

Analisis Perubahan Parameter Kualitas Batubara di *Front* Penambangan dan *Stockpile* di Tambang Air Laya PT Bukit Asam (Persero), Tbk., Tanjung Enim Sumatera Selatan dengan Menggunakan Metode Regresi Linear Berganda

Wike Mardatila*, Mulya Gusman, Heri Prabowo

Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang

* wikemardatila03@gmail.com

Abstrak. Klasifikasi batubara dapat ditentukan berdasarkan nilai kalorinya. Semakin tinggi nilai kalori batubara, semakin tinggi juga kualitasnya. Kualitas Batubara merupakan hal yang akan memengaruhi nilai jual batubara di tambang. Masalah yang kerap muncul terhadap kualitas batubara yaitu terdapat perubahan pada nilai kalori batubara saat dilakukan pengujian pada sampel batubara di *front* penambangan dan *stockpile*. Maka dari itu perlu dilakukannya pengendalian kualitas batubara (*coal quality control*) mulai dari penambangan, penumpukan di *stockpile*, hingga tahap pengiriman kepada konsumen. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perubahan yang terjadi pada parameter kualitas batubara AL 61 di *front* penambangan dan *stockpile* PT Bukit Asam (Persero), Tbk. Parameter kualitas batubara yang digunakan pada penelitian ini adalah *total moisture*, *ash content*, *total sulfur*, dan *calorific value*. Pada penelitian ini menggunakan metode analisis regresi linear berganda seperti statistik deskriptif untuk mengetahui gambaran umum dari parameter kualitas batubara AL 61 dan statistik inferensi seperti analisis regresi linear berganda untuk mengetahui perubahan pada parameter kualitas batubara di *front* dan *stockpile* beserta pengaruh *total moisture*, *ash content*, *total sulfur* terhadap nilai kalori batubara. Adapun hasil penelitian ini diperoleh parameter *total moisture* merupakan yang paling dominan berpengaruh terhadap nilai kalori batubara, dimana nilai Beta pada *total moisture*, yaitu sebesar 0,852. *Ash content* memiliki pengaruh yang sedang terhadap nilai kalori batubara, yaitu sebesar 0,406; sedangkan *total sulfur* memiliki pengaruh paling kecil dibandingkan parameter kualitas batubara lain, yaitu sebesar 0,084. Berdasarkan analisis yang dilakukan, faktor-faktor yang dapat memengaruhi perubahan nilai parameter kualitas batubara adalah cuaca dan iklim, proses kegiatan penambangan, material pengotor pada proses *loading*, proses pengangkutan batubara, dan ukuran batubara. Berdasarkan faktor tersebut maka dapat dilakukan beberapa upaya untuk menjaga kualitas batubara seperti penerapan prinsip FIFO (*First In First Out*), penggunaan alat berat untuk memisahkan batubara yang terbakar, penyiraman jalan angkut secara rutin, penataan aliran air pada *stockpile*, memastikan unit yang bekerja dalam keadaan bersih, *hand sorting* dan perketat *selective mining*, menjaga kebersihan *stockpile*.

Kata kunci: kualitas batubara, regresi linear berganda, *coal quality control*, *stockpile*, batubara

Abstract. Coal classification can be determined based on its calorific value. The higher the calorific value of coal, the higher its quality. Coal quality is something that will affect the selling value of coal in the mine. Problems that often arise with coal quality are changes in the calorific value of coal when testing coal samples at the mining front and stockpile. Therefore, it is necessary to carry out coal quality control starting from mining, stacking in the stockpile, to the delivery stage to consumers. This study aims to analyze the changes that occur in the quality parameters of AL 61 coal at the mining front and stockpile of PT Bukit Asam (Persero), Tbk. The coal quality parameters used in this study are total moisture, ash content, total sulfur, and calorific value. This study uses multiple linear regression analysis methods such as descriptive statistics to determine the general picture of the quality parameters of AL 61 coal and inferential statistics such as multiple linear regression analysis to determine changes in the quality parameters of coal at the front and stockpile along with the effect of total moisture, ash content, total sulfur on the calorific value of coal. The results of this study showed that the total moisture parameter is the most dominant influence on the calorific value of coal, where the Beta value of total moisture is 0.852. Ash content has a moderate influence on the calorific value of coal, which is 0.406; while total sulfur has the smallest influence compared to other coal quality parameters, which is 0.084. Based on the analysis conducted, the factors that can influence changes in the value of coal quality parameters are weather and climate, mining process activities, impurities in the loading process, coal anchoring process, and coal size. Based on these factors, several efforts can be made to maintain coal quality such as the application of the FIFO (First In First Out) principle, the use of heavy equipment to separate burnt coal, routine watering of haul roads, arrangement of water flow in stockpiles, ensuring that working units are clean, hand sorting and tightening selective mining, maintaining the cleanliness of stockpiles.

