



Studi Pengaruh Lama Penumpukan Batubara terhadap Kualitas Proximate Batubara di *ROM Coal Stockpile* pada PT Multi Harapan Utama Kabupaten Kutai Kartanegara Provinsi Kalimantan Timur

Ronal^{1*}, Windhu Nugroho², Revia Oktaviani³, Agus Winarno⁴, Ardhan Ismail⁵

¹⁻⁵Universitas Mulawarman, Indonesia

**Penulis Korespondensi: ronalpalanda20@gmail.com*

Abstract. During the coal stockpiling process, the quality of coal may increase or decrease due to direct exposure to open environmental conditions, which can lead to changes in its characteristics. The longer the coal is stored in an open area, the more it undergoes changes caused by rainfall, heat, and air exposure, resulting in an increase in moisture content and ash content, while the calorific value decreases. Therefore, this research was conducted to determine the optimal coal stockpiling duration at the ROM coal stockpile to ensure that the calorific value does not significantly decrease. Coal sampling was carried out every two days from the initial time of stockpiling. After a two-month stockpiling period, the final coal quality results showed a total moisture of 13.89% (ar), inherent moisture of 15.95% (ad), ash content of 4.59% (ad), volatile matter of 40.3% (ad), and fixed carbon of 39.16% (ad). Based on these results, it can be concluded that the recommended storage duration for MCV-HS type coal at the ROM coal stockpile is 154 days. The laboratory analysis results obtained during the research indicate that the longer the coal is stored, the higher the moisture content and ash content become, while the calorific value continues to decrease. This occurs due to water absorption and oxidation reactions that take place during the coal storage period in the ROM coal stockpile.

Keywords: Calorific Value; Coal; Coal Quality; ROM Coal Stockpile; Stockpiling.

Abstrak. Dalam proses penimbunan batubara akan mengalami peningkatan dan penurunan kualitas batubara dikarenakan terjadinya kontak langsung dengan kondisi lingkungan terbuka yang dapat mengakibatkan perubahan pada karakteristik batubara tersebut. Dimana semakin lama batubara di timbun di tempat terbuka akan mengalami perubahan akibat terkenanya curah hujan, panas, dan udara sehingga nilai kadar air (moisture), nilai abu (ash content) akan meningkat sedangkan nilai kalori (calorific value) menurun. Oleh karena itu penelitian ini dilakukan untuk mengetahui lamanya waktu penimbunan batubara di *rom coal stockpile* yang baik sehingga nilai kalori pada batubara tidak mengalami penurunan yang drastis pada pengambilan sampel batubara dilakukan pada waktu per dua hari dari waktu awal penimbunan dilakukan. Hasil akhir penimbunan batubara selama dua bulan didapatkan kualitas batubara dari *total moisture* sebesar 13.89 % (ar), *inherent moisture* sebesar 15.95 % (ad), *ash content* sebesar 4.59% (ad), *volatile matter* sebesar 40.3 % (ad), dan *fixed carbon* sebesar 39.16 % (ad), dari hasil yang didapatkan dapat disimpulkan lama waktu penimbunan batubara di *ROM coal stockpile* dengan jenis batubara MCV-HS selama 154 hari. Hasil analisis laboratorium yang di dapat selama penelitian menunjukkan bahwa semakin lama batubara di timbun maka pada nilai kadar air (moisture) dan nilai kadar abu (Ash content) semakin meningkat sedangkan pada nilai kalori (calorific value) pada batubara semakin menurun. Hal ini disebabkan karena terjadinya penyerapan air dan reaksi oksidasi yang terjadi selama penyimpanan batubara di *ROM coal stockpile*.

Kata kunci: Batubara; Kualitas Batubara; Nilai Kalor; Penimbunan; Timbunan Batubara ROM.

