

ANALISIS PROKSIMATE INHERENT MOISTURE, ASH DAN VOLATILE MATTER TERHADAP KALORI PADA BATUBARA

Devi Permata Putri¹, Rohmatullaili²

Universitas Islam Negeri Raden Fatah Palembang, Indonesia ^{1,2}

devi.p1753@gmail.com¹

rohmatullaili_uin@radenfatah.ac.id²

Keywords	Abstract
Proximate Analysis; Inherent Moisture; Ash; Volatile Matter.	<i>Coal is one of the fossil energy sources that still plays an important role in supporting industrial activities and economic growth. Coal quality is a crucial factor because it directly affects combustion efficiency, economic value, and environmental impact. One of the main parameters in determining coal quality is its calorific value, which is influenced by the physical and chemical characteristics of coal, particularly the proximate analysis parameters, which include inherent moisture, ash, and volatile matter. This study aims to analyze the relationship between proximate parameters and the calorific value of coal based on laboratory test results at PT. Bukit Asam Tbk, Kertapati Pier Unit, Palembang. The method used in this study was quantitative analysis using data from proximate testing and calorific value testing of several coal samples that had undergone sampling and preparation in accordance with BS ISO standards. The parameters analyzed included inherent moisture, ash content, and volatile matter, which were then compared with the calorific values produced. The results showed that inherent moisture and ash had an inverse relationship with coal calorific value, where an increase in inherent moisture and ash content caused a decrease in calorific value. Conversely, volatile matter showed a direct relationship with calorific value, where an increase in volatile matter tended to increase the calorific value of coal. These findings indicate that proximate analysis plays an important role in controlling coal quality and serves as the basis for determining the quality and utilization of coal according to consumer needs. Thus, accurate proximate testing is necessary to maintain coal quality before it is distributed to end users.</i>
Kata Kunci	Abstrak
Batubara; Analisis Proksimat; Inherent Moisture; Ash; Volatile Matter.	Batubara merupakan salah satu sumber energi fosil yang masih memiliki peranan penting dalam mendukung aktivitas industri dan pertumbuhan ekonomi. Kualitas batubara menjadi faktor krusial karena berpengaruh langsung terhadap efisiensi pembakaran, nilai ekonomi, serta dampak lingkungan. Salah satu parameter utama dalam menentukan kualitas batubara adalah nilai kalori, yang dipengaruhi oleh karakteristik fisika dan kimia batubara, khususnya parameter analisis proksimat yang meliputi inherent moisture, ash, dan volatile matter. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis hubungan antara parameter proksimat terhadap nilai kalori batubara berdasarkan hasil pengujian laboratorium di PT. Bukit Asam Tbk Unit Dermaga Kertapati Palembang. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah analisis kuantitatif dengan memanfaatkan data hasil pengujian proksimat dan nilai kalori terhadap beberapa sampel batubara yang telah melalui proses sampling dan preparasi sesuai standar BS ISO. Parameter yang dianalisis meliputi inherent moisture, kadar abu, dan volatile matter, kemudian dibandingkan dengan nilai kalori yang dihasilkan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa inherent moisture dan ash memiliki hubungan berbanding terbalik terhadap nilai kalori batubara, di mana peningkatan kandungan air bawaan dan kadar abu menyebabkan penurunan nilai kalori. Sebaliknya, volatile matter menunjukkan hubungan berbanding lurus terhadap nilai kalori, di mana peningkatan kadar zat terbang cenderung meningkatkan nilai kalori batubara. Temuan ini menunjukkan bahwa analisis proksimat berperan penting dalam pengendalian mutu batubara serta menjadi dasar dalam penentuan kualitas dan pemanfaatan batubara sesuai kebutuhan konsumen. Dengan demikian, pengujian proksimat yang akurat sangat diperlukan untuk menjaga kualitas batubara sebelum didistribusikan ke pengguna akhir.



PENDAHULUAN

Batubara adalah bahan bakar hidrokarbon padat yang berasal dari proses pembusukan tumbuhan dalam lingkungan bebas oksigen melalui pengaruh tekanan, suhu dan waktu (Huseini et al., 2018). Batubara digunakan sebagai bahan bakar di industri. Batubara menjadi sumber energi yang berperan penting dalam meningkatkan laju pembangunan dan pertumbuhan ekonomi. Meningkatnya harga batubara di pasar domestik dan mancanegara menjadi penyebab berbagai pihak mengeksploitasi dan memanfaatkan batubara yang terdapat di Indonesia. Perusahaan kini terus berupaya agar batubara yang sampai ke tangan konsumen adalah bahan bakar yang berkualitas tinggi (Sari & Octova, 2021).

