

ANALISIS PENINGKATAN KUALITAS BATUBARA DENGAN PENCUCIAN BATUBARA MENGGUNAKAN *SHAKING TABLE* UNTUK MEMENUHI STANDAR ABU PENGGUNAAN BAHAN BAKAR DI PLTU (SKALA LABORATORIUM)

HA. Bramantha¹, YB. Ningsih², dan A. Suherman³

¹⁻³Teknik Pertambangan, Universitas Sriwijaya, Palembang
Corresponding author: y.bayuningsih@gmail.com

ABSTRAK: Pencucian batubara merupakan suatu proses yang bertujuan untuk menaikkan kualitas batubara dengan prinsip mengurangi kadar abu. Penelitian ini dilakukan menggunakan sampel batubara dengan kadar abu yang tinggi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh frekuensi *stroke* dan ukuran butir batubara pada *shaking table* terhadap penurunan kadar abu batubara yang dihasilkan. Berdasarkan hasil penelitian, bertambahnya frekuensi *stroke* akan menghasilkan peningkatan nilai kadar abu dan *yield* batubara sedangkan semakin kecilnya ukuran butir batubara yang digunakan seperti pada ukuran 4# dan 6# akan menghasilkan penurunan kadar abu dan nilai *yield* batubara, namun penggunaan ukuran butir batubara yang terlalu kecil seperti pada ukuran 8# akan menyebabkan kembali meningkatnya kadar abu dan nilai *yield* batubara. Hasil sampel penelitian dilakukan uji proksimat sehingga diketahui kadar abu terbaik terdapat pada percobaan kedelapan dengan frekuensi *stroke* 60x/menit pada ukuran butir batubara 6# sebesar 7,75% dengan *yield* 60,92%. Pada hasil uji proksimat juga diketahui bahwa terjadi perubahan kualitas *ash content*, *moisture content*, dan *volatile matter* setelah dilakukan proses pencucian. Dapat diketahui bahwa nilai *ash content* awal adalah 20% mengalami penurunan menjadi 7,75%, *moisture content* awal adalah 23% mengalami penurunan menjadi 18%, dan *volatile matter* awal adalah 18% mengalami peningkatan menjadi 22,81%. Selain itu, juga dilakukan uji kalori batubara sehingga diketahui terjadi perubahan juga pada nilai kalori batubara dimana nilai kalori sampel awal adalah 2.972 kcal/kg dan mengalami peningkatan menjadi 4.237 kcal/kg sehingga pada kondisi tersebut telah dapat memenuhi standar sebagai bahan bakar Pembangkit Listrik Tenaga Uap.

Kata Kunci: Pencucian Batubara, *Shaking Table*, *Yield* Batubara, dan Kadar Abu

ABSTRACT: Coal washing is a process that aims to improve the quality of coal with the principle of reducing ash content. This research used coal samples with high ash content. A shaking table is a material separation tool that separate material from their impurities that utilizes fluid motion with a thin stream of water flowing horizontally and with the help of the table beat. This study aims to determine the effect of stroke frequency and coal grain size on the shaking table to decrease the ash content of the coal produced. Based on the results of this research, increasing stroke frequency will increase the value of ash content and coal yield, while the smaller the grain size of coal used as in sizes of 4# and 6# will result in a decrease in ash content and coal yield value, but the use of too small coal grain size as in size 8# will cause another increase in ash content and coal yield value. The results of this research were then carried out with a coal proximate test so that it was known that the best ash content was found in the eighth experiment with a stroke frequency of 60x/minute on a 6# coal grain size by 7.75% with a yield of 60.92%. In the proximate test results, it was also known that there was a change in the quality of ash content, moisture content, and volatile matter after the washing process. It can be seen that the initial ash content was 20% decrease to 7.75%, initial moisture content was 23% decreased to 18%, and the initial volatile matter was 18% increased to 22.81%. In addition, a coal calorie test was also carried out so that it was known that there was a change in the calorific value of coal where the calorific value of the initial sample was 2,972 kcal/kg and increased to 4,276 kcal/kg so that under these conditions it was able to meet the standards as fuel for Coal-Fired Power Plant.

Keywords: Coal Washing, Shaking Table, Coal Yield, and Ash Content.

PENDAHULUAN

Indonesia adalah suatu negara yang memiliki sumber daya alam yang beranekaragam dan salah satunya berupa bahan – bahan tambang. Batubara merupakan salah satu jenis bahan tambang utama yang ditambang dan dikelola pemanfaatannya oleh Indonesia. Batubara adalah suatu padatan hidrokarbon, terbentuk dari proses *peatification* dan *coalification* yang disebabkan karena adanya faktor tekanan dan suhu di dalam suatu cekungan (daerah rawa) dalam jangka waktu geologis yang meliputi aktivitas bio-geokimia terhadap akumulasi flora di alam yang mengandung selulosa dan lignin (Sukandarrumidi 2017). Batubara merupakan suatu bahan tambang yang memiliki banyak potensi pemanfaatan di berbagai sektor industri. Dalam pemanfaatannya, kualitas batubara harus terlebih dahulu diketahui agar dapat disesuaikan dengan penggunaannya pada suatu sektor industri. Sebelum dimanfaatkan di sektor industri khususnya pada PLTU, untuk dapat memenuhi standar kualitas penggunaan pada industri tersebut terkadang kualitas pada jenis batubara tertentu perlu ditingkatkan khususnya pada jenis batubara lignit yang perlu dilakukan kegiatan pengolahan batubara. Salah satu bentuk pengolahan batubara agar dapat ditingkatkan kualitasnya adalah dengan melalui proses pencucian batubara (*coal washing*).

Pencucian batubara atau *coal washing* merupakan jenis tahapan untuk meningkatkan mutu batubara melalui metode pengurangan kadar abu serta belerang dengan memanfaatkan perbedaan dari karakteristik fisik antara batubara terhadap kandungan mineral. Pengotor dari batubara diklasifikasikan dalam 2 jenis pengotor yaitu *inherent impurities* yang merupakan pengotor batubara yang terbentuk ketika proses batubara itu terbentuk secara alami, sedangkan *extraneous impurities* merupakan pengotor yang terbentuk sebagai akibat dilakukannya operasi penambangan. Tujuan dari dilakukannya Pencucian batubara adalah agar dapat memisahkan batubara dari material pengotornya sehingga kualitas batubara dapat meningkat dikarenakan terjadi peningkatan nilai kalor dan penurunan kadar air dan kadar abu. Material pengotor dalam batubara yang terlalu banyak akan dapat menurunkan kualitas dari batubara (Arfi 2018).

