



Analisis Perbandingan Kualitas *Proximate* Batubara Pada PIT B1 dengan ROM Coal Stockpile KM4 di PT. Trisensa Mineral Utama Kecamatan Loa Janan Kabupaten Kutai Kartanegara Provinsi Kalimantan Timur

**Ardian Saputra^{1*}, Windhu Nugroho², Henny Magdalena³, Agus Winarno⁴,
Albertus Juvensius Pontus⁵**

¹⁻⁵ Teknik Pertambangan, Universitas Mulawarman, Indonesia

**Penulis korespondensi: ardiansaputra747@gmail.com*

Abstract. Coal quality must be controlled from the pit area to the ROM stockpile to ensure compliance with market specifications. However, hauling and stockpiling processes often lead to changes in coal characteristics. This study aims to analyze variations in proximate parameters between coal from Pit B1 and ROM Stockpile Km4 at PT Trisensa Mineral Utama and to identify factors contributing to these changes. The methodology includes field sampling at both locations, sample preparation based on ASTM standards, and laboratory testing of inherent moisture, ash content, volatile matter, and fixed carbon. The results indicate that coal undergoes quality changes after being stored in the stockpile, marked by a decrease in inherent moisture of 2.54% (from 17.64% to 15.10%), a slight reduction in ash content of 0.16%, a decline in volatile matter of 0.28%, and a reduction in fixed carbon of 0.18%. These changes are influenced by field conditions, material contamination during mining, rainfall, coal porosity, and handling activities at the stockpile. The findings highlight the need for improved sampling management, better surface water control, and stricter material handling procedures to minimize coal quality degradation.

Keywords: Ash Content; Coal Quality; Inherent Moisture; Proximate Analysis; Volatile Matter.

Abstrak. Kualitas batubara perlu dikendalikan sejak berada di area pit hingga ke ROM stockpile untuk memastikan kesesuaian terhadap spesifikasi pasar. Namun, proses pengangkutan dan penumpukan sering menyebabkan perubahan karakteristik batubara. Penelitian ini bertujuan menganalisis perubahan parameter proksimat antara batubara dari Pit B1 dan ROM Stockpile Km4 PT Trisensa Mineral Utama serta mengidentifikasi faktor penyebab perubahan tersebut. Metode penelitian meliputi pengambilan sampel di pit dan stockpile, preparasi sesuai standar ASTM, serta pengujian laboratorium terhadap inherent moisture, ash content, volatile matter, dan fixed carbon. Hasil penelitian menunjukkan bahwa batubara mengalami perubahan kualitas setelah berada di stockpile, ditandai dengan penurunan inherent moisture sebesar 2,54% (17,64% menjadi 15,10%), penurunan ash content sebesar 0,16%, penurunan volatile matter sebesar 0,28%, serta penurunan fixed carbon sebesar 0,18%. Perubahan ini dipengaruhi oleh kondisi lapangan, kontaminasi material selama penambangan, curah hujan, tingkat porositas batubara, serta proses handling di stockpile. Temuan ini menegaskan perlunya perbaikan manajemen sampling, pengendalian air permukaan, dan penerapan prosedur penanganan material yang lebih ketat untuk meminimalkan degradasi kualitas batubara.

Kata kunci: Kandungan abu; kelembaban yang melekat; Kualitas Batubara; Materi yang Mudah Menguap; Terdekat.

1. LATAR BELAKANG

Batubara merupakan sumber daya alam yang tidak dapat diperbarui sehingga pemanfaatannya harus dilakukan secara efektif dengan tetap menjaga kualitasnya mulai dari area pit hingga penempatan di ROM stockpile. Kualitas batubara menjadi faktor penentu nilai jual dan kesesuaian dengan kebutuhan konsumen, sehingga pengendalian kualitas di setiap tahapan penanganan menjadi sangat penting. PT Trisensa Mineral Utama (TMU), sebagai perusahaan tambang di bawah PT TBS Energy Utama Tbk, menjalankan kegiatan eksplorasi batubara yang menuntut pengawasan kualitas secara konsisten.

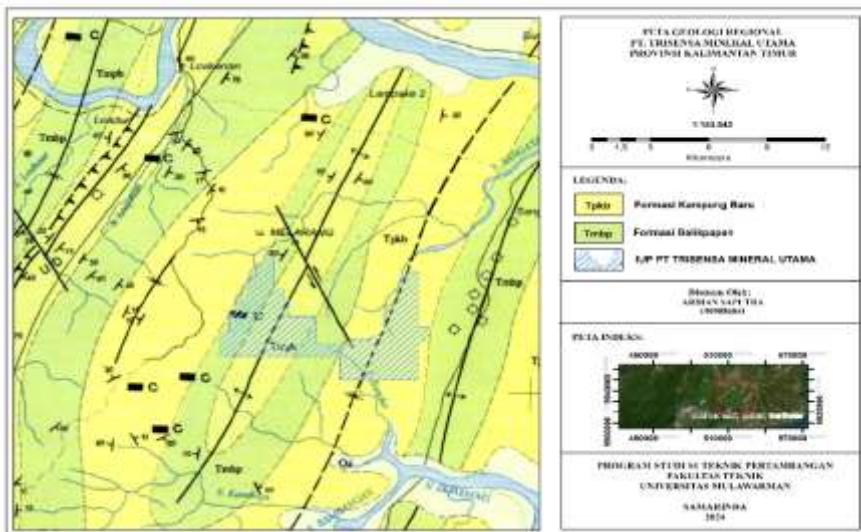
Dalam kegiatan penambangan, penurunan kualitas batubara sering terjadi akibat berbagai faktor seperti kondisi lapangan, proses pengangkutan, cuaca, serta penanganan material. Perubahan ini dapat berdampak signifikan terhadap nilai ekonomi dan pemenuhan spesifikasi batubara. Oleh karena itu, diperlukan monitoring kualitas dari area in-situ hingga ROM stockpile untuk mengidentifikasi potensi perubahan serta mencegah degradasi kualitas, khususnya terkait parameter proksimat seperti inherent moisture, residual moisture, ash content, volatile matter, dan fixed carbon.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kualitas batubara melalui pengujian laboratorium, mengetahui perubahan karakteristik batubara setelah berada di ROM stockpile, serta mengidentifikasi faktor-faktor yang menyebabkan perubahan tersebut. Selain itu, penelitian ini juga merumuskan langkah pencegahan untuk meminimalkan penurunan kualitas agar batubara tetap memenuhi standar yang dipersyaratkan oleh konsumen.

