



Studi Pencegahan Swabakar Batubara di Muara Tiga Besar, PT XYZ

Reynara Qaulan Fatwa Adiwikarta, Sriyanti, Linda Pulungan*

Prodi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Islam Bandung, Indonesia.

ARTICLE INFO

Article history :

Received : 11/5/2024

Revised : 20/7/2024

Published : 24/7/2024



Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.

Volume : 4

No. : 1

Halaman : 57 - 64

Terbitan : **Juli 2024**

ABSTRAK

Batubara merupakan jenis batuan sedimen yang dihasilkan dari proses pengangkutan dan pembatubaraan dalam cekungan di rawa-rawa. Indonesia memiliki perusahaan Badan Usaha Milik Negara (BUMN) penghasil batubara yaitu PT XYZ Tbk yang terletak di Tanjung Enim, Sumatera Selatan. Pada umumnya, batubara akan mengalami penurunan kualitas yang disebabkan oleh terjadinya swabakar akibat waktu penyimpanan yang lama. Swabakar (Spontaneous combustion) adalah proses pembakaran tanpa adanya sumber panas dari luar dikarenakan respon oksidasi eksotermis yang menyebabkan peningkatan temperatur. Swabakar yang terjadi pada batubara menyebabkan batubara tersebut harus dipisahkan dari timbunan dan tidak dapat dijual, apabila hal ini berlangsung secara terus menerus akan mengakibatkan kerugian pada perusahaan. Hasil penelitian dibagi menjadi pengamatan penelitian dan pengukuran penelitian. Berdasarkan hasil tersebut penelitian ini mengungkapkan bahwa penyebab terjadinya swabakar di PT XYZ Tanjung Enim dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti temperatur timbunan, temperatur lingkungan, arah angin, kecepatan angin, sistem paritan, sistem pembongkaran, dan sistem penimbunan. Sementara itu, untuk mencegah swabakar maka dapat dilakukan melalui manajemen LIFO pada sistem pembongkaran, melakukan kontrol pada ketinggian stockpile, sistem paritan, dan juga dilakukannya pemadatan pada stockpile.

Kata Kunci : Batubara; Stockpile; Swabakar.

ABSTRACT

Coal is a sedimentary rock produced from peat and rock formation processes in swamp basins. Indonesia has a coal-producing State-Owned Enterprise (BUMN), namely PT XYZ Tbk, which is located in Tanjung Enim, South Sumatra. In general, coal will experience a decrease in quality due to self-burning and long storage times (livestock). Spontaneous combustion is a self-combustion process without any external heat source due to an exothermic oxidation response, which causes an increase in temperature. Spontaneous combustion that occurs in coal causes the coal to be separated from stockpiles and cannot be sold; if this continues continuously, it will result in losses for the company. Research results are divided into research observations and research measurements. Based on these results, this research reveals that several factors, such as embankment temperature, environmental temperature, wind direction, wind speed, trenching system, demolition system, and embankment system, influence the causes of spontaneous combustion at PT XYZ Tanjung Enim. Spontaneous combustion can be prevented through LIFO management in the demolition system, controlling the stockpile height, trenching system, and compacting the stockpile. Meanwhile, preventing spontaneous combustion can be done through LIFO management in the demolition system, controlling the stockpile height, trenching system, and compacting the stockpile.

Keywords : Coal; Stockpile; Spontaneous Combustion.

Copyright© 2024 The Author(s).

Corresponding Author : Email : *linda.lindahas@unisba.ac.id

Indexed : Garuda, Crossref, Google Scholar

DOI : <https://doi.org/10.29313/jrtp.v4i1.3881>

A. Pendahuluan

Indonesia merupakan salah satu negara dengan sumber daya alam yang melimpah, salah satunya batubara. Perusahaan badan usaha milik negara (BUMN) yang menghasilkan batubara adalah PT XYZ Tbk yang terletak di Tanjung Enim, Sumatera Selatan. Pada umumnya harga pasar batubara dapat dipengaruhi oleh kandungan zat serta kualitas batubara yang menjadi permintaan dan kebutuhan beberapa konsumen. Batubara yang telah ditambang akan disimpan pada daerah penyimpanan (live stock) dan penyimpanan sementara (temporary stockpile).

