

UPGRADING BATUBARA PERINGKAT RENDAH UNTUK MENINGKATKAN NILAI KALORI MENGGUNAKAN TETES TEBU DAN MINYAK JELANTAH

Eka Malinda^{1a}, Dwi Poetranto Waluyo Adjie¹, Eddy Winarno¹, Edy Nursanto¹, Aldio Kresna¹

¹Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknologi Mineral,
Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta

^aemail: ekamalinda@gmail.com

ABSTRACT

UBC technology is one method of utilizing low-rank coal by reducing water content so that it will increase the calorific value of coal. In this research, the coatings used are molasses and waste cooking oil with a variation of immersion time of 30 seconds, 45 seconds, and 60 seconds. After dipping, the coal is then dried at room temperature with variations in drying time of 10 days, 20 days, and 30 days.

Based on the research results, it was found that the calorific value of coal increased from 5,561 Kcal/kg to 6,135 Kcal/kg on coal with cooking oil drying for 10 days, it is also shown with low water content from 17.676% can be reduced to 9.444% on coal with cooking oil immersion time of 30 seconds and drying time of 10 days. The results show that coal with used cooking oil, immersion time of 30 seconds, and drying time of 10 days are more effective to increase the calorific value of coal.

Keywords: Brown Coal, UBC, Molasses, Used Cooking Oil.

ABSTRAK

Teknologi UBC merupakan salah satu metode pemanfaatan batubara peringkat rendah dengan cara menurunkan kandungan air sehingga akan menaikkan nilai kalori batubara. Pada penelitian ini coating (pelapis) yang digunakan adalah tetes tebu (molasses) dan minyak jelantah (waste cooking oil) dengan variasi waktu pencelupan 30 detik, 45 detik, dan 60 detik. Setelah dilakukan pencelupan, batubara kemudian dikeringkan pada suhu ruangan dengan variasi waktu pengeringan 10 hari, 20 hari, dan 30 hari.

Berdasarkan hasil penelitian didapatkan bahwa nilai kalori batubara meningkat dari 5.561 Kkal/kg menjadi 6.135 Kkal/kg pada batubara dengan minyak jelantah pengeringan 10 hari, hal itu juga ditunjukkan dengan kandungan air yang rendah dari semula 17,67% dapat diturunkan menjadi 9,44% pada batubara dengan minyak jelantah waktu pencelupan 30 detik dan waktu pengeringan 10 hari. Hasil penelitian menunjukkan bahwa batubara dengan minyak jelantah, waktu pencelupan 30 detik, dan waktu pengeringan 10 hari lebih efektif untuk meningkatkan nilai kalori batubara.

Kata Kunci: Brown Coal, UBC, Tetes Tebu, Minyak Jelantah

I. PENDAHULUAN/INTRODUCTION

Batubara adalah salah satu bahan bakar fosil. Batubara merupakan batuan sedimen yang dapat terbakar, terbentuk dari endapan organik, terutama dari sisasisa tumbuhan dan terbentuk melalui proses pembatubaraan. Total produksi batubara Indonesia, sekitar 25% digunakan untuk kepentingan dalam negeri dan 75% diekspor ke luar negeri (Sardi, 2023). Saat ini hampir 70% produksi batubara Indonesia untuk dalam negeri dimanfaatkan oleh Perusahaan Listrik Negara (PLN) sebagai bahan bakar pembangkit listrik. Sekitar 10% digunakan untuk pembuatan semen. Sisanya digunakan untuk bahan bakar industri atau proses metalurgi. Batubara yang digunakan sebagai bahan bakar diharapkan memiliki nilai kalor yang tinggi untuk mendapatkan efisiensi pembakaran (Lutfy et al., 2013). Berdasarkan data Badan Geologi Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) pada tahun 2017, jumlah cadangan batubara Indonesia tercatat sebesar 28,4 milyar ton dimana 50,01% diantaranya merupakan batubara kualitas

rendah. Batubara peringkat rendah ini biasanya ditandai dengan kandungan air yang tinggi dan nilai kalori yang rendah. Oleh karena sifatnya tersebut menyebabkan batubara peringkat rendah kurang atau bahkan tidak memiliki nilai ekonomis. Berdasarkan hal tersebut maka untuk meningkatkan nilai kalori batubara peringkat rendah adalah dengan metode upgrading brown coal (UBC). Teknologi UBC merupakan salah satu metode pemanfaatan batubara peringkat rendah dengan cara menurunkan kandungan air sehingga akan menaikkan nilai kalori batubara. Pada penelitian ini coating yang digunakan adalah tetes tebu dan minyak jelantah dengan variasi waktu pencelupan 30 detik, 45 detik, dan 60 detik. Setelah dilakukan pencelupan, batubara kemudian dikeringkan pada suhu ruangan dengan variasi waktu pengeringan 10 hari, 20 hari, dan 30 hari.

