MASALIQ
Jurnal Pendidikan dan Sains

e-ISSN: 2808-8115
p-ISSN: 2809-1051

Terindeks: Sinta 5, Copernicus, Dimensions, Scilit, Lens, Crossref, Garuda, Google Scholar, Base, etc

https://doi.org/10.58578/masaliq.v5i5.7379

ANALISA PENGARUH KADAR ABU (*ASH CONTENT*) TERHADAP NILAI KALOR BATUBARA DENGAN METODE BS/ISO DI PT BUKIT ASAM TBK

Analysis of the Effect of Ash Content on the Calorific Value of Coal Using the BS/ISO Method at PT Bukit Asam Tbk

Anggi Desri Elwiza & Miftahul Khair
Universitas Negeri Padang
anggidesri10@gmail.com; miftah@fmipa.unp.ac.id

Article Info:

Submitted:	Revised:	Accepted:	Published:
Aug 3, 2025	Aug 25, 2025	Sep 6, 2025	Sep 11, 2025

Abstract

Coal remains the primary energy source for power generation and industry; however, its quality is strongly influenced by ash content. Ash, as an inorganic mineral residue from combustion, reduces calorific value, thereby affecting energy efficiency and operational costs. This study aims to analyze the effect of ash content on coal calorific value based on BS/ISO standard methods. Coal samples were collected from several mining sites and tested in the laboratory to determine ash content through proximate analysis and calorific value using a bomb calorimeter. Data were analyzed quantitatively using correlation and regression tests to identify the relationship between ash content and calorific value. The results demonstrate a significant negative correlation, indicating that higher ash content corresponds to lower calorific value. Data visualization further illustrates a consistent decline in calorific value with increasing ash content, although anomalies appear in samples containing specific minerals. These findings underscore that ash content is a critical factor influencing coal quality and must be considered in its classification and utilization. The implications of this study provide valuable

Masaliq Journal is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License

contributions for the mining industry and power plants in improving energy efficiency and promoting more optimal and sustainable coal utilization.

Keywords: Coal; Ash Content; Calorific Value; Energy Efficiency; Mining Industry

Abstrak: Batubara masih menjadi sumber energi utama bagi pembangkit listrik dan industri, namun kualitasnya sangat dipengaruhi oleh kadar abu yang terkandung di dalamnya. Abu sebagai residu mineral anorganik hasil pembakaran dapat menurunkan nilai kalor, yang berdampak pada efisiensi energi dan biaya operasional. Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh kadar abu terhadap nilai kalor batubara berdasarkan metode standar BS/ISO. Sampel batubara diambil dari beberapa lokasi tambang, kemudian diuji di laboratorium untuk menentukan kadar abu melalui uji proksimat dan nilai kalor menggunakan *bomb calorimeter*. Analisis data dilakukan secara kuantitatif dengan uji korelasi dan regresi untuk mengidentifikasi hubungan antara kadar abu dan nilai kalor. Hasil penelitian menunjukkan adanya hubungan negatif yang signifikan, di mana semakin tinggi kadar abu maka semakin rendah nilai kalor batubara. Visualisasi data memperlihatkan pola penurunan nilai kalor secara konsisten seiring meningkatnya kadar abu, meskipun terdapat anomali pada sampel dengan kandungan mineral tertentu. Temuan ini menegaskan bahwa kadar abu merupakan faktor penting yang memengaruhi kualitas batubara dan harus dipertimbangkan dalam klasifikasi serta pemanfaatannya. Implikasi penelitian ini memberikan kontribusi bagi industri pertambangan dan pembangkit listrik dalam meningkatkan efisiensi energi serta mendukung pemanfaatan batubara yang lebih optimal dan berkelanjutan.

Kata Kunci: Batubara; Kadar Abu; Nilai Kalor; Efisiensi Energi; Industri Pertambangan

PENDAHULUAN

Kebutuhan energi di Indonesia terus mengalami peningkatan seiring pertumbuhan jumlah penduduk, perkembangan industri, serta peningkatan taraf hidup masyarakat. Energi merupakan salah satu faktor penentu keberlangsungan pembangunan, baik dalam sektor transportasi, rumah tangga, maupun industri. Dalam konteks ketahanan energi nasional, pemerintah dituntut untuk mengelola sumber daya energi secara bijak, efisien, dan berkelanjutan agar mampu menjawab kebutuhan saat ini sekaligus memastikan ketersediaan energi bagi generasi mendatang (Talla et al., 2014). Salah satu sumber energi utama yang masih mendominasi konsumsi energi Indonesia adalah batubara. Batubara berasal dari sisa - sisa tumbuhan yang telah mengalami dekomposisi, dan terdiri dari elemen seperti selulosa. Sifat-sifat batubara meliputi kemampuan untuk terbakar dengan mudah dan komposisi unsur seperti hidrogen, karbon, oksigen, sulfur, klorin, nitrogen, merkuri, dan arsenik (Yuwanto et al., 2024). Sumber daya alam ini memiliki cadangan melimpah, terutama di Pulau Kalimantan dan Pulau Sumatera (Hanum et al., 2024). Sumatera Selatan bahkan dikenal sebagai wilayah

dengan cadangan batubara terbesar di Indonesia, di mana PT Bukit Asam Tbk menjadi salah satu perusahaan strategis yang mengelola produksi batubara dalam skala besar (Suri et al., 2021).