Dalam waktu penyimpanan batubara akan mengalami beberapa penurunan kualitas salah satunya disebabkan oleh swabakar. Kasus swabakar merupakan salah satu masalah serius di industri tambang yang dapat menimbulkan banyak kerugian bagi perusahaan. Salah satu kasus swabakar yang terjadi di wilayah Sumatera Selatan yang diduga terjadi sejak tahun 2010 dengan perkiraan live stock yang terbakar sekitar 3,3 hektar dengan perkiraan volume batubara yang terbakar sekitar 300.000 m³. (www.sumselupdate.com)

Pada tambang batubara PT XYZ Tanjung Enim sering terjadi peristiwa swabakar pada batubara yang ditumpuk di beberapa stockpile. Swabakar yang terjadi pada batubara menyebabkan batubara tersebut harus dipisahkan dari timbunan dan tidak dapat dijual, apabila hal ini berlangsung secara terus menerus akan mengakibatkan kerugian pada perusahaan. Oleh sebab itu, penelitian ini difokuskan untuk mengkaji proses swabakar pada batubara di stockpile PT XYZ Tanjung Enim untuk mengurangi kerugian yang diterima perusahaan akibat swabakar di stockpile.

Dengan adanya penelitian swabakar pada stockpile ini diharapkan memberikan manfaat berupa studi swabakar mengenai karakteristik batubara di stockpile yang dapat membantu perusahaan untuk melakukan Tindakan pencegahan swabakar di stockpile sehingga kerugian ditimbulkan oleh swabakar pada perusahaan dapat dikurangi.

Batubara merupakan padatan yang dihasilkan dari proses penggabutan dan pematuration yang dilakukan dengan membentuk cekungan pada rawa-rawa sehingga tercipta suatu bahan bakar hidrokarbon. Pembentukan batubara berlangsung dalam jangka waktu geologi yang terdiri dari tahapan bio-geokimia yang mengakumulasi tumbuhan dengan kandungan lignin dan selulosa didalamnya. Proses pematuration terjadi karena adanya bantuan dari faktor tekanan yang meliputi kedalaman dan juga faktor temperatur yang berkaitan dengan berkurangnya kadar air dalam batubara [1].

Definisi batubara secara lebih lanjut adalah jenis batuan sedimen yang dihasilkan dari pendekomposisi tumbuhan dalam kurun waktu kurang lebih 300 juta tahun. Proses dekomposisi ini dikarenakan adanya mekanisme biologi mikroba yang menyebabkan terjadinya perubahan kandungan selulosa dari oksigen menjadi air dan karbondioksida. Perubahan tersebut dipengaruhi oleh tekanan panas bumi yang mendorong terbentuknya sebuah lapisan tebal seiring berjalannya waktu selama jutaan tahun yang berakhir pada pematuration dan pengerasan lapisan [2].

Proses Pembentukan Batubara

Faktor yang menyebabkan adanya perubahan dan pembagian tingkatan batubara tersebut adalah faktor kimia dan fisika yang bekerja di alam sehingga menyebabkan selulosa berubah menjadi lignit, subbituminus, bituminus ataupun antrasit. Proses pembentukan batubara terbagi menjadi 2 tahap meliputi penggabutan dan pematuration.

Tahap Penggabutan (*peatification*) adalah tahap penyimpanan dari akumulasi sisa-sisa tumbuhan untuk membebaskannya dari oksigen (anaerobik) dengan menggunakan metode penisiran (*drainage*) yang buruk dengan kondisi menggenang pada kedalaman diukur dari permukaan air rawa dengan jarak beberapa inci. Material tumbuhan yang telah mengalami pembusukan akan melepaskan unsur C, O, N, dan H yang berbentuk senyawa NH₃, H₂O, dan CO₂, sehingga dapat dijadikan sebagai humus. Kemudian bakteri anaerobik bersama dengan fungsi akan mengubah material tumbuhan tersebut menjadi gambut [3].

Tahap pematuration (*coalification*) adalah tahap pendiagnosis pada unsur organik gambut yang dapat meningkatkan temperatur akibat kombinasi dari proses fisika, kimia, dan biokimia. Ketiga proses tersebut berlangsung secara bersamaan yang dipengaruhi oleh beban pada sedimen, sehingga menjadikannya tertutup dalam jangka waktu geologi. Pada tahap ini, terjadi peningkatan jumlah karbon dan penurunan jumlah

oksigen serta hidrogen yang menyebabkan terbentuknya batubara dengan beragam tingkatan maturitas material organik[3].