2. KAJIAN TEORITIS

Kondisi Geologi

Wilayah IUP PT Trisensa Mineral Utama secara geologi tersusun oleh Formasi Kampung Baru dan Formasi Pulaubalang yang didominasi batupasir kuarsa, lempung, lanau, batu gamping, serta lapisan lignit dan batubara berumur Miosen dengan lingkungan pengendapan laut dangkal hingga deltaik. Struktur geologi regionalnya dikontrol oleh lipatan dan sesar berarah Barat Daya–Timur Laut serta Barat Laut–Tenggara, dengan antiklin dan sinklin asimetris yang memengaruhi posisi dan penyebaran lapisan batubara. Kehadiran sesar normal, naik, mendatar, dan miring turut menyebabkan pergeseran dan penyingkapan beberapa lapisan batubara ke permukaan. Kombinasi litologi dan struktur geologi ini berperan penting dalam menentukan sebaran, kemiringan, serta kondisi geoteknik lapisan batubara yang menjadi acuan dalam kegiatan penambangan.



Gambar 1. Peta Geologi Regional PT. TMU.

Pembentukan Batubara

Genesa Batubara, terbentuk dari sisa tumbuhan yang kaya selulosa melalui proses pembatubaraan (coalification), yaitu perubahan biokimia dan kimia-fisika yang mengubah gambut menjadi lignit, subbituminus, bituminus hingga antrasit. Tahap biokimia terjadi di lingkungan rawa jenuh air melalui dekomposisi bakteri dan fungi, sedangkan tahap termodinamika dipengaruhi tekanan sedimen dan peningkatan suhu geotermal yang menurunkan kadar air, oksigen, dan zat terbang serta meningkatkan kandungan karbon dan abu. Proses ini juga menghasilkan gas metana yang dapat menimbulkan kebakaran atau ledakan jika lapisan batubara tersingkap atau terpapar panas, sehingga pemahaman genesa penting dalam keselamatan penambangan (Sukandarrumidi, 2005).

Klasifikasi Pembentukan Batubara (ASTM), Menurut standar ASTM, batubara diklasifikasikan berdasarkan sifat fisik dan kimianya seperti kadar air, kadar zat terbang, abu, dan karbon tetap, yang menentukan peringkat dan pemanfaatannya. Batubara dapat digunakan sebagai penghasil energi panas primer untuk industri seperti PLTU, semen, dan metalurgi, atau sebagai energi panas sekunder melalui konversi menjadi briket, bahan bakar cair, maupun gas. Bituminus dan subbituminus umumnya digunakan untuk pembakaran langsung, anthracite sebagai reduktor, lignit untuk PLTU mulut tambang atau konversi energi, sedangkan gambut lebih cocok sebagai media tanaman dibanding sebagai bahan bakar.

Sampling

Menurut Swanson dan Huffman (1976) dalam *Handbook of Coal Analysis* (Speight, 2005), pengambilan sampel batubara harus mengikuti prosedur yang baku agar data analisis kimia dan fisika dapat mewakili karakteristik material secara keseluruhan. Teknik sampling

yang tepat sangat penting karena sampel yang berbeda jenis tidak dapat dibandingkan, dan kualitas data sangat dipengaruhi oleh lokasi, jarak lubang bor, kedalaman pengambilan, serta ukuran inti bor yang digunakan. Muchjidin (2005) menjelaskan bahwa tujuan utama sampling adalah memperoleh bagian kecil material yang benar-benar representatif terhadap keseluruhan batubara, sehingga standar yang digunakan harus disepakati antara penjual dan pembeli. Dalam industri batubara, sampling diterapkan di seluruh tahapan coal chain—mulai dari eksplorasi, perencanaan tambang, penilaian preparasi, pengendalian kualitas, hingga transaksi jual-beli.

