pada masing-masing seam dan pengujian laboratorium analisis proksimat meliputi *inherent moisture*, *ash content*, *volatile matter*, dan *fixed carbon*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa seam 1 pada kedalaman rata-rata 59,8 m memiliki nilai *inherent moisture* 13,51%, *ash* 4,68%, *volatile matter* 39,93%, dan *fixed carbon* 41,88%, sedangkan seam 2 pada kedalaman rata-rata 82,1 m memiliki *inherent moisture* 13,42%, *ash* 4,59%, *volatile matter* 40,15%, dan *fixed carbon* 41,84%. Analisis korelasi menunjukkan hubungan kedalaman terhadap parameter kualitas batubara tergolong lemah dengan nilai koefisien korelasi berkisar -0,36 hingga 0,25 dan koefisien determinasi rendah, sehingga variasi kedalaman tidak memberikan pengaruh signifikan terhadap kualitas batubara pada lokasi penelitian.

Kata kunci: Analisis Proksimat; Ash Content; Fixed Carbon; Korelasi Kualitas Batubara; Kedalaman Seam; Volatile Matter.

1. LATAR BELAKANG

Batubara adalah batuan sedimen organik yang mengandung berbagai jumlah karbon, hidrogen nitrogen, oksigen, dan sulfur serta sejumlah elemen jejak lainnya, termasuk bahan mineral. Faktor tumbuhan purba yang jenisnya berbeda-beda sesuai dengan zaman geologi dan lokasi tempat tumbuh dan berkembangnya, ditambah dengan lokasi pengendapan (sedimentasi) tumbuhan, pengaruh tekanan batuan dan panas bumi serta perubahan geologi yang berlangsung kemudian menyebabkan terbentuknya batubara yang jenisnya bermacam-macam (Winarno, 2019).

2. KAJIAN TEORITIS

Batubara

Menurut Fhadillah (2010), Batubara secara umum ditentukan berdasarkan dua teori pembentukannya yaitu teori insitu dan teori drift: (1) Batubara yang terbentuk biasanya terjadi di hutan basah dan berawa, sehingga pohon-pohon di hutan tersebut pada saat mati dan roboh, langsung tenggelam ke dalam rawa tersebut dan sisa tumbuhan tersebut tidak mengalami pembusukan secara sempurna dan akhirnya menjadi fosil tumbuhan yang membentuk sedimen organik; (2) Batubara terbentuk dari tumbuhan atau pohon yang berasal dari hutan yang bukan di tempat di mana batubara tersebut. (Batubara yang terbentuk biasanya terjadi di delta mempunyai ciri-ciri lapisannya yaitu tipis, tidak menerus (*splitting*), banyak lapisannya (*multiple seam*), banyak pengotor (kandungan abu cenderung tinggi).

Seam Batubara

Seam batubara adalah lapisan batubara yang terbentuk secara alami di antara lapisan batuan sedimen, dengan ketebalan dan kedalaman tertentu. *Seam* terbentuk melalui proses pengendapan material organik (umumnya sisa tumbuhan) di lingkungan rawa atau delta, yang kemudian tertimbun sedimen dan mengalami proses pemadatan serta karbonisasi selama jutaan tahun. Setiap *seam* biasanya memiliki karakteristik geologi yang khas, seperti ketebalan, kedalaman, kemiringan, dan kualitas batubara yang berbeda. Variasi ini dipengaruhi oleh kondisi lingkungan pengendapan awal serta proses geologi yang terjadi setelahnya, seperti pelipatan, sesar, atau pelapukan (Yulhendra, 2015).

