

**STUDI KARAKTERISTIK ABU TERBANG (*FLY ASH*)
SEBAGAI ADSORBEN**

TUGAS AKHIR

**Karya tulis sebagai salah satu syarat
untuk memperoleh gelar Sarjana dari
Universitas Fajar**

Oleh :

Nama : Alfiani

NIM : 1320422015



**PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS FAJAR
2017**

HALAMAN PENGESAHAN

**STUDI KARAKTERISTIK ABU TERBANG (FLY ASH)
SEBAGAI ADSORBEN**

Oleh
ALFIANI JUFRI
1320422013

Menyetujui
Tim Pembimbing
Tanggal, 24 AGUSTUS.....2017

Pembimbing I

Ratna Surya Alwi, Ph.D
NIDN : 0923037501

Pembimbing II

A. Sry Iryani, S.T., M.T
NIDN : 0906128002

Mengetahui

Dekan



Prof. Dr. Ir. Andani Achmad, MT
NIDN : 0531126002

Ketua Program Studi



A. Sry Iryani, S.T., M.T
NIDN : 0906128002
PRODI TEKNIK KIMIA

LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS

Penulis dengan ini menyatakan bahwa Laporan Hasil Penelitian :
"Studi Karakteristik Abu Terbang (*Fly Ash*) Sebagai Adsorben" adalah karya
orisinal saya dan seluruh sumber acuan telah ditulis sesuai dengan Panduan
Penulisan Ilmiah yang berlaku di Fakultas Teknik Universitas Fajar.

Makassar, September 2017

Yang Menyatakan,



Alfani

ABSTRAK

Studi Karakteristik Abu Terbang (*Fly Ash*) sebagai Adsorben. Batubara merupakan salah satu sumber energi alternatif disamping minyak dan gas bumi. Penggunaan batubara menghasilkan limbah yang dapat mencemari lingkungan yaitu limbah gas dan limbah padat. Limbah padat tersebut berupa abu, yaitu abu terbang (*fly ash*) dan abu dasar (*bottom ash*). Bentuk pemanfaatan dari limbah *fly ash* adalah dengan mengubahnya menjadi adsorben. Sebagai adsorben, *fly ash* digunakan dalam pengelolaan limbah gas ataupun cair dan mampu menyerap logam - logam berat yang terkandung dalam limbah. *Fly ash* batubara yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari *fly ash* silo PT. Indonesia Power UJP PLTU yang terletak di Kabupaten Barru , Sulawesi Selatan. Hasil analisis XRF *fly ash* PT. Indonesia Power UJP PLTU mengandung komposisi CaO sebesar 12,06 %, SiO₂ 35,67 %, Al₂O₃ 20,4 %, dan Fe₂O₃ 19,60 %. Berdasarkan American National Standards yang diterbitkan oleh the American Society for Testing and Materials (ASTM) C 618, sesuai komposisi *fly ash* dari PT. Indonesia Power UJP PLTU dapat digolongkan dalam tipe F. Pada hasil XRF. memungkinkan *fly ash* dapat digunakan sebagai adsorben karena komposisi SiO₂ dan Al₂O₃ cukup besar yaitu SiO₂ 35,67 % dan Al₂O₃ 20,44 %.

Kata Kunci : Adsorben, Batubara, *Fly Ash*, Karakteristik.

ABSTRACT

Characteristic study of fly ash as adsorbent. Coal is one of the alternative energy sources besides oil and gas. The use of coal produces waste that can pollute the environment, namely the waste gas and waste solid. The solid waste in the form of ash, namely fly ash and bottom ash. A form utilization of waste fly ash is to turn it into an adsorbent. As adsorbent, fly ash is used in the management of the waste gas or liquid and is able to absorb heavy metals contained in the waste. Fly ash of coal used in this study are derived from fly ash silo PT Indonesia Power UJP PLTU located in Barru District, South Sulawesi. XRF analysis of fly ash results that PT. Indonesia Power UJP PLTU contains CaO 12,6 %, SiO₂ 35,67 %, Al₂O₃ 20,4 %, and Fe₂O₃. Based on American National Standards published by the American Society for Testing and Materials (ASTM) C 618, according the composition of fly ash from PT Indonesia Power UJP PLTU can be classified in type F. The results of XRF Allowing fly ash to be used as an adsorbent since the composition of SiO₂ and Al₂O₃ is large enough that is SiO₂ 35.67 % and Al₂O₃ 20.44 %.

Keywords : Adsorbent, Coal, *Fly Ash*, Characteristic.

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan kasih dan sayang-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “**Studi Karakteristik Abu Terbang (*Fly Ash*) sebagai Adsorben**”.

Maksud dari penyusunan skripsi ini adalah untuk memenuhi salah satu syarat dalam memperoleh gelar Sarjana pada Fakultas Teknik Program Studi Teknik Kimia di Universitas Fajar. Dalam penyusunan skripsi ini, banyak pihak yang sangat membantu penulis dalam berbagai hal. Oleh karena itu, penulis sampaikan rasa terima kasih yang sedalam-dalamnya kepada :

1. Ibu Ratna Surya Alwi, ST., M.Si., Ph.D. Selaku pembimbing I.
2. Ibu A. Sry Iryani, ST., MT. Selaku pembimbing II dan selaku ketua Program Studi Teknik Kimia.
3. Seluruh dosen Program Studi Teknik Kimia.
4. Seluruh keluarga yang telah sangat banyak memberikan doa dan dukungannya kepada penulis baik secara moril maupun materil sehingga skripsi ini dapat diselesaikan penulis.
5. Semua pihak yang telah banyak membantu dalam penyusunan skripsi ini.