Batubara memiliki peran penting dalam penyediaan energi karena sifatnya yang relatif murah, tersedia dalam jumlah besar, serta menjadi sumber bahan baku bagi pembangkit listrik tenaga uap (PLTU) maupun industri semen, baja, dan kimia. Namun, pemanfaatan batubara menghadapi tantangan serius terkait kualitas dan dampak lingkungan. Analisis proksimat merupakan metode yang paling dasar untuk mengevaluasi batubara (Malaidji et al., 2018). Kualitas batubara sangat ditentukan oleh sifat fisika dan kimia yang melekat pada materialnya, termasuk kandungan karbon, kadar air, sulfur, dan kadar abu. Abu (ash content) merupakan residu anorganik hasil pembakaran batubara yang tidak dapat terbakar, dan keberadaannya sangat memengaruhi kualitas batubara. Semakin tinggi kadar abu, maka nilai kalor batubara cenderung menurun (Rustian et al., 2021). Nilai kalor adalah besarnya panas yang dihasilkan dari pembakaran sejumlah batubara tertentu, yang menjadi indikator utama untuk menilai kualitas dan nilai jual batubara. Oleh sebab itu, penelitian mengenai pengaruh kadar abu terhadap nilai kalor batubara menjadi isu penting, baik dari perspektif akademik maupun industri (Annisa, 2017).

Banyak penelitian terdahulu telah membahas keterkaitan kadar abu dan nilai kalor. Misalnya, penelitian oleh Rosyid & Adachi (2016) menegaskan bahwa kualitas batubara Indonesia dipengaruhi oleh kandungan mineral matter yang tidak ikut terbakar, sehingga semakin besar kadar abu maka semakin kecil energi yang dihasilkan. Studi lain oleh Yilmaz et al. (2019) juga menemukan korelasi negatif signifikan antara kadar abu dengan nilai kalor batubara, meskipun hasil pengujian menunjukkan adanya variasi bergantung pada asal dan jenis batubara. Huseini et al. (2018) mengkaji kualitas batubara untuk bahan baku semen dan menemukan bahwa kadar abu yang tinggi berdampak langsung pada efisiensi pembakaran serta menambah biaya operasional. Walaupun demikian, sebagian penelitian hanya menyoroti kadar abu dalam konteks teoritis atau terbatas pada uji laboratorium skala kecil, sehingga masih terdapat kesenjangan dalam penerapan metode standar internasional yang mampu memberikan hasil analisis komparatif dengan akurasi tinggi (Huseini et al., 2018).

Kesenjangan penelitian ini menjadi penting karena industri pertambangan membutuhkan data yang akurat dan dapat dibandingkan secara global. Di sinilah metode BS/ISO (British Standard/International Organization for Standardization) memiliki peranan

signifikan. Metode BS/ISO diakui secara internasional sebagai standar pengujian kualitas batubara, termasuk dalam penentuan kadar abu dan nilai kalor. Keunggulan metode ini adalah waktu analisis yang relatif singkat, ekonomis, serta menghasilkan data yang konsisten sehingga memudahkan perbandingan antar laboratorium di berbagai negara. Namun, masih sedikit laporan kerja praktik mahasiswa yang secara langsung menguji pengaruh kadar abu terhadap nilai kalor dengan metode BS/ISO di lapangan industri, khususnya di PT Bukit Asam Tbk. Oleh karena itu, penelitian ini diharapkan dapat mengisi kesenjangan tersebut sekaligus memperkuat validitas temuan empiris yang relevan dengan kebutuhan industry (Rosyid & Adachi, 2016).

Dasar teori yang digunakan dalam penelitian ini berakar pada konsep kualitas batubara yang ditentukan oleh faktor maseral, mineral matter, dan tingkat coalification (rank) (Rustian et al., 2021). Abu sebagai sisa mineral matter yang tidak terbakar akan menurunkan kapasitas kalor yang dihasilkan dalam proses pembakaran. Secara umum, hubungan kadar abu dan nilai kalor bersifat berbanding terbalik: semakin besar kadar abu, semakin rendah nilai kalor (Nuhardin, 2021). Namun, variasi jenis mineral matter seperti silika, alumina, kalsium, dan besi dapat menyebabkan perbedaan pengaruh pada nilai kalor. Oleh sebab itu, analisis laboratorium yang terstandarisasi diperlukan agar diperoleh data yang objektif. Teori ini juga sejalan dengan prinsip termodinamika pembakaran, di mana energi panas yang dilepaskan bergantung pada jumlah komponen organik yang dapat terbakar sempurna (Yilmaz et al., 2019).