Pencucian batubara umumnya dilakukan dengan menggunakan metode *gravity concentration*. Pencucian dengan metode *gravity concentration* merupakan proses pemisahan batubara dengan material pengotornya dalam suatu fluida berdasarkan perbedaan berat jenis antara partikel batubara dengan material pengotornya. Terdapat beberapa cara pemisahan dari metode *gravity concentration* salah satunya adalah dengan menggunakan *shaking table* (meja goyang).

Shaking table merupakan salah satu alat pengolahan bahan galian dengan metode *gravity concentration* pada fluida horizontal. Perbedaan berat jenis dan ukuran partikel terhadap gaya gesek yang dihasilkan dari aliran tipis air merupakan dasar bagaimana meja getar berfungsi. Jika berat jenis partikel berbeda, salah satu partikel akan dapat memberikan gaya dorong yang lebih kuat untuk memisahkan diri dari partikel lainnya. Partikel dengan diameter yang sama akan memiliki gaya penggerak yang sama. Prinsip kerja dari *shaking table* adalah berdasarkan perbedaan berat jenis dan ukuran partikel terhadap gaya gesek akibat aliran air tipis. Partikel dengan diameter yang sama akan memiliki gaya dorong yang sama besar, sedangkan apabila *specific gravity* antara partikel berbeda maka salah satu partikel akan dapat memiliki gaya dorong yang lebih besar sehingga dapat dipisahkan dari partikel lainnya (Rasyid 2019). Salah satu hal yang menjadi fokus peningkatan kualitas batubara adalah pada kandungan dari *ash content* (kadar abu) pada batubara.

Penurunan kadar abu akan meningkatkan kualitas dari batubara dan akan dapat lebih menarik minat konsumen dikarenakan saat ini industri – industri yang memanfaatkan batubara contohnya pada industri pembangkit listrik seperti di Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) menginginkan batubara dengan kadar abu yang tidak terlalu tinggi dengan standar penggunaan bahan bakar di PLTU di angka rata-rata 7,8%. Hal ini terjadi dikarenakan standar kadar abu batubara merupakan salah satu hal yang menjadi sorotan saat ini terkait dampak lingkungan dari pemanfaatan batubara. Pemilihan sampel batubara dengan ukuran butir 4 *mesh*, 6 *mesh*, dan 8 *mesh* akan cocok dengan kebutuhan PLTU yang menggunakan sistem pembakaran lapisan tetap (*fixed bed combustion*) yang membutuhkan bahan bakar dengan ukuran butir batubara hingga 100 mm dan juga cocok dengan PLTU yang menggunakan sistem pembakaran lapisan mengambang (*fluidized bed combustion*) yang membutuhkan bahan bakar dengan ukuran butir batubara 1-5 mm.

Pemanfaatan Batubara

Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) merupakan salah satu tipe pembangkit listrik yang sangat diandalkan dan menjadi jantung dari kegiatan industri. Batubara dimanfaatkan oleh Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) sebagai bahan bakar utamanya yang wajib dapat terus disediakan dengan standarisasi kualitas yang telah ditentukan (Sukandarrumidi 2017).

Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) menghasilkan listrik melalui hasil proses pembakaran batubara dengan bantuan boiler sebagai alat pemanas air yang mengonversikan air menjadi uap. Uap yang dihasilkan dari boiler digunakan untuk memutar turbin generator sehingga menghasilkan tenaga listrik di generator (Rasyid 2017). Kualitas Batubara di Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU)

Beberapa jenis pembangkit listrik tenaga uap (PLTU) di Indonesia seperti PLTU Suralaya memiliki rentang persyaratan kualitas batubara yang dapat digunakan sebagai bahan bakar pembangkit listrik tenaga uap (PLTU) (Tabel 1) (Sukandarrumidi 2014).

Tabel 1 Persyaratan Standar Batubara di PLTU

Unsur	Kadar Maksimum
HHV (Kcal/Kg)	4.220
Total Moisture (%)	15,00
Volatile Matter (%)	15,10
Ash Content (%)	7,80
Sulphur Content (%)	0,90
HGI	59,40-65,00

Kandungan Abu Batubara (*Ash Content*)

Pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU), kandungan abu akan dikeluarkan bersamaan dengan gas pembakaran melalui *boiler* dan *converting zone* dalam bentuk 80% fly ash dan 20% bottom ash. *Ash content* yang semakin tinggi akan meningkatkan potensi pengotoran, keausan, dan korosi peralatan yang dilalui (Sukandarrumidi 2014). Kandungan kadar abu batubara dirumuskan sebagai berikut (persamaan 1).

$$Ash\ Content = \left(\frac{m_3 - m_1}{m_2 - m_1} \right) \times 100\% \quad (1)$$

Keterangan :

- m1 = Berat wadah kosong + tutup (gr)
- m2 = Berat wadah + tutup + contoh (gr)
- m3 = Berat + tutup + abu (gr)

Pencucian Batubara

Pencucian batubara merupakan jenis tahapan untuk meningkatkan mutu batubara melalui metode pengurangan kadar abu serta belerang dengan memanfaatkan perbedaan dari karakteristik fisik antara batubara terhadap kandungan mineral. Pengotor dari batubara diklasifikasikan kedalam 2 jenis pengotor yaitu *inherent impurities* yang merupakan pengotor batubara yang terbentuk secara alami ketika proses batubara itu terbentuk, sedangkan *extraneous impurities* merupakan pengotor yang terbentuk sebagai akibat dilakukannya operasi penambangan (Arfi 2018).

Tingkat keberhasilan dari suatu proses pencucian batubara dapat diketahui setelah dilakukan evaluasi uji kinerja proses. Terdapat beberapa cara yang bisa digunakan untuk mengevaluasi kinerja proses pada pencucian batubara untuk mengetahui tingkat efektifitas dari suatu proses pencucian. Caranya adalah dengan mengetahui banyak batubara yang didapat setelah

pencucian (*coal yield*) dan efisiensi. Nilai yield batubara adalah perbandingan berat *clean coal* dengan berat batubara umpan.