II. METODE/METHOD

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Analisis Batubara Jurusan Teknik Pertambangan dan Laboratorium Terpadu UPN “Veteran” Yogyakarta. Metode penelitian ini terdiri dari beberapa tahapan, yaitu:

1. Studi Literatur Studi literatur yang dilakukan di sini bertujuan untuk mencari data-data referensi untuk mendukung penelitian yang dilakukan dari berbagai sumber seperti buku, jurnal, karya ilmiah yang berkaitan dengan penelitian ini.
2. Observasi Observasi memiliki tujuan untuk secara langsung mengamati kondisi laboratorium yang terkait dengan 3 permasalahan yang ada. Ini meliputi melakukan pengamatan sesuai dengan rumusan masalah dan menyelaraskan pengambilan data dengan permasalahan yang sedang dikaji agar penelitian dapat difokuskan dengan lebih spesifik pada permasalahan yang diinginkan.
3. Pengambilan Data Data yang digunakan pada penelitian ini dibedakan atas data primer dan data sekunder. Data primer merupakan data yang diperoleh dari hasil pengukuran secara langsung di laboratorium dengan menggunakan instrumen penelitian yang telah di tentukan dari objek yang diteliti seperti kandungan air, abu, zat terbang, karbon tertambat, sulfur, dan nilai kalori batubara. Data sekunder merupakan data yang diperoleh secara tidak langsung atau dengan kata lain diperoleh dari hasil studi pustaka yang terkait dengan penelitian yang sedang dijalankan.
4. Pengolahan Data Pengolahan data hasil analisis kualitas batubara sebelum proses upgrading dan setelah proses upgrading dilakukan berdasarkan ASTM, ISO, dan microsoft excel.
5. Kesimpulan dan Saran Dari kajian hasil pengolahan data diperoleh kesimpulan dan saran yang dapat menunjang proses upgrading brown coal

III. HASIL/RESULT

3.1. Hasil Analisis Batubara Sebelum Proses Upgrading Brown Coal

Sebelum melakukan proses upgrading maka diperlukan karakteristik awal dari batubara yang digunakan. Hasil analisis batubara sebelum proses upgrading brown coal dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 1. 1 Hasil Analisis Batubara Sebelum Proses Upgrading Brown Coal

Sampel	Parameter analisis	Hasil (%)
Batubara Awal	Kandungan Air	17,67
	Kandungan Abu	1,06
	Kandungan Zat Terbang	39,61
	Karbon Tertambat	41,64
	Kandungan Sulfur	2,46
	Nilai Kalori (Kkal/kg)	5.564

Hasil analisis sampel batubara awal didapatkan nilai kalori 5.564 Kkal/kg. Berdasarkan klasifikasi ASTM maka termasuk batubara lignite A.

3.2. Hasil Analisis Batubara Setelah Proses Upgrading Brown Coal

1. Analisis Proksimat

a. Analisis Kandungan Air

Tabel 1. 2 Hasil Analisis Kandungan Air

Pengeringan 10 Hari		
Sampel	Waktu pencelupan	Hasil (%adb)
Batubara Tetes Tebu	30 Detik	16,25
	45 Detik	16,73
	60 Detik	16,51
Batubara Minyak Jelantah	30 Detik	9,44
	45 Detik	12,74
	60 Detik	13,13
Pengeringan 20 Hari		
Sampel	Waktu pencelupan	Hasil (%adb)
Batubara Tetes Tebu	30 Detik	18.281
	45 Detik	17.523
	60 Detik	17.882
Batubara Minyak Jelantah	30 Detik	15.663
	45 Detik	15.275
	60 Detik	15.408
Pengeringan 30 Hari		
Sampel	Waktu pencelupan	Hasil (%adb)
Batubara Tetes Tebu	30 Detik	16,98
	45 Detik	17,69
	60 Detik	18,64
Batubara Minyak Jelantah	30 Detik	16,19
	45 Detik	17,83
	60 Detik	16,50

