

ANALISIS UPAYA PENCEGAHAN SWABAKAR PADA STOCKPILE RL 56 TAMBANG AIR LAYA PT BUKIT ASAM, Tbk. TANJUNG ENIM

Elsy Sonia Lukalma Putri^{1*}, Suhardiman Gumanti², Dedi Yansen³

Universitas Prabumulih

Jl. Patra No. 50, Sukaraja, Kec. Prabumulih Selatan., Kota Prabumulih, Sumatera Selatan 31111, Indonesia

Email: elsyputri28@gmail.com

ARTICLE INFO

Article history:

Received:

30 August 2025

Revised:

02 September 2025

Accepted:

03 September 2025

Kata Kunci: Swabakar, Batubara, Stockpile, Penimbunan, FIFO, Suhu Batubara

Keywords: Self-burning, Coal, Stockpile, Hoarding, FIFO, Coal Temperature

Abstrak

Batubara merupakan salah satu sumber energi utama di Indonesia, yang seringkali disimpan sementara di stockpile sebelum didistribusikan. Namun, penyimpanan ini rentan terhadap self-combustion, yaitu proses pembakaran spontan yang disebabkan oleh reaksi oksidasi batubara yang mengakibatkan peningkatan suhu. Self-combustion di stockpile dapat menurunkan kualitas batubara dan menyebabkan kerugian perusahaan. Salah satu lokasi yang mengalami hal ini adalah Left Stock RL 56, stockpile batubara AL 71 di Tambang Air Laya PT Bukit Asam, Tbk. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis faktor-faktor penyebab self-combustion serta upaya penanggulangan dan pencegahannya. Metode yang digunakan meliputi observasi lapangan, pengumpulan data primer dan sekunder seperti data suhu batubara, dimensi stockpile, pola penimbunan, data curah hujan, dan kualitas batubara, yang kemudian dianalisis. Hasil penelitian menunjukkan bahwa self-combustion di lokasi penelitian dipicu oleh beberapa faktor utama, yaitu periode penimbunan yang lama (kurang lebih ± 5 bulan), sistem FIFO yang belum optimal, ketinggian penimbunan mencapai 11 meter, dan peningkatan suhu batubara yang signifikan di beberapa titik pengukuran. Pola penimbunan yang digunakan juga belum secara konsisten menerapkan sistem yang dapat meminimalkan risiko kebakaran sendiri. Langkah-langkah pencegahan yang disarankan meliputi penerapan manajemen penimbunan yang baik, pemantauan suhu rutin, penerapan sistem FIFO, dan penanganan langsung menggunakan alat berat ketika suhu terdeteksi tinggi. Dengan meningkatkan sistem manajemen penimbunan, potensi kebakaran di masa mendatang dapat diminimalkan.

Abstract

Coal is one of the main energy sources in Indonesia, which is often temporarily stored in stockpiles before distribution. However, this storage is susceptible to self-combustion, a spontaneous combustion process caused by the oxidation reaction of coal that results in an increase in temperature. Self-combustion in stockpiles can reduce coal quality and cause company losses. One location that experienced this is Left Stock RL 56, coal stockpile AL 71 at the Air Laya Mine of PT Bukit Asam, Tbk. This study aims to analyze the factors causing self-combustion and efforts to overcome and prevent it. The methods used include field observation, collection of primary and secondary data such as coal temperature data, stockpile dimensions, stockpiling patterns, rainfall data, and coal quality, which are then analyzed. The results show that self-combustion at the study location is triggered by several main factors, namely a long stockpiling period (approximately ± 5 months), a suboptimal FIFO system, a stockpiling height reaching 11 meters, and a significant increase in coal temperature at several measurement points. The stockpiling system used also does not consistently implement a system that can minimize the risk of fire itself. Recommended preventative measures include implementing good stockpiling management, regular temperature monitoring, implementing a FIFO system, and immediate handling using heavy equipment when high temperatures are detected. By improving the stockpiling management system, the potential for future fires can be minimized.