Kualitas Batubara

Menurut *American Standard Testing and Material* (ASTM), klasifikasi kelas (*grade*) batubara berdasarkan kualitasnya terbagi menjadi empat kelas utama yang ditentukan dengan cara menganalisis nilai kalor secara *proximate*, serta total kandungan sulfur dan densitas secara *ultimate* [4].

Lignit

Lignit adalah batubara dengan tekstur seperti kayu dan memiliki warna hitam. Lignit berada pada tingkatan terendah dan diklasifikasikan sebagai batubara yang terdapat di daerah peralihan dari jenis gambut ke batubara [2].

Sub-bituminus

Sub-bituminus adalah batubara yang memiliki kandungan oksigen dan air yang cukup besar, namun kandungan karbonnya sedikit. Sub-bituminus umumnya berwarna hitam dan merupakan peralihan batubara antara jenis lignit dan bituminous, sehingga diklasifikasikan sebagai batubara tingkat rendah [2].

Bituminus

Bituminus adalah batubara dengan tekstur ikatan yang baik berbentuk mineral padat dan berwarna hitam ataupun coklat tua. Bituminus memiliki sifat rapuh (*brittle*) karena terbentuk dari bongkahan beberapa lapisan prismatic yang menyebabkannya tidak mengeluarkan air dan gas apabila dilakukan proses pengeringan. Bituminus biasanya digunakan dalam bidang industri, transportasi, hingga pembangkit listrik tenaga uap [2].

Antrasit

Antrasit adalah batubara yang bertekstur keras dan kuat dengan warna hitam mengkilat seperti kaca. Antrasit memiliki kandungan zat terbang kurang dari 10% dan karbon lebih dari 93% sehingga diklasifikasikan sebagai batubara dengan tingkatan tertinggi [2].

Stockpile Batubara

Stockpile batubara dipahami sebagai suatu wadah yang digunakan untuk menyimpan batubara yang dimasukkan pertama kali setelah diangkut dari tempat distribusi ataupun industri tempat penggalian material tambang dengan proses yang panjang. Hal ini menyebabkan batubara tersebut tidak dapat dipastikan kualitas aslinya seperti sebelum diangkut dan dimasukkan pada wadah penyimpanan [5]. Parameter-parameter yang dapat menjadi pengaruh menurunnya kualitas dan kuantitas dari batubara ketika ditimbun pada ROM *stockpile* diantaranya adalah berkaitan dengan masalah swabakar (*spontaneous combustion*). Fungsi *stockpile* antara lain yaitu; (1) Sebagai penopang (*buffer*) sebelum batubara dikirim dan diproses; (2) Sebagai pasokan untuk mengatasi hambatan jangka pendek maupun jangka panjang; serta (3) Sebagai proses pencampuran batubara (homogenisasi) untuk mempersiapkan batubara yang berkualitas dan sesuai dengan syarat yang telah ditentukan (*blending*).

Swabakar (spontaneous combustion)

Swabakar (*spontaneous combustion*) didefinisikan sebagai proses pembakaran tanpa pengaruh dari luar batubara yang disebabkan oleh respon oksidasi eksotermis yang kemudian berdampak pada meningkatnya temperatur tanpa adanya sumber panas eksternal [6]. Penyebab utama terjadinya swabakar adalah penumpukan batubara dengan waktu yang lama sehingga terpapar dengan udara luar. Hal ini dikarenakan pada umumnya, semakin lama batubara terpapar udara, maka memungkinkan batubara untuk teroksidasi dan menyebabkan swabakar. Penyebab Terjadinya pembakaran adalah karena adanya faktor – faktor seperti Bahan bakar (*fuel*), Oksidan (udara / oksigen). Panas (*heat*).