Analisis Proksimat (*Proximate Analysis*)

Analisis proksimat merupakan metode standar yang digunakan untuk menentukan komposisi dasar batubara melalui empat parameter utama, yaitu kadar air (*moisture*), kadar abu (*ash*), zat terbang (*volatile matter*), dan karbon tetap (*fixed carbon*). Metode ini memberikan informasi awal mengenai kualitas batubara serta perilakunya selama proses pembakaran, sehingga analisis proksimat digunakan secara luas dalam industri energi, Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU), dan pengolahan batubara (Speight, 2015), berikut persamaan analisis proksimat antara lain:

Inherent Moisture:

$$IM = \frac{A-B}{A} \times 100\% \quad (1)$$

Keterangan:

A = Berat Awal Sampel

B = Berat Sampel Setelah Dipanaskan

Ash Content:

$$AC = \frac{A-B}{C} \times 100\% \quad (2)$$

Keterangan:

A = Berat cawan + tutup + residu abu

B = Berat cawan + tutup

C = Berat sample yang digunakan

Volatile Matter:

$$D = \frac{B-C}{B-A} \times 100\% \quad (3)$$

$$VM = D (\%) - Moisture (IM) (\%) \quad (4)$$

Keterangan:

A = Berat cawan + tutup

B = Berat cawan + tutup sebelum dipanaskan + sampel

C = Berat cawan + tutup sesudah dipanaskan + sampel

D = Berat yang hilang

Fixed Carbon:

$$FC = 100\% - (IM+AC+VM) \quad (5)$$

Keterangan:

A = Berat cawan + tutup

B = Berat cawan + tutup sebelum dipanaskan + sampel

Korelasi Pearson dan Regresi Linear Sederhana

Korelasi Pearson merupakan teknik statistik yang digunakan untuk mengukur kekuatan dan arah hubungan linear antara dua variabel berskala interval atau rasio. Nilai koefisien korelasi Pearson dinyatakan dengan simbol r , yang berada pada rentang -1 sampai +1, di mana nilai mendekati +1 menunjukkan hubungan positif yang kuat, nilai mendekati -1 menunjukkan hubungan negatif yang kuat, dan nilai mendekati 0 menunjukkan tidak adanya hubungan linear yang signifikan. Uji korelasi Pearson umum digunakan dalam penelitian untuk menilai apakah perubahan nilai suatu variabel berhubungan dengan perubahan variabel lainnya secara konsisten (Longnecker, 2016).

Korelasi Pearson dan Regresi Linear Sederhana:

$$Y = a+bX \quad (6)$$

Keterangan:

Y = Variabel Terikat

a = Konstanta (Ketika kedalaman = 0)

b = Koefisien (Besarnya perubahan Y akibat kedalaman)

X = Variabel Bebas

Koefisien Determinasi

Koefisien determinasi merupakan ukuran statistik yang digunakan untuk menunjukkan besarnya proporsi variasi variabel dependen yang dapat dijelaskan oleh variabel independen dalam suatu model regresi. Koefisien determinasi umumnya dilambangkan dengan simbol R^2 dan memiliki nilai antara 0 hingga 1.

Koefisien Determinasi:

$$R^2 = \frac{SSR}{SST} \quad (7)$$

R^2 = Koefisien Determinasi

SSR = *Sum of Squares Regression* (jumlah kuadrat regresi)

SST = *Total Sum of Squares* (jumlah kuadrat total)

Hubungan Kedalaman dan Coalification

Menurut *Coal Petrology* (Stach et al., 1982), *coalification* dikontrol oleh tiga faktor utama, yaitu temperatur, tekanan, dan waktu. Ketiga faktor tersebut umumnya meningkat seiring bertambahnya kedalaman penguburan batubara dalam cekungan sedimen. Oleh karena itu, kedalaman sering digunakan sebagai indikator tidak langsung untuk memperkirakan tingkat pematubaraan suatu batubara.

3. METODE PENELITIAN

Pada tahap ini ditujukan untuk memperoleh data yang akan dianalisis, pengambilan data- data di Penelitian dilakukan dengan pengujian langsung di laboratorium menggunakan sampel yang sudah tersedia dari perusahaan dan juga data pendukung lainnya yang juga didapatkan dari perusahaan, adapun data-data yang diambil berupa data primer dan data sekunder.