PENDAHULUAN

Batubara merupakan salah satu sumber energi potensial yang ada di Indonesia. Seiring dengan banyaknya permintaan konsumen terhadap batubara maka pihak produsen batubara juga melakukan peningkatan produksi (Arif, 2014). Batubara yang sudah didapat dari aktivitas penambangan kemudian disimpan pada *stockpile*. *Stockpile* adalah fasilitas untuk menampung batubara yang didapatkan dari hasil penambangan sebagai tempat penyimpanan sementara sebelum dilakukannya distribusi kepada konsumen. Permasalahan yang sering terjadi pada penyimpanan *stockpile* adalah terjadinya swabakar. Swabakar atau disebut juga *self combustion* adalah proses pembakaran batubara yang terjadi dengan sendirinya. Hal ini terjadi akibat reaksi oksidasi oksigen pada batubara yang membuat peningkatan pada suhu batubara dan menyebabkan pemanasan hingga akhirnya terbakar. Tumpukan batubara yang ada di *stockpile* yang mengalami swabakar dapat menyebabkan turunnya kualitas batubara yang akan mempengaruhi permintaan konsumen. Apabila hal ini terjadi secara terus menerus dapat merugikan pihak perusahaan dan kemudian perlu mengeluarkan biaya lebih untuk penanganan swabakar yang terjadi (Adiwikarta et al., 2024).

PT Bukit Asam, Tbk. pernah menghadapi permasalahan swabakar di beberapa lokasi *stockpile*, termasuk di area *Left Stock* RL 56 Tambang Air Laya, Tanjung Enim. *Left stock* RL 56 merupakan salah satu area penyimpanan utama untuk batubara kualitas AL 71 yang memiliki nilai kalori tinggi. Lokasi ini juga pernah mengalami kejadian swabakar yang menimbulkan kerugian, baik dari sisi penurunan kualitas batubara maupun biaya penanganan dan pemadaman. Kejadian swabakar di *Left Stock* RL 56 biasanya dipicu oleh lamanya waktu penimbunan, tingginya tumpukan batubara, serta kurang optimalnya manajemen *stockpile* seperti belum maksimalnya penerapan sistem FIFO (*First in First Out*) dan pemantauan suhu secara berkala. Pengalaman terjadinya swabakar di *Left Stock* RL 56 menunjukkan bahwa manajemen *stockpile* yang kurang baik, seperti pola penimbunan yang tidak efisien dan kurangnya pengawasan temperatur, dapat meningkatkan risiko swabakar. Maka dari itu, perlu dilakukan analisis penyebab terjadinya swabakar agar dapat dilakukan penanganan dan pencegahan, sehingga dapat meminimalisir kerugian akibat terjadinya swabakar. Diharapkan dengan manajemen yang baik, kondisi di *stockpile* RL 56 dapat terhindar dari terjadinya swabakar. Menyadari pentingnya manajemen yang baik terhadap kelancaran operasional pada lokasi *stockpile*, maka Penulis melakukan penelitian dengan judul Analisis Upaya Pencegahan Swabakar Pada *Stockpile* RL 56 Tambang Air Laya PT Bukit Asam, Tbk. Tanjung Enim.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dirancang sebagai sebuah studi observasional yang berlangsung intensif di lapangan selama dua bulan, dari 24 Maret hingga 23 Mei 2025. Proses penelitian dimulai dengan fase orientasi lapangan yang krusial. Pada tahap ini, peneliti melakukan survei pendahuluan untuk mengidentifikasi karakteristik fisik lokasi dan menentukan titik-titik sampling yang paling tepat untuk pengambilan data. Penentuan titik ini memastikan bahwa data yang dikumpulkan dapat mewakili kondisi keseluruhan dari timbunan batubara yang diteliti. Selanjutnya, dilakukan pengumpulan data primer yang menjadi fokus utama penelitian. Data ini meliputi tiga aspek kunci yaitu pertama, pengukuran presisi terhadap dimensi timbunan batubara (panjang, lebar, tinggi) untuk kalkulasi volume, kedua, monitoring suhu internal batubara secara periodik untuk mengawasi aktivitas termal dan risiko pemanasan spontan, dan ketiga, observasi langsung terhadap pola penimbunan yang diterapkan oleh tim operasional. Sebagai data pendukung, dilakukan juga pengumpulan data sekunder. Data ini mencakup catatan historis kualitas batubara dari pihak internal perusahaan dan data curah hujan dari lembaga meteorologi. Integrasi antara data pengamatan langsung di lapangan dengan data pendukung ini bertujuan untuk memberikan gambaran utuh mengenai faktor-faktor yang memengaruhi stabilitas dan kondisi timbunan batubara selama periode penelitian.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Stockpile RL 56 ini merupakan salah satu tempat penyimpanan sementara batubara hasil kegiatan penambangan sebelum di arahkan ke proses selanjutnya diangkut atau dipasarkan. Berdasarkan pengamatan di lapangan pada area *stockpile* RL 56 terdapat beberapa tumpukan yang terdiri dari dua kualitas yang berbeda yaitu kualitas AL 42 dan kualitas AL 71. Lokasi ini menjadi fokus penelitian karena memiliki potensi yang cukup besar terhadap risiko swabakar akibat berbagai faktor yang ada seperti lamanya penimbunan, sistem FIFO yang belum sepenuhnya berjalan lancar, tinggi tumpukan, dan kurangnya pengukuran suhu/temperatur pada batubara.