Keywords: coal quality, multiple linear regression, coal quality control, stockpile, coal

Tanggal Diterima: 22/11/2024; Tanggal Direvisi: 25/12/2024; Tanggal Disetujui: 28/12/2024; Tanggal Dipublikasi: 28/12/2024

1. Pendahuluan

Masalah yang kerap muncul terhadap kualitas batubara yaitu terdapat perubahan pada nilai kalori batubara saat dilakukan pengujian pada

sampel batubara di *front* penambangan dan *stockpile*. Maka dari itu perlu dilakukannya pengendalian kualitas batubara (*coal quality control*) mulai dari penambangan, penumpukan di

stockpile, hingga tahap pengiriman kepada konsumen.^[1]

PT Bukit Asam, Tbk. merupakan salah satu perusahaan pertambangan yang berlokasi di Tanjung Enim, Kecamatan Lawang Kidul, Kabupaten Muara Enim, Provinsi Sumatera Selatan. Berdasarkan data kualitas batubara *AL 61* pada bulan Januari 2024, ditemukan adanya perubahan parameter kualitas antara *front* dan *stockpile*, di mana perubahan yang terjadi pada nilai *total moisture* sebesar 0,33%, *ash content* sebesar 0,76%, *total sulfur (TS)* sebesar 0,09%, dan nilai kalori (*GVV*) sebesar 100,37 kcal/kg. Perubahan yang terjadi pada parameter kualitas batubara penting untuk dijaga, supaya kualitas batubara tidak mengalami penurunan yang berdampak pada harga jual batubara. Oleh karena itu perlu dilakukan pengendalian kualitas batubara (*coal quality control*) mulai dari penambangan, penumpukan di *stockpile*, hingga tahap pengiriman kepada konsumen.

2. Tinjauan Pustaka

2.1 Batubara

Batubara berasal dari sisa tumbuhan yang terakumulasi menjadi gambut yang kemudian tertimbun oleh sedimen, setelah pengendapan terjadi peningkatan suhu dan tekanan yang nantinya akan mengontrol kualitas batubara.^[1] Proses pengendapan tersebut diikuti oleh peningkatan suhu dan tekanan yang dapat mempengaruhi kualitas dari batubara tersebut.^[2] Material organik dalam batubara terdiri atas karbon (*C*), oksigen (*O*), hidrogen (*H*), sulfur (*S*), dan nitrogen (*N*), yang tersusun dalam suatu ikatan kimia.^[3,4]

2.2 Parameter Kualitas Batubara

2.2.1 Total Moisture

Total moisture merupakan total air yang terdapat dalam sampel batubara. Pada dasarnya dasarnya *total moisture* dihitung dari penjumlahan antara kehilangan berat sebelum pengeringan pada suhu kurang dari 35°C dengan kehilangan berat ketika pengeringan pada suhu $107 \pm 2^\circ\text{C}$. *Total moisture* dalam batubara terbagi menjadi 2 (dua) yaitu *inherent moisture* dan *surface moisture/free moisture*.^[5] *Inherent moisture* adalah air yang terdapat dalam batubara saat batubara dalam kondisi setimbang dengan udara bebas. Sementara *surface moisture* merupakan air yang menempel di permukaan batubara melalui proses-proses sekunder misalnya penyiraman pada saat penambangan, air hujan, dan lain-lain. Untuk mencari *total moisture* dapat digunakan persamaan berikut.

$$TM = FM(\%) + IM(\%) \times \frac{(100\% - FM)}{100}$$

di mana:

TM : Total Moisture

FM : Free Moisture

IM : Inherent Moisture

2.2.2 Ash Content

Ash content adalah material anorganik yang terdapat pada batubara dan tidak dapat terbakar. *Ash content* meliputi 80% abu terbang (*fly ash*) dan 20% abu dasar (*bottom ash*). Abu ini dapat berasal dari material pengotor alami (*inherent impurities*) dan pengotor yang berasal dari aktivitas penambangan.^[6] Untuk mencari *ash content* dapat digunakan persamaan berikut.

$$\% \text{ Ash} = \frac{W_2 - W_3}{W_2 - W_1} \times 100\%$$

di mana:

% Ash : kandungan abu

W₁ : berat cawan kosong + tutup

W₂ : berat cawan + sampel + tutup

W₃ : berat cawan + residu + tutup (sesudah pengujian)

2.2.3 Volatile Matter

Volatile Matter merupakan banyaknya zat yang menguap pada saat sampel batubara dipanaskan pada temperatur dan waktu tertentu setelah dilakukan koreksi terhadap kadar air.^[7] Bahan-bahan yang mudah menguap dalam batubara yaitu metana (*CH₄*), hidrogen (*H₂*), karbonmonoksida (*CO*), dan karbondioksida (*CO₂*). Kadar kandungan dari bahan yang mudah menguap pada batubara adalah sebesar 20-35%.^[8] Untuk menghitung *volatile matter* digunakan persamaan di bawah ini.

$$\% VM = \frac{W_2 - W_3}{W_2 - W_1} \times 100\% - IM$$

di mana:

W₁ : berat cawan + tutup dalam keadaan kosong

W₂ : berat cawan + sampel + tutup

W₃ : berat cawan + residu + tutup

IM : *Inherent moisture*

2.2.4 Fixed Carbon

Fixed carbon merupakan karbon yang tinggal setelah dilakukan pembakaran dan setelah *volatile matter* mengalami.^[9] Adanya pengeluaran *volatile matter* dan kandungan air akan menyebabkan karbon tersisa meningkat, sehingga akan meningkatkan kualitas batubara.^[10] Untuk menghitung *fixed carbon* digunakan persamaan berikut ini.

$$\% FC = 100\% - IM(\%) - AC(\%) - VM(\%)$$

di mana:

