

**SKRIPSI**

**ANALISIS KARAKTERISTIK DAN POTENSI LOGAM  
PADA LIMBAH PADAT *FLY ASH* DAN *BOTTOM ASH*  
SISA PEMBAKARAN BATUBARA PADA  
PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA UAP  
(PLTU)**



**LUTHFIA OKTA FERICHA**

**03021281722054**

**PROGRAM STUDI TEKNIK PERTAMBANGAN  
JURUSAN TEKNIK PERTAMBANGAN DAN GEOLOGI  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS SRIWIJAYA  
2021**

## **SKRIPSI**

# **ANALISIS KARAKTERISTIK DAN POTENSI LOGAM PADA LIMBAH PADAT *FLY ASH* DAN *BOTTOM ASH* SISA PEMBAKARAN BATUBARA PADA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA UAP (PLTU)**

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar  
Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Pertambangan  
Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya



**LUTHFIA OKTA FERICHA**

**03021281722054**

**PROGRAM STUDI TEKNIK PERTAMBANGAN  
JURUSAN TEKNIK PERTAMBANGAN DAN GEOLOGI  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS SRIWIJAYA  
2021**

## HALAMAN PENGESAHAN

# ANALISIS KARAKTERISTIK DAN POTENSI LOGAM PADA LIMBAH PADAT *FLY ASH* DAN *BOTTOM ASH* SISA PEMBAKARAN BATUBARA PADA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA UAP (PLTU)

## SKRIPSI

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar  
Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Pertambangan  
Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya

Oleh:

**LUTHFIA OKTA FERICHA**  
03021281722054

Indralaya, Maret 2021

Pembimbing I,



Dr. Ir. H. Marwan Asof, DEA.  
NIP. 195811111985031007

Pembimbing II,



Ir. Mukiat, MS  
NIP. 19581122198621002

Mengetahui,  
Ketua Jurusan Teknik Pertambangan dan Geologi



Dr. Hj. Rr. Harminuke Eko Handayani., S.T., M.T.  
NIP. 196902091997032001

## HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Luthfia Okta Fericha  
NIM : 03021281722054  
Judul : Analisis Karakteristik dan Potensi Logam pada Limbah Padat *Fly Ash* dan *Bottom Ash* Sisa Pembakaran Batubara pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU)

Menyatakan bahwa skripsi saya merupakan hasil karya sendiri didampingi 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 paksaan dari siapapun.



Indralaya, Maret 2021



**Luthfia Okta Fericha**  
**NIM. 03021281722054**

## HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Luthfia Okta Fericha

NIM : 03021281722054

Judul : Analisis Karakteristik dan Potensi Logam pada Limbah Padat *Fly Ash* dan *Bottom Ash* Sisa Pembakaran Batubara pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU)

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 ada paksaan dari siapapun.

Indralaya,       Maret 2021



**Luthfia Okta Fericha**  
**NIM. 03021281722054**

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur diucapkan kehadirat Allah SWT, Tuhan Yang Maha Esa, karena atas rahmat dan karunia-Nya Laporan Tugas Akhir yang berjudul “Analisis Karakteristik dan Potensi Logam pada Limbah Padat *Fly Ash* dan *Bottom Ash* Sisa Pembakaran Batubara pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU)” ini dapat diselesaikan dengan lancar dan tepat waktu. Laporan ini dibuat berdasarkan pengamatan yang dilakukan pada tanggal 10 Oktober 2020 sampai dengan 10 November 2020 terhadap sampel yang diambil dari PT. Pupuk Sriwidjaja Palembang.

Ucapan terima kasih kami sampaikan kepada bapak Dr. Ir. H. Marwan Asof, DEA. selaku dosen pembimbing I dan bapak Ir. Mukiat, M.S. selaku dosen pembimbing II tugas akhir. Ucapan terima kasih juga diberikan kepada semua pihak yang telah membantu hingga terselesaikannya laporan skripsi ini antara lain:

1. Prof. Ir. Subriyer Nasir, M.S., Ph.D., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
2. Dr. Hj. Rr. Harminuke Eko Handayani, S.T., M.T., dan Bochori, S.T., M.T., selaku Ketua Jurusan dan Sekretaris Jurusan Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
3. Staf Dosen dan Pegawai Jurusan Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
4. Semua pihak yang sudah banyak membantu dalam menyelesaikan laporan skripsi ini.

Penulisan laporan ini masih jauh dari sempurna, oleh karena itu diharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun. Semoga laporan ini bermanfaat dan dapat dimanfaatkan bagi perkembangan ilmu dikemudian hari.