b. Analisis Kandungan Abu

Tabel 1. 3 Hasil Analisis Kandungan Abu

Pengeringan 10 Hari		
Sampel	Waktu pencelupan	Hasil (%adb)
Batubara Tetes Tebu	30 Detik	2,69
	45 Detik	1,66
	60 Detik	1,33
Batubara Minyak Jelantah	30 Detik	1,48
	45 Detik	1,09
	60 Detik	1,00
Pengeringan 20 Hari		

Sampel	Waktu pencelupan	Hasil (%adb)
Batubara Tetes Tebu	30 Detik	1,11
	45 Detik	2,51
	60 Detik	1,28
Batubara Minyak Jelantah	30 Detik	1,34
	45 Detik	1,01
	60 Detik	1,05
Pengeringan 30 Hari		
Sampel	Waktu pencelupan	Hasil (%adb)
Batubara Tetes Tebu	30 Detik	1,07
	45 Detik	2,46
	60 Detik	1,05
Batubara Minyak Jelantah	30 Detik	1,29
	45 Detik	2,11
	60 Detik	1,54

c. Analisis Kandungan Zat Terbang

Tabel 1. 4 Hasil Analisis Kandungan Abu

Pengeringan 10 Hari		
Sampel	Waktu pencelupan	Hasil (%adb)
Batubara Tetes Tebu	30 Detik	42,51
	45 Detik	41,54
	60 Detik	42,82
Batubara Minyak Jelantah	30 Detik	48,52
	45 Detik	46,17
	60 Detik	48,03
Pengeringan 20 Hari		
Sampel	Waktu pencelupan	Hasil (%adb)
Batubara Tetes Tebu	30 Detik	41,36
	45 Detik	40,35
	60 Detik	42,23
Batubara Minyak Jelantah	30 Detik	42,06
	45 Detik	43,51
	60 Detik	42,61
Pengeringan 30 Hari		
Sampel	Waktu pencelupan	Hasil (%adb)
Batubara Tetes Tebu	30 Detik	44,92
	45 Detik	42,82
	60 Detik	39,69
Batubara Minyak Jelantah	30 Detik	42,02
	45 Detik	41,91
	60 Detik	44,18

d. Analisis Kandungan Karbon Tertambat

Tabel 1. 5 Hasil Analisis Kandungan Karbon Tertambat

Pengeringan 10 Hari		
Sampel	Waktu pencelupan	Hasil (%adb)
Batubara Tetes Tebu	30 Detik	38,54
	45 Detik	40,06
	60 Detik	39,32
Batubara Minyak Jelantah	30 Detik	40,55
	45 Detik	39,98
	60 Detik	37,90
Pengeringan 20 Hari		
Sampel	Waktu pencelupan	Hasil (%adb)
Batubara Tetes Tebu	30 Detik	39,23
	45 Detik	39,61
	60 Detik	38,59
Batubara Minyak Jelantah	30 Detik	41,49
	45 Detik	40,40
	60 Detik	41,22
Pengeringan 30 Hari		
Sampel	Waktu pencelupan	Hasil (%adb)
Batubara Tetes Tebu	30 Detik	37,02
	45 Detik	37,02
	60 Detik	40,60
Batubara Minyak Jelantah	30 Detik	40,99
	45 Detik	38,13
	60 Detik	37,76

2. Analisis Ultimate

Tabel 1. 6 Hasil Analisis Kandungan Sulfur

Pengeringan 10 Hari		
Sampel	Waktu Pencelupan	Kandungan Sulfur (%adb)
Batubara Tetes Tebu	30 Detik	2,33
	45 Detik	2,38
	60 Detik	2,31
Batubara Minyak Jelantah	30 Detik	2,23
	45 Detik	2,12
	60 Detik	2,09