Makassar, September 2017

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN SAMPUL	
LEMBAR PERSETUJUAN SEMINAR.....	i
LEMBAR PERSETUJUAN ORISINALITAS	ii
ABSTRAK	iii
ABSTRACT	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR TABEL.....	vii
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR SINGKATAN DAN SIMBOL.....	ix
DAFTAR LAMPIRAN	x
BAB I PENDAHULUAN	1
I.1 Latar Belakang.....	1
I.2 Tujuan Penelitian	2
I.3 Rumusan Masalah.....	2
I.4 Batasan Masalah	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	3
II.1 Fly Ash	3
II.2 Aktivasi Fly Ash Batubara	6
II.3 Adsorpsi.....	7
BAB III METODE PENELITIAN.....	13
III.1 Waktu dan Lokasi Penelitian	13
III.2 Alat dan Bahan Penelitian	13
III.3 Pelaksanaan Penelitian	13
III.4 Bagan Alur Penelitian	14
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	16
IV.1 Persiapan dan Karakteristik Fly Ash Batubara	16
IV.2 Proses Aktivasi Fly Ash Batubara	17
BAB V PENUTUP.....	20
V.1 Kesimpulan.....	20
V.2 Saran.....	20
DAFTAR PUSTAKA	21

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel II.1 Sifat Fisik Fly Ash Batubara	4
Tabel II.2 Komposisi Kimia Fly Ash Batubara	5
Tabel II.3 Perbedaan Antara Adsorpsi Fisika dan Adsorpsi Kimia.....	9
Tabel IV.1 Komposisi Kimia Fly Ash UJP PLTU BARRU	16
Tabel IV. 2 Tabel Klasifikasi Fly Ash	17

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar II.1 Reaksi Aktivasi Abu Layang dengan Alkali Hidroksida & Air .	6
Gambar III.1 Bagan Alur Penelitian	14
Gambar IV.1 Grafik Komposisi Kimia Fly Ash UJP PLTU BARRU.....	16

DAFTAR SINGKATAN DAN SIMBOL

SINGKATAN	Nama	Pemakaian pertama kali pada halaman
B3	Bahan Berbahaya dan Beracun	1
ACI	American Concrete Institute	3
ASTM	American Society for Testing and Materials	4
SiO ₂	Silikon Oksida	4
Al ₂ O ₃	Aluminium Oksida	4
TiO ₂	Titanium Oksida	4
Fe ₂ O ₃	Ferri Oksida	4
CaO	Kalsium Oksida	4
MgO	Magnesium Oksida	4
Na ₂ O	Natrium Oksida	4
K ₂ O	Kalium Oksida	4
SO ₃	Sulfur Oksida	5
LOI	Loss On Ignition	5
KOH	Kalium Hidroksida	6
NaOH	Natrium Hidroksida	6
H ⁺	Hidrogen	11
XRF	X – Ray Flourescence	12
mL	Mililiter	13
NaCl	Natrium Klorida	13
MnO	Mangan Oksida	16
CoO	Kobalt Oksida	16
SrO	Strontium Oksida	16
ZrO ₂	Zirkonium Oksida	16
BaO	Barium Oksida	16
Pr ₆ O ₁₁	Praseodymium Oksida	16
 SIMBOL		
%	Persen Kadar	13
±	Kurang Lebih	13
°C	Derajat Celcius	14

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran A Dokumentasi Proses Penelitian.....	A-1

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Batubara merupakan salah satu sumber energi alternatif disamping minyak dan gas bumi. Khususnya di Indonesia yang memiliki sumber batubara yang sangat melimpah, batubara menjadi sumber energi alternatif yang potensial. Di samping potensinya sebagai sumber energi alternatif yang relatif murah, penggunaan batubara ini menghasilkan limbah yang dapat mencemari lingkungan yaitu limbah gas dan limbah padat. Limbah padat tersebut berupa abu, yaitu abu terbang (*fly ash*) dan abu dasar (*bottom ash*) (Setiaka, Juniawan, Ita Ulfin, Nurul Widiastuti, 2011).

Fly ash batubara merupakan limbah buangan yang biasanya dilepaskan begitu saja di udara tanpa adanya pengendalian khusus untuk melepaskan *fly ash* ke udara. Padahal *fly ash* batubara merupakan salah satu jenis limbah B3, sehingga sangat berbahaya jika mencemari udara sekitar. Fly ash umumnya disimpan sementara pada pembangkit listrik tenaga batubara, dan akhirnya dibuang di landfill (tempat pembuangan). Penumpukan *fly ash* batubara ini menimbulkan masalah bagi lingkungan, yaitu mencemari lingkungan udara maupun lingkungan tanah (Jumaeri,dkk, 2007).

Selama ini, berbagai pemanfaatan dari *fly ash* dengan mengetahui unsur dan mineralnya adalah sebagai bahan mentah (*raw material*) untuk produksi semen dan bahan konstruksi (Ahmaruzzaman, M., 2009). Bentuk pemanfaatan dari limbah *fly ash* adalah dengan mengubahnya menjadi adsorben. Sebagai adsorben, *fly ash* memiliki keuntungan yaitu harganya yang ekonomis dan baik digunakan dalam pengelolaan limbah gas ataupun cair, serta mampu menyerap logam - logam berat yang terkandung dalam limbah (Mohan, S & R., Gandhimathi, 2009).

I.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian ini yaitu :

1. Bagaimana karakteristik *fly ash* ?
2. Termasuk jenis apa *fly ash* dari PT. Indonesia Power UJP PLTU Barru ?
3. Apakah *fly ash* dari PT. Indonesia Power UJP PLTU Barru dapat dijadikan sebagai adsorben ?