1. LATAR BELAKANG

Penimbunan batubara merupakan salah satu dampak potensial terjadinya perubahan kualitas batubara sehingga mutu batubara perlu diawasi agar kualitas batubara tetap sesuai dengan standar pasar dan kebutuhan industri dimana batubara yang disimpan di *ROM coal stockpile* berisiko terkena paparan langsung oleh sinar matahari dan curah hujan, yang dapat mengakibatkan terjadinya penurunan kualitasnya. Manajemen *stockpile* harus menekankan pengelolaan penumpukan material tambang dengan memperhatikan aspek teknis, keselamatan, lingkungan, dan konservasi. Selain itu, *stockpile* juga berfungsi untuk mendukung konservasi

sumber daya dengan mengatur penyimpanan material cadangan maupun berkualitas rendah agar tetap dapat dimanfaatkan secara optimal (KEPMEN ESDM No. 1827 K/30/MEM/2018)

Lama penimbunan batubara di *ROM coal stockpile* dapat mempengaruhi kualitas batubara secara signifikan. Selama penyimpanan, batubara dapat mengalami oksidasi serta pembusukan yang dapat memengaruhi kadar air, kadar abu, kadar *volatile matter* dan kadar karbon aktif selama masa penimbunan. Faktor penyebab perubahan kualitas batubara diantaranya yaitu, kelembapan lingkungan, kontaminasi debu dan material lainnya, temperatur penyimpanan dan kondisi penyimpanan.

2. KAJIAN TEORITIS

Pengertian batubara

Batubara adalah suatu batuan sedimen organik berasal dari penguraian sisa berbagai tumbuhan yang merupakan campuran yang heterogen antara senyawa organik dan zat organik yang menyatu di bawah beban strata yang menghimpitnya. Batubara berasal dari tumbuhan yang telah mati, kemudian tertutup oleh lapisan batuan sedimen. Ketebalan timbunan lama kelamaan menjadi berkurang karena adanya pengaruh suhu dan tekanan tinggi (Muchijidin, 2006).

Kualitas Batubara

Analisis batubara adalah cara yang digunakan untuk menentukan sifat-sifat batubara dan digunakan untuk memproyeksikan penggunaan batubara. Pada kenyataannya, data yang diperoleh dari analisis batubara menentukan harga batubara dengan alokasi biaya produksi serta untuk mengendalikan operasi penambangan dan pembersihan dan untuk menentukan efisiensi pabrik. Namun demikian, keterbatasan metode analisis harus diakui. Jenis analisis yang biasanya diminta oleh industri batubara dapat berupa analisis *proximate* (kelembaban, abu, zat yang mudah menguap, dan karbon tetap) atau analisis *ultimate* (karbon, hidrogen, belerang, nitrogen, oksigen, dan abu) (Speight, 2015).

Kualitas suatu batubara dapat ditentukan dengan cara analisa parameter tertentu baik secara fisik maupun kimia. Kualitas batubara juga ditentukan oleh maseral dan mineral *matter* penyusunnya, serta oleh derajat *coalification (rank)*. Parameter kualitas batubara terdiri dari (Winarno dkk, 2021):

1) *Total moisture*

kandungan air total adalah banyaknya air yang terkandung dalam batubara baik yang terikat secara kimiawi (kandungan air bawaan) maupun akibat pengaruh kondisi luar

(kandungan air bebas). Kandungan air total sangat dipengaruhi oleh faktor keadaan seperti ukuran butir dan faktor iklim.

