

Penentuan Kualitas Batubara dan Kalori Batubara Berdasarkan Analisis Proksimat Di *Stockpile* Osowilangun Surabaya, Jawa Timur

Erica Brillianti¹, Sapto Heru Yuwanto², dan Hendra Bahar³

^{1,2,3}Teknik Pertambangan, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya

e-mail: ericsabrillianty@gmail.com¹, saptoheru@itats.ac.id²,

ABSTRACT

Mining is an activity carried out to obtain natural resources on the earth and in the form of mining products. One of the most popular commodities in Indonesia is coal. Coal is a sedimentary rock deposit that occurred hundreds of years ago and contains sulfur and nitrogen components. The necessity for coal classification can be used as a reference in determining coal type and calorie content. A proximate analysis test is needed to determine the type or rank of coal owned and the calorific value of coal. The case study used a quantitative method, with primary and secondary data as reference materials for calculations. The primary data includes documentation and coal proximate analysis tests including the calculation of inherent moisture, air-dried moisture, total moisture, ash content, volatile matter, and fixed carbon. Meanwhile, secondary data includes data on calorific value and type of coal in the stockpile. The data is processed to get the results of the fixed carbon calculation so that it can determine and measure the suitability of calories and types of coal in the Osowilangun Stockpile. Based on the calculation result, the highest fixed carbon value is 58,16% which is the type of Bituminous High Volatile A coal and the lowest value is 42,39% which is the type of Lignite coal. With the highest calorific value of > 7.600 kcal/kg and the lowest calorific value of < 5.250 kcal/kg. After analyzing based on company data, only 2 (two) types of coal can be classified by their calorie in ASTM. It is Bituminous High Volatile A and Sub-Bituminous A

Kata kunci: coal calorie, fixed carbon, mining, proximate analysis, total moisture,

ABSTRAK

Pertambangan merupakan kegiatan yang dilakukan untuk mendapatkan suatu sumber daya alam yang berada di dalam bumi dan berupa hasil tambang. Salah satu komoditas yang menjadi primadona di Indonesia, yaitu batubara. Batubara merupakan endapan batuan sedimen yang terjadi selama beratus-ratus tahun yang lalu dan memiliki komponen unsur belerang serta nitrogen. Perlunya pengklasifikasian batubara untuk dapat dijadikan acuan dalam penentuan jenis dan kandungan kalori suatu batubara. Diperlukan uji analisis proksimat agar dapat menentukan jenis atau peringkat batubara yang dimiliki serta penentuan nilai kalori batubara. Metode studi kasus yang digunakan adalah metode kuantitatif dengan data primer dan sekunder sebagai bahan acuan dalam melakukan perhitungan. Data primer sendiri meliputi dokumentasi dan uji analisa proksimat batubara meliputi perhitungan inherent moisture, air dried moisture, total moisture, ash content, volatile matter, dan fixed carbon. Sedangkan, data sekunder meliputi data nilai kalori dan jenis batubara pada stockpile. Data tersebut diolah agar mendapatkan hasil perhitungan fixed carbon sehingga dapat menentukan dan mengukur kesesuaian kalori serta jenis batubara yang berada di Stockpile Osowilangun. Berdasarkan hasil perhitungan didapatkan nilai fixed carbon tertinggi sebesar 58,16% yang merupakan jenis batubara Bituminous High Volatile A dan nilai terendah sebesar 42,39% yang merupakan jenis batubara Lignite atau Brown Coal. Dengan nilai kalori tertinggi sebesar >7.600 kkal/kg dan terendah dengan nilai kalori sebesar <5.250 kkal/kg. Setelah dianalisis berdasarkan data perusahaan hanya terdapat 2 (dua) jenis batubara yang dapat diklasifikasikan nilai kalorinya menurut ASTM, yaitu Bituminous High Volatile A dan Sub-Bituminous A.

Kata kunci: analisis proksimat, fixed carbon, kalori, pertambangan, total moisture

PENDAHULUAN

Pertambangan merupakan suatu kegiatan yang dilakukan berupa penggalian ke dalam tanah (bumi) untuk mendapatkan sesuatu yang berupa hasil tambang. Berdasarkan (Pasal 1 Angka 1 Undang-Undang Nomor 4 Tahun 2009), pertambangan merupakan serangkaian aktivitas yang meliputi penelitian, manajemen dan upaya menghasilkan suatu mineral atau batubara. Kegiatan ini mencakup berbagai tahapan, mulai dari penyelidikan umum, eksplorasi, studi kelayakan, konstruksi, penambangan, pengolahan, pemurnian, hingga pengangkutan dan penjualan, serta kegiatan pascatambang. Oleh karena itu, pertambangan juga memiliki arti sebagai seluruh aktivitas yang dikerjakan sebelum, selama, dan setelah proses penambangan. Salah satu komoditas yang paling umum dalam dunia pertambangan adalah batubara. Batubara menjadi primadona di sektor ini karena penggunaannya yang meluas di Indonesia. Pertambangan batubara sendiri berkaitan dengan penggalian suatu endapan karbon yang berada di dalam bumi, serta bentuk-bentuk seperti

