

**SKRIPSI**

**PENGOLAHAN LIMBAH *FLY ASH* BATUBARA MENJADI  
SILIKA MENGGUNAKAN ASAM SITRAT MURNI DENGAN  
METODE *X-RAY FLUORESCENCE* DI PLTU PT BUKIT ASAM**



Oleh:

**CHINARA ABINAWA**

**NIM. 03021381924071**

**PROGRAM STUDI TEKNIK PERTAMBANGAN  
JURUSAN TEKNIK PERTAMBANGAN DAN GEOLOGI  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS SRIWIJAYA  
2023**

# SKRIPSI

## PENGOLAHAN LIMBAH *FLYASH* BATUBARA MENJADI SILIKA MENGGUNAKAN ASAM SITRAT MURNI DENGAN METODE *X-RAY FLUORESCENCE* DI PLTU PT BUKIT ASAM

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana  
Teknik pada Jurusan Pertambangan Fakultas Teknik  
Universitas Sriwijaya



Oleh:

CHINARA ABINAWA

NIM. 03021381924071

PROGRAM STUDI TEKNIK PERTAMBANGAN  
JURUSAN TEKNIK PERTAMBANGAN DAN GEOLOGI  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS SRIWIJAYA  
2023

## HALAMAN PENGESAHAN

# PENGOLAHAN LIMBAH *FLY ASH* BATUBARA MENJADI SILIKA MENGGUNAKAN ASAM SITRAT MURNI DENGAN METODE *X-RAY FLUORESCENCE* DI PLTU PT BUKIT ASAM

## SKRIPSI

Diajukan Untuk Melengkapi Salah Satu Syarat Memperoleh  
Gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Pertambangan dan Geologi  
Program Studi Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya

Oleh:

**CHINARA ABINAWA**

03021381924071

Pembimbing I



**Rosihan Pebrianto, S.T., M.T.**  
NIP. 199002102019031012

Pembimbing II



**Eva Oktarinasari, S.T., M.T.**  
NIP. 199010152022032007

Mengetahui,

**Ketua Jurusan Teknik Pertambangan**



**Prof. Dr. Ir. Eddy Ibrahim, M.S. CP., IPU., ASEAN. Eng.**  
NIP. 1962112219910210001

## HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Chinara Abinawa

NIM 03021381924071

Judul : Pengolahan Limbah *Fly Ash* Batubara Menjadi Silika  
Menggunakan Asam Sitrat Murni dengan Metode *X-Ray  
Fluorescence* Di PLTU PT Bukit Asam.

Menyatakan bahwa Skripsi saya merupakan hasil karya sendiri dan didampingi oleh tim pembimbing dan bukan hasil 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 ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.



## HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Chinara Abinawa

NIM : 03021381924071

Judul : Pengolahan Limbah *Fly Ash* Batubara Menjadi Silika  
Menggunakan Asam Sitrat Murni dengan Metode *X-Ray  
Fluorescence* Di PLTU PT Bukit Asam.

Memberikan izin kepada Pembimbing dan Universitas Sriwijaya untuk mempublikasikan hasil penelitian saya untuk kepentingan akademik. Apabila dalam waktu 1 (satu) tahun tidak mempublikasikan karya penelitian saya. Dalam kasus ini saya setuju untuk menempatkan Pembimbing sebagai Penulis korespondensi (corresponding author).

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa paksaan dari pihak manapun dan siapapun.

Palembang, 28 November 2023



**Chinara Abinawa**  
NIM. 03021381924071

## **HALAMAN PERSEMBAHAN**

Puji dan Syukur saya panjatkan kehadirat Allah SWT yang mana telah memberikan berbagai macam Nikmat, Rahmat, Karunia, dan Hidayah-Nya sehingga saya dapat menyelesaikan skripsi ini dengan penuh semangat. Sholawat beriring salam tak lupa saya haturkan kepada Nabi besar Nabi Muhammad SAW yang telah membawa ilmu pengetahuan dan membawa kita dari zaman kegelapan hingga zaman terang benderang seperti saat ini.