2) Analisis Proksimat

- a. *Inherent moisture*, kandungan air bawaan adalah air yang terikat pada struktur kimia batubara itu sendiri. Kandungan air bawaan berhubungan erat dengan nilai kalori, dimana bila kandungan air bawaan kecil maka nilai kalori meningkat
- b. Kandungan Zat Terbang (*Volatile Matter*), merupakan zat aktif yang menghasilkan energi atau panas apabila batubara tersebut dibakar. Zat terbang ini umumnya terdiri dari gas-gas yang mudah terbakar seperti hidrogen (H), karbon monoksida (CO) dan metan (CH4).
- c. Kadar Abu (*Ash content*), merupakan sisa-sisa zat organik yang terkandung dalam batubara setelah dibakar. Kandungan abu tersebut dapat dihasilkan dari pengotor bawaan dalam proses pembentukan batubara maupun dari proses penambangan.
- d. Kandungan Karbon Tetambat (*Fixed carbon*) adalah karbon yang tertinggal setelah dilakukan pembakaran pada batubara sesudah penguapan *volatile matter*. Dengan adanya pengeluaran zat terbang dan kandungan air, maka karbon terhambat secara otomatis akan naik dan meningkatkan kualitas batubara. pengukuran karbon tertambat merupakan bagian dari analisis proximate

Basis Pelaporan Hasil Analisis

Hasil analisis batubara biasanya didasarkan pada basis *Air Dried Basis* (ADB), namun terdapat basis lain dalam pelaporan hasil analisis batubara, basis tersebut digolongkan sebagai berikut (Sudarsono, 2003).

- a. *As Received* (Ar) adalah basis yang menyatakan parameter kualitas batubara pada saat diterima atau batubara hasil dari proses penambangan.
- b. *Air Dried Basis* (ADB) adalah batubara yang telah mengalami proses pemanasan lanjutan, sehingga kandungan air bebasnya hilang pada kondisi temperatur dan kelembaban standar sehingga tidak diperhitungkan lagi.
- c. *Dry Basis* (DB) adalah keadaan batubara kondisi dasar udara kering yang dipanaskan pada suhu standar, sehingga batubara dalam kondisi dasar kering dan bebas dari kandungan air total tapi masih mengandung abu.
- d. *Dry Ash Free* (DAF) adalah basis yang menyatakan suatu parameter kualitas batubara yang seolah olah sama sekali tidak mengandung air maupun abu.

- e. *Dry Mineral Matter Free* (DMMF) adalah basis ini diartikan sebagai *pure coal basis*, yang berarti batubara diasumsikan dalam keadaan murni dan tidak mengandung air, abu, serta zat mineral lainnya.

ROM Coal Stockpile

ROM (*Run of Mine atau Raw of Mine*) yang juga dikenal *stockpile* merupakan suatu tumpukan material batubara yang menjadi tempat penyimpanan sementara batubara sebelum dilakukan distribusi atau pemasaran. Material yang terdapat pada *ROM* didapat dari hasil *dumping* oleh *dump truck*. Lokasi *ROM* umumnya terletak di daerah yang strategis sehingga mudah untuk didistribusikan misalnya di dekat daerah *front* penambangan atau di dekat pelabuhan (Mulyana, 2005).

Regresi Linear Berganda

Menurut Sugiyono (2007) analisis regresi ganda digunakan oleh peneliti, bila peneliti bermaksud meramalkan bagaimana keadaan (naik turunnya) variabel dependen (kriteria), bila dua atau lebih variabel independen sebagai faktor prediktor dimanipulasi (dinaik turunkan nilainya). Jadi analisis regresi ganda akan dilakukan bila jumlah variabel independennya minimal 2.

Persamaan regresi untuk n prediktor adalah :

$$Y = a + b_1X_1 + b_2X_2 + \dots + b_nX_n \quad \dots \dots \dots \quad (2.14)$$

Menurut Gujarati (2003) asumsi-asumsi pada model regresi linier berganda adalah sebagai berikut :

- a. Model regresinya adalah linear dalam parameter Model harus berbentuk linear dalam parameter, meskipun tidak harus linear dalam variabel.
- b. Nilai rata-rata dari error adalah nol Hal ini menunjukkan bahwa model tidak bias (*unbiased*).
- c. Variansi dari error adalah konstan (*homoskedastik*)
- d. Tidak terjadi autokorelasi pada error Error pada satu observasi tidak berkorelasi dengan error pada observasi lain. Ini sangat penting dalam data runtun waktu (*time series*).
- e. Tidak terjadi multikolinieritas pada variabel bebas Variabel independen tidak boleh berkorelasi secara sempurna satu sama lain. Jika ada korelasi sempurna, maka model tidak bisa diestimasi karena tidak dapat mengidentifikasi kontribusi masing-masing variabel.