PT. Bukit Asam Dermaga Kertapati adalah salah satu perusahaan yang melakukan pengujian batubara. Sistem pengujian batubara yang dikirimkan oleh PT. Bukit Asam Tanjung Enim kepada kami bertujuan untuk memeriksa kualitas batubara agar tetap baik hingga ke Tarahan. Ada tiga cara untuk mengukur batubara: kadar air total, kadar abu, bahan volatil, dan sulfur total. Jenis-jenis batubara didasarkan pada jumlah kalori yang dimilikinya. Semakin tinggi kandungan kalori batubara, semakin baik kualitasnya (Rianto, 2022).

Kualitas batubara menjadi hal yang perlu diperhatikan PT. Bukit Asam Dermaga Kertapati sehingga kualitas batubara sesuai dengan permintaan konsumen. Kualitas batubara dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain: kondisi geologi, kegiatan pembongkaran, kandungan karbon, kandungan air, kandungan abu, kandungan sulfur dan kandungan nitrogen. Menurut Asosiasi Pertambangan Batubara Indonesia (APBI), Batubara yang berkualitas tinggi memiliki karakteristik yakni: nilai kalori yang tinggi (>5000 kal/g), kandungan air rendah ($<10\%$), kandungan abu rendah ($<10\%$) dan kandungan sulfur rendah ($<1\%$). Oleh Karena itu penting untuk menjaga dengan melakukan pengujian batubara sekaligus mengontrol kualitas batubara. Pengujian batubara yang terdiri dari uji kalori, uji *proximate* dan uji kadar sulfur sangat menentukan kualitas batubara (Brillianti et al., 2025).

Kualitas batubara adalah sifat fisik dan kimia dari batubara yang mempengaruhi seberapa bergunanya. Kualitas batubara ditentukan oleh mineral-mineral yang menyusunnya, serta tingkat pembatubaraan (rank). Kualitas batubara diperlukan untuk menentukan apakah batubara tersebut menguntungkan untuk ditambang (selain dilihat dari besarnya cadangan batubara di daerah penelitian (Zahar, 2021).

Analisis *proximate* batubara merupakan salah satu metode yang penting dalam menentukan kualitas batubara. Analisis ini dapat membantu mengidentifikasi kandungan air, abu, *volatile matter* dalam batubara (Malaidji et al., 2018). Mengetahui komposisi batubara membuat konsumen dapat mengoptimalkan kegunaan batubara dengan efisien dalam berbagai aplikasi, seperti pembangkit listrik, industri semen, dan lain-lain serta mengurangi dampak lingkungan (ESDM, 2020). Analisis *proximate* batubara juga penting dilakukan untuk menentukan harga batubara yang adil. Kualitas batubara dapat mempengaruhi harga jualnya, sehingga analisis *proximate* dapat membantu menentukan harga yang sesuai dengan kualitas batubara (Fajarwati et al., 2023). Analisis *proximate* dapat mengidentifikasi kandungan air atau *inherent moisture*, abu atau ash, dan zat terbang atau *volatile matter* pada batubara.

Pengujian *Inherent moisture* pada batubara merupakan langkah penting dalam menentukan kualitas dan karakteristik batubara. Kandungan air yang terkandung dalam batubara dapat mempengaruhi nilai kalori dan efisiensi pembakaran batubara (Febriani et al., 2024). Menurut Badan Geologi Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM), kandungan air yang tinggi dalam batubara dapat menurunkan nilai kalori dan meningkatkan biaya transportasi. Kandungan air yang tinggi juga dapat mempengaruhi stabilitas pembakaran dan meningkatkan risiko ledakan.

Pengujian *Ash* pada batubara penting dalam menentukan kualitas dan efisiensi pembakaran batubara. Menurut Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Mineral dan Batubara (tekMIRA), kandungan abu yang tinggi dapat menyebabkan masalah pada peralatan pembakaran, seperti korosi dan penyumbatan, serta meningkatkan biaya perawatan dan pemeliharaan. Dengan Pengujian *ash*

konsumen batubara dapat memahami kandungan abu yang terkandung dalam batubara, sehingga dapat mengoptimalkan penggunaannya dan mengurangi dampak lingkungan.

Pengujian *volatile matter* pada batubara penting dalam menentukan kualitas dan karakteristik batubara. Menurut Badan Geologi Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM), kandungan *volatile matter* yang tinggi dapat mempengaruhi stabilitas pembakaran dan meningkatkan risiko ledakan, serta dapat mempengaruhi kualitas produk yang dihasilkan. Kandungan *volatile matter* yang tinggi juga dapat mempengaruhi lingkungan, karena dapat meningkatkan emisi gas-gas berbahaya seperti NO_x dan SO_x.