Lama Penimbunan

Lama waktu penimbunan batubara di *stockpile* berpengaruh terhadap meningkatnya risiko terjadinya swabakar. Batubara yang terekspose udara dalam jangka waktu panjang cenderung mengalami oksidasi yang memicu akumulasi panas. Berdasarkan hasil pengamatan di lapangan, batubara di *stockpile* RL 56 di tumpukan *stockpile* AL 71 waktu penimbunannya cukup lama yaitu berkisar ± 5 bulan sebelum di lakukan pengangkutan. Sistem FIFO di *stockpile* RL 56 belum berjalan dengan optimal. Hal ini mengakibatkan batubara yang masuk lebih dahulu tidak segera digunakan atau dipindahkan, sehingga batubara tertimbun lebih lama lalu mengalami oksidasi

dan akumulasi panas yang pada akhirnya meningkatkan potensi terjadinya swabakar. Dengan itu, lama penimbunan batubara hingga ± 5 bulan di stockpile RL 56 di tumpukan stockpile AL 71 menjadi salah satu faktor meningkatnya potensi swabakar di area tersebut.

Sistem dan Pola Penimbunan

Sistem penimbunan batubara di *Stockpile* RL56 menggunakan metode FIFO (*First in First Out*), yang berarti batubara yang pertama kali masuk harusnya yang pertama kali keluar. Namun, penerapannya belum optimal karena pengambilan batubara sering tidak sesuai urutan waktu penimbunannya, menyebabkan batubara bisa tertimbun terlalu lama hingga terjadi oksidasi yang meningkatkan risiko swabakar (*self-heating leading to spontaneous combustion*). Selain itu, pola penimbunan yang digunakan di *Stockpile* RL 56 adalah pola *dump per dump*, yaitu batubara ditumpuk secara bertahap mengikuti urutan kedatangan *dump truck*. sehingga timbunan menjadi tidak merata dengan kerapatan dan tinggi yang bervariasi. Akibatnya, beberapa area dalam tumpukan menjadi terlalu padat dan tertutup, sehingga panas terperangkap dan meningkatkan risiko swabakar.

