

SKRIPSI

PENCUCIAN BATUBARA MENGGUNAKAN ARUS VERTIKAL (*HYDROCYCLONE*) UNTUK MENGURANGI KANDUNGAN ABU BATUBARA SEHINGGA MEMENUHI STANDAR ABU BATUBARA UNTUK PLTU

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar
Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Pertambangan Fakultas Teknik
Universitas Sriwijaya



OLEH

WIDI AZMI

03021381823079

PROGRAM STUDI TEKNIK PERTAMBANGAN
JURUSAN TEKNIK PERTAMBANGAN DAN GEOLOGI
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA

2022

LEMBAR PENGESAHAN

PENCUCIAN BATUBARA MENGGUNAKAN ARUS VERTIKAL (HYDROCYCLONE) UNTUK MENGURANGI KANDUNGAN ABU BATUBARA SEHINGGA MEMENUHI STANDAR ABU BATUBARA UNTUK PLTU

SKRIPSI


Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada Jurusan Teknik Pertambangan Fakultas Teknik
Universitas Sriwijaya

Oleh:


Widi Azmi
03021381823079

Palembang, Juni 2022

Pembimbing I


Ir. Muhammad Amin, M.S.
NIP. 195808181986031006

Pembimbing II


Bochori, S.T., M.T.
NIP. 197410252002121003

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Pertambangan


Prof. Dr. Ir. Eddy Ibrahim, M.S.
NIP. 196211221991021001

HALAMAN PERNYATAAN DAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Widi Azmi

NIM : 03021381823079

Judul : Pencucian Batubara Menggunakan Arus Vertikal (*Hydrocyclone*)
untuk Mengurangi Kandungan Abu Batubara Sehingga Memenuhi
Standar Abu Batubara untuk PLTU

Memberikan izin kepada Pembimbing dan Universitas Sriwijaya untuk mempublikasikan hasil penelitian apabila dalam 1 (satu) tahun tidak mempublikasikan karya penelitian saya. Dalam kasus ini saya setuju untuk mendapatkan pembimbing sebagai penulis korespodensi (*Corresponding author*).

Demikian pernyataan saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan siapapun.

Palembang, Juni 2022



Widi Azmi

03021381823079

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Widi Azmi

NIM : 03021381823079

Judul : Pencucian Batubara Menggunakan Arus Vertikal (*Hydrocyclone*)
untuk Mengurangi Kandungan Abu Batubara Sehingga Memenuhi
Standar Abu Batubara untuk PLTU

Menyatakan bahwa Skripsi saya merupakan hasil karya sendiri didampingi dosen pembimbing dan bukan penjiplakan/plagiat. Apabila ditemukan unsur penjiplakan/plagiat dalam laporan Skripsi ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya sesuai dengan aturan yang berlaku.

Demikian pernyataan saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan siapapun.



Palembang, Juni 2022

METERAI
10.000
CORAEJX904122567111

NIM. 03021381823079

RIWAYAT PENULIS



Widi Azmi lahir di Palembang, pada tanggal 19 Desember 2000. Anak kedua dari tiga bersaudara. Ayah bernama Afemen Umar dan Ibu bernama Suhermini. Penulis mengawali pendidikan tingkat dasar di SD Kartika II-2 Palembang pada tahun 2006. Kemudian pada tahun 2012 penulis melanjutkan Pendidikan di SMP Muhammad 4 Palembang hingga lulus di tahun 2015. Pada tahun 2015 melanjutkan Pendidikan tingkat atas di SMA Plus Negeri 17 Palembang hingga lulus pada tahun 2018. Kemudian melanjutkan pendidikan dengan berkuliah di Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya.