- f. Error berdistribusi normal. Asumsi ini tidak wajib untuk estimasi OLS, tetapi sangat penting untuk uji hipotesis dan membuat interval kepercayaan.

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan selama dua bulan (April – Juni) 2025 dengan pengambilan sampel batubara di *ROM coal stockpile* PT. Multi Harapan Utama. Metode penelitian ini dilakukan yaitu dengan pengambilan data primer yang meliputi Pengambilan data suhu dan pengambilan contoh sampel batubara untuk dilakukan uji kualitas batubara itu sendiri yang ada pada *ROM coal stockpile*. Parameter kualitas batubara yang di uji yaitu *total moisture, inherent moisture, ash content, volatile matter dan fixed carbon*. Data sekunder diperoleh dari perusahaan untuk data pendukung dalam penelitian ini yaitu data curah hujan, data awal *proximate* peta kesampaian daerah dan peta geologi regional.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

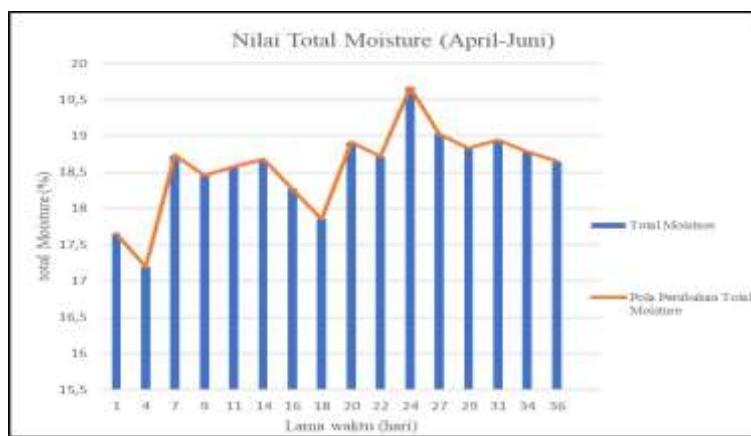
Kualitas batubara pada *ROM coal stockpile*

Kualitas batubara merupakan suatu parameter yang sangat penting untuk mengetahui karakteristik pembakaran dari suatu batubara tersebut, baik untuk keperluan industri maupun pembangkit tenaga listrik. Secara umum, kualitas batubara ditentukan oleh beberapa parameter utama, yaitu: kadar air (*moisture*), kadar abu (*ash content*), zat terbang (*volatile matter*), karbon tetap (*fixed carbon*), dan nilai kalor (*calorific value*).

Kualitas batubara di ROM (*Run of Mine*) *stockpile* menunjukkan bahwa suatu karakteristik fisik dan kimia batubara yang telah ditambang dari pit, namun belum mengalami proses pencucian, peremukan lanjutan (*crushing*), atau pengolahan lainnya. *ROM stockpile* berfungsi sebagai tempat penumpukan batubara sementara sebelum batubara di simpan di *stockpile* yang sudah di lakukan pengolahan atau di lakukan penjualan ke konsumen.

Nilai Total Moisture

Total moisture adalah kandungan air keseluruhan dalam batubara, yang terdiri dari *inherent moisture* (air yang terperangkap di dalam pori-pori batubara) dan *surface moisture* (air yang menempel di permukaan batubara).