Pencucian batubara dilakukan di dalam air yang memiliki densitas relatif 1 atau menggunakan media lain yang memiliki densitas relative yang dapat diatur di antara densitas relatif pengotor dan batubara yang memiliki densitas relatif 1,2-1,3 di dalam suatu media berupa air. Apabila batubara yang memiliki ukuran lebih kecil dari 5 cm dimasukkan ke dalam cairan dengan densitas relatifnya 1,4 maka partikel batubara akan terapung dan pengotornya akan tenggelam. Prinsip ini digunakan pada pencucian batubara karena menjadi dasar dari pencucian batubara (Wanda 2014).

Pemilihan alat pada penelitian ini dilakukan melalui salah satu variabel yaitu ukuran butir, pada tabel rentang ukuran optimum untuk unit pencucian batubara sebagai berikut:

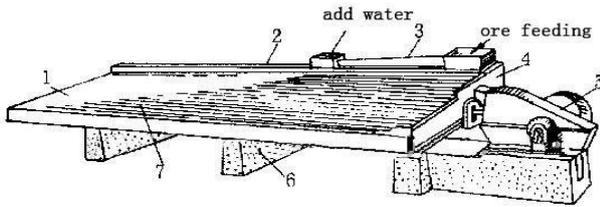
Tabel 2 Tabel Rentang Ukuran Optimum untuk Unit Pencucian Batubara (Osborne 1988)

Dependent On	Type	Medium	Tools Description	Applicable Size Range (mm)	
Relative Density	Dense Medium Process	Magnetite Media	Static Vessel	3 - 150	
			Centrifugal Washer	0,1 - 40	
			Centrifugal Washer	0.1-1.0	
		Sand	Static Vessel	6-150	
		Barytes	Static Vessel	6-150	
	Water Processes	-	-	Baum Jig	0.5-150
				Baum Jig	0.15-75
				Feldspar Jig	0.2-15
				Water-Only Cyclone	0.15-20
				Shaking Table	0.1-13
Dry Processes	-	-	Air Jig	0.1-15	
			DSM Dry Separator	0.5-100	
Other Properties	-	-	Froth Flotation	0.01-0.5	
			Oil Agglomeration	0.01-0.5	
			Electronic	20-150	

Shaking Table

Shaking Table merupakan suatu alat konsentrasi yang berdasarkan atas metode gravity concentration. Meja Goyang merupakan perangkat pemisahan material dengan cara mengalirkan air yang tipis (*Flowing Film Concentration*) pada suatu meja bergoyang yang dilengkapi dengan *riffle* atau penghalang (Sajima 2011).

Gambar 1 *Shaking Table* (Sumber : Wills 2006)



1. *Concentrate side*, tempat keluarnya material berat atau sebagai batubara kotor.
2. *Flushing tanks*, tempat pemancaran air.
3. *Ore feeding tanks*, tempat mengalirnya feed dari hopper.
4. *Ore feeding side*, tempat masuknya umpan pada alat *shaking table*.
5. *Transmission device*, eksentrik dan motor penggerak, alat penggerak meja (*deck*) yang dihubungkan ke "connecting rod".
6. *Frame*, sebagai salah satu struktur penegak alat *shaking table*.
7. *Bed surface*, permukaan meja yang terdapat sekat atau *riffle-riffle* di atasnya.
8. *Add water*, tempat masuknya air pembilas/pencuci "wash water".
9. *Middling side*, tempat keluarnya middling atau material campuran.
10. *Tailing side*, tempat keluarnya material ringan atau sebagai batubara bersih.

Variabel yang Mempengaruhi Proses Pencucian Batubara

Terdapat beberapa faktor atau variabel yang dapat mempengaruhi proses pengolahan pada *shaking table*, diantaranya seperti:

1. Kemiringan *deck*

Hasil pengolahan akan dipengaruhi oleh kemiringan *deck* dari *shaking table*. Jumlah *feed* sebagian besar akan jatuh ke dalam wadah konsentrat apabila digunakan kemiringan *deck* yang kecil, sedangkan kemiringan *deck* terlalu besar dapat menyebabkan konsentrat hasil pencucian menjadi menurun kadarnya karena dapat menyebabkan partikel mineral berharga yang berukuran agak halus akan jatuh ke dalam wadah *tailing*. Tingkat

kemiringan yang hampir datar pada *deck shaking table* akan mengakibatkan mineral berharga maupun mineral pengotornya jatuh ke wadah konsentrat sehingga kadar konsentrat akan menurun. Sedangkan pada pencucian batubara, kemiringan *deck* yang terlalu besar akan mengakibatkan batubara kotor cenderung untuk jatuh ke wadah batubara bersih, sedangkan pada kemiringan *deck* yang terlalu kecil akan menyebabkan sebagian besar batubara bersih akan jatuh ke wadah batubara kotor sehingga dapat mengurangi jumlah *yield* batubara (King 2001).

2. Frekuensi *stroke*

Kecepatan dan frekuensi *stroke* diperlukan dalam proses pengolahan pada *shaking table*. Pada proses meja goyang gerakan *deck* dibuat relatif lebih besar agar material berat teraduk, sehingga partikel material berbutir halus akan terangkat keatas dan akan mengalami gaya dorongan air dan hanyut melewati sekat-sekat dan jatuh ke *tailing* (wadah batubara bersih) atau ke *middling* (wadah batubara campuran) (Wills 2006).

3. Tinggi *riffle*

Riffle yang tinggi dibutuhkan untuk mengolah partikel atau material kasar berdiameter besar sedangkan *riffle* yang rendah dibutuhkan untuk mengolah partikel atau material halus. Arus putar (*eddy current*) tidak mampu mengaduk dan mengangkat partikel yang berada di lapisan terbawah di daerah antar *riffle* apabila digunakan *riffle* yang terlalu tinggi (Maharani 2020).

4. Kecepatan feeding

Feed secara tidak langsung diumpan oleh feeder yang telah diatur untuk diterima oleh *shaking table*. Kecepatan akan dapat mempengaruhi jumlah *yield* yang dihasilkan pada proses pencucian (King 2001).

5. Debit air

Debit air pada proses pencucian yang semakin besar akan menghasilkan semakin menurunnya nilai *recovery yield*, akan tetapi juga akan meningkatkan nilai kadar konsentrat yang dihasilkan. Hal ini dikarenakan berbanding terbalik antara kadar dengan nilai *recovery yield* (Fauzan 2020).

6. Ukuran butir

Ukuran butir pada proses pencucian bahan galian dengan menggunakan alat meja goyang, variabel ukuran butir akan sangat mempengaruhi kualitas konsentrat hasil dari proses pencucian tersebut. Sedangkan dalam pencucian batubara hal ini juga akan mempengaruhi kualitas dari batubara bersih yang didapatkan dari hasil proses pencucian (Subandrio 2017).