bitumen padat, gambut, dan batuan aspal. (Pasal 1 Angka 5 Undang-Undang Nomor 4 Tahun 2009 tentang Pertambangan Mineral dan Batubara) [1]. Batubara merupakan jenis batuan endapan yang dapat terbakar, berasal dari sisa-sisa tumbuhan, dan memiliki warna yang bervariasi antara cokelat sampai hitam. Selama proses pengendapannya, batubara terkena proses fisika dan kimia yang mengakibatkan kandungan karbonnya menjadi sangat kaya. Batubara adalah batuan endapan yang memiliki sifat kimia dan fisika yang heterogen. Batubara terdiri atas unsur-unsur utama seperti karbon, hidrogen, dan oksigen, serta unsur tambahan seperti belerang dan nitrogen. Dalam analisis kualitas batubara sendiri terdapat beberapa kelembapan yang penentuannya didasarkan melalui standar yang biasanya disusun secara umum, seperti American Society for Testing and Materials (ASTM) dan *International Organization for Standardization* (ISO). Pengklasifikasian batubara sendiri merupakan pengelompokkan jenis batubara sesuai dengan peringkatnya, hasil dari pengklasifikasian ini nantinya dijadikan acuan dalam penentuan kualitas batubara [2]. Parameter yang digunakan dalam menganalisa kualitas batubara sendiri biasanya terdiri dari nilai kalori, kelembapan, zat terbang, abu, kandungan sulfur, ukuran batubara, HGI (*Hardgrove Grindability Index*) dan *fixed carbon* [3]. Pada umumnya dasar analisa batubara sendiri ditentukan pada nilai *total moisture* dan juga *fixed carbon*. Kandungan air total (*total moisture*) merupakan jumlah seluruh kandungan air yang terdapat dalam batubara, baik dalam bentuk inherent maupun *adherent*, pada kondisi batubara diambil atau diterima. Kandungan air pada batubara ini dipengaruhi oleh beberapa faktor, mulai dari kegiatan eksplorasi, penanganan, penyimpanan, penggilingan hingga proses pembakaran [4]. Sedangkan, *fixed carbon* (FC) mengacu pada jumlah karbon yang terkandung dalam material sisa setelah penghilangan zat terbang (*volatile matter*), nilai *fixed carbon* memiliki pengaruh nilai yang signifikan terhadap kualitas batubara. Semakin tinggi nilai *fixed carbon*, semakin baik pula kualitas batubara tersebut [2]. Perlunya perhitungan analisis proksimat untuk menentukan jenis atau peringkat batubara yang dimiliki serta penentuan nilai kalori batubara. Nilai peringkat pada batubara sendiri sangat penting untuk diketahui agar perusahaan dapat menentukan jenis kualitas batubaranya dan mempengaruhi pemanfaatan serta pemasaran batubara tersebut [5].

TINJAUAN PUSTAKA

Batubara

Pembentukan batubara sendiri terdiri atas dua tahap utama, yaitu tahap penggambutan (*peatification*) serta tahap pembatubaraan (*coalification*). Proses ini dimulai di daerah rawa yang banyak ditumbuhi berbagai jenis tanaman. Seiring berjalannya waktu, tanaman-tanaman yang tua akan mati dan kemudian menumpuk di kawasan rawa. Timbunan ini menjadi semakin tebal seiring dengan pertumbuhan tanaman yang baru, meskipun juga ada laju penurunan yang dipicu oleh berbagai faktor. Akibat proses ini, terjadi akumulasi sisa-sisa tanaman tua yang kemudian diuraikan oleh bakteri. Dalam kondisi *anaerob*, bagian-bagian tanaman tersebut diubah menjadi karbon dioksida, air, dan humin melalui proses yang dikenal sebagai humifikasi. Pembentukan gambut yang terjadi dalam proses ini sangat penting, karena merupakan dasar bagi terbentuknya batubara dan kandungan-kandungannya yang berharga.

Klasifikasi Batubara menurut ASTM

Klasifikasi batubara menurut *American Society for Testing and Materials* (ASTM) pada tahun 1981 dilakukan berdasarkan analisis proksimat, yaitu kadar *fixed carbon* (dmmf), *volatile matter* (dmmf), dan nilai kalor (mmmf). Standar ini mengelompokkan batubara menjadi lima kategori utama: lignit, sub bituminus, bituminus, semi antrasit, dan antrasit [3].

Batubara yang memiliki kandungan *volatile matter* $\leq 31\%$, pengklasifikasian hanya didasarkan pada kandungan *fixed carbon*, tanpa mempertimbangkan nilai kalor [6]. Kriterianya adalah sebagai berikut:

- Jika kandungannya $> 98\%$, batubara tersebut termasuk dalam kategori Meta Antrasit.
- Jika kandungannya $> 92\%$ hingga 98% , batubara termasuk dalam kategori Antrasit.
- Jika kandungannya $> 86\%$ hingga 92% , batubara termasuk dalam kategori Semi Antrasit.
- Jika kandungannya $> 78\%$ hingga 86% , batubara berada dalam kategori Low Volatile Bituminus.
- Jika kandungannya $> 69\%$ hingga 78% , batubara tersebut termasuk dalam kategori Medium Volatile Bituminus

Sementara itu, untuk batubara dengan kandungan *volatile matter* $> 31\%$, pengklasifikasian dilakukan berdasarkan nilai kalor saja, tanpa memperhatikan kadar *fixed carbon*. Berikut adalah kriterianya:

- Jika nilai kalor dalam batubara berada dalam rentang 13.000-14.000 Btu/lb, batubara termasuk dalam kategori Bituminus (yang mencakup high volatile A, high volatile B, dan high volatile C bituminous).

b) Jika nilai kalor dalam batubara berada dalam rentang 8.300-13.000 Btu/lb, batubara termasuk kategori Sub Bituminous (sub bituminous A, sub bituminous B, dan sub bituminous C).

c) Jika nilai kalor dalam batubara < 8.300 Btu/lb, batubara termasuk rank Lignit dan brown coal.

