

## Penentuan Kualitas Batubara Berdasarkan Nilai Kalor Menggunakan Metode Kalorimetri Isoperibol

Denanda<sup>1,\*</sup>, Annisa Komala Sari<sup>2</sup>, Intan Tsalisa Aghna Safara<sup>3</sup>, Amrina Amalia Edlyi<sup>4</sup>, Nurul Angelina Putri<sup>5</sup>, Nikita Zulyana<sup>6</sup>, Aisyah Melati Nur Azizah<sup>7</sup>

<sup>1</sup> Prodi Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Raden Fatah, Seberang Ulu I, Palembang, 30252, Indonesia

\*E-mail: [denanda011@gmail.com](mailto:denanda011@gmail.com)

### Abstrak

Batubara merupakan sumber energi yang digunakan di berbagai sektor industri seperti Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) dan Produksi Semen. Penentuan gross calorific value pada batubara dilakukan dengan menggunakan Kalorimeter Parr 6200. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan kualitas batubara berdasarkan gross calorific value menggunakan metode kalorimetri isoperibol. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sampel yang di analisis termasuk ke dalam kualitas sedang dan tinggi dengan jenis batubara Sub-Bituminous A dan Sub-Bituminous B dengan gross calorific value yaitu sebesar 5860 cal/g; 5939 cal/g; 5765 cal/g; 6002 cal/g; 5990 cal/g; 5723 cal/g; 5864 cal/g; 6219 cal/g; 6054 cal/g; 5986 cal/g.

**Kata kunci:** batubara, nilai kalor, kualitas batubara, jenis batubara, kalorimetri isoperibol

### 1. Pendahuluan

Batubara merupakan salah satu jenis bahan bakar fosil yang terbentuk dari endapan organik, khususnya sisa-sisa tumbuhan, melalui proses pembatubaraan. Tahap terbentuknya batubara di alam dimulai dari mengendapnya sisa-sisa tumbuhan yang mengalami proses perubahan menjadi gambut (*peat*), kemudian gambut ini terbentuk menjadi batubara muda yang sering disebut *lignite* atau batubara coklat (*brown coal*) (Billah, 2010).

Klasifikasi batubara menurut ASTM D-338 terbagi menjadi beberapa jenis atau peringkat yaitu *Anthracite*, *Bituminous*, *Sub-bituminous*, dan *Lignite*. *Anthracite* merupakan jenis batubara yang memiliki kandungan karbon paling tinggi, keras, berwarna hitam mengkilat, dengan tekstur yang lebih padat dan sedikit debu.

Batubara *bituminous* terbentuk dari jenis *sub-bituminous* yang semakin dalam dan semakin lama tertimbun sehingga tekstur batubaranya menjadi lebih keras dan warnanya menjadi lebih hitam dengan kandungan karbon mencapai 80%. Batubara *Sub-bituminous* sedikit lebih tua dari *lignite* dan tidak terlalu keras yang mengandung 40-60% karbon. *Lignite* merupakan batubara muda yang baru terbentuk berwarna coklat dan memiliki kualitas batubara paling rendah (Wibisono, 2021). Semakin tinggi peringkat dan kualitas batubara maka akan semakin tinggi nilai kalor dan harga jualnya (Ogara, 2023).

Penggunaan batubara tersebar luas di berbagai sektor industri, dengan fokus utama pada pembangkit listrik, produksi semen, dan pengolahan logam. Kinerja batubara sebagai bahan bakar sangat

dipengaruhi oleh jenis dan kualitasnya, yang ditentukan oleh nilai kalori dan berbagai kandungan lainnya. Kurangnya pemahaman tentang karakteristik batubara dapat menimbulkan sejumlah masalah, mulai dari menurunnya efisiensi pembakaran. Maka dari itu, pengujian kualitas batubara menjadi tahap yang sangat penting (Anggreini, 2021).

Kualitas batubara merupakan faktor yang sangat penting karena dapat menentukan harga jual dari batubara itu sendiri. Salah satu upaya yang dilakukan untuk mengetahui maupun menjaga kualitas batubara adalah dengan melakukan analisa terhadap batubara yang telah diproduksi (Haqie, 2024). Parameter yang ditentukan dari suatu analisis batubara tergantung tujuan penggunaan batubara. Parameter kualitas batubara meliputi total kadar air, proksimat, ultimat, nilai kalor dan total sulfur (Septiani, 2015).

