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.v5i3.5683

ANALISIS HUBUNGAN ANTARA KADAR SULFUR TOTAL DAN *GROSS CALORIFIC VALUE* MENGGUNAKAN METODE BS/ISO DI LABORATORIUM PENANGANAN DAN PENGANGKUTAN BATUBARA PT BUKIT ASAM TBK.

Analysis of the Relationship between Total Sulfur Content and Gross Calorific Value Using the BS/ISO Method in the Coal Handling and Transportation Laboratory of PT Bukit Asam Tbk

Salsabilla Yuswilia & Mawardi Mawardi
Universitas Negeri Padang
salsabillayuswilia@gmail.com; mawardianwar@fmipa.unp.ac.id

Article Info:

Submitted:	Revised:	Accepted:	Published:
Apr 9, 2025	Apr 23, 2025	May 5, 2025	May 10, 2025

Abstract

The quality of coal is significantly influenced by its sulfur content and calorific value, two key parameters in determining energy efficiency and environmental impact. This study aims to analyze the relationship between total sulfur content and gross calorific value (GCV) in coal samples collected from three different locations at PT Bukit Asam Tbk. Sulfur analysis was conducted using a LECO S632 instrument in accordance with the BS ISO 19579:2006 standard, while calorific value was measured using a Parr 6200 bomb calorimeter based on the BS ISO 1928:2020 standard. Analysis of nine samples showed that sulfur content ranged from 0.20% to 0.91%, while final GCV values ranged from 5.790 to 7.772 cal/g. Adjustments for sulfur and acid content resulted in an average decrease in calorific value of 10.3 cal/g. Regression

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

analysis revealed a moderately positive correlation between sulfur content and calorific value, with a coefficient of determination (R^2) of 0.4194. Although sulfur in the form of pyrite can contribute energy during combustion, its presence must still be controlled due to the harmful emissions it generates. These findings underscore the importance of sulfur regulation in maintaining energy efficiency and coal quality in line with industry standards.

Keywords: Coal, Total Sulfur, Gross Calorific value, BS ISO, PT Bukit Asam

Abstrak: Kualitas batu bara sangat dipengaruhi oleh kandungan sulfur dan nilai kalornya, dua parameter kunci dalam menentukan efisiensi energi dan dampak lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis hubungan antara kandungan sulfur total dan *Gross Calorific value* (GCV) dalam sampel batu bara yang dikumpulkan dari tiga lokasi berbeda di PT Bukit Asam Tbk. Analisis sulfur dilakukan dengan menggunakan instrumen LECO S632 sesuai dengan standar BS ISO 19579:2006, sedangkan nilai kalor diukur dengan menggunakan kalorimeter bom Parr 6200 berdasarkan standar BS ISO 1928:2020. Analisis sembilan sampel menunjukkan bahwa kandungan sulfur berkisar antara 0.20% hingga 0.91%, sedangkan nilai GCV akhir berkisar antara 5.790 hingga 7.772 cal/g. Penyesuaian kandungan sulfur dan asam menghasilkan penurunan nilai kalor rata-rata sebesar 10.3 cal/g. Analisis regresi menunjukkan korelasi positif sedang antara kandungan sulfur dan nilai kalor, dengan koefisien determinasi (R^2) sebesar 0.4194. Meskipun sulfur dalam bentuk pirit dapat memberikan energi selama pembakaran, keberadaannya tetap harus dikontrol karena emisi berbahaya yang dihasilkannya. Temuan ini menggarisbawahi pentingnya pengaturan sulfur dalam menjaga efisiensi energi dan kualitas batu bara sesuai dengan standar industri.

Kata Kunci: Batubara, Total Sulfur, Nilai Kalori Bruto, BS ISO, PT Bukit Asam

PENDAHULUAN

Indonesia memiliki sumber daya alam yang melimpah, salah satunya adalah batu bara yang hingga kini masih menjadi sumber utama energi nasional (Dutu, 2015). Sumatera Selatan tercatat sebagai provinsi dengan cadangan batu bara terbesar di Indonesia (Harahap et al., 2021). Salah satu perusahaan tambang batu bara terbesar yang beroperasi di wilayah ini adalah PT Bukit Asam Tbk yang berlokasi di Tanjung Enim. Perusahaan ini memproduksi berbagai jenis batu bara berdasarkan nilai kalornya (Bakri et al., 2022). Secara umum, semakin tinggi nilai kalor batu bara, maka semakin baik pula kualitas dan daya jualnya(Euis Kusniawati & Indah Pratiwi, 2023; Maris, 2019).

