

SKRIPSI

**ANALISIS EKSTRAKSI DAN KARAKTERISTIK MINERAL SILIKA
DARI LIMBAH PADAT FLY ASH DAN BOTTOM ASH HASIL
PEMBAKARAN BATUBARA MENGGUNAKAN METODE
ASAM DENGAN LARUTAN
NaOH DAN H₂SO₄**



Oleh:

RAHMAWATI

03021181621030

**JURUSAN TEKNIK PERTAMBANGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2020**

SKRIPSI

**ANALISIS EKSTRAKSI DAN KARAKTERISTIK MINERAL SILIKA
DARI LIMBAH PADAT FLY ASH DAN BOTTOM ASH HASIL
PEMBAKARAN BATUBARA MENGGUNAKAN METODE
ASAM DENGAN LARUTAN
NaOH DAN H₂SO₄**

Diajukan Untuk Memenuhi Syarat Mata Kuliah Tugas Akhir
Pada Jurusan Teknik Pertambangan
Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya



Oleh:

RAHMAWATI

03021281621112

**JURUSAN TEKNIK PERTAMBANGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2020**

HALAMAN PENGESAHAN

**ANALISIS EKSTRAKSI DAN KARAKTERISTIK
MINERAL SILIKA DARI LIMBAH PADAT FLY ASH
DAN BOTTOM ASH HASIL PEMBAKARAN
BATUBARA MENGGUNAKAN METODE
ASAM DENGAN LARUTAN
NaOH DAN H₂SO₄**

SKRIPSI

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

Oleh:

**RAHMAWATI
03021181621030**

Indralaya, Agustus 2020

Pembimbing I,



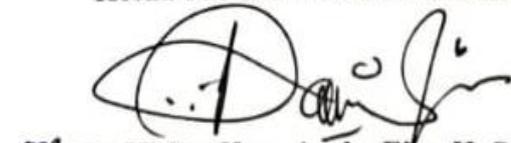
**Dr. Ir. H. Marwan Asof, DEA.
NIP.195811111985031007**

Pembimbing II,



**Ir. Mukiat, M.S.
NIP. 195811221986021002**

**Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Pertambangan**



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

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Rahmawati
NIM : 03021181621030
Judul : Analisis Ekstraksi Dan Karakteristik Mineral Silika Dari Limbah Padat Fly Ash Dan Bottom Ash Hasil Pembakaran Bautubara Menggunakan Metode Asam Dengan Larutan NaOH Dan H₂SO₄.

Memberikan izin kepada Pembimbing dan Universitas Sriwijaya untuk mempublikasi 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, Agustus 2020



Rahmawati

03021181621030

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Rahmawati
NIM : 03021181621030
Judul : Analisis Ekstraksi Dan Karakteristik Mineral Silika Dari Limbah Padat Fly Ash Dan Bottom Ash Hasil Pembakaran Bautubara Menggunakan Metode Asam Dengan Larutan NaOH Dan H₂SO₄.

Menyatakan bahwa skripsi saya merupakan hasil karya sendiri didampingi oleh tim pembimbing dan bukan hasil penjiplakan atau plagiat, apabila ditemukan unsur penjiplakan atau plagiat dalam skripsi ini maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya.

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

Indralaya, Agustus 2020



Rahmawati

03021181621030

RIWAYAT HIDUP



Rahmawati merupakan anak kedua dari 3 bersaudara, putri kedua dari pasangan Wahyono dan Mobina. Lahir di Muara Enim pada tanggal 27 April 1998. Mengawali pendidikan tingkat dasar di SDN 169 OKU pada tahun 2004. Pada tahun 2010 melanjutkan pendidikan tingkat menengah pertama di SMPN 05 OKU, dan pada tahun 2016 telah menyelesaikan pendidikan tingkat menengah atas di SMAN 02 OKU. Dan kemudian melalui jalan takdir beserta kemudahan yang Allah SWT berikan, penulis lulus pada Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN) untuk Jurusan Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya di Sumatera Selatan. Selama menjadi mahasiswa penulis aktif menjadi anggota dan pengurus Keluarga Mahasiswa Muslim (Kalam) FT Unsri, Student Chapter Perhimpunan Ahli Pertambangan Indonesia (SC Perhapi) FT Unsri, Ikatan Mahasiswa Batumarta (IKAMARTA) dan Persatuan Mahasiswa Pertambangan (Permata)

HALAMAN PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya dedikasikan untuk:

Kepada orang tua saya Bapak Wahyono dan Ibu Mobina. Kakakku Nurrohman, Mba Rara dan Adikku Adi. Kedua dosen pembimbing skripsi dan dosen pembimbing akademik. Keluarga besar Teknik Pertambangan 2016, Fheny, Yustika, Kiki, Lisa serta Abi yang menemani saya dalam pengerjaan skripsi ini.