Kualitas batubara sangat dipengaruhi oleh karakteristik fisika dan kimia, namun nilai kalori yang dihasilkan dari batubara adalah fokus utama dan hal yang paling penting. Nilai kalor batubara ini sangat penting karena untuk mengetahui kualitas dan nilai panas yang dihasilkan dari pembakaran batubara tersebut (Pahlevi, 2024). Salah satu cara menganalisis nilai kalor dapat dilakukan dengan menggunakan alat kalorimeter bomb isoperibol. Kalorimetri merupakan metode pengukuran jumlah panas berdasarkan perubahan suhu dan biasanya menggunakan kalorimeter parr 6200 (Istomo, F.P, 2017). Penentuan kategori batubara menggunakan kandungan kalori sebagai acuan utama, dimana semakin tinggi nilai kalor yang terkandung dalam batubara berarti menunjukkan kualitas semakin baik (Rustia, R, 2021).

PT Bukit Asam Tbk memproduksi berbagai macam jenis batubara. PT Bukit Asam Tbk memiliki tiga lokasi penambangan yaitu Banko Barat

(BB), Muara Tiga (MT), dan Air Laya (AL). Pengujian yang pernah dilakukan Kusniawati (2023) di PT Bukit Asam Tbk Unit Pelabuhan Tarahan bahwa hasil pengujian nilai kalori berada pada rentang 6456–7075 cal/g. Batubara dengan range kalori tersebut masuk ke dalam klasifikasi bituminous (Kusniawati, E, dkk, 2023). Menurut penelitian Ardanti, dkk (2020) di PT Bukit Asam Tbk Tanjung Enim berasal dari gerbong Tarahan. Batubara yang digunakan adalah batubara muda kualitas sedang dengan nilai kalor rata-rata 5.100 kal/g sampai dengan 6.100 kal/g (Ardanti, W.R, dkk, 2020) .

Berdasarkan uraian tersebut maka perlu dilakukan penentuan kualitas batubara berdasarkan *gross calorific value*. Untuk mengetahui baik atau buruknya kualitas bahan bakar untuk digunakan sesuai dengan kebutuhan industri.

## 2. Metodologi

### 2.1. Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam analisis tersebut adalah *dish*, *water handling*, gelas ukur, neraca analitik, spatula, botol semprot, *boats combustion*, buret, gelas kimia, erlenmeyer, neraca analitik, *crucible tong*, pompa vacum, bejana, kalorimeter parr 6200 dan *furnace twin tube*.

Bahan-bahan yang digunakan untuk analisis tersebut yaitu sampel batubara, 10 cm kawat *fuse wire*, 1 mL aquadest, gas oksigen, 2 L aquadest pada bucket, aluminium oksida ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), 50 mL hidrogen peroksida ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ), indikator metil ungu (metil merah+metil biru) dan natrium tetraborat ( $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$ )

### 2.2. Metode

#### 2.2.1 Total Sulfur

Ditimbang 0.5 gram sampel batubara dalam cawan perahu pembakaran dengan ditutupi bubuk aluminium oksida.

Dipanaskan tungku sampai suhu mencapai 1350°C. Dimasukkan 100 mL larutan Hidrogen Peroksida ke dalam bejana penyerap. Hubungkan bejana penyerap ke ujung keluar pipa pembakaran. Ditutup pipa pembakaran dengan penyumbat dan alirkan gas oksigen dengan kederasan 300 mL/menit selama 1 menit sebelum sampel dimasukkan. Dihidupkan pompa vacum untuk menjaga tekanan vacum pada sistem. Dibuka penyumbat pada lubang masuk pipa pembakaran. Dimasukkan sampel dan dimasukkan kembali penyumbat. Didorong sampel sampai 240 mm dari tengah daerah pembakaran. Dibiarkan selama 4 menit, lalu didorong cawan setiap 1 menit dengan alat pendorong dengan jarak 30 mm. Pada menit 11 dibiarkan selama 4 menit (kira – kira total waktu 15 menit), dilepaskan bejana penyerap dan dikeluarkan cawan dari pipa. Dipindahkan isi bejana penyerap ke labu Erlenmeyer 250 ml. Dibilas bejana untuk memastikan bahwa seluruh belerang masuk ke dalam labu erlenmeyer. Ditambahkan 2 sampai 3 tetes indikator metil ungu (campuran dari metil merah+metil biru) dan dilakukan titrasi dengan menggunakan larutan natrium tetraborat 0.025M sampai larutan berubah menjadi warna hijau. Dicatat volume titran sebagai (V). Dilakukan pengulangan yang untuk pengujian berikutnya. Dikembalikan peralatan gelas pada tempatnya dan di bersihkan tempat kerja.