Indralaya, Maret 2021

Penulis

## DAFTAR ISI

	<b>Halaman</b>
Halaman Sampul .....	i
Halaman Judul.....	ii
Halaman Pengesahan .....	iii
Halaman Pernyataan Integritas .....	iv
Halaman Persetujuan Publikasi .....	v
Halaman Persembahan .....	vi
Halaman Riwayat Hidup .....	vii
Kata Pengantar .....	viii
Ringkasan .....	ix
<i>Summary</i> .....	x
Daftar Isi .....	xi
Daftar Gambar .....	xiii
Daftar Tabel .....	xiv
Daftar Lampiran .....	xv
<b>BAB 1. Pendahuluan</b>	
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Perumusan Masalah .....	2
1.3. Ruang Lingkup.....	2
1.4. Tujuan Penelitian .....	2
1.5. Manfaat Penelitian .....	3
<b>BAB 2. Tinjauan Pustaka</b>	
2.1. Penelitian Terdahulu .....	4
2.2. Batubara .....	5
2.2.1. Klasifikasi Batubara .....	6
2.2.2. Karakteristik Batubara .....	7
2.3. Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU).....	9
2.3.1. Pembakaran Batubara .....	10
2.3.2. Abu Terbang ( <i>Fly Ash</i> ) .....	11
2.3.3. Abu Dasar ( <i>Bottom Ash</i> ) .....	13
2.4. Klasifikasi Abu .....	14
2.5. <i>X-Ray Fluorescence Spectroscopy</i> (XRF) .....	15
<b>BAB 3. Metode Penelitian</b>	
3.1. Waktu dan Tempat Penelitian .....	19
3.1.1. Waktu Pelaksanaan Penelitian .....	19
3.1.2. Tempat Pelaksanaan Penelitian .....	19
3.2. Tahapan Penelitian .....	20
3.2.1. Studi Literatur .....	20
3.2.2. Pengambilan Sampel <i>Fly Ash</i> dan <i>Bottom Ash</i> .....	21
3.2.3. Proses Preparasi Sampel <i>Fly Ash</i> dan <i>Bottom Ash</i> .....	21
3.2.4. Uji Karakteristik Unsur Sampel <i>Fly Ash</i> dan <i>Bottom Ash</i> .....	21

3.3. Perancangan Penelitian.....	22
3.3.1. Pendekatan Penelitian .....	22
3.3.2. Bahan dan Alat .....	22
3.3.3. Jenis dan Sumber Data .....	23
3.3.4. Metode Pengolahan dan Analisis Data .....	23
3.4. Bagan Alir Penelitian .....	23
3.5. Matrik Penelitian .....	24
 BAB 4. Hasil dan Pembahasan	
4.1. Karakteristik Unsur <i>Fly Ash</i> dan <i>Bottom Ash</i> .....	26
4.2. Komposisi Oksida dalam <i>Fly Ash</i> dan <i>Bottom Ash</i> .....	28
 BAB 5. Kesimpulan dan Saran	
5.1 Kesimpulan .....	33
5.2 Saran .....	33
 Daftar Pustaka .....	35
Lampiran	

## DAFTAR GAMBAR

	<b>Halaman</b>
2.1. Tahapan perpindahan energi pada sistem PLTU .....	10
2.2. Skema proses pembakaran batubara bubuk .....	11
2.3. (1) Elektron Tereksitasi Keluar (2) Pengisian Kekosongan Elektron (3) Pelepasan Energi (4) Proses Analisis Data .....	16
2.4. Prinsip kerja alat <i>X-Ray Fluorescence</i> (XRF) .....	17
3.1. PLTU PT. Pupuk Sriwidjaja .....	20
3.2. Bagan alir penelitian .....	24
4.1. Persentase komposisi mineral pada <i>fly ash</i> .....	30
4.2. Persentase komposisi mineral pada <i>bottom ash</i> .....	31
A.1. Penampungan abu batubara .....	38
A.2. (a) <i>Fly Ash</i> ; (b) <i>Bottom Ash</i> .....	38
B.1. (a) <i>Fly Ash</i> 100 gram; (b) <i>Bottom Ash</i> 100 gram .....	39
B.2. <i>Microwave</i> .....	39
B.3. (a) <i>Fly Ash</i> setelah dipanaskan; (b) <i>Bottom Ash</i> setelah dipanaskan ...	40