Data Primer

Data primer adalah sumber data kajian teknis yang dikumpulkan dengan melakukan pengamatan langsung, meliputi: Melakukan pengujian terhadap parameter: *Moisture* (kadar air), *Ash Content* (kadar abu), *Volatile Matter* (zat terbang) dan *Fixed Carbon* (karbon tetap).

Data Sekunder

Adapun data sekunder merupakan data yang diambil tidak langsung, data ini diambil dari perusahaan oleh peneliti sebagai penunjang dalam penelitian, adapun data sekunder adalah: (1) Peta Kesampaian Daerah; (2) Peta Geologi; (3) Penampang Geologi; (4) Sampel Batubara; (5) Data Log Bor.

Pengolahan Data

(1) Pengelompokkan hasil analisis proksimat per *seam*; (2) Menyusun tabel dan grafik perbandingan; (3) Melakukan perbandingan kualitas batubara antar *seam* berdasarkan parameter proksimat; (4) Melakukan analisis statistik sederhana atau regresi untuk melihat tren; (5) Menginterpretasikan perbedaan kualitas dua *seam* berdasarkan kedalaman.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Lokasi penelitian berada di wilayah PT Karya Putra Borneo yang secara administratif terletak di Desa Batuah, Kecamatan Loa Janan, Kabupaten Kutai Kartanegara, Provinsi Kalimantan Timur. Secara geografis, lokasi ini berada di bagian selatan Kota Samarinda dan dapat diakses melalui jalur darat.

Hasil Analisis Proksimat

Analisis proksimat dilakukan terhadap dua *seam* batubara hasil *coring*, yaitu *Seam 1* dan *Seam 2*, dengan basis pelaporan *Air Dried Basis* (ADB). Parameter yang dianalisis meliputi *Inherent Moisture* (IM), *Ash Content* (AC), *Volatile Matter* (VM), dan *Fixed Carbon* (FC). Hasil pengujian rata-rata disajikan pada Tabel 1 dan Tabel 2:

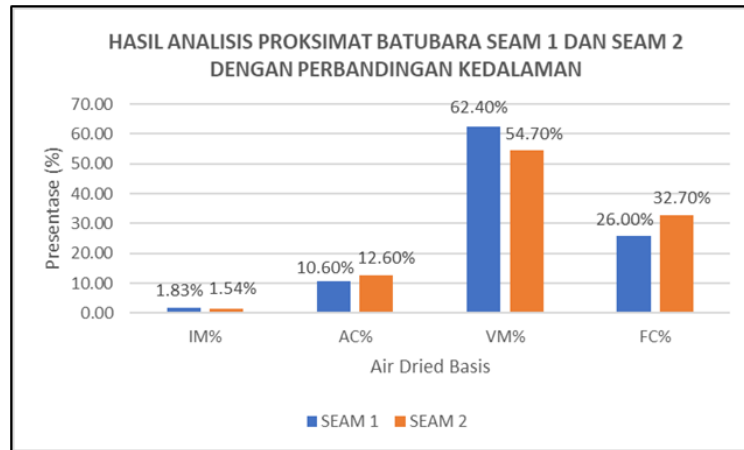
Tabel 1. Hasil Analisis Proksimat *Seam 1*.

Kedalaman (m)	IM% (ADB)	AC% (ADB)	VM% (ADB)	FC% (ADB)
1.1	1.94	3.00	65.06	30.00
1.5	1.83	8.00	65.17	25.00
1.9	2.06	15.00	61.94	21.00
2.3	1.59	17.00	57.41	24.00
2.7	1.71	10.00	58.29	30.00
Rata-rata	1.83	10.60	61.57	26.00

Tabel 2. Hasil Analisis Proksimat *Seam 2*.

Kedalaman (m)	IM% (ADB)	AC% (ADB)	VM% (ADB)	FC% (ADB)
20.37	1.55	11.00	71.45	16.00
21.67	1.93	14.00	33.57	50.50
22.97	1.74	11.00	65.26	22.00
24.27	1.16	14.00	32.84	52.00
25.57	1.30	13.00	62.70	23.00
Rata-rata	1.54	12.60	53.16	32.70

Berdasarkan tabel tersebut, terlihat adanya perbedaan karakteristik kualitas batubara antara *Seam 1* dan *Seam 2*, terutama pada parameter *Volatile Matter* dan *Fixed Carbon*.