Berikut ini diberikan tabel klasifikasi batubara menurut standar ASTM yang ditunjukkan pada Tabel 1:

Tabel 1. Tabel Klasifikasi Batubara Menurut ASTM D388-9 [4]

Class	Group	Fixed carbon		Volatile matter		Coal values
	Name	Dry %	Moist %	Dry %	Moist %	Dry basis (kkal/kg)
Antrachite	Meta Antrachite	>98	>92	<2	<2	<8.000
	Antrachite	92-98	89-95	2-8	2-8	8.000
	Semi Antrachite	86-92	81-89	8-15	8-15	7.300
Bituminous	Low Volatile	78-86	73-81	14-22	13-21	7.741
	Medium Volatile	69-78	65-73	22-31	21-29	7.610 – 7.800
	High Volatile A	<69	58-65	>31	>30	>7.600
	High Volatile B	57	53	57	40	7.410 – 7.600
	High Volatile C	54	45	54	40	7.230 – 7.410
Sub-bituminos	Subbituminus A	55	45	55	38	6.540 – 6.750
	Subbituminus B	56	43	56	35	5.990 – 6.540
	Subbituminus C	53	37	53	36	5.990 – 6.860
Lignitic	Lignit A	52	32	52	38	4.830 – 6.360
	Lignit B	52	26	52	30	<5.250

METODE

Metode penelitian yang dilakukan bersifat kuantitatif karena menggunakan data yang sudah ada dan diolah untuk mendapatkan hasil dari suatu pengujian. Metode Penelitian Kuantitatif adalah pendekatan penelitian yang mengutamakan pengumpulan dan analisis data kuantitatif, yaitu data berupa angka atau variabel numerik. Pendekatan ini bertujuan untuk mengukur hubungan antara variabel atau untuk memahami fenomena melalui analisis statistik. Metode ini berfokus pada keobjektifan, pengukuran, dan generalisasi hasil penelitian. Penelitian dilakukan pada stockpile area di Osowilangun, Kab. Gresik, Jawa Timur. Data penelitian yang diambil berupa data primer dan sekunder. Data primer sendiri merupakan data yang diambil oleh penulis langsung di lapangan, sedangkan untuk data sekunder sendiri merupakan data yang didapatkan penulis yang diberikan dari perusahaan. Kedua data tersebut nantinya diolah langsung untuk mendapatkan hasil dari penelitian yang dilakukan.

Alat dan Bahan

Alat yang dibutuhkan pada penelitian ini antara lain mortar dan tumbuk, blender, cawan dan tutup, oven, sarung tangan, penjepit, desikator, furnace, spatula, timbangan digital. Bahan yang dibutuhkan untuk penelitian hanya berupa sampel batubara sebanyak 6 (enam) buah yang diperoleh dari hasil pengambilan sampel di area stockpile.

Rancangan Percobaan

Penelitian yang dilakukan menggunakan standart acuan pengujian oleh SNI dan juga ASTM 1981. Dimana proses pengujian dibagi menjadi 2 (dua) yaitu untuk pengujian moisture dan juga untuk pengujian fixed carbon. Untuk pengujian moisture terdiri dari pengujian air dried moisture dan inherent moisture. Lalu untuk hasil pengujian didapatkan nilai total moisture nya. Sementara itu, untuk pengujian fixed carbon terdiri dari volatile matter dan ash content. Lalu untuk perhitungan nilai fixed carbon didapatkan setelah pengujian tersebut selesai dilakukan. Pengujian dilakukan selama ± 12 jam di laboratorium.

Prosedur Penelitian

Pengujian dilakukan sebanyak 2 (dua) tahapan menggunakan 6 (enam) buah sampel pada tiap tahapannya. Tahapan pertama yaitu pengujian moisture yang terdiri dari inherent moisture dan air dried moisture. Tahapan kedua yaitu pengujian fixed carbon yang terdiri dari volatile matter dan ash content.

Inherent Moisture

Berikut merupakan prosedur pengujian yang dilakukan, yaitu:

- Siapkan alat dan bahan.
- Masukkan cawan kosong ke dalam oven selama ± 15 menit kemudian masukkan cawan ke dalam desikator, lalu timbang cawan.
- Tambahkan batubara ke dalam cawan, lalu timbang beratnya.

- d) Masukkan cawan berisi sampel batubara ke dalam oven hingga suhu 105°C dan hitung mundur selama 1 jam.
- e) Setelah 1 jam cawan berisi sampel dikeluarkan dari oven dan dimasukkan ke dalam desikator selama ± 15 menit.
- f) Setelah itu, timbang kembali cawan dan sampel untuk mendapatkan berat sebagai hasil dari W3.