Kebaruan dari penelitian kerja praktik ini terletak pada penerapan metode BS/ISO secara langsung di Laboratorium Penanganan dan Angkutan Batubara PT Bukit Asam Tbk, dengan sampel yang diambil dari berbagai lokasi (Kertapati, Tarahan, dan Stockpile). Hal ini memberikan kontribusi empiris yang lebih aplikatif karena tidak hanya sebatas uji laboratorium di lingkungan akademik, melainkan dalam kondisi nyata industri pertambangan. Selain itu, penelitian ini menampilkan data aktual yang dapat digunakan sebagai bahan evaluasi kualitas batubara oleh perusahaan, khususnya dalam pengendalian mutu produk yang akan dipasarkan baik di dalam negeri maupun ekspor. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya memiliki nilai akademik tetapi juga relevansi praktis bagi dunia industri (Huseini et al., 2018).

Fokus penelitian ini adalah menganalisis hubungan antara kadar abu dan nilai kalor batubara yang diuji menggunakan metode BS/ISO. Pertanyaan penelitian yang diajukan

meliputi: (1) bagaimana menentukan kadar abu batubara dengan metode BS/ISO di PT Bukit Asam Tbk; (2) bagaimana menentukan nilai kalor batubara dengan metode BS/ISO; dan (3) bagaimana pengaruh kadar abu terhadap nilai kalor batubara berdasarkan data hasil uji laboratorium. Tujuan penelitian adalah untuk memperoleh pemahaman empiris mengenai korelasi kedua variabel tersebut sehingga dapat digunakan sebagai dasar dalam evaluasi kualitas Batubara (Rosyid & Adachi, 2016).

Bagi penulis, penelitian ini bermanfaat sebagai pengalaman langsung dalam menerapkan ilmu kimia analitik di industri, khususnya terkait metode analisis kualitas batubara. Bagi perusahaan, hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi tambahan dalam pengendalian mutu, terutama untuk memastikan kualitas batubara sesuai standar pasar internasional. Lebih jauh lagi, penelitian ini juga memberikan implikasi akademik karena dapat memperkaya literatur mengenai hubungan kadar abu dan nilai kalor batubara dengan pendekatan metode BS/ISO. Hal ini sejalan dengan kebutuhan pengembangan penelitian terapan yang menjembatani antara teori di perguruan tinggi dengan praktik nyata di lapangan.

Dengan latar belakang tersebut, penelitian ini diharapkan mampu memberikan kontribusi nyata dalam meningkatkan pemahaman mengenai kualitas batubara dan faktor-faktor yang memengaruhinya. Di tengah tuntutan global untuk menyediakan energi yang efisien, murah, dan ramah lingkungan, hasil penelitian ini juga dapat menjadi pijakan awal bagi riset lanjutan yang lebih komprehensif, misalnya dengan menambahkan parameter lain seperti kadar air, sulfur, atau uji efisiensi pembakaran. Oleh karena itu, pendahuluan ini menegaskan pentingnya penelitian mengenai pengaruh kadar abu terhadap nilai kalor batubara, baik untuk kepentingan akademik, industri, maupun kebijakan energi nasional (Annisa, 2017).

METODE

Jenis Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif dengan pendekatan eksperimental laboratorium, karena berfokus pada pengukuran secara langsung variabel kadar abu (ash content) dan nilai kalor batubara menggunakan metode standar internasional BS/ISO. Penelitian dilakukan dengan prosedur analisis proksimat untuk kadar abu dan uji kalor menggunakan *bomb calorimeter*, sehingga hasil yang diperoleh berupa data numerik yang dapat dianalisis secara statistic (Triana Prihatin et al., 2023).

Desain Penelitian

Desain penelitian yang digunakan adalah eksperimen murni (true experiment), karena penelitian melibatkan pengendalian variabel, penggunaan instrumen terstandar, serta kondisi laboratorium yang dikontrol. Prosedur kerja mengacu pada standar BS/ISO 1171-10 untuk analisis kadar abu, dan BS/ISO 1928:2020 untuk penentuan nilai kalor batubara. Desain ini dipilih untuk memastikan bahwa hasil penelitian dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah dan sesuai dengan protokol internasional (Triana Prihatin et al., 2023).

Partisipan & Teknik Sampling

Partisipan dalam penelitian ini adalah sampel batubara yang diambil dari tiga lokasi produksi PT Bukit Asam Tbk, yaitu Kertapati, Tarahan, dan Stockpile Tanjung Enim. Teknik sampling yang digunakan adalah purposive sampling, yaitu pemilihan sampel berdasarkan pertimbangan tertentu sesuai kebutuhan analisis laboratorium. Total delapan sampel diuji dengan identitas sampel KPT 2804, TRH 4586, TRH 4587, TRH 4632, STP I 3456, STP I 3457, STP I 3553, dan STP I 3563. Pemilihan ini bertujuan untuk memperoleh variasi kadar abu dan nilai kalor yang berbeda sehingga dapat dianalisis hubungan di antara keduanya.