Gambar 1. Grafik Bar Hasil Analisis Proksimat *Seam* 1 dan 2.

Perbandingan hasil analisis proksimat batubara antara Seam 1 dan Seam 2 pada basis air dried (ADB). Nilai *inherent moisture* (IM) pada Seam 1 sedikit lebih tinggi (1,83%) dibandingkan Seam 2 (1,54%), dengan perbedaan yang relatif kecil. *Ash content* (AC) menunjukkan nilai lebih tinggi pada Seam 2 (12,60%) dibandingkan Seam 1 (10,60%). Parameter volatile matter (VM) pada Seam 1 lebih tinggi (62,40%) dibandingkan Seam 2 (54,70%), sedangkan fixed carbon (FC) menunjukkan kecenderungan sebaliknya, di mana Seam 2 memiliki nilai lebih tinggi (32,70%) dibandingkan Seam 1 (26,00%). Perbedaan nilai proksimat ini menunjukkan adanya variasi karakteristik batubara antara kedua seam pada sampel yang diuji, dengan interpretasi yang dibatasi pada data penelitian yang tersedia.

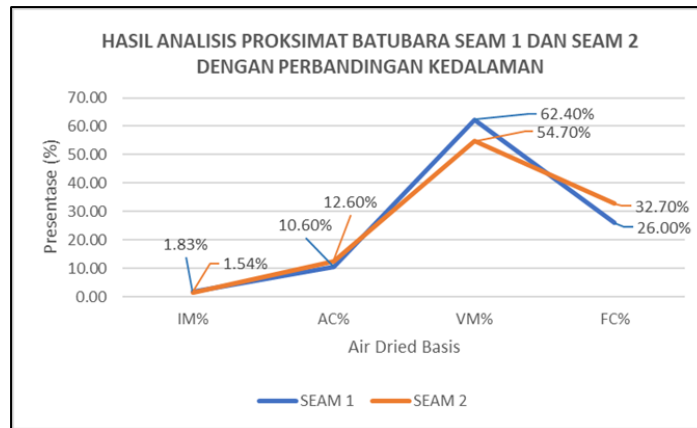
Perbandingan Hasil Analisis Proksimat Seam 1 dan 2

Selisih nilai rata-rata parameter analisis proksimat batubara antara Seam 1 pada kedalaman 1,1-2,70 m dan Seam 2 pada kedalaman 20,37-25,57 m. Berdasarkan hasil tersebut, nilai *inherent moisture* (IM) pada Seam 1 sebesar 1,83% sedikit lebih tinggi dibandingkan Seam 2 sebesar 1,54%, dengan selisih sebesar 0,29%. Hal ini menunjukkan adanya perbedaan kecil kandungan air alami pada sampel batubara yang diuji. Parameter *ash content* (AC) menunjukkan nilai yang lebih rendah pada Seam 1 (10,60%) dibandingkan Seam 2 (12,60%), dengan selisih sebesar -2,00%. Perbedaan ini mengindikasikan bahwa Seam 2 memiliki kandungan mineral anorganik yang relatif lebih tinggi pada sampel yang dianalisis.

Tabel 3. Selisih Hasil Analisis Proksimat *Seam* 1 dan *Seam* 2.