Selama menjadi mahasiswa Teknik Pertambangan Universitas Sriwijaya, Widi Azmi aktif dalam organisasi internal kampus, yaitu Badan Eksekutif Mahasiswa Fakultas Teknik (BEM KM FT) selama 3 tahun dan terakhir menjabat sebagai Sekretaris Jenderal. Widi Azmi juga aktif selama 2 tahun di Perhimpunan Ahli Pertambangan Indonesia Student Chapter Universitas Sriwijaya (SC Perhapi Unsri) dan terakhir menjabat sebagai Wakil Kepala Departemen Eksternal.

HALAMAN PERSEMBAHAN



Skripsi ini saya persembahkan untuk:

Teruntuk ayah saya Afemen Umar dan Ibu saya Suhermini, serta kakak dan adik saya Nisrina Feni dan Andini yang memberikan doa terbaik dan dukungan setiap detik. Sahabat seperjuangan Tambang 18, kawan – kawan ormawa fakultas teknik, serta dosen dan pegawai jurusan dan fakultas.

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur atas kehadiran Tuhan Yang Maha Esa karena berkah dan rahmat-Nya laporan tugas akhir yang berjudul Pencucian Batubara Menggunakan Arus Vertikal (*Hydrocyclone*) untuk Mengurangi Kandungan Abu Batubara Sehingga Memenuhi Standar Abu Batubara untuk PLTU.

Proses penyelesaian laporan tugas akhir ini banyak mendapat bantuan dari berbagai pihak. Terimakasih disampaikan kepada Ir. Muhammad Amin, M.S. dan Bochori, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing dan pihak lain:

1. Prof. Dr. Eng. Ir. H. Joni Arliansyah, M.T. sebagai Dekan Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya;
2. Prof. Dr. Ir. Eddy Ibrahim, M.S. dan RR Yunita Bayu Ningsih, S.T., M.T. sebagai Ketua Jurusan dan Sekretaris Jurusan Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya;
3. Ir. Muhammad Amin, M.S. sebagai dosen pembimbing akademik;
4. Dosen-dosen, pegawai, serta karyawan administrasi Jurusan Teknik Pertambangan dan Geologi Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya yang telah memberikan banyak ilmu pengetahuan dan membantu selama proses penelitian Tugas Akhir;

Kekurangan baik dalam segi materi maupun penyusunan kata-kata masih terdapat dalam penulisan tugas akhir ini, oleh karena itu permintaan maaf disampaikan kepada seluruh pembaca. Saran dan kritik dari seluruh pembaca merupakan suatu hal yang sangat berharga untuk memperbaiki dan meningkatkan kualitas laporan tugas akhir ini.

Palembang, Juni 2022

Widi Azmi

RINGKASAN

PENCUCIAN BATUBARA MENGGUNAKAN ARUS VERTIKAL (*HYDROCYCLONE*) UNTUK MENGURANGI KANDUNGAN ABU BATUBARA SEHINGGA MEMENUHI STANDAR ABU BATUBARA UNTUK PLTU.

Karya Tulis Ilmiah Berupa Skripsi, Juni 2022

Widi Azmi: Dibimbing oleh Ir. Muhammad Amin M.S. dan Bochori S.T., M.T.

XV + 34 Halaman, 20 Gambar, 23 Tabel, 8 Lampiran

ABSTRAK

Abu yang terdapat dalam batubara atau *ash content* sangat berpengaruh terhadap kualitas dari batubara. Standar penggunaan abu di PLTU dibutuhkan batubara dengan nilai *ash content* sebesar 7,8%. Sehingga dibutuhkan proses pencucian batubara untuk mengurangi kadar abu tersebut. Pada penelitian ini berfokus kepada peningkatan kualitas batubara dengan mengurangi kadar abu batubara menggunakan *hydrocyclone* dengan variabel ketinggian posisi *overflow* sebesar 45 cm, 51 cm, dan 57 cm. Hasil dari percobaan nantinya dilakukan uji laboratorium untuk mengetahui kadar abu batubara sebelum dan sesudah percobaan dilakukan. Berdasarkan hasil penelitian dapat diketahui bahwa semakin tinggi posisi *overflow* yang digunakan maka kadar abu batubara akan semakin rendah atau kualitas batubara yang dihasilkan akan semakin tinggi. Kondisi paling ideal dalam percobaan yaitu ketika menggunakan tinggi posisi *overflow* sebesar 51 cm dan 57 cm dimana kadar abu batubara yang didapat sebesar 7,705% dan 6,555%. Pada kondisi tersebut kadar abu batubara telah memenuhi standar penggunaan abu pada PLTU.