Batubara terbentuk dari sisa-sisa tumbuhan yang telah terendapkan dan mengalami proses geokimia selama jutaan tahun (Arbuzov et al., 2021). Sebagai bahan bakar fosil, batubara memegang peranan penting dalam industri energi, terutama dalam pembangkitan listrik dan berbagai sektor industri seperti produksi baja dan semen (Purnomo et al., 2023).

Akan tetapi, kualitas batubara dipengaruhi oleh beberapa faktor kimia, salah satunya adalah kandungan sulfur. Sulfur dalam batubara dapat meningkatkan emisi gas berbahaya seperti SO_2 selama proses pembakaran (Anggreini et al., 2021; Filonchyk & Peterson, 2023). Oleh karena itu, batubara dengan kandungan sulfur yang tinggi cenderung memiliki nilai jual yang rendah dan berisiko terhadap lingkungan.

Penilaian kualitas batubara dilakukan melalui analisis laboratorium, termasuk pengukuran kadar sulfur total dan *Gross Calorific value* (GCV). Untuk memastikan keakuratan dan konsistensi hasil, pengujian ini mengacu pada metode standar internasional. BS ISO 1928:2020 digunakan untuk analisis sulfur total dan pengukuran GCV. Standar ini menetapkan prosedur teknis terperinci mulai dari pengambilan dan persiapan sampel hingga tahap analisis, sehingga hasil yang diperoleh dapat digunakan sebagai acuan dalam pengambilan keputusan teknis dan komersial (Firdaus et al., 2011). Metode ini menjadi standar global dalam analisis nilai kalor batubara, dan digunakan luas di laboratorium energi dan pertambangan (Bakri et al., 2022; Nurmayanti et al., 2021).

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis hubungan kandungan sulfur total dengan nilai GCV batubara berdasarkan data laboratorium PT Bukit Asam Tbk. Selain memberikan pengalaman praktis di lingkungan industri, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi bagi perusahaan dalam memahami pengaruh kandungan sulfur terhadap efisiensi energi batubara dan mendukung pengelolaan mutu produk sesuai standar yang berlaku.tanding pengaruh kandungan sulfur terhadap efisiensi energi batubara dan mendukung manajemen kualitas produk sesuai standar yang berlaku.

METODE

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Penanganan dan Pengangkutan Batubara PT Bukit Asam Tbk, Tanjung Enim, Sumatera Selatan. Tujuan utama penelitian ini adalah menganalisis hubungan antara kadar sulfur total dengan *Gross Calorific value* (GCV) batubara menggunakan British Standard (BS)/ISO 1928:2020.

Bahan dan Lokasi Pengambilan Sampel

Sampel batubara diperoleh dari tiga sumber yang berbeda, yaitu *stockpile* (STP), gerbong Tarahan (TRH), dan gerbong Kertapati (KPT) di area penambangan PT Bukit Asam Tbk. Pengambilan sampel dilakukan sesuai dengan prosedur operasi standar yang berlaku di

laboratorium untuk memastikan keterwakilan dan homogenitas sampel yang digunakan dalam analisis.

Persiapan Sampel Batubara

Persiapan sampel mengacu pada Standar BS 1928:2020. Langkah-langkah persiapan meliputi:

1. Penghancuran Awal: Sampel diperkecil hingga ukuran maksimum 13 mm menggunakan *jaw crusher*.
2. Homogenisasi dan Subpengambilan sampel: Sampel yang telah dihancurkan disebarkan pada pelat besi berukuran 2 m × 2.5 m, kemudian dibagi menjadi 20 kotak (*flattened heap method*). Dua sekop batu bara diambil dari setiap kotak untuk digunakan sebagai sampel campuran.

3 Distribusi Sampel: Sampel dibagi untuk dua analisis utama: 2 kg untuk analisis total kadar air (total *moisture*) dan 2.5 kg untuk *general analysis*.

4 Pengurangan Ukuran: Sampel untuk analisis umum digiling hingga ukuran 2.8 mm menggunakan penggiling palu, kemudian dibagi menjadi dua bagian menggunakan kotak *riffle*. Satu bagian dihaluskan kembali menggunakan *cross beater mill* hingga ukuran 0.212 mm.