Berdasarkan uraian tersebut, mahasiswa telah melakukan pengujian di PT. Bukit Asam Unit Dermaga Kertapati dengan melakukan prosedur pengujian *proximate*. Pengujian *proximate* yang terdiri dari IM, Ash dan VM untuk memastikan batubara dari PT. Bukit Asam terjamin kualitasnya. pengujian kalori juga dilakukan untuk dianalisa dengan hasil pengujian *proximate*.

METODE PENELITIAN

Dalam penelitian ini, digunakan metode analisis kuantitatif. Hal ini dikarenakan penulis menggunakan instrument dan alat pengumpul data yang menghasilkan data *numerical* (angka), khususnya data berupa angka kadar yang terkandung dalam batubara. Alat yang digunakan dalam pengujian kualitas batubara adalah satu perangkat kalorimeter untuk pengujian kalori, *Minimum Free Space Oven* untuk pengujian *Inherent Moisture*, *Carbolite Furnace* Ash untuk pengujian Ash, *Oven Volatile Matter* untuk pengujian VM, timbangan dan *crucible*/cawan. Bahan yang digunakan dalam pengujian kualitas batubara yakni batubara yang telah melewati tahap sampling dan preparasi yang dinamakan sebagai sampel general analysis.

Batubara yang akan di analisis kualitasnya di PT. Bukit Asam Dermaga Kertapati melewati beberapa tahap, batubara yang baru datang dengan kereta api maupun batubara yang ada di stok PT. Bukit Asam melalui tahap sampling, tahap preparasi dan tahap analisis kandungan di laboratorium. Analisis Laboratorium menggunakan dua pengujian, yakni *Quick Tes* dan Normal Tes. *Quick tes* adalah pengujian batubara yang hanya menguji kalorinya saja untuk membandingkan dengan hasil pengujian normal tes, sedangkan normal tes adalah pengujian kalori, sulfur dan *proximate*. Uji *Proximate* yang dilakukan pada Normal tes terdiri dari IM (*inherent moisture*), Ash (kadar abu) dan VM (*volatile matter*). Berikut Ini merupakan tahapan pengujian *proximate* dan kalori pada batubara. Dimulai dari bagian preparasi adalah sebagai berikut :

A. Kalori

Penentuan Nilai Kalori Kalorimeter dengan tekanan gas, regulator, volume air pendingin dan aliran listrik dengan kondisi yang baik. Untuk menghidupkan alat, tekan tombol hitam di bagian belakang alat. Untuk membuka aliran gas oksigen, putar tuas hitam ke kiri. Stabilkan alat dan tunggu 20 menit. Timbang sampel hingga sekitar 1.0000 gram dan letakkan di dalam *crucible*. *Crucible* diletakkan di pemegang elektroda, dan kabel pengapian diatur sedemikian rupa sehingga menyentuh sampel.

Untuk menggabungkan ruang pembakaran dan tutup bom, putar tutup bom ke kanan hingga kencang. Isi wadah dengan gas oksigen hingga tekanan mencapai 30 atm (tekan tombol FILL). Letakkan wadah di dalam ember bom dan isi dengan 2 liter aquadest dari tangki pipet. Masukkan elektroda ke dalam mur terminal dan pastikan keduanya terhubung ke mur terminal. Kami memilih bom ID dan memasukkan berat sampel. Hingga analisis selesai dan hasilnya dicatat. Jaket bom dilepas dari ember bom yang menahan wadah. Gas CO₂ dibuang dengan memutar knop yang ada di tutup bom. Water is used to clean the inside of the bomb. Semua kawat yang tidak terbakar dari elektroda dibersihkan dan cuci kepala bomb dengan air. We titrated the washing water. Hasil data kalori dicatat.

B. Proximate

Sampel batubara yang telah melewati proses sampling dan preparasi, ditimbang dalam cawan khusus untuk melewati proses pembakaran berfungsi mengukur *nilai inherent moisture* (IM), kadar abu (Ash) dan zat terbang (VM). Sampel masing-masing ditimbang sebanyak 1 gram ($\pm 0,0001$ g). Berikut adalah tahapan proses IM, Ash dan VM.

1. IM (*Inherent Moisture*)

Inherent moisture sangat penting diukur karena termasuk kandungan air bawaan yang ada pada batubara saat proses pembentukannya. Periksa kondisi fisik alat *Minimum Free Space Oven* dan dihidupkan. Suhu yang digunakan ASTM : 104-110°C atau ISO : 105-110°C. Disiapkan sampel general analysis sesuai standar ASTM ISO. Untuk metode ASTM, sebelum melakukan pengujian, panaskan crucible kosong beserta tutup ke dalam oven pada suhu 104-110°C selama 60 menit, setelah itu dinginkan ke dalam desikator selama 15-30 menit.