Kata Kunci : Pencucian Batubara, Kadar Abu, *Hydrocyclone*

SUMMARY

COAL WASHING USES VERTICAL CURRENT (HYDROCYCLONE) TO REDUCE THE ASH CONTENT OF COAL TO MEET COAL ASH STANDARDS FOR PLTU.

Scientific Paper in the form of Skripsi, June 2022

Widi Azmi; *Supervised by* Ir. Muhammad Amin M.S. dan Bochori S.T., M.T.

XV + 34 Pages, 20 Image, 23 Table, 8 Attachments.

ABSTRACT

Ash contained in coal or ash content greatly affects the quality of coal. Standard use of ash in PLTU requires coal with an ash content value of 7.8%. So that the coal washing process is needed to reduce the ash content. This study focuses on improving the quality of coal by reducing the ash content of coal using a hydrocyclone with a variable height of the overflow position of 45 cm, 51 cm, and 57 cm. The results of the experiment will be carried out laboratory tests to determine the ash content of coal before and after the experiment is carried out. Based on the results of the study, it can be seen that the higher the overflow position used, the lower the ash content of the coal or the higher the quality of the coal produced. The most ideal conditions in the experiment are when using the overflow position height of 51 cm and 57 cm where the coal ash content obtained is 7.705% and 6.555%, respectively. Under these conditions, the ash content of coal has met the standard for using ash in steam power plant (PLTU).

Keywords : Coal Washing, Ash Content, Hydrocyclone

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERNYATAAN DAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS.....	iv
RIWAYAT PENULIS	v
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	vi
KATA PENGANTAR	vii
RINGKASAN	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Batasan Masalah.....	2
1.4. Tujuan Penelitian.....	3
1.5. Manfaat Penelitian.....	3
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1. Batubara	4
2.1.1. Ganesa Batubara	5
2.1.2. Klasifikasi Batubara.....	5
2.1.3. Kualitas Batubara.....	7
2.1.3.1. Kandungan <i>Moisture</i>	8
2.1.3.2. Kadar Abu (<i>Ash Content</i>).....	8
2.1.3.3. Zat Terbang (<i>Volatile Matter</i>)	10
2.1.3.4. Karbon Tetap (<i>Fixed Carbon</i>).....	10
2.1.3.5. Nilai Kalor (<i>Calorific Value</i>).....	11
2.2. <i>Criteria of Concentration</i>	12
2.3. Persyaratan Kualitas Batubara untuk Industri Pembangkit Listrik Tenaga Uap	13
2.4. Pencucian Batubara	13
2.4.1. Pencucian Batubara Berdasarkan Berat Jenis	14
2.4.2. Pencucian Batubara Menggunakan Konsentrasi Flotasi.....	15
2.5. <i>Hydrocyclone</i>	16
2.5.1. Prinsip Kerja <i>Hydrocyclone</i>	16
2.5.2. Bagian-bagian <i>Hydrocyclone</i>	17