Analisis Sulfur Total

Analisis sulfur total dilakukan menggunakan instrumen LECO S632 *Sulfur Analyzer* dan mengikuti metode BS ISO 1928:2020.

1 Persiapan Peralatan: Periksa kondisi peralatan, tekanan gas oksigen (15–17 psi), serta reagen dan filter partikel. Pastikan suhu tungku mencapai 1350°C dan sistem siap untuk analisis.

2 Kalibrasi dan Blank: Lakukan kalibrasi dengan tiga standar sulfur dan pengujian blanko minimal tiga kali ulangan menggunakan wadah crucible kosong.

3. Analisis Sampel: Sebanyak 0.1500 g sampel dimasukkan ke dalam *crucible boat*, diratakan, dan dianalisis setelah perintah "*Ready to analyze*". Data hasil ditampilkan secara digital di layar komputer dengan pemberitahuan "*Low Sulfur*" sebagai indikator hasil akhir.

Analisis *Gross Calorific value* (GCV Final)

Nilai *Gross Calorific value* (GCV Final) diukur menggunakan *bomb calorimeter* sesuai metode BS ISO 1928:2020. Tahapan analisis meliputi:

1 Persiapan dan Kalibrasi Instrumen: Instrumen dikalibrasi setelah proses pemanasan selama 20 menit. Regulator gas oksigen diatur pada 450 psi dan nitrogen pada 80 psi. Volume air pendingin dalam tangki pembilas harus berada dalam batas yang ditentukan.

2. Analisis Sampel:

- Sampel seberat 1 gram dimasukkan ke dalam *crucible* yang berisi sampel diletakkan pada *crucible holder* lalu dipasang benang 10 cm pada kawat *ignition*.
- Koreksi standar untuk ulir adalah 43.4976 cal/g, dan koreksi asam adalah 16.2602 cal/g.
- Selanjutnya masukkan *bomb head* ke dalam *bomb vessel* lalu diputar ke kanan atau searah jarum jam untuk mengunci dan proses analisis dilakukan secara otomatis oleh perangkat.
- Instrumen mencatat dua tahap penting: periode pra-pembakaran (4–5 menit sebelum pembakaran) dan periode pasca-pembakaran (kenaikan suhu setelah pembakaran).
- Hasil analisis dicetak langsung oleh printer internal perangkat.

HASIL

Sebanyak 9 sampel batubara dari tiga lokasi berbeda, yaitu: *stockpile* (STP), gerbong Tarahan (TRH), dan gerbong Kertapati (KPT) telah dianalisis untuk mengetahui kandungan sulfur total (TS) dan nilai kalor bruto akhir (*Gross Calorific Value*/GCV Final). Seperti yang disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil total sulfur (%) GCV final (cal/g)

Sample ID	TS (%)	GCV Final (cal/g)
KPT.2860	0.28	6683
KPT.2861	0.20	5932
KPT.2862	0.28	5790
TRH.4725	0.25	5837
TRH.4726	0.33	5663
TRH.4727	0.37	5844

STP.1-3653	0.74	7772
STP.1-3654	0.91	7564
STP.1-3655	0.72	7679

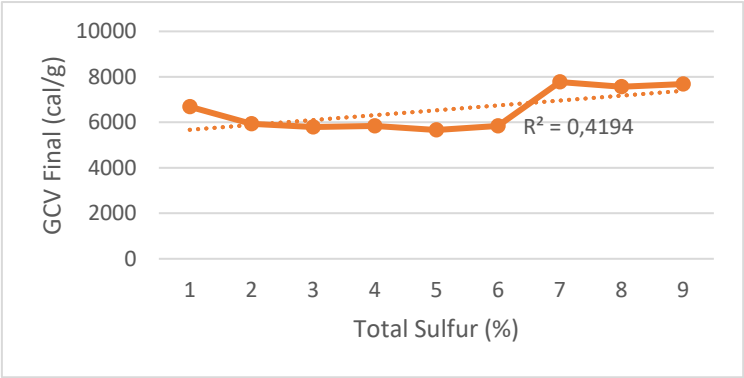
Tabel 1 menunjukkan bahwa kandungan sulfur total berkisar antara 0.20% hingga 0.91%, dengan nilai terendah pada sampel KPT.2861 dan tertinggi pada STP.1-3654. Nilai GCV final masing-masing sampel juga bervariasi antara 5.790 cal/g hingga 7.772 cal/g dengan sampel STP.1-3653 mencatatkan nilai kalor tertinggi. Secara umum, sampel dari lokasi *stockpile* (STP) memiliki nilai kalor yang lebih tinggi meskipun kandungan sulfurnya juga cenderung lebih tinggi. Sebaliknya, sampel dari gerbong Kertapati (KPT) dan Tarahan (TRH) memiliki nilai sulfur lebih rendah namun dengan GCV yang juga lebih rendah.