Sampel yang sudah ditimbang *crusible* beserta tutup dan catat sebagai (a). Dimasukkan sebanyak 1 gr (ASTM : 0,1 mg mg atau ISO : 0,1 gr) sampel ke dalam crucible, timbang beserta tutupnya, kemudian dicatat sebagai (b). Dimasukkan crusble yang berisi sampel beserta tutup dalam kondisi terbuka ke dalam oven pada suhu ASTM 104-110 C selama 60 menit yang dialiri oleh udara kering atau ISO 105-110°C yang dialiri gas nitrogen dengan kecepatan 450 ml/menit minimal 60 menit. Dikeluarkan contoh dari oven pengering setelah proses pemanasan. Didinginkan dalam desikator hingga mencapai suhu ambien. Ditimbang crucible tutup setelah pemanasan dan catat sebagai (c). Dihitung persentase *inherent moisture* dengan rumus *Inherent Moisture* :

$$IM = (b - c)/(b - a) \times 100\%$$

Dimana :

IM : *Inherent Moisture*

a : massa *crusible* + tutup (gram)

b : massa *crusible* + tutup + sampel sebelum dipanaskan (gram)

c : massa *crusible* + tutup + sampel setelah dipanaskan (gram).

Selanjutnya direkam hasil analisis kadar IM dengan memperhatikan batas toleransi. Dicatat dan evaluasi data hasil pengujian.

2. Ash (Abu)

Ash (Abu) merupakan kotoran yang terkandung pada batubara yang tidak akan terbakar. Diperiksa kondisi fisik alat *Carbolite Furnace Ash*. Dibersihkan bagian luar dalam alat dan pastikan alat dalam keadaan baik. Disiapkan sampel general analysis sesuai standar ASTM/BS ISO. Dihidupkan alat ash furnace suhu ASTM: 500°C ± 10°C atau BS ISO : 500°C. Untuk metode BS ISO, panaskan crucible terlebih dahulu pada suhu 815°C ± 10°C selama 15 menit dan dinginkan selama 10 menit di atas lempeng besi, kemudian masukan ke dalam desikator untuk didinginkan lebih lanjut selama 15-30 menit.

Sampel yang telah ditimbang dengan berat crusibel kosong dan tutup catat sebagai (a). Yang telah ditimbang 1 gram (±0,0001g) sampel batubara ke dalam crusibel dan tutup. Dicatat sebagai (b). Dimasukkan ke dalam oven pengering tanpa tutup dan panaskan pada suhu yang ditentukan ASTM : 500°C ± 10 °C selama 60 menit, lalu naikan pada suhu final 750°C ± 10°C selama 60 menit atau BS/ISO, suhu 500 °C selama 60 menit, lalu naikan pada suhu 815°C ± 10°C (dan biarkan selama 60 menit). Dikeluarkan sampel dari oven pengering setelah proses pemanasan. Diletakkan sampel di atas kempeng besi untuk didinginkan selama 10 menit. Dimasukan ke dalam desikator atau container tanpa desikan dan dinginkan (selama 15-30 menit). Ditimbang sampel residu, crusibel dan tutup. Catat sebagai (c). Dihitung persentase kandungan ash dengan rumus:

$$\% \text{ Ash} = (c - a)/(b - a) \times 100\%$$

Dimana :

a : berat *crusibel* kosong + tutup (gram)

b : berat *crusibel* + tutup + sampel (gram)

c : berat *crusibel* + tutup + residu (gram)

Selanjutnya direkam hasil analisis kadar abu, dengan memperhatikan batas toleransi yangizinkan. dicatat dan evaluasi data hasil pengujian.

3. VM (Volatile Matter)

Volatile Matter adalah bahan yang terkandung pada batubara yang mudah menguap. Sampel VM general analysis yang telah ditimbang sebanyak 1 ± 0.0001 gram diatas cawan. Diperiksa dan dibersihkan kondisi fisik *Oven Volatile Matter*. Dihidupkan alat pada suhu ASTM : 950 ± 20°C atau BS ISO : 900 ± 5°C. Untuk metode BS ISO, panaskan *crucible* dan tutup terlebih dahulu pada suhu 900 ± 5°C selama 7 menit ± 5 detik dan dinginkan di atas lempeng besi hingga tercapai suhu ruang.