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Pengolahan Bahan Galian Jurusan Teknik Pertambangan

(3°13'01"S 104°38'37"E) Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya, Kabupaten Ogan Ilir, Sumatera Selatan. Pemilihan tersebut didasari atas ketersediaan tempat untuk penelitian yang mana alat *shaking table* yang digunakan terdapat di lokasi tersebut. Sedangkan untuk menghitung besarnya kadar abu batubara dilakukan di Laboratorium Kimia Umum Universitas Sriwijaya dan Laboratorium Analisa Batubara Politeknik Negeri Sriwijaya.

Bahan penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah batubara didapatkan dari PT. Muara Alam Sejahtera (MAS) yang berada di Kabupaten Lahat, kualitas batubara low grade dengan kadar abu yang didapatkan dari perusahaan tersebut sebesar 20%.

Terdapat beberapa variabel yang mempengaruhi peningkatan kualitas batubara dengan melakukan pencucian menggunakan alat *shaking table* seperti kemiringan deck, frekuensi *stroke*, tinggi *riffle*, kecepatan feeding, debit air, dan ukuran butir. Akan tetapi pada penelitian ini untuk debit air, tinggi *riffle*, sudut *riffle*, kecepatan feeding dan kemiringan deck dibuat konstan sedangkan untuk frekuensi *stroke* dan ukuran butir menjadi variabel yang diamati. Percobaan ini menggunakan 40x/menit, 50x/menit, 60x/menit, 70x/menit, dan 80x/menit sedangkan ukuran butir batubara yang digunakan yaitu 4 mesh, 6 mesh, dan 8 mesh. Penelitian ini dilakukan dengan melakukan percobaan sebanyak lima belas kali percobaan menggunakan sampel yang telah dilakukan preparasi. Hal ini bertujuan untuk mengetahui adanya pengaruh frekuensi *stroke* dan ukuran butir batubara dalam proses pencucian batubara menggunakan alat *shaking table*. Percobaan dilakukan dengan menggunakan variasi frekuensi *stroke* dan ukuran butir batubara sehingga akan menghasilkan data hasil percobaan berupa data primer.

Pada penelitian yang dilakukan ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh dari frekuensi *stroke* dan ukuran butir batubara pada *shaking table* terhadap *yield* dan kadar abu batubara. Prosedur percobaan yang dilakukan pada penelitian ini dimulai dari pengambilan sampel batubara, preparasi sampel berupa *crushing* dan *screening*, pencucian batubara menggunakan alat *shaking table*, pengeringan sampel hasil percobaan dan melakukan perhitungan *yield* serta analisis kadar abu batubara.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Kualitas Awal Sampel Batubara

Pada penelitian ini, dilakukan uji laboratorium berupa uji proksimat dan nilai kalori terhadap sampel awal sebelum dilakukannya proses pencucian batubara. Proses ini dilakukan bertujuan untuk mengetahui kualitas awal

dari sampel, sehingga dapat melihat perbandingan terhadap kualitas sampel sebelum dan setelah dilakukan proses tersebut. Pengujian terhadap sampel awal batubara (Tabel 3) dilakukan di Laboratorium Dasar Bersama Universitas Sriwijaya dan didapatkan bahwa sampel awal batubara tersebut memiliki kadar abu sebesar 20 % serta nilai kalori sebesar 2.981 Kcal/Kg.

Tabel 3. Kualitas Awal Batubara

Parameter Kualitas	Nilai Standar Kualitas PLTU	Nilai Kualitas Awal Batubara
Kadar Abu (%)	7,8	20
Kadar Air (%)	15	23
<i>Volatile Matter</i> (%)	15	18
Nilai Kalori (kcal/kg)	4220	2972

Dari hasil uji laboratorium mengenai kualitas awal batubara yang telah diperoleh, diperlukan suatu proses untuk meningkatkan kualitas batubara berupa penurunan kadar abu batubara dikarenakan sampel awal belum memenuhi standar kualitas sebagai bahan bakar di pembangkit listrik tenaga uap (PLTU). Pada penelitian ini, proses peningkatan kualitas batubara yang dilakukan berupa pencucian batubara.

2. Pengaruh Frekuensi *Stroke* dan Ukuran Butir Batubara pada *Shaking Table* Terhadap Kadar Abu dan *Yield* Batubara

Shaking table adalah salah satu alat yang dapat digunakan untuk peningkatan kualitas batubara melalui pencucian batubara. Pada penelitian ini variabel yang digunakan adalah frekuensi *stroke* dan ukuran butir batubara. Frekuensi *stroke* yang digunakan adalah 40x/menit, 50x/menit, 60x/menit, 70x/menit, dan 80x/menit dan ukuran butir batubara yang digunakan yaitu 4 mesh, 6 mesh, dan 8 mesh sedangkan untuk variabel lainnya seperti debit, kemiringan meja, tinggi *riffle*, dan sudut *riffle* diatur dalam kondisi konstan.

Variabel yang dibuat konstan, disesuaikan oleh kondisi alat dan penelitian terdahulu. Variabel konstan antara lain yaitu, waktu feeding dilakukan selama 1 menit serta lama proses pencucian dilakukan selama 1 menit, debit air 20 liter/menit, kemiringan meja 9 cm / 7 cm, tinggi *riffle* 4 mm, dan sudut *riffle* yang tetap sebesar 45°.

Pengaruh Frekuensi Stroke pada Shaking Table Terhadap Kadar Abu dan Yield Batubara

Percobaan ini menggunakan variabel frekuensi *stroke* dan ukuran butir batubara. Frekuensi *stroke* merupakan gerakan meja yang terjadi secara bolak-balik pada alat

shaking table ketika proses pencucian dilakukan. Frekuensi *stroke* yang digunakan pada percobaan ini adalah 40x/menit, 50x/menit, 60x/menit, 70x/menit, dan 80x/menit sedangkan ukuran butir batubara yang digunakan yaitu butir batubara berukuran sebesar 4 mesh, 6 mesh, dan 8 mesh. Pada percobaan ini variabel seperti debit air, kemiringan meja, tinggi *riffle* dan sudut *riffle* diatur dalam kondisi tetap. Percobaan ini dilakukan dengan pengambilan data setiap sampel selama 2 menit.