## DAFTAR TABEL

	<b>Halaman</b>
2.1. Komposisi kimia abu terbang dari berbagai jenis batubara (dalam % berat) .....	12
2.2. Persyaratan kimia klasifikasi abu .....	14
3.1. Jadwal kegiatan penelitian .....	19
3.2. Matriks penyelesaian masalah dalam penelitian .....	25
4.1. Hasil analisis unsur pada <i>fly ash</i> dan <i>bottom ash</i> .....	26
4.2. Komposisi oksida penyusun <i>fly ash</i> dan <i>bottom ash</i> .....	29
C. Hasil analisis XRF <i>fly ash</i> .....	41
D. Hasil analisis XRF <i>bottom ash</i> .....	42
E.1. Kadar Air <i>Fly Ash</i> .....	43
E.2. Kadar Air <i>Bottom Ash</i> .....	43
F. Permen Lingkungan Hidup Dan Kehutanan Republik Indonesia No. P.18/Menlhk/Setjen/Kum. 1/8/2020 Tentang Pemanfaatan Limbah Bahan Berbahaya Dan Beracun .....	44

## DAFTAR LAMPIRAN

	<b>Halaman</b>
A. Pengambilan Sampel .....	38
B. Preparasi Sampel .....	39
C. Hasil analisis XRF <i>fly ash</i> .....	41
D. Hasil analisis XRF <i>bottom ash</i> .....	42
E. Kadar air abu batubara .....	43
F. Permen Lingkungan Hidup Dan Kehutanan Republik Indonesia No. P.18/Menlhk/Setjen/Kum.1/8/2020 Tentang Pemanfaatan Limbah Bahan Berbahaya Dan Beracun .....	44

# ANALISIS KARAKTERISTIK DAN POTENSI LOGAM PADA LIMBAH PADAT *FLY ASH* DAN *BOTTOM ASH* SISA PEMBAKARAN BATUBARA PADA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA UAP (PLTU)

LO. Fericha<sup>1</sup>, M. Asof<sup>2</sup>, Mukiat<sup>3</sup>

<sup>1-3</sup> Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya  
Jl. Raya Palembang-Prabumulih Km. 32, Indralaya, Sumatera Selatan, 30662, Indonesia  
Telp/fax: (0711) 850137 ; E-mail: [luthfiafericha@gmail.com](mailto:luthfiafericha@gmail.com)

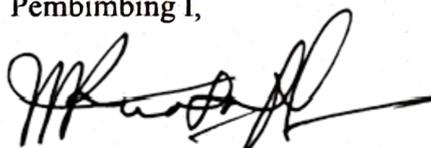
## ABSTRAK

Di Indonesia, batubara banyak digunakan sebagai bahan bakar pada boiler, salah satunya ialah pembakaran pada boiler Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU). Pembangkit Listrik Tenaga Uap di Indonesia masih didominasi menggunakan bahan bakar batubara pada boilernya. Dari pembakaran ini, akan menyisakan limbah padat berupa abu batubara yaitu *fly ash* dan *bottom ash*. Semakin tinggi kebutuhan listrik di Indonesia akan membuat kebutuhan batubara semakin tinggi, sehingga limbah *fly ash* dan *bottom ash* yang dihasilkan akan semakin banyak. *Fly ash* dan *bottom ash* digolongkan dalam limbah B3. Pengujian menggunakan instrument analisa *X-Ray Fluorescence* (XRF) akan diketahui unsur-unsur dan oksida pembawa logam berat yang terkandung dalam limbah *fly ash* dan *bottom ash*. Unsur-unsur tersebut antara lain magnesium (Mg), aluminium (Al), silika (Si), posfor (P), sulfur (S), kalium (K), kalsium (Ca), titanium (Ti), vanadium (V), kromium (Cr), mangan (Mn), besi (Fe), kobal (Co), nikel (Ni), tembaga (Cu), seng (Zn), galium (Ga), arsen (As), rubidium (Rb) stronsium (Sr), itrium (Y), zirkon (Zr), argentum (Ag), europium (Eu), timbal (Pb) dalam konsentrasi yang berbeda-beda antara kandungan *fly ash* dan *bottom ash*. Beberapa oksida dominan pembawa logam berat yang terdeteksi seperti Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> sebesar 3,658% pada *fly ash* dan sebesar 2,237% pada *bottom ash*; Ag<sub>2</sub>O pada sampel *fly ash* kandungannya sebanyak 0,143% dan pada *bottom ash* sebanyak 0,01%; MnO sebesar 0,036% pada *fly ash* dan sebanyak 0,015% pada *bottom ash* serta oksida ZnO dengan kadar sebesar 0,016% pada *fly ash* dan 0,019% pada *bottom ash*.