Menurut ASTM D2234, satuan terkecil sampling adalah increment, dan beberapa increment digabung menjadi gross sample. Jumlah dan berat increment ditentukan oleh ukuran butir (top size) batubara, di mana massa minimal satu increment dihitung menggunakan persamaan:

$$Massa = 0,06 \times D$$

Dengan D adalah ukuran partikel maksimum (mm). Jumlah minimum increment ditentukan melalui persamaan:

$$Number\ of\ increment = N \sqrt{\frac{\text{Tonase}}{1000}}$$

Sesuai pedoman ASTM. Pada pengambilan sampel di pit, titik sampling harus mewakili singkapan dan dapat dilakukan secara sistematis pada dinding bukaan hasil penggalian ealat gali-muat agar representatif. Standar-standar ini memastikan bahwa sampel yang diambil benar-benar mencerminkan kualitas batubara yang akan dianalisis.

Preparasi Sampel

Preparasi sampel merupakan tahap untuk menghasilkan sampel berukuran kecil namun tetap representatif terhadap sampel asal sebelum dianalisis di laboratorium. Menurut Muchjidin (2005), sampel analitik harus digerus hingga ukuran top size $\leq 0,2$ mm (-200 μm), dengan berat yang disesuaikan terhadap parameter analisis yang akan diuji. Preparasi sampel umumnya terdiri atas empat tahapan, yaitu pengeringan jika sampel terlalu basah, pengecilan ukuran partikel melalui crushing atau grinding, pencampuran agar sampel homogen, serta pembagian (division) untuk memperoleh massa sampel yang sesuai kebutuhan analisis.

Pada tahap pengeringan udara (*air drying*), perlakuan hanya dilakukan apabila sampel akan melewati alat pembagi atau penggerus, tanpa perlu dikeringkan hingga berat konstan atau pada suhu tinggi karena dapat menyebabkan oksidasi terutama pada batubara peringkat rendah. Pengeringan dapat dilakukan di atas drying floor atau dalam oven dengan suhu sekitar 10°C di atas suhu ruang. Standar preparasi ini memastikan bahwa sampel yang dikirim ke laboratorium mewakili karakteristik batubara sebenarnya dan menghasilkan data analisis yang akurat.

Kualitas Batubara

Batubara hasil penambangan secara alami mengandung berbagai pengotor baik organik maupun anorganik, termasuk sulfur, mineral halus, serta material asing yang terbawa selama proses sedimentasi dan penambangan. Oleh karena itu, evaluasi kualitas batubara melalui uji proksimat menjadi penting untuk mengetahui karakteristik utama yang meliputi residual moisture, inherent moisture, ash content, volatile matter, dan fixed carbon, sebagaimana mengacu pada standar ASTM (Febryanti, ISSN 2302-3333)

Inherent Moisture (IM)

Inherent moisture merupakan air yang terperangkap dalam pori alami batubara. Nilainya diperoleh melalui:

$$\text{Inherent Moisture} = \frac{\text{berat sampel sebelum pemanasan} - \text{berat sampel setelah pemanasan}}{\text{berat sampel sebelum pemanasan}} \times 100$$

Ash Content

Ash content adalah residi anorganik berupa oksida mineral seperti SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , dan komponen lain yang tersisa setelah pembakaran penuh. Nilai ash mencerminkan kandungan mineral tidak terbakar dan berpengaruh langsung terhadap kualitas energi batubara.

Volatile Matter (VM)

Volatile matter adalah fraksi zat terbang yang hilang saat batubara dipanaskan tanpa udara pada suhu 950°C . Perhitungannya sebagai berikut:

Rasio kehilangan massa =

$$\frac{(\text{berat cawan} + \text{tutup} + \text{sampel sebelum pemanasan}) - (\text{berat cawan} + \text{tutup} + \text{sampel setelah pemanasan})}{(\text{berat cawan} + \text{tutup} + \text{sampel sebelum pemanasan}) - (\text{berat cawan} + \text{tutup} + \text{tutup kosong})} \times 100$$

Volatile Matter = rasio kehilangan massa – Inherent Moisture

Fixed Carbon (FC)

Fixed carbon adalah kandungan karbon padat yang tersisa setelah moisture, ash, dan volatile matter dikurangi. Nilainya ditentukan berdasarkan:

$$\text{Fixed Carbon} = 100 - (\text{Inherent Moisture} + \text{Ash Content} + \text{Volatile Matter})$$

Basis

Basis adalah dasar yang dipakai untuk menyatakan nilai dari suatu parameter dan menginterpretasikan nilai tersebut pada kondisi tertentu batuabara. Interpretasi dari basis tersebut sesuai dengan istilah basisnya, misalkan seperti basis-basis di bawah ini:

As received / as sample basis (ar)

Nilai parameter atau kualitas batubara pada saat batubara tersebut diterima/disampling sebelum ada proses pengkondisian lain. Jika sampel batubara terawat dalam tempat terlindung maka tidak ada penambahan atau kehilangan kelembabannya.

Air dry basis (adb)

Nilai kualitas pada kondisi batubara setelah di air dried (dikering udara).

Dry basis (db)

Nilai kualitas pada kondisi batubara kering atau tidak memiliki nilai moisture (moisture free)

Dry ash free basis (dafb)

Nilai kualitas batubara pada kondisi batubara tersebut kering dan bebas dari ash.

Dry mineral matter free basis (dmmf)

Menginterpretasikan nilai batubara pada kondisi batubara tersebut tidak mengandung air dan mineral matter.

Moist, mineral matter free basis (mmmf)

Yaitu menginterpretasikan nilai kualitas pada kondisi batubara tersebut masih di dalam tanah (insitu coal) dan tidak mengandung mineral matter.