### **Skripsi ini Saya Persembahkan Untuk:**

Kedua orangtua Saya Ayahanda Amin Buanajasa dan Ibunda Reni Yuliar,serta Adik saya Cyrilla Neysa yang telah memberikan saya kasih sayang, cinta dan doa yang tak terhingga serta dukungansecara moral dan moril dalam mendukung saya untuk menjalankan pendidikan yang baik.

### **Terimakasih Kepada:**

Saudara dan teman teman yang sudah memberikan semangat dan motivasi dalam pengerjaan skripsi ini, Seluruh rekan Permata FT Unsri, rekan organisasi SC PERHAPI UNSRI, rekan organisasi IATMI SM UNSRI, dan seluruh teman MACAN PUTIH dan juga Elite Bukit Class'19

~ Bhumi Anthar Ghatas Sustha Bhavaniyas ~

## RIWAYAT PENULIS



Chinara Abinawa. Lahir di Jawa Barat tepatnya di Kota Bekasi pada tanggal 30 Maret 2002. Merupakan anak pertama dari dua bersaudara dari pasangan Amin Buanajasa dan Reni Yuliar. Mengawali Pendidikan sekolah dasar di SDN 10 Jatiasih, Kota Bekasi 2008-2014. Tahun 2014 melanjutkan pendidikan tingkat pertama di MTS Sahid Kabupaten Bogor. Selanjutnya pada tahun 2017 melanjutkan Pendidikan tingkat atas di SMAI PB. Soedirman 1 Kota Bekasi. Tahun 2019 melanjutkan Studi Pendidikan di Universitas Sriwijaya Fakultas Teknik Jurusan Teknik Pertambangan dan Geologi Program Studi Teknik Pertambangan melalui Jalur Tes Mandiri. Ketika menempuh pendidikan di Universitas Sriwijaya, Penulis ikut serta dalam organisasi IATMI periode 2020/2021 sebagai anggota dan pada Periode 2021/2022 sebagai Wakil Ketua Tingkat 3 PERMATA FT UNSRI. Penulis juga aktif menghadiri berbagai seminar dan pelatihan, baik yang terkait dengan akademik maupun non-akademik, yang diselenggarakan oleh pihak Fakultas Teknik maupun instansi di luar Fakultas Teknik.

## KATA PENGANTAR

Puji dan Syukur kehadiran Allah SWT karena atas berkat Rahmat dan nikmat-Nya, sehingga laporan tugas akhir ini dapat penulis selesaikan tepat pada waktunya. Judul laporan tugas akhir ini adalah “Pengolahan Limbah *Fly Ash* Batubara Menjadi Silika Menggunakan Metode *X-Ray Fluorescence* Di PLTU PT Bukit Asam” yang dilaksanakan pada tanggal 24 April 2023 sampai tanggal 24 Agustus 2023.

Ucapan terima kasih saya sampaikan kepada Rosihan Pebrianto S.T, M.T. sebagai pembimbing pertama dan Eva Oktarinasari S.T, M.T. sebagai pembimbing kedua yang telah membimbing penulis dalam penyusunan skripsi ini. Ucapan terima kasih juga diberikan kepada seluruh pihak yang telah membantu hingga terselesaikannya skripsi ini antara lain:

1. Prof. Dr. Taufik Marwa, SE. M.Si. sebagai Rektor Universitas Sriwijaya.
2. Prof. Dr. Eng. Ir. H. Joni Arliansyah, M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
3. Prof. Dr. Ir. Eddy Ibrahim, M.S., CP., IPU., ASEAN. Eng. dan Rosihan Pebrianto, S.T., M.T. sebagai Ketua dan Sekretaris Jurusan Teknik Pertambangan Universitas Sriwijaya.
4. Alieftiyani Paramitha Gobel S.T, M.T. sebagai pembimbing lapangan, Seluruh Dosen yang telah memberikan ilmunya serta semua staf dan karyawan Jurusan Teknik Pertambangan Universitas Sriwijaya.
5. Seluruh pihak terkait yang membantu sehingga dapat menyelesaikan tugas akhir dengan lancar.