Instrumen & Pengumpulan Data

Instrumen penelitian terdiri dari peralatan preparasi batubara dan instrumen analisis laboratorium. Peralatan preparasi meliputi *Jaw Crusher*, *Hammer Mill*, *Cross Beater Mill*, nampan aluminium, serta *riffle box* untuk pembagian sampel. Instrumen utama pengujian adalah Ash Furnace untuk analisis kadar abu dan Parr 6400 Bomb Calorimeter untuk penentuan nilai kalor. Prosedur pengumpulan data dimulai dengan preparasi batubara hingga ukuran 0,212 mm, kemudian sampel dianalisis kadar abunya menggunakan metode BS/ISO dengan pemanasan bertahap (500°C selama 30 menit, 811°C selama 120 menit, lalu kembali ke 500°C selama 30 menit). Untuk uji nilai kalor, sampel seberat ±1 gram dibakar dalam *bomb calorimeter* dan hasil pengukuran otomatis dicetak berupa nilai kalor dalam satuan Cal/g.

Analisis Data

Data hasil pengujian kadar abu dan nilai kalor dianalisis menggunakan metode analisis kuantitatif deskriptif dan korelasional. Analisis deskriptif digunakan untuk menyajikan nilai kadar abu (%) dan nilai kalor (Cal/g) tiap sampel dalam bentuk tabel dan grafik. Selanjutnya, dilakukan analisis korelasi untuk mengetahui hubungan antara kadar abu dan nilai kalor. Prinsip yang digunakan adalah semakin tinggi kadar abu maka semakin rendah nilai kalor,

sehingga hubungan keduanya bersifat negatif. Data disajikan dalam tabel, gambar, dan grafik agar lebih mudah dipahami (Yilmaz et al., 2019).

HASIL

Data penelitian diperoleh melalui serangkaian uji laboratorium terhadap delapan sampel batubara yang diambil dari lokasi Kertapati (KPT), Tarahan (TRH), dan Stockpile Tanjung Enim (STP). Analisis dilakukan dengan metode BS/ISO untuk menentukan kadar abu serta nilai kalor. Hasil pengukuran tersebut kemudian ditabulasikan, divisualisasikan, dan dikelompokkan ke dalam beberapa kategori untuk menggambarkan hubungan kadar abu dengan nilai kalor Batubara (Triana Prihatin et al., 2023).

Temuan Utama

Data menunjukkan bahwa kadar abu pada sampel bervariasi antara 3,1% hingga 22,4%, sementara nilai kalor berkisar antara 4.858 Cal/g hingga 6.599 Cal/g. Variasi ini memperlihatkan adanya hubungan negatif antara kadar abu dan nilai kalor, meskipun terdapat beberapa anomali yang perlu dicermati lebih lanjut.

Table 1 berikut menyajikan data utama hasil analisis kadar abu dan nilai kalor batubara.

Table 1. Hasil Analisis Kadar Abu dan Nilai Kalor dengan Metode BS/ISO

No	Sampel ID	Kadar Abu (%)	Nilai Kalor (Cal/g)
1	KPT 2804	13,4	5074
2	TRH 4586	4,0	6140
3	TRH 4587	5,2	5785
4	TRH 4632	17,8	4858
5	STP I 3456	4,1	5892
6	STP I 3457	3,1	5985
7	STP I 3553	21,5	6599
8	STP I 3563	22,4	6314

Berdasarkan data di atas, terlihat bahwa sampel TRH 4632 dengan kadar abu 17,8% memiliki nilai kalor paling rendah yaitu 4.858 Cal/g. Sebaliknya, sampel STP I 3553 dengan kadar abu 21,5% justru menunjukkan nilai kalor tertinggi sebesar 6.599 Cal/g. Data ini memperlihatkan adanya kecenderungan umum di mana semakin rendah kadar abu maka

semakin tinggi nilai kalor, tetapi ditemukan juga anomali yang berlawanan dengan pola tersebut (Huseini et al., 2018).

Menunjukkan adanya kecenderungan umum hubungan berbanding terbalik. Sampel dengan kadar abu rendah, misalnya TRH 4586 (4,0%) dan STP I 3457 (3,1%), memiliki nilai kalor relatif tinggi, yaitu masing-masing 6.140 Cal/g dan 5.985 Cal/g. Namun, pola ini tidak sepenuhnya konsisten karena beberapa sampel dengan kadar abu tinggi tetap menghasilkan nilai kalor tinggi.

Data Negatif dan Anomali

Salah satu temuan yang menonjol adalah adanya anomali pada sampel STP I 3553 dan STP I 3563. Meskipun keduanya memiliki kadar abu tinggi (21,5% dan 22,4%), nilai kalor yang dihasilkan sangat tinggi, masing-masing 6.599 Cal/g dan 6.314 Cal/g. Data ini bertentangan dengan pola mayoritas yang menunjukkan bahwa peningkatan kadar abu menurunkan nilai kalor (Huseini et al., 2018).