Tabel 1. Rumus Konversi Basis Pelapor Hasil Standar ASTM D-3180.

BASIS	BASIS YANG DIINGINKAN				
	AR	ADB	DB	DAFB	
AR		$\frac{100 - M_{ad}}{100 - TM}$	$\frac{100}{100 - TM}$	$\frac{100}{100 - (TM + A_{ar})}$	$\frac{100}{100 - (TM + MM_{ar})}$
ADB	$\frac{100 - TM}{100 - M_{ad}}$		$\frac{100}{100 - M_{ad}}$	$\frac{100}{100 - (M_{ad} + A_{ad})}$	$\frac{100}{100 - (M_{ad} + MM_{ad})}$
DB	$\frac{100 - TM}{100}$	$\frac{100 - M_{ad}}{100}$		$\frac{100}{100 - A_d}$	$\frac{100}{100 - MM_d}$
DAFB	$\frac{100 - (TM + A_{ar})}{100}$	$\frac{100 - (M_{ad} + A_{ad})}{100}$	$\frac{100 - A_d}{100}$		$\frac{100 - A_d}{100 - MM_d}$
DMMF	$\frac{100 - (TM + MM_{ar})}{100}$	$\frac{100 - (M_{ad} + MM_{ad})}{100 - TM}$	$\frac{100 - MM_d}{100}$	$\frac{100 - MM_d}{100 - A_d}$	

Keterangan :

TM = Kandungan Air Lembab Total (Total Moisture)

Mad = Kandungan Air Lembab Dalam Contoh (Moisture In The Analysis Sample)

A = Kandungan Abu (Ash Content)

MM = Bahan Mineral (Mineral Matter)

Ad = Telah Dikeringkan menggunakan udara bebas (Air Dried)

db = Telah Dikeringkan 105°C (Dry Basis)

ar = Sebagaimana yang diterima (As Received)

Penggunaan basis dalam pelaporan parameter kualitas batubara bertujuan untuk memastikan adanya keseragaman bahasa dan persepsi dalam proses analisis serta evaluasi data. Dengan acuan basis yang telah disepakati secara internasional, kesalahan interpretasi dapat dihindari sehingga setiap laporan kualitas batubara dapat dibaca dan dibandingkan secara konsisten.

Analisis Statistik

Statistik digunakan untuk menyusun, menggambarkan, dan menginterpretasikan kumpulan data baik dalam bentuk angka maupun non-angka melalui tabel, diagram, atau ukuran tertentu. Selain menggambarkan data, statistik juga mencakup ukuran-ukuran yang mewakili karakteristik suatu populasi atau sampel (Sudjana, 2001).

Ukuran Gejala dan Pusat Penyebaran

Ukuran gejala pusat digunakan untuk mewakili nilai utama data, salah satunya mean dihitung sebagai jumlah seluruh data dibagi jumlah data:

$$\text{Mean} = \frac{\text{Jumlah seluruh data}}{\text{Jumlah data}}$$

Selain itu terdapat ukuran lain, yaitu nilai maksimum (nilai terbesar), nilai minimum (nilai terkecil), serta range sebagai selisih keduanya:

$$\text{Range} = \text{Nilai Maksimum} - \text{nilai minimum}$$

Ukuran penyebaran meliputi standar deviasi, yaitu akar dari rata-rata penyimpangan kuadrat dari mean:

$$\text{Standar Deviasi} = \sqrt{\frac{\sum x^2 - (\sum x)^2/n}{n-1}}$$

Dari standar deviasi dapat diperoleh variansi, yaitu kuadrat standar deviasi:

$$\text{Variansi} = (\text{Standar Deviasi})^2$$

Sedangkan standard error digunakan untuk menunjukkan tingkat penyimpangan nilai rata-rata sampel terhadap populasi dan dihitung menggunakan:

$$\text{Standard Error} = \frac{\text{Standar Deviasi}}{\sqrt{\text{Jumlah data}}}$$

Analisis Regresi

Analisis regresi digunakan untuk meramalkan nilai variabel dependen berdasarkan perubahan variabel independen. Regresi linier merupakan metode yang paling umum, dengan dua bentuk utama yaitu regresi linier sederhana (satu variabel independen) dan regresi linier berganda (lebih dari satu variabel independen). Koefisien regresi menunjukkan besarnya perubahan variabel dependen akibat perubahan variabel independen (Priyatno, 2013). Model regresi linier sederhana dinyatakan sebagai:

$$Y' = b_0 + b_1 X$$

dengan Y' sebagai nilai yang diprediksi, b_0 konstanta, b_1 koefisien regresi, dan X variabel independen.

3. METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penulisan yaitu dengan pendekatan masalah yang berupa pengambilan bahan, baik berupa dasar teori maupun data-data objek yang diamati secara langsung dilapangan. Sehingga dilakukan dalam beberapa tahapan yang meliputi tahap pra lapangan, tahap lapangan, dan tahap paska lapangan.

Basis Pelaporan Analisis Batubara

Penelitian ini mencakup analisis perubahan kualitas batubara antara Pit B1 dan Rom Stockpile km 4, meliputi identifikasi faktor penyebab perubahan serta upaya pencegahannya. Pengambilan data dilakukan melalui tiga tahapan utama, yaitu:

Sampling

yaitu pengambilan sebagian komoditas sebagai sampel representatif menggunakan metode test pit sampling di Pit B1 serta sampling pada aliran batubara di Rom Stockpile.