Air Dried Moisture

Berikut merupakan prosedur pengujian yang dilakukan, yaitu:

- a) Siapkan cawan hasil sampel prosedur Inherent Moisture kembali dan masukkan ke dalam oven selama 2 jam. Perhitungan dilakukan setelah suhu mencapai 105°C.
- b) Setelah itu, masukkan sampel tersebut ke dalam desikator selama ± 15 menit untuk menetralkan suhunya.
- c) Keluarkan sampel dari desikator dan lakukan penimbangan kembali dan hasilnya sebagai nilai dari W4.

Total Moisture

Total moisture merupakan keseluruhan jumlah kandungan air berbagai jenis yang terdapat dalam sampel batubara yang diambil (Rahmad, 2017). Perhitungan ini digunakan sebagai acuan terkait kandungan air pada suatu batubara. Semakin tinggi nilai total moisture maka calorific value pada batubara akan semakin rendah dan sebaliknya, semakin rendah nilai total moisture maka nilai calorific value pada batubara akan semakin tinggi (Anggreini et al., 2021).

Ash Content

Berikut merupakan prosedur pengujian yang dilakukan, yaitu:

- a) Siapkan alat dan bahan.
- b) Ambil cawan + tutup lalu lakukan penimbangan dan hasilnya sebagai nilai dari W1.
- c) Masukkan cawan + tutup ke dalam oven selama ± 15 menit lalu masukkan ke dalam desikator untuk menurunkan suhunya.
- d) Timbang cawan + tutup yang sudah dipanaskan tadi dan hitung berat sebagai nilai dari W2.
- e) Tambahkan sampel ke dalam cawan + tutup yang sudah dipanaskan, lalu timbang beratnya sebagai nilai dari W3.
- f) Masukkan kembali cawan + tutup + sampel ke dalam furnace dengan suhu 815°C melalui 3 (tiga) tahapan :
- g) Saat cawan berisi sampel tersebut berada di dalam furnace suhunya diatur 250°C. dan ketika suhu pada furnace sudah menunjukkan suhu 250°C, mulailah menghitung waktu sampai 30 menit kedepan.
- h) Setelah itu suhu diatur kembali menjadi 500°C. dan ketika suhu pada furnace sudah menunjukkan 500°C, perhitungan waktu dimulai lagi sampai 30 menit kedepan.
- i) Setelah 30 menit berlalu, suhunya dinaikkan lagi menjadi 815°C. dan ketika suhu pada furnace sudah menunjukkan 815°C. perhitungan waktu dimulai lagi sampai 15 menit kedepan.
- j) Setelah melalui tiga tahapan tersebut, masukkan residu ke dalam desikator selama ± 15 menit. Lalu lakukan penghitungan berat yang hasilnya merupakan W4.

Volatile Matter

Berikut merupakan prosedur pengujian yang dilakukan, yaitu:

- a) Siapkan alat dan bahan.
- b) Ambil cawan + tutup lalu lakukan penimbangan dan hasilnya sebagai nilai dari W1.
- c) Masukkan cawan + tutup ke dalam oven selama ± 15 menit lalu masukkan ke dalam desikator untuk menurunkan suhunya.
- d) Timbang cawan + tutup yang sudah dipanaskan tadi dan hitung berat sebagai nilai dari W2.
- e) Tambahkan sampel ke dalam cawan + tutup yang sudah dipanaskan, lalu timbang beratnya sebagai nilai dari W3.
- f) Sampel dimasukkan ke dalam furnace selama ± 7 menit dengan suhu 900°C.
- g) Setelah itu, masukkan sampel ke dalam oven selama ± 15 menit.
- h) Setelah di oven masukkan cawan + residu + tutup ke dalam desikator selama ± 15 menit untuk menetralkan suhunya.
- i) Timbang cawan + residu + tutup, dan hasilnya sebagai nilai dari W4.

Fixed Carbon

Kandungan karbon tetap didapatkan dari analisis tak langsung, dan dapat dihitung setelah kadar air total, kadar abu, kadar zat terbang diketahui. Dari sisa pembakaran, setelah hasilnya dikurangi dengan kandungan abu, maka hasilnya inilah yang berupa nilai karbon tetap (Rahmad, 2017).

Analisis Data

Adapun berikut merupakan rumus perhitungan yang digunakan dalam proses pengolahan data pengujian uji proksimat batubara yaitu:

Inherent Moisture (Kandungan air bawaan)

Menurut ASTM, kelembaban bawaan (inherent moisture) didefinisikan sebagai air yang terdapat dalam kondisi alami pada lapisan batubara, sehingga air yang hanya menempel di permukaan batubara tidak termasuk dalam kategori ini. Kelembaban bawaan merujuk pada jumlah air yang terperangkap dalam pori-pori batubara pada saat proses pembentukannya. Kelembaban ini akan terakumulasi ketika batubara mencapai kesetimbangan kelembaban dengan udara di sekitarnya. Berikut adalah rumus perhitungan kelembaban bawaan yang digunakan berdasarkan acuan rumus ASTM tahun 1981 (Muallim et al., 2024):

$$\%IM = (W_2 - W_3) / (W_2 - W_1) \times 100\% \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan :

W1 = Berat cawan kosong (gr)

W2 = Berat cawan kosong + sampel sebelum dipanaskan (gr)

W3 = Berat cawan kosong + sampel setelah dipanaskan selama 1 jam (gr)

Air Dried Moisture (Kandungan air bebas)

Kandungan air bebas adalah jumlah air yang terdapat pada permukaan batubara yang diakibatkan oleh faktor-faktor eksternal. Air ini terakumulasi dan melekat pada batubara akibat berbagai proses sekunder, seperti air tanah, air penyiraman saat penambangan, air hujan, dan lainnya. Berikut adalah rumus untuk menghitung kadar air yang sudah dikeringkan atau moisture permukaan, sesuai yang ditentukan oleh ASTM pada tahun 1981 (Muallim et al., 2024):

$$\%ADM = (W_4 - W_3) / (W_2 - W_1) \times 100\% \dots\dots\dots (2)$$

Keterangan :

W1 = Berat cawan kosong (gr)

W2 = Berat cawan kosong + sampel sebelum dipanaskan (gr)

W3 = Berat cawan kosong + sampel setelah dipanaskan selama 1 jam (gr)

W4 = Berat cawan kosong + sampel setelah dipanaskan selama 2 jam (gr)

Total Moisture

Kandungan air total merupakan seluruh jumlah air yang berada pada sampel batubara yang diambil. Secara prinsip, pengukurannya didasarkan pada jumlah penurunan berat yang terjadi sebelum pengeringan pada suhu tertentu. Hal ini dapat dihitung dari jumlah perubahan penurunan berat pra pengeringan (pre-drying loss) pada temperatur <35°C ditambah penurunan berat pengeringan panas pada 107±2°C (Rahmad, 2017). Kandungan air total merujuk pada jumlah air yang terdapat dalam batubara, sesuai dengan keadaan pada sampel yang diambil. Sedangkan, untuk perhitungan total moisture sendiri dapat menggunakan rumus berikut menurut ASTM, 1981 (Rahmad, 2017):

$$\%TM = ADM(\%) + IM(\%) \times ((100 - ADM(\%)) / (100\%)) \dots\dots\dots (3)$$

Keterangan :

%TM = Hasil total moisture (%)

ADM% = Hasil perhitungan air dried moisture (%)

IM% = Hasil perhitungan inherent moisture (%)

Ash Content (Kandungan Abu)

Kandungan abu dapat didefinisikan sebagai tahap awal proses pengabuan (insinerasi), di mana bahan terbakar hingga menjadi abu, belerang organik dan belerang pirit (pyritic sulfur) akan teroksidasi menjadi oksida belerang. Dengan melanjutkan pemanasan dan menjaga agar kadar sulfat tetap pada tingkat minimum sepanjang proses pengabuan, serta memastikan karbonat terurai dengan sempurna, maka zat sisa anorganik yang terbentuk selama proses ini, yang tidak mengalami penguraian, dapat disebut sebagai kandungan abu.

Dalam analisis yang dilakukan, sampel batubara dibakar pada suhu 815±10°C di medium udara, mengikuti pola kenaikan suhu yang telah ditetapkan. Jumlah abu yang tersisa kemudian dihitung sebagai persentase dari massa sampel. Tujuan dari pengukuran kandungan abu adalah untuk mengetahui nilai sisa abu yang dihasilkan dari pembakaran batubara. Kandungan abu sendiri merupakan sisa zat anorganik yang ada dalam batubara, yang berasal dari pengotor yang terjebak saat proses pembentukan batubara maupun saat

penambahan. Berikut adalah rumus perhitungan kandungan abu yang digunakan menurut standar ASTM tahun 1981 (Utamakno, 2021) :

$$\%Ash = (W_4 - W_2) / (W_3 - W_2) \times 100\% \dots\dots\dots (4)$$

Keterangan :

W1 = Berat cawan + tutup dalam keadaan kosong

W2 = Berat cawan + tutup setelah dioven dengan suhu 105oC ± 15 menit

W3 = Berat cawan + sampel + tutup sebelum furnace

W4 = Berat cawan + sampel + tutup setelah furnace 815 oC selama 2 jam

Volatile Matter (Zat Terbang)

Zat terbang atau volatile matter dapat diukur dengan menggunakan standar ASTM D-3175 atau ISO 562, yang mengacu pada persentase produk volatil di luar uap air yang dilepaskan ketika batu bara dipanaskan dalam kondisi yang terkontrol secara ketat. Ukuran ini mencerminkan kehilangan berat sampel akibat penguapan uap air. (Nasir, 2017). Tujuan dari pengukuran ini adalah untuk menentukan nilai kandungan abu yang tersisa setelah pembakaran batu bara. Kandungan zat terbang memiliki korelasi yang erat dengan tingkat pembatubaraan, sehingga sering digunakan sebagai indikator dalam klasifikasi jenis batu bara. Berikut merupakan rumus perhitungan volatile matter yang digunakan menurut acuan ASTM, 1981:

$$\%VM = (W_5 - W_3) / (W_1 - W_3) \times 100\% \dots\dots\dots (5)$$

Keterangan :