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT karena berkat rahmat dan ridho-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi yang berjudul “Analisis Ekstraksi dan Karakteristik Mineral Silika Dari Limbah Padat Fly Ash dan Bottom Ash Hasil Pembakaran Batubara Menggunakan Metode Asam Dengan Larutan NaOH dan H₂SO₄” yang dilaksanakan pada tanggal 9 September 2019 – 21 November 2019 dengan baik dan tepat waktu.

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada Bapak Dr. Ir. H. Marwan Asof, DEA. Dan Ir. Mukiat. MS, selaku pembimbing pertama dan pembimbing kedua yang telah banyak membimbing dalam penyusunan tugas akhir ini. Terimakasih juga kepada semua pihak-pihak yang sudah banyak membantu. Untuk itu dalam kesempatan ini penulis ingin berterimakasih kepada:

1. Bapak Prof. Ir. Subriyer Nasir, M.S. Ph.D., Dekan Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
2. Ibu Dr. Hj. Rr Harminuke Eko Handayani ST., MT dan Bapak Bochori , ST., MT, selaku Ketua dan Sekretaris Jurusan Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
3. Staff Dosen dan Pegawai Jurusan Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Pertambangan.
4. Karyawan lapangan PT BEST Tanjung Enim, Ibu Dr. Ir. Hj. Susila Arita, DEA dan Ibu Desi selaku Ketua dan Analis Laboratorium Rekayasa Energi Universitas Sriwijaya.

Penulis memohon maaf apabila terdapat kesalahan yang tidak disengaja dalam penulisan tugas akhir ini. Penulis juga mengharapkan kritik beserta saran yang membangun. Akhir kata semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi diri penulis, orang lain, dan pengembangan ilmu pengetahuan.

Indralaya, Agustus 2020

Penulis

**ANALISIS EKSTRAKSI DAN KARAKTERISTIK MINERAL SILIKA
DARI LIMBAH PADAT FLY ASH DAN BOTTOM ASH HASIL
PEMBAKARAN BATUBARA MENGGUNAKAN METODE
ASAM DENGAN LARUTAN NaOH DAN H₂SO₄**

Rahmawati, M. Asof, Mukiat

*Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya
Jl. Raya Palembang-Prabumulih Km.32, Indralaya, Sumatera Selatan, 30662, Indonesia
Telp/fax: (0711) 850137 ; E-mail: rwati9804@gmail.com*

ABSTRAK

Bahan bakar minyak telah mendorong industri beralih ke batubara sebagai sumber sumber energy, salah satu contoh yaitu industri PLTU (Pembangkit Listrik Tenaga Uap). Sisa hasil pembakaran batubara akan menghasilkan limbah fly ash dan bottom ash, pada satu proses pembakaran batubara menghasilkan fly ash sekitar 80% dan sisianya mererupakan bottom ash yaitu 20%. Dimana limbah tersebut merupakan limbah B3(bahan beracun dan berbahaya), dengan komponen utama daeri fly ash dan bottom ash batubara yang berasal dari pembangkit listrik adalah silika (SiO₂), alumina (Al₂O₃), dan besi oksida (Fe₂O₃), sisanya adalah karbon, kalsium, magnesium dan belerang. Silika merupakan salah satu komponen pada abu hasil pembakaran batubara,dimana silika itu sendiri banyak digunakan dalam penyulingan minyak sayur, produk farmasi, deterjen, pembuatan cat, karet,dan keramik. Oleh karena itu perlu dilakukan pengujian terhadap silika dari limbah fly ash dan bottom ash, pengujian dilakukan dengan mengekstrak limbah fly ash dan bottom ash dengan metode asam yaitu dengan larutan NaOH. Kemudian dilakukan pengujian terhadap variasi konsentrasi larutan H₂SO₄ yaitu 4N, 6N, 8N dan 10N sehingga dapat diketahui konsentrasi yang menghasilkan silika dengan kemurnian yang tinggi, selanjutnya akan di lihat karakteristik dengan XRF. Dengan ekstraksi menggunakan metode asam silika yang diperoleh dari fly ash sebesar 92% pada konsentrasi 6N dan bottom ash sebesar 50,23% pada konsetrasi 6N. Uji karakteristik pada XRF silika pada ekstraksi fly ash yang menghasilkan kandungan silika 68,46% dan pada ekstraksi bottom ash mengandung silika sebesar87,82% .