Penulis menyadari bahwa penulisan skripsi ini tentunya masih banyak kekurangan. Maka, penulis mengharapkan adanya kritik yang konstruktif dan masukan yang memperkaya untuk memungkinkan perbaikan di masa mendatang. Penulis berharap laporan skripsi ini memberikan manfaat dan meningkatkan pemahaman bagi semua yang terlibat.

Palembang, November 2023

Penulis



## RINGKASAN

PENGOLAHAN LIMBAH *FLY ASH* BATUBARA MENJADI SILIKA MENGGUNAKAN ASAM SITRAT MURNI DENGAN METODE *X-RAY FLUORESCENCE* DI PLTU PT BUKIT ASAM

Karya tulis ilmiah berupa Skripsi, November 2023

Chinara Abinawa; Dibimbing oleh Pembimbing 1 Bapak Rosihan Pebrianto S.T., M.T dan Pembimbing 2 Ibu Eva Oktarinasari, S.T., M.T.  
Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya.

Processing Coal Fly Ash Waste Into Silica Using Pure Citric Acid With X-Ray Fluorescence Method At Pt Bukit Asam Power Plant

xv + 38 halaman, 17 gambar, 3 tabel, 4 lampiran

## RINGKASAN

Pembakaran batubara menghasilkan dua jenis limbah yaitu abu ringan (*Fly Ash*) dan abu berat (*Bottom Ash*). Abu terbang (*fly ash*) merupakan limbah yang dihasilkan oleh PLTU yang berkontribusi pencemaran lingkungan. Jumlah *fly ash* dan *bottom ash* yang dihasilkan oleh pembangkit listrik tenaga uap (PLTU) pada tahun 2021 diperkirakan mencapai 12 juta ton, dan diperkirakan akan meningkat menjadi sekitar 16,2 juta ton pada tahun 2027. Situasi ini menghadirkan masalah karena pemanfaatan kembali *fly ash* dan *bottom ash* sangat terbatas, sehingga sisa limbah harus disimpan atau dibuang di tempat pembuangan (*landfill*). Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis kandungan *fly ash* batubara dengan pengujian X-Ray Fluorescence, mengevaluasi hasil ekstraksi silika dari *fly ash* menggunakan larutan asam sitrat murni dengan parameter konsentrasi pelarut dan menganalisis kandungan silika hasil ekstraksi dengan pengujian *X-Ray Fluorescence*. Sample *Fly Ash* sebelum dilakukan pengujian, Sampel diuji terlebih dahulu menggunakan metode XRF dan hasilnya adalah sebesar 50,929% kandungan  $\text{SiO}_2$  atau Silika. Ketika *Fly Ash* yang dicampurkan Asam Sitrat kadar silika/ $\text{SiO}_2$  yang dihasilkan yaitu sebesar 47,076%. Terjadinya penurunan kadar silika disebabkan karena asam sitrat merupakan asam lemah yang mana kurang efisien dalam mengikat silika yang terdapat di dalam *fly ash* batubara.

**Kata kunci** : *Fly Ash*, Asam Sitrat , *X-Ray Fluorescence*, Silika.

## SUMMARY

PROCESSING COAL FLY ASH WASTE INTO SILICA USING PURE CITRIC ACID WITH X-RAY FLUORESCENCE METHOD AT PT BUKIT ASAM POWER PLANT

Scientific writing in the form of Thesis, November 2023

Chinara Abinawa; Supervised by Advisor 1 Mr. Rosihan Pebrianto S.T., M.T. and Supervisor 2 Mrs. Eva Oktarinasari, S.T., M.T.

Department of Mining Engineering, Faculty of Engineering, Sriwijaya University.