W1 = Berat cawan + tutup dalam keadaan kosong

W2 = Berat cawan + tutup setelah dioven dengan suhu 105oC ± 15 menit

W3 = Berat cawan + sampel + tutup

W4 = Berat cawan + tutup + residu setelah furnace 815 oC selama 2 jam

W5 = Berat cawan + tutup + residu setelah furnace 900 oC ± 15 menit

Fixed Carbon (Karbon Tetap)

Kandungan karbon tetap diperoleh melalui analisis tidak langsung dan dapat dihitung setelah mengetahui kadar air total, kadar abu, serta kadar zat terbang. Setelah proses pembakaran, hasil yang diperoleh dikurangi dengan kandungan abu, sehingga diperoleh nilai karbon tetap (Rahmad, 2017). Karbon tetap ini merupakan analisis yang bertujuan untuk menentukan jumlah karbon yang terdapat dalam batubara, yang dihitung berdasarkan kadar air total (TM), abu (Ash), dan zat terbang (VM). Berikut adalah rumus yang digunakan sesuai dengan standar menurut ASTM, 1981 (Muallim et al., 2024):

$$\%FC = 100\% - TM\% - Ash\% - VM\% \dots\dots\dots (6)$$

Keterangan :

TM% = Hasil total moisture (%)

Ash% = Hasil perhitungan ash content (%)

VM% = Hasil perhitungan volatile matter (%)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 2. Hasil Perhitungan Moisture

No Sampel	Hasil IM	Hasil ADM	Hasil TM
1	3,947%	-2,632%	1,42%
2	5,0%	-5,0%	0,25%
3	4,706%	-4,706%	0,221%
4	7,5%	-7,5%	0,563%
5	8,14%	-6,977%	1,731%
6	6,383%	-4,255%	2,399%
rata-rata	5,946%	-5,178%	1,097%

Tabel 3. Hasil Perhitungan Fixed Carbon

No Sampel	Hasil Ash	Hasil Volatile	Hasil FC
1	36,842%	3,58%	58,16%
2	38,298%	6,22%	55,24%
3	43,478%	8,99%	47,3%

No Sampel	Hasil Ash	Hasil Volatile	Hasil FC
4	47,826%	9,22%	42,38%
5	41,429%	10%	46,84%
6	42,857%	10,08%	44,60%
rata-rata	41,788%	7,96%	49,14%

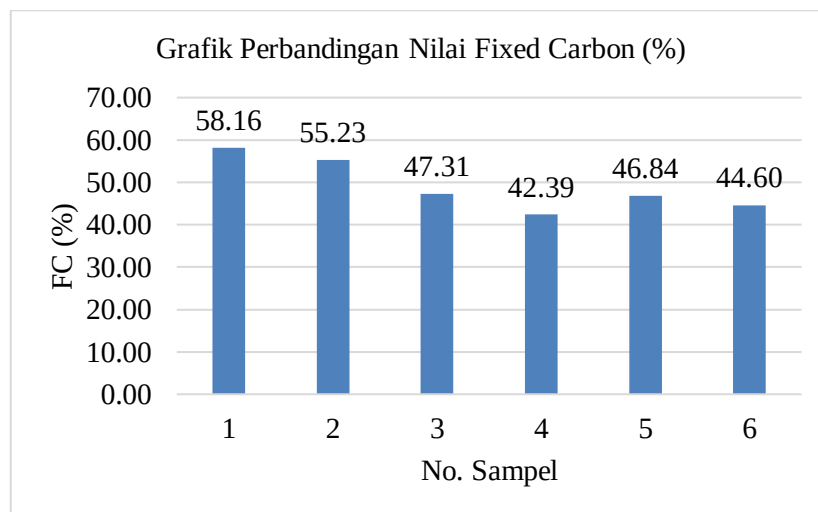
Berdasarkan hasil perhitungan dari pengujian proksimat batubara yang telah dilakukan oleh PT. TACO yang merupakan perusahaan swasta dibidang distributor batubara yang memiliki stockpile di Kec. Benowo, Osowilangun, Kota Surabaya. Kandungan air total atau total moisture rata-rata yang terdapat pada batubara sebesar 1,107%. Dimana hal ini dipengaruhi oleh adanya perubahan cuaca pada area stockpile saat musim hujan dan lamanya waktu batubara ditimbun hingga didistribusikan.

Berdasarkan tabel hasil perhitungan nilai *ash*, *volatile* dan *moisture* mempengaruhi nilai *fixed carbon* suatu batubara. Menurut rumus *fixed carbon* pada 2.6 diketahui bahwa ketiga factor tadi menjadi penentu kandungan karbon dari suatu batubara yang diketahui nilai maksimalnya yaitu 100%. Menurut [7], dasar penentuan jenis atau kualitas batubara menurut ASTM didasarkan pada *fixed carbon*, *volatile matter*, dan *heating value*. Jika suatu batubara memiliki kandungan *volatile matter* <31% maka penentuannya dilakukan dengan memperhatikan kadar *fixed carbon* batubara. Namun, jika kandungan *volatile matter* suatu batubara >31% maka penentuannya dilakukan berdasarkan nilai kalor (*heating value*) suatu batubara.