Tabel 2. Penurunan Nilai Kalori

No	Sample ID	GCV *Preelimanary* (cal/g)	GCV Final (cal/g)	Penurunan nilai kalori (cal/g)
1	KPT.2860	6689.395	6683	6.395
2	KPT.2861	5936.3	5932	4.3
3	KPT.2862	5796.58	5790	6.58
4	TRH.4725	5842.405	5837	5.405
5	TRH.4726	5670.44	5663	7.44
6	TRH.4727	585284	5844	8.84
7	STP.1-3653	7788.7	7772	16.7
8	STP.1-3654	7584.465	7564	20.465
9	STP.1-3655	7695.52	7679	16.52
MEAN		6.557.9	6253.809	10.3

Tabel 2 merangkum data penurunan nilai kalor dari masing-masing sampel setelah dilakukan koreksi sulfur dan asam. Rata-rata penurunan nilai kalor adalah 10.3 cal/g dengan rentang penurunan antara 4.3 cal/g (sampel KPT.2861) hingga 20.465 cal/g (sampel STP.1-3654).

Penurunan ini mencerminkan dampak langsung koreksi sulfur dan unsur non-kombustibel lainnya terhadap nilai energi bersih batubara. Koreksi diperlukan agar nilai GCV lebih mencerminkan kualitas energi aktual yang tersedia saat pembakaran.



Gambar 1. Grafik Regresi Antara Nilai *Gross Calorific Value* (GCV final) dan Total Sulfur

Gambar 1 menampilkan grafik regresi antara total sulfur dan nilai *Gross Calorific Value* (GCV final). Nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0.4194 menunjukkan adanya hubungan yang cukup kuat secara statistik antara kandungan sulfur dan GCV final. Secara umum, tren grafik menunjukkan semakin tinggi kandungan sulfur semakin tinggi pula GCV final meskipun hubungan ini tidak linier sempurna, kemungkinan dipengaruhi oleh keberadaan pirit (FeS_2) atau unsur lainnya dalam sampel.

PEMBAHASAN

Analisis Total Sulfur Batubara

Pengujian dilakukan dengan menggunakan instrumen LECO S632 *Sulfur Analyzer* yang mengacu pada *British Standard* (BS) 1928:2020. Instrumen ini bekerja berdasarkan prinsip penyerapan energi inframerah oleh gas sulfur dioksida (SO_2) yang terbentuk pada saat pembakaran sampel dalam atmosfer oksigen.

Hasil analisis menunjukkan bahwa kadar sulfur total dalam sembilan sampel batubara berkisar antara 0.20% hingga 0.91%. Nilai tertinggi terdapat pada sampel STP.1-3654 sebesar 0.91%, sedangkan nilai terendah terdapat pada sampel KPT.2861 sebesar 0.20%. Secara umum, kadar sulfur di bawah 1% masih dapat dikategorikan sebagai batubara dengan kadar sulfur rendah sesuai dengan ketentuan Peraturan Menteri ESDM No. 15 Tahun 2010. Hasil ini sejalan dengan temuan (Anggreini et al., 2021) yang melaporkan bahwa batubara dengan kadar sulfur <1% masih dapat diterima untuk pembangkit listrik yang mengatur tentang batas maksimal kadar sulfur untuk batubara pembangkit listrik (Menteri, 2009).

Sampel batubara dari lokasi *stockpile* (STP) menunjukkan kadar sulfur yang relatif lebih tinggi dibandingkan dengan sampel yang diambil dari gerbong Kertapati dan Tarahan. Fenomena ini dapat dijelaskan melalui beberapa faktor yang saling berkaitan. Pertama, penyimpanan terbuka di lokasi *stockpile* meningkatkan potensi kontaminasi dari lingkungan sekitar, termasuk debu, tanah, dan material lain yang mengandung unsur sulfur. Kedua, selama penyimpanan, batubara mengalami kontak yang lebih lama dengan oksigen dan kelembapan, sehingga memicu proses oksidasi mineral pirit (FeS_2) menjadi mineral sekunder sulfat seperti melanterit dan copiapit, yang meningkatkan kandungan sulfur total dalam batubara (Annisa, 2016; Saputro et al., 2025).