Dimensi Timbunan

Dimensi timbunan berperan sebagai salah satu faktor yang dapat memicu terjadinya swabakar. Semakin besar tinggi timbunan, maka akumulasi panas di dalamnya juga akan semakin meningkat. Berdasarkan hasil pengukuran, diperoleh data luas alas sebesar 13.879 m^2 , luas atas sebesar 8.137 m^2 , tinggi 11 m, volume sebesar 119.691 m^3 . Tinggi timbunan AL 71 yang mencapai 11 meter melebihi batas maksimal 6 – 8 Meter yang direkomendasikan untuk penyimpanan jangka panjang. Ketinggian berlebihan ini menyebabkan panas dari oksidasi batubara terperangkap di bagian tengah dan bawah tumpukan, sehingga sulit keluar dan menumpuk di dalam. Apalagi jika volume tumpukannya besar, panas yang dihasilkan juga makin banyak dan makin sulit terdisipasi atau tersebar.

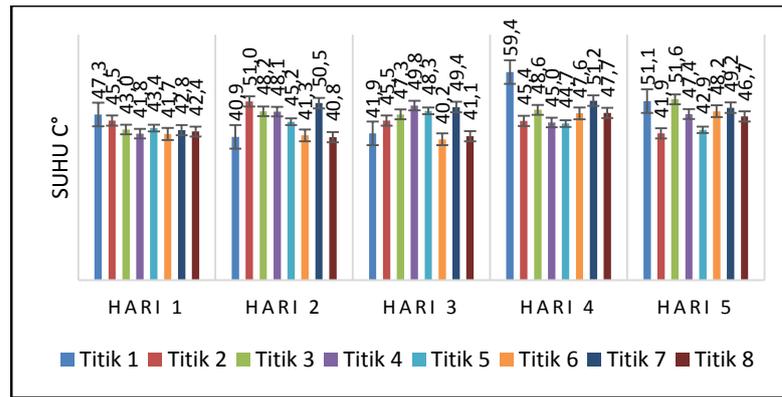
Suhu atau Temperatur Batubara

Pada penelitian ini dilakukan pengukuran temperatur pada tumpukan batubara. Hasil pengukuran suhu dilakukan selama 2 minggu, 5 hari dalam seminggu, dan di 8 titik pengambilan. Hasil pengukuran suhu pada minggu pertama dengan kondisi ketika tidak ada hujan suhu tumpukan batubara terus meningkat karena panas dari proses oksidasi batubara menumpuk tanpa ada pendinginan alami, dan kemudian pada minggu kedua ketika cuaca hujan suhu batubara turun karena air hujan membantu mendinginkan tumpukan dan mengurangi panas di dalamnya. Namun, meskipun turun suhu batubara tetap lebih tinggi dari suhu cuaca atau udara sekitar karena proses oksidasi di dalam tumpukan masih menghasilkan panas. Pengukuran suhu dilakukakan dengan menggunakan alat pengukur *Infrared Thermometer*. Selama pengukuran tersebut terdapat beberapa puncak kritis yang bisa menyebabkan terjadinya swabakar.

Suhu kritis yang tercatat pada beberapa titik pengukuran (ditandai dengan warna merah pada tabel) menunjukkan suhu pada level yang sangat berbahaya karena dapat menyebabkan swabakar pada batubara. Swabakar ini terjadi ketika suhu batubara meningkat hingga melewati ambang tertentu yang menyebabkan batubara terbakar dengan sendirinya akibat reaksi oksidasi. Sementara itu, pada bagian tabel yang berwarna biru, suhu yang dicatat merupakan suhu awal reaksi oksidasi batubara. Pada suhu ini, proses reaksi oksidasi mulai terjadi namun belum sampai pada titik kritis yang membahayakan atau menyebabkan terjadinya swabakar. Artinya, batubara dalam kondisi ini mulai mengalami pemanasan sendiri, tetapi belum mencapai suhu yang dapat memicu swabakar. Dapat dilihat pada Table 1. Data pengukuran suhu pada tumpukan batubara *stockpile* AL 71.