Pengeringan 20 Hari		
Sampel	Waktu Pencelupan	Kandungan Sulfur (%adb)
Batubara Tetes Tebu	30 Detik	2,23
	45 Detik	2,35
	60 Detik	2,32
Batubara Minyak Jelantah	30 Detik	2,36
	45 Detik	2,41
	60 Detik	2,28
Pengeringan 30 Hari		
Sampel	Waktu Pencelupan	Kandungan Sulfur (%adb)
Batubara Tetes Tebu	30 Detik	2,34
	45 Detik	2,27
	60 Detik	2,15
Batubara Minyak Jelantah	30 Detik	2,31
	45 Detik	2,25
	60 Detik	2,40

3. Analisis Nilai Kalor

Tabel 1. 7 Hasil Analisis Nilai Kalor

Sampel	Waktu Pengeringan	Nilai Kalor (Kkal/kg)
Batubara Awal	-	5.564
Batubara Tetes Tebu	10 Hari	5.674
Batubara Tetes Tebu	20 Hari	5.459
Batubara Tetes Tebu	30 Hari	5.578
Batubara Minyak Jelantah	10 Hari	6.135
Batubara Minyak Jelantah	20 Hari	5.824
Batubara Minyak Jelantah	30 Hari	5.714

Hasil analisis batubara setelah proses upgrading didapatkan nilai kalori tertinggi pada batubara dengan minyak jelantah pengeringan 10 hari, yaitu 6.135 kkal/kg, dengan hasil kandungan air terendah yaitu 9,44% pada batubara dengan minyak jelantah waktu pencelupan 30 detik, waktu pengeringan 10 hari. Berdasarkan klasifikasi ASTM maka termasuk batubara subbituminus C dengan rentang nilai kalori 5.990-6.860 Kkal/kg. Sedangkan batubara dengan nilai kalori terendah terdapat pada batubara dengan tetes tebu pengeringan 20 hari yaitu, 5.455 kkal/kg

(lebih rendah daripada sampel batubara awal), dengan perolehan kandungan air yang tinggi yaitu 18,64% pada batubara dengan tetes tebu waktu pencelupan 60 detik, waktu pengeringan 30 hari. Berdasarkan klasifikasi ASTM maka termasuk batubara lignite A.

IV. PEMBAHASAN

4.1. Pengaruh Penambahan Tetes Tebu dan Minyak Jelantah pada Proses Upgrading terhadap Nilai Kalori Batubara

Berdasarkan hasil penelitian dapat dilihat bahwa nilai kalori batubara sebelum proses upgrading yaitu sebesar 5.561 Kkal/kg, setelah proses upgrading dilakukan nilai kalori batubara meningkat sebesar 6.135 Kkal/kg pada batubara dengan minyak jelantah pengeringan 10 hari, hal itu juga ditunjukkan dengan kandungan air yang rendah dari semula 17,67% dapat diturunkan menjadi 9,44% pada batubara dengan minyak jelantah pengeringan 10 hari dan waktu pencelupan 30 detik, sedangkan nilai kalori batubara terendah terdapat pada batubara dengan tetes tebu pengeringan 20 hari yaitu sebesar 5.455 Kkal/kg. Nilai kalori batubara pada proses upgrading menggunakan tetes tebu lebih rendah dibandingkan menggunakan minyak jelantah karena tetes tebu yang umumnya memiliki kandungan karbon yang tinggi dalam bentuk gula sederhana yaitu sekitar 40%-50% namun karena dicampurkan dengan air sebagai pengencer, hal itu membuat kadar gula nya turun dan air kembali masuk ke dalam pori-pori batubara (Wardani, 2013). Ini juga menjadi perhatian untuk penelitian selanjutnya, agar tetes tebu dapat di encerkan tanpa menggunakan air atau dengan bahan lain. Selain itu, tetes tebu juga merupakan bahan organik yang bersifat hidrofilik, yang berarti lebih cenderung untuk menyerap air di udara bebas, sedangkan minyak jelantah bersifat hidrofobik yang memiliki sifat anti air atau tidak mudah menyerap air dari udara bebas, serta kandungan karbon yang dimiliki minyak jelantah juga lebih tinggi daripada tetes tebu, yaitu sebesar 77-86% dalam bentuk senyawa organik yang disebut hidrokarbon.