Hasil percobaan frekuensi *stroke* pada ukuran butir 4 mesh, 6 mesh, dan 8 mesh serta pengaruhnya terhadap kadar abu dan *yield* batubara dapat dilihat pada Tabel 4.

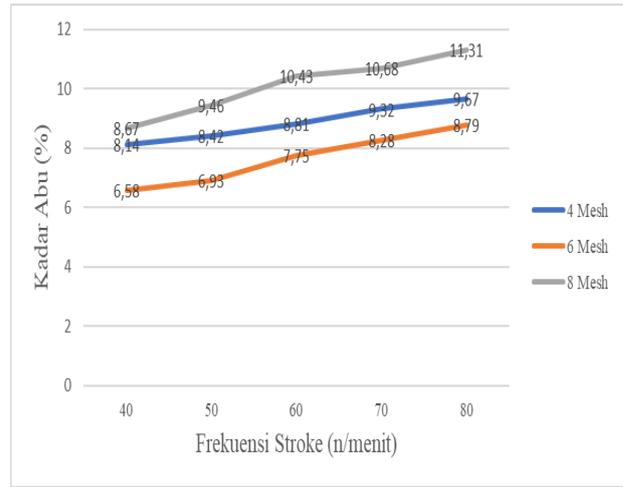
Tabel 4. Pengaruh Pengaruh Frekuensi *Stroke* Terhadap Kadar Abu Batubara

Frekuensi <i>Stroke</i> / Menit	Ukuran Butir (Mesh)	Berat <i>Feed</i> (gram)	Berat Batubara Bersih (gram)	Kadar Abu (%)	<i>Yield</i> (%)
40	4#	1000	628,07	8,14	62,81
50	4#	1000	626,25	8,42	65,63
60	4#	1000	670,89	8,81	67,09
70	4#	1000	687,43	9,32	68,74
80	4#	1000	698,22	9,67	69,82
40	6#	1000	526,58	6,58	52,66
50	6#	1000	551,87	6,93	55,19
60	6#	1000	609,21	7,75	60,92
70	6#	1000	648,03	8,28	64,80
80	6#	1000	661,12	8,79	66,11
40	8#	1000	638,31	8,67	63,83
50	8#	1000	662,73	9,46	66,27
60	8#	1000	708,58	10,43	70,86
70	8#	1000	723,76	10,68	72,38
80	8#	1000	742,61	11,31	74,26

Berdasarkan tabel tersebut dapat dilihat bahwa pada setiap perbedaan kemiringan deck pada ukuran butir 4 mesh, 6 mesh dan 8 mesh, menghasilkan kadar abu dan *yield* batubara yang berbeda-beda.

Pengaruh Frekuensi Stroke pada Shaking Table Terhadap Kadar Abu Batubara

Frekuensi *stroke* berpengaruh terhadap perolehan kadar abu batubara. Adapun pengaruh dari frekuensi *stroke* pada ukuran butir batubara 4 mesh, 6 mesh, dan 8 mesh terhadap kadar abu batubara yang dihasilkan dapat dilihat pada gambar 2 berikut:

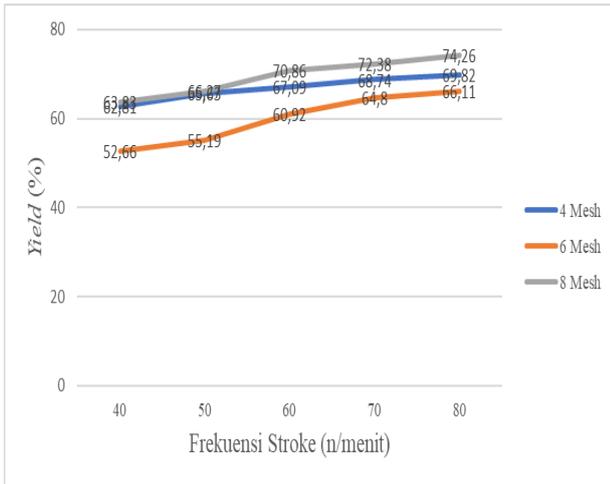


Gambar 2. Grafik Pengaruh dari Frekuensi *Stroke* pada Ukuran Butir Batubara 4 Mesh, 6 Mesh, dan 8 Mesh Terhadap Kadar Abu Batubara

Berdasarkan gambar 2 diatas dapat dilihat frekuensi *stroke* pada ukuran butir batubara 4 mesh, 6 mesh, dan 8 mesh berpengaruh terhadap kualitas kadar abu sampel batubara. Dari gambar 2 dapat diketahui bahwa semakin besar frekuensi *stroke* maka nilai kadar abu akan semakin meningkat. Frekuensi *stroke* yang semakin besar dapat diartikan hentakan pada deck juga menjadi semakin banyak. Bertambahnya frekuensi hentakan *stroke* akan menyebabkan bukan hanya batubara bersih saja yang dapat terdorong ke wadah batubara bersih namun juga lebih banyak material pengotor yang menjadi lebih mudah terdorong menuju ke wadah batubara bersih. Dengan semakin banyaknya material pengotor yang masuk ke wadah batubara bersih sehingga menyebabkan kadar abu yang dihasilkan menjadi semakin meningkat. Pada percobaan kali ini didapatkan kadar abu terbaik yaitu sebesar 6,58% pada frekuensi *stroke* 40x/menit dimana kadar tersebut sudah memenuhi standar untuk penggunaan sebagai bahan bakar di PLTU.

Pengaruh Frekuensi Stroke pada Shaking Table Terhadap Yield Batubara

Frekuensi *stroke* berpengaruh terhadap perolehan *yield* batubara. Adapun pengaruh dari frekuensi *stroke* pada ukuran butir batubara 4 mesh, 6 mesh, dan 8 mesh terhadap *yield* batubara yang dihasilkan dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Grafik Pengaruh dari Frekuensi *Stroke* pada Ukuran Butir Batubara 4 Mesh, 6 Mesh, dan 8 Mesh Terhadap *Yield* Batubara

Berdasarkan gambar 3 diatas dapat dilihat frekuensi *stroke* pada ukuran butir batubara 4 mesh, 6 mesh, dan 8 mesh berpengaruh terhadap *yield* sampel batubara. Dari gambar 3 dapat diketahui bahwa semakin besar frekuensi *stroke* maka nilai *yield* batubara akan semakin meningkat dan *yield* terbaik diperoleh pada frekuensi *stroke* 80x/menit yaitu sebesar 74,26%. Frekuensi *stroke* yang semakin besar dapat diartikan hentakan pada deck juga menjadi semakin banyak. Bertambahnya frekuensi hentakan *stroke* akan menyebabkan bukan hanya batubara bersih saja yang dapat dengan mudah terdorong ke wadah batubara bersih namun juga lebih banyak material pengotor yang menjadi lebih mudah terdorong menuju ke wadah batubara bersih. Dengan semakin banyaknya material pengotor yang terdorong menuju ke wadah batubara bersih maka *yield* batubara yang dihasilkan menjadi semakin meningkat.