Ditimbang dengan berat *crusible* kosong dan tutup catat sebagai (a). Sampel yang telah ditimbang 1 ± 0.0001 gram ke dalam crusibel dan tutup, catat sebagai (b). Diletakkan crucible berisi sampel tersebut dengan bantuan kaitan kawat. Dipanaskan sampel di dalam furnace (ASTM 950 ±

20°C selama 7 menit dan untuk BS ISO : 900 ± 5°C selama 7 menit ± 5 detik). Dikeluarkan sampel dari oven pengering setelah proses pemanasan. Dikeringkan sampel dengan meletakkan sampel di atas logam sampai tercapai suhu ruang. Ditimbang cawan dan catat sebagai (c). Dihitung persentase kadar *volatile matter* dengan rumus :

$$VM = (b - c) / (b - a) \times 100 \% - IM$$

Dimana :

VM = *Volatile Matter* (%)

a = Massa *crusible* + tutup (gram)

b = Massa *crusible* + tutup + sampel sebelum dipanaskan (gram)

c = Massa *crusible* + tutup + sampel setelah dipanaskan (gram).

Direkam hasil analisis kadar *volatile matter*, dengan memperhatikan batas toleransi dan dicatat hasilnya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Metode pengujian kualitas batubara yang dilakukan di PT. Bukit Asam Dermaga Kertapati adalah dengan analisis *proksimate*. PT. Bukit Asam Dermaga Kertapati menggunakan *Standart British Standard International Organization for Standardization* (BS ISO) 14001:2015, standar tersebut menetapkan metode untuk penentuan kandungan air (*inherent moisture*) sesuai ISO 11722:2013, kandungan abu (*fly ash*) sesuai ISO 1171:2010 dan kandungan zat terbang (*volatile matter*) sesuai ISO 562:2010. Hasil pengujian *proksimate* akan dianalisis dan dibandingkan dengan nilai pengujian kalori.

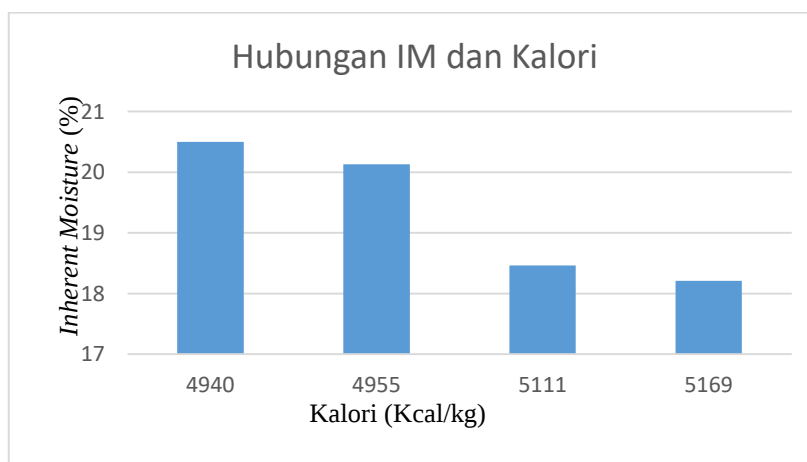
Pada uji kali ini menggunakan 4 sampel batubara dengan rentang kalori sebesar 4900-5200 kcal/kg. Sampel yang digunakan telah melalui proses preparasi sebelumnya. Batubara yang digunakan untuk pengujian *proksimate* berukuran 0.212 mm dan sebanyak ± 1 gram. Hasil pengujian *proksimate* dan kalori yang didapat ditunjukkan seperti pada tabel 2.1 dibawah ini.

Tabel 1. Hasil pengujian Proksimate dan kalori

Sampel ID	IM(%)	Ash(%)	VM(%)	Kalori(Kcal/kg)	Ket. Jenis Batubara
1	18.21	1.8	58.94	5169	Sub-bituminus
2	18.46	1.96	58.86	5111	Sub-bituminus
3	20.13	2.16	57.66	4955	Antara lignit dan Sub-bituminus
4	20.50	2.21	57.49	4940	Antara lignit dan Sub-bituminus

A. Hubungan IM dan Kalori

Inherent moisture sangat penting diukur karena termasuk kandungan air bawaan yang ada pada batubara saat proses pembentukannya. Data perbandingan kalori dan IM dapat dilihat pada Gambar 1. dibawah ini.