FC : Fixed Carbon

IM : Inherent Moisture

AC : Ash Content

VM : Volatile Matter

2.2.5 Total Sulfur

Total sulfur yaitu hasil penjumlahan dari sulfur dalam abu dan sulfur yang terbakar, atau dengan kata lain penjumlahan antara sulfur

anorganik dan sulfur organik.^[5] Kandungan sulfur yang terdapat pada batubara terdiri dari *pyritic sulphur*, *sulfate sulphur*, dan *organic sulphur*.^[6]

2.2.6 Calorific Value

Nilai kalori batubara merupakan nilai energi yang dihasilkan dari hasil pembakaran batubara, yang disebabkan oleh reaksi eksotermal dari senyawa hidrokarbon.^[9]

2.3 Statistik

Statistik merupakan kumpulan fakta dalam bentuk angka yang dinyatakan dalam bentuk tabel dan daftar untuk mengilustrasikan suatu permasalahan.^[11] Statistik merupakan sekumpulan angka yang menggambarkan suatu masalah, sehingga dapat memberikan pemahaman tentang masalah tersebut^[11]. Statistik adalah suatu ilmu yang terkait dengan metode pengumpulan, pengolahan, analisis, serta pengambilan kesimpulan dari data berdasarkan pengolahan data dan analisis data yang telah dilakukan.^[12] Statistik terdiri dari dua jenis antara lain:

1. Statistik Deskriptif yaitu suatu bentuk analisis statistik yang memanfaatkan pendekatan numerik dan visualisasi data (grafik, tabel, bagan) untuk menemukan pola yang terdata, menyajikan informasi secara ringkas, dan menampilkan informasi dalam bentuk yang diinginkan. Dalam statistika deskriptif hanya berfungsi untuk menerangkan kondisi, gejala, atau permasalahan.
2. Statistik Inferensi merupakan analisis statistik yang memanfaatkan sampel data untuk membuat perkiraan, mengambil keputusan, membuat prediksi, serta menyimpulkan secara umum terhadap kumpulan data yang lebih besar. Statistik inferensi erat kaitannya dengan memperkirakan populasi dan pengujian hipotesis pada suatu data atau suatu kondisi. Selain itu statistik inferensi memiliki fungsi untuk meramalkan dan mengontrol kondisi/kejadian.

2.4 Regresi Linear Berganda

Metode regresi linear berganda adalah teknik statistik yang digunakan untuk memahami hubungan antara satu variabel terikat (Y) dan dua atau lebih variabel bebas (X). Metode ini sangat umum digunakan dalam analisis data untuk memprediksi nilai variabel terikat berdasarkan nilai variabel bebas yang diberikan.

Variabel terikat (Y) adalah variabel yang ingin diprediksi atau dijelaskan. Dalam konteks regresi linear berganda, variabel ini sering kali disebut juga sebagai variabel respons atau *outcome*. Variabel bebas (X) adalah variabel yang digunakan untuk memprediksi atau menjelaskan variabel terikat. Model regresi linear berganda memiliki bentuk umum:

$$Y = a + B_1X_1 + B_2X_2 + \dots + B_nX_n$$

di mana:

Y : Variabel Terikat

X : Variabel Bebas

A : Konstanta

B : Koefisien Regresi pada Setiap Variabel Bebas

2.5 Hipotesis Penelitian

Hipotesis penelitian adalah jawaban atau dugaan sementara atas masalah yang sedang diteliti. Meskipun bersifat sementara, hipotesis memiliki peran penting karena memberikan batasan yang jelas pada penelitian, sehingga dalam pengumpulan data dapat difokuskan sesuai dengan hipotesis tersebut. Adapun hipotesis dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

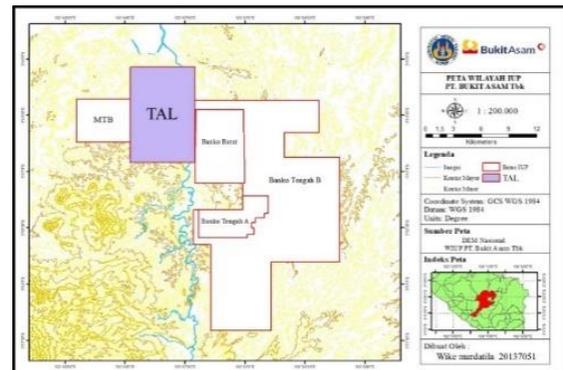
H_0 : Tidak terjadi perubahan parameter kualitas batubara *AL 61* di *front* dan *stockpile*

H_a : Terjadi perubahan parameter kualitas batubara *AL 61* di *front* dan *stockpile*

3. Metodologi Penelitian

3.1 Lokasi Penelitian

Pengambilan data penelitian dilakukan pada area penambangan batubara PT Bukit Asam (Persero), Tbk., Tanjung Enim, Sumatera Selatan yakni di Tambang Air Laya (TAL).



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

Penelitian ini termasuk dalam kategori penelitian kuantitatif, karena penelitian ini merujuk kepada penelitian terapan (*applied research*). *Applied research* adalah salah satu bentuk penelitian yang bertujuan untuk menerapkan teori yang diperoleh di bangku perkuliahan ke dalam situasi aktual di lapangan. Selain itu, hal ini dikarenakan dalam penelitian ini menggunakan data berupa angka-angka. Data yang dikumpulkan kemudian dianalisis dengan menggunakan metode statistik untuk menghasilkan angka-angka dan generalisasi. Data yang digunakan pada penelitian ini merupakan data primer dan data sekunder. Data primer meliputi:

1. Pengambilan sampel batubara *AL 61* di area *stockpile* 1
2. Dokumentasi hasil pengamatan di lapangan

Data sekunder diperoleh dari literatur perusahaan atau laporan perusahaan. Data sekunder meliputi:

1. Data hasil uji kualitas batubara *AL 61*
2. Data curah hujan

Dalam penelitian ini pengolahan data dilakukan dengan menggunakan metode analisis regresi linear berganda. Statistik deskriptif digunakan untuk mengetahui gambaran umum parameter kualitas batubara *AL 61* antara *front* penambangan dan *stockpile*. Kemudian dilakukan perhitungan menggunakan statistik inferensi untuk mengetahui perubahan-perubahan pada kualitas batubara *AL 61* antara *front* penambangan dan *stockpile*.