Pengaruh Ukuran Butir Batubara pada Shaking Table Terhadap Kadar Abu dan Yield Batubara

Percobaan ini menggunakan variabel frekuensi *stroke* dan ukuran butir batubara. Frekuensi *stroke* yang digunakan pada percobaan ini adalah 40x/menit, 50x/menit, 60x/menit, 70x/menit, dan 80x/menit sedangkan ukuran butir batubara yang digunakan yaitu 4 mesh, 6 mesh, dan 8 mesh. Pada percobaan ini variabel seperti debit air, kemiringan meja, tinggi *riffle* dan sudut *riffle* diatur dalam kondisi tetap. Percobaan ini dilakukan dengan pengambilan data setiap sampel selama 2 menit. Hasil percobaan ukuran butir batubara pada frekuensi *stroke* 40x/menit, 50x/menit, 60x/menit, 70x/menit, dan 80x/menit serta pengaruhnya terhadap kadar abu batubara dapat dilihat pada tabel 5.

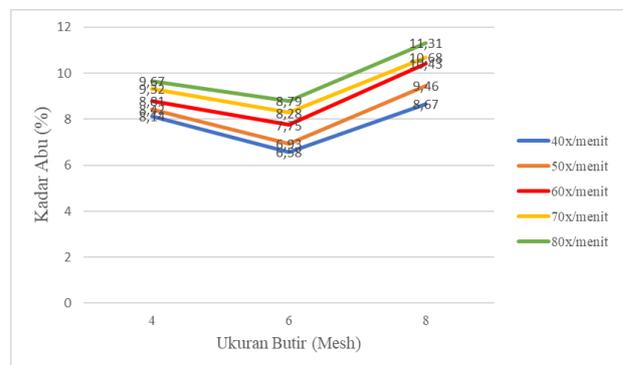
Tabel 5. Pengaruh Kemiringan Deck Terhadap *Yield* Batubara

Frekuensi <i>Stroke</i> /Menit	Ukuran Butir (Mesh)	Berat <i>Feed</i> (gram)	Berat Batubara Bersih (gram)	Kadar Abu (%)	<i>Yield</i> (%)
40	4#	1000	628,07	8,14	62,81
50	4#	1000	626,25	8,42	65,63
60	4#	1000	670,89	8,81	67,09
70	4#	1000	687,43	9,32	68,74
80	4#	1000	698,22	9,67	69,82
40	6#	1000	526,58	6,58	52,66
50	6#	1000	551,87	6,93	55,19
60	6#	1000	609,21	7,75	60,92
70	6#	1000	648,03	8,28	64,80
80	6#	1000	661,12	8,79	66,11
40	8#	1000	638,31	8,67	63,83
50	8#	1000	662,73	9,46	66,27
60	8#	1000	708,58	10,43	70,86
70	8#	1000	723,76	10,68	72,38
80	8#	1000	742,61	11,31	74,26

Berdasarkan tabel tersebut dapat dilihat bahwa pada setiap perbedaan ukuran butir batubara pada frekuensi *stroke* 40x/menit, 50x/menit, 60x/menit, 70x/menit, dan 80x/menit menghasilkan kadar abu dan *yield* batubara yang berbeda-beda.

Pengaruh Ukuran Butir Terhadap Kadar Abu Batubara

Ukuran butir batubara berpengaruh terhadap perolehan kadar abu batubara. Adapun pengaruh dari ukuran butir batubara pada frekuensi *stroke* 40x/menit, 50x/menit, 60x/menit, 70x/menit, dan 80x/menit terhadap kadar abu batubara yang dihasilkan dapat dilihat pada Gambar 4.

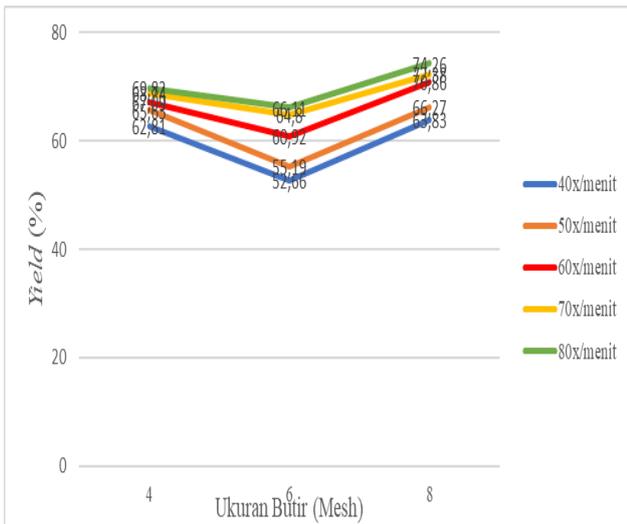


Gambar 4. Grafik Pengaruh dari Ukuran Butir Batubara pada Frekuensi *Stroke* 40x/Menit, 50x/Menit, 60x/Menit, 70x/Menit, dan 80x/Menit Terhadap Kadar Abu Batubara

Berdasarkan gambar 4 diatas dapat dilihat ukuran butir batubara pada frekuensi *stroke* 40x/menit, 50x/menit, 60x/menit, 70x/menit, dan 80x/menit berpengaruh terhadap kualitas kadar abu sampel batubara. Dari gambar 4 dapat diketahui bahwa kadar abu mengalami penurunan pada ukuran butir batubara 4 mesh dan 6 mesh, namun kadar abu kembali meningkat pada ukuran batubara 8 mesh. Hal ini disebabkan karena semakin mengecilnya ukuran butir batubara dari 4 mesh kemudian menjadi 6 mesh akan menyebabkan material pengotor batubara dapat terdorong ke wadah batubara kotor dan material batubara bersih dapat dengan mudah untuk terdorong ke wadah batubara bersih sehingga nilai kadar abu yang didapatkan menjadi semakin rendah. Namun ukuran butir batubara yang terlalu kecil seperti pada ukuran butir 8 mesh justru menyebabkan lebih banyak material pengotor batubara yang akan lebih mudah terdorong ke wadah batubara bersih. Hal ini mengakibatkan nilai kadar abu batubara menjadi kembali meningkat. Pada percobaan kali ini nilai kadar abu terbaik diperoleh pada ukuran butir 6 mesh yaitu sebesar 6,58% yang telah memenuhi standar kadar abu penggunaan batubara di PLTU.