Gambar 1. Grafik Perbandingan Kalori dan IM

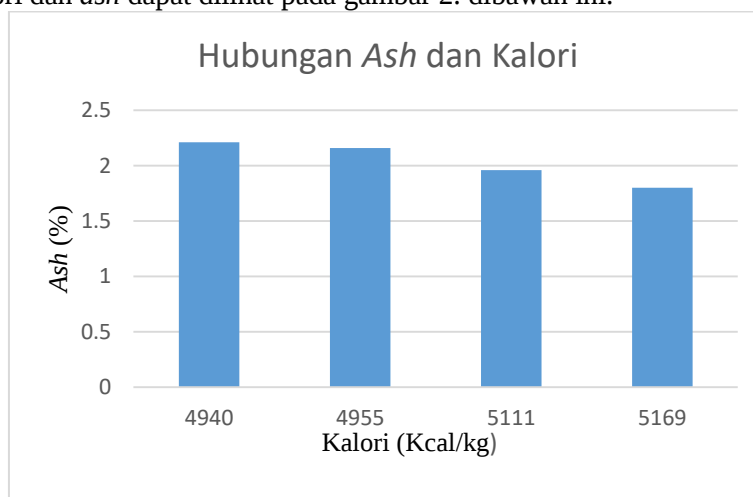
Pada gambar 1. menunjukkan tren grafik menurun. Hal tersebut diungkapkan pada grafik yang menunjukkan bahwa seiring tingginya nilai *inherent moisture* maka nilai kalori pada Batubara akan

semakin menurun. Terlihat kandungan IM paling tinggi pada sampel 4 yakni sebesar 20.50 % dengan kalori sebesar 4940. Kandungan nilai IM terendah pada sampel 1 yakni 18.21 dengan kalori 5169 Kcal/kg. Hal tersebut menunjukkan bahwa semakin tinggi kandungan air pada batubara maka kandungan kalori rendah. Sebaliknya semakin rendah kandungan nilai IM maka kandungan kalori tinggi.

Batubara dengan kadar IM yang tinggi akan memiliki kandungan energi yang rendah. Kandungan air yang terkandung pada batubara akan mengurangi kandungan energi pada batubara, sehingga kalori yang dihasilkan akan menjadi rendah. Hal tersebut dikarenakan batubara dengan kandungan IM yang tinggi akan mengurangi kandungan karbon yang merupakan kandungan utama dalam batubara untuk menghasilkan energi. Nilai IM yang tinggi juga dapat mengurangi kandungan hidrogen yang terkandung pada batubara yang merupakan kandungan lain untuk menghasilkan energi pada batubara (Arif, 2014). Kandungan karbon dan hidrogen yang rendah dalam batubara menyebabkan kalori rendah dikarenakan karbon dan hidrogen sebagai komponen penghasil energi. Naiknya kandungan *moisture* pada batubara sangat menyebabkan menurunnya kualitas pada batubara.

B. Hubungan Ash dan Kalori

Kadar Abu merupakan kotoran yang terkandung pada batubara yang tidak akan terbakar. Data perbandingan kalori dan *ash* dapat dilihat pada gambar 2. dibawah ini.



Gambar 2. Grafik Perbandingan Ash dan Kalori

Pada gambar 2. menunjukkan tren grafik menurun. Hal tersebut diungkapkan pada grafik yang menunjukkan bahwa seiring tingginya nilai Ash (kadar abu) maka nilai kalori pada Batubara akan semakin menurun. Terlihat data Ash yang paling tinggi adalah 2.21% dengan kalori 4940 Kcal/kg. Hal tersebut menunjukkan bahwa semakin tinggi nilai kandungan kadar abu maka semakin rendah kalori pada Batubara. Hal tersebut dikarenakan kandungan kadar abu, secara umum akan sangat berpengaruh pada tingkat pengotor yang terkandung pada batubara (*fouling*), keausan, dan korosi peralatan yang dilewati batubara. Sehingga kualitas Batubara akan dipengaruhi oleh kandungan Ash.

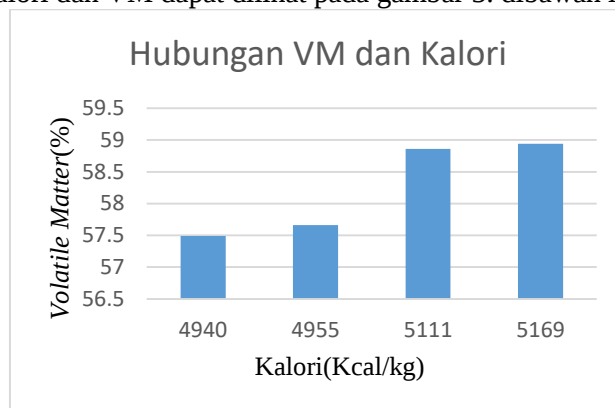
Kandungan abu pada batubara dapat menurunkan nilai kalorinya karena abu tidak mengandung energi yang dapat dibakar. Abu adalah residu yang tidak terbakar dari proses pembakaran batubara dan dapat berasal dari mineral-mineral seperti silika, alumina, dan besi oksida (Anggara et al., 2021). Kehadiran abu dapat meningkatkan biaya pengolahan dan penggunaan batubara, serta menyebabkan peningkatan biaya operasional dan perawatan peralatan pembakaran. Menurut penelitian dari Speight (2013), kandungan abu yang tinggi pada batubara dapat menurunkan nilai kalori sekitar 1-2% untuk setiap 1% kandungan abu.