2.6. Penelitian Terdahulu	18
BAB 3. METODE PENELITIAN.....	19
3.1. Lokasi Penelitian	19
3.2. Jadwal Penelitian.....	19
3.3. Metode Penelitian.....	19
3.3.1 Prosedur Penelitian	19
3.3.2 Preparasi Sampel.....	21
3.4. Proses Penelitian	21
3.5. Hasil Penelitian.....	22
3.6. Analisis Hasil Penelitian	22
3.7. Bagan Alir Penelitian	22
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	25
4.1. Analisis Kandungan Batubara <i>Feed</i>	25
4.2. Analisis Kandungan Batubara Setelah Dilakukan Proses Pengolahan	26
4.2.1. Berat Sampel Batubara	27
4.2.2. Hasil dan Pembahasan Kandungan <i>Ash Content</i>	28
4.2.3. Grafik Perbandingan Kandungan <i>Ash Content</i> dengan Tinggi <i>Hydrocyclone</i>	29
4.3. Analisis Kandungan Fixed Carbon dan Fuel Ratio.....	30
BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN.....	33
5.1. Kesimpulan.....	33
5.2. Saran.....	34
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

2.1. Prinsip kerja <i>hydrocyclone</i> (Soccol, et al., 2007)	17
2.2. Bagian – bagian <i>hydrocyclone</i> (Soccol, et al., 2007).....	17
3.1. Bagan alir penelitian	23
3.2. Bagan alir pencucian batubara	24
4.1. Desain <i>hydrocyclone</i>	26
4.2. Grafik perbandingan kandungan <i>ash content</i> dengan tinggi posisi <i>overflow</i>	30
4.3. Grafik perbandingan tinggi posisi <i>overflow</i> dan kandungan <i>fixed carbon</i>	32
4.4. Grafik perbandingan kandungan <i>fixed carbon</i> dan <i>fuel ratio</i>	32
G.1. Pompa air Shimizu PS – 226 BIT	52
G.2. Thermolyne Muffle Furnace F6010.....	53
G.3. Thermolyne 1500 Benchtop Muffle Furnace.....	54
G.4. Minimum Free Space Oven Carbolite	55
H.1. Proses <i>grinding</i> batubara.....	56
H.2. Proses pengayakan batubara 40 mesh.....	56
H.3. Penimbangan sampel <i>feed</i>	56
H.4. Proses penimbangan sampel	57
H.5. Proses pengujian abu batubara menggunakan tungku pembakar.....	57
H.6. Abu batubara hasil pembakaran.....	57
H.7. Proses pengujian <i>volatile matter</i> menggunakan tungku pembakar.....	58
H.8. Proses pengujian <i>moisture content</i> menggunakan tungku pembakar	58

DAFTAR TABEL

2.1. Klasifikasi batubara berdasarkan peringkat menurut ASTM (ASTM, 1999)...	6
2.2. Persyaratan kualitas batubara untuk pembangkit listrik tenaga uap (PLTU) Suralaya (Sukandarrumidi, 1995)	13
3.1. Jadwal penelitian.....	19
4.1. Hasil uji analisis proksimat sampel batubara <i>feed</i>	25
4.2. Berat sampel <i>overflow</i> dan <i>underflow</i> setelah pengolahan	27
4.3. Hasil analisis kandungan <i>ash content</i> batubara setelah pengolahan	29
4.4. Hasil analisis kandungan <i>ash content</i> , <i>volatile matter</i> , dan <i>moisture content</i>	31
4.5. Hasil analisis kandungan <i>fixed carbon</i> dan nilai <i>fuel ratio</i>	31
A.1. Hasil uji analisis <i>ash content</i> batubara <i>feed</i>	38
A.2. Distribusi frekuensi hasil uji analisis <i>ash content</i> batubara <i>feed</i>	39
B.1. Hasil uji analisis <i>ash content</i> batubara pada <i>overflow</i> percobaan 1 (ketinggian posisi <i>overflow</i> 45 cm)	41
B.2. Distribusi frekuensi hasil uji analisis <i>ash content</i> batubara pada <i>overflow</i> percobaan 1 (ketinggian posisi <i>overflow</i> 45 cm)	42
C.1. Hasil uji analisis <i>ash content</i> batubara pada <i>overflow</i> percobaan 2 (ketinggian posisi <i>overflow</i> 51 cm)	44
C.2. Distribusi frekuensi hasil uji analisis <i>ash content</i> batubara pada <i>overflow</i> percobaan 2 (ketinggian posisi <i>overflow</i> 51 cm)	45
D.1. Hasil uji analisis <i>ash content</i> batubara pada <i>overflow</i> percobaan 3 (ketinggian posisi <i>overflow</i> 57 cm)	47
D.2. Distribusi frekuensi hasil uji analisis <i>ash content</i> batubara pada <i>overflow</i> percobaan 3 (ketinggian posisi <i>overflow</i> 57 cm)	48
E.1. Kandungan batubara (Marsudi, 2005)	50
E.2. Komposisi kandungan abu batubara (Ahmaruzzaman, 2010)	50
F.1. <i>Specific gravity</i> mineral berat (Avicenna dkk. 2019)	51
G.1. Spesifikasi pompa air Shimizu PS – 226 BIT	52
G.2. Spesifikasi Thermolyne Muffle Furnace F6010	53

