



Analisis Pengaruh Perubahan Suhu Batubara terhadap Nilai *Total Moisture*, *Ash content*, dan Nilai Kalori Batubara pada Area ROM Coal Stockpile di PT Mahakam Sumber Jaya

Indaswati^{1*}, Windhu Nugroho², Albertus Juvensius Pontus³, Agus Winarno⁴, Ardhan Ismail⁵

¹⁻⁵Program Studi S1 Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Mulawarman

*Penulis Korespondensi: indaswati02@gmail.com

Abstract. Coal stacked in stockpiles is directly exposed to sunlight and rain, which can significantly affect coal quality. These environmental conditions influence the temperature of coal piles, subsequently causing fluctuations in moisture content. This study investigates the effect of coal temperature on coal quality parameters at the ROM Coal Stockpile area of PT. Mahakam Sumber Jaya. Using actual field sampling methods with 30 samples collected from the ROM C HTS (High Total Sulphur) area during November – Desember 2024, coal temperature was measured using a thermogun and quality parameters Total moisture, ash content and calorific value were analyzed using ASTM standard. Simple linear regression and correlation analysis were applied for data processing. Result showed that coal temperature has very strong negative correlation with Total moisture ($r = -0,89$), a strong positive correlation with ash content ($r = 0,59$). The correlation between Total moisture and calorific value was strong ($r = -0,66$). Temperature grouping into three ranges (30-50°C, 50-70°C, and 70-95°C) showed consistent trends: Total moisture decreased by 2%, ash content increased by 1%, and calorific value increased by 66 kcal/kg as temperature rose. These findings suggest that optimal coal temperature management is essential to maintaining coal quality during storage.

Keywords: Ash content; Calorific Value; Coal Quality; ROM Stockpile; Total Moisture.

Abstrak. Batubara yang ditumpuk pada *stockpile* dapat terpapar langsung oleh panas matahari dan hujan sehingga mempengaruhi kualitas batubara. Kondisi tersebut mempengaruhi suhu tumpukan batubara yang mengakibatkan kandungan air berfluktuasi. Penelitian ini mengkaji pengaruh suhu batubara terhadap parameter kualitas batubara pada area ROM Coal Stockpile di PT. Mahakam Sumber Jaya. Pengambilan sampel aktual dari lapangan dilakukan dengan 30 sampel di area ROM C HTS (High Total Sulphur) selama November – Desember 2024. Suhu batubara diukur menggunakan termogun, dan parameter kualitas meliputi *Total moisture*, *ash content*, serta nilai kalori dianalisis menggunakan standar ASTM. Analisis regresi linear sederhana dan koefisien korelasi digunakan untuk pengolahan data. Hasil penelitian menunjukkan bahwa suhu batubara memiliki korelasi negatif sangat kuat terhadap *Total moisture* ($r = -0,89$), korelasi kuat positif terhadap *ash content* ($r = 0,67$), dan korelasi positif sedang terhadap nilai kalori ($r = 0,59$). Hubungan *Total moisture* terhadap nilai kalori berada pada kategori kuat ($r = -0,66$). Pengelompokan suhu menjadi tiga rentang suhu (30-50°C, 50-70°C, dan 70-95°C) menunjukkan tren konsisten: *Total moisture* menurun 2%, *ash content* meningkat 1% dan nilai kalori meningkat 66 kcal/kg seiring kenaikan suhu. Temuan ini menegaskan pentingnya manajemen suhu batubara untuk menjaga kualitas selama penyimpanan.

Kata kunci: Kadar Abu; Kadar Air Total; Kualitas Batubara; Nilai Kalori; Timbunan ROM.

1. LATAR BELAKANG

Batubara merupakan salah satu sumber energi fosil yang memiliki peran strategis dalam industri pertambangan dan ketenagalistrikan di Indonesia. Kualitas batubara menjadi faktor penentu nilai ekonomi dan kegunaannya sebagai bahan bakar. Salah satu tantangan utama dalam pengelolaan batubara adalah menjaga kualitasnya selama proses penyimpanan di *stockpile*. Batubara yang ditimbun di area ROM (*Run of Mine*) Coal Stockpile secara terpapar oleh kondisi lingkungan seperti panas matahari dan hujan, yang dapat mempengaruhi parameter kualitas secara signifikan (Hidayah dkk., 2020).