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Informasi Umum Batubara PT Bukit Asam (Persero), Tbk.

PT Bukit Asam (Persero), Tbk., mencakup 4 (empat) blok tambang, salah satunya yaitu Tambang Air Laya (TAL). Pada *pit* TSBC terdapat *seam A1*, *seam A2*, dan *seam B*. Di penambang Air Laya ada beberapa *minebrand* batubara salah satunya yaitu *AL 61*. *AL 61* berada di beberapa *seam* yaitu, *seam A1*, *seam A2*, dan *seam B*.



Gambar 2. *Seam* Batubara *AL 61*

4.2 Rentang Kualitas Batubara *Minebrand* PT Bukit Asam, Tambang Air Laya

1. *AL 49* (4801–5000 kkal/kg, ar)
2. *AL 51* (5001–5200 kkal/kg, ar)
3. *AL 53* (5201–5400 kkal/kg, ar)
4. *AL 55* (5401–5600 kkal/kg, ar)
5. *AL 57* (5601–5800 kkal/kg, ar)
6. *AL 59* (5801–6000 kkal/kg, ar)
7. *AL 61* (6001–6200 kkal/kg, ar)
8. *AL 63* (6201–6400 kkal/kg, ar)
9. *AL 65* (6401–6600 kkal/kg, ar)
10. *AL 67* (6601–6800 kkal/kg, ar)
11. *AL 69* (6801–7000 kkal/kg, ar)
12. *AL 71* (> 7001 kkal/kg, ar)

4.3 Spesifikasi *MineBrand AL 61* Batubara Produksi PT Bukit Asam Menurut *ASTM*

Spesifikasi *MineBrand* batubara *AL 61* produksi PT Bukit Asam dapat dilihat pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Spesifikasi *MineBrand* Batubara *AL 61* Produksi PT Bukit Asam

No.	Parameter	Rentang (Range)	Rerata
1.	Total Moisture % (ar)	15,46-16,88	16,07
2.	Proximate Analysis		
	- Moisture % (adb)	9,24-10,48	9,55
	- Ash Content % (adb)	3,65-5,10	4,43
	- Volatile Matter % (adb)	40,13-41,91	40,82
	- Fixed Carbon % (adb)	43,75-45,56	45,21
3.	Calorific Value (CV)		
	- Calorific Value (adb) kkal/kg	6.465-6.645	6.555
	- Calorific Value (ar) kkal/kg	6.001-6.200	6.100
4.	Total Sulfur		
	- Total Sulfur % (ar)	0,27-1,01	0,36
	- Total Sulfur % (adb)	0,29-1,09	0,39

4.4 Deskripsi Kondisi *Sampling* Batubara *AL 61*

4.4.1 Kondisi *Sampling* di *Front* Penambangan

Langkah pengambilan sampel di *front* penambangan yang pertama kali adalah menentukan titik pengambilan sampel (3 titik). *Sampling* batubara dilakukan pada siang hari dengan kondisi cuaca yang cerah. Sebelum dilakukan pengambilan sampel batubara dilakukan *cleaning* pada batubara yang akan diambil agar tidak terkontaminasi oleh pengotor. Setelah dilakukan pembersihan dilakukan pengukuran ketebalan *coal body*, *coal resins*, *parting*, dan *interburden* setiap titik pengambilan sampel menggunakan meteran. Kemudian dilakukan pengambilan sampel batubara ditampung menggunakan kantong plastik berukuran besar yang dilapisi karung dan diikat kencang/kuat agar udara luar tidak dapat mempengaruhi sampel. Setelah itu sampel diberi nama agar mempermudah proses analisis laboratorium.



Gambar 3. Pengambilan Sampel di *Front* Penambangan

4.4.2 Kondisi Sampling di Stockpile

Luas area estimasi *stockpile* adalah 2,5 ha dengan kapasitas 250.000 ton. Pengambilan sampel di *stockpile* menggunakan metode *manual sampling* (pengambilan oleh manusia) berdasarkan *ASTM D.6883* secara rencananya diambil kumulatif volume produksi, ketentuannya minimal 1 slot sampel itu 1.000 ton dengan standar 1.000 ton + 35 *increment*, berat *gross* 1 *increment* 3 kg dengan sistem pengambilan titiknya secara *random*. Untuk proses pengambilan sampel dari *input* sampai *output* adalah sebagai berikut:

1. Penerimaan produksi
2. Pelaporan volume produksi
3. Perencanaan sampel *include* (jumlah *increment*, lokasi kompartemen, *source* tumpukan, kualitas rencana tumpukan)
4. Pengambilan sampel sesuai rencana
5. Pengantaran sampel ke laboratorium
6. Preparasi dan analisa di laboratorium

Preparasi sampel batubara adalah rangkaian tahapan pengurangan berat dan ukuran dari *gross* sampel secara sistematis sampai pada berat dan ukuran yang sesuai untuk analisis di laboratorium.