I.3 Tujuan Penelitian

Dari uraian rumusan masalah diatas, maka tujuan penelitian ini yaitu :

1. Untuk mengetahui karakteristik *fly ash*.
2. Untuk mengetahui jenis *fly ash* dari PT. Indonesia Power UJP PLTU Barru.
3. Untuk mengetahui apakah *fly ash* dari PT. Indonesia Power UJP PLTU Barru dapat dijadikan adsorben.

I.4 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini yaitu mengolah *fly ash* sebagai limbah batubara dari PT. Indonesia Power UJP PLTU Barru menjadi adsorben dan penelitian ini fokus pada karakteristik dari *fly ash*.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

II.1 Fly Ash

Fly ash batubara adalah limbah industri yang dihasilkan dari pembakaran batubara dan terdiri dari partikel halus. *Fly ash* batubara umumnya dibuang di *landfill* atau ditumpuk begitu saja di dalam area industri seperti pada sektor pembangkit listrik. Penumpukkan *fly ash* batubara ini menimbulkan masalah bagi lingkungan. Produksi *fly ash* batubara didunia pada tahun 2000 diperkirakan berjumlah 349 milyar ton (Wang dkk, 2006). Sementara produksi *fly ash* dari pembangkit listrik di Indonesia terus meningkat, pada tahun 2000 jumlahnya mencapai 1,66 milyar ton dan diperkirakan mencapai 2 milyar ton pada tahun 2006 (Indonesia Power, 2002).

Fly ash batubara memiliki berbagai kegunaan yang amat beragam yaitu sebagai penyusun beton untuk jalan dan bendungan, penimbun lahan bekas pertambangan, recovery magnetit, *cenosphere*, dan karbon, bahan baku keramik, gelas, batu bata, dan refraktori, bahan penggosok /polisher, filler aspal, plastik, dan kertas, pengganti dan bahan baku semen, aditif dalam pengolahan limbah (*waste stabilization*), konversi menjadi zeolit dan adsorben (Wang dkk, 2006).

Beberapa sifat fisik dan sifat kimia dari *fly ash*, antara lain:

II.1.1. Sifat Fisik

Sifat fisik *fly ash* menurut ACI (1992) adalah ukuran partikelnya dari 1 μm - 1 mm, *specific gravity* dari 2,2 - 2,8 persentasi kehalusan tertahan ayakan 0,074 mm, 0,045 mm dan sampai ke dasar berturut-turut adalah 3,5%, 19,3% dan 77,2%.

Sifat fisik *fly ash* batubara berdasarkan bentuk, warna, ukuran, tampilan, kerapatan dan luas area spesifikasi dapat dilihat ada Tabel II.1.

Tabel II.1. Sifat Fisik *Fly Ash* Batubara

Bentuk	Berbentuk bola padat dan berongga
Warna	Berwarna keabu abuan
Ukuran	1-100 μm
Tampilan	Sangat halus
Kerapatan	2100 sampai 3000 kg/m^3
Luas area spesifikasi	170 sampai 1000 m^2/kg

(Sukandarrumidi,2009)

II.1.2. Sifat Kimia

Menurut Sukandarrumidi (2009), komposisi unsur-unsur kimia utama dari *fly ash* dibedakan menjadi tiga kelompok sebagai berikut.

- a) Oksida logam asam antara lain : SiO_2 , Al_2O_3 , TiO_2
- b) Oksida logam basa antara lain : Fe_2O_3 , CaO , MgO , K_2O , dan Na_2O
- c) Unsur-unsur lain seperti P_2O_5 , SO_3 , sisa karbon dan beberapa unsur lain

Adapun secara kimia unsur utama penyusun *fly ash* adalah Si, Al, Fe, serta Ca, K, Na, dan Ti dalam prosentase yang cukup. Oleh karena itu, *fly ash* disebut sebagai bahan amorf ferroaluminio silikat. Selain komponen utama tersebut, *fly ash* juga mengandung unsur-unsur lain yaitu Sb, Be, Cu, U, Ge dan sebagainya (Muchjidin, 2006).

Sifat kimia dari *fly ash* dipengaruhi oleh teknik pembakaran batubara, penanganan serta penyimpanannya. Menurut Sukandarrumidi (2009), berdasarkan adanya perbedaan komposisi kimia yakni kandungan kalsium oksidanya (CaO), maka *fly ash* dibedakan menjadi 2 tipe, antara lain :

- a) Tipe C

Menurut ASTM C 618 *fly ash* ini mengandung CaO lebih dari 10% dari beratnya. Senyawa lain yang terkandung didalamnya adalah SiO_2 sebanyak 30 - 50%, Al_2O_3 sebanyak 17 - 20%, Fe_2O_3 ,

MgO, Na₂O dan sedikit K₂O. Mempunyai *specific gravity* 2,31 - 2,86. *Fly ash* tipe C biasanya didapat dari pembakaran lignite atau sub-bituminous batubara.

b) Tipe F

Menurut ASTM C 618 *fly ash* ini mengandung CaO kurang dari 10% dari beratnya. Senyawa yang terkandung didalamnya adalah SiO₂ sebanyak 45 - 60%, Al₂O₃ sebanyak 20 - 28%, Fe₂O₃, MgO, K₂O dan sedikit Na₂O. Mempunyai *specific gravity* antara 2,15 - 2,45. *Fly ash* tipe F didapat dari pembakaran anthracite atau bituminous batubara.

Di samping itu *fly ash* tipe C mempunyai kandungan alkali dan sulfat yang lebih tinggi dibandingkan *fly ash* tipe F. Tabel II.2 menunjukkan komposisi kimia *fly ash* dari berbagai jenis batubara.