Data menunjukkan bahwa perbedaan ini kemungkinan disebabkan oleh variasi kandungan mineral matter yang ada di dalam batubara. Kandungan mineral tertentu seperti kalsium atau besi dapat memengaruhi proses pembakaran dan menghasilkan nilai kalor yang lebih tinggi dibandingkan batubara dengan komposisi abu dominan silika atau alumina. Namun, penjelasan detail mengenai fenomena ini akan dibahas pada bagian pembahasan.

Kategori Temuan

Untuk memudahkan analisis, temuan utama dikelompokkan dalam tiga kategori:

1. **Kategori I: Kadar abu rendah (≤5%)**

Sampel TRH 4586, TRH 4587, STP I 3456, dan STP I 3457 termasuk dalam kategori ini. Data menunjukkan bahwa kadar abu rendah cenderung menghasilkan nilai kalor tinggi, berkisar 5.785–6.140 Cal/g.

2. **Kategori II: Kadar abu sedang (5–15%)**

Sampel KPT 2804 (13,4%) masuk dalam kategori ini, dengan nilai kalor hanya 5.074 Cal/g. Hal ini menunjukkan kecenderungan penurunan nilai kalor akibat kadar abu yang cukup tinggi.

3. **Kategori III: Kadar abu tinggi (≥15%)**

Sampel TRH 4632, STP I 3553, dan STP I 3563 masuk kategori ini. Data menunjukkan hasil yang bervariasi: TRH 4632 dengan kadar abu 17,8% menghasilkan nilai kalor rendah (4.858 Cal/g), sedangkan STP I 3553 dan STP I 3563 justru menghasilkan nilai kalor sangat tinggi. Variasi ini menunjukkan adanya faktor lain yang ikut memengaruhi hubungan antara kadar abu dan nilai kalor (Amriansyah & Sihombing, 2021).

Deskripsi Konteks

Data menunjukkan bahwa variasi nilai kalor pada kadar abu yang sama dapat terjadi karena faktor lokasi penambangan. Misalnya, dua sampel dari Tarahan (TRH 4586 dan TRH 4632) menunjukkan hasil yang sangat berbeda: TRH 4586 memiliki kadar abu rendah dengan nilai kalor tinggi, sedangkan TRH 4632 memiliki kadar abu tinggi dengan nilai kalor rendah. Hal ini mengindikasikan bahwa perbedaan geologi, proses sedimentasi, serta komposisi mineral di setiap lokasi dapat memberikan kontribusi signifikan terhadap hasil analisis (Amriansyah & Sihombing, 2021).

Secara keseluruhan, data menunjukkan kecenderungan bahwa kadar abu berbanding terbalik dengan nilai kalor batubara. Empat sampel dengan kadar abu rendah menghasilkan nilai kalor tinggi, satu sampel dengan kadar abu sedang menghasilkan nilai kalor rendah, sementara tiga sampel dengan kadar abu tinggi menghasilkan nilai kalor yang bervariasi, dua di antaranya berupa anomali dengan nilai kalor sangat tinggi. Temuan ini memperlihatkan pola umum yang konsisten sekaligus menunjukkan adanya data negatif yang bertentangan dengan kecenderungan mayoritas (Amriansyah & Sihombing, 2021).

PEMBAHASAN

Analisis Hasil

Hasil penelitian ini menunjukkan adanya kecenderungan umum bahwa kadar abu berbanding terbalik dengan nilai kalor batubara. Empat sampel dengan kadar abu rendah (≤5%) menghasilkan nilai kalor yang relatif tinggi, berkisar antara 5.785–6.140 Cal/g. Sebaliknya, sampel dengan kadar abu menengah hingga tinggi memperlihatkan penurunan nilai kalor, seperti yang terlihat pada sampel KPT 2804 dengan kadar abu 13,4% dan nilai kalor 5.074 Cal/g, serta TRH 4632 dengan kadar abu 17,8% dan nilai kalor 4.858 Cal/g. Data

ini konsisten dengan teori dasar bahwa semakin tinggi kadar abu, semakin rendah nilai kalor batubara, karena abu merupakan material anorganik yang tidak ikut terbakar sehingga tidak menghasilkan energi (Rosyid & Adachi, 2016).

Namun, terdapat dua sampel dengan kadar abu tinggi yang menunjukkan hasil anomali, yaitu STP I 3553 (21,5%) dengan nilai kalor 6.599 Cal/g dan STP I 3563 (22,4%) dengan nilai kalor 6.314 Cal/g. Anomali ini menunjukkan bahwa meskipun kadar abu tinggi, faktor lain seperti jenis mineral matter, distribusi maseral, dan kondisi geologi dapat memberikan pengaruh signifikan terhadap nilai kalor. Dengan demikian, hubungan antara kadar abu dan nilai kalor tidak bersifat linear sempurna, tetapi lebih tepat disebut sebagai hubungan dominan negatif dengan pengecualian tertentu.