Kata kunci: *Fly Ash*, *Bottom Ash*, *X-Ray Fluorescence* (XRF), oksida dominan.

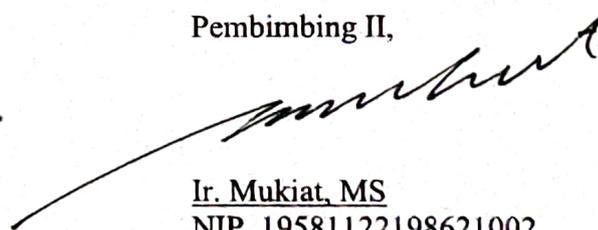
Indralaya, Maret 2021

Pembimbing I,



Dr. Ir. H. Marwan Asof, DEA.  
NIP. 195811111985031007

Pembimbing II,



Ir. Mukiat, MS  
NIP. 19581122198621002

Mengetahui,  
Ketua Jurusan Teknik Pertambangan dan Geologi



<sup>1/8/21</sup> Dr. Hj. RR. Harminuke Eko Handayani, S.T., M.T.  
NIP. 196902091997032001

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Indonesia merupakan salah satu negara yang memiliki kekayaan sumber daya alam yang cukup besar. Sumber daya alam Indonesia sangat beragam, khususnya di sektor pertambangan dan energi. Kekayaan ini meliputi sumber daya minyak bumi, batubara, mineral, dan lain-lain. Salah satu sumber daya unggulan yang terdapat di Indonesia adalah batubara. Di Indonesia, batubara merupakan salah satu sumber daya yang digunakan sebagai bahan bakar Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU).

Sekarang ini, di Indonesia terdapat puluhan pembangkit listrik bertenaga uap yang beroperasi, dan bahan bakar yang digunakan sebagian besar ialah batubara. Tentu saja hal ini akan menghasilkan jutaan ton limbah padat setiap tahunnya dari pembakaran batubara tersebut. Limbah padat sebagai sisa pembakaran batubara yaitu berupa limbah *fly ash* (abu terbang) dan limbah *bottom ash* (abu dasar).

Produksi limbah abu dasar maupun abu terbang di Indonesia meningkat dari tahun ke tahun, ini sebanding dengan konsumsi pemakaian batubara sebagai bahan bakar untuk proses pembakaran di industri (Harijono, 2006). Pembakaran batubara pada *furnace* PLTU dan cerobong asap di pabrik-pabrik industri ini menimbulkan sisa pembakaran limbah padat abu dasar (*bottom ash*) 25% dan abu terbang (*fly ash*) 75% (Goodarzi, 2008). Abu terbang adalah partikel abu yang terbawa oleh gas buang, sedangkan abu dasar merupakan abu yang tertinggal di tungku pembakaran dan dikeluarkan dari bawah tungku. Jika tidak diproses lebih lanjut, maka abu sisa pembakaran batubara ini dapat menimbulkan dampak buruk bagi lingkungan.

Abu terbang (*fly ash*) batubara ini biasanya dibuang begitu saja di *landfill* atau ditumpuk di dalam area pabrik/industri. Sejumlah besar *fly ash* dan *bottom ash* terkumulasi dalam bentuk sedimen atau tumpukan, karena merupakan sumber utama pencemaran material anorganik, diyakini pencemarannya berdampak

serius terhadap lingkungan. Selama proses akumulasi, perilaku banyak polutan logam dan pelepasan logam yang terkandung akan berdampak buruk bagi lingkungan dan kesehatan manusia (Damayanti, 2018).

Dengan pertimbangan itu maka perlu dilakukan penelitian dalam mengidentifikasi karakteristik unsur limbah padat *fly ash* dan limbah padat *bottom ash* sisa pembakaran batubara yang dihasilkan oleh PLTU guna dapat memberikan informasi mengenai potensi pembentukan limbah dan logam berat sehingga dapat ditangani dengan efektif dan efisien.

## **1.2. Perumusan Masalah**

Permasalahan-permasalahan yang dapat diangkat dalam penelitian ini ialah sebagai berikut.

1. Bagaimana karakteristik unsur limbah padat *fly ash* dan limbah padat *bottom ash* sebagai sisa dari pembakaran batubara untuk boiler di Pembangkit Listrik Tenaga Uap ?
2. Bagaimana potensi logam berat yang dibawa oleh mineral oksida pada limbah padat *fly ash* dan limbah padat *bottom ash* dari sisa pembakaran batubara untuk boiler di Pembangkit Listrik Tenaga Uap ?