### 2.2.1 Nilai Kalor

Dihidupkan alat kalorimeter 6200. Dipilih “*Calorimeter Operation*” dan hidupkan pompa dan *heater*. Ditunggu sampai muncul tombol “*Start*” ketika suhu jaket telah mencapai 30°C. Ditimbang sampel batubara seberat 1 gram  $\pm$  0.0010 gram ke dalam *dish*. Kemudian *dish* ditempatkan pada penyangga elektroda dan pasang kawat pada kedua elektroda bomb

kalori meter hingga tersentuh/kontak dengan sampel. Dimasukkan 1 mL aquadest dan penyangga elektroda ke dalam bomb kalorimeter. Tutup *valve* oksigen yang berada pada tutup bomb agar oksigen tidak keluar dan ditutup bomb kalorimeter serapat mungkin. Di isi oksigen >99,5% pada tekanan 30 atm dengan cara menghubungkan *Bomb Head* dengan *Conector Oxygen Outlet*. Klik O<sub>2</sub> Fill dan tunggu selama  $\pm$  1 menit. Jika sudah selesai lepaskan *Conector Oxygen Outlet* pada bomb kalorimeter. Dimasukkan bomb kalorimeter ke bucket yang berisi 2 liter aquadest dengan menghubungkan kedua elektroda tersebut dengan tutup cover kalorimeter. Pada analisis sampel batubara tekan “*Operating Mode*” Ke *Determination*. Klik [*Start*] kemudian masukkan nama sampel ID, bomb ID yang digunakan, dan berat sampel yang telah ditimbang. Ditunggu sampai selesai. Pada akhir analisis kalorimeter akan memberikan sinyal kepada user. Buka *cover* kalorimeter, keluarkan bomb dan bucket. Buka *valve* O<sub>2</sub> pada *bomb head* untuk mengeluarkan sisa gas dan masukkan 2 liter aquadest bucket yang telah digunakan ke dalam water handling. Di print hasil yang didapat dari kalorimeter parr 6200. Dilakukan prosedur pengoperasian yang sama untuk sampel berikutnya. Tekan tombol *Off* untuk mengakhiri pengukuran. Diperiksa, beri tanggal, tandatangani lembar kerja dan serahkan pada supervisor laboratorium untuk disetujui. Bersihkan tempat kerja dan simpan peralatan pada tempatnya.

### 3. Hasil dan Pembahasan

Hasil analisis nilai kalor dari masing-masing sampel batubara dengan koreksi sulfur dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

**Tabel 1.** Data Hasil Analisis

| Sampel | Koreksi Sulfur | GCV (cal/g) |
|--------|----------------|-------------|
| A      | 0.0188         | 5860        |
| B      | 0.0405         | 5939        |
| C      | 0.0377         | 5765        |
| D      | 0.0405         | 6002        |
| E      | 0.0254         | 5990        |
| F      | 0.0405         | 5723        |
| G      | 0.0443         | 5864        |
| H      | 0.0348         | 6219        |
| I      | 0.0537         | 6054        |
| J      | 0.0273         | 5986        |

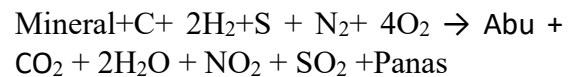
Nilai kalor merupakan salah satu pengukuran energi yang menunjukkan tingkat kualitas bahan bakar dalam batubara untuk mengetahui jumlah panas (*heat*) yang dihasilkan saat pembakaran. Pada studi kasus ini dilakukan penentuan *gross calorific value* dengan acuan pada ASTM D5865-2019 menggunakan metode kalorimetri isoperibol. Penentuan *gross calorific value* berdasarkan prinsip alat bomb kalorimeter yaitu didasarkan pada *azaz black* yang menyatakan bahwa jumlah kalor yang dilepas akan sama dengan jumlah kalor yang diterima.