Parameter	Seam 1 (1.1 m - 2.70 m)	Seam 2 (20.37 m - 25.57 m)	Selisih
IM%	1.83	1.54	0.29
AC%	10.60	12.60	-2.00
VM%	62.40	54.70	7.70
FC%	26.00	32.70	-6.70

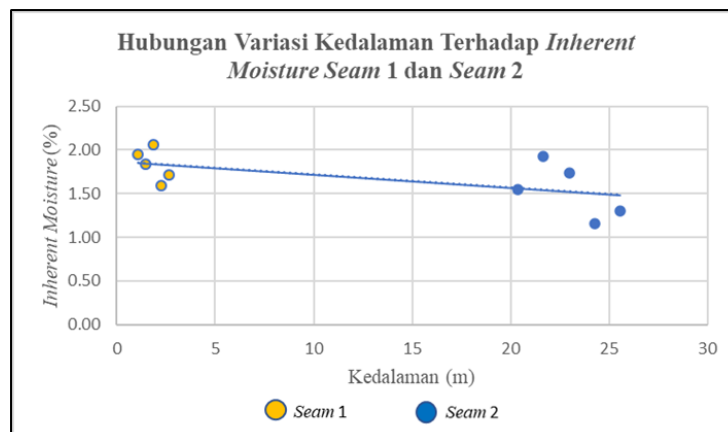
Tren perubahan nilai parameter analisis proksimat batubara pada *Seam 1* dan *Seam 2*. Pada kedua *seam*, nilai IM berada pada kisaran rendah dan relatif stabil. Selanjutnya, nilai AC mengalami peningkatan dari IM, dengan *Seam 2* menunjukkan kenaikan yang lebih besar dibandingkan *Seam 1*. Nilai VM pada kedua *seam* meningkat tajam dan mencapai nilai tertinggi, di mana *Seam 1* memiliki puncak VM lebih tinggi dibandingkan *Seam 2*. Setelah itu, nilai FC mengalami penurunan pada *Seam 1* dan relatif lebih tinggi pada *Seam 2*.



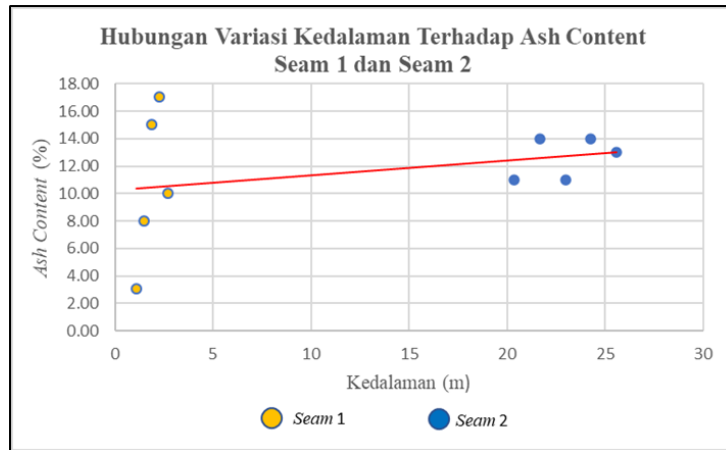
Gambar 2. Grafik *Trendline* Perbandingan Hasil Analisis Proksimat *Seam 1* Dan *2*.

Analisis Korelasi Pearson dan Regresi Linear Sederhana

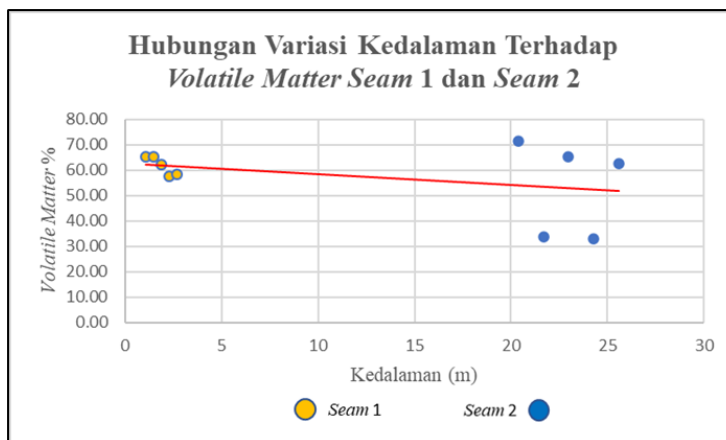
Korelasi Pearson merupakan teknik statistik yang digunakan untuk mengukur kekuatan dan arah hubungan linear antara dua variabel berskala interval atau rasio. Nilai koefisien korelasi Pearson dinyatakan dengan simbol r , yang berada pada rentang -1 sampai $+1$, di mana nilai mendekati $+1$ menunjukkan hubungan positif yang kuat, nilai mendekati -1 menunjukkan hubungan negatif yang kuat, dan nilai mendekati 0 menunjukkan tidak adanya hubungan linear yang signifikan.