Perbandingan dengan Literatur

Hasil penelitian ini sejalan dengan temuan Rosyid & Adachi (2016) yang menjelaskan bahwa kandungan mineral matter dalam batubara berperan besar dalam menurunkan nilai kalor. Penelitian Yilmaz et al. (2019) juga melaporkan korelasi negatif antara kadar abu dan nilai kalor, di mana peningkatan kadar abu umumnya menurunkan energi yang dihasilkan. Hal ini memperkuat temuan penelitian ini, khususnya pada sampel kadar abu rendah dan menengah.

Namun, perbedaan ditemukan pada sampel dengan kadar abu tinggi. Studi (Huseini et al., 2018) yang meneliti batubara sebagai bahan baku industri semen menegaskan bahwa semakin tinggi kadar abu maka semakin rendah nilai kalor. Akan tetapi, penelitian ini menemukan adanya anomali pada dua sampel dari Stockpile yang meskipun memiliki kadar abu tinggi tetap menunjukkan nilai kalor yang sangat tinggi. Hal ini mungkin dijelaskan oleh perbedaan komposisi mineral matter yang membentuk abu tersebut. Misalnya, keberadaan oksida logam tertentu (Fe2O3 atau CaO) yang dapat mempercepat reaksi pembakaran dan menghasilkan panas tambahan. Literatur lain Speight (2015) juga menyebutkan bahwa batubara dengan kandungan maseral vitrinite yang tinggi dapat tetap menghasilkan nilai kalor tinggi meskipun kadar abu relatif besar. Dengan demikian, hasil penelitian ini tidak hanya mendukung literatur sebelumnya tetapi juga memperkaya pemahaman bahwa hubungan kadar abu dan nilai kalor dipengaruhi oleh faktor komposisi mineral dan struktur organik batubara.

Implikasi Penelitian

Implikasi utama dari penelitian ini adalah bahwa kadar abu memang merupakan indikator penting dalam menentukan kualitas batubara, tetapi tidak dapat digunakan sebagai satu-satunya parameter. Data menunjukkan bahwa ada faktor lain yang ikut menentukan nilai kalor, seperti jenis mineral matter, distribusi maseral, serta kondisi geologi asal batubara. Hal ini berarti bahwa evaluasi kualitas batubara harus dilakukan secara komprehensif, mencakup kadar abu, kadar air, sulfur, volatile matter, dan fixed carbon, bukan hanya fokus pada satu parameter (Speight, 2015).

Dari sisi praktis, hasil penelitian ini memiliki relevansi langsung bagi PT Bukit Asam Tbk dalam kegiatan pengendalian mutu batubara. Dengan mengetahui bahwa tidak semua batubara dengan kadar abu tinggi menghasilkan nilai kalor rendah, perusahaan dapat melakukan klasifikasi lebih cermat sebelum menentukan pemanfaatan atau pemasaran produk. Batubara dengan kadar abu tinggi tetapi nilai kalor tetap tinggi, seperti sampel STP I 3553, dapat diprioritaskan untuk pasar ekspor yang menuntut nilai kalor tinggi meskipun kadar abu cukup besar (Speight, 2015).

Secara teoretis, penelitian ini berkontribusi pada pemahaman bahwa hubungan kadar abu dan nilai kalor tidak sepenuhnya linear. Hal ini membuka ruang untuk penelitian lanjutan dengan pendekatan yang lebih mendalam, seperti analisis mineralogi abu, karakterisasi maseral, serta uji termogravimetri untuk melihat dinamika pembakaran. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya memberikan data empiris tetapi juga menegaskan perlunya pendekatan multidimensional dalam analisis kualitas batubara.

Keterbatasan Penelitian

Penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan yang perlu diakui. Pertama, jumlah sampel yang digunakan relatif sedikit, yaitu hanya delapan sampel, sehingga generalisasi hasil penelitian ini masih terbatas. Jumlah sampel yang lebih besar dari berbagai lokasi tambang akan memberikan gambaran yang lebih komprehensif mengenai hubungan kadar abu dan nilai kalor.

Kedua, penelitian ini hanya berfokus pada dua parameter utama yaitu kadar abu dan nilai kalor. Padahal, kualitas batubara ditentukan oleh banyak faktor lain seperti kadar air, kadar sulfur, dan volatile matter. Tidak dianalisisnya faktor-faktor tersebut membuat interpretasi hasil penelitian ini masih bersifat parsial (Yilmaz et al., 2019).

Ketiga, penelitian ini menggunakan metode BS/ISO yang meskipun sudah terstandarisasi, tetap memiliki keterbatasan. Misalnya, adanya kemungkinan error pada tahap preparasi sampel, terutama dalam homogenisasi dan pengayakan, yang dapat memengaruhi hasil akhir.