Pengaruh Ukuran Butir Batubara Terhadap Yield Batubara

Ukuran butir batubara berpengaruh terhadap perolehan *yield* batubara. Adapun pengaruh dari ukuran butir batubara pada frekuensi *stroke* 40x/menit, 50x/menit, 60x/menit, 70x/menit, dan 80x/menit terhadap *yield* batubara yang dihasilkan dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 5. Grafik Pengaruh dari Ukuran Butir Batubara pada Frekuensi *Stroke* 40x/Menit, 50x/Menit, 60x/Menit, 70x/Menit, dan 80x/Menit Terhadap *Yield* Batubara

Berdasarkan gambar 5 diatas dapat dilihat ukuran butir batubara pada frekuensi *stroke* 40x/menit, 50x/menit,

60x/menit, 70x/menit, dan 80x/menit berpengaruh terhadap *yield* sampel batubara. Dari gambar 5 dapat diketahui bahwa *yield* batubara mengalami penurunan pada ukuran butir batubara 4 mesh dan 6 mesh, namun *yield* batubara kembali meningkat pada ukuran batubara 8 mesh. Hal ini disebabkan karena semakin mengecilnya ukuran butir batubara dari 4 mesh kemudian menjadi 6 mesh akan menyebabkan material pengotor batubara dapat terdorong ke wadah batubara kotor dan material batubara bersih dapat dengan mudah untuk terdorong ke wadah batubara bersih sehingga nilai *yield* yang didapatkan menjadi semakin rendah. Namun ukuran butir batubara yang terlalu kecil seperti pada ukuran butir 8 mesh justru menyebabkan lebih banyak material pengotor batubara yang akan lebih mudah terdorong ke wadah batubara bersih. Hal ini mengakibatkan nilai *yield* batubara menjadi kembali meningkat. Pada percobaan kali ini *Yield* terbaik diperoleh pada ukuran butir batubara 8 mesh yaitu sebesar 74,26%.

3. Kombinasi Frekuensi *Stroke* dan Ukuran Butir Batubara yang Menghasilkan Kadar Abu dan *Yield* Batubara Terbaik

Salah satu tujuan dilakukannya penelitian ini adalah untuk mengetahui pada kondisi frekuensi *stroke* dan ukuran butir batubara berapa yang dapat menghasilkan *yield* dan kualitas kadar abu batubara terbaik. Pada penelitian ini dilakukan sebanyak 15 kali percobaan dengan variasi frekuensi *stroke* 40x/menit, 50x/menit, 60x/menit, 70x/menit, dan 80x/menit serta ukuran butir 4 mesh, 6 mesh, dan 8 mesh yang kemudian didapatkan hasil berupa kadar abu dan *yield* batubara yang bervariasi.

Perbedaan data hasil percobaan diakibatkan oleh pengaturan frekuensi *stroke* dan penggunaan ukuran butir sampel batubara yang berubah sesuai dengan prosedur percobaan yang ada. Setelah dilakukannya percobaan dengan variabel frekuensi *stroke* dan ukuran butir batubara yang berbeda-beda pada pencucian batubara menggunakan alat *shaking table*, maka kombinasi frekuensi *stroke* dan ukuran butir batubara terbaik untuk diterapkan dalam proses pencucian batubara akan dapat ditentukan. Kombinasi dari variabel frekuensi *stroke* dan ukuran butir batubara yang terbaik pada proses pencucian batubara ini dilihat berdasarkan *yield* dan kualitas kadar abu batubara. Berikut adalah perolehan *yield* batubara dan kualitas kadar abu dari 15 kali percobaan yang dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil Keseluruhan Percobaan

Ukuran Butir (Mesh)	Frekuensi Stroke / Menit	Yield (%)	Kadar Abu (%)	Standar PLTU
4#	40	62,81	8,14	7.80
4#	50	65,63	8,42	7.80
4#	60	67,09	8,81	7.80
4#	70	68,74	9,32	7.80
4#	80	69,82	9,67	7.80
6#	40	52,66	6,58	7.80
6#	50	55,19	6,93	7.80
6#	60	60,92	7,75	7.80
6#	70	64,80	8,28	7.80
6#	80	66,11	8,79	7.80
8#	40	63,83	8,67	7.80
8#	50	66,27	9,46	7.80
8#	60	70,86	10,43	7.80
8#	70	72,38	10,68	7.80
8#	80	74,26	11,31	7.80

Dari tabel 6 didapatkan 3 percobaan yang memiliki kadar abu yang sesuai dengan standar penggunaan di PLTU sebesar 7,8%, yaitu percobaan ke 6 dengan kadar abu sebesar 6,58%, percobaan ke 7 dengan kadar abu sebesar 6,93%, dan percobaan ke 8 dengan kadar abu sebesar 7,75%. Dari 3 percobaan yang memiliki hasil kadar abu sesuai dengan standar penggunaan bahan bakar di PLTU yaitu dibawah 7,8% maka selanjutnya dapat diketahui percobaan ke 6 memiliki nilai *yield* sebesar 52,66%, percobaan ke 7 memiliki nilai *yield* sebesar 55,19%, dan percobaan ke 8 memiliki nilai *yield* sebesar 60,92% sehingga didapatkan bahwa percobaan ke 8 merupakan percobaan yang menghasilkan kadar abu dibawah 7,8% dengan nilai *yield* yang terbesar sehingga percobaan ke 8 merupakan percobaan terbaik yang memenuhi standar untuk penggunaan batubara di PLTU. Dari percobaan ke 8 tersebut maka dapat dilakukan uji analisis proksimat. Hasil uji analisis proksimat dari sampel tersebut dapat dilihat pada tabel 7 sebagai berikut:

Tabel 7. Hasil Uji Proximate

Parameter	Standar PLTU	Sampel Awal	Sampel Terbaik
Ash Content (% , ar)	7,80%	20,00%	7,75%
Moisture Content (% , adb)	15,00%	23,00%	13,06%
Volatile Matter (% , adb)	15,00%	18,00%	22,81%
Kalori (kcal/kg)	4.220 kcal/kg	2.972 kcal/kg	4.237 kcal/kg