Preparasi sampel batubara sesuai standar *ASTM*:

1. Pengeringan (*air drying*)
2. Reduksi ukuran butir (*size reduction*)
3. Pencampuran (*mixing*)
4. Pembagian contoh (*sample dividing*)
5. Pelaporan hasil analisa dari laboratorium ke satuan kerja ke *user* sesuai permintaan uji
6. Evaluasi hasil analisa kualitas

Untuk masuk ke *stockpile* batubara per-hari sesuai kemampuan produksi, biasanya 1 s.d. 2 *fleet* per-harinya dengan asumsi 1 *fleet* per-hari + 3.500 ton dengan *notes* secara bulanan tidak *full* setiap hari.



Gambar 4. Pengambilan sampel di *stockpile*

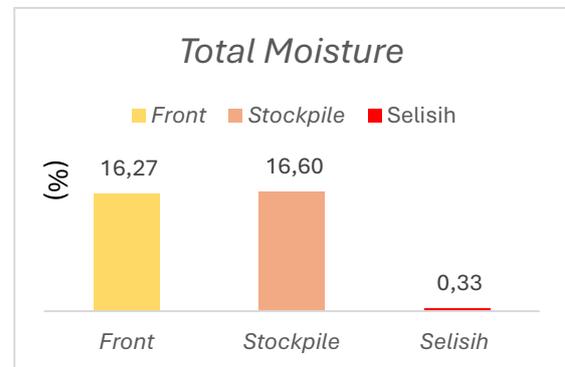
4.5 Analisis Parameter Kualitas Batubara AL 61

4.5.1 Analisis Deskriptif

Analisis deskriptif adalah analisis yang bertujuan untuk memberikan informasi atau gambaran umum mengenai data penelitian. Sehingga akan diperoleh gambaran mengenai perbandingan atau perbedaan data yang akan diuji. Berdasarkan data kualitas batubara *AL 61* pada bulan Januari 2024, diperoleh hasil rata-rata kualitas batubara *AL 61* yang dapat dilihat pada Tabel 2 berikut.

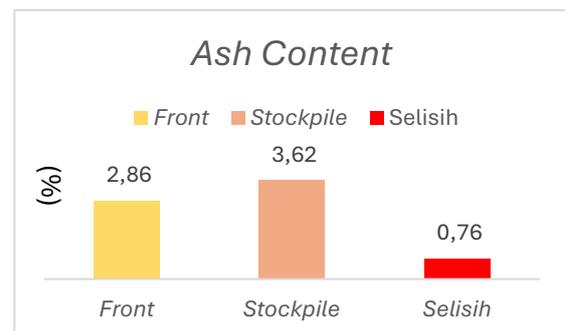
Tabel 2. Hasil Rata-rata Batubara *AL 61*

Parameter Kualitas Batubara	Rata-rata Channel Pit	Rata-rata Stockpile	Selisih
Total Moisture (%) (ar)	16,27	16,60	0,33
Ash Content (%) (ar)	2,86	3,62	0,76
Total Sulfur (%) (ar)	0,48	0,39	-0,09
Calorific Value (kcal/kg) (ar)	6.121,24	6.020,87	-100,37



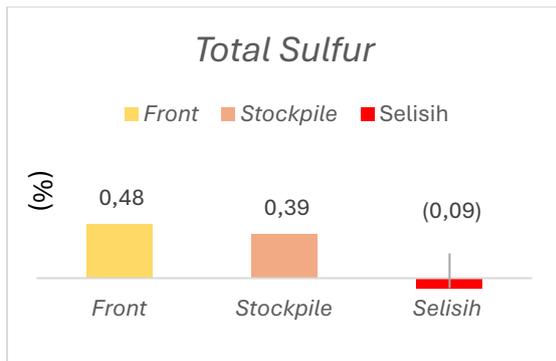
Gambar 5. Analisis *Total Moisture* pada *Front* dan *Stockpile* *AL 61*

Diagram di atas menunjukkan perbandingan *total moisture* antara *front* penambangan dan *stockpile*, dimana nilai *total moisture* (*TM*) batubara *AL 61* mengalami kenaikan sebesar 0,33%.



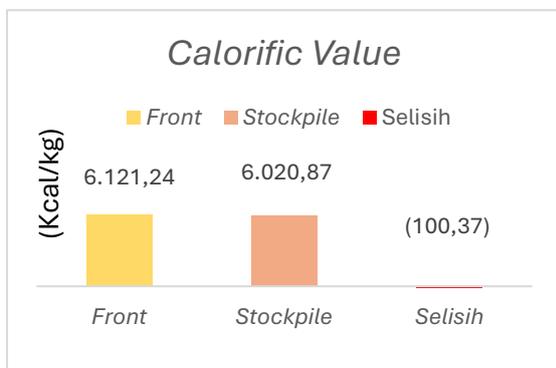
Gambar 6. Analisis *Ash Content* pada *Front* dan *Stockpile* *AL 61*

Diagram di atas menunjukkan perbandingan *ash content* antara *front* dan *stockpile* *AL 61*, dimana nilai *ash content* (*AC*) batubara *AL 61* mengalami kenaikan sebesar 0,76%.