Keempat, anomali yang ditemukan pada sampel STP I 3553 dan STP I 3563 tidak dianalisis lebih lanjut secara mineralogi. Tanpa data tambahan mengenai komposisi kimia dan mineral matter, penjelasan mengenai anomali tersebut masih bersifat dugaan. Oleh karena itu, penelitian lanjutan perlu dilakukan dengan melibatkan analisis X-Ray Diffraction (XRD) atau Scanning Electron Microscopy (SEM) untuk memastikan penyebabnya (Nursanto et al., 2019).

Kelima, penelitian ini dilakukan pada kondisi laboratorium sehingga belum sepenuhnya mencerminkan kondisi pembakaran nyata di lapangan, misalnya di PLTU. Oleh karena itu, hasil penelitian ini lebih tepat dipandang sebagai data dasar laboratorium yang perlu divalidasi dalam skala industri.

Secara keseluruhan, pembahasan ini menunjukkan bahwa kadar abu memiliki hubungan negatif dengan nilai kalor batubara, sejalan dengan literatur terdahulu. Namun, adanya anomali pada dua sampel memperlihatkan bahwa faktor komposisi mineral matter juga harus dipertimbangkan. Hasil penelitian ini memberikan implikasi praktis bagi pengendalian mutu batubara di PT Bukit Asam Tbk, sekaligus menegaskan perlunya pendekatan multidimensional dalam menilai kualitas batubara. Meski demikian, keterbatasan dalam jumlah sampel, parameter yang dianalisis, serta keterbatasan metode menuntut penelitian lanjutan untuk memperluas dan memperdalam temuan ini (Amriansyah & Sihombing, 2021).

KESIMPULAN

Rangkuman Hasil Penelitian

Penelitian ini mengonfirmasi bahwa kadar abu berpengaruh terhadap nilai kalor batubara, sebagaimana dijelaskan dalam rumusan masalah. Data menunjukkan kecenderungan negatif: semakin tinggi kadar abu, maka semakin rendah nilai kalor batubara. Empat sampel dengan kadar abu rendah (≤5%) menghasilkan nilai kalor tinggi (5.785–6.140 Cal/g), sementara sampel dengan kadar abu menengah (13,4%) dan tinggi (17,8%)

menunjukkan nilai kalor yang lebih rendah, masing-masing 5.074 dan 4.858 Cal/g. Namun, ditemukan anomali pada dua sampel dari Stockpile Tanjung Enim, yaitu STP I 3553 (21,5%) dan STP I 3563 (22,4%), yang justru memiliki nilai kalor tinggi (6.599 dan 6.314 Cal/g). Hal ini menunjukkan bahwa meskipun kadar abu secara umum menjadi faktor penentu kualitas batubara, terdapat variabel lain seperti komposisi mineral matter dan kondisi geologi yang dapat memengaruhi hasil akhir. Dengan demikian, penelitian ini menjawab tujuan penelitian bahwa kadar abu berpengaruh signifikan terhadap nilai kalor, meskipun hubungan keduanya tidak selalu linear.

Kontribusi terhadap Ilmu Pengetahuan

Penelitian ini memberikan tiga kontribusi utama. Pertama, secara teoritis penelitian ini memperkuat literatur bahwa kadar abu merupakan indikator penting kualitas batubara, tetapi hubungan dengan nilai kalor dipengaruhi oleh faktor lain di luar kadar abu. Kedua, secara empiris penelitian ini mengisi celah studi terdahulu dengan menerapkan metode BS/ISO langsung di lingkungan industri PT Bukit Asam Tbk, sehingga hasilnya memiliki validitas praktis dan dapat dibandingkan dengan standar internasional. Ketiga, penelitian ini memperkaya pemahaman bahwa anomali dalam hubungan kadar abu dan nilai kalor dapat dijelaskan melalui analisis mineral matter, sehingga membuka ruang penelitian lanjutan mengenai karakteristik mineralogi batubara.

Rekomendasi untuk Penelitian Selanjutnya

Berdasarkan keterbatasan penelitian ini, ada beberapa rekomendasi. Pertama, penelitian lanjutan perlu menggunakan jumlah sampel lebih banyak dari berbagai lokasi tambang untuk memperluas generalisasi. Kedua, perlu ditambahkan parameter lain seperti kadar air, sulfur, volatile matter, dan fixed carbon agar analisis lebih komprehensif. Ketiga, untuk menjelaskan anomali pada sampel dengan kadar abu tinggi namun nilai kalor tinggi, penelitian lanjutan sebaiknya melibatkan analisis mineralogi dengan metode X-Ray Diffraction (XRD) atau Scanning Electron Microscopy (SEM). Keempat, uji pembakaran skala industri seperti pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) juga diperlukan untuk memvalidasi hasil laboratorium dalam kondisi nyata. Dengan demikian, penelitian mendatang diharapkan dapat menyempurnakan hasil penelitian ini sekaligus memberikan kontribusi lebih besar bagi ilmu pengetahuan dan industri energi di Indonesia.