Tabel II.2. Komposisi Kimia *Fly Ash* Batubara

Komposisi	Bituminous	Subbituminous	Lignite
SiO ₂	20 – 60 %	40 – 60 %	15 – 45 %
Al ₂ O ₃	5 – 35 %	20 – 30 %	10 – 25 %
Fe ₂ O ₃	10 – 40 %	4 – 10 %	4 – 15 %
CaO	1 – 12 %	5 – 30 %	15 – 40 %
MgO	0 – 5 %	1 – 6 %	3 – 10 %
SO ₃	0 – 4 %	0 – 2 %	0 – 10 %
Na ₂ O	0 – 4 %	0 – 2 %	0 – 6 %
K ₂ O	0 – 3 %	0 – 4 %	0 – 4 %
LOI	0 – 15 %	0 – 3 %	0 – 5 %

(Sukandarrumidi, 2009)

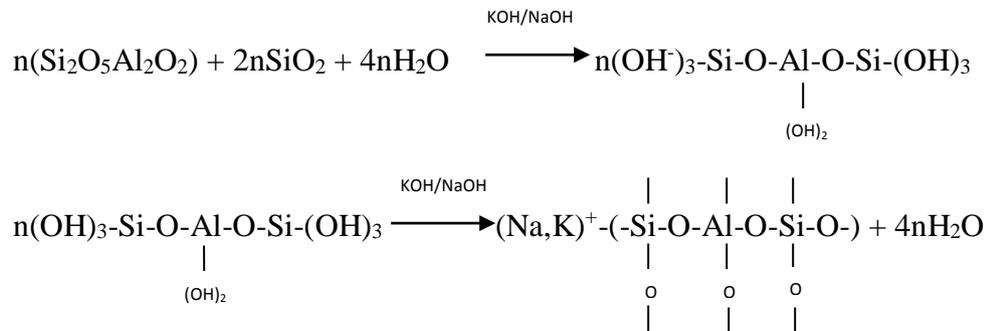
Secara umum adsorpsi merupakan suatu proses molekul meninggalkan larutan dan menempel pada permukaan zat adsorben akibat kimia dan fisika (Reynold,1982).

Proses adsorpsi tergantung pada sifat zat padat yang sifat kimia dari *fly ash* batubara dipengaruhi oleh jenis batubara yang dibakar dan teknik penyimpanan serta penanganannya. Pembakaran

batubara lignit dan sub-bituminous menghasilkan *fly ash* dengan kalsium dan magnesium oksida lebih banyak dari pada bituminus.

II.2 Aktivasi Fly Ash Batubara

Aktivasi *fly ash* batubara dapat dilakukan dengan menambahkan senyawa-senyawa yang mampu menghasilkan suatu ikatan polimer yang kuat. Berbagai upaya untuk mengaktifkan *fly ash* telah banyak dilakukan oleh beberapa peneliti. Dalam penelitian yang dilakukan oleh Davidovits (1994) yang dikutip dalam Irani (2009), mengusulkan bahwa larutan alkali dapat digunakan untuk bereaksi dengan Si dan Al dalam sumber material geologi alam atau produk samping seperti *fly ash* untuk menghasilkan binder. Larutan alkali yang digunakan adalah larutan natrium dan kalium. Davidovits (1994) merumuskan reaksi aktivasi abu layang (Gambar II.1) yang sebagian besar tersusun atas oksida silika dan alumina dengan menggunakan NaOH atau KOH. Dari gambar tersebut dapat dilihat bahwa tahapan aktivasi akan menghasilkan gugus ikatan hidroksida (-OH) yang lebih lanjut akan menghasilkan gugus ikatan alkalioksida (-ONa/-OK) bila dilakukan penambahan konsentrasi NaOH/KOH dengan jumlah berlebih.



Gambar II.1. Reaksi Aktivasi *Fly Ash* dengan Alkali Hidroksida dan Air

Penelitian yang lain untuk mengaktifasi *fly ash* dilakukan oleh Irani (2009), yaitu memodifikasi *fly ash* dengan cara mencampurkan *fly ash* ke dalam NaOH dengan variasi konsentrasi 0M, 1M, 2M, dan 3M. Berdasarkan penelitian tersebut didapatkan bahwa peningkatan konsentrasi NaOH

mampu membentuk ikatan yang lebih padat, meskipun ikatan yang dihasilkan kurang kuat.

II.3 Adsorpsi

Adsorpsi adalah proses pengumpulan substansi yang ada dalam larutan oleh permukaan zat atau benda penyerap dimana terjadi suatu ikatan kimia atau fisika antara substansi dengan zat penyerap. Adsorpsi terjadi karena molekul – molekul pada permukaan zat padat atau zat cair yang memiliki gaya tarik dalam keadaan tidak setimbang, yang cenderung tertarik kearah dalam atau gaya kohesi adsorben lebih besar dari pada gaya adhesinya. Ketidakseimbangan gaya tarik tersebut mengakibatkan zat padat yang digunakan sebagai adsorben cenderung menarik zat-zat lain yang bersentuhan dengan permukaannya (Alberty, 1990).

Adsorpsi isothermal adalah proses adsorpsi yang terjadi pada suhu konstan. Sifat khas adsorben mempengaruhi jumlah atau banyaknya zat yang teradsorpsi. Banyaknya molekul yang teradsorpsi merupakan fungsi tekanan jika adsorbatnya berupa gas, dan merupakan fungsi konsentrasi dan temperatur jika adsorbatnya berupa larutan (Alberty, 1990).