Coal Preparation

yaitu proses pengolahan sampel meliputi pengeringan, pengecilan massa dan ukuran, pemilihan, dan pembubukan.

Analisis Kualitas Batubara

yakni pengujian laboratorium terhadap parameter Inherent Moisture, Residual Moisture, Ash Content, Volatile Matter, dan Fixed Carbon.

Standar Acuan

Seluruh proses sampling, preparasi, dan analisis kualitas di PT TMU mengikuti standar ASTM terbaru yang telah divalidasi oleh independent surveyor. Penggunaan standar ini memastikan hasil analisis akurat, konsisten, dan dapat dibandingkan secara internasional.

Cara Pengambilan Data

Metode Tidak Langsung (Sekunder)

- 1). Studi pustaka, mencakup teori batubara, kualitas batubara, peralatan analisis, statistik, dan penggunaan software SPSS.
- 2). Perumusan masalah, untuk menetapkan fokus analisis perbedaan kualitas antara batubara Pit B1 dan Rom Stockpile km 4.
- 3). Pengamatan lapangan, dengan mengamati proses sampling, preparasi, serta sistem pengujian kualitas batubara.

Metode Langsung (Primer)

1). Sampling

Pengambilan sampel di pit dilakukan dengan excavator untuk membuka singkapan batubara. Titik sampling ditentukan secara representatif, dan sampel diambil dari dinding lubang secara acak atau terstruktur.

2). Preparasi Sampel

Proses preparasi dilakukan untuk menghasilkan sampel analitik yang homogen. Tahapannya meliputi:

- a) Penerimaan sampel, pencatatan kondisi dan identitas sampel.
- b) Penghancuran (crushing) menggunakan jaw crusher untuk pengecilan ukuran partikel.
- c) Pemilahan (division) menggunakan rotary sample divider untuk mendapatkan sub-sampel representatif.

3). Analisis Proximate Batubara

- a) Inherent Moisture
- b) Ash Content
- c) Volatile Matter
- d) Fixed Carbon, dihitung dari komponen lainnya

Setiap parameter diuji secara duplo dan disertai hipotesis statistik untuk perbandingan nilai Pit B1 dan Stockpile km 4.

Rancangan Penelitian

Penelitian dilakukan pada dua sumber data: kualitas batubara Pit B1 dan Rom Stockpile km 4. Sampel dari kedua lokasi dianalisis melalui proses sampling, preparasi, dan uji laboratorium. Data diuji menggunakan SPSS 26, meliputi:

- 1) Analisis deskriptif dan induktif
- 2) Uji normalitas Shapiro-Wilk
- 3) Paired sample t-test untuk membandingkan dua kelompok data berpasangan
- 4) Analisis regresi linear untuk memprediksi hubungan antar-parameter kualitas batubara.

Peralatan Preparasi Sampel

Peralatan yang digunakan meliputi:

- 1) Pengering (air drying floor / air drying oven) untuk mengurangi moisture sampel dengan pengaturan suhu sesuai standar.

- 2) Penggerus (jaw crusher) untuk pengecilan ukuran sampel keras dan kering sebelum dilakukan pemilahan dan pembubukan.

Paired Sample Test

Paired sample t-test digunakan untuk menganalisis perbedaan dua kelompok data yang saling berhubungan, misalnya kualitas batubara sebelum dan sesudah berpindah lokasi (Pit B1 → Stockpile km 4). Uji ini menilai efektivitas perlakuan berdasarkan perbedaan rata-rata kedua kondisi. Model ini sesuai digunakan pada penelitian komparatif dengan data berpasangan (Widiyanto, 2013).

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Sampling Batubara

Pengambilan sampel dilakukan di Pit B1 dan Rom Stockpile Km 4 PT TMU menggunakan metode Cut Box Sampling, dibantu alat berat excavator untuk membuka singkapan batubara hingga mencapai dasar mine out. Titik penggalian ditentukan secara representatif agar sampel mencerminkan kondisi keseluruhan lapisan, kemudian sampel diambil dari dinding lubang dengan pola tertentu menggunakan meteran, sekop, palu/linggis, dan karung sampel. Penyimpangan kualitas batubara dipengaruhi oleh kondisi sampling, kegiatan penambangan, serta penanganan di stockpile; sehingga diperlukan langkah mitigasi seperti penerapan prosedur sampling yang tepat, pemasangan patok kualitas, teknik ripping yang benar, pencegahan kontaminan, pengendalian fine coal, dan manajemen stockpile yang baik. Sebelum dianalisis (Inherent Moisture, Volatile Matter, Ash Content, dan Fixed Carbon), seluruh sampel dari Pit B1 dan Stockpile Km 4 terlebih dahulu melalui tahap preparasi sesuai prosedur pada Bab 3 untuk menghasilkan sampel general analysis yang layak diuji di laboratorium.