Pengolahan Limbah *Fly Ash* Batubara Menjadi Silika Menggunakan Asam Sitrat Murni Dengan Metode *X-Ray Fluorescence* Di Pltu Pt Bukit Asam

xv + 38 pages, 17 pictures, 3 tables, 4 attachments

## SUMMARY

The combustion of coal produces two types of waste, namely light ash (Fly Ash) and heavy ash (Bottom Ash). Fly ash is the waste generated by the power plant, contributing to environmental pollution. The combined fly ash and bottom ash generated solely from the power plant in 2021 were estimated to reach 12 million tons, projected to increase to 16.2 million tons by 2027. This poses a problem as the reused amount of fly ash and bottom ash is very small, necessitating the storage and/or landfilling of the remaining waste. The objective of this research is to analyze the content of coal fly ash through X-Ray Fluorescence testing, evaluate the silica extraction results from fly ash using a solution of pure citric acid with solvent concentration parameters, and analyze the silica content of the extraction results using X-Ray Fluorescence testing. The Fly Ash sample was pre-tested using the XRF method, resulting in a silica content of 50.929%. When Fly Ash was mixed with Citric Acid, the produced silica/SiO<sub>2</sub> content was 47.076%. The decrease in silica content is attributed to citric acid being a weak acid, which is less efficient in binding the silica present in coal fly ash.

**Keywords:** Fly Ash, Citric Acid, X-Ray Fluorescence, Silica.

## DAFTAR ISI

	<b>Halaman</b>
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS.....	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	v
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	vi
RIWAYAT PENULIS .....	vii
KATA PENGANTAR .....	ix
RINGKASAN .....	xi
SUMMARY .....	xv
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR TABEL.....	xv
DAFTAR GAMBAR .....	xvii
BAB 1 PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	2
1.3 Ruang Lingkup .....	2
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA .....	4
2.1 Abu Terbang Batubara ( <i>Fly Ash</i> ) .....	4
2.1.1 Sifat Kimia dan Sifat Fisika <i>Fly Ash</i> .....	4
2.2 Silika (SiO <sub>2</sub> ).....	5
2.3 Sifat Fisika dan Sifat Kimia Silika.....	5
2.3.1 Sifat Fisika .....	5
2.3.2 Sifat Kimia.....	6
2.4 Pengaruh Konsentrasi dalam pembuatan larutan NaOH.....	6
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN.....	10
3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian .....	11
3.2 Jadwal Penelitian.....	12
3.3 Alat dan Bahan .....	12
3.3.1 Alat .....	12
3.3.2 Bahan .....	12
3.4 Prosedur Penelitian .....	12

3.6 Diagram Alir Penelitian .....	20
<b>BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>21</b>
4.1 Analisis Karakteristik dan Kandungan <i>Fly Ash</i> dari PLTU .....	21
4.1.1 Data dari Fly Ash Sebelum Dilakukan Percobaan .....	23
4.2 Evaluasi Hasil Ekstraksi Silika dengan Parameter Konsentrasi.....	24
4.3 Analisis Kandungan Silika Hasil Dari Pengujian X-Ray Fluorescence .....	26
<b>BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>31</b>
5.1 Kesimpulan.....	29
5.2 Saran .....	29
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>30</b>

## DAFTAR GAMBAR

	<b>Halaman</b>
3. 1 Kesampaian Daerah Pengambilan Sampel <i>fly ash</i> Batubara.....	11
3. 2 Penimbangan NaOH.....	13
3. 3 Penimbangan <i>fly ash</i> .....	13
3. 4 Asam Sitrat .....	13
3. 5 Pengadukan dengan batang pengaduk .....	14
3. 6 Memasukan ke gelas ukur.....	14
3. 7 Pencampuran larutan ke <i>fly ash</i> .....	15
3. 8 <i>Fly ash</i> + asam sitrat dan NaOH .....	15
3. 9 Penyaringan dengan pompa vakum .....	16
3. 10 Penyaringan dan pembilasan.....	16
3. 11 Dimasukan kedalam wadah.....	17
3. 12 (a). masuk ke oven, (b). diOven dengan suhu 110° .....	17
3. 13 Penumbukan sampel.....	18
3. 14 Dimasukan ke plastik sampel.....	18
3. 15 Bagan Alir Penelitian .....	20
4. 1 <i>Fly ash</i> batubara .....	22
4. 2. Prinsip <i>X-Ray Flourescence</i> .....	26