II.3.1. Klarifikasi Adsorpsi

Secara umum tipe adsorpsi berdasarkan gaya interaksi antara permukaan adsorben dengan adsorbat, diklasifikasikan menjadi dua bagian, yaitu adsorpsi fisika (*physisorption*) dan adsorpsi kimia (*chemisorption*). Adapun klasifikasi adsorpsi tersebut akan dibahas di bawah ini.

II.3.1.1. Adsorpsi Fisika

Adsorpsi fisika merupakan adsorpsi yang terjadi bila gaya intermolekular lebih besar dari gaya tarik antar molekul atau gaya tarik menarik yang relatif lemah antara adsorbat dengan permukaan adsorben. Ketika permukaan adsorben sudah tertutupi adsorbat, adsorbat tidak

hanya terserap pada lapisan atas atau tunggal pada permukaan adsorben. Hal ini dikarenakan ikatan fisika yang relatif lemah, sehingga jika terjadi peningkatan temperatur dan konsentrasi, adsorpsi adsorbat pada adsorben juga akan meningkat dengan membentuk lapisan pertama, kedua, dan seterusnya menghasilkan lapisan multilayer (Alberty, 1990).

Menurut Eckenfelder (1981), interaksi secara fisik antara molekul-molekul adsorbat dengan permukaan adsorben yang terjadi antara lain :

1. Gaya Van der Waals, yang dihasilkan akibat adanya interaksi dipol-dipol pada jarak pendek.
2. Gaya elektrostatis, terjadi akibat adanya tarik-menarik elektrostatis antara ion-ion yang disebabkan oleh muatan elektrik permukaan.
3. Reaksi koordinasi, terjadi bila suatu ligan menyumbangkan pasangan elektron pada logam lain. Akibatnya terjadi ikatan koordinasi dan terbentuknya senyawa kompleks.
4. Ikatan hidrogen, terjadi akibat adanya interaksi dipol-dipol antara atom hidrogen dengan atom yang memiliki keelektronegatifan kuat seperti N, O, dan F.

II.3.1.2. Adsorpsi Kimia

Adsorpsi kimia merupakan adsorpsi yang terjadi karena adanya reaksi antara molekul-molekul adsorbat dengan permukaan adsorben dan terbentuknya ikatan kimia. Gaya ikat adsorpsi kimia bervariasi dan bergantung pada zat yang bereaksi. Ikatan kimia tersebut yakni ikatan hidrogen, kovalen dan ionik. Akibat adanya ikatan kimia yang cukup kuat, maka ketika permukaan adsorben sudah tertutupi oleh adsorbat, adsorbat hanya teradsorpsi pada lapisan pertama atau satu lapisan meskipun dilakukan peningkatan temperatur dan konsentrasi (Alberty, 1990).

Secara garis besar adsorpsi kimia dan adsorpsi fisika dibedakan berdasarkan beberapa parameter. Perbedaan antara kedua jenis adsorpsi tersebut terdapat dalam Tabel II.3.

Tabel II.3. Perbedaan antara Adsorpsi Fisika dan Adsorpsi Kimia

No.	Parameter	Adsorpsi Fisika	Adsorpsi Kimia
1	Adsorben	Semua jenis	Terbatas
2	Adsorbat	Semua jenis	Kecuali gas mulia
3	Jenis Ikatan	Fisika	Kimia
4	Entalpi Adsorpsi	Entalpi adsorpsi kecil	Entalpi adsorpsi cukup besar
5	Temperatur Operasi	Terjadi hanya pada temperature di bawah titik didih adsorbat	Dapat terjadi pada temperature tinggi
6	Energi Aktivasi	Kurang dari 1 kkal/g.mol	10 – 60 kkal/g.mol
7	Reversibilitas	Reaksi <i>reversible</i>	Reaksi <i>reversible</i>
8	Tebal Lapisan	Multilayer	Monolayer
9	Kecepatan Adsorpsi	Besar	Kecil
10	JumlahZat Teradsorpsi	Sebanding dengan kenaikan tekanan	Sebanding dengan adsorben yang bereaksi

(Wahyuni, 2010)

Banyak kasus adsorpsi tidak mengikuti salah satu tipe dari adsorpsi diatas, melainkan kombinasi antara dua tipe tersebut. Sedangkan adsorpsi fisika sering ditemukan pada seluruh zat, meskipun ada kemungkinan tertutupi oleh tipe adsorpsi kimia (Levine, 2002).

II.3.2. Faktor – faktor yang mempengaruhi adsorpsi

Adsorpsi dengan menggunakan sistem *batch* dipengaruhi oleh beberapa faktor, diantaranya sebagai berikut (Wahyuni, 2010).

1. Karakteristik zat yang teradsorpsi (adsorbat)

a. Ukuran molekul adsorbat

Molekul adsorbat yang dapat teradsorpsi adalah molekul adsorbat berdiameter sama atau lebih kecil dari diameter pori adsorben. Adsorpsi akan sulit terjadi jika ukuran molekul adsorbat lebih besar dari ukuran pori pada adsorben dan sebaliknya jika ukuran

pori adsorben lebih besar dari ukuran molekul adsorbat, proses adsorpsi akan mudah terjadi.

b. Polaritas molekul adsorbat

Apabila molekul adsorbat memiliki ukuran diameter yang sama dengan pori adsorben, maka molekul-molekul yang bersifat polar lebih kuat diadsorpsi daripada molekul-molekul yang kurang polar.

c. Kelarutan adsorbat

Pada umumnya adsorbat yang bersifat hidrofilik akan sulit untuk diadsorpsi dibandingkan larutan hidrofobik.