Analysis *Gross Calorific Value* (GCV final)

Nilai GCV final menggambarkan energi kalor yang dilepaskan selama pembakaran sempurna. Berdasarkan data (Tabel 1), nilai GCV Final berkisar antara 5790 cal/g sampai dengan 7772 cal/g, dimana nilai tertinggi terdapat pada STP.1-3653 dan nilai terendah pada KPT.2862. Hal ini menunjukkan bahwa batubara dari lokasi *stockpile* (STP) cenderung memiliki nilai kalor yang lebih tinggi dibandingkan dengan batubara dari gerbong Kertapati dan Tarahan. Hal ini yang dapat dikaitkan dengan kandungan bahan organik yang lebih tinggi atau komposisi mineral yang lebih sedikit pada lokasi *stockpile* (STP)(Istomo & Tristiasti, 2019). Komposisi organik yang lebih dominan memungkinkan pembakaran yang lebih efisien dan pelepasan energi yang lebih besar. Namun, nilai kalor ini mengalami penurunan rata-rata sebesar 10.3 kal/g setelah koreksi sulfur dan asam dilakukan. Koreksi ini penting karena unsur sulfur, khususnya dalam bentuk pirit (FeS_2), tidak berkontribusi langsung terhadap energi pembakaran bersih. Sebaliknya, saat teroksidasi, sulfur menghasilkan gas SO_2 yang bersifat asam dan merugikan baik dari sisi efisiensi energi maupun dampak lingkungan (Filonchyk & Peterson, 2023; Oktarini & Hamdani, 2021). Oleh karena itu, koreksi sulfur menjadi langkah esensial untuk memperoleh estimasi nilai energi bersih yang lebih realistis dan bertanggung jawab secara ekologis.

Hubungan Antara Total Sulfur dan Nilai *Gross Calorific Value* (GCV final)

Analisis regresi menunjukkan adanya hubungan positif sedang antara total sulfur dan nilai *Gross Calorific Value* (GCV final) final, didapatkan nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar

0.4194. Hubungan ini berbeda dari pandangan umum yang menyatakan bahwa semakin tinggi kandungan sulfur, maka nilai kalor cenderung menurun. Namun, hubungan positif ini dapat dijelaskan dengan mempertimbangkan bahwa sulfur dalam bentuk pirit (FeS_2) dapat ikut terbakar selama proses pembakaran dan memberikan kontribusi energi meskipun dalam jumlah kecil (Agung et al., 2019; Yuliana et al., 2022).

Kondisi ini menunjukkan bahwa dalam beberapa kasus keberadaan sulfur berkorelasi dengan nilai kalor yang tinggi, terutama pada batubara berperingkat rendah hingga menengah. Meski demikian, kandungan sulfur tetap dianggap sebagai penanda kualitas batubara yang lebih rendah karena kontribusinya terhadap emisi gas SO_2 yang bersifat asam dan merugikan lingkungan (Filonchyk & Peterson, 2023). Oleh karena itu, koreksi terhadap sulfur tetap diperlukan untuk memperoleh estimasi nilai kalor bersih yang akurat dan ramah lingkungan.

KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan adanya hubungan positif sedang antara kadar sulfur total dengan *Gross Calorific Value* (GCV final) batubara berdasarkan hasil analisis sembilan sampel PT Bukit Asam Tbk., dengan nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0.4194. Kadar sulfur tersebut berkisar antara 0.20% hingga 0.91%, sedangkan nilai GCV final berada pada kisaran 5790–7772 cal/g. Koreksi sulfur dan asam menyebabkan penurunan nilai kalor rata-rata sebesar 10.3 cal/g yang mengindikasikan adanya kontribusi unsur-unsur yang tidak mudah terbakar terhadap penurunan efisiensi energi. Meskipun sulfur, terutama dalam bentuk pirit (FeS_2) dapat menyumbangkan energi selama pembakaran, namun keberadaannya tetap mempengaruhi kualitas dan efisiensi batubara. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi dasar bagi perusahaan dalam mengelola kualitas batubara sesuai standar dan meningkatkan pemahaman terhadap karakteristik energi batubara di lingkungan industri.