PT. Mahakam Sumber Jaya merupakan perusahaan pertambangan batubara yang beroperasi di Kecamatan Tenggarong Seberang, Kabupaten Kutai kartanegara, Provinsi Kalimantan Timur. Batubara dari area penambangan diangkut ke area port dan ditumpuk pada ROM *Coal Stockpile* sebelum didistribusikan. Selama masa penyimpanan, suhu batubara berubah-ubah setiap harinya akibat paparan sinar matahari dan hujan. Perubahan suhu ini berpotensi menyebabkan ketidakstabilan kualitas batubara, terutama pada parameter *Total moisture*, *ash content* dan nilai kalori. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh suhu batubara terhadap *Total moisture*, *ash content*, dan nilai kalori, mengetahui pengaruh *Total moisture* terhadap nilai kalori batubara dan menganalisis pengelompokan suhu batubara berdasarkan perubahan parameter kualitas di area ROM *Coal Stockpile* PT. Mahakam sumber Jaya.

2. KAJIAN TEORITIS

Kualitas batubara dan Patameter Utama

Kualitas batubara ditentukan oleh komposisi kimiawi dan fisiknya. Menurut Muchijidin (2006), parameter kualitas batubara yang umum digunakan dalam industri meliputi : (1) *Total Moisture* (TM), yaitu jumlah kandungan air *Total* dalam batubara yang terdiri dari *free moisture* dan *inherent moisture*; (2) *Ash content*, yaitu residu anorganik yang tersisa setelah batubara dibakar sempurna; dan (3) *Calorific Value* (CV) atau nilai kalori, yaitu jumlah energi panas yang dihasilkan saat batubara dibakar. Ketiga parameter ini saling berkaitan: semakin tinggi kandungan air maka nilai kalori akan semakin rendah, sementara peningkatan kada abu turut menurunkan nilai kalori batubara (Winarno dkk., 2021).

Pengaruh Suhu Batubara terhadap Kualitas Batubara

Suhu batubara di *stockpile* dipengaruhi oleh paparan sinar matahari, hujan, dan proses oksidasi internal. Proses oksidasi batubara berlangsung bertahap: pada suhu 100-140°C terjadi penyerapan oksigen secara intensif, pada 140°C berbentuk uap air dan CO₂, dan pada suhu di atas 350°C batubara mencapai titik bakar (Sukandarrumidi, 1995). Pada kondisi *stockpile*, perubahan suhu menyebabkan penguapan kandungan air bebas sehingga nilai *Total moisture* menurun. sebaliknya, proses oksidasi yang dipercepat pada suhu tinggi meningkatkan kada abu relatif (*ash content*) karena komponen organik terbakar. Nilai kalori secara apparent meningkat seiring turunnya *Total moisture*, namun secara kualitas aktual dapat menurun akibat degradasi material organik (Sari dkk., 2021).

ROM Coal Stockpile

ROM (*Run of Mine*) *Coal Stockpile* merupakan area penumpukan sementara batubara hasil penambangan sebelum didistribusikan atau dipasarkan. Manajemen *stockpile* yang baik bertujuan mengurangi kehilangan kualitas dan kualitas batubara selama penyimpanan (Arta & Ansosry, 2019). Pemantauan suhu *stockpile* secara berkala diperlukan untuk mencegah terjadinya swabakr (*spontaneous combustion*). Menurut Reid (2021), suhu di atas 50°C memerlukan pemantauan harian, dan suhu di atas 70°C memerlukan tindakan perbaikan segera.

3. METODE PENELITIAN

Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan di area ROM C HTS (*High Total Sulphur*) pada port PT. Mahakam Sumber Jaya, Kecamatan Tenggarong Seberang, Kabupaten Kutai Kartanegara, Provinsi Kalimantan Timur, selama periode 18 November hingga 2 Desember 2024.

Pengambilan Data

Data primer diperoleh melalui: (1) Pengukuran suhu batubara menggunakan alat thermogun pada kedalaman ± 30 cm dari permukaan tumpukan; (2) Pengambilan sampel batubara menggunakan metode *manual sampling (stockpile sampling)* dengan sekop *sampling*. Total sampel yang diambil adalah 30 sampel, dengan pengambilan 5 sampel per hari pada 6 hari pengambilan data. Pengambilan sampel mengacu pada standar ASTM D6610-00 dan preparasi sampel mengacu pada ASTM D6883-03.