2. Karakteristik zat pengadsorpsi (adsorben)

a. Kemurnian adsorben

Untuk menghasilkan daya adsorpsi yang lebih baik, sebaiknya digunakan adsorben yang murni.

b. Luas permukaan adsorben

Proses adsorpsi terjadi pada permukaan partikel, sehingga luas permukaan adsorben akan sebanding dengan banyaknya molekul yang teradsorpsi. Ukuran adsorben akan mempengaruhi kecepatan adsorpsi, dimana kecepatan adsorpsi akan meningkat dengan ukuran partikel yang semakin kecil. Oleh karena itu, kecepatan adsorpsi adsorben berbentuk powder lebih besar dari pada berbentuk granular. Sedangkan kapasitas adsorpsi total bergantung pada luas permukaan total.

c. Ukuran pori adsorben

Adsorben akan mudah mengadsorpsi molekul adsorbat dengan diameter yang lebih kecil dari ukuran pori partikel adsorben.

3. pH

Pada pH asam menyebabkan konsentrasi ion H^+ meningkat, sehingga akan terjadi kompetisi antara ion H^+ dan ion logam untuk bertukar tempat dengan kation lain pada adsorben. Adanya kompetisi antara ion H^+ dengan ion logam tersebut dapat menyebabkan rusaknya

struktur karena adanya kompetisi pertukaran ion sehingga menyebabkan penurunan kapasitas adsorpsi terhadap ion logam. Sedangkan pada pH basa dapat menyebabkan semakin banyak logam hidroksida yang mengendap dan mengurangi ion logam dari larutan adsorbat. Selain itu, pada kondisi pH basa menyebabkan kompetisi ion H^+ sebagai kompetitor ion logam akan menurun karena larutan bersifat basa. Dengan menurunnya ion H^+ ini maka ion logam dapat teradsorpsi secara maksimal.

4. Pengadukan

Kecepatan adsorpsi dipengaruhi oleh difusi film dan difusi pori tergantung dari kecepatan pengadukan dalam sistem. Bila kecepatan pengadukan yang dilakukan relatif kecil, maka proses adsorpsi hanya akan terjadi hingga tahap difusi film, sedangkan bila kecepatan pengadukan yang dilakukan relatif besar, maka proses adsorpsi terjadi hingga tahap difusi pori.

5. Tekanan

Untuk adsorpsi fisika, kenaikan tekanan adsorbat mengakibatkan kenaikan jumlah zat yang diadsorpsi. Sebaliknya bila adsorpsi kimia, jumlah yang diadsorpsi berkurang dengan adanya kenaikan tekanan.

6. Temperatur

Pada adsorpsi fisika umumnya terjadi pada temperatur di bawah titik didih adsorbat, sehingga semakin tinggi temperatur menyebabkan kapasitas adsorpsi semakin menurun, karena semakin tinggi temperatur proses desorpsi semakin mudah terjadi. Sebaliknya pada adsorpsi kimia, jumlah adsorbat yang diadsorpsi bertambah dengan naiknya temperatur adsorbat.

7. Waktu kontak

Waktu kontak antara adsorbat dengan adsorben sangat mempengaruhi suatu proses adsorpsi. Semakin lama waktu kontak yang terjadi pada suatu proses adsorpsi maka semakin besar adsorbat yang teradsorpsi.

8. Kompetisi dalam larutan campuran

Kandungan limbah logam dalam air limbah tentu bervariasi, baik macam atau jumlahnya. Logam dalam air limbah tersebut akan diadsorpsi dengan kecepatan dan sisi yang berbeda-beda dari adsorben. Hal tersebut akan menimbulkan kompetisi dalam larutan dan berpengaruh terhadap analisa.

II.4 Metode *X-Ray Fluorescence Spectrometry (XRF)*

XRF (*X-Ray Fluorescence spectrometry*) atau disebut juga fluoresensi sinar-X, merupakan teknik analisa non-destruktif yang digunakan untuk identifikasi serta penentuan konsentrasi elemen yang ada pada padatan, bubuk ataupun sampel cair. Sampel yang biasa digunakan berupa serbuk hasil penggilingan atau pengepresan menjadi bentuk film.

Prinsip kerja XRF yaitu berdasarkan terjadinya tumbukan atom-atom pada permukaan sampel oleh sinar X dari sumber sinar X (Kriswartini, dkk.2010).

Kelebihan dari metode XRF adalah akurasi tinggi, dapat menentukan unsur dalam material tanpa adanya standar serta dapat menentukan kandungan mineral dalam bahan biologi maupun dalam tubuh secara langsung. Namun metode XRF juga memiliki kelemahan yaitu tidak dapat mengetahui senyawa apa yang dibentuk oleh unsur-unsur yang terkandung dalam material yang akan diteliti dan tidak dapat menentukan struktur dari atom yang membentuk material itu.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

III.1. Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian tentang studi karakteristik abu terbang (*fly ash*) sebagai adsorben dilaksanakan pada tanggal 12 Juni 2017 – 5 Juli 2017 di Laboratorium Kimia Politeknik Negeri Ujung Pandang (PNUP) Makassar.

III.2. Alat dan Bahan Penelitian

III.2.1 Alat

Alat yang digunakan pada penelitian studi karakteristik abu terbang (*fly ash*) sebagai adsorben adalah alat *x-ray fluorescence spectrometry* (XRF), tanur, oven, pompa vakum filtrasi, neraca analitik, corong keramik filtrasi, gelas kimia 300 ml, erlenmeyer 300 ml, gegep, kertas saring, pengaduk, cawan porselin.

III.2.2 Bahan

Alat yang digunakan pada penelitian studi karakteristik abu terbang (*fly ash*) sebagai adsorben adalah sampel *fly ash* (limbah pembakaran batu bara) dari PT. Indonesia Power UJP PLTU Kabupaten Barru, Sulawesi Selatan, NaOH padatan 98,5 %, NaCl padatan 99,9 %, aquadest.