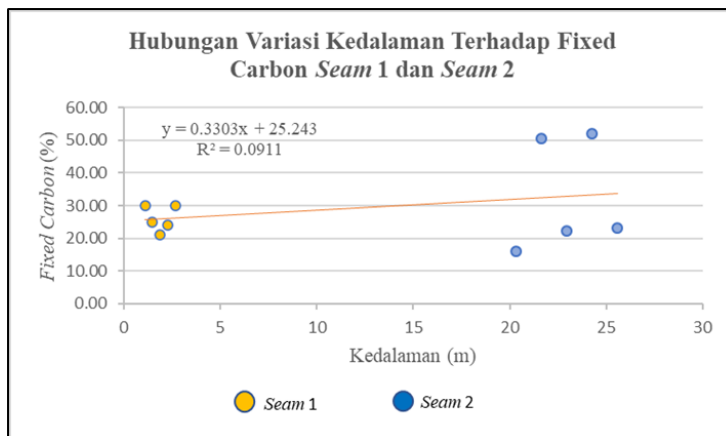
Gambar 3. *Scatterplot* Hubungan Kedalaman terhadap *Inherent Moisture Seam 1, Seam 2*.



Gambar 4. Scatterplot Hubungan Kedalaman terhadap Ash Content Seam 1 dan Seam 2.



Gambar 5. Scatterplot Hubungan Kedalaman terhadap Volatile Matter Seam 1 dan Seam 2.



Gambar 6. Scatterplot Hubungan Kedalaman terhadap Fixed Carbon Seam 1 dan 2.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil diperoleh nilai rata-rata Seam 1 memiliki nilai IM sebesar 1,83%, AC sebesar 10,60%, VM sebesar 62,40%, dan FC sebesar 26,00%. Sementara itu, Seam 2 memiliki nilai IM sebesar 1,54%, ash sebesar 12,60%, VM sebesar 54,70%, dan FC sebesar 32,70%.

Hasil ini menunjukkan bahwa analisis proksimat berhasil menggambarkan karakteristik kualitas batubara pada masing-masing *seam*. (1) Berdasarkan hasil analisis proksimat Seam 1 dan Seam 2 terdapat selisih nilai, untuk *Inherent Moisture* sebesar 0.29%, *Ash Content* sebesar 2.00%, *Volatile Matter* 7.70% dan *Fixed Carbon* 6.70%. (2) Berdasarkan hasil analisis regresi linear antara kedalaman dan nilai *fixed carbon*, Nilai koefisien korelasi (r) di angka 0,30 mengindikasikan adanya hubungan namun bersifat lemah antara kedalaman dan kualitas batubara. Diperoleh juga nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,0911 dengan persamaan regresi $y = 0,3303x + 25,243$. Nilai tersebut menunjukkan bahwa variasi kedalaman hanya mampu menjelaskan sekitar 9,11% variasi nilai *fixed carbon*.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada PT Karya Putra Borneo atas dukungan berupa sampel yang digunakan untuk memperoleh data. Semoga hasil penelitian ini dapat memberikan kontribusi positif bagi perusahaan dan pengembangan ilmu pengetahuan di bidang pertambangan.