G.3. Spesifikasi Thermolyne 1500 Benchtop Muffle Furnace	54
G.4. Spesifikasi Minimum Free Space Oven Carbolite	55

DAFTAR LAMPIRAN

A. Analisis <i>Ash Content</i> Batubara <i>Feed</i>	38
B. Analisis <i>Ash Content</i> Batubara pada <i>Overflow</i> Percobaan 1 (Ketinggian Posisi <i>Overflow</i> 45 cm).....	41
C. Analisis <i>Ash Content</i> Batubara pada <i>Overflow</i> Percobaan 2 (Ketinggian Posisi <i>Overflow</i> 51 cm).....	44
D. Analisis <i>Ash Content</i> Batubara pada <i>Overflow</i> Percobaan 3 (Ketinggian Posisi <i>Overflow</i> 57 cm).....	47
E. Komposisi Kandungan Batubara.....	50
F. Perhitungan <i>Criteria of Concentration</i>	51
G. Spesifikasi Alat.....	52
H. Dokumentasi Kegiatan	56

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Beberapa jenis bahan tambang yang ada di Indonesia salah satunya yaitu batubara yang menjadi bahan tambang utama diantara jenis bahan tambang yang lain. Konsumsi batubara di dunia sudah tidak terelakkan lagi. Dapat diketahui bahwasannya batubara menduduki posisi kedua setelah minyak dalam pemasok energi di dunia. Hal ini membuat peningkatan permintaan batubara antara tahun 2005 sampai 2015. Batubara sangat besar peranannya dalam kelangsungan di dunia, hal tersebut dikarenakan batubara adalah salah satu sumber energi untuk memproduksi listrik yang penting. Sebesar 70% listrik di Indonesia dihasilkan dari batubara. Secara total batubara menghasilkan 41% listrik untuk seluruh dunia. Penggunaan batubara dalam menghasilkan listrik pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) juga ditentukan karakteristik atau standarnya masing – masing. Standarisasi yang ditentukan dilihat dari kualitas batubara tersebut (Permana, 2016).

Kualitas dari batubara berbeda – beda berdasarkan kandungan yang ada dalam batubara. Endapan batubara tersebar di seluruh Indonesia mulai dari Sumatera hingga Papua. Endapan batubara tersebut biasanya ditemukan di cekungan – cekungan besar seperti Aceh, Sumatera Selatan, Kalimantan Selatan, dan Kalimantan Timur. Tempat yang berbeda – beda memiliki kualitas batubara yang berbeda – beda juga berdasarkan kandungan yang terdapat dalam batubara. Salah satu kandungannya adalah kadar abu batubara yang diakibatkan adanya pengotor dalam batubara. Kadar abu batubara yang tinggi tidak baik dalam penggunaan batubara pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU). Abu hasil akhir dalam proses pembakaran Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) akan memberikan dampak negatif bagi PLTU, lingkungan, dan lain – lain (Nukman dan Poertadji, 2006). Maka dari itu, PLTU menetapkan standarisasi penggunaan batubara dengan kadar abu yang rendah untuk menghasilkan listrik.