Pengujian Laboratorium

Pengujian kualitas batubara dilakukan di laboratorium port PT. Mahakam Sumber Jaya menggunakan standar ASTM, meliputi *Total Moisture* diuji menggunakan ASTM D3302; *Ash content* menggunakan ASTM D3174-12; dan *Calorific Value* menggunakan ASTM D5865 dengan metode isoperibol bomb calorimeter.

Analisis Data

Data suhu dan parameter kualitas batubara dianalisis menggunakan metode analisis regresi linear sederhana dan koefisien korelasi (r) dengan menggunakan Microsoft Excel. Persamaan regresi yang digunakan adalah $Y = a + bX$, dimana Y adalah variabel terikat (parameter kualitas) dan X adalah variabel bebas (suhu batubara). Kekuatan hubungan antar variabel ditentukan berdasarkan tabel koefisien korelasi Sugiyono (2016), dengan kategori: 0,00–0,199 (sangat rendah), 0,20–0,399 (rendah), 0,40–0,599 (sedang), 0,60–0,799 (kuat), dan 0,80–1,000 (sangat kuat). Selain itu dilakukan pengelompokan suhu batubara menjadi tiga

rentang: 30–50°C (rendah), 50–70°C (sedang), dan 70–95°C (tinggi) untuk menganalisis pola perubahan kualitas batubara.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data Suhu Batubara dan Kualitas Batubara

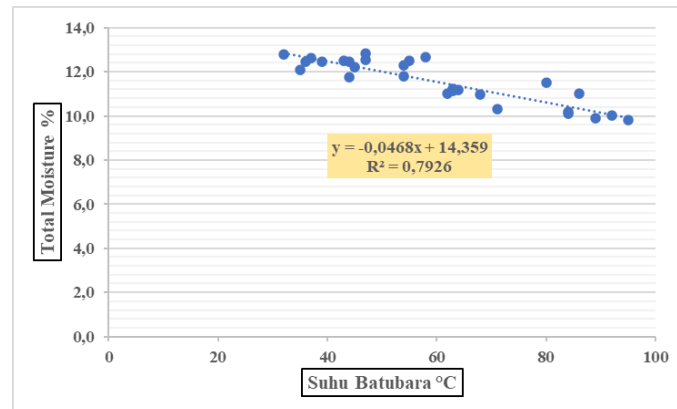
Hasil Pengukuran suhu batubara di ROM C HTS menunjukkan variasi yang cukup besar. Suhu terendah tercatat 32°C dan suhu tertinggi mencapai 95°C pada kondisi cuaca cerah. Rata-rata suhu batubara selama pengambilan data berkisar antara 57-63°C, yang menunjukkan bahwa sebagian tumpukan batubara sudah memasuki zona rawan swabakar (>50°C). Variasi suhu yang tinggi disebabkan oleh paparan langsung sinar matahari, perbedaan posisi pengambilan sampel, dan perbedaan ukuran butir batubara yang mempengaruhi luas permukaan kontak dengan udara.

Tabel 1. Hasil Pengujian Kualitas Batubara HTS.

Tanggal	Suhu Batubara°C	Titik Pengambilan Sampel	TM% (ar)	IM% (adb)	ASH% (adb)	CV Kcal/kg (adb)
22-Nov	84	1	10,1	9,3	5,5	6.390
	62	2	11,0	9,7	6,1	6.315
	43	3	12,5	11,4	4,1	6.338
	58	4	12,7	10,5	5,8	6.278
	47	5	12,9	11,0	5,4	6.270
25-Nov	71	1	10,3	10,0	5,0	6.376
	44	2	11,8	10,2	5,6	6.315
	63	3	11,2	10,4	4,7	6.371
	35	4	12,1	11,6	4,0	6.334
	32	5	12,8	12,1	3,7	6.315
26-Nov	36	1	12,5	11,7	4,7	6.274
	63	2	11,1	10,7	4,1	6.394
	54	3	11,8	10,8	4,2	6.375
	86	4	11,0	9,5	5,3	6.390
	92	5	10,0	8,8	6,3	6.367
28-Nov	84	1	10,2	9,8	5,4	6.360
	54	2	12,3	10,5	4,5	6.375
	64	3	11,2	10,2	5,1	6.353
	80	4	11,5	10,1	5,2	6.356
	39	5	12,5	11,2	4,9	6.296
29-Nov	63	1	11,2	9,9	5,7	6.329
	37	2	12,6	11,3	3,9	6.360
	68	3	11,0	10,6	5,0	6.334
	63	4	11,2	10,3	5,5	6.319
	47	5	12,6	11,1	5,2	6.283
2-Dec	45	1	12,2	11,1	5,2	6.281
	55	2	12,5	10,9	5,6	6.263
	89	3	9,9	8,9	6,1	6.377
	95	4	9,8	8,4	6,9	6.353
	44	5	12,5	11,5	4,6	6.293