Kata kunci: *fly ash, bottom ash, metode asam, uji XRF*

Pembimbing I,



Dr. Ir. H. Marwan Asof, DEA.
NIP. 19581111985031007

Pembimbing II,



Ir. Mukiat, M.S.
NIP. 195811221986021002

**Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Pertambangan**



Dr. Hj. Rr. Harminuke E.H., S.T., M.T.
NIP. 196902091997032001

**ANALYSIS OF EXTRACTION AND MINERAL CHARACTERISTICS OF
SILICA WASTE FROM SOLID WASTE FLY ASH AND BOTTOM ASH
FROM COAL COMBUSTION USING ACID METHOD
WITH NaOH AND H₂SO₄ SOLUTION**

Rahmawati, M. Asof, Mukiat

*Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya
Jl. Raya Palembang-Prabumulih Km.32, Indralaya, Sumatera Selatan, 30662, Indonesia
Telp/fax: (0711) 850137 ; E-mail: rwati9804@gmail.com*

ABSTRACT

Fuel oil has pushed the industry to turn to coal as an energy source, one example is the Steam Power Plant Industry. the residual of the coal combustion will produce fly ash and bottom ash, one coal combustion process can produce about 80% fly ash and the rest is the bottom ash which is 20%. Where the waste is B3 waste (toxic and dangerous material), the main components of fly ash and bottom ash from power plants are silica (SiO₂), alumina (Al₂O₃) and iron oxide (Fe₂O₃), the rest are carbon, calcium, magnesium and sulfur. Silica is one of the components in coal combustion ash. Where silica itself is widely used in refining vegetable oils, pharmaceutical products, detergent. Manufacture of paints, rubber and ceramics. Therefore it is necessary to examine silica from fly ash and bottom ash waste, the examination is done by extracting fly ash and bottom ash waste by the acidic method using NaOH solution. Then do the testing of variations in the concentration of H₂SO₄ solution, namely 4N, 6N, 8N and 10N so that it can be seen which concentration produces silica with high purity, then the characteristics of silica will be examined with XRF. With extraction using the silica acid method obtained 92% fly ash at a concentration of 6N and 50,23% bottom ash at a concentration of 6N. characteristic test on XRF silica shows fly ash extraction produced 68,46% silica content and on bottom ash extraction its containing silica at 87,82%.

Keywords: fly ash, bottom ash, acid method, XRF test.

Pembimbing I,



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

Pembimbing II,



Ir. Mukiat, M.S.
NIP. 195811221986021002

**Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Pertambangan**



13/11/2014 **Dr. Hj. Rr. Harminuke E.H., S.T., M.T.**
NIP. 196902091997032001

DAFTAR ISI

	<i>Halaman</i>
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN INTEGRASI.....	iv
RIWAYAT HIDUP	v
HALAMAN PERSEMBAHAN	vi
KATA PENGANTAR	vii
RINGKASAN	viii
SUMMARY	x
DAFTAR ISI.....	xii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR TABEL.....	xv
DAFTAR GRAFIK.....	xvi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvii
BAB I. PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Tujuan Penelitian.....	2
1.4. Ruang Lingkup	2
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Penelitian Terdahulu.....	4
2.2. Silika Hasil Ekstraksi Larutan NaOH dan Titrasi Larutan H ₂ SO ₄ Pada Limbah Fly Ash dan Bottom Ash	5
2.2.1. Batubara	5
2.2.2. Fluidized Bed System	5
2.2.3. Abu Terbang Batubara (Fly Ash)	6
2.2.4. Bottom Ash.....	6
2.2.5. Silika (SiO ₂).....	7
2.2.6. Ekstraksi	9
2.2.7. Ekstraksi Padat-Cair	10
2.2.8. Gravimetri.....	11
2.2.9. Keadaan Lewat Jenuh Dalam Pembentukan Endapan	12
2.3. Karakteristik Silika Hasil Ekstraksi Limbah Fly Ash dan Bottom Ash .	13
2.3.1. XRF	14
2.2.7. Kemurnian	19
BAB III. METODE PENELITIAN	
3.1. Waktu dan Tempat	21
3.2. Tahapan Penelitian	22
3.2.1. Pengambilan Sampel Limbah Fly Ash dan Bottom Ash.....	22
3.2.2. Preparasi Sampel Fly Ash dan Bottom Ash	23
3.2.3. Proses Ekstraksi Fly Ash dan Bottom Ash.....	23