Batubara yang telah diambil dari tambang memiliki kandungan dan kualitas yang berbeda – beda. Beberapa batubara diperlukan pengolahan terlebih dahulu

seperti pencucian pada batubara dan ada juga yang tidak perlu dilakukan pengolahan. Kadar abu pada batubara yang tinggi perlu dikurangi dikarenakan penggunaan batubara dengan kadar abu tersebut jarang digunakan terutama pada kegiatan Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) sehingga penjualan dari batubara tersebut sedikit. Kadar abu pada batubara dapat dikurangi dengan menggunakan pencucian batubara. Pencucian batubara bertujuan untuk memperbaiki atau meningkatkan kualitas batubara sehingga dapat sesuai dengan permintaan pasar. Berdasarkan uraian tersebut dilakukan penelitian dengan judul “Pencucian Batubara Menggunakan Arus Vertikal (*Hydrocyclone*) untuk Mengurangi Kandungan Abu Batubara Sehingga Memenuhi Standar Abu Batubara untuk PLTU”.

1.2. Rumusan Masalah

Permasalahan yang diangkat pada penelitian ini antara lain:

1. Bagaimana kualitas batubara sebelum dilakukan proses pengolahan?
2. Bagaimana pengaruh variabel alat pada batubara saat proses pengolahan?
3. Bagaimana kualitas dari batubara setelah dilakukan proses pengolahan guna memenuhi standar hasil abu batubara Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU)?

1.3. Batasan Masalah

Batasan masalah yang ada dalam penelitian ini antara lain:

1. Penggunaan variabel alat *hydrocyclone* yang digunakan pada pengolahan yaitu berupa ketinggian posisi *overflow* sebesar 45 cm, 51 cm, dan 57 cm. Variabel lain yang dianggap tetap atau konstan seperti debit air, berat *feed*, dan waktu *feeding*.
2. Sampel yang digunakan berasal dari *Stockpile* PT Bukit Asam Tbk. Unit Dermaga Kertapati dengan kadar abu sebesar 12,555%.
3. Data yang dianalisis pada penelitian yaitu kadar abu (*ash content*), kadar air (*moisture content*), zat terbang (*volatile matter*), karbon tetap (*fixed carbon*), dan *fuel ratio*.
4. Alat yang digunakan adalah *hydrocyclone* yang terdapat di Laboratorium Pengolahan Bahan Galian Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.

1.4. Tujuan Penelitian

Penelitian yang dilakukan memiliki beberapa tujuan yaitu:

1. Menganalisis kualitas batubara sebelum dilakukan proses pengolahan.
2. Menganalisis pengaruh variabel pada batubara setelah dilakukan proses pengolahan.
3. Menganalisis kualitas batubara setelah dilakukan proses pengolahan untuk memenuhi standar hasil abu batubara Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU).

1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Sebagai informasi dan bahan evaluasi terhadap Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) terkait pengurangan kandungan abu batubara sehingga dapat meningkatkan kualitas batubara dan mengurangi limbah berupa polusi udara.
2. Sebagai bahan evaluasi dan informasi terhadap PT Bukit Asam Tbk Unit Dermaga Kertapati terkait peningkatan kualitas batubara dengan mengurangi kandungan abu batubara.
3. Sebagai bahan evaluasi dan data yang dibutuhkan untuk penelitian selanjutnya mengenai pencucian batubara yang akan dilakukan kedepannya menyesuaikan kondisi dan standar Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU).