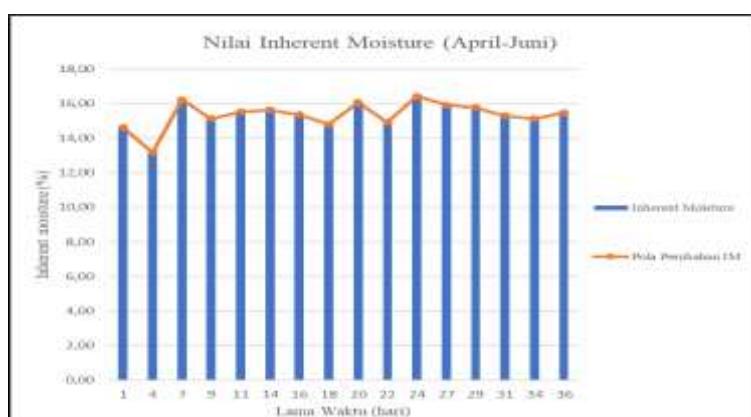


Gambar 1. Grafik Total Moisture.

Berdasarkan grafik diatas pada nilai *Total moisture* (TM) batubara mengalami perubahan selama penyimpanan di *ROM coal stockpile*. Pada penimbunan batubara di *ROM coal stockpile* mengalami perubahan kadar air total yang dapat di sebabkan oleh proses penguapan alami diakibatkan terkenanya paparan udara dan curah hujan sehingga terjadinya kenaikan nilai kadar air pada batubara. Pola naik turunnya nilai *total moisture* menunjukkan bahwa kadar air total dalam batubara sangat berpengaruh oleh faktor eksternal seperti curah hujan, cuaca, paparan sinar matahari dan lamanya penimbunan.

Nilai Inherent Moisture

Inherent moisture adalah kandungan air yang terperangkap secara alami pada suatu pori-pori batubara dan tidak dapat dihilangkan secara pengeringan biasa di udara terbuka namun Kelembapan ini hanya bisa diuapkan melalui pemanasan dalam kondisi tertentu di laboratorium.



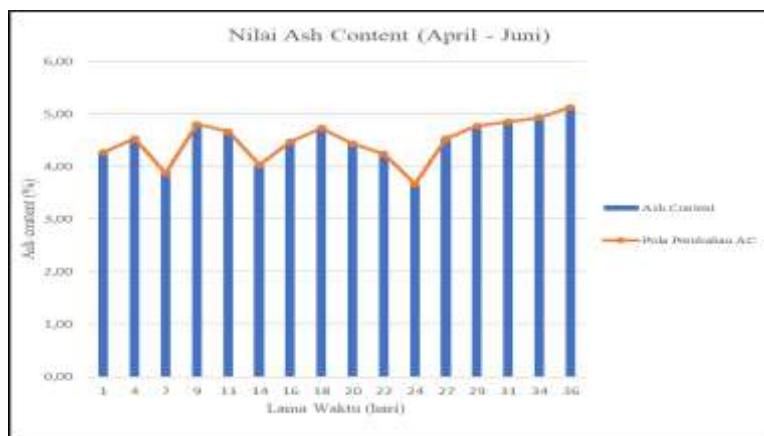
Gambar 2. Grafik Inherent Moisture.

Berdasarkan grafik di atas pada nilai *inherent moisture* (IM) batubara menunjukkan adanya perubahan selama penyimpanan di *ROM stockpie* . Kadar *inherent moisture* menurun dapat disebabkan oleh proses penguapan air akibat perbedaan suhu dan sirkulasi udara disekitar

penumpukan batubara. Sedangkan kadar *inherent moisture* meningkat dapat disebabkan batubara mulai menyerap kembali kelembapan dari lingkungan terutama terjadinya peningkatan kelembapan udara dan hujan perubahan kadar *inherent moisture* mengikuti kondisi lingkungan dan sifat *higroskopis* batubara selama masa penyimpanan di *ROM coal stockpile*

Nilai Ash Content

Dalam karakterisasi batubara, salah satu parameter penting yang menentukan kualitas adalah kadar abu (*ash content*). *Ash content* merupakan sisa pembakaran residu anorganik yang tertinggal setelah batubara dibakar sempurna pada suhu tinggi di laboratorium