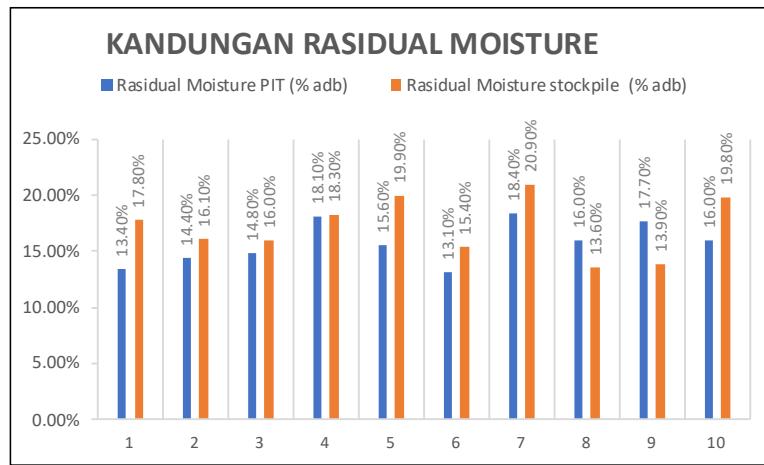
Hasil Pengujian Analisis Proximate Batubara

Analisis proximate meliputi Inherent Moisture, Volatile Matter, Ash Content, Residual Moisture, dan Fixed Carbon. Data hasil sampling Pit B1 dan Rom Stockpile Km 4 digunakan untuk mengevaluasi kesesuaian kualitas antara batubara saat di pit dan setelah berada di stockpile, sekaligus mengidentifikasi perubahan signifikan yang memerlukan investigasi lebih lanjut.

Inherent Moisture

Uji inherent moisture dilakukan untuk mengetahui perubahan kadar air dalam pori batubara akibat perpindahan dari Pit B1 ke Stockpile km4. Nilai inherent moisture dari kedua lokasi dibandingkan untuk menilai besarnya pengaruh proses handling terhadap kandungan air

internal batubara. Adapun uji analisis statistic menggunakan software SPSS 26.0 dengan uji normalitas *Shapiro-wilk* lalu dilakukan model *coefficient* analisis regresi pada gambar 2:

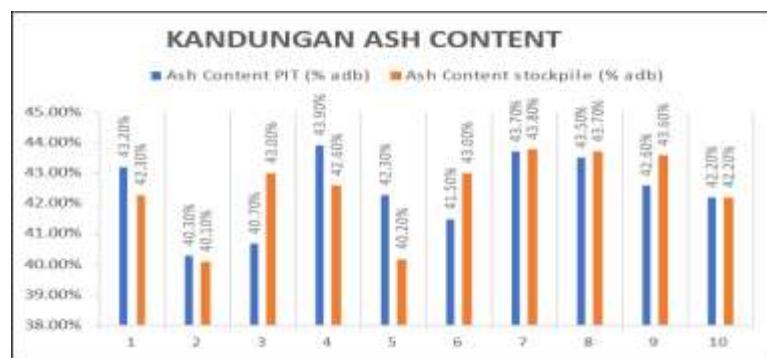


Gambar 2. Diagram regresi nilai prediksi dan Inherent Moisture batubara di Pit B1 dan Stockpile km4.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa perpindahan batubara dari Pit B1 ke Stockpile km4 menyebabkan penurunan rata-rata Residual Moisture sebesar 1,42% (17,170% menjadi 15,750%), yang dipengaruhi oleh curah hujan serta porositas batubara dimana pori yang lebih kecil menyebabkan kemampuan menyerap air lebih rendah. Berdasarkan model regresi, kandungan Residual Moisture batubara di km4 hanya dipengaruhi sekitar 0,1% oleh variabel prediktor, namun korelasi antara Residual Moisture Pit B1 dan Residual Moisture stockpile menunjukkan hubungan positif yang kuat ($R = 0,261$), sehingga kenaikan residual moisture di Pit B1 cenderung diikuti oleh kenaikan residual moisture di Stockpile km4.

Ash Content

Dalam pembakaran, semakin tinggi kandungan Ash batubara, semakin rendah panas yang diperoleh dari batubar tersebut. Berikut ini adalah data nilai Ash Content batubara Pit B1 dengan batubara produk yang berada di km4. Adapun uji analisis statistic menggunakan software SPSS 26.0 dengan uji normalitas *Shapiro-wilk* lalu dilakukan model *coefficient* analisis regresi pada gambar 3:

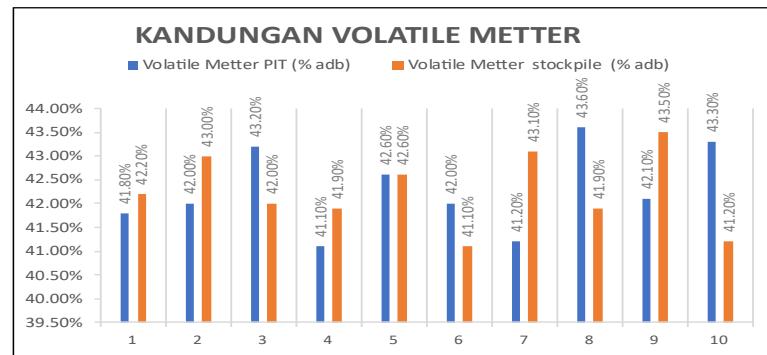


Gambar 3. Diagram regresi nilai prediksi dan Ash Content batubara di Pit B1 dan Stockpile km4.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa perpindahan batubara dari Pit B1 ke Stockpile km4 menyebabkan kenaikan ash content rata-rata sebesar 0,16% (42,390% menjadi 42,550%), yang dipengaruhi oleh kondisi batubara serta kontaminasi abu dari luar seperti clay dari roof/floor, intrusi, atau material basement saat pemuatan dan penumpukan. Analisis regresi menunjukkan kontribusi perubahan ash content terhadap nilai di km4 hanya sekitar 27%, namun hubungan keduanya memiliki korelasi sedang dan positif ($R = 0,529$), sehingga peningkatan ash content di Pit B1 cenderung diikuti peningkatan ash content di Stockpile km4.