3.2.4. Proses Titration Fly Ash dan Bottom Ash Hasil Ekstraksi	24
3.2.5. Pengujian Sampel Silika Menggunakan XRF	25
3.3. Perancangan Penelitian	25
3.3.1. Pendekatan Penelitian	25
3.3.2. Bahan dan Peralatan	25
3.3.2.1. Bahan	25
3.3.2.2. Peralatan	25
3.3.3. Jenis dan Sumber Data	26
3.3.4. Metode Pengolahan dan Analisis Data	27
3.3.5. Pengujian Sampel Silika Menggunakan XRF	27
3.4. Bagan Alir Penelitian	27
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1. Analisis Silika Dari Hasil Ekstraksi Larutan NaOH dan Larutan H ₂ SO ₄	29
4.1.1. Proses Ekstraksi FA dan BA dengan Larutan NaOH 3N	29
4.1.2. Proses Titration FA dan BA dengan Larutan H ₂ SO ₄	31
4.2. Karakteristik Silika Hasil Ekstraksi Fly Ash dan Bottom Ash	36
BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1. Kesimpulan	38
5.2. Saran	38
DAFTAR PUSTAKA	

DAFTAR GAMBAR

	<i>Halaman</i>
2.1. Elektron Tereksitasi Keluar (2) Pengisian Kekosongan Elektron (3) Pelepasan Energi (4) Proses Analisis Data	16
2.2. Terbentuknya K-alpha dan K-Beta	17
2.3. Prinsip kerja alat <i>X-Ray Fluoresence</i> (XRF)	18
2.4. Kandungan unsur-unsur pada tingkat energi tertentu.....	19
3.1. Peta kesampaian PT BEST Tanjung Enim	22
3.2. Bagan Alir Penelitian	28
4.1. Reaksi Polimerisasi Asam Silikat.....	32
4.2. Proses Pembentukan Alkogel	33

DAFTAR TABEL

	<i>Halaman</i>
3.1. Jadwal Penelitian	21
4.1. Hasil Titrasi Sampel Fly Ash	33
4.2. Hasil Titrasi Sampel Bottom Ash	34
4.3. Data Silika Sampel Fly dan Bottom Ash Sebelum Pencucian	34
4.4. Data Silika Sampel Fly dan Bottom Ash Setelah Pencucian	35

DAFTAR GRAFIK

	<i>Halaman</i>
4.1. Hasil Recovery Silika Sampel Fly Ash dan Bottom Ash	33
4.2. Peningkatan unsur nanosilika pada fly ash dan bottom ash	35

DAFTAR LAMPIRAN

	<i>Halaman</i>
A. Tahapan penelitian abu batubara.....	41
B. Data awal fly ash da bottom ash dari PLTU PT BEST	44
C. Data hasil uji XRF pada fly ash dan bottom ash	46

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Kenaikan bahan bakar minyak telah mendorong banyak industri beralih ke batubara sebagai sumber energi. Salah satu contoh industri yang menggunakan batubara sebagai bahan bakar adalah PLTU (Pembangkit Listrik Tenaga Uap). Penggunaan batubara sebagai sumber energi menjadi pilihan yang paling diminati oleh para pengusaha dengan alasan lebih menghemat biaya operasional dan ketersediaannya di Indonesia juga cukup melimpah. Sisa hasil pembakaran batubara akan menghasilkan limbah yang salah satunya berupa fly ash (abu terbang) dan bottom ash (abu dasar) (Kartika, 2010). Fly Ash adalah abu yang dihasilkan dari transformasi, pelelehan atau gasifikasi dari material anorganik yang terkandung dalam batubara. Pada satu proses pembakaran batubara dihasilkan fly ash sekitar 80% dan sisanya merupakan bottom ash yaitu sekitar 20%.