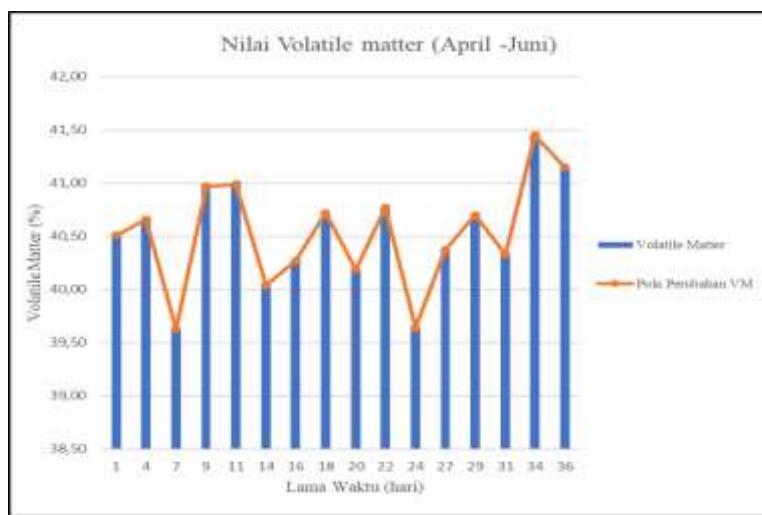


Gambar 3. Grafik Ash Content.

Berdasarkan grafik diatas pada nilai *ash content* (AC) atau kadar abu batubara menunjukkan adanya kenaikan dan penurunan selama masa penimpanan di *ROM coal stockpile*. Kadar abu mengalami penurunan disebabkan oleh perbedaan komposisi material batubara atau hilangnya partikel halus akibat proses pengeringan alami. Kenaikan kadar abu (*ash content*) dapat disebabkan oleh akumulasi partikel mineral anorganik, oksidasi atau tercampurnya material pengotor seperti debu dan tanah selama proses penimbunan. Pola perubahan dipengaruhi oleh faktor lingkungan serta kondisi penanganan di area *ROM coal stockpile*.

Nilai Volatile Matter

Volatile matter adalah suatu komponen zat yang mudah menguap dalam suatu batubara yang terlepas sebagai gas atau uap saat batubara dipanaskan tanpa adanya udara. Komponen ini terdiri dari senyawa hidrokarbon, hidrogen, oksigen, dan senyawa volatil lainnya.

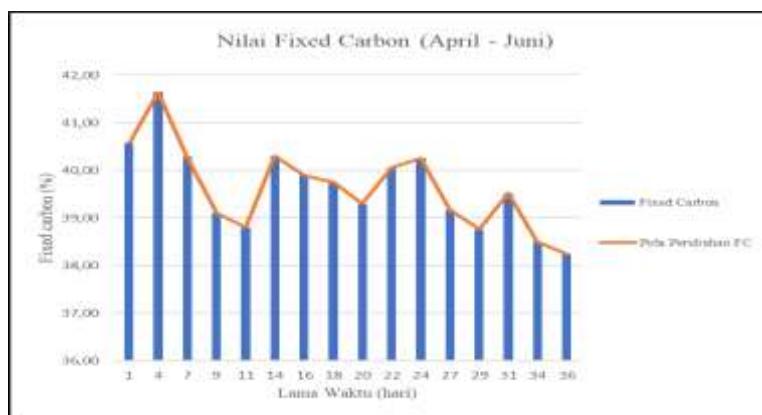


Gambar 4. Grafik Volatile Matter.