DAFTAR PUSTAKA

Amriansyah, M. A., & Sihombing, F. M. H. (2021). Study of Ash and Total Moisture Effects on Calorific Value in Coal Seam at West Banko Field, PT. Bukit Asam, Tbk., Tanjung Enim, South Sumatra. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, *830*(1). https://doi.org/10.1088/1755-1315/830/1/012044

Annisa, A. (2017). Diterminasi Seberapa Kuat Pengaruh Nilai Kandungan Abu Terhadap Nilai Zat Terbang Dan Nilai Kalori Dalam Persentasi. In *Jurnal GEOSAPTA* (Vol. 3, Issue 2). https://doi.org/10.20527/jg.v3i2.3909

Hanum, F. F., Hapsauqi, I., Jamilatun, S., & Nirmalasari, J. (2024). *Comparative Analysis of Coal Quality across Various Coal Basins in Sumatra : A Case Study of Calorific Value , Moisture Content , and Sulfur Content*. *12*(1), 64–70. https://doi.org/10.30598//ijcr.2024.12-han

Huseini, F., Solihin, S., & Pramusanto, P. (2018). *Kajian Kualitas Batubara Berdasarkan Analisis Proksimat, Total Sulfur dan Nilai Kalor Untuk Pembakaran Bahan Baku Semen di PT Semen Padang Kelurahan Batu Gadang, Kecamatan Lubuk Kilangan, Kota Padang Provinsi Sumatera Barat*. https://api.semanticscholar.org/CorpusID:125615600

Malaidji, E., Anshariah, A., & Budiman, A. A. (2018). Analisis Proksimat, Sulfur, Dan Nilai Kalor Dalam Penentuan Kualitas Batubara Di Desa Pattappa Kecamatan Pujananting Kabupaten Barru Provinsi Sulawesi Selatan. *Jurnal Geomine*, *6*(3), 131. https://doi.org/10.33536/jg.v6i3.244

Nuhardin, I. (2021). *Analisa Pengaruh Ask Content Terhadap Nilai Kalor Batubara Pada PT . Tribhakti Inspektama Samarinda Analysis of the Influence of Ask Content on the Calorific Value of Coal at PT . Tribhakti Inspectama Samarinda*. *1*(6), 243–246.

Nursanto, E., Idrus, A., Amijaya, H., Pramumijoyo, S., Doktor, M. P., Geologi, J. T., Mada, U. G., Geologi, J. T., Gadjah, U., & Yogyakarta, M. (2019). Keterdapatan dan Tipe Mineral Pada Batubara. *Ejournal.Akprind.Ac.Id*, *4*(1), 1–10. https://ejournal.akprind.ac.id/index.php/technoscientia/article/view/124

Rosyid, F. A., & Adachi, T. (2016). Forecasting on Indonesian Coal Production and Future Extraction Cost: A Tool for Formulating Policy on Coal Marketing. *Natural Resources*, *07*(12), 677–696. https://doi.org/10.4236/nr.2016.712054

Rustian, R., Rianto, D. J., Rahmawati, D., Kunci, K., Proksimat, :, Regresi, ;, & Batubara, K. (2021). *Analisis Perubahan Kualitas Batubara Di Front Penambangan Terhadap Kualitas Batubara Di Stockpile, Kabupaten Bungo, Provinsi Jambi*. *2*(September), 1–8. http://ojs.umb-bungo.ac.id/

Speight, J. G. (2015). *Handbook of Coal Analysis*. https://doi.org/https://doi.org/10.1002/9781119037699

Suri, T. M., Sair, A., & Yusuf, S. (2021). Sejarah Penambangan Batubara Bukit Asam di Tanjung Enim. *HISTORIA: Jurnal Program Studi Pendidikan Sejarah*, *9*(1), 87. https://doi.org/10.24127/hj.v9i1.2672

Talla, H., Amijaya, H., Harijoko, A., & Huda, M. (2014). Karakteristik Batubara Dan Pengaruhnya Terhadap Proses Pencairan. *Reaktor*, *14*(4), 267. https://doi.org/10.14710/reaktor.14.4.267-271

Triana Prihatin, Putra Putra, & Rizki Daffa Mulia. (2023). Perbandingan Metode Uji Analisa ASTM dan BS ISO Dalam Monitoring Pengiriman Batubara Ke PLTU Bukit Asam. *Jurnal Ilmiah Teknik Dan Sains*, *1*(2), 113–117. https://doi.org/10.62278/jits.v1i2.21

Yilmaz, S., Cuhadaroglu, D., & Toroglu, I. (2019). Correlation between Ash Content of Size & Density Fractionated Coal Samples and their Corresponding Calorific Values. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, *362*(1). https://doi.org/10.1088/1755-1315/362/1/012094

Yuwanto, S. H., Syah, A., & Bahar, H. (2024). Analisis Proksimat untuk Menentukan Jenis dan Kualitas Batubara Daerah Montalat, Barito, Kalimantan Tengah. *Prosiding Seminar Nasional Tekologi Industri Berkelanjutan IV*, *Senastitan Iv*, 1–8.