Limbah tersebut dapat disimpan oleh industri dengan syarat- syarat yang berlaku pada PERMEN No. P.12/MENLHK/SETJEN/PLB.3/5/2020 yang membahas tentang penyimpanan limbah B3 ,dan pada pasal 1 ayat (1) menjelaskan bahwa “ B3 adalah zat, energi, dan atau komponen lain yang bersifat, konsentrasi, dan atau jumlah, baik secara langsung maupun tidak langsung, dapat mencemarkan dan merusak lingkungan hidup dan atau membahayakan lingkungan hidup, kesehatan, serta kelangsungan hidup manusia dan makhluk hidup lain” . Sementara menurut peraturan (PP No. 101 tahun 2014), limbah fly ash maupun bottom ash dapat dikategorikan sebagai limbah B3 (bahan beracun dan berbahaya). Komponen utama dari fly ash batubara yang berasal dari pembangkit listrik adalah silika (SiO_2), alumina (Al_2O_3), dan besi oksida (Fe_2O_3), sisanya adalah karbon, kalsium, magnesium, dan belerang. Banyaknya industri yang menggunakan batubara sebagai bahan bakar meninggalkan sejumlah permasalahan serius karena fly ash yang dihasilkan mengandung logam-logam berat yang signifikan jumlahnya. Pada UU No. 3 tahun 2020 pada pasal 172D

yang pemegang IUP atau IUPK melakukan peningkatan nilai tambah Mineral logam atau Batubara secara teintegrasi. Pelepasan abu sisa pembakaran baik berupa fly ash maupun bottom ash akan berdampak buruk bagi lingkungan sehingga perlu adanya pengelolaan untuk mengatasi dampak tersebut salah satunya dengan memanfaatkan limbah menjadi material baru yang mempunyai nilai ekonomis (Suprpto, 2009).

Silika merupakan salah satu komponen fly ash yang yang paling dominan jumlahnya yaitu sekitar 30-36%. Silika banyak digunakan dalam penyulingan minyak sayur, produk farmasi, deterjen, bahan perekat, kromatografi kolom kemasan, dan keramik (Brinker dan Scherer, 1990; Iler, 1979; Proctor et al, 1995).

Mengingat begitu banyak manfaat yang dapat diambil dari unsur silika, maka pada penelitian kali ini akan dilakukan ekstraksi silika menggunakan metode yang telah dilakukan sebelumnya oleh Kamisah D Pandiangan, dkk (2008) dengan sampel yang berbeda yaitu fly ash dan variabel yang akan diteliti yaitu konsentrasi NaOH dan waktu ekstraksi. Selanjutnya silika yang dihasilkan dari ekstraksi akan dihitung kadarnya dengan menggunakan metode gravimetric

1.2. Rumusan Masalah

Permasalahan yang diangkat dalam penelitian ini antara lain:

1. Bagaimana hasil silika yang memiliki recovery tinggi dari ekstraksi larutan NaOH dan di titrasi larutan H_2SO_4 pada limbah padat fly ash dan battom ash?
- 2.. Bagaimana analisis karakteristik silika hasil ekstraksi pada limbah padat fly ash dan battom ash?

1.3. Tujuan Penulisan

Tujuan penulisan laporan ini adalah sebagai berikut :

1. Menganalisa silika yang memiliki recovery tinggi dari hasil ekstraksi larutan NaOH dan di titrasi larutan H_2SO_4 dari limbah fly ash dan bottom ash.
2. Menganalisa karakteristik silika hasil ekstraksi pada limbah padat fly ash dan battom.