III.3 Pelaksanaan Penelitian

III.3.1 Menganalisa Komposisi *Fly Ash*

III.3.1.1 Preparasi Sampel

Sampel *fly ash* ditimbang sebanyak 10 gram, dimasukkan kedalam tube sampel sebanyak $\pm 1/3$ ketinggian tube sampel, sampel dipress / ditekan hingga permukaan rata.

III.3.1.2 Preparasi Alat XRF

Alat XRF dinyalakan dan UPS kemudian tekan power, tunggu hingga beberapa saat kemudian kunci di putar kearah on, buka penutup XRF.

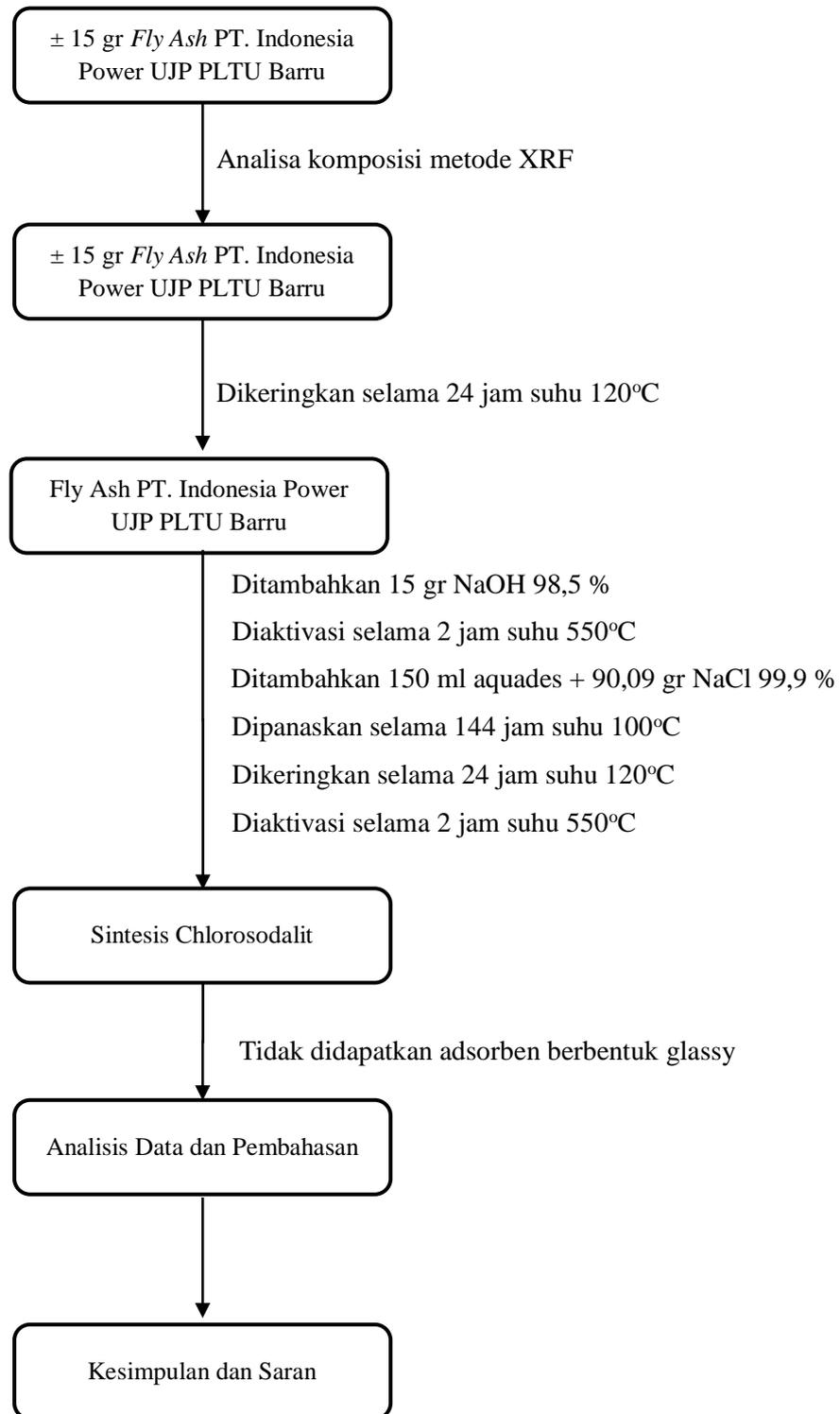
III.3.1.3 Analisis Sampel

Tube sampel dimasukkan ke dalam tempat sampel pada alat (diperhatikan peletakannya), penutup XRF ditutup lalu program terkait dalam computer dijalankan, sebelum pengukuran dimulai, pilih menu measure lalu tekan standardless (tanpa standar) kemudian variable pengukuran diisi sesuai prosedur, kemudian klik save lalu tekan ok.

III.3.2 Pembuatan Adsorben Sintesis Chlorosodalit

Sampel *fly ash* dicuci dengan aquadest kemudian disaring, sampel *fly ash* (limbah pembakaran batu bara) ditimbang sebanyak 15 gram, dikeringkan ke dalam oven pada suhu 120°C selama 24 jam (sampai airnya habis), dicampur dengan 15 gram NaOH padatan 98,5 % sampai homogen, dipanaskan di tanur pada suhu 550°C selama 2 jam lalu didinginkan, dicampur dengan 150 ml aquadest dan 1,54 mol NaCl 99,9 % (90,09 gram), dimasukkan kedalam oven pada suhu 100°C selama 144 jam, kristal yang terbentuk dicuci menggunakan aquadest kemudian disaring, hasil pencucian dikeringkan di oven pada suhu 120°C selama 24 jam, dipanaskan di tanur pada suhu 550°C selama 2 jam untuk mengaktivasi adsorben yang terbentuk.