DAFTAR PUSTAKA

Agung, N. M., Nugroho, W., & Hasan, H. (2019). Hubungan Kandungan Total Sulphur Terhadap Gross Calorific Value Pada Batubara PT. Carsurin Samarinda. *Jurnal Teknologi Mineral FT UNMUL*, *7*(1), 1–8.

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.

https://doi.org/10.36761/jt.v5i3.1316

Annisa. (2016). Pengaruh Mineral Sekunder Sulfat Hasil Oksidasi Pirit Terhadap Nilai Total Sulfur Pada Batubara Formasi Haloq dan Serpih Karbonan. *Promine Journal*, *4*(2), 31–37.

Arbuzov, S. I., Chekryzhov, I. Y., Spears, D. A., Ilenok, S. S., Soktoev, B. R., & Popov, N. Y. (2021). Geology, geochemistry, mineralogy and genesis of the Spetsugli high-germanium coal deposit in the Pavlovsk coalfield, Russian Far East. *Ore Geology Reviews*, *139*(PB), 104537. https://doi.org/10.1016/j.oregeorev.2021.104537

Bakri, S., Jefri, J., & Widodo, S. (2022). Coal Quality Analysis Based on Proximate and Ultimate Test Results in Massenreng Pulu Village, Lamuru District, Bone Regency. *Journal of Geology and Exploration*, *1*(2), 36–40. https://doi.org/10.58227/jge.v1i2.7

Dutu, R. (2015). *Making the most of natural resources in Indonesia*. *1236*, 97–134. https://doi.org/10.1787/eco_surveys-idn-2015-6-en

Euis Kusniawati, Indah Pratiwi, S. N. Y. (2023). *Analisa Pengaruh Nilai Total Moisture Terhadap Gross Calorivic Value Pada Batubara Jenis X diPT Bukit Asam Tbk Unit Pelabuhan Tarahan*. *08*(8), 3211–3222.

Filonchyk, M., & Peterson, M. P. (2023). An integrated analysis of air pollution from US coal-fired power plants. *Geoscience Frontiers*, *14*(2), 101498. https://doi.org/10.1016/j.gsf.2022.101498

Firdaus, D., Zamani, F., & Eddy, H. R. (2011). *Pembuatan Bahan Acuan Baku untuk Analisis Sampel Batubara*. *6*, 88–99.

Harahap, W., Ginting, P., Distincta, H., Rushdi, M., & Burmansyah, E. (2021). *Batu Bara Kualitas Rendah Berpotensi Menghambat Pembangunan Rendah Karbon Sumatera Selatan*.

Istomo, F. P., & Tristiasti, A. (2019). Penetapan Nilai Kalori Dalam Batubara Dengan Kalorimeter Parr 6200. *Jurnal Sains Natural*, *7*(2), 83. https://doi.org/10.31938/jsn.v7i2.257

Maris, G. Y. (2019). Hubungan Kadar Inherent Mosture (IM) Terhadap Nilai Kalori Batubara. *ALKIMIA : Jurnal Ilmu Kimia Dan Terapan*, *3*(1), 26–28. https://doi.org/10.19109/alkimia.v3i1.3140

Menteri, P. (2009). *Menteri Energi Dan Sumber Daya Mineral Indonesia*. 2009–2010.

Nurmayanti, Djayus, Suprianto, & Natalisanto, A. I. (2021). Pengaruh Inherent Moisture Terhadap Nilai Kandungan Kalori Pada Batubara Kaltim (Studi Kasus Data Im Dan Data Kalori Tahun 2019 Di PT. Geoservices Samarinda). *Geosains Kutai Basin*, *4*(2).

Purnomo, R. H., Syaiful, A. Z., & Gazali, A. (2023). Pengaruh Garam Kasar Terhadap Pengurangan Kadar Sulfur Pada Batubara Sub-Bituminus. *Jurnal Saintis*, *1*(1), 41–48.

Saputro, A. N., Kusdarini, E., & Galih, D. (2025). *Perubahan Kualitas Batubara di Stockpile dan Pengaruhnya Terhadap Harga Patokan Batubara*. *Senastitan V*.

Yuliana, Y., Djayus, D., Munir, R., & Supriyanto, S. (2022). Analisis Hubungan Nilai Hgi (Hardgrove Grindability Index) Ash Content Inherent Moisture Dan Total Sulfur Terhadap Nilai Kalori Batubara Di Pt. Geoservices Samarinda Kalimantan Timur. *Geosains Kutai Basin*, *5*(1). https://doi.org/10.30872/geofisunmul.v5i1.789