1.4. Ruang Lingkup

Penelitian ini berfokus pada analisis ekstraksi dan karakteristik silika pada limbah padat fly ash dan bottom ash yang diuji dengan alat XRF. Penelitian ini akan membahas mengenai analisis ekstraksi silika yang menggunakan metode asam dengan larutan NaOH dan H₂SO₄ dimana H₂SO₄ dengan konsentrasinya yaitu 10N, 8N, 6N dan 4N sehingga menghasilkan data berupa karakteristik silika tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- Bakri, Ridla 2008. *Kaolin sebagai sumber SiO_2 untuk pembuatan katalis Ni/SiO_2 : karakterisasi dan uji katalis pada hidrogenasi benzena menjadi siklo heksana*. *Jurnal sains*, vol 12 no.1 (37-42)
- Cotton dan Wilkinson.1989. *Kimia Anorganik Dasar. Terjemahan Sahati Sunarto dari Basic Inorganic Chemistry (1976)*. Jakarta: Penerbit Universitas Indonesia Press.
- Fatriansyah Jaka Fajar, 2018. *Ekstraksi Silika Dari Sekam Padi: Metode Refluks Dengan NaOH Dan Pengendapan Menggunakan Asam Kuat HCL Dan Asam Lemah (CH_3COOH)*.
- Ginting, Erika Sempana. 2018. *Pengaruh Konsentrasi NaOH Pada Ekstrak Nano Silika Berbasis Batu Apung*. Lampung:Jurusan FMIPAUniversitas Lampung.
- Jamaluddin, dkk. (2016). *Analisis Kandungan Logam OksidaMenggunakan Metode XRF (X-Ray Flourescence)*. *Jurnal Geofisika FMIPA Universitas Hasanuddin*. <http://repositor.umhas.ac.id/handle/123456789/17783>. Di akses tanggal 29 Desember 2019.
- Keenan,C.W.,Kleinfelter,D.C.,dan Wood,J.H. 1992. *Ilmu Kimia Untuk Universitas. Edisi keenam. Jilid 2*. Jakarta: Penerbit Erlangga
- Lucas, Howard J, David Pressman. 1949. *Principles and Practice In Organic Chemistry*. New York: John Wiley and Sons, Inc.
- Masramdhani, Adi. 2011. *Silikon dioksida (Silicon dioxide)*. Blog (<http://adimasramdhani.wordpress.com/2011/03/13/silikon-dioksida-silicondioxide/>). diakses pada tanggal 12 Desember 2019.
- Masrukan dan Rosika K, (2008). *Perbandingan Analisis Bahan U-Zr Dengan Menggunakan Teknik XRF dan SSZ*. *Jurnal Ilmiah Daur Bahan Bakar Nuklir "Urania"*, Vol 14 No 1 Januari 2008. Halaman 17-25. ISSN 0852-4777. Akeditas No. 71/Akreditasi LIPI/P2MBI/5/2007.
- Nck, Mheea. 2010. *Pemanfaatan Abu Batubara. Seputar Informasi tentang Tambang*. www.pemanfaatan-abu-batubara.html diakses pada tanggal 30 Desember 2020..
- Retnosari, Agustin. 2013. *Ekstraksi Dan Penentuan Kadar Silika (SiO_2) Hasil Ekstraksi Dari Batu Terbang (Fly Ash) Batuara*. Jember: Jurusan FMIPA Universitas Jember.

- Setyawan, Ary dkk. 2009. *Rekayasa Unit Pengolah Limbah Batubara dan Pemanfaatannya sebagai Pengganti Semen pada Pembuatan Bahan Bangunan guna Mengendalikan Pencemaran Lingkungan. Jurnal Sains.*
- Sholikha, Ismiati. 2010. *Sintesis Dan Karakteristik Ilika Gel Dari Limbah Abu Sekam Padi (Oryza Sativa) Dengan Variasi Konsentrasi. Pengasaman. Yogyakarta: FMIPA Universitas Negri Yogyakarta.*
- Suci Faradina Choria. 2012. *Pemanfaatan Abu Layang Batubara (Fly Ash) Teraktivasi Sebagai Adsorben Ion Logam Pb²⁺. Surabaya: Fakultas Sains Dan Teknologi Universitas Airlangga.*
- Sudarmadji, S., Haryono, B., Suhardi. 1996. *Analisa Bahan Makanan dan Pertanian. 145 Liberti. Yogyakarta.*
- Sumantry, T (2002). *Aplikasi XRF Untuk Identifikasi Lempung Pada Kegiatan Penyimpanan Lestari Limbah Radioaktif. Prosiding Seminar Nasional Teknologi Pengolahan Limbah VII. Pusat Teknologi Limbah Radioaktif-BATAN. ISSN 1410-6086.*
- Tucker, M. & Hardy R. (1991) *Techniques In Sedimentology.* Edited By Mauricee Tucker. Blackwell Scientific Pub: London.
- Ubay, bey. 2011. *Ekstraksi padat-cair.* www.ekstraksi-padat-cair.html diakses pada tanggal 30 Desember 2019.
- Underwood. 1986. *Analisis Kimia Kuantitatif.* Jakarta: Penerbit Erlangga
- Wibawa, Indra. 2012. *Ekstraksi Cair-Cair.* Lampung: Teknik Kimia Universitas Lampung
- Wilson I D, Michael C, Colin F P, Edward R A. 2000. *Encyclopedia of Separation Science. Academic Press. 118-119*