III.4 Bagan Alur Penelitian



Gambar III.1. Bagan Alur Penelitian

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

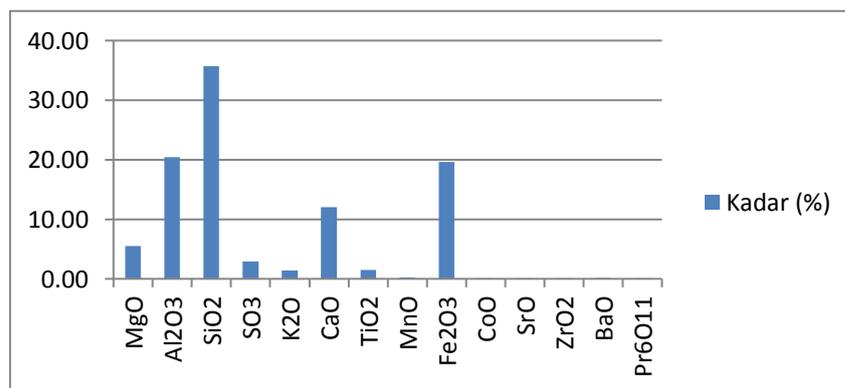
IV.1 Karakterisasi *Fly Ash* Batubara

Hasil analisis XRF berupa komposisi senyawa oksida seperti SiO_2 , Al_2O_3 , CaO , Fe_2O_3 , dan beberapa senyawa lain. Komposisi kimia *fly ash* PT. Indonesia Power UJP PLTU Barru ditunjukkan pada Tabel IV.1.

Tabel IV.1 Komposisi Kimia *Fly Ash* PT. Indonesia Power UJP PLTU Barru

Komposisi	Kadar (%)	Komposisi	Kadar (%)
MgO	5.5	MnO	0.27
Al_2O_3	20.44	Fe_2O_3	19.60
SiO_2	35.67	CoO	0.06
SO_3	2.95	SrO	0.06
K_2O	1.41	ZrO_2	0.05
CaO	12.06	BaO	0.13
TiO_2	1.46	Pr_6O_{11}	0.05

Dengan memperhatikan Tabel IV.1 diatas, maka dibuatkan grafik perbandingan tiap komposisi sebagai berikut:



Gambar IV.1. Grafik Perbandingan Komposisi Kimia *Fly Ash* PT. Indonesia Power UJP PLTU Barru

Fly ash batubara yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari *fly ash* silo PT. Indonesia Power UJP PLTU yang terletak di Kabupaten Barru , Sulawesi Selatan. *Fly ash* batubara yang didapatkan berupa butiran-butiran halus, berukuran 200 µm dengan warna coklat muda.

Dalam penelitian ini, acuan yang digunakan dalam melakukan karakteristik *fly ash* PT. Indonesia Power UJP PLTU adalah *American Society for Testing and Materials (ASTM) C 618*. Tabel IV.2 klasifikasi *fly ash* (ASTM C618).

Tabel IV.2 Tabel Klasifikasi Fly Ash

CAMPURAN		N	F	C
KIMIA				
SiO ₂ + Al ₂ O ₃ + Fe ₂ O ₃	min %	70	70	50
SO ₃	max %	4	5	5
Kadar Air	max %	3	3	3
Loss of Ignition	max %	10	6	6
FISIK				
Available Alkalies	max %	1.5	1.5	1.5
Fineness + 325 Mesh	max %	34	34	34
Strength Activity	min %	75	75	75
Water Requirement	max %	115	105	105
Uniformity				
Density	max %	5	5	5
Retained on 45-µm (No. 325)	max %	5	5	5

Menurut ASTM C618 dibagi menjadi 3 tipe menurut jenis bahan bakar yang digunakan,yaitu :

- a) Kelas N : Pozzolan alam / pozzolan yang telah di kalsinasi. Selain itu juga hasil berbagai pembakaran yang mempunyai sifat pozzolan yang baik.
- b) Kelas F : Fly ash yang mengandung CaO > 10 %, yang di hasilkan dari pembakarn batu bara jenis *anthracite* atau *bitumen*.
- c) Kelas C : Fly ash yang mengandung CaO < 10% yang di hasilkan dari pembakaran batu bara jenis *lignite* atau *sub bitumen*.

Dengan memperhatikan Gambar IV.2 diatas, maka *fly ash* PT. Indonesia Power UJP PLTU tergolong dalam tipe F dengan kandungan CaO sebesar 12,06 %, SiO₂ 35,67 %, Al₂O₃ 20,44 %, dan Fe₂O₃ 19,60 %.

IV.2 Proses Aktivasi *Fly Ash* Batubara

Pada penelitian ini, aktivasi *fly ash* batubara dilakukan dengan aktivasi secara kimia, dimana digunakan larutan basa kuat seperti NaOH. Menurut Davidovits dalam penelitian Irani (2009), larutan alkali dapat digunakan untuk bereaksi dengan Si dan Al dalam *fly ash* batubara, sehingga dapat menghasilkan ikatan polimer yang kuat.

Proses aktivasi dilakukan dengan mencampurkan *fly ash* batubara dalam NaOH 98,5 % padatan kemudian diaktivasi pada suhu 550°C lalu ditambahkan NaCl 99,9 % padatan dan di aktivasi kembali pada suhu 550°C. Menurut Sukandarrumidi (2009) yang dikutip dalam penelitian Farradina Choria Suci (2012) yang menjelaskan