4.2. Pengaruh Waktu Pencelupan pada Proses Upgrading terhadap Nilai Kalori Batubara

Waktu pencelupan pada proses upgrading dalam penelitian ini yaitu 30 detik, 45 detik, dan 60 detik. Berdasarkan waktu pencelupan batubara pada tetes tebu dan minyak jelantah, maka didapatkan hasil rata-rata kandungan air, abu, zat terbang, karbon tertambat, dan sulfur batubara pada tabel berikut:

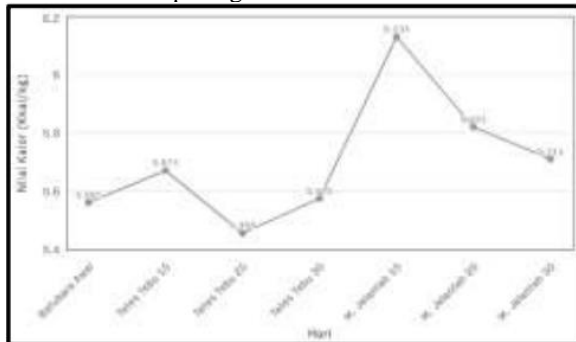
Tabel 1. 8 Pengaruh Waktu Pencelupan pada Proses Upgrading terhadap Nilai Kalori Batubara

Sampel	Waktu Pencelupan (detik)	Parameter Analisis				
		Kandungan air (%)	Kandungan Abu (%)	Kandungan Zat Terbang (%)	Kandungan Karbon Tertambat (%)	Kandungan Sulfur (%)
Batubara Awal	-	17,676	1,065	39,616	41,643	2,46
Tetes Tebu	30	17,173	1,627	42,933	38,267	2,36
	45	17,316	2,212	41,572	38,900	2,33
	60	17,683	1,223	41,584	39,510	2,27
Minyak Jelantah	30	14,768	1,375	44,202	40,656	2,30
	45	15,285	1,407	43,867	39,441	2,26
	60	15,014	1,200	44,944	38,841	2,25

Berdasarkan tabel 4.1 dapat dilihat bahwa batubara dengan minyak jelantah pada waktu pencelupan selama 30 detik dapat menurunkan kandungan air dan meningkatkan kandungan karbon tertambat sehingga nilai kalori meningkat, sedangkan pada tetes tebu kandungan air nya semakin tinggi sehingga membuat nilai kalori batubara semakin menurun. Pada tabel 5.1 juga dapat dilihat bahwa waktu pencelupan selama 30 detik dan 45 detik dapat menurunkan zat terbang dan sulfur, sedangkan untuk kadar abu dapat diturunkan dengan waktu pencelupan 60 detik. Berdasarkan Chen dkk. (1993), kadar abu pada tetes tebu berkisar 7- 15%.

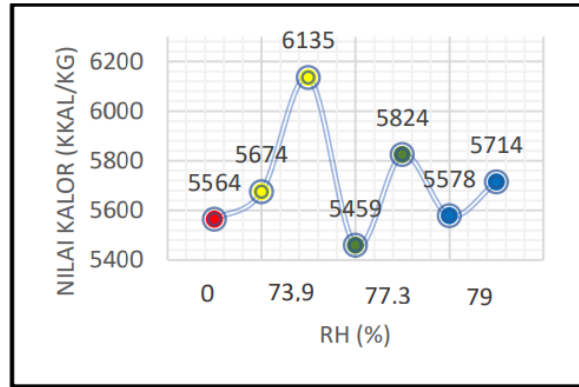
4.3. Pengaruh Waktu Pengeringan pada Proses Upgrading terhadap Nilai Kalori Batubara

Waktu pengeringan pada proses upgrading dalam penelitian ini yaitu 10 hari, 20 hari, dan 30 hari. Berdasarkan waktu pengeringan batubara pada tetes tebu dan minyak jelantah, maka didapatkan hasil nilai kalori batubara pada grafik berikut:



Gambar 1. 1 Grafik Pengaruh Waktu Pengeringan terhadap Nilai Kalori Batubara

Berdasarkan grafik 4.1 dapat dilihat bahwa batubara yang di upgrading menggunakan minyak jelantah dengan waktu pengeringan 10 hari lebih efektif untuk meningkatkan nilai kalori batubara yaitu sebesar 6.135 Kkal/kg. Berdasarkan klasifikasi ASTM maka termasuk batubara sub-bituminus C dengan rentang nilai kalori 5.990-6.860 Kkal/kg