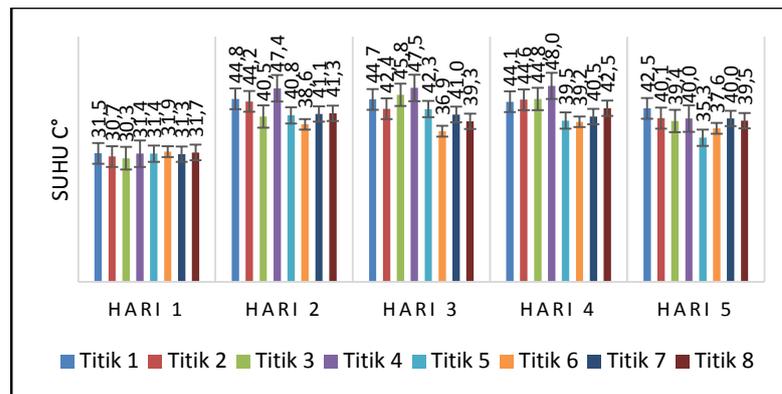
Tabel 1. Data pengukuran suhu pada tumpukan batubara *stockpile* AL 71

HARI	SUHU CUACA (C°)	TITIK SAMPEL (C°) MINGGU PERTAMA							
		1	2	3	4	5	6	7	8
Senin	30	47,3	45,5	43,0	41,8	43,4	41,7	42,8	42,4
Selasa	33	40,9	51,0	48,2	48,1	45,2	41,3	50,5	40,8
Rabu	30	41,9	45,5	47,3	49,8	48,3	40,2	49,4	41,1
Kamis	34	59,4	45,4	48,6	45,0	44,7	47,6	51,2	47,7
Jum'at	33	51,1	41,9	51,6	47,4	42,9	48,2	49,2	46,7
HARI	SUHU CUACA (C°)	TITIK SAMPEL (C°) MINGGU KEDUA							
		1	2	3	4	5	6	7	8
Senin	27	31,5	30,7	30,3	31,4	31,4	31,9	31,3	31,7
Selasa	30	44,8	44,2	40,5	47,4	40,8	38,6	41,1	41,3
Rabu	30	44,7	42,4	45,8	47,5	42,3	36,9	41,0	39,3
Kamis	32	44,1	44,6	44,8	48,0	39,5	39,2	40,5	42,5
Jum'at	30	42,5	40,1	39,4	40,0	35,3	37,6	40,0	39,5



Gambar 1. Grafik Suhu Batubara Minggu Pertama

Pada minggu pertama, kondisi cuaca cenderung cerah dengan suhu Udara berkisar antara 30°C hingga 34°C. Hasil pengukuran menunjukkan adanya peningkatan suhu batubara di sebagian besar titik. Misalnya, titik 1 mengalami kenaikan suhu dari 47,3°C (Hari 1) menjadi 59,4°C (Hari 4), dan titik 6 mencapai suhu 51,6°C (Hari 5). Peningkatan suhu ini terjadi karena proses oksidasi batubara berjalan tanpa adanya gangguan pendinginan dari luar (misalnya hujan). Reaksi oksidasi menghasilkan panas yang terjebak di dalam tumpukan, sehingga menyebabkan suhu batubara terus meningkat dari hari ke hari. Kondisi ini menunjukkan potensi awal terjadinya swabakar apabila tidak dilakukan penanganan yang tepat.



Gambar 2. Grafik Suhu Batubara Minggu Kedua

Sementara itu, memasuki minggu kedua terjadi penurunan suhu cuaca hingga 27–32°C disertai hujan. Kondisi ini berdampak langsung terhadap suhu batubara, yang cenderung menurun drastis. Sebagai contoh, pada minggu pertama suhu tertinggi ada pada titik 1 hari ke 4 mencapai 59,4°C, pada minggu kedua suhu terendah ada pada titik 3 hari ke 1 turun menjadi 30,3°C. Secara umum, seluruh titik menunjukkan penurunan suhu, dengan nilai rata-rata berkisar antara 30–45°C. Namun ada beberapa nilai berkisar 47–48°C yang merupakan suhu awal terjadinya reaksi oksidasi pada batubara. Meski terjadi penurunan, suhu batubara tetap lebih tinggi dibandingkan suhu lingkungan, yang menunjukkan bahwa reaksi eksotermis masih berlangsung namun terhambat oleh pendinginan dari hujan.