DAFTAR REFERENSI

- Arif, I. (2014). *Geologi batubara Indonesia*. ITB Press.
- ASTM International. (1999). *ASTM D388-99: Standard classification of coals by rank*. ASTM International.
- ASTM International. (2013a). *ASTM D3172-13: Standard practice for proximate analysis of coal and coke*. ASTM International.
- ASTM International. (2013b). *ASTM D3173: Standard test method for moisture in the analysis sample of coal and coke*. ASTM International.
- ASTM International. (2013c). *ASTM D3174: Standard test method for ash in the analysis sample of coal and coke*. ASTM International.
- ASTM International. (2013d). *ASTM D3175: Standard test method for volatile matter in the analysis sample of coal and coke*. ASTM International.
- Berkowitz, N. (1979). *An introduction to coal technology*. Academic Press.
- Elliot, M. A. (1981). *Chemistry of coal utilization* (2nd ed.). John Wiley & Sons.
- Hartman, H. L. (1992). *Introductory mining engineering*. John Wiley & Sons.
- Huidrom, R. S. (2013). Variation of coal quality due to geological processes in northeast India. *International Journal of Mining Science*, 2(4), 77–84.
- Jagatbatara. (2011). Proses pembentukan batubara dan faktor geologi yang memengaruhi. *Majalah Geologi Batubara*, 5(2), 12–19.
- Kizil, M. S., & Yin, X. (2011). The relationship between coal depth and coal quality. *International Journal of Mining Science and Technology*, 21(4), 531–536.

- Malaidji, E., Kadir, R., & Salim, A. (2018). Analisis proksimat, sulfur, dan nilai kalor guna menentukan kualitas batubara. *Jurnal Geomine*, 6(1), 1–8.
- Nur, Z., Darmawan, H., & Satrio, R. (2020). Analisis kualitas batubara di pit dan stockpile menggunakan metode proksimat. *Jurnal Teknologi Mineral*, 8(2), 22–30.
- Pradana, A., Putra, F., & Rahman, T. (2022). Analisis quality control batubara di stockpile PT Kuansing Inti Makmur. *Jurnal Geosains Mineral*, 10(2), 88–97.
- Sakti, A. R., Sari, M., & Ananda, F. (2024). Analisis kualitas batubara seam B dan C di Pit C Panel 3 PT Darma Henwa Site Bengalon. *Jurnal Teknologi Pertambangan*, 12(1), 55–64.
- Salsabila, N., Ramadhan, Y., & Putri, A. (2022). Peringkat batubara Seam Mangus (A1) berdasarkan analisis proksimat. *Jurnal Teknologi Batubara*, 9(3), 120–128.
- Singhal, R. K., & Mehrotra, V. P. (2018). Rock mechanics and mining engineering. *Mining Engineering Review*, 6(2), 44–59.
- Speight, J. G. (2015). *The chemistry and technology of coal* (3rd ed.). CRC Press.
- Suárez-Ruiz, I., & Crelling, J. C. (2008). *Applied coal petrology: The role of petrology in coal utilization*. Academic Press.
- Sukandarrumidi. (1995). *Batubara dan gambut*. Gadjah Mada University Press.
- Sukandarrumidi. (2016). *Geologi batu bara Indonesia*. Gadjah Mada University Press.
- Utami, N. (2021). Proses pembentukan batubara dan pengaruh lingkungan pengendapan. *Jurnal Geologi Energi*, 4(1), 45–52.
- Widodo, S. (2014). Hubungan kualitas batubara terhadap kedalaman pada lapisan seam A20, Merandai, Samarinda. *Jurnal Geologi Pertambangan*, 3(1), 25–33.
- Widodo, S. (2015). Pemodelan seam batubara Blok 13 berdasarkan data bawah permukaan PT Rimau Energy Mining. *Jurnal Geosains Mineral*, 4(2), 77–85.
- Winarno, A., Amijaya, H. D., & Harijoko, A. (2015). Karakteristik batubara Formasi Pulaubalang dan Balikpapan Cekungan Kutai Bawah Kalimantan Timur. *Jurnal Geosapta*, 5(1), 57.
- Yulhendra, D. (2015). *Bahan galian batubara: Geologi, eksplorasi, dan pemanfaatan*. UNP Press.