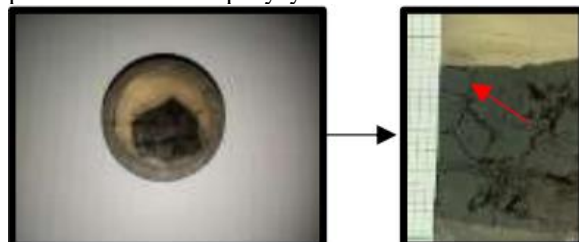


Gambar 1. 2 Grafik Pengaruh RH terhadap Nilai Kalori Batubara

Berdasarkan gambar 5.2, dapat dilihat bahwa semakin lama waktu pengeringan seperti pada pengeringan 20 hari dan 30 hari, suhu ruangan semakin turun dan RH (kelembapan) meningkat. Sedangkan rentang kelembapan relatif yang umumnya digunakan dalam penyimpanan batubara berkisar antara 30%-60%. Penurunan suhu dan peningkatan RH selama waktu pengeringan 20 hari dan 30 hari menyebabkan senyawa-senyawa hidrofilik dalam tetes tebu dapat berinteraksi dengan uap air dan menyerap kelembapan dari udara bebas sehingga mengakibatkan peningkatan kadar air. Hal itu dapat disimpulkan bahwa batubara dengan pengeringan 10 hari lebih efektif untuk menurunkan kandungan air dan meningkatkan nilai kalori

4.4. Penyayatan Batubara

Penyayatan dilakukan untuk mengetahui seberapa tebal coating dapat melapisi batubara setelah proses upgrading. Berdasarkan hasil analisis data didapatkan bahwa batubara dengan minyak jelantah memiliki nilai kalori lebih tinggi yaitu sebesar 6.135 Kkal/kg, hal itu dibuktikan dengan adanya perlapisan setebal ±0,5 mm pada saat dilakukan penyayatan batubara



Gambar 1. 3 Sayatan Batubara yang Dilihat Menggunakan 2x Pembesaran Kamera

V. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada setiap pihak yang membantu dalam penyusunan penelitian ini

VI. KESIMPULAN/CONCLUSION

Berikut adalah kesimpulan dari hasil analisis pengolahan data:

1. Pada penelitian ini batubara dengan coating minyak jelantah lebih efektif untuk meningkatkan nilai kalori batubara, yaitu 6.135 Kkal/kg, hal itu juga ditunjukkan dengan kandungan air yang rendah dari semula 17,67% dapat diturunkan menjadi 9,44%. Berdasarkan klasifikasi ASTM maka termasuk batubara sub-bituminus C dengan rentang nilai kalori 5.990- 6.860 Kkal/kg.

2. Pada penelitian ini batubara dengan waktu pencelupan selama 30 detik dapat menurunkan kandungan air, zat terbang, sulfur, dan meningkatkan kandungan karbon tertambat sedangkan untuk kadar abu dapat diturunkan dengan waktu pencelupan 60 detik.

3. Hasil penelitian menunjukkan bahwa batubara dengan waktu pengeringan 10 hari lebih efektif untuk meningkatkan nilai kalori batubara yaitu sebesar 6.135 Kkal/kg.