Penyebab Swabakar

Menurut [7] menyebutkan bahwa hal-hal yang dapat menyebabkan *swabakar* pada wilayah timbunan batubara meliputi:

Lama Penimbunan

Semakin lama batubara terekspos dengan udara, maka semakin besar kemungkinan batubara tersebut mengalami oksidasi yang berarti semakin besar kemungkinan terjadinya swabakar [8]. Akumulasi jumlah batubara setiap bulannya akan menyimpan panas akibat tidak lancarnya sirkulasi udara di dalam tempat penimbunan. Durasi penimbunan batubara yang direkomendasikan adalah selama 4 minggu (30 hari). Hal ini dikarenakan penimbunan yang semakin lama akan berdampak pada semakin banyaknya panas yang tersimpan di dalam timbunan. Selanjutnya kandungan udara di dalam timbunan akan meningkat dan oksidasi menjadi semakin cepat sehingga menyebabkan terjadinya swabakar batubara di wilayah penimbunan.

Sistem Penimbunan

Pada bagian wilayah timbunan yang memiliki rongga antar butir kecil dan tekstur padat maka temperarurnya akan lebih rendah. Sementara itu, swabakar cenderung terjadi pada bagian samping dan bukan pada bagian atas wilayah timbunan karena masuknya udara akan lebih mudah melalui rongga-rongga pada bagian samping yang tidak dipadatkan. Pemadatan pada wilayah timbunan batubara diperlukan untuk meminimalisir peningkatan temperarur batubara secara signifikan. Ketika menyimpan batubara untuk waktu yang lama, maka disarankan untuk memadatkan setiap *slope* tumpukan baik batubara tingkat rendah maupun tinggi [8]

Dimensi Timbunan

Dimensi timbunan batubara digambarkan sebagai ketinggian batubara yang sebelumnya telah melalui proses penyortiran ukuran dengan ketentuan ukuran tertinggi adalah 11-12 meter. Namun, apabila batubara mengalami penimbunan melebihi 1 bulan maka disarankan untuk menyortir batubaran pada ketinggian 6 meter.

Arah Angin

Aliran angin dan kecepatan angin merupakan penentu terjadinya swabakar pada batubara. Dalam hal ini, angin berperan untuk memindahkan panas pada *stockpile* sehingga berpengaruh terhadap kecepatan dari batubara dalam timbunan untuk terbakar [9]. apabila dominasi terpaan angin semakin tinggi pada bagian wilayah timbunan, maka akan menyebabkan respon oksidasi terjadi semakin cepat pada wilayah timbunan tersebut.

Ukuran Butir

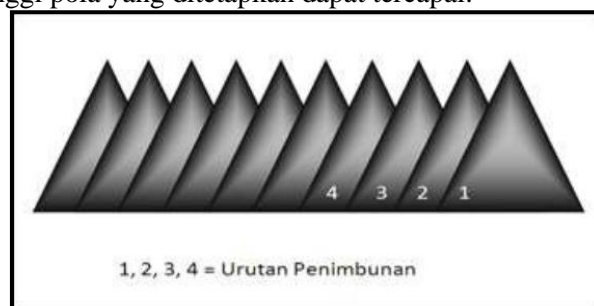
Ukuran butir batubara dapat mempengaruhi respon oksidasi menjadi lebih cepat atau lebih lambat. Hal ini dikarenakan semakin kecilnya ukuran batubara maka akan menyebabkan luas permukaan yang terpapar oksigen menjadi semakin besar, sehingga meningkatkan kemungkinan terjadinya swabakar. Berbeda halnya apabila ukuran batubaran semakin besar, maka proses swabakar yang terjadi akan semakin lambat.

Pola Penimbunan

Tujuan diterapkannya pola penimbunan batubara dimaksudkan dalam rangka melakukan penyesuaian pada jumlah batubara yang akan dimasukkan dalam *stockpile*. Menurut [10] mengklasifikasikan pola penimbunan batubara menjadi empat diantaranya sebagai berikut.

Cone shell

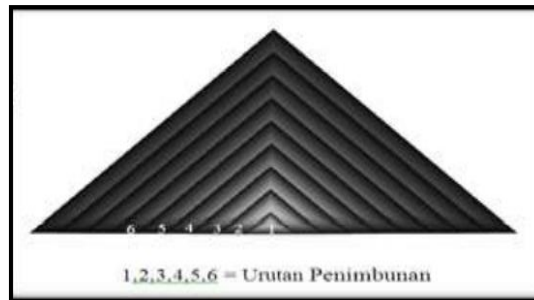
Cone shell adalah pola penimbunan yang diterapkan melalui penempatan satu baris material sejauh *stockpile* secara bolak-balik hingga tinggi pola yang ditetapkan dapat tercapai.