Pengaruh Suhu terhadap *Total Moisture* (TM)

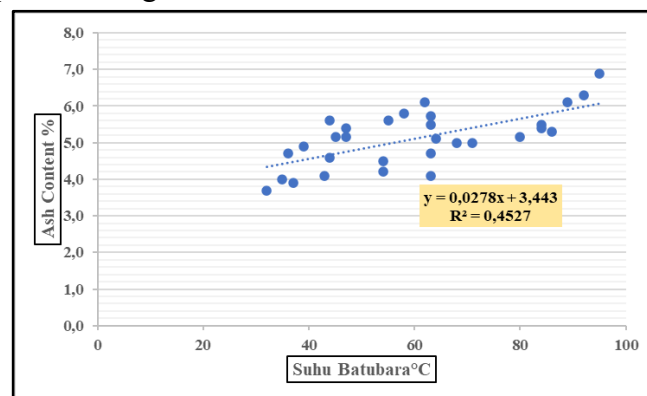
Hasil analisis regresi linear menunjukkan $TM (\%) = -0,0468 + 14,359$ dengan koefisien determinasi $R^2 = 0,7926$ dan koefisien korelasi $r = -0,89$ (Gambar 1). Nilai korelasi negatif yang sangat kuat ini mengindikasikan bahwa setiap kenaikan suhu sebesar 1°C akan menurunkan nilai *Total moisture* sebesar $0,0468\%$. Perubahan suhu dapat menjelaskan $79,26\%$ variasi *Total moisture*, sedangkan $20,74\%$ sisanya dipengaruhi oleh faktor lain seperti curah hujan dan ukuran butir.



Gambar 1. Hubungan Suhu Batubara terhadap TM.

Pengaruh Suhu terhadap *Ash content*

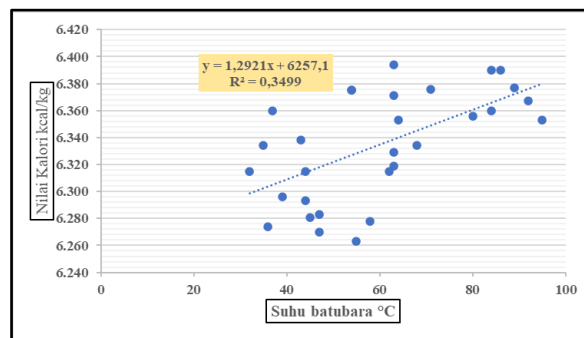
Analisis regresi menghasilkan persamaan $ash (\%) = 0,0278X + 3,443$ dengan $R^2 = 0,4527$ dan $r = 0,67$ (Gambar 1). Korelasi positif kuat ini menunjukkan bahwa setiap kenaikan suhu 1°C meningkatkan nilai *ash content* sebesar $0,0278\%$. Perubahan suhu menjelaskan $45,27\%$ variasi *ash content*, sedangkan $54,73\%$ dipengaruhi faktor lain seperti kontaminasi material pengotor dari kegiatan pengangkutan dan kondisi jalan berbebu. Peningkatan *ash content* seiring naiknya suhu terjadi karena pada kondisi suhu tinggi, komponen organik ringan dalam batubara mulai teroksidasi dalam menguap, sehingga proporsi material anorganik (abu) secara relatif meningkat. Pada rentang suhu $70\text{--}95^\circ\text{C}$, rata-rata *ash content* mencapai $5,7\%$ dibandingkan $4,7\%$ pada rentang suhu $30\text{--}50^\circ\text{C}$.