VI. DAFTAR PUSTAKA/REFERENCES

- Agung N, N.M., dkk. 2019. Hubungan kandungan total sulphur terhadap gross calorific value pada batubara PT. Carsurin Samarinda. Universitas Mulawarman . Jurnal Teknologi Mineral FT UNMUL, Vol. 7, No. 1, 1-8.
- Arisandy, A.A., dkk. 2017. Peningkatan kualitas batubara sub bituminous menggunakan minyak residu di PT. X Samarinda, Kalimantan Timur. Universitas Mulawarman. Jurnal Teknologi Mineral FT UNMUL, Vol. 5, No. 1, 1- 6.
- Artiningsih, A., dkk. 2015. Studi penentuan kandungan sulfur (sulphur analysis) dalam batubara pada PT. Geoservices Samarinda Kalimantan Timur. Universitas Hasanuddin. Jurnal Geomine, Vol 02.
- Billah, M. 2010. Peningkatan nilai kalor batubara peringkat rendah dengan menggunakan minyak tanah dan minyak residu. Surabaya. UPN Press.
- Budiman, A.A., dkk. 2017. Penentuan kualitas batubara pada Kabupaten Enrekang berdasarkan analisis proksimat dan ultimat. Universitas Muslim Indonesia. Jurnal Geomine, Vol. 5 No. 2.
- Fatimah, Herudiyanto. 2007. Kandungan sulfur dalam batubara Indonesia. Laboratorium fisika mineral pusat sumber daya geologi.
- Hernawan, R.F., Prabowo H. 2022. Pengaruh penggunaan polimer terhadap kualitas batubara di PT. Bhumi Sriwijaya Perdana Coal, Desa Bero Jaya Timur, Kecamatan Tungkal Jaya, Kabupaten Musi Banyuasin, Sumatera Selatan. Jurnal Bina Tambang, Vol. 7, No. 2. Universitas Negeri Padang, Vol. 7, No. 2.
- Hilmi, A., dkk. 2021. Analisis proksimat, kandungan sulfur dan nilai kalor dalam penentuan kualitas batubara. Sumbawa Barat. Indonesian Journal of Engineering, Vol.1, No.2, Hal. 85-94.
- Malaidji, E., dkk. 2018. Analisis proksimat, sulfur, dan nilai kalor dalam penentuan kualitas batubara di Desa Pattappa Kecamatan Pujananting Kabupaten Barru Provinsi Sulawesi Selatan. Universitas Muslim Indonesia. Jurnal Geomine, Vol. 6, No. 3.
- Mandari, R. 2020. Coaldrying type zig-zag untuk meningkatkan kalori batubara muda (Tugas Akhir). Sekolah Tinggi Teknologi Industri (STTIND) Padang. 9
- Napitupulu R.M. 2018. Analisis pengaruh suhu pemanasan dan komposisi penambahan minyak kelapa sebagai bahan coating dalam upgrading batubara kalori rendah terhadap karakteristik fisik dan kimia batubara (skripsi). Universitas Sriwijaya. Palembang.
- Ningsih, RR.Y.B., dkk. 2020. Pengaruh suhu pemanasan pada proses upgrading batubara dengan penambahan sarang lebah terhadap karakteristik batubara. Universitas Sriwijaya. Jurnal GEOSAPTA Vol. 6 No.2, 111-116.
- Nurlela. 2019. Analisa total moisture dan ash content pada briket batubara. Universitas PGRI Palembang. Vol. 4, No. 1.
- Rachman, F.F. 2018. Upgrading batubara peringkat rendah sumatera selatan dengan dehumidifier kapasitas 25 liter (skripsi). Universitas Sriwijaya. Palembang.
- Raharjo, M.A. 2020. Pengaruh kuat medan elektromagnetik, waktu dan rasio campuran partikel batubara lignit dengan pelarut minyak diesel terhadap kenaikan nilai kalor batubara (tesis). Universitas Sriwijaya. Palembang.
- Sardi, B., dkk. 2023. Analisis proksimat, ultimat, dan kadar sulfur dalam penentuan kualitas batubara pada formasi bobong Pulau Taliabu-Maluku. Universitas Tadulako. Sultra Journal of Mechanical Engineering (SJME), Vol. 2 No. 1. Hal. 45-53.
- Sarfa, M.R., dkk. 2022. Kualitas dan kelas batubara di Kecamatan Uluiwoi Kabupaten Kolaka Timur, Provinsi Sulawesi Tenggara. Universitas Halu Oleo. Jurnal Geosains dan Teknologi Vol. 5 No. 3.
- Siswantika, P.H., dkk. 2013. Pengaruh penampuran minyak goreng murni dan jelantah terhadap kandungan energi. Universitas Kristen Satya Wacana, Salatiga. Prosiding seminar nasional sains dan pendidikan sains VIII, Vol. 4 No. 1.
- Tsai, S.C. (1982). Fundamentals of coal beneficiation and utilization. New York. Elsevier Science Publishing Company Inc.
- Umar, D.F. 2010. Pengaruh proses upgrading terhadap kualitas batubara Bunyu, Kalimantan Timur. Bandung. Puslitbang Teknologi Mineral dan Batubara.
- Wardani, A.K. 2013. Produksi etanol dari tetes tebu oleh *Saccharomyces cerevisiae* pembentuk flok (NRRL-Y 265). Malang. Agritech, Vol. 33