## **1.3. Ruang Lingkup**

Berdasarkan latar belakang yang dipaparkan, maka penelitian ini akan dibatasi pada beberapa bagian yaitu:

1. Lokasi pengambilan sampel di silo pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap.
2. Sampel yang digunakan dalam menganalisis ialah berupa limbah padat sisa pembakaran batubara yaitu abu terbang (*fly ash*) dan abu dasar (*bottom ash*).
3. Karakterisasi yang dimaksud dalam penelitian ini berupa pengujian sampel menggunakan instrumen *X-Ray Fluorescence* (XRF) untuk mengetahui unsur kimia yang terkandung pada sampel dan untuk mengetahui potensi mineral oksida pembawa logam berat (*heavy metals*).

## **1.4. Tujuan Penelitian**

Penelitian ini bermaksud untuk mendapatkan suatu gambaran karakteristik

dari abu batubara (*fly ash* dan *bottom ash*) sebagai sisa dalam proses pembakaran untuk boiler di PLTU, sedangkan tujuannya adalah:

1. Menganalisis karakteristik unsur limbah padat *fly ash* dan limbah padat *bottom ash* sisa pembakaran batubara untuk boiler pada PLTU.
2. Menganalisis mineral oksida apa saja sebagai potensi pembawa logam berat yang dihasilkan pada limbah *fly ash* dan limbah *bottom ash* sisa pembakaran batubara untuk boiler pada PLTU.

### **1.5. Manfaat Penelitian**

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai gambaran jelas dan sebagai bahan pertimbangan perusahaan untuk melakukan pengolahan lebih lanjut mengenai limbah padat *fly ash* dan *bottom ash* ini.

1. Dapat digunakan untuk mengetahui karakteristik produksi limbah padat *fly ash* dan *bottom ash* dari sisa pembakaran batubara pada PLTU.
2. Dapat memberikan gambaran mengenai logam apa saja yang terkandung dalam limbah *fly ash* dan *bottom ash*.
3. Dapat menjadi bahan pertimbangan bagi perusahaan yang menggunakan boiler batubara untuk melakukan pengolahan lebih lanjut mengenai limbah padat *fly ash* dan *bottom ash* ini.
4. Dapat mengetahui seberapa banyak logam berat yang dihasilkan dari produksi *fly ash* dan *bottom ash* dalam jangka waktu tertentu.

## DAFTAR PUSTAKA

- Cahyadi, D. 2015. *PLTU Batubara Superkritikal Yang Efisien*. Tangerang Selatan : Balai Besar Teknologi Energi BPPT Press.
- Damayanti, R. 2018. *Abu Batubara Dan Pemanfaatannya: Tinjauan Teknis Karakteristik Secara Kimia dan Toksikologinya*. Jurnal Teknologi Mineral Dan Batubara Volume 14, Nomor 3: 213 - 231 .
- Danielowska, D.S. 2006. *Heavy Metals In Fly Ash From A Coal-Fired Power Station In Poland*. Polish J. Of Environ. Stud., 15(6), 943-946.
- Firman., Rizhan, M., Sahidi, A.A. 2020. *Analisis Kandungan Logam Berat Abu Batubara PLTU Bangko Barat Kab. Muara Enim Sumatera Selatan*. Jurnal Of Science And Engineering V3:01 (2020)10-16.
- Ghorai, M., Patra, B.C., Sar, U.K., Bhattacharya, M., Jana, H., Kar, A. 2015. *The Impact Of Coal Fly Ash Power Station On Distribution And Biodiversity Of Freshwater Fishes In Rupnarayan River, West Bengal, India*. *International Journal Of Current Research*, 7(12), 23954-23961.
- Goodarzi F, Huggins Fe, Sanei H. 2008. *Assesment Of Elements, Speciation Of As, Cr, Ni And Emitted Hg For A Canadian Power Plant Burning Bituminous Coal*. *Int.J Of Coal Geol* ; 74:1-12.
- Harijono, D. 2006. *Fly Ash dan Pemanfaatannya, Prosiding Seminar Nasional Batubara Indonesia*. Yogyakarta : Universitas Gajah Mada.
- Harris.H, Anam, S., Mahmudsyah, S. 2013. *Studi Pemanfaatan Limbah Padat dari Perkebunan Kelapa Sawit pada PLTU 6 MW di Bangka Belitung*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh November (ITS).
- Jamaluddin, Massinai, M.A., Tahir, D. 2016. *Analisis Kandungan Logam Oksida Menggunakan Metode XRF (X-Ray Flourescence)*. Jurnal Geofisika Fmipa Unhas. [Http://Repository.Unhas.Ac.Id/Handle/123456789/17783](http://Repository.Unhas.Ac.Id/Handle/123456789/17783). Pada Tanggal 30 November 2020.
- Lestiani, D.D., Muhayatun., Adventini, N. 2010. *Karakteristik Unsur Pada Abu Dasar dan Abu Terbang Batu Bara Menggunakan Analisis Aktivasi Neutron Instrumental*. Jurnal Sains Dan Teknologi Nuklir Indonesia Vol. XI, No. 1: 27-34 ISSN 1411 – 3481.
- Masrukan., Rosika. 2008. *Perbandingan Hasil Analisis Bahan Bakar U-Zr dengan Menggunakan Teknik XRF dan SSA*. Jurnal Batan. Volume 14 Nomor 1 Tahun 2008 : 3.

- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor P.18/Menlhk/Setjen/Kum.1/8/2020 Tentang Pemanfaatan Limbah Bahan Berbahaya Dan Beracun.
- Prayitno. 2007. *Kajian Sistem Electrostatic Precipitator untuk Pengendapan Debu Gas Buang*. Prosiding Pertemuan Dan Presentasi Ilmiah Teknologi Akselerator Dan Aplikasinya Vol. 9 : 68 – 75. Issn 1411-1349.
- Pusat Teknologi Keselamatan Dan Metrologi Radiasi – Batan. 2008. *Pengukuran Efisiensi Penyaring Debu Elektrostatik Precipitator (EP) dan Karakteristik Partikel Abu Terbang di PT. Indonesia Power Unit Pembangunan Suralaya Merak – Banten, Laporan Tahunan, Jakarta*.
- Rumidi, I. 2017. *Batubara Dan Pemanfaatannya Pengantar Teknologi Batubara Menuju Lingkungan Bersih*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Standar Nasional Indonesia. 2014. *Spesifikasi Abu Terbang Batubara dan Pozolan Alam Mentah atau yang telah Dikalsinasi untuk Digunakan dalam Beton*. Jakarta : Badan Standarisasi Nasinal (Bsn) Sni 2460-2014.
- Sumantry, T. 2002. *Aplikasi XRF untuk Identifikasi Lempung pada Kegiatan Penyimpanan Lestari Limbah Radioaktif*. Prosiding Seminar Nasional Teknologi Pengelolaan Limbah VII. Pusat Teknologi Limbah Radioaktif-Batan. Issn 14106086.
- Tiwari, M. Et Al. 2014. *Elemental Characterization Of Coal, fly Ash, And Bottom Ash Using An Energy Dispersive X-Ray fluorescence Technique*. Applied Radiation And Isotopes 90 (2014) 53–57.
- Umar, S.D.F., dan Mamby, H.E. 2018. *Identifikasi Keterdapatn Unsur Logam Tanah Jarang Dalam abu Batubara Pusat Listrik Tenaga Uap Ombili Sumatera Barat*. Jurnal Teknologi Mineral dan Batubara Volume 14, Nomor 2 : 111 – 125.
- Utami, S.W. 2018. *Karakteristik Kimiawi Fly Ash Batu Bara dan Potensi Pemanfaatannya sebagai Bahan Pupuk Organik*. Jurnal Agrotek Volume 12, No. 2. Politeknik Negeri Cilacap.
- Wiyono, M., Wahyudi. 2018. *Analisis Unsur Dalam Fly Ash dari Industri PLTU Batubara dengan Metode Analisis Aktivasi Neutron*. Jurnal Teknologi Lingkungan, Volume 19, No 2.
- Yunita, E., Rahmaniah., Fitriyanti. 2017. *Analisis Potensi dan Karakteristik Limbah Padat Fly Ash dan Bottom Ash Hasil Dari Pembakaran Batubara pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) PT. Semen Tonasa*. JFT No. 1, Vol. 4

Zacoeb, A. 2013. *Pemanfaatan Limbah Bottom Ash Sebagai Pengganti Semen Pada Genteng Beton Ditinjau dari Segi Kuat Lentur dan Perembesan Air*. Jurnal Rekayasa Sipil. Volume 7, No. 1-2013 ISSN 1979-5658.