Gambar 2. Hubungan Suhu Batubara terhadap *Ash content*.

Pengaruh Suhu terhadap Nilai Kalori

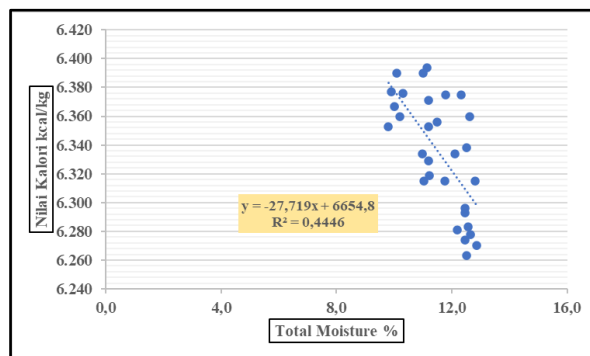
Hasil analisis menghasilkan persamaan CV (kcal/kg) = 1,2921X + 6257,1 dengan $R^2 = 0,3499$ dan $r = 0,59$. Korelasi positif sedang ini menunjukkan bahwa peningkatan suhu 1°C secara apparent meningkatkan nilai kalori sebesar 1,2921 kcal/kg. Perubahan hanya menjelaskan 34,99% variasi nilai kalori, karena nilai kalori dipengaruhi oleh banyak faktor secara lainnya. Peningkatan nilai kalori apparent pada suhu tinggi terjadi karena berkurangnya kandungan air yang menurunkan beban penguapan selama pembakaran, sehingga proporsi bahan bakar per kilogram sampel menjadi lebih besar. Namun perlu diperhatikan bahwa pada suhu tinggi terjadi pula peningkatan *ash content* yang menandakan degradasi material organik. Oleh karena itu, interpretasi nilai kalori harus selalu disertai pertimbangan *Total moisture* dan *ash content*.



Gambar 3. Hubungan Suhu Batubara terhadap *Ash content*.

Pengaruh *Total Moisture* terhadap Nilai Kalori

Analisis regresi antara *Total moisture* dan nilai kalori menghasilkan persamaan CV (kcal/kg) = -27,279X + 6654,8 dengan $R^2 = 0,4446$ dan $r = -0,66$. Korelasi negatif kuat ini menunjukkan bahwa setiap kenaikan 1% *Total moisture* akan menurunkan nilai kalori sebesar 27,71 kcal/kg. Hasil ini konsisten dengan penelitian Hernanto dkk. (2020) yang menemukan penurunan 123,36 kcal/kg per kenaikan 1% TM.



Gambar 4. Hubungan Suhu Batubara terhadap *Ash content*.

Tabel 2. Rekapitulasi Hasil Analisis Korelasi.

Variabel	r	R ²	Kategori
Suhu → TM	-0,89	0,79	Sangat Kuat
Suhu → <i>Ash content</i>	0,67	0,45	Kuat
Suhu → Nilai Kalori	0,59	0,35	Sedang
TM → Nilai Kalori	-0,66	0,44	Kuat

Pengelompokan Suhu Batubara

Pengelompokan suhu batubara menjadi tiga rentang berdasarkan panduan pemantauan suhu *stockpile* (Reid, 2021) memberikan gambaran yang lebih sistematis mengenai perubahan kualitas batubara. Untuk melihat pola perubahan kualitas batubara secara lebih sistematis, data suhu batubara dikelompokkan ke dalam tiga rentang, yaitu suhu rendah (30-50°C), suhu sedang (50-70°C), dan suhu tinggi (70-95°C). Hasil pengelompokan pada Tabel 4 menunjukkan bahwa rata-rata *Total moisture* menurun secara konsisten dari 12,4% pada rentang suhu rendah menjadi 11,6% pada rentang suhu sedang dan 10,4% pada rentang suhu tinggi, atau mengalami penurunan *Total* sebesar 2% dari kelompok suhu rendah ke kelompok suhu tinggi. Sebaliknya, rata-rata *ash content* meningkat dari 4,7% pada suhu rendah menjadi 5,1% pada suhu sedang dan 5,7% pada suhu tinggi, meningkat *Total* sebesar 1%. Rata-rata nilai kalori juga meningkat dari 6.305 kcal/kg pada suhu rendah menjadi 6.337 kcal/kg pada suhu sedang dan 6.371 kcal/kg pada suhu tinggi, atau meningkat sebesar 66 kcal/kg.