Volatile Matter

Analisis Volatile Matter batubara Pit B1 dan batubara di Stockpile km4 dilakukan untuk mengetahui batubara yang hilang bila batubara tersebut dipanaskan tanpa udara pada temperature 905°C. Berikut pada Tabel 4.17 merupakan nilai residual moisture batubara pit B1 dengan batubara yang telah berada di Stockpile.



Gambar 4. Diagram regresi nilai prediksi dan Ash Content batubara di Pit B1 dan Stockpile km4.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa perpindahan batubara dari Pit B1 ke Stockpile km4 menyebabkan penurunan volatile matter rata-rata sebesar 0,14% (42,110% menjadi 42,250%). Analisis regresi melalui diagram batang dan Tabel 4.22 menunjukkan bahwa kontribusi perubahan volatile matter terhadap nilai di km4 hanya sekitar 0,58%, namun hubungan

keduanya tetap menunjukkan korelasi positif ($R = 0,241$), sehingga kenaikan volatile matter di Pit B1 tetap diikuti kecenderungan kenaikan volatile matter di Stockpile km4 meskipun pengaruhnya sangat kecil.

Fixed Carbon

Hasil analisis menunjukkan bahwa kandungan fixed carbon batubara mengalami penurunan ringan dari 22,52% pada Pit B1 menjadi 22,34% di Stockpile km4, dihitung menggunakan persamaan $FC = 100\% - (IM + Ash + VM)$. Perbandingan parameter kualitas lainnya juga menunjukkan perubahan minor akibat proses penanganan dan perpindahan batubara: inherent moisture sedikit meningkat (22,585% \rightarrow 22,755%), ash content menurun (24,174% \rightarrow 23,689%), volatile matter turun tipis (31,501% \rightarrow 31,216%), dan residual moisture meningkat signifikan (13,955% \rightarrow 16,9%). Secara keseluruhan, perubahan ini mengindikasikan pengaruh kondisi lingkungan dan penanganan material terhadap karakteristik proximate batubara.

Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Perubahan Kualitas Batubara

Perubahan kualitas batubara antara Pit B1 dan Stockpile km4 dipengaruhi oleh kondisi lapangan, proses sampling, serta preparasi sampel di laboratorium. Pada kondisi lapangan, penyimpangan dapat terjadi akibat sampling front yang menghasilkan sampel kurang bersih dan berpotensi terkontaminasi clay, shale, sandstone, atau material lain; batas kualitas (boundary) yang tidak diperhatikan sehingga batubara tercampur antar blok; serta proses penambangan yang memungkinkan masuknya overburden, clay band, silisified coal, dan material pengotor lain. Selain itu, ukuran partikel yang tidak seragam meningkatkan surface moisture, terbentuknya fine coal akibat aktivitas alat berat dan handling dapat menaikkan ash serta menurunkan nilai kalor, dan penumpukan batubara yang terlalu lama di stockpile memperbesar peluang kontaminasi serta degradasi kualitas.

Pada proses sampling, perubahan kualitas dapat dipengaruhi oleh kesalahan chance akibat increment yang tidak representatif serta kesalahan accidental selama proses pengambilan sampel. Pada tahap preparasi, batubara basah mudah melekat pada alat sehingga berpotensi mengubah komposisi sampel, sedangkan proses pengeringan yang tidak sesuai waktu standar (± 6 jam) menyebabkan sampel tidak konsisten sebelum analisis laboratorium.

Upaya Pencegahan dan Penanganan Penurunan Kualitas dari Pit hingga Stockpile

Upaya yang dilakukan untuk menjaga stabilitas kualitas batubara meliputi:

- 1) Mengatasi bias (penyimpangan) pada pengujian kualitas batubara di *front* dan *stockpile* dengan cara *sampling* pada *front* dan *stockpile* yang benar.

- 2) Pemasangan patok kualitas yang baik, sebelum melakukan kegiatan penggalian, terlebih dahulu dilakukan kegiatan *surveying* untuk mengetahui elevasi tempat yang akan dilakukan kegiatan penambangan
- 3) Melakukan teknik *ripping* yang benar agar ukuran batubara yang dihasilkan seragam.
- 4) Menghindari masuknya kontaminan pada saat proses penambangan
- 5) Mengatasi *fine coal* akibat proses penanganan (*handling*) dengan cara penyiraman secara rutin
- 6) Dilakukan proses *blending* batubara dengan tujuan untuk mengoptimalkan agar pemamfaatan nilai cadangan batubara yang mempunyai nilai kalori rendah , sehingga akan mempunyai nilai ekonomis yang tinggi.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Perbandingan Kualitas Batubara Pit B1 dan Rom Coal Stockpile Km 4 :

Inherent Moisture, Perubahan 1% Inherent Moisture pada batubara Pit B1 menghasilkan perubahan sebesar 0,017% pada batubara di Stockpile Km 4. Variasi ini terutama dipengaruhi oleh tingkat porositas batubara, di mana porositas yang lebih rendah menyebabkan kapasitas penyerapan air semakin kecil sehingga nilai Inherent Moisture cenderung menurun.