Gambar 1. Pola Penimbunan Cone Shell

Chevron

Chevron adalah pola penimbunan yang diterapkan melalui penempatan *stacker* sebagai awal dari tumpukan kerucut pertama yang diikuti dengan penempuhan tumpukan kedua secara berkelanjutan hingga timbunan memiliki tinggi yang sesuai dengan perencanaan.



Gambar 2. Pola Penimbunan Chevron

Chevcon

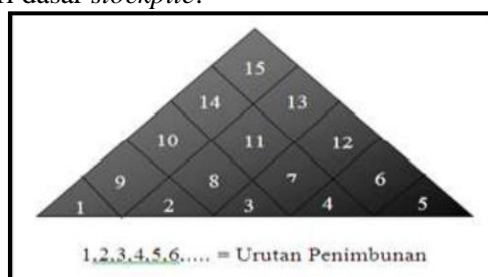
Chevcon adalah pola yang menggabungkan pola *cone shell* dan *chevron*, penerapan pola ini umumnya yaitu untuk menyimpan batubara yang berkapasitas lebih banyak dan berbentuk prisma terpancung atau limas.



Gambar 3. Pola Penimbunan Chevcone

Windrow

Windrow adalah pola penimbunan yang diterapkan melalui pembuatan baris setara dan sejauh lebar *stockpile* yang dilanjutkan hingga tinggi yang ditentukan. Setelah itu dimajukan ke depan dengan cara melakukan perubahan pada sudut *stacker* dari dasar *stockpile*.



Gambar 3. Pola Penimbunan Windrow

B. Metode Penelitian

Penelitian menggunakan data primer berupa pengambilan data temperatur batubara, kelembaban lingkungan, arah angin dan kecepatan angin, melakukan uji laboratorium sample batubara, analisis dilakukan dengan cara mencari hubungan dan korelasi antara kenaikan temperatur yang terjadi selama beberapa hari, hasil uji laboratorium, pengamatan yang dilakukan dan literatur yang ada, membuat kesimpulan dan saran dari penelitian.

C. Hasil dan Pembahasan

Penyebab terjadinya swabakar pada ini mengacu pada pengukuran langsung yang dilakukan yang terdiri dari temperatur timbunan, kecepatan angin, arah angin, temperatur lingkungan, dan faktor hujan. Swabakar terjadi pada sisi utara stockpile yang telah ditimbun lebih dari 14 hari. Berikut penjelasan penyebab terjadinya swabakar.

Temperatur Timbunan

Pada hari 14 timbunan mengalami kenaikan suhu yang cukup tinggi dengan rata-rata suhu di angka 65°C keatas dikarenakan pada hari sebelumnya (hari ke 12) mengalami hujan dan kemudian cuaca berubah menjadi panas dan dipengaruhi kecepatan angin sehingga pada hari tersebut pun mengalami swabakar. Pada hari ke 14 timbunan ini disebelah Utara mengalami swabakar yang mana batubara tersebut ditanggulangi dengan cara dipindahkan dan dipisahkan menggunakan excavator. Setelah di pindahkan dengan excavator, kemudian dozer mulai bergerak untuk memadatkan batubara yang terurai menggunakan excavator. Tujuan pemadatan ini agar batubara tidak berongga dan angin tidak masuk kedalam tumpukan agar tidak terjadi kembali swabakar pada batubara tersebut.

Angin

Pengambilan data dilakukan selama 10 hari . Pada hari pertama sampai hari ke 10 pengukuran, kecepatan angin dibawah 1,7 m/s. Kemudian pada hari ke 11 sampai hari ke 14 kecepatan angin mulai meningkat yang mana kecepatan angin diatas 1.7 m/s. Selanjutnya pada akhir pengukuran telah terjadi swabakar pada bagian Utara timbunan. Hal ini dikarenakan adanya korelasi antara kecepatan angin yang relatif kencang, kemudian adanya juga faktor hujan sebelum pengukuran yang mana setelah hujan tersebut cuaca kembali panas, serta belum adanya pemadatan ulang sehingga adanya rongga pada stockpile, alhasil temperatur timbunan mengalami peningkatan dan terjadi swabakar. Swabakar terjadi pada hari ke 14 dengan suhu sebesar 67.85°C. Jika dapat disimpulkan permukaan batubara yang paling sering diterpa anign akan mengalami proses oksidasi lebih cepat dibandingkan yang sangat jarang diterpa angin. Hal ini sesuai dengan penelitian V.Fieroo (1999) dimana angin adalah penyebab utama adanya ruang kosong diantara batubara sehingga dapat mempercepat terjadinya proses swabakar.