Tabel 3. Rata-rata Nilai Parameter Kualitas berdasarkan Kelompok Suhu.

Kelompok Suhu	TM (%) Rata-rata	Ash (%) Rata-rata	Kalori (kcal/kg) Rata-rata
30–50°C (Rendah)	12,4	4,7	6.305
50–70°C (Sedang)	11,6	5,1	6.337
70–95°C (Tinggi)	10,4	5,7	6.371

Pola pengelompokan ini menegaskan bahwa kenaikan suhu batubara secara konsisten diikuti oleh penurunan *Total moisture* serta kenaikan *ash content* dan nilai kalori secara bersamaan. Meskipun nilai kalori meningkat pada suhu tinggi, hal tersebut tidak dapat diartikan sebagai indikator kualitas batubara yang lebih baik, karena kenaikan tersebut beriringan dengan meningkatnya *ash content* yang mengindikasikan mulai terjadinya degradasi komponen organik batubara akibat oksidasi. Batubara dengan kualitas baik adalah batubara yang memiliki *Total moisture* optimal, *ash content* rendah, serta belum mengalami degradasi akibat kenaikan suhu yang berlebihan selama penyimpanan di area ROM *Coal Stockpile*.

Faktor-faktor Penyebab Perubahan Kualitas Batubara

Berdasarkan pengamatan langsung di lapangan, terdapat beberapa faktor selain suhu yang turut memengaruhi perubahan kualitas batubara pada area ROM *Coal Stockpile* PT. Mahakam Sumber Jaya. Pertama, keberagaman ukuran butir batubara memengaruhi nilai *Total moisture*, karena semakin kecil ukuran butir maka *surface moisture* akan semakin tinggi, yang secara tidak langsung dapat menurunkan nilai kalori batubara. Kedua, faktor cuaca yang tidak dapat dihindari dalam kegiatan pertambangan, di mana curah hujan dapat meningkatkan kandungan *moisture* batubara, sedangkan cuaca panas berkepanjangan dapat memicu swabakar yang berpotensi meningkatkan *ash content* dan menurunkan nilai kalori. Selama periode penelitian, hujan yang terjadi pada malam tanggal 25 November dengan curah hujan rendah (1,5 mm/jam) memengaruhi suhu batubara secara berbeda pada masing-masing titik pengamatan, baik berupa penurunan maupun kenaikan suhu pascahujan. Ketiga, kegiatan pengangkutan batubara pada jalan yang berdebu dapat menambah kontaminasi debu pada batubara yang diangkut, sehingga berpotensi meningkatkan *ash content* dan secara tidak langsung memengaruhi nilai kalori batubara.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis data, dapat disimpulkan bahwa suhu batubara di area ROM *Coal Stockpile* memiliki pengaruh yang signifikan terhadap parameter kualitas batubara. Suhu batubara memiliki pengaruh terhadap *Total moisture*, *ash content* dan nilai kalori batubara. Pada nilai *Total moisture* nilai korelasinya sebesar 0,89. Pada *ash* sebesar 0,67. Pada nilai kalori sebesar 0,59. Nilai *Total moisture* berpengaruh terhadap kenaikan dan penurunan nilai kalori batubara, semakin tinggi nilai *Total moisture* maka semakin rendah nilai kalori batubara dengan nilai korelasinya sebesar 0,66. Pengelompokan suhu batubara menjadi tiga kategori di area ROM *Coal Stockpile* efektif untuk menggambarkan pola perubahan kualitas batubara secara bertahap dan sistematis, dan ketiganya menunjukkan perubahan yang konsisten dan searah dengan kenaikan kelompok suhu, yang mana nilai *Total moisture* menurun sebesar 2%, nilai *ash* meningkat sebesar 1% dan nilai kalori meningkat sebesar 66 kcal/kg.