Gambar 7. Analisis Total Sulfur pada Front dan Stockpile AL 61

Diagram di atas menunjukkan perbandingan total sulfur (TS) antara front dan stockpile, dimana TS batubara AL 61 mengalami penurunan sebesar 0,09%.



Gambar 8. Analisis Calorific Value pada Front dan Stockpile AL 61

Diagram di atas menunjukkan perbandingan calorific value antara front dan stockpile, dimana nilai calorific value (CV) batubara AL 61 mengalami penurunan sebesar 100,37 kcal/kg.

4.5.2 Uji Beda Rata-rata

Uji beda rata-rata pada data parameter kualitas batubara dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui perbedaan antara dua kelompok data yang ada di front dan stockpile. Apabila ditemukan nilai signifikansi (*sig*) < 0,05 maka menandakan bahwa terjadi perbedaan rata-rata yang signifikan diantara 2 (dua) kelompok tersebut. Hasil uji beda rata-rata parameter kualitas batubara AL 61 dapat dilihat pada Tabel 3 berikut.

Tabel 3. Hasil Uji Beda Rata-rata

	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
						Lower	Upper
TM	-0,880	160	0,000	-0,332099	0,377473	-1,077571	0,413374
	-0,880	139,588	0,000	-0,332099	0,377473	-1,078403	0,414205
ASH	-3,767	160	0,380	-0,762469	0,202404	-1,162197	-0,362742
	-3,767	150,550	0,380	-0,762469	0,202404	-1,162388	-0,362550
TS	2,076	160	0,040	0,089136	0,042945	0,004324	0,173947
	2,076	150,649	0,040	0,089136	0,042945	0,004284	0,173987
GCV	2,702	160	0,008	100,395062	37,153081	27,021384	173,768739
	2,702	143,313	0,008	100,395062	37,153081	26,956225	173,833899

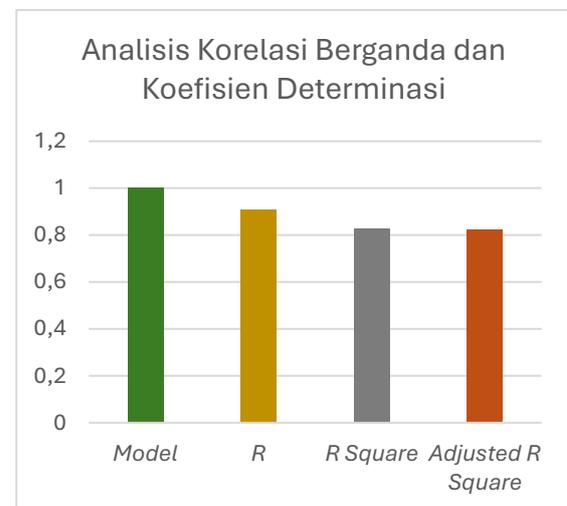
Berdasarkan tabel output dari uji beda rata-rata pada software SPSS diperoleh hasil nilai signifikansi (*sig*) pada total moisture (TM) sebesar 0,000, total sulfur (TS) 0,040, dan gross calorific value (GCV) 0,008 yang dimana < 0,05. Maka hal ini menandakan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan pada total moisture (TM), total sulfur (TS), gross calorific value (GCV) yang berada di front penambangan dan di stockpile. Total moisture (TM) mengalami perbedaan kualitas saat di front dan stockpile antara 1,0776-0,4134%, total sulfur mengalami perbedaan kualitas saat di front dan stockpile antara 0,0043-0,1739%, gross calorific value (GCV) mengalami perbedaan kualitas saat di front dan stockpile antara 27,0214 kcal/kg-173,7687 kcal/kg. Sementara untuk nilai signifikansi (*sig*) pada ash content (AC) sebesar 0,380 dimana nilai tersebut > 0,05. Maka dapat dikatakan bahwa parameter AC tidak mengalami perbedaan yang signifikan ketika berada di front dan stockpile

4.6 Analisis Perubahan Parameter Kualitas Batubara AL 61

4.6.1 Analisis Korelasi Berganda dan Koefisien Determinasi

Tabel 4. Analisis Korelasi Berganda dan Koefisien Determinasi

Model	R	R Square	Adjusted R Square
1	0,909 ^a	0,826	0,822



Gambar 9. Analisis Korelasi Berganda dan Koefisien Determinasi

Pada kolom R menunjukkan nilai mengenai kekuatan hubungan tiap parameter dan nilai kalori. Semakin mendekati angka 1, maka hubungan antara tiap parameter dan nilai kalori makin kuat. Dari hasil output SPSS diketahui nilai R adalah 0,909 yang berarti tingkat hubungan antara parameter dan nilai kalori sangat kuat. Kolam R square (koefisien determinasi) menunjukkan persen kontribusi tiap parameter terhadap nilai kalori sebanyak 82,6% sedangkan 17,4% dikarenakan oleh faktor lain.