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmaruzzaman, M. 2010. *A Review on The Utilization of Fly Ash*. Progress in Energy and Combustion Science. 36, 328.
- Annual Book of Standards, ASTM D 388. 1999. *Standard Classification of Coals by Rank*, American Society for Testing and Materials, Annual Book of ASTM Standards, Philadelphia, PA., USA.
- Aji, Bayu Prakoso. 2016. *Evaluasi Dampak Pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Tanjung Jati B Di Desa Tubanan Kecamatan Kembang Kabupaten Jepara*. Skripsi. Semarang: Universitas Diponegoro.
- Arif, Irwandy. 2014. *Batubara Indonesia*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Avicenna, Muhammad dkk. *Analisis Mineralogi Dan Kualitas Batubara Desa Kadingeh, Kecamatan Baraka, Kabupaten Enrekang, Sulawesi Selatan*. Jurnal Geomine, 7(2), 114 – 123.
- Billah, Mutasim. 2010. *Peningkatan Nilai Kalor Batubara Peringkat Rendah Dengan Menggunakan Minyak Tanah Dan Minyak Residu*. Jawa Timur: UPN Press.
- Edgar, Thomas F. 1983. *Coal Processing and Pollution Control*. United States: Gulf Publishing Company.
- Gaudin, AM. 1939. *Principles of Mineral Dressing*. New York: Mc, Graw Hill Book Company Inc.
- Mahreni, M., dan Mitha, P. 2019. *Pencucian Batubara*. Yogyakarta: UPN Veteran Yogyakarta.
- Marsudi, Djiteng. 2005. *Pembangkitan Energi Listrik*. Jakarta: Erlangga.
- Nukman dan Poertadji, S. 2006. *Pengurangan Kadar Abu dan Sulfur pada Batubara Sub-Bituminus dengan Metode Aglomerasi Air-Minyak Sawit*. Jurnal Sains Materi Indonesia. 7(3): 31-36.
- Nur Alim, M. 2017. *Pemodelan Endapan Batubara Kabupaten Bulungan Provinsi Kalimantan Utara*. Jurnal Geomine. 4(3): 87 – 89.
- Permana. 2016. *Provenance Batubara Kwartir Daerah Inamo Kabupetan Sorong Provinsi Papua Barat*. Makassar: Pascasarjana Teknik Geologi Universitas Hasanuddin Makassar.
- Rich, Linvil G. 1961. *Unit Operations of Sanitary Engineering*. New York, USA: John Wilet & Sons Inc.

- Setiawan, Wawan. 2010. *Bahan Ajar Pengolahan Mineral Logam*. Banten: UNTIRTA.
- Soccol, Olivio Jose et al. 2007. *Evaluation of Hydrocyclone as Pre-filter in Irrigation System*. Journal of Brazilian Archives of Biology and Technology. Vol. 50: 193-199.
- Spliethoff, H. 2000. *Characterization of Slagging and Fouling in Biomass Combustion Bioslag*. Energy Technology TU Delft.
- Sukandarrumidi. 1995. *Batubara dan Gambut*. Yogyakarta: UGM Press.
- Sukandarrumidi. 2009. *Batubara dan Pemanfaatannya: Pengantar Teknologi Batubara Menuju Lingkungan Bersih*. Yogyakarta: UGM Press.
- Tanhar, M. Sony. 2021. *Analisis Pencucian Batubara Untuk Memenuhi Standar Kadar Abu Sebagai Bahan Bakar PLTU Di Laboratorium Pengolahan Bahan Galian Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya*. Skripsi. Indralaya: Universitas Sriwijaya.
- Wanda, A. 2014. *Pengkajian Waktu Pemanasan dan Penambahan PFAD (Palm Fatty Acid Destillation) Pada Pembuatan Coal Upgrading Palm Oil (CUPO) Terhadap Kadar Air dan Nilai Kalori Dari Batubara Peringkat Rendah Di Puslitbang Teknologi Mineral dan Batubara Bandung Provinsi Jawa Barat*. Skripsi. Bandung: Program Studi Teknik Pertambangan Universitas Islam Bandung.
- Xianchun, Li, Song, Hui, Wang, Qi, Meesri, Chatpol, Wall, Terry, Yu, Jianglong. 2009. *Experimental Study On Drying And Moisture Re-Adsorption Kinetics Of An Indonesian Low Rank Coal*. Journal of Environmental Sciences Supplement. Vol. S, 127 – 130.