## DAFTAR TABEL

	<b>Halaman</b>
3. 1 Jadwal Penelitian.....	12
4. 1 Hasil <i>Fly Ash Original</i> .....	23
4. 2 Hasil XRF <i>Fly Ash</i> ditambah Asam Sitrat.....	27

## DAFTAR LAMPIRAN

	<b>Halaman</b>
A. Pembuatan Larutan NaOH dan Asam Sitrat.....	33
A. 1 Larutan NaOH 10 M.....	33
A. 2 Larutan Asam Sitrat 6 M.....	33
B. Grafik.....	35
B. 1 Grafik <i>fly ash</i> sebelum dilakukan pengujian.....	35
B. 2 Grafik <i>fly ash</i> setelah ditambahkan NaOH dan Asam Sitrat.....	35
C. Hasil Analisa Menggunakan Alat <i>X-Ray Fluorescence</i> .....	36
C. 1 Hasil Analisa Sampel <i>Fly Ash</i> sebelum pengujian menggunakan alat <i>X-Ray Fluorescence</i> .....	36
C. 2 Hasil Analisa Sampel <i>Fly Ash</i> ditambahkan NaOH dan Asam Sitrat Menggunakan Alat <i>X-Ray Fluorescence</i> .....	36
D. Spesifikasi Alat Pengujian XRF .....	37

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Pembakaran batubara menghasilkan dua bentuk limbah, yakni abu terbang (*fly ash*) dan abu dasar (*bottom ash*). Abu terbang (*fly ash*) adalah hasil samping dari pembangkit listrik tenaga uap (PLTU) yang berkontribusi terhadap polusi lingkungan (Jadhao, 2008). Menurut data Kementerian Perindustrian Republik Indonesia pada tahun 2022, Saat ini jumlah *fly ash* dan *bottom ash* di Indonesia terus bertambah seiring dengan perkembangan dan pertumbuhan industri manufaktur serta meningkatnya kebutuhan listrik yang dipasok PLTU. Jumlah *fly ash* dan *bottom ash* yang dihasilkan oleh pembangkit listrik tenaga uap (PLTU) pada tahun 2021 diperkirakan mencapai 12 juta ton, dan diperkirakan akan meningkat menjadi sekitar 16,2 juta ton pada tahun 2027. Situasi ini menghadirkan masalah karena pemanfaatan kembali *fly ash* dan *bottom ash* sangat terbatas, sehingga sisa limbah harus disimpan atau dibuang di tempat pembuangan (*landfill*). *fly ash* dan *bottom ash* jumlahnya terus bertumbuh dan tidak ada penanganan yang baik, maka abu tersebut berpotensi mengotori lingkungan yang disebabkan oleh partikel halus sisa pembakaran batubara yang ikut terbang di udara.

*Fly ash* batubara merupakan limbah padat yang dihasilkan dalam jumlah yang cukup besar dari proses pembakaran batubara pada pembangkit listrik tenaga uap (PLTU). Limbah ini mengandung silika dalam jumlah yang signifikan, sekitar 40-60%, yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku dalam berbagai industri seperti kaca, semen, keramik, dan elektronik.

Namun, hingga saat ini pengolahan *fly ash* batubara masih menjadi masalah besar. Limbah ini seringkali dibuang begitu saja ke tempat pembuangan akhir, yang pada akhirnya akan menimbulkan dampak lingkungan yang merugikan. Oleh karena itu, alternatif pengolahan *fly ash* batubara menjadi bahan yang memiliki nilai ekonomi dan ramah lingkungan sangat dibutuhkan.

Salah satu cara untuk memanfaatkan silika yang terkandung dalam *fly ash* batubara adalah dengan menggunakan proses ekstraksi hidrometalurgi. Proses ini melibatkan ekstraksi senyawa-senyawa logam dari bijih dengan menggunakan cairan seperti asam. Pada proses ekstraksi silika dari *fly ash* batubara, asam sitrat



murni digunakan sebagai cairan ekstraksi. Proses ini memiliki beberapa keunggulan dibandingkan dengan metode pengolahan konvensional, seperti proses *sintering* atau *roasting*, di mana prosesnya lebih murah, efisien, dan ramah lingkungan.