Ash Content, Perubahan 1% Ash Content di Pit B1 memengaruhi nilai abu di Km 4 sebesar 0,485%. Proses perpindahan menyebabkan kenaikan kadar abu rata-rata 0,16%, yang disebabkan oleh kondisi material serta potensi kontaminasi selama proses penambangan dan penanganan.

Volatile Matter, Perubahan 1% Volatile Matter di Pit B1 berdampak sebesar 0,35% pada batubara Km 4. Pergeseran lokasi menyebabkan perubahan Volatile Matter yang relatif kecil, yaitu rata-rata 0,01%, menunjukkan stabilitas parameter ini selama proses handling.

Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Penyimpangan Kualitas

Penyimpangan kualitas batubara pada front dan stockpile dipengaruhi oleh:

- 1) Kondisi dan metode sampling, termasuk representativitas titik sampling.
- 2) Kegiatan operasional penambangan, seperti teknik *ripping* dan potensi masuknya kontaminan.
- 3) Sistem penanganan dan penyimpanan di stockpile, terutama proses pemindahan, penumpukan, paparan cuaca, serta pembentukan *fine coal*.

Upaya Mengatasi Penyimpangan Kualitas

Beberapa langkah perbaikan untuk meminimalkan penyimpangan kualitas batubara adalah:

Penerapan prosedur sampling yang tepat, termasuk penentuan titik pengambilan sampel yang representatif dan pemasangan patok kualitas.

Pengendalian kualitas selama penambangan, seperti penerapan teknik ripping yang sesuai dan pencegahan kontaminasi material pengotor.

Pengelolaan stockpile secara optimal, meliputi penataan stockpile, pengendalian fine coal, serta pengurangan potensi kontaminasi selama proses handling.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Tuhan Yang Maha Esa atas taburan cinta dan kasih sayang-Mu telah memberikan kekuatan dan membekali penulis dengan ilmu atas karunia serta kemudahan yang engkau berikan, sehingga penulis dapat menyelesaikan jurnal ini, Terimakasih juga kepada Bapak dan Ibu Dosen yang sudah menggarhkan serta memberi saran kepada penulis dalam penyusunan jurnal ini. Terima kasih kepada kepada PT. Trinsensa Mineral Utama atas dukungan dan kerja sama yang diberikan selama proses penelitian, bantuan berupa penyediaan data, fasilitas, serta bimbingan teknis dari pihak perusahaan sangat membantu dalam pelaksanaan penelitian ini. Bagian ini disediakan bagi penulis untuk menyampaikan ucapan terima kasih, baik kepada pihak penyandang dana penelitian, pendukung fasilitas, atau bantuan ulasan naskah.

DAFTAR PUSTAKA

- Aina, F. (2017). Studi kualitas batubara Pit MT_37S4 Finish Coal B (stockpile) PT Singlurus Pratama Kecamatan Samboja Kabupaten Kutai Kartanegara Kalimantan Timur [Skripsi, Universitas Mulawarman].
- Ardinata, S. (2022). Analisis proksimat batubara menggunakan standar ASTM.
- Arif, I. (2014). Batubara Indonesia. Gramedia Pustaka Utama.
- De Vaus, E., & Yusuf. (2016). Statistik sosial.
- Farisnayan, I. S. (2020). Quality control batubara dari channel pit menuju stockpile. *Mining Insight*, 43–52.
- Febryanti. (n.d.). Analisis penentuan kualitas batubara berdasarkan uji proksimat. *Jurnal Bina Tambang*. ISSN 2302-3333.
- Muchjidin. (2006). Pengenalan mutu dalam industri batubara. Institut Teknologi Bandung.

- Mulyana, H. (2013). Sampling, preparasi, dan analisa batubara PT Geoservices Balikpapan.
- Nugroho, W. (n.d.). Hand out pemercontohan dan analisis batubara. Universitas Mulawarman.
- Pitaloka, M. (2021). Kajian kualitas batubara pada lokasi penambangan dan stockpile di pit. *Geoda*, 41–54.
- Priyatno. (2013). Analisis korelasi, regresi, dan multivariate dengan SPSS. Andi.
- Pusat Data dan Statistik Pendidikan, Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia. (2004). Modul pembelajaran SPSS (Statistical Package for the Social Sciences).
- Rahma, Y. F. (n.d.). Management pengendalian kualitas batubara berdasarkan parameter kualitas batubara mulai dari front sampai ke stockpile. *Jurnal Bina Tambang*, 110–120. ISSN 2302-3333.
- Speight, J. G. (2005). Handbook of coal analysis. Wiley. <https://doi.org/10.1002/0471718513>
- Sukandarrumidi. (1995). Batubara dan gambut. Universitas Gadjah Mada.
- Sukandarrumidi. (2005). Batubara dan pemanfaatannya. Universitas Gadjah Mada.
- Yos, D., & Inso. (2022). Perbandingan kualitas batubara di pit ROM. *Jurnal Teknik Pertambangan*, 26–32.
- Zicky Pradana, M. (n.d.). Analisis quality control batubara di stockpile. ISSN 2549-1008.