Pengaruh Temperatur Lingkungan

Stockpile ini diukur memiliki batubara yang ditumpuk pada stockpile ini adalah batubara dengan nilai kalor 4601 – 4800 kkal/kg(ar). Batubara di stockpile ini telah ditumpuk selama lebih dari 1 minggu sampai pada akhirnya di bongkar menggunakan Bucket Wheel Excavator. Temperatur lingkungan disekitar stockpile merupakan faktor yang tidak dapat dipisahkan pada peristiwa oksidasi batubara. Temperatur lingkungan berperan dalam naik turunnya temperatur batubara di stockpile. Dapat terlihat apabila temperatur lingkungan naik maka temperatur batubara akan cenderung naik.

Faktor Hujan

Pada penelitian ini hujan merupakan salah satu parameter terjadinya swabakar. Dari pengamatan yang dilakukan air hujan sangat berpotensi menimbulkan terjadinya swabakar. Pada saat terjadinya hujan pada stockpile, air hujan akan jatuh dan bahkan menggenangi timbunan batubara. Hujan yang terjadi ini akan membentuk rongga pada timbunan batubara dimana sebagiannya akan masuk ke rongga-rongga dan sebagian lainnya akan mengalami penguapan. Penguapan terjadi pada saat batubara dalam kondisi lembab yang mana penguapan ini mengeluarkan zat volatile matter yang memicu terjadinya swabakar pada batubara.

Kadar Volatile Matter

Kadar volatile matter merupakan salah satu parameter yang tidak bisa dipisahkan dari proses swabakar. Kandungan volatile matter yang dimaksud adalah semua komponen yang ada pada batubara kecuali moisture. Kandungan volatile matter ini merupakan bisa rantai hidrokarbon, hidrokarbon dan bisa juga mineral-mineral lain yang ada pada batubara. Kemudian untuk mengetahui pengaruh volatile matter ini diambil dari sample awal dan akhir tumpukan stockpile tersebut dan sample tersebut diuji di Laboratorium.

D. Kesimpulan

Stockpile yang diukur memiliki arah angin dominan dari arah barat ke timur. Untuk sistem pembongkaran menggunakan sistem LIFO (Last In First Out) yaitu di mana batubara yang terakhir kali ditimbun paling awal diambil menggunakan alat Bucket Wheel Excavator (BWE) dan diangkut menuju Reclaimer Feeder (RF) menggunakan Belt Conveyor kemudian batubara tersebut dikirim menuju stockpile. Stockpile ini menggunakan pola penimbunan chevcon ini membentuk dimensi seperti limas terpancung yang mana pada bentuk limas terpancung ini menyebabkan bagian sisi samping timbunan batubara akan lebih mudah dikenai udara bebas lebih banyak. Dengan adanya kontak dengan udara luar dengan terus menerus akan memicu terjadinya swabakar. Faktor – faktor yang mempengaruhi swabakar diantara lain yaitu temperatur timbunan, temperatur lingkungan, arah angin, kecepatan angin, sistem paritan, sistem pembongkaran, dan sistem penimbunan. Proses pencegahan pada stockpile ini yaitu dengan cara dilakukan pemadatan pada daerah stockpile yang dianggap telah memiliki rongga dan untuk proses penanganan apabila terjadi swabakar yaitu dengan cara memindahkan batubara yang telah terbakar ke sisi stockpile kemudian untuk memadamkan batubara yang telah terbakar ini dengan cara disiram hingga padam.