Prinsip kerja dari penentuan *gross calorific value* ini yaitu dengan menempatkan sampel yang dialiri gas oksigen saat kawat sudah dipastikan bersentuhan dengan sampel kemudian akan terbakar oleh api listrik dari kawat yang terpasang dalam bomb sehingga sejumlah sampel tersebut akan terbakar habis dan menghasilkan panas yang kemudian diserap oleh air yang mengelilingi *bomb* dan diukur oleh alat untuk mengetahui kenaikan suhu. Dari kenaikan suhu tersebut, alat akan menghitung jumlah energi panas yang dilepaskan, sehingga diperoleh nilai kalor sampel dalam satuan MJ/kg.

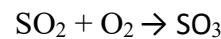
Pada uji kali ini terdapat 10 sampel yang dianalisis nilai kalor kotornya dengan kode sampel A, B, C, D, E, F, G, H, I dan J. Analisis sampel dilakukan dengan penempatan *dish* ke penyangga elektroda dan dipasang kawat *fuse wire* yang

berfungsi untuk membantu proses pembakaran sampel saat di analisis. Kawat *fuse wire* tidak boleh menyentuh *dish* dikarenakan akan menyebabkan batubara dalam *dish* tidak terbakar. Kemudian bomb kalorimeter diisi dengan aquadest yang berfungsi untuk memikat asam dari sulfur dan nitrogen yang terkandung dalam batubara.

### Reaksi batubara dalam bomb

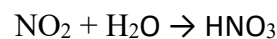
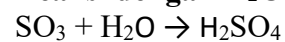


### Reaksi oksidasi SO<sub>2</sub> menjadi SO<sub>3</sub>



Dari reaksi pembakaran tersebut sulfur akan bereaksi dengan oksigen yang menghasilkan gas SO<sub>2</sub> dan gas ini akan teroksidasi sehingga terbentuk SO<sub>3</sub> dikarenakan jumlah bilangan oksidasi maksimum dari sulfur adalah +6. Sedangkan nitrogen akan bereaksi dengan oksigen menghasilkan gas NO<sub>2</sub> dari pembakaran. Gas NO<sub>2</sub> tidak dapat teroksidasi dikarenakan jumlah bilangan oksidasi maksimum dari nitrogen adalah +5.

### Reaksi dengan H<sub>2</sub>O dalam bomb



Kemudian gas SO<sub>3</sub> dan gas NO<sub>2</sub> tersebut akan bereaksi dengan uap air yang ada di dalam bomb yang dapat menghasilkan asam sulfat (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) dan asam nitrat (HNO<sub>3</sub>). Sulfur dijadikan sebagai faktor koreksi dalam perhitungan nilai kalor batubara karena dapat menghasilkan panas tambahan saat proses pembakaran. Selanjutnya, bomb diisi dengan gas oksigen berfungsi untuk membantu proses pembakaran sampel agar yang terjadi lebih sempurna di dalam bomb karena tersedianya bahan bakar api listrik. Gas yang digunakan adalah oksigen murni dengan tingkat kemurnian yang tinggi

yaitu >99,5%, gas ini digunakan agar tidak ada pengotor dari gas lain yang dapat mengganggu reaksi pembakaran yang bisa menyebabkan hasil analisis tidak akurat dan menggunakan tekanan gas 30 atm disesuaikan dengan acuan pada ASTM D5865-2019. Lalu, bomb diletakkan ke dalam bucket yang berisi air yang berfungsi sebagai media pendingin/penyerap panas yang dilepaskan selama pembakaran sampel dalam bomb kalorimeter sehingga dapat menjaga suhu agar tetap stabil. Setelah itu dihubungkan dengan kedua elektroda dengan tutup *cover* kalorimeter untuk menghubungkan api listrik ke penyangga elektroda dalam bomb. Pada tutup *cover* kalorimeter terdapat termometer dan pengaduk, dimana termometer berfungsi untuk mengukur suhu pada saat setelah analisis pada bomb kalorimeter, sedangkan pengaduk berfungsi untuk mengaduk air pendingin agar suhu air dalam bucket merata yang berguna menyerasakan suhu disekeliling bomb. Jika analisis sampel telah selesai, 2 liter aquadest (hasil pelepasan panas saat pembakaran dalam bomb kalorimeter) dipindahkan ke dalam water handling yang berfungsi untuk proses pertukaran dari panas ke dingin sehingga suhu akan kembali stabil.