Berdasarkan grafik di atas pada nilai *volatile matter* (VM) batubara menunjukkan adanya kenaikan dan penurunan selama masa penyimpanan di *ROM coal stockpile*. Penurunan nilai *volatile matter* secara umum dapat disebabkan oleh proses oksidasi ringan dan penguapan senyawa hidrokarbon *volatile* akibat paparan udara dan suhu lingkungan selama penyimpanan. Nilai *volatile matter* meningkat dapat dikaitkan dengan adanya perubahan komponen organik *volatile* dalam batubara. Hal ini menunjukkan bahwa proses penimbunan dalam jangka waktu penimpunan tidak memberikan pengaruh signifikan terhadap kandungan senyawa *volatile* dalam batubara

Nilai Fixed Carbon

Fixed carbon adalah bagian dari batubara yang terdiri dari karbon murni yang tersisa setelah batubara mengalami proses pembakaran dan semua kandungan *zat volatil* (*volatile matter*) serta kelembaban (*moisture*) telah menguap.



Gambar 5. Grafik Fixed Carbon.

Berdasarkan grafik di atas pada nilai *fixed carbon* (FC) batubara mengalami kenaikan dan penurunan selama penumpukan di *ROM coal stockpile*. Penurunan nilai *fixed carbon* seiring bertambahnya waktu penumpukan dapat mengindikasikan bahwa batubara mengalami proses Penurunan akibat paparan dari kondisi lingkungan seperti suhu, kelembapan, dan udara selama penumpukan dan juga dapat mempengaruhi nilai *fixed carbon* selama penimbunan kondisi ini menunjukkan sebagian karbon padat mengalami reaksi kimia lambat (*slow oxidation*) yang tidak hanya menurunkan kandungan karbon tetapi dapat mempengaruhi efisiensi termal batubara saat digunakan.

Analisis Regresi Lineae Berganda

Regresi linear berganda adalah metode statistik yang digunakan untuk menganalisis hubungan antara satu variabel dependen. Pengolahan regresi linear berganda dilakukan dengan menggunakan bantuan *software SPSS*. Dalam konteks ini, variabel X1 merupakan nilai curah hujan, X2 nilai suhu sekitar *ROM coal stockpile* dan X3 merupakan lama hari penumpukan batubara pada *ROM coal stockpile*. Pada analisis regresi linear berganda ini, nilai X1 dan X2 ditetapkan sebesar 19,56 untuk nilai curah hujan dan 35,54 untuk nilai suhu sekitar *ROM coal stockpile*. Penentuan nilai ini didasari dari nilai rata rata yang didapatkan pada saat penelitian dilakukan.

Berdasarkan hasil pengolahan data menggunakan software SPSS, diperoleh persamaan regresi linear berganda dengan variabel tetap adalah *total moisture, inherent moisture, ash content, volatile matter dan fixed carbon* sedangkan variabel bebas adalah curah hujan, suhu dan lama penumpukan. Melalui persamaan tersebut dapat dihitung durasi penumpukan yang masih memenuhi batas toleransi kualitas yang ditetapkan perusahaan, yaitu *total moisture* dan *inherent moisture* berada pada kisaran 20%–25%, *ash content* 5%–7%, *volatile matter* 40%–45%, serta *fixed carbon* 30%–35%.

Untuk hasil pengujian regresi linear berganda pada nilai *total moisture* dan *analisis proximate* yaitu:

Dari hasil perhitungan tersebut, diperoleh bahwa lama waktu penumpukan yang memenuhi seluruh kriteria kualitas tersebut adalah selama 154 hari.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan data hasil pengolahan SPSS tersebut diperoleh lama hari yang ideal untuk menjaga kualitas *proximate* batubara sesuai dengan batas toleransi perusahaan yaitu selama 154 hari. Hasil dari pengolahan tersebut menunjukkan bahwa lama penumpukan batubara memiliki hubungan berbanding lurus terhadap nilai *total moisture*, *inherent moisture*, *ash content*, dan *volatile matter* yang dapat diartikan semakin lama batubara ditumpuk, maka nilai-nilai parameter tersebut cenderung meningkat. Sebaliknya, pada nilai *fixed carbon*, lama penumpukan menunjukkan hubungan berbanding terbalik, yaitu semakin lama batubara ditumpuk, maka nilai *fixed carbon* cenderung menurun

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Bapak dan Ibu dosen yang telah membimbing, mengarahkan serta memberi saran kepada penulis dalam penyusunan jurnal ini. Terima kasih juga kepada PT Multi Harapan Utama yang telah mewadahi penulis selama melaksanakan penelitian serta kepada semua pihak yang telah membantu yang tidak dapat penulis disebutkan satu persatu.