Penelitian ini merekomendasikan agar dilakukan pamtKesimpulan ditulis secara singkat yaitu mampu menjawab tujuan atau pemantauan suhu secara berkala pada seluruh titik tumpukan di area ROM *Coal Stockpile* untuk mengantisipasi risiko swabakar dan menjaga stabilitas kualitas batubara. penelitian lanjutan disarankan untuk memperluas cakupan ke seluruh area *stockpile* dengan jumlah sampel lebih banyak, waktu pengamatan lebih panjang dan parameter kualitas batubara proximate.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih untuk dosen pembimbing serta dosen penguji yang senantiasa memberikan saran dan masukan kepada penulis, terimakasih kepada keluarga dan teman-teman yang telah memberikan semangat dan motivasi kepada penulis, serta kepada seluruh manajemen dan karyawan laboratorium PT. Mahakam Sumber jaya yang memberukan izin dan fasilitas selama pelaksanaan penelitian.

DAFTAR REFERENSI

- Adiwikarta, R. Q. F., & Pulungan, L. (2024). Studi Pencegahan Swabakar Batubara di Muara Tiga Besar, PT XYZ. *Jurnal Riset Teknik Pertambangan*, 57–64.
- American Society for Testing and Materials. (2012). ASTM D3174: Standard Test Method for Ash in the Analysis Sample of Coal and Coke. ASTM International.
- American Society for Testing and Materials. (2013). ASTM D5865: Standard Test Method for Gross Calorific Value of Coal and Coke by the Isoperibol Bomb Calorimeter. ASTM International.
- American Society for Testing and Materials. (2019). ASTM D3302: Standard Test Method for *Total Moisture* in Coal. ASTM International.
- Anggreini, D., Bahtiar, S., Widyawati, F., & Hidayat, S. (2021). Analisis Hubungan Kandungan *Total Moisture*, *Total Sulphur* Dan *Ash content* Terhadap Gross Calorific Value Pada Batubara. *Jurnal Tambora*, 5(3), 50–55.
- Arta, M., & Ansosry, A. (2019). Rancangan Teknis *Stockpile* 2 Di PT Bukit Asam Tbk, Unit Pelabuhan Tarahan–Lampung. *Bina Tambang*, 4(1), 266–275.
- Bakri, dkk. (2024). Analisis Dampak Kenaikan Suhu Terhadap Penurunan Kualitas Batubara Muara Bengalun PT. Mitrabara Adiperdana Tbk. *Jurnal Pertambangan*.
- Febryanti, F., & Yulhendra, D. (2022). Analisis Penentuan Kualitas Batubara Berdasarkan Uji Proksimat di PT. Pelabuhan Universal Sumatera Kabupaten Muaro Jambi, Provinsi Jambi. *Bina Tambang*, 7(3), 143–150.
- Hernanto, A. (2020). Analisis pengaruh perubahan nilai *Total moisture* dan *ash content* terhadap nilai kalori batubara di unit pelabuhan PT Bukit Asam Tbk Tarahan Bandar Lampung (Skripsi). Universitas Bangka Belitung.
- Hidayah, N., Salmani, N., & Norfaeda, R. (2020). Studi Pengaruh Perubahan Suhu Terhadap Nilai *Total Moisture* Batubara Produk E4700 di PT. Adaro Indonesia Site Kelanis, Kalimantan Tengah. *Jurnal GEOSAPTA*, 6(2), 125–129.

- Muchjidin. (2006). *Pengendalian Mutu Dalam Industri Batubara*. Institut Teknologi Bandung.
- Reid, B. (2021). *Stockpile Temperature Monitoring Triggers*. *Coal Handling and Stockpile Management Guidelines*.
- Sari, R. N. M., & Octova, A. (2021). Karakteristik Batubara Beda Kualitas Berdasarkan Analisis Statistik Dasar di PT. Budi Gema Gempita, Lahat, Sumatera Selatan. *Bina Tambang*, 6(2), 126–134.
- Sugiyono. (2016). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Alfabeta.
- Sukandarrumidi. (2006). *Batubara dan Pemanfaatannya*. Gajah Mada University Press.
- Syifa, F. A., & Gusman, M. (2022). Perencanaan *Stockpile* Pelabuhan pada Coal Handling Facility PT. Surya Global Makmur. *Bina Tambang*, 7(3), 128–142.
- Winarno, A., & Nugroho, W. (2023). *Panduan Praktikum Teknologi Batubara*. Laboratorium Teknologi Mineral dan Batubara, Universitas Mulawarman.