Nilai yang diperoleh dari alat kalorimeter parr 6200 pada sampel telah sesuai dengan syarat keberterimaan perusahaan antara simplo dan duplo yang tidak melebihi *repeatability* yaitu  $\leq 0.125$  MJ/Kg. Nilai yang tidak melebihi *repeatability* mengindikasikan bahwa metode pengujian tersebut akurat dan dapat dipercaya. *Repeatability* dilakukan analisis terhadap sampel yang sama dengan tujuh kali pengulangan, kondisi laboratorium yang sama dilakukan analisis terhadap sampel yang sama dengan dua sampai tiga kali pengulangan, pada kondisi laboratorium yang sama tetapi dengan analisis atau operator yang berbeda.

Nilai

yang diperoleh dari alat kalorimeter parr 6200 pada sampel telah sesuai dengan syarat keberterimaan perusahaan antara simplo dan duplo yang tidak melebihi *repeatability* yaitu  $\leq 0.125$  MJ/Kg. Nilai yang tidak melebihi *repeatability* mengindikasikan bahwa metode pengujian tersebut akurat dan dapat dipercaya. *Repeatability* dilakukan analisis terhadap sampel yang sama dengan tujuh kali pengulangan, kondisi laboratorium yang sama dilakukan analisis terhadap sampel yang sama dengan dua sampai tiga kali pengulangan, pada kondisi laboratorium yang sama tetapi dengan analisis atau operator yang berbeda.

Berdasarkan tabel 5 pada sampel yang dianalisis menunjukkan bahwa batubara dengan kode sampel A, B, D, E, G, I, J termasuk ke dalam kualitas sedang dengan jenis batubara *Sub-bituminous A* yaitu 5860 cal/g; 5939 cal/g; 6002 cal/g; 5990 cal/g; 5864 cal/g; 6054 cal/g; 5986 cal/g. Kode sampel F dan C merupakan sampel dengan nilai kalor kotor yang paling rendah yaitu 5723 g/cal dan 5765 g/cal dengan kualitas sedang termasuk ke dalam jenis batubara *Sub-bituminous B*. Kode sampel H merupakan sampel dengan nilai kalor kotor yang paling tinggi yaitu 6219 cal/g dengan kualitas tinggi termasuk ke dalam jenis batubara *Sub-bituminous A*. Menurut Kualitas batubara indonesia yang tergolong kualitas sedang yaitu memiliki nilai kalor sebesar 5100-6100 cal/g, sedangkan batubara dengan kualitas tinggi yaitu >6100-7100 cal/g. Jenis batubara *Sub-bituminous A* menurut ASTM D388 memiliki nilai kalor berkisar antara 5833-6389 cal/g, sedangkan jenis *Sub-bituminous B* yaitu 5278-5832 cal/g. Kode sampel A, B, C, D, E, F, G, H, I, J dapat dimanfaatkan untuk Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU). Menurut Indrianti (2019) persyaratan industri PLTU harus memiliki nilai kalor kotor >4000 cal/g [31]. Kode sampel D dan H biasanya

digunakan untuk produksi semen sebagai bahan bakar dalam pembuatan klinker. Menurut Bakri (2022) persyaratan industri semen harus memiliki nilai kalor kotor >6000 cal/g [32]. Nilai kalor batubara bergantung pada peringkat batubara, semakin tinggi peringkat batubara maka semakin tinggi nilai kalornya sehingga kualitas batubara tersebut semakin baik dan begitu juga sebaliknya. Batubara yang berkualitas baik untuk penggunaan tertentu, belum tentu baik pula untuk penggunaan yang lainnya dan begitu juga sebaliknya.

Parameter lain yang dapat mempengaruhi nilai kalor batubara yaitu analisis proksimate (*inherent moisture, ash content, volatile matter, fixed carbon*). Semakin tinggi kadar air dan abu dalam batubara maka semakin rendah nilai kalornya, dan begitu juga sebaliknya. Semakin tinggi *volatile matter* dan *fixed carbon* maka semakin tinggi nilai kalornya, dan begitu juga sebaliknya. Faktor-faktor yang dapat mempengaruhi kualitas batubara yaitu tekanan, suhu dan umur batubara. Tekanan terjadi saat lapisan gambut/*lignite* terkubur lebih dalam akibat dari lapisan tanah yang membuat tekanannya meningkat dan membuat batubara menjadi lebih padat sehingga mengurangi kadar air di dalam batubara, dimana semakin tinggi tekanan maka semakin tinggi kualitas batubara yang terbentuk. Suhu, semakin meningkatnya suhu maka semakin hilangnya kandungan air, hidrogen dan oksigen serta meningkatnya kandungan karbon di dalam batubara. Umur batubara, semakin lama pembentukan batubara maka semakin tinggi kualitas dan jenis batubara tersebut jika dibandingkan dengan yang terbentuk dalam waktu lebih singkat.

