



Analisis Perubahan Kualitas Batubara Sebelum dan Sesudah Swabakar di Stockpile 10 Port Paring Lahung

Mellysa Caldera^{1*}, Deddy Nan Setya Putra Tanggara², Dody Ariyantho Kusma Wijaya³, I Putu Putrawiyanta⁴, Yos David Inso⁵

¹⁻⁵ Universitas Palangka Raya, Indonesia

*Penulis Korespondensi: mellysacldra12@gmail.com

Abstract. Coal is an important energy source that is still widely used in industry, especially the power generation industry, because of its high energy content. However, in the process of handling and storage, coal has the characteristic of being easily oxidized. This oxidation process, if it occurs continuously, can cause internal heat accumulation which eventually triggers spontaneous combustion. This study aims to analyze changes in coal quality before and after spontaneous combustion to find out how spontaneous combustion affects coal quality in stockpiles. The research method used is a quantitative method where the data from laboratory tests on coal quality before and after spontaneous combustion is analyzed, the comparison of coal quality in stockpile 10 before and after spontaneous combustion is then graphed to see changes in the quality of each parameter. Based on the results of the analysis of changes in coal quality before and after spontaneous combustion, there were significant changes to several coal quality parameters, namely Total Moisture which was originally from 7.06% to 5.50% (down by 1.56%), Moisture which was originally 3.91% to 3.22% (down by 0.69%), Ash Content which was originally 8.84% to 14.67% (up by 5.83%), Volatile Matter which was originally 39.77% to 35.10% (down by 4.67%), Fixed Carbon from 47.48% to 47.01% (down by 0.47%), Sulphur from 0.55% to 0.46% (down by 0.9%), and Calorific value decreased from 6,921 to 6,289 kcal/kg (down by 632 kcal/kg). This decrease in quality has a direct effect on the selling value and efficiency of coal combustion. The existence of an analysis of changes in coal quality due to spontaneous combustion can help companies to find out how much of an impact losses can be caused by the occurrence of spontaneous combustion. By considering the potential losses due to spontaneous combustion, the company will make efforts to prevent the occurrence of spontaneous combustion in the future to minimize the losses caused.

Keywords: Coal; Port Paring Lahung; Quality Change; Self-Burning; Stockpile

Abstrak. Batubara merupakan sumber energi penting yang masih banyak digunakan dalam industri terutama industri pembangkit listrik, karena kandungan energi yang tinggi. Namun, dalam proses penanganan dan penyimpanannya, batubara memiliki karakteristik yang mudah teroksidasi. Proses oksidasi ini, apabila terjadi secara terus-menerus dapat menyebabkan akumulasi panas internal yang akhirnya memicu terjadinya swabakar. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perubahan kualitas batubara sebelum dan sesudah swabakar untuk mengetahui bagaimana pengaruh swabakar terhadap kualitas batubara di stockpile. Metode penelitian yang digunakan adalah metode kuantitatif dimana data hasil pengujian laboratorium kualitas batubara sebelum dan sesudah swabakar dianalisis perbandingan kualitas batubara pada stockpile 10 sebelum dan sesudah swabakar lalu di buat grafik untuk melihat perubahan kualitas setiap parameternya. Berdasarkan hasil analisis terhadap perubahan kualitas batubara sebelum dan sesudah swabakar terdapat perubahan signifikan terhadap beberapa parameter kualitas batubara, yaitu parameter Total Moisture yang semulanya dari 7,06% menjadi 5,50% (turun sebesar 1,56%), Moisture yang semulanya 3,91% menjadi 3,22% (turun sebesar 0,69%), Ash Content yang semulanya 8,84% menjadi 14,67% (naik sebesar 5,83%), Volatile Matter yang semulanya 39,77% menjadi 35,10% (turun sebesar 4,67%), Fixed Carbon yang semulanya 47,48% menjadi 47,01% (Turun Sebesar 0,47%), Sulphur dari 0,55% menjadi 0,46% (turun sebesar 0,9%), dan Calorific value turun dari 6.921 menjadi 6.289 kcal/kg (turun sebesar 632 kcal/kg). Penurunan kualitas ini berpengaruh langsung terhadap nilai jual dan efisiensi pembakaran batubara. Adanya analisis perubahan kualitas batubara akibat swabakar dapat membantu perusahaan untuk mengetahui seberapa besar dampak kerugian yang dapat disebabkan oleh terjadinya swabakar. Dengan mempertimbangkan potensi kerugian akibat swabakar ini, perusahaan akan melakukan upaya untuk mencegah terjadinya swabakar di masa mendatang untuk meminimalisir kerugian yang ditimbulkan.

Kata kunci: Batubara; Perubahan Kualitas; Port Paring Lahung; Stockpile; Swabakar

1. LATAR BELAKANG

Batubara adalah batuan sedimen yang dapat terbakar, terbentuk dari endapan organik, terutama sisa-sisa tumbuhan, melalui proses pembatubaraan dalam dua tahap: diagenetik (biokimia) dan malihan (geokimia). Batubara tersusun dari unsur-unsur utama seperti karbon, hidrogen, nitrogen, dan oksigen. Batubara merupakan sumber energi penting yang masih banyak digunakan dalam industri dan pembangkit listrik karena kandungan energi yang tinggi. Namun, dalam proses penanganan dan penyimpanannya, batubara memiliki karakteristik yang mudah teroksidasi, terutama saat disimpan dalam jumlah besar dan dalam waktu yang lama.

Swabakar merupakan fenomena dimana batubara mengalami pembakaran spontan akibat oksidasi. Proses ini umumnya terjadi pada tumpukan batubara (stockpile) dan dapat menyebabkan kerugian ekonomi serta dampak lingkungan yang signifikan. Batubara dapat terbakar bila tersedia udara dan panas yang cukup. Tiga unsur penyebab spontaneous combustion terdiri dari bahan bakar, suhu, dan udara biasa disebut segitiga api.

Swabakar juga menyebabkan sejumlah perubahan signifikan terhadap kualitas batubara, yaitu nilai kalor batubara berkurang karena sebagian karbon dan senyawa volatil terbakar selama proses oksidasi suhu rendah. Penurunan ini dapat mencapai 5–20% tergantung pada kondisi penyimpanan dan jenis batubara. Peningkatan kadar air, reaksi eksotermik dari oksidasi dapat menyebabkan kondensasi uap air dalam sistem tertutup, sehingga batubara menyerap kembali kelembapan. Ini menurunkan efisiensi pembakaran penurunan zat terbang, zat terbang yang mudah menguap akan hilang lebih dulu saat proses spontaneous combustion, yang mengubah komposisi kimia batubara dan menurunkan reaktivitas saat pembakaran aktual. Perubahan warna dan tekstur, batubara yang mengalami oksidasi menunjukkan perubahan warna menjadi coklat kemerahan dan tekstur menjadi lebih rapuh serta berbau asam atau apek. Pembentukan gas-gas berbahaya, swabakar menghasilkan gas seperti: CO, CO₂, H₂, dan CH₄. Kehadiran gas-gas ini bisa digunakan sebagai indikator dini terjadinya spontaneous combustion di tambang atau stockpile.

Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk menganalisis perubahan kualitas batubara akibat swabakar yang terjadi di Stockpile 10 Port Paring Lahung. Perubahan kualitas batubara akibat swabakar perlu dianalisis karena proses swabakar dapat menyebabkan penurunan kualitas batubara secara signifikan, antara lain kenaikan kadar air total (TM), peningkatan kadar abu (abu), penurunan nilai kalori, dan perubahan kandungan sulfur. Analisis ini penting untuk mengetahui seberapa besar perubahan kualitas yang terjadi setelah batubara mengalami swabakar, sehingga dapat diambil langkah pengelolaan dan pengendalian stok yang tepat agar kerugian akibat penurunan kualitas dan volume batubara dapat diminimalkan. Selain itu,

perubahan kualitas ini berdampak pada nilai penjualan dan permintaan pasar batubara, serta biaya tambahan perusahaan untuk penanganan batubara yang terbakar.

2. KAJIAN TEORITIS

Kualitas Batubara

Kualitas batubara adalah sifat fisika dan kimia batubara yang mempengaruhi potensinya untuk digunakan. Kualitas batubara ditentukan oleh maseral yang menyusunnya, serta oleh derajat *coalification* (*rank*). Analisis untuk mengukur kualitas batubara ada dua, yaitu analisis proksimat yang mengukur kadar air, abu, zat terbang, karbon tetap dan ultimat menentukan kandungan unsur kimia seperti *Sulphur*. Metode standar pengujian parameter kualitas batubara di dunia yang umum digunakan yaitu, *International Organisation for Standardisation* (ISO).

Kualitas batubara ditentukan melalui analisis parameter secara fisik maupun kimia. Berikut adalah beberapa parameter yang umum digunakan dalam penentuan harga jual batubara :

Kandungan Air Total (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.

Kandungan air (Moisture)

Kandungan air adalah kandungan air yang ada pada batubara bersama saat terbentuknya batubara tersebut, yang terikat secara kimia dalam batubara.

Zat Terbang (Volatile Matter)

Zat terbang merupakan senyawa organik dan anorganik ringan dalam batubara yang terlepas selain komponen air pada pemanasan suhu tinggi. Zat terbang ini berasal dari ikatan organik komponen batubara ataupun pengotor organik yang terikat dalam batubara.

Karbon Tertambat (Fixed Carbon)

Karbon tertambat 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*.

Kandungan Abu (Ash Content)

Kandungan abu merupakan sisa-sisa zat anorganik yang terkandung dalam batubara yang berasal dari pengotor bawaan saat terbentuk batubara maupun saat penambangan. Abu

dalam batubara merupakan residu anorganik yang tidak dapat terbakar sebagai sisa hasil pembakaran batubara.

Total Sulphur

Total *Sulphur* adalah *Sulphur* yang terdapat pada batubara dalam bentuk senyawa organik dan anorganik dapat dijumpai dalam bentuk mineral pirit, markasit dalam bentuk sulfat.

Nilai Kalori (Calorific value)

Calorific value atau nilai kalori yaitu jumlah panas yang dihasilkan apabila sejumlah tertentu batubara dibakar. Panas ini merupakan reaksi eksotermal yang melibatkan senyawaan hidrokarbon dan oksigen. Nilai kalori ditentukan dari kenaikan suhu pada saat sejumlah tertentu batubara dibakar. Nilai panas batubara dihitung berdasarkan selisish suhu awal dan akhir pembakaran. Nilai kalori yaitu besarnya panas yang dihasilkan dari pembakaran batubara yang dinyatakan dalam Kcal/kg.

Swabakar

Swabakar (*spontaneous combustion*) merupakan fenomena dimana batubara mengalami pembakaran spontan akibat oksidasi. Swabakar atau pembakaran spontan atau disebut juga pembakaran sendiri adalah salah satu fenomena yang terjadi pada batubara pada waktu batubara tersebut disimpan di *stockpile* dalam jangka waktu tertentu. Batubara akan teroksidasi saat tersingkap di permukaan penambangan, demikian pada saat batubara ditimbun proses oksidasi ini terus berlanjut. Akibat dari reaksi oksidasi antara oksigen dengan gas-gas yang mudah terbakar dari terbang zat akan menghasilkan panas. Bila reaksi oksidasi berlangsung terus-menerus, maka panas yang dihasilkan juga akan menyebabkan pembakaran sendiri (Bunga dkk., 2022). Proses ini umumnya terjadi pada tumpukan batubara (*stockpile*) dan dapat menyebabkan kerugian ekonomi serta dampak lingkungan yang signifikan.

Batubara dapat terbakar bila tersedia udara dan panas yang cukup. Tiga unsur tersebut biasa disebut "segitiga api". Bila tiga unsur segi tiga api tersebut tidak tersedia secara lengkap, api tidak dapat membakar. Harus ada panas yang cukup untuk menyulut bahan bakar misalnya: panas dari korek api, batubara, dari kendaraan, dari puntung rokok dan lain-lain. Harus ada udara (oksigen) untuk dapat terbakar, tanpa ada udara sedikitpun api tidak akan hidup.

Perubahan Kualitas Batubara Akibat Swabakar

Swabakar juga menyebabkan sejumlah perubahan signifikan terhadap kualitas batubara, sebagai berikut:

Penurunan Nilai Kalor

Nilai kalor batubara berkurang karena sebagian karbon dan senyawa volatil terbakar selama proses oksidasi suhu rendah. Penurunan ini dapat mencapai 5–20% tergantung pada kondisi penyimpanan dan jenis batubara.

Peningkatan Kadar Air

Reaksi eksotermik dari oksidasi dapat menyebabkan kondensasi uap air dalam sistem tertutup, sehingga batubara menyerap kembali kelembapan. Ini menurunkan efisiensi pembakaran.

Penurunan Zat Terbang

Zat terbang yang mudah menguap akan hilang lebih dulu saat proses swabakar, yang mengubah komposisi kimia batubara dan menurunkan reaktivitas saat pembakaran aktual.

Perubahan Warna dan Tekstur

Batubara yang mengalami oksidasi menunjukkan perubahan warna menjadi coklat kemerahan dan tekstur menjadi lebih rapuh serta berbau asam atau apek.

Pembentukan Gas-Gas Berbahaya

Swabakar menghasilkan gas seperti: CO (karbon monoksida), CO₂, H₂, CH₄

Kehadiran gas-gas ini bisa digunakan sebagai indikator dini terjadinya swabakar di tambang atau *stockpile*.

3. METODE PENELITIAN

Pengumpulan Data

Adapun dalam penelitian ini ada 2 jenis data yang diperlukan yaitu data primer dan data sekunder. Data primer didapatkan dengan cara pengambilan langsung di lapangan, meliputi pengambilan sampel batubara dari *stockpile*, data pengujian kualitas batubara, pengelolaan batubara di *stockpile* serta dokumentasi. Sedangkan data sekunder adalah data yang diperoleh dari PT. Asmin Bara Bronang, berupa foto udara *stockpile* di Port Paring Lahung, data suhu di *stockpile* 10 Port Paring Lahung, data umur penyimpanan batubara, dan data curah hujan. Dalam pengumpulan data juga dibantu dengan metode-metode lain sebagai berikut:

Studi Pustaka

Metode ini dilakukan dengan studi literatur yang berkaitan dengan kegiatan Analisis Perbandingan Kualitas batubara sebelum dan setelah terjadinya swabakar. Studi pustaka dilakukan dengan cara mencari literatur, baik tertulis, gambar, maupun elektronik yang berkaitan dengan kualitas batubara yang dapat mendukung dalam proses penelitian.

Observasi

Metode ini dilakukan dengan melakukan penelitian mengenai kegiatan yang meliputi sampling batubara, pengelolaan *stockpile* hingga penanganan swabakar secara langsung pada PT. Asmin Bara Bronang.

Metode Grab Sampling

Pengambilan data sampel pada suatu tumpukan batubara di *stockpile* dengan cara yaitu pengambilan titik-titik perwakilan sampel pada area tumpukan batubara dengan interval jarak 5 m – 10 m dengan kedalaman lubang $\pm 0,50$ m. Batubara yang diambil sampelnya terdiri dari beberapa tumpukan batubara yang sama diambil menggunakan sekop mengelilingi beberapa tumpukkan hingga mencapai jumlah sampel yang ditentukan. Sampel yang di ambil di *stockpile*, dilakukan di 1 tumpukkan dengan jenis yang sama dan memiliki berat sekitar 30-60 Kg.

Metode Stationary Sampling

Dalam pengambilan sampel stasioner, PT. Asmin Bara Bronang memiliki SOP *coal sampling*, dimana untuk pengambilan sample dengan cara menggali lubang di stockpile hingga kedalaman sekitar 61 cm dari *surface stock*, kemudian diambil sampel dari dasar lubang tersebut. Kenaikan harus diambil dari berbagai titik penyebaran secara merata untuk mewakili keseluruhan stok batubara. Sampel segera dimasukkan ke kantong plastik agar menjaga kelembapan dan kualitas sampel tetap stabil.

Metode Analisis Data

Metode yang digunakan dalam mengolah dan menganalisis data dalam penelitian ini meliputi :

Metode Kuantitatif

Metode Kuantitatif digunakan dalam penyelesaian masalah dengan menggunakan nilai, tabel dan grafik sebagai bahan analisis, dimana dalam metode ini penulis menganalisis hasil dari pengujian laboratorium batubara.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

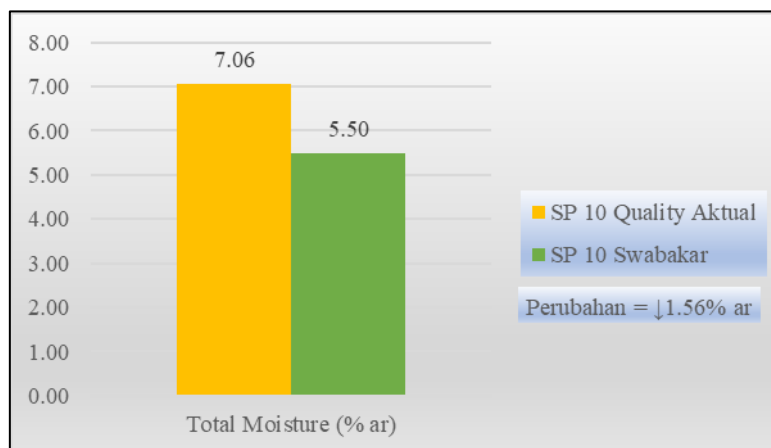
Perubahan kualitas batubara sebelum dan sesudah swabakar di *Stockpile 10 Port Paring Lahung*

Tabel 1 Perubahan Parameter Kualitas Batubara.

Parameter	Satuan	Sebelum Swabakar	Sesudah Swabakar	Perubahan
<i>Total Moisture (TM)</i>	% ar	7.06	5.50	↓ 1.56
<i>Moisture</i>	% adb	3.91	3.22	↓0.69
<i>Ash Content (Ash)</i>	% adb	8.84	14.67	↑ 5.83
<i>Volatile Matter (VM)</i>	% adb	39.77	35.10	↓ 4.67
<i>Fixed Carbon (FC)</i>	% adb	47.48	47.01	↓ 0.47
<i>Total Sulphur (TS)</i>	% adb	0.55	0.46	↓ 0.9
<i>Calorific value (CV)</i>	kcal/kg ar	6921	6.289	↓632

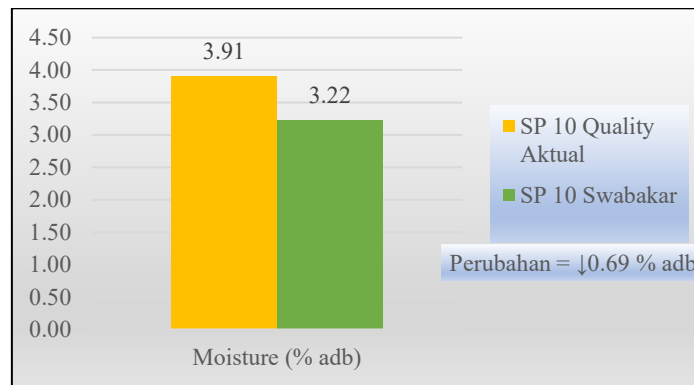
Berdasarkan tabel diatas maka dibuatlah grafik perubahan kualitas batubara sebelum swabakar dan sesudah swabakar di stockpile 10 Port Paring Lahung sebagai berikut :

Grafik perubahan parameter total moisture sebelum swabakar dan sesudah swabakar.



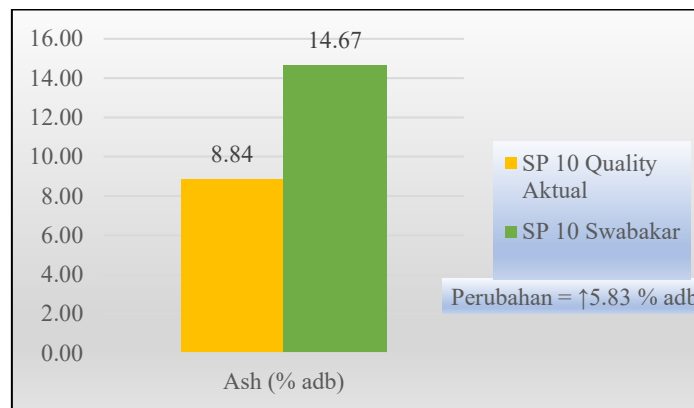
Gambar 1 Grafik Perubahan Nilai *Total Moisture* Di *Stockpile 10 Port Paring Lahung*.

Grafik perubahan parameter moisture sebelum swabakar dan sesudah swabakar.



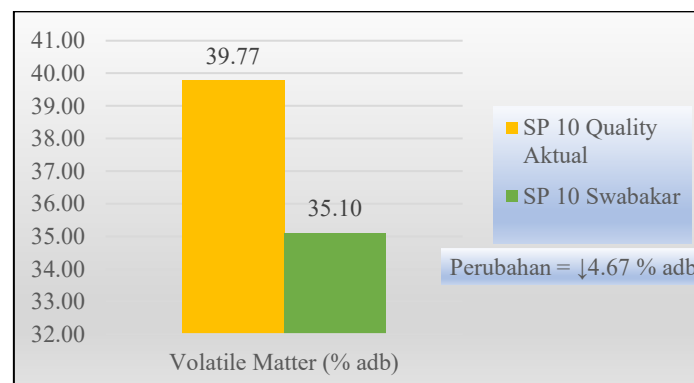
Gambar 2 Grafik Perubahan Nilai *Moisture* Di *Stockpile 10 Port Paring Lahung*.

Grafik perubahan parameter ash sebelum swabakar dan sesudah swabakar.



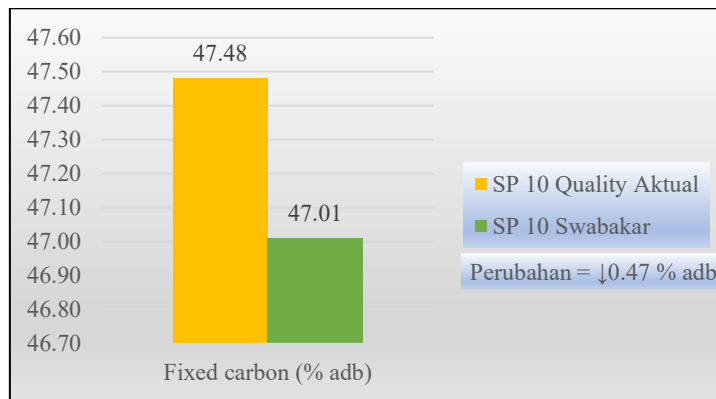
Gambar 3 Grafik Perubahan Nilai *Ash* Di *Stockpile 10 Port Paring Lahung*.

Grafik perubahan parameter volatile matter sebelum swabakar dan sesudah swabakar.



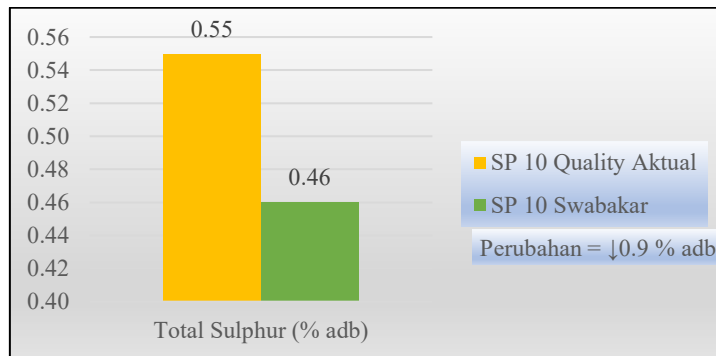
Gambar 4 Grafik Perubahan Nilai *Volatile Matter* Di *Stockpile 10 Port Paring Lahung*.

Grafik perubahan parameter fixed carbon sebelum swabakar dan sesudah swabakar.



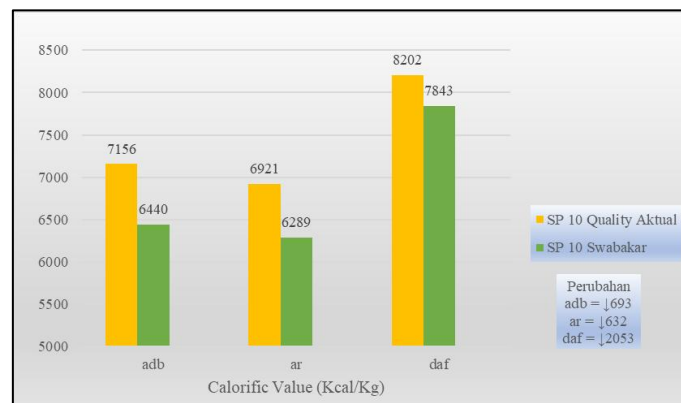
Gambar 5 Grafik Perubahan Nilai *Fixed Carbon* Di *Stockpile 10 Port Paring Lahung*.

Grafik perubahan parameter total sulphur sebelum swabakar dan sesudah swabakar.



Gambar 6 Grafik Perubahan Nilai *Total Sulphur* Di *Stockpile 10 Port Paring Lahung*.

Grafik perubahan parameter calorific value sebelum swabakar dan sesudah swabakar.



Gambar 4. 7 Grafik Perubahan Nilai *Calorific value* Di *Stockpile 10 Port Paring Lahung*

Berdasarkan tabel 3 parameter yang dianalisis meliputi kadar air total (*Total Moisture*), kadar air (*Moisture*), kadar abu (*Ash Content*), zat terbang (*Volatile Matter*), karbon tetap (*Fixed Carbon*), kandungan sulfur (*Total Sulphur*), dan nilai kalor (*Calorific value*) pada beberapa basis.

Perubahan Total Moisture (TM)

Berdasarkan gambar 4.1 menunjukkan adanya penurunan *Total Moisture* setelah proses swabakar. *Total Moisture* (TM) pada basis *As Received* (ar) turun dari 7.06% menjadi 5.50% atau turun sebesar 1.56%. Hal ini juga tercermin pada kadar *moisture* pada basis *Air Dried Basis* (adb) yang menurun sebesar 0.69%, dari 3.91% menjadi 3.22%. Penurunan *Total Moisture* ini dapat disebabkan oleh proses swabakar yang melibatkan pengeringan batubara sehingga menghilangkan sebagian air bebas maupun *inherent moisture* di dalam batubara. Penurunan kadar air ini sangat penting karena air yang berlebih dapat menurunkan efisiensi pembakaran dan nilai kalor batubara.

Perubahan Moisture

Kadar *moisture* juga menurun pada **gambar 4.2** dari 3.91% menjadi 3.22%, turun 0.69%. Hal ini menunjukkan bahwa di kondisi pengeringan udara, batubara hasil swabakar tetap memiliki kadar air yang lebih rendah dibandingkan sebelum perlakuan, memperjelas efektivitas proses pengeringan selama swabakar.

Perubahan Ash Content (Kadar Abu)

Ash Content mengalami peningkatan cukup signifikan, pada **gambar 4.3** *Ash Content* yang semulanya 8.84% menjadi 14.67%, naik sebesar 5.83%. Peningkatan ini bisa disebabkan oleh berkurangnya kadar *moisture* dan *Volatile Matter* sehingga secara relatif kandungan abu menjadi lebih tinggi. Namun demikian, peningkatan abu ini menandakan proporsi material tak terbakar dalam batubara meningkat, yang dapat menurunkan efisiensi pembakaran dan menambah potensi pembentukan residu dan kerak.

Perubahan Volatile Matter (Zat Terbang)

Pada **gambar 4.4** *Volatile Matter* (VM) menurun dari 39.77% menjadi 35.10%, turun sebesar 4.67%. Penurunan ini menggambarkan bahwa sebagian material volatil hilang selama proses swabakar, karena suhu atau lingkungan proses memicu pelepasan zat volatil tersebut. Penurunan *Volatile Matter* ini dapat mempengaruhi kemampuan penyalaan dan kelangsungan pembakaran batubara karena zat terbang umumnya memudahkan pengapian.

Perubahan Fixed Carbon (Karbon Tetap)

Kandungan *Fixed Carbon* sedikit menurun pada **gambar 4.5**, dari 47.48% menjadi 47.01%, hanya turun 0.47%. Penurunan yang minimal ini menunjukkan bahwa sebagian besar karbon padat tetap terjaga setelah proses swabakar, yang penting untuk menjaga nilai energi batubara tetap stabil.

Perubahan Total Sulphur (sulfur)

Kadar *Sulphur* juga mengalami penurunan pada **gambar 4.6**, dari 0.55% menjadi 0.46%, turun 0.9%. Hal ini menunjukkan bahwa proses swabakar berpotensi menghilangkan sebagian *Sulphur*, sehingga batubara yang dihasilkan memiliki potensi emisi SO₂ yang lebih rendah saat dibakar. Penurunan *Sulphur* ini mendukung aspek lingkungan dengan mengurangi polusi dan korosi peralatan pembakaran.

Perubahan Calorific value (Nilai Kalor)

Pada **gambar 4.7** menunjukkan bahwa nilai kalor batubara mengalami penurunan Pada basis *As Received* (ar), turun dari 6.921 menjadi 6.289 kcal/kg (turun 632 kcal/kg). Penurunan nilai kalor ini berkaitan erat dengan berkurangnya kandungan *Volatile Matter* dan *moisture* yang menghasilkan energi pembakaran. Meskipun demikian, nilai kalor yang dihasilkan masih dalam rentang layak untuk beberapa aplikasi pembangkit energi, dengan catatan adanya penyesuaian proses pembakaran.

5. KESIMPULAN

Kesimpulan

Proses swabakar di *stockpile* 10 Port Paring Lahung menyebabkan perubahan signifikan pada parameter kualitas batubara. *Total Moisture* (TM) mengalami penurunan drastis sebesar 1,56% (dari 7,06% menjadi 5,50%), menandakan penghilangan kadar air terutama air bebas dan sebagian *inherent moisture*. *Moisture* mengalami penurunan sebesar 0,69% (dari 3,91% menjadi 3,22%), Kadar abu naik 5,83% (dari 8,84% menjadi 14,67%), akibat proporsi material yang meningkat seiring berkurangnya *moisture* dan *Volatile Matter*. *Volatile Matter* berkurang sebesar 4,67%, yang menunjukkan hilangnya sebagian komponen mudah menguap selama swabakar. *Fixed Carbon* tetap relatif stabil hanya turun sedikit 0,47%. *Total Sulphur* juga menurun sebesar 0,9%, yang berpotensi mengurangi emisi *Sulphur* saat pembakaran. Nilai kalor batubara menurun hingga 632 kcal/kg, terkait dengan penurunan *Volatile Matter* dan *moisture*.

Saran

Batubara yang terbakar sebagian harus dipisahkan dan ditumpuk di tempat lain, lalu diproses ulang di *washing plant* untuk meningkatkan kualitas batubara tersebut dengan menghilangkan pengotor. Setelah dari *washing plant* maka batubara dapat di *blending* dengan batubara lainnya untuk memenuhi spesifikasi pasar guna meminimalkan kerugian kuantitas.

Lakukan penyiraman kimia setiap hari atau beberapa kali dalam seminggu sesuai kebutuhan untuk menjaga kelembaban permukaan batubara dan mengikat partikel debu. Penggunaan dan frekuensi penyiraman disesuaikan dengan kondisi *stockpile* seperti kelembaban udara, intensitas angin, dan volume material. Selain mengurangi debu, penyiraman bahan kimia juga terkadang membantu mencegah *spontaneous combustion* dan menjaga kualitas batubara di tumpukan.

DAFTAR PUSTAKA

- Agnes Yolanda, Windhu Nugroho, Albertus Juvensius Pontus, Agus Winarno, & Tommy Trides. (2024). Analisis Pengaruh Kenaikan Temperatur Batubara Sebagai Indikator Awal Terjadinya Swabakar (Spontaneous Combustion) Di Product Coal Stockpile Pada PT. Mahakam Sumber Jaya Kabupaten Kutai Kartanegara Provinsi Kalimantan Timur. Universitas Mulawarman.
- Ahmad, Al Furqon. (2020). Analisis Potensi Swabakar Batubara Mine Brand MT-46 pada Temporary Stockpile BWE 203 Penambangan Muara Tiga Besar PT Bukit Asam Unit Penambangan Tanjung Enim. Universitas Sriwijaya.
- ASTM D3172, Praktik Standar untuk Analisis Proksimat Batubara dan Kokas.
- Muhammad Zicky Pradana., R. Andy Erwin Wijaya. (2019). Analisis Quality Control Batubara Di Stockpile PT. Kuansing Inti Makmur. Jurnal Pertambangan Vol. No. Bulan Tahun ISSN 2549-1008.
- Nur, Z., Oktavia, M., & Desmawita. (2020). Analisis Kualitas Batubara Di Pit Dan Stockpile Dengan Metoda Analisis Proksimat Di Pt. Surya Anugrah Sejahtera Kecamatan Rantau Pandan Kabupaten Bungo Provinsi Jambi. Mine Magazine, 7(1), 283.
- Sardi, B., dkk. (2023). Analisis Proksimat, Ultimat, dan Kadar Sulfur dalam Penentuan Kualitas Batubara. Universitas Tadulako. <https://doi.org/10.54297/sjme.v2i1.443>
- SNI 03-3649-1994, Pengambilan contoh (sampling) batubara dari tumpukan (stockpile)
- Standar ISO 1170:2020, Batubara dan kokas - Perhitungan analisis untuk berbagai basis.
- Standar ISO 1171:2010, Bahan bakar mineral padat - Penentuan abu.
- Standar ISO 11722:2013, Bahan bakar mineral padat - Batubara keras - Penentuan kadar air dalam sampel uji analisis umum dengan pengeringan dalam nitrogen.
- Standar ISO 17246:2010, Batubara - Analisis Proksimat.
- Standar ISO 17246:2010, Batubara - Analisis Proksimat.
- Standar ISO 18283:2022, Coal and coke - Manual sampling

Standar ISO 1928:2020, Batubara dan kokas - Penentuan nilai kalor kotor.

Standar ISO 19579:2006, Bahan bakar mineral padat - Penentuan Sulphur dengan spektrometri IR.

Standar ISO 562:2010, Batubara keras dan kokas - Penentuan zat volatil.

Standar ISO 589:2008, Batubara keras - Penentuan kadar air total.

Wahidah, W., Fajarwati, D. A., Lepong, P., & Alamsyah, A. (2022). Analisis Potensi Swabakar (Self-Combustion) Berdasarkan Data Proksimat Pada Batubara PT. Geoservices Samarinda. GEOSAINS KUTAI BASIN, 5(2), 80-85.
<https://doi.org/10.30872/geofisunmul.v5i2.1062>

Wike, Mardatila. (2024). Analisis Perubahan Parameter Kualitas Batubara di Front Penambangan dan Stockpile di Tambang Air Laya PT Bukit Asam (Persero), Tbk., Tanjung Enim Sumatera Selatan dengan Menggunakan Metode Regresi Linear Berganda. e-Journal UNP, 103.216.87.80.

Yovanda Ridho., Rizkinia Afifatuz Zahroh. (2025) Analisis Kualitas Batubara Menggunakan Metode Proximate Analysis Di Perusahaan Tambang PT X. Ensiklopedia of Jurnal, Vol 7, No 3.