Meskipun, proses ekstraksi *hidrometalurgi* telah banyak digunakan dalam pengolahan bijih logam, dan pengaruh asam sitrat murni pada proses ekstraksi silika dari *fly ash* batubara belum banyak diteliti. Oleh karena itu, penelitian ini akan dilakukan untuk mengevaluasi pengaruh asam sitrat murni pada proses ekstraksi *hidrometalurgi* untuk menghasilkan silika dari *fly ash* batubara. Selain itu, penelitian ini juga akan menentukan kadar silika yang dapat dihasilkan dari *fly ash* batubara melalui proses ekstraksi *hidrometalurgi* yang telah dioptimalkan.

Penelitian ini, diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan teknologi pengolahan limbah padat batubara yang ramah lingkungan dan dapat memanfaatkan limbah tersebut sebagai sumber daya yang bernilai ekonomi. Selain itu, hasil penelitian ini juga dapat menjadi referensi untuk penelitian selanjutnya tentang ekstraksi silika dari *fly ash* batubara menggunakan asam sitrat murni, sehingga dapat membuka peluang baru dalam memanfaatkan limbah batubara menjadi bahan yang memiliki nilai ekonomi yang tinggi.

## 1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana kandungan *fly ash* sisa pembakaran batubara di PLTU?
2. Bagaimana pengaruh pelarut menggunakan larutan asam sitrat murni?
3. Apakah terdapat peningkatan kandungan silika setelah dilakukan ekstraksi?

## 1.3 Ruang Lingkup

Ruang lingkup dalam penelitian ini adalah :

1. Penelitian ini menggunakan *fly ash* batubara yang berasal dari PLTU di PT Bukit Asam TBK.
2. Penelitian ini meneliti pengaruh asam sitrat murni dalam menghasilkan silika pada *fly ash* batubara.

3. Penelitian ini hanya meneliti kemampuan serta pengaruh ekstraksi silika dari *fly ash* batubara menggunakan metode *X-Ray Fluorescence*.

#### **1.4 Tujuan Penelitian**

Penelitian yang dilakukan memiliki tujuan :

1. Menganalisis kandungan *fly ash* batubara dengan pengujian *X-Ray Fluorescence*;
2. Mengevaluasi hasil ekstraksi silika dari *fly ash* batubara menggunakan larutan asam sitrat murni;
3. Menganalisis kandungan silika hasil ekstraksi dengan pengujian *X-Ray Fluorescence*.

#### **1.5 Manfaat Penelitian**

Adapun manfaat dari penelitian ini antara lain :

1. Memberikan solusi alternatif dalam mengatasi dan mengelola limbah abu batubara, terutama *fly ash* batubara yang menjadi permasalahan di industri.
2. Menaikkan nilai ekonomis dari abu terbang (*fly ash*) batubara dalam menghasilkan silika dengan campuran asam sitrat murni.
3. Memajukan Ilmu Pengetahuan dan Teknologi (IPTEK) mengenai pengelolaan *fly ash* menjadi silika.