Upaya Penanganan Swabakar di *Stockpile* RL 56

Penanganan yang dilakukan di area *stockpile* RL 56 ketika terjadinya swabakar ditangani dengan cara menggali batubara yang memiliki titik asap menggunakan *Excavator* PC135, kemudian batubara tersebut akan

diambil di pindahkan ketempat lain di sekitar timbunan kemudian ditebar (*spreading*), dan selanjutnya dipadatkan menggunakan *dozer* atau *compact*.



Gambar 3. Proses Penanganan Swabakar Oleh Evcavator PC135

Upaya Pencegahan Swabakar di *Stockpile* RL 56

Upaya pencegahan swabakar perlu menjadi prioritas utama dan dilakukan secara optimal guna menghindari terjadinya insiden pada timbunan batubara di *stockpile* RL 56. Beberapa strategi pencegahan yang krusial untuk diperhatikan meliputi manajemen waktu dan penataan fisik timbunan. Dari segi waktu, sangat disarankan agar lamanya penimbunan batubara pada *stockpile* tidak melebihi satu bulan untuk meminimalisir risiko pemanasan berlebih. Hal ini dapat dicapai dengan memperbaiki dan mengoptimalkan sistem *First-In, First-Out* (FIFO) melalui manajemen produksi dan pengeluaran batubara yang terjadwal, sehingga tidak ada batubara yang tersimpan melebihi waktu yang direkomendasikan. Selanjutnya, dari aspek fisik, ketinggian timbunan perlu dikurangi untuk mengurangi dampak terpaan angin. Upaya ini harus diiringi dengan pemadatan pada timbunan secara merata yang bertujuan untuk mengurangi ruang bagi masuknya udara atau oksigen melalui celah-celah batubara. Sebagai langkah kontrol akhir, sangat penting untuk melakukan pengukuran suhu atau temperatur batubara secara rutin guna mendeteksi secara dini setiap perubahan atau peningkatan temperatur yang terjadi.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan yang didapatkan selama penelitian, maka dapat disimpulkan terdapat beberapa faktor penyebab terjadinya swabakar pada tumpukan batubara di *Stockpile* RL 56 yaitu, batubara yang ditimbun terlalu lama (hingga ± 5 bulan), pelaksanaan sistem FIFO (*First In First Out*) belum berjalan secara optimal, menggunakan pola penimbunan yang kurang efektif yaitu pola penimbunan *dump per dump*, tinggi timbunan yang mencapai 11 meter melebihi batas aman (6-8 meter), dan belum adanya pengukuran atau kontrol suhu batubara rutin. Upaya penanganan dan pencegahan swabakar pada *stockpile* RL 56 sebagai berikut, upaya penanganan swabakar adalah dengan cara menggali batubara yang memiliki titik asap menggunakan *excavator* PC135, kemudian batubara tersebut akan diambil di pindahkan ke tempat lain di sekitar timbunan kemudian ditebar (*spreading*), dan selanjutnya dipadatkan menggunakan *dozer* atau *compact*. Upaya pencegahan swabakar yang dilakukan dengan memperhatikan lamanya waktu penimbunan, melakukan manajemen FIFO (*First In First Out*), mengurangi ketinggian timbunan, melakukan pemadatan pada timbunan, dan melakukan pengukuran suhu/temperatur batubara secara rutin.

REFERENSI

- Adiwikarta, R. Q. F., Sriyanti, & Pulungan, L. (2024). Studi pencegahan swabakar batubara di Muara Tiga Besar, PT XYZ. *Jurnal Riset Teknik Pertambangan*, 4(1), 57–64. <https://doi.org/10.29313/jrtp.v4i1.3881>
- Afif, F. (2022). *Analisis teknis sistem penumpukan batubara terhadap kelancaran proses pemuatan dan pengangkutan batubara di PT Bukit Asam Tbk Pelabuhan Tarahan Lampung*. Universitas Lampung.
- Ardhityasari, D. F. (2017). *Analisis potensi self heating batubara pada stockpile PT X menggunakan software Nerself dengan parameter kualitas batubara*. Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta.
- Arta, M., & Ansosry. (2020). Rancangan teknis *stockpile* 2 di PT Bukit Asam Tbk, Unit Pelabuhan Tarahan - Lampung. *Jurnal Bina Tambang*, 4(1), 266–275.