4.6.2 Regresi Linear Berganda

Tabel 5. Regresi Linear Berganda

Model	Coefficients			Sig.
	B	Beta		
1 (Constant)	7681,304			0,000
TM	-85,525	-0,852		0,000
ASH	-73,109	-0,406		0,000
TS	73,368	0,084		0,013

Dari *output* regresi linear berganda pada SPSS didapatkan hasil bahwa setiap kenaikan 1% *total moisture* (TM) akan menurunkan nilai kalori sebanyak 85,524 kcal/kg, setiap kenaikan 1% *ash content* (AC) akan menurunkan nilai kalori sebanyak 73,109 kcal/kg, dan setiap kenaikan 1% *total sulfur* (TS) akan menaikkan nilai kalori sebanyak 73,368 kcal/kg. Persamaan:

$$CV = 7681,304 - 85,524(TM) - 73,109(AC) + 73,368(TS)$$

Pengaruh *total moisture* merupakan yang paling dominan berpengaruh terhadap nilai kalori batubara, dimana nilai *Beta* pada *total moisture*, yaitu sebesar 0,852. *Ash content* memiliki pengaruh yang sedang terhadap nilai kalori batubara, yaitu sebesar 0,406, sedangkan *total sulfur* memiliki pengaruh paling kecil dibandingkan parameter kualitas batubara lain, yaitu sebesar 0,084.

4.7 Faktor-faktor Penyebab Perubahan pada Kualitas Batubara

4.7.1 Cuaca dan Iklim

Kondisi cuaca yang tidak menentu dapat mempengaruhi kualitas batubara. Saat terjadi hujan, *total moisture* batubara akan meningkat. Saat kondisi cuaca panas, mengakibatkan swabakar yang dapat menaikkan nilai *ash content* dan dapat menurunkan nilai kalorinya.

4.7.2 Proses Kegiatan Penambangan

Pada proses kegiatan *coal getting* masih kurang selektif, dimana lapisan-lapisan material selain batubara ikut terambil pada saat dilakukan pengerukan oleh *excavator* yang menyebabkan batubara tercampur dengan material bukan batubara yang dapat menyebabkan tingginya nilai *ash content*.

4.7.3 Material Pengotor pada Proses Loading

Pada saat proses loading batubara ke dalam *dump truck* juga berdampak pada perbedaan kualitas batubara. Dalam kegiatan pemuatan batubara material pengotor ikut terangkut bersama batubara, sehingga dapat meningkatkan nilai *ash content*. Maka perlu dilakukan selektif batubara agar dapat menghindari kontaminasi pada batubara.

4.7.4 Proses Pengangkutan Batubara

Selama proses pengangkutan batubara dari area penambangan menuju *stockpile*, sering

ditemukan akumulasi debu batubara yang disebabkan oleh unit yang bekerja. Keberadaan debu ini dapat menyebabkan peningkatan kandungan abu (*ash content*), yang pada akhirnya dapat menurunkan kualitas batubara.

4.7.5 Ukuran Batubara Tidak Seragam

Ukuran Batubara yang tidak seragam juga bisa mempengaruhi kualitas batubara. Semakin kecil ukuran batubara maka akan menaikkan nilai *total moisture* batubara.

4.7.6 Pencucian Alami

Proses pencucian alami oleh air hujan atau air permukaan dapat mengurangi kadar sulfur.

4.8 Upaya Menjaga Kualitas Batubara

4.8.1 Penerapan Prinsip FIFO (First In First Out)

Penerapan prinsip *FIFO* bertujuan agar batubara tidak terlalu lama ditumpuk di *stockpile* dan terkena udara bebas, serta terkena perubahan cuaca. Apabila batubara dibiarkan terlalu lama terkena udara bebas dan perubahan cuaca dapat menyebabkan swabakar batubara yang dapat menurunkan kualitas batubara.

4.8.2 Penggunaan Alat Berat untuk Memisahkan Batubara yang Terbakar

Penggunaan alat berat untuk memisahkan batubara yang terbakar perlu dioptimalkan dalam upaya mencegah penyebaran api pada batubara yang terbakar lainnya. Hal ini dapat meminimalisir bertambahnya abu dan kerugian produksi perusahaan.

4.8.3 Penyiraman Jalan Angkut Secara Rutin

Penyiraman jalan angkut bertujuan untuk mengurangi debu yang dihasilkan selama proses pengangkutan. Banyaknya debu pada batubara yang berasal dari proses pengangkutan menuju *stockpile* dapat meningkatkan risiko debu yang menempel pada batubara, yang dapat menyebabkan meningkatnya *ash content* dan dapat menurunkan nilai kalori batubara.

4.8.4 Penataan Aliran Air pada Stockpile

Adanya kubangan/genangan air hujan pada area *stockpile* dapat diserap oleh batubara. Oleh karena itu sangat diperlukan penataan air agar tidak terdapat genangan air di *stockpile*, guna mencegah peningkatan kadar *total moisture* pada batubara.

4.8.5 Memastikan Unit yang Bekerja dalam Keadaan Bersih

Memastikan unit yang bekerja dalam keadaan bersih merupakan hal yang sangat penting guna mencegah tercampurnya material yang bukan batubara dari aktivitas sebelumnya. Langkah ini perlu dilakukan agar menghindari kontaminasi yang dapat menurunkan kualitas batubara.

4.8.6 Hand Sorting dan Perketat Selective Mining

Hand sorting dilakukan untuk memisahkan pengotor dan kontaminan lain pada batubara.

Pelaksanaan *hand sorting* diperlukan agar ketika proses *crushing*, pengotor batubara tidak tercampur dengan batubara. Ketika *parting* atau kontaminan batubara tercampur pada batubara, maka bukan hanya akan berpengaruh pada kualitas batubara, tetapi juga berpengaruh terhadap alat *crusher*, maka dari itu perlunya *sorting* batubara. Untuk menghindari *parting* dan kontaminan lain tercampur pada batubara maka dilakukan metode *selective mining* yang diperketat, sehingga dapat menghindari daerah yang banyak terdapat *parting* dan pengotor lainnya.