Kandungan air pada Batubara juga dapat meningkatkan kadar abu yang merupakan komponen tidak menghasilkan energi. Air dapat membantu pembentukan abu Batubara dengan cara mengubah mineral-mineral yang terkandung dalam Batubara menjadi senyawa-senyawa yang lebih stabil dan membentuk abu. Air dapat memecah ikatan kimia antara mineral-mineral dan Batubara, sehingga memungkinkan mineral-mineral untuk terlepas dan dapat membentuk abu (Van Krevelen, 1993). Hal

tersebut menyebabkan Batubara yang memiliki kadar IM yang tinggi biasanya memiliki kadar *Ash* yang tinggi juga. Kadar *Ash* yang tinggi dapat menurunkan kualitas Batubara dan nilai kalori rendah.

C. Hubungan VM dan Kalori

Volatile Matter adalah bahan yang terkandung pada batubara yang mudah menguap. Data analisis perbandingan kalori dan VM dapat dilihat pada gambar 3. dibawah ini.



Gambar 3. Grafik Perbandingan VM dan Kalori

Berdasarkan gambar diatas menunjukkan tren grafik meningkat. Hal tersebut diungkapkan pada grafik yang menunjukkan bahwa seiring tingginya nilai VM (*volatile matter*) maka nilai kalori pada Batubara akan semakin meningkat. Terlihat kadar VM tertinggi yaitu sebesar 58.86% dengan kalori sebesar 5169 Kcal/kg. Hal tersebut dapat ditarik kesimpulan bahwa semakin tinggi kadar VM (zat terbang) yang terkandung pada batubara dapat meningkatkan kadar kalori pada batubara. *Volatile matter* dapat membantu meningkatkan kemampuan batubara untuk membakar dengan lebih efisien.

Hal tersebut dikarenakan di dalam *Volatile Matter* terkandung pada batubara yang mudah menguap yaitu metan, hidrokarbon, hydrogen, karbonmonoksida, dan termasuk juga gas-gas yang mudah terbakar, seperti karbon dioksida dan nitrogen. Kandungan tersebut merupakan senyawa anorganik ringan dalam batubara yang terlepas selain komponen air pada pemanasan suhu tinggi. *volatile matter* sangat ikut andil terhadap nilai panas pada batubara. Kandungan *volatile matter* yang tinggi menyebabkan mudahnya penyalaan bahan bakar batubara (Asy'ari & Hidayatullah, 2016). Tingginya kadar *Volatile Matter* yang menyebabkan meningkatnya kalori dan kualitas batubara terhadap pembakaran.

Menurut Speight (2013). *Volatile Matter* dapat mempengaruhi kalori batubara dengan beberapa cara, termasuk meningkatkan kemampuan batubara untuk membakar dengan lebih efisien, meningkatkan produksi gas yang dapat membantu meningkatkan kalori batubara, dan meningkatkan kemampuan batubara untuk menghasilkan panas yang lebih banyak.

D. Hubungan IM, Ash dan VM terhadap Kalori

Hubungan antara IM, *Ash*, dan VM pada batubara dapat mempengaruhi kualitas dan efisiensi pembakaran batubara. Hubungan Negatif terhadap Nilai Kalori *Inherent moisture* (kadar air bawaan) dan *ash content* (kadar abu) memiliki korelasi negatif terhadap kualitas batubara, khususnya nilai kalorinya. Semakin tinggi kadar inherent moisture dan ash, maka nilai kalori batubara cenderung menurun. Ini karena inherent moisture menyerap energi saat pembakaran, sedangkan abu adalah materi anorganik yang tidak menghasilkan energi dan memerlukan kalori untuk membakarnya (Yuliana et al., 2022).