- Azizah, D. A. (2022). *Identifikasi kualitas dan persebaran batubara berdasarkan analisa kandungan moisture, abu dan zat terbang batubara Blok A, PT Y, Kabupaten Musi Banyuasin, Sumatera Selatan*. Universitas Sriwijaya.
- Batubara Menurut ISO. (n.d.). KM Engineering. Diakses pada 19 Juli 2025, dari <https://kmengineering.co.id/jenis-batubara-menurut-iso/>
- Billah, M. (2010). *Peningkatan nilai kalor batubara peringkat rendah dengan menggunakan minyak tanah dan minyak residu* [Skripsi, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur]. CORE. <https://core.ac.uk/display/12218198>
- Cholil, M. A. (2023). *Analisis gejala swabakar batubara terhadap nilai suhu, nilai moist, dan nilai calorific value di stockpile PT X, Desa Nibung, Kecamatan Nibung, Kabupaten Musi Rawas Utara, Sumatera Selatan*. Universitas Sriwijaya.
- Halawa, A., & Musprianto, R. (2021). Analisis potensi *self combustion* batubara pada *stockpile* dengan menggunakan *software Nerself*. *Jurnal Ilmiah Teknologi FST Undana*, 17(1), 37–46.
- Jolo, A. (2017). Manajemen stockpile untuk mencegah terjadinya swabakar batubara di PT PLN (Persero) Tidore. *Jurnal Teknik DINTEK*, 10(2), 6–14.
- Nasir, S. (2022). *Bahan galian energi batubara* (Edisi Revisi). Lembaga Pengembangan Teknologi Informasi dan Komunikasi (LPTIK), Universitas Negeri Padang.
- Nuramila. (2020). *Analisis kualitas batubara dan pengaruhnya terhadap nilai kalor batubara di PT Borneo Indobara, Kabupaten Tanah Bumbu, Kalimantan Selatan*. Universitas Islam Bandung.
- Rianto, D. J., Rezki, & Oktavia, M. (2022). Analisis pengaruh kadar air (*Total Moisture*) batubara terhadap nilai kalori batubara di *front* penambangan. *Formosa Journal of Multidisciplinary Research*, 1(2), 257–268. <https://journal.formosapublisher.org/index.php/fjmr>
- Sarmidi, Zulatama, A., & Widodo, R. (2024). Analisis timbunan sementara untuk pencegahan pembakaran spontan batubara di PIT 2 Banko Barat, PT. Bukit Asam Tbk, Tanjung Enim, Sumatera Selatan. *Jurnal Ilmiah Teknik dan Sains (JITS)*, 1(3), 118–125. <https://doi.org/10.62278/jits.v1i3.22>
- Setiawan, A., & Horman, J. R. (2019). Analisis kausalitas antara konsumsi batubara dan konsumsi biomassa terhadap pertumbuhan ekonomi di Indonesia. *INTAN: Jurnal Penelitian Tambang*, 2(1), 73–79.
- Utamakno, L., Achmad, A., Prasetyo, C. D., & Jondriawan. (2017). Kajian teknis sistem penimbunan batubara pada *intermediate stockpile* di PT Indonesia Pratama Tabang Kabupaten Kutai Kartanegara Kalimantan Timur sebagai langkah dalam konservasi energi. *Seminar Nasional Inovasi dan Aplikasi Teknologi di Industri, 2017*, 1–6. ITN Malang.
- Wibisono, A. P. (2021). *Analisis potensi self combustion batubara di stockpile 1 PT. Bukit Asam Tbk Tanjung Enim*. Universitas Sriwijaya