## DAFTAR PUSTAKA

- A costa, Dafi . (2009). Pemanfaatan Fly Ash (abu terbang) Dari Pembakaran Batubara Pada PLTU Suralaya Sebagai Bahan Baku Pembuatan Refraktori Cor. *Jurnal teknologi mineral dan batubara*.
- Agung, G.F., R. F. Muhammad, dan M. Primata. (2013). Ekstraksi Silika dari Abu Sekam Padi dengan Pelarut KoH. *Jurnal Konversi*. 2(1): 28 – 30.
- Amrulloh, H. (2014). Sintesis Zeolit Berbasis Silika Sekam Padi dengan Metode Elektrokimia Sebagai Adsorben Rhodamin B. Skripsi. Departemen Kimia FMIPA Universitas Lampung. Bandar Lampung. Hlm. 13 – 52.
- Ary, Setyawan dkk. (2009). Rekayasa Unit Pengolah Limbah Batubara dan Pemanfaatannya sebagai Pengganti Semen pada Pembuatan Bahan Bangunan guna Mengendalikan Pencemaran Lingkungan. *Jurnal Sains*.
- Cotton dan Wilkinson. (1989). Kimia Anorganik Dasar. *Terjemahan Sahati Sunarto dari Basic Inorganic Chemistry* (1976). Jakarta: Penerbit Universitas Indonesia Press.
- Harasa Ramadhany, Gunawan Tanzil.(2018). “*Pengaruh Penggunaan Fly Ash Dan Waste Glass Powder Sebagai Substitusi Semen Pada Campuran Self-Compacting Concrete Tanpa Curing*.” Palembang: Universitas Sriwijaya.
- Jadhao, P. D. 2008. *Influence Polypropylene Fibers on Engineering Soil-Fly ash Mixtures for Road Construction*. EJGE Vol. 13. Bund. C.
- Jumaeri, Astuti, W. dan Lestari, W.T.P., (2007), Preparasi dan Karakterisasi Zeolit dari Abu Layang Batubara Secara Alkali Hidrotermal, *jurnal Reaktor*, Vol. 11, No. 1, UNES, hal. 38-44.

- Keenan, C.W., Kleinfelter, D.C., dan Wood, J.H. (1992). Ilmu Kimia Untuk Universitas. Edisi keenam. Jilid 2. Jakarta: Penerbit Erlangga
- Kirk, R.E. and Othmer, D.F., (1979), *Encyclopedia of Chemical Technology*, 3rd ed., vol 15-20, The Inter Science Encyclopedia, Inc., New York
- Lestari, Y. T., (2013), Pemanfaatan Limbah Abu Terbang (*Fly Ash*) Batubara Sebagai Adsorben Untuk Penentuan Kadar Gas NO<sub>2</sub> di Udara, FMIPA Universitas Jember
- Masramdhani, Adi. (2011). Silikon dioksida (Silicon dioxide). Blog (<http://adimasramdhani.wordpress.com/2011/03/13/silikon-dioksida-silicondioxide/>). diakses pada tanggal 20 September 2023
- Muhammad Afif Faras, Mirka Pataras dan Dr.Edi Kadarsa.(2020). “*Pengaruh Pemanfaatan Material Sisa Pembakaran Batubara (Fly Ash Dan Bottom Ash) PLTU Banjarmasin, Kabupaten Lahat, Terhadap Laston AC-WC Menggunakan Metode Marshall.*” Palembang: Universitas Sriwijaya.
- Nck, Mheea. (2010). Pemanfaatan Abu Batubara. Seputar Informasi tentang Tambang. [www.pemanfaatan-abu-batubara.html](http://www.pemanfaatan-abu-batubara.html) diakses pada tanggal 30 September 2023
- R.A. Akram, M. Asof, Mukiat. (2020). “*Analisi Ekstraksi Dan Karakteristik Mineral Silika Dari Limbah Padat Fly Ash Dan Bottom Ash Hasil Pembakaran Batubara Menggunakan Metode Asam KOH Dan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.*” Indralaya: Universitas Sriwijaya.
- Retnosari, Agustin. (2013) *Ekstraksi dan penentuan kadar silika (sio<sub>2</sub>) hasil ekstraksi dari abu terbang (fly ash) batubara.* jurusan kimia FMIPA universitas jember.

Sharma. Y.C., Singh. B., Upadhyay. S.N. Advancements in Development and Characterization of Biodiesel: A Review. *Fuel*. (2008), 87, 2355-2373.

Vogel. (1985). *Buku Teks Analisis Anorganik Kualitatif Makro dan Semimikro*. Edisi kelima. Bagian I. PT Kalman Pustaka: Jakarta.

Z. Helwani, MR Othman, N. Aziz, WJN Fernando, J. Kim, Teknologi untuk produksi biodiesel dengan teknik green catalytic: review, *Fuel Proses Technol.* 90 (2009) 1502-1514 .