Dikarenakan hasil perhitungan saya yang menunjukkan nilai *volatile matter* <31% maka penentuannya didasarkan dari hasil perhitungan *fixed carbon*nya saja, sehingga dapat dilakukan pembahasan lanjutan terkait hasil perhitungannya.

Pengklasifikasian Jenis pada Sampel Batubara

Hasil perhitungan di atas dapat digunakan untuk menentukan jenis dan kualitas batubara yang berada di *stockpile*. Dari hasil pengujian didapatkan grafik pada gambar 5.3 sebagai berikut.



Gambar 1. Grafik Perbandingan Nilai *Fixed Carbon*

Pada sampel 1 dengan hasil *fixed carbon* sebesar 58,16% menunjukkan jenis batubara Bituminous High Volatile A. Pada sampel 2 dengan hasil *fixed carbon* 55,23% menunjukkan jenis batubara Sub-Bituminous A. Pada sampel 3 dengan hasil *fixed carbon* 47,31% tidak termasuk dalam tabel klasifikasi ASTM. Pada sampel 4 dengan hasil *fixed carbon* 42,39% tidak termasuk dalam tabel klasifikasi ASTM. Pada sampel 5 dengan hasil *fixed carbon* 46,84% tidak termasuk dalam tabel klasifikasi ASTM. Pada sampel 6 dengan hasil *fixed carbon* 46,84% tidak termasuk dalam tabel klasifikasi ASTM. Berdasarkan hasil perhitungan *fixed carbon* didapatkan rata-rata nilainya sebesar 49,14% yang tidak termasuk dalam tabel klasifikasi ASTM. Hanya terdapat 2 (dua) sampel yang dapat diidentifikasi berdasarkan hasil pengujian proksimat dan perhitungan *fixed carbon*-nya.

Analisa Kalori Batubara Berdasarkan Nilai *Fixed Carbon*

Hasil perhitungan di atas dapat digunakan untuk menentukan jenis dan kualitas batubara yang berada di *stockpile*. Dari hasil tabel tersebut dapat ditentukan nilai kalori batubara sesuai dengan standart ASTM

D388-99. Hasil perhitungan pada tabel pengklasifikasian tersebut didapatkan nilai kalori batubara berdasarkan nilai *fixed carbon*.

Penentuan ini didasarkan oleh standar ASTM yang terdapat pada pembahasan diatas dimana dikarenakan nilai VM yang didapatkan <31% maka penentuannya dilakukan dengan memperhatikan kadar *fixed carbon* batubara. Berikut merupakan hasil nilai kalori yang didapatkan setelah dilakukan penentuan menggunakan tabel klasifikasi ASTM pada Tabel 2.1.

Pada sampel 1 dengan hasil *fixed carbon* sebesar 58,16% menunjukkan kalori sebesar >7.600 kkal/kg. Pada sampel 2 dengan hasil *fixed carbon* 55,23% menunjukkan kalori sebesar 6.540 – 6.750 kkal/kg. Pada sampel 3 dengan hasil *fixed carbon* 47,31% tidak termasuk dalam tabel klasifikasi ASTM. Pada sampel 4 dengan hasil *fixed carbon* 42,39% tidak termasuk dalam tabel klasifikasi ASTM. Pada sampel 5 dengan hasil *fixed carbon* 46,84% tidak termasuk dalam tabel klasifikasi ASTM. Pada sampel 6 dengan hasil *fixed carbon* 46,84% tidak termasuk dalam tabel klasifikasi ASTM. Berdasarkan hasil perhitungan *fixed carbon* didapatkan rata-rata nilainya sebesar 49,14% yang tidak termasuk dalam tabel klasifikasi ASTM.

Sesuai dengan teori yang ada bahwa semakin banyak kadar karbon tertambat (karbon tersisa) pada batubara maka semakin tinggi nilai kalori. Karbon tertambat ialah karbon yang tertinggal setelah zat terbang dan kandungan airnya hilang. Dengan adanya pengeluaran zat terbang dan kandungan air maka persentase karbon tertambatnya secara otomatis akan naik sehingga semakin tinggi kandungan karbonnya maka peringkat batubaranya akan naik. Kandungan karbon tertambat merupakan hasil pengurangan 100% dikurangi kadar zat terbang (%). Kadar abu (%), dan kadar air lembab (%). Nilai karbon tertambat dapat dijadikan acuan untuk mendapatkan nilai fuel ratio atau rasio pembakaran batubara. Karbon tertambat ini menjadi komponen utama batubara yang mampu menghasilkan panas pada proses pembakaran. Semakin tinggi kandungan karbon tertambat maka nilai kalor batubara akan semakin meningkat. Makin tinggi kadar karbon padat makin tinggi peringkat batubara [8]. Dari data sekunder perusahaan diketahui terdapat 3 (tiga) grade batubara yaitu, kalori rendah dengan range 5.300 – 5.500 , kalori medium dengan range 5.800 – 6.000, dan kalori tinggi dengan range 6.100 – 6.300. Dapat disimpulkan bahwa dari hasil pengujian hanya dapat diidentifikasi 2 (dua) sampel dengan nilai kalori 8.160 kkal/kg dan 6.880 – 7.540 kkal/kg. Hasil tersebut lebih baik dari hasil perhitungan kalori dari stockpile. Ada beberapa kemungkinan penyebab perbedaan hasil perhitungan dan data perusahaan, yaitu pengambilan data dan pengujian dilakukan dalam jangka waktu yang sudah cukup lama sehingga perlu adanya pembaruan data dan pengujian. Selain itu, jenis atau kualitas batubara saat dilakukan penelitian dan pengambilan data yang berbeda juga dapat menyebabkan hasil perhitungan berbeda.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat ditarik kesimpulan yang sesuai dengan rumusan dan tujuan penelitian. Berikut merupakan kesimpulan dari seluruh penelitian yang telah dilakukan:

1. Setelah dilakukan pengujian dan perhitungan didapatkan nilai total moisture dan *fixed carbon* dari 6 (enam) sampel batubara tersebut. Pada sampel 1 didapatkan nilai total moisture sebesar 1,42% dan nilai *fixed carbon* sebesar 58,16%. Pada sampel 2 didapatkan nilai total moisture sebesar 0,25% dan nilai *fixed carbon* sebesar 55,23%. Pada sampel 3 didapatkan total moisture sebesar 0,221% dan nilai *fixed carbon* sebesar 47,31%. Pada sampel 4 didapatkan total moisture sebesar 0,563% dan nilai *fixed carbon* sebesar 42,39%. Pada sampel 5 didapatkan total moisture sebesar 1,731% dengan nilai *fixed carbon* sebesar 46,84%. Pada sampel 6 didapatkan nilai total moisture sebesar 2,399% dengan nilai *fixed carbon* sebesar 49,14%.
2. Nilai perhitungan *fixed carbon* terhadap uji analisa proksimat dapat menentukan peringkat atau klasifikasi jenis batubara. Pada sampel 1 dapat diklasifikasikan sebagai batubara Bituminous High Volatile A Pada sampel 2 diklasifikasikan sebagai batubara Sub-Bituminous A. Pada sampel 3–6 tidak dapat di klasifikasikan jenis batubaranya karena memiliki hasil *fixed carbon* yang kecil.
3. Nilai perhitungan *fixed carbon* terhadap uji analisa proksimat dapat menentukan nilai kalori suatu batubara. Pada sampel 1 didapatkan nilai kalori sebesar >7.600 kkal/kg. Pada sampel 2 didapatkan nilai kalori sebesar 6.540 – 6.750 kkal/kg. Pada sampel 3–6 tidak termasuk dalam tabel klasifikasi ASTM sehingga perlu dilakukan analisa ultimat terkait kandungan kalori batubaranya. Berdasarkan tabel klasifikasi ASTM dapat diketahui bahwa nilai kalori terendah >5.250 kkal/kg. Dikarenakan nilai *fixed carbon* yang lebih rendah daripada tabel tersebut dapat disimpulkan bahwa nilai kalori keempat sampel tersebut kurang dari 5.250 kkal/kg.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] P. Indonesia, *Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No.79 Tahun 2014 Tentang Kebijakan Energi Nasional*. 2014, pp. 1–60.
- [2] T. A. Oratmangun, L. Sapto Heru Yuwanto, and Utamakno, “Analisis Proksimat Dalam Penentuan Kualitas Dan Jenis Batubara Pada Pt. Bumi Merapi Energi, Kabupaten Lahat, Provinsi Sumatra Selatan,” 2021.
- [3] A. Arismawati and Z. A. M Yudha, “Analisis Kadar Air, Kadar Abu, Dan Nilai Kalor Batubara Serta Penentuan Klasifikasi Berdasarkan Nilai Kalor,” 2020, *Politeknik Negeri Ujung Pandang*.
- [4] D. A. Fajarwati, P. Lepong, and W. Wahidah, “Analisis Proksimat dan Ultimat Terhadap Total Sulfur dan Nilai Kalori pada Batubara (PT Geoservices Samarinda),” *GEOSAINS KUTAI BASIN*, vol. 6, no. 2, pp. 126–136, 2023.
- [5] E. Malaidji, A. Anshariah, and A. Budiman, “Analisis Proksimat, Sulfur, Dan Nilai Kalor Dalam Penentuan Kualitas Batubara Di Desa Pattappa Kecamatan Pujananting Kabupaten Barru Provinsi Sulawesi Selatan,” *Jurnal Geomine*, vol. 6, no. 3, pp. 131–137, 2018.
- [6] D. A. Widiarso and F. Nirmala, “Analisa Kualitas Dan Sumberdaya Batubara Lapangan X, Pt. Bukit Asam (Persero) Tbk., Tanjung Enim, Sumatera Selatan,” *Jurnal Geominerba (Jurnal Geologi, Mineral Dan Batubara)*, vol. 7, no. 1, pp. 64–80, 2022, doi: 10.58522/ppsdm22.v7i1.56.
- [7] S. Nasir, *Pemanfaatan Batu Bara, Ke-2*. Palembang, 2017.
- [8] W. Zahar, “Parameter Correlation of Proximate Analysis and Ultimate Analysis of the Calorific Value of Coal,” *Jurnal Pertambangan Dan Lingkungan*, vol. 2, no. 1, p. 21, 2021, doi: 10.31764/jpl.v2i1.4715.