Daftar Pustaka

- [1] Sukandarrumidi, *Batu dan Gambut*. UGM Press, 1995.
- [2] Billah. M, *Peningkatan Nilai Kalor Batubara Peringkat Rendah Dengan Menggunakan Minyak Tanah Dan Minyak Residu*. UPN Press, 2010.
- [3] Sulistiawati, *Proses Pembentukan Batubara, Analisis Penelitian Dan Pengembangan Geologi*. ITB Press, 1992.
- [4] & O. D. F. Kirk R E, *Encyclopedia of Chemical Technology*, 4th ed., vol. 6. The Inter Science Encyclopedia., 1979.
- [5] A. JoIO, *Manajemen Stockpile untuk Mencegah Terjadinya Swabakar Batubara di PT.PLN (PERSERO) Tidore*, 2nd ed., vol. 10. Jurnal Teknik Dintek, 2017.
- [6] P. , S. U. , & K. C. Huw, *Prevention and Control of Spontaneous Combustion: Best Practice Guidelines for Surface Coal Mines in South Africa*. 2011.
- [7] M. N. , I. E. , & N. Y. B. Filah, *Analisis Terjadinya Swabakar Dan Pengaruhnya Terhadap Kualitas Batubara Pada Area Timbunan 100 / 200 Pada Stockpile Kelok S Di PT. Kuansing Inti Makmur*, 1st ed., vol. 1. Jurnal Pertambangan, 2016.
- [8] Muchjidin, *Pengendalian Mutu dalam Industri Batubara*. Institut Teknologi Bandung, 2006.
- [9] A. , A. M. , & E. A. Ejlali, *Numerical Analysis of Fluid Flow and Heat Transfer in Microchannels*, 1st ed., vol. 25. International Journal of Heat and Technology, 2009.
- [10] G. , K. O. , & A. E. Ökten, *Storage of Coal: Problems and Precautions*, vol. 2. Energy Storage Systems, 2008.
- [11] M. R. Apriyadi, *Kajian Teknis Manajemen Penimbunan Batubara di ROM Stockpile PT. Ganda Alam Makmur Kecamatan Kaubun dan Karang Kabupaten Kutai Timur Kalimantan*, 1st ed., vol. 6. JeLAST: Jurnal PWK, Laut, Sipil, 2018.
- [12] M. , & A. Arta, *Rancangan Teknis Stockpile 2 Di PT Bukit Asam Tbk, Unit Pelabuhan Tarahan - Lampung*, 1st ed., vol. 4. Jurnal Bina Tambang, 2019.
- [13] R. , S. & A. Y. Fathoni, *Manajemen Penimbunan Batubara pada Lokasi Rom Stockpile PT. Titan Wijaya, Desa Tanjung Dalam, Kecamatan Ulok Kupai, Kabupaten Bengkulu Utara, Provinsi Bengkulu*, 1st ed., vol. 3. Prosiding Teknik Pertambangan, 2016.

- [14] A. V. , A. R. , & A. Y. M. Palox, *Kajian Teknis Penimbunan Batubara pada ROM Stockpile Untuk Mencegah Terjadinya Swabakar Di PT. Prima Dito*, 3rd ed., vol. 3. Jurnal Bina Tambang, 2018.
- [15] S. , Y. M. , & H. H. E. Syahrul, *Efektivitas Penggunaan Cara Pemadatan untuk Mencegah Terjadinya Swabakar pada Temporary Stockpile PIT 1B di PT Bukit Asam (Persero) TBK Tanjung Enim*. Jurnal Teknik Pertambangan, 2014.
- [16] L. , A. A. , P. C. D. , & Jondriawan. Utamakno, *Kajian Teknis Sistem Penimbunan Batubara Pada Intermediate Stockpile Di PT. Indonesia Pratama Tabangkabupaten Kutai Kartanegara Kalimantan Timur Sebagai Langkah Dalam Konservasi Energi*, 2nd ed., vol. 3. Prosiding Seniati, 2017.
- [17] G. Widodo, *Pernyataan Pers Tahunan Menteri Luar Negeri RI (PPTM) 2009*. 2009.
- [18] Siti Nurul Khotimah and Sri Widayati, “Rencana Teknis dan Ekonomis Reklamasi Tambang di PT. X Baleendah,” *Jurnal Riset Teknik Pertambangan*, pp. 65–74, Jul. 2022, doi: 10.29313/jrtp.v2i1.1000.