Penelitian di beberapa lokasi tambang menunjukkan bahwa inherent moisture, *volatile matter*, dan nilai kalori memiliki hubungan saling memengaruhi dalam menentukan kualitas batubara. Peningkatan inherent moisture umumnya berbanding terbalik dengan nilai kalori, sedangkan *volatile matter* dapat berpengaruh positif terhadap nilai kalori, tergantung pada jenis dan peringkat batubara. Dalam beberapa studi, ditemukan bahwa kenaikan inherent moisture cenderung diikuti oleh perubahan *volatile matter*, meskipun hubungan langsung antara keduanya tidak selalu linear dan sangat dipengaruhi oleh genesis serta peringkat batubara (Yanti et al., 2021). Hubungan nilai IM, *Ash*

dan VM merupakan hal yang sangat menentukan nilai kalori pada batubara. Nilai IM dan Ash menunjukkan pengaruh yang negatif terhadap nilai kalori batubara. Nilai VM menunjukkan pengaruh yang positif terhadap nilai kalori pada batubara.

Berdasarkan hasil batubara yang diperoleh menunjukkan jenis *Sub-bituminus* adalah jenis batubara yang memiliki peringkat lebih tinggi daripada lignit, tetapi lebih rendah daripada bituminus. Batubara *sub-bituminus* memiliki kandungan karbon yang lebih tinggi daripada lignit, tetapi lebih rendah daripada *bituminus*. Batubara *sub-bituminus* lebih cocok untuk digunakan sebagai bahan bakar pembangkit listrik, sedangkan lignit lebih cocok untuk digunakan dalam aplikasi yang lebih spesifik.

KESIMPULAN

Berdasarkan Penelitian analisis *proximate* terhadap kalori, maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Pengaruh ketinggian grafik IM menunjukkan kalori menurun, sehingga nilai IM terhadap kalori berbanding terbalik.
2. Pengaruh kadar Ash yang meningkat menunjukkan kalori menurun, sehingga nilai Ash terhadap kalori berbanding terbalik.
3. Sedangkan pengaruh grafik VM akan berbanding lurus terhadap kalori. Jika nilai VM tinggi maka kalori akan meningkat.

BIBLIOGRAFI

- Anggara, F., Petrus, H. T. B. M., Besari, D. A. A., Manurung, H., & Saputra, F. Y. A. (2021). Tinjauan pustaka karakterisasi dan potensi pemanfaatan fly ash dan bottom ash (faba). *Buletin Sumber Daya Geologi*, 16(1), 53–70.
- Arif, I. I. (2014). *Batubara Indonesia*. Gramedia Pustaka Utama.
- Asy'ari, M. A., & Hidayatullah, R. (2016). Geokimia batubara untuk beberapa industri. *Jurnal Poros Teknik*, 8(1), 48–54.
- Brillianti, E., Yuwanto, S. H., & Bahar, H. (2025). Penentuan Kualitas Batubara dan Kalori Batubara Berdasarkan Analisis Proksimat Di Stockpile Osowilangun Surabaya, Jawa Timur. *Prosiding SENASTITAN: Seminar Nasional Teknologi Industri Berkelanjutan*, 5.
- Fajarwati, D. A., Leping, P., & Wahidah, W. (2023). Analisis Proksimat dan Ultimat Terhadap Total Sulfur dan Nilai Kalori pada Batubara (PT Geoservices Samarinda). *Geosains Kutai Basin*, 6(2), 126–136.
- Febriani, A. V., Hanum, F. F., Kuncara, J., & Setyawan, M. (2024). Optimalisasi Mutu Batubara Indonesia: Kajian Metode dan Potensi dalam Peningkatan Nilai Kalor Batubara. *Eksergi*, 21(2), 70–76.
- Huseini, F., Solihin, & Pramusanto. (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. *Prosiding Teknik Pertambangan*, 4(2), 668–677.
- Malaidji, E., Anshariah, A., & Budiman, 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), 131–137.
- Rianto, D. J. (2022). Analisis Pengaruh Kadar Air (Total Moisture) Batubara Terhadap Nilai Kalori Batubara di Front Penambangan. *Formosa Journal of Multidisciplinary Research*, 1(2), 257–268.
- Sari, R. N. M., & Octova, A. (2021). Karakteristik Batubara Beda Kualitas Berdasarkan Analisis Statistik Dasar di PT . Budi Gema Gempita , Merapi Timur ., *Jurnal Bina Tambang*, 2(6), 126–134.
- Speight, J. G. (2013). *Shale gas production processes*. Gulf Professional Publishing.

- Van Krevelen, D. W. (1993). Coal: typology-physics-chemistry-constitution. In *U.S. Department of Energy Office of Scientific and Technical Information*.
- Yanti, N., Djayus, D., Suprianto, S., & 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).
- Yuliana, Y., Djayus, D., & Munir, R. (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), 31–37.
- Zahar, W. (2021). Parameter Correlation of Proximate Analysis and Ultimate Analysis of the Calorific Value of Coal. *Jurnal Pertambangan Dan Lingkungan*, 2(1), 21. <https://doi.org/10.31764/jpl.v2i1.4715>