Berdasarkan tabel 7 yang menjelaskan hasil uji proksimat, dapat diketahui bahwa terjadinya perubahan kualitas moisture content, ash content, volatile matter, dan nilai kalori batubara setelah dilakukan proses pencucian. Dapat diketahui bahwa nilai moisture content awal adalah 23% mengalami penurunan menjadi 13,06%, ash content awal adalah 20% mengalami penurunan menjadi 7,75%, volatile matter awal adalah 18% mengalami peningkatan menjadi 22,81%, hal yang sama juga terjadi pada nilai kalori dimana nilai kalori sampel awal adalah 2.972 kcal/kg mengalami peningkatan menjadi 4.237 kcal/kg. Berdasarkan hasil tersebut kualitas batubara sebelum dilakukan proses pencucian belum memenuhi standar untuk penggunaan di PLTU, sehingga harus dilakukan proses pencucian terlebih dahulu agar bisa memenuhi standar penggunaan di PLTU. Percobaan ke 8 merupakan percobaan dengan hasil terbaik dan telah memenuhi standar penggunaan batubara di PLTU.

KESIMPULAN

Penelitian dilakukan dengan mengubah variasi variabel frekuensi *stroke* dan ukuran butir. Frekuensi *stroke* yang digunakan yaitu 40x/menit, 50x/menit, 60x/menit, 70x/menit, dan 80x/menit sedangkan untuk ukuran butir batubara yang digunakan adalah ukuran butir 4 mesh, 6 mesh, dan 8 mesh. Penelitian ini dilakukan dengan tujuan agar dapat meningkatkan kualitas batubara dengan cara menurunkan kadar abu batubara, melalui proses pencucian menggunakan alat *shaking table* sehingga didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan hasil uji analisis proksimat terhadap sampel awal batubara diketahui sampel tersebut memiliki kadar abu sebesar 20%, *volatile matter* sebesar 18%, kadar air sebesar 23%, dan nilai kalori sebesar 2972 Kcal/Kg dan belum memenuhi standar penggunaan di PLTU.
2. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan diketahui bertambahnya frekuensi *stroke* akan menghasilkan peningkatan nilai kadar abu dan *yield* batubara sedangkan semakin kecilnya ukuran butir batubara yang digunakan seperti pada ukuran 4# dan 6# akan menghasilkan penurunan kadar abu dan nilai *yield* batubara, namun penggunaan ukuran butir batubara yang terlalu kecil seperti pada ukuran 8# akan menyebabkan kembali meningkatnya kadar abu dan nilai *yield* batubara.
3. Berdasarkan hasil penelitian, didapatkan kadar abu dan *yield* batubara terbaik pada percobaan ke 8 dengan frekuensi *stroke* 60x/menit dan ukuran butir batubara 6 mesh yang menghasilkan *yield* 60,92% dan kadar abu sebesar 7,75%. Diketahui juga perubahan pada *moisture content* menjadi sebesar 13,06%, *volatile*

matter menjadi sebesar 22,81%, dan nilai kalori batubara menjadi sebesar 4.237 kcal/kg dimana pada kondisi tersebut telah memenuhi standar untuk penggunaan batubara sebagai bahan bakar di PLTU.

DAFTAR PUSTAKA

- Arfi, W.G., Komar, S., dan Iskandar, H. (2018). Analisis Kehilangan (Losses) Magnetite pada Washing Plant Batubara dengan Kapasitas Feed 250 TPH PT. Kaltim Prima Coal, Sangatta, Kalimantan Timur. Palembang: Universitas Sriwijaya.
- Fauzan, D., Pitulima, J., Andini, DE. (2020). Pengaruh Variabel Shaking Table Terhadap Kadar dan Recovery Pencucian Bijih Timah Primer PT Menara Cipta Mulia Kabupaten Belitung Timur. ISSN 2540-7708. Vol. 3(2): 1-6.
- King, P. R. (2001). Modelling and Simulation of Mineral. USA : SME.
- Maharani, S., Arief, T., dan Ningsih, R. Y. B. (2020). Kajian Teknis Pengaruh Kemiringan Shaking Table Dalam Mengoptimalkan Kadar dan Recovery Cassiterite di Pusat Pengolahan Bijih Timah (PPDT) Toboali, Unit produksi Darat Bangka (UPDB), PT. Timah Tbk. Skripsi, Fakultas Teknik: Universitas Sriwijaya.
- Osborne, D. G. (1988). Coal Preparation Technology. London: Graharam and Trotman Limited.
- Rasyid, E., Komar, S., Mukiat. (2019). Perancangan Alat Pencucian Pasir Sungai untuk Menghasilkan Pasir Sungai Berkualitas Siap Pakai Sesuai (SNI – S – 04 – 1989 F : 28) di Sungai Ogan Desa Pelabuhan Dalam Kecamatan Pemulutan Kabupaten Ogan Ilir Sumatera Selatan. ISSN 2549-1008. Vol. 3(3): 27-33.
- Rasyid, H. A., Haqimul B., Raden E. S. (2017). Studi Kelayakan Pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Uap 2x50 MW dengan Menggunakan Boiler Circulating Fluidized Bed Combustion di Kendari, Sulawesi Tenggara. Jurnal Energi dan Kelistrikan. ISSN : 1975-0783. Vol 9(2): 147-156.
- Sajima, Sunardjo, dan Supriyadi, S. (2011). Pembuatan Konsentrat Zirkon Sebagai Umpan Proses Peleburan Menggunakan Shaking Table. Prosiding Seminar Penelitian dan Pengelolaan Perangkat.
- Subandrio, Dahani, W., Purwiyono, T. T. (2017). Optimasi Pengolahan Bijih Kromit Secara Gravity Dengan Meja Goyang. ISSN 1907-0438. Vol. 6(2): 43-48.
- Sukandarrumidi. (2014). Batubara dan Gambut. Yogyakarta: Universitas Gajah Mada Press.
- Sukandarrumidi. (2017). Batubara dan Pemanfaatannya, Pengantar Teknologi Batubara Menuju Lingkungan Bersih. Yogyakarta: UGM.
- Wanda, A. (2014). Pengkajian Waktu Pemanasan dan Penambahan PFAD (Palm Fatty Acid Destilation) 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.
- Wills, B. A and Napier-Munn T. J. (2006). Will's Mineral Processing Technology 7th edition. Elsevier Science and Technology Book, Page 227-230.