4.8.7 Menjaga Kebersihan Stockpile

Menjaga kebersihan area *stockpile* juga sangat penting, upaya-upaya yang dapat dilakukan untuk menjaga kebersihan *stockpile*, yaitu tidak membuang sampah sembarangan pada area *stockpile*, pastikan sistem drainase di sekitar *stockpile* berfungsi dengan baik untuk menghindari genangan air, erosi, atau lumpur yang bisa mencemari lingkungan, berikan pelatihan kepada karyawan tentang pentingnya menjaga kebersihan *stockpile*, serta prosedur dan praktik terbaik dalam menangani batubara.

5. Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan yang telah dijelaskan sebelumnya dapat disimpulkan:

1. Besarnya perbedaan pada parameter kualitas batubara di *front* dan *stockpile* pada *total moisture (TM)* 1,0776-0,4134%, *ash content (AC)* 1,1622-0,3627%, *total sulfur (TS)* 0,0043-0,1739%, *gross calorific value (GCV)* 27,0214 kcal/kg-173,7687 kcal/kg.
2. Pengaruh tiap parameter kualitas batubara yaitu, pengaruh *total moisture* merupakan yang paling dominan berpengaruh terhadap nilai kalori batubara, dimana nilai *Beta* pada *total moisture*, yaitu sebesar 0,852. *Ash content* memiliki pengaruh yang sedang terhadap nilai kalori batubara, yaitu sebesar 0,406, sedangkan *total sulfur* memiliki pengaruh paling kecil di bandingkan parameter kualitas batubara lain, yaitu sebesar 0,084. Dari hasil regresi linear berganda didapatkan persamaan regresi yang menentukan besarnya pengaruh tiap parameter terhadap *gross calorific value* adalah sebagai berikut:

$$CV = 7681,304 - 85,524(TM) - 73,109(AC) + 73,368(TS)$$
3. Dengan analisis statistik, dapat diidentifikasi bahwa masalah yang pada kualitas batubara PT Bukit Asam, Tbk., ialah *total moisture* dan *ash content*. Beberapa langkah yang dapat dilakukan untuk mencegah penurunan kualitas batubara akibat peningkatan parameter yang dapat menurunkan kualitas batubara, yaitu penerapan prinsip *FIFO (First In First Out)*, penggunaan alat berat untuk memisahkan

batubara yang terbakar, penyiraman jalan angkut secara rutin, penataan aliran air pada *stockpile*, memastikan unit yang bekerja dalam keadaan bersih, *hand sorting* dan perketat *selective mining*, menjaga kebersihan *stockpile*.

Referensi

- [1] Cook, A. C. (1982). *The Origin and Petrology of Organic Matter in Coals, Oil Shales, and Petroleum Source-Rock*. Australia: Geology Department of Wollongong University.
- [2] Setiadi, T. (2023). *Utilization Of The Flotation Method To Improve Optimization Of Coal Quality*. Jurnal Scientia, 12.
- [3] Haenel, M. W. (1992). *Recent Progress in Coal Structure Research*. Fuel, Vol 71, 1211-1223.
- [4] Winarno, A., Hendra Amijaya, D., & Harijoko, A. (2016). *Studi Pendahuluan Pengaruh Karakteristik Batubara Peringkat Rendah Cekungan Kutai Terhadap Gasifikasi Batubara (Preliminary Study Effect of Characteristic Low Rank Coal Kutai Basin Against Coal Gasification)*. Promine Journal, 4(2), 1–12.
- [5] Rahmad. (2017). *Pengantar Eksplorasi Geologi Batubara dan Kualitas Batubara*.
- [6] 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).
- [7] Febryanti, F., & Yulhendra, D. (2022). *Analisis Penentuan Kualitas Batubara Berdasarkan Uji Proksimat di PT. Pelabuhan Universal Sumatera Kabupaten Muaro Jambi, Provinsi Jambi*. Bina Tambang, 7(3), 143–150.
- [8] Sepfitrah. (2016). *Analisis Proximate Kualitas Batubara Hasil Tambang di Riau*. Sainstek, 4(1), 18–26. Retrieved from <https://ejournal.stp-yds.ac.id/index.php/js/article/view/106>
- [9] Agil Fadhili, M. (2019). *Analisis Pengaruh Perubahan Nilai Total Moisture, Ash Content dan Total Sulphur Terhadap Nilai Kalori Batubara Bb-50 di Tambang Banko Barat PT. Bukit Asam, Tbk. Tanjung Enim Sumatera Selatan*. Jurnal Bina Tambang, 4(3).
- [10] Nur, Z. (2020). *Analisis Kualitas Batubara di Pit dan Stockpile dengan Metoda Analisis Proksimat di PT. Surya Anugrah Sejahtera Kecamatan Rantau Pandan Kabupaten Bungo Provinsi Jambi*. Mine Magazine, 1.
- [11] Adam Malik, Minan Chusni. (2018). *Pengantar Statistika Pendidikan: Teori dan Aplikasi*. Yogyakarta: CV Budi Utama.
- [12] Sari, R. N. M. (2021). *Karakteristik Batubara Beda Kualitas Berdasarkan Analisis Statistik Dasar di PT. Budi Gema Gempita, Merapi Timur, Lahat, Sumatera Selatan*. Jurnal Bina Tambang, 2.