DAFTAR REFERENSI

- Alfarisi, A., Ibrahim, E., & Asyik, M. (2017). Analisis potensi *self-heating* batubara pada *live stock* dan *temporary stockpile* Banko Barat PT Bukit Asam. *Jurnal Pertambangan*, 1(3).
- Arif, I. (2014). *Batubara Indonesia*. Gramedia Pustaka Utama.
- ASTM International. (1999). *ASTM D388: Standard classification of coals by rank*. ASTM International.
- ASTM International. (2017). *ASTM D6883: Standard practice for manual sampling of stationary coal from railroad cars, barges, trucks, or stockpiles*. ASTM International.
- Gujarati, D. N. (2003). *Basic econometrics* (4th ed.). McGraw-Hill.
- Hermanto, H., & Sujiman, S. (2019). Manajemen kegiatan penumpukan batubara pada stockpile di PT Alamjaya Bara Pratama Kabupaten Kutai Kartanegara Provinsi Kalimantan Timur. *Jurnal Geologi Pertambangan (JGP)*, 25(2).
- Jolo, A. (2017). Manajemen stockpile untuk mencegah terjadinya swabakar batubara di PT PLN (Persero) Tidore. *Jurnal Teknik Dintek*, 10(2).
- Kemod, B., Rande, S. A., & Purnomo, H. (2020). Kajian teknis sistem penimbunan batubara di stockpile PT Bara Kumala Jobsite PT Pancaran Surya Abadi. *Mining Insight*, 1(2), 263–272.

- Kusuma, L. T. W. N., & Andriani, D. P. (2016). *Pengantar statistik industri*. UB Press.
- Muchijidin. (2006). *Pengendalian mutu dalam industri batubara*. Institut Teknologi Bandung.
- Noprayedi, R. (2024). *Kajian teknis desain dan manajemen penimbunan batubara di ROM stockpile pada PT Caritas Energi Indonesia Site Batubara Jambi Lestari Desa Tanjung Pauh KM 34 Kecamatan Mestong Kabupaten Muaro Jambi Provinsi Jambi* (Skripsi). Universitas Jambi.
- Palagan, P. R., Fisher, B., & Darto. (2018). *Analisis data statistik menggunakan SPSS*. UM Jakarta Press.
- Reza. (2016). *Kajian teknis desain dan manajemen penimbunan batubara pada stockpile PT Bukit Asam (Persero) Tbk. Tanjung Enim, Sumatera Selatan* (Skripsi). Universitas Sriwijaya.
- Rusdi, I. (2023). *Modul penggunaan SPSS untuk pengolahan dan analisis data*. Kementerian Kesehatan Republik Indonesia.
- Sihombing, P. R. (2022). *Aplikasi SPSS untuk statistisi pemula*. PT Dewangga Energi.
- Speight, J. G. (2015). *Handbook of coal analysis* (2nd ed.). Wiley.
<https://doi.org/10.1002/9781119037699>
- Sudarsono, A. S. (2003). *Preparasi dan pencucian batubara*. Institut Teknologi Bandung.
- Sugiyono. (2017). *Statistika untuk penelitian*. Alfabeta.
- Sukandarrumidi. (2004). *Batubara dan gambut*. Universitas Gadjah Mada.
- Sukandarrumidi. (2006). *Batubara dan pemanfaatannya*. Gadjah Mada University Press.