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa pada sampel yang dianalisis menunjukkan bahwa batubara dengan kode sampel A, B, D, E, G, I, J termasuk ke dalam kualitas sedang dengan jenis batubara *Sub-bituminous A* dengan nilai kalor kotor yaitu 5860 cal/g; 5939 cal/g; 6002 cal/g; 5990 cal/g; 5864 cal/g; 6054 cal/g; 5986 cal/g. Kode sampel F dan C dengan kualitas sedang termasuk ke dalam jenis batubara *Sub-bituminous B* merupakan sampel dengan nilai kalor kotor yang paling rendah yaitu 5723 g/cal dan 5765 g/cal. Kode sampel H dengan kualitas tinggi termasuk ke dalam jenis batubara *Sub-bituminous A* merupakan sampel dengan nilai kalor kotor yang paling tinggi yaitu 6219 g/cal.

#### Daftar pustaka

- Anggreini, D, dkk. (2021) "Analisis Hubungan Kandungan Total Moisture, Total Sulphur Dan Ash Content Terhadap Gross Calorific Value Pada Batubara," *Jurnal Tambora*, Vol. 5 No. 3.
- Ardanti, W.R, Dwi, A, Dahlia. (2020) "Pengaruh Waktu Pengeringan Sampel Batubara Tarahan Terhadap Nilai Inherent Moisture Dan Nilai Kalor Batubara," Universitas Lampung.
- Billah, Mu'tasim. (2010) "Kemampuan Batubara Dalam Menurunkan Kadar Logam  $\text{Cr}^{2+}$  Dan  $\text{Fe}^{2+}$  Dalam Limbah Industri Baja," *Jurnal Penelitian Ilmu Teknik*, Vol. 10, No.1: 48-56.
- Haqique, A.R, Ahmad, H, Rodiyah, N. (2024) "Penentuan Kualitas Batubara Dengan Menggunakan Analisis Proksimat Di PT Bukit Asam Tbk Site Tanjung Enim, Sumatera Selatan," *Journal of Applied Science Engineering*, Vol.2.

- Istomo, F.P, Ameylia, T. (2017) "Penetapan Nilai Kalori Dalam Batubara Dengan Kalorimeter Parr 6200," *Jurnal Sains Natural*. Universitas Nusa Bangsa, Vol. 7, No.2, 83 – 90.
- Kusniawati, E, Indah, P, Sasya, N.Y. (2023) "Analisa Pengaruh Nilai Total Moisture Terhadap gross Calorific Value Pada Batubara Jenis X Di PT Bukit Asam Tbk Unit Pelabuhan Tarahan," *Journal of Innovation Research and Knowledge*, Vol.2, No.8.
- Ogara, E.R, Ade, F, Ahmad I. (2023) "Penentuan Peringkat Dan Pengaruh Karakteristik Batubara Terhadap Nilai Kalori," *Jurnal Geofisika Eksplorasi*, Vol. 09, No. 02, Pp. 122-130.
- Pahlevi, R, dkk. (2024) "Masa Depan Pemanfaatan Batubara Sebagai Sumber Energi Di Indonesia," *Jurnal Energi Baru & Terbarukan*, Vol. 5, No. 3, Pp 50 - 60.
- Rustia, R, Doli, J.R, Devit, R. (2021) "Analisis Perubahan Kualitas Batubara Di Front Penambangan Terhadap Kualitas Batubara Di Stockpile, Kabupaten Bungo, Provinsi Jambi," *Mine Magazine (MineMagz)*, Vol. 2 No. 1.
- Septiani, R. (2015) "*Peningkatan Kualitas Batubara Peringkat Rendah Dengan Steam Tube Dryer (STD)*," UIN Syarif Hidayatullah, Jakarta.
- Wibisono, A.P. (2021) "*Analisis Pengaruh Ukuran Batubara Powder Terhadap Performa PLTU 2x7 MW Dengan Jenis Boiler Tipe Chain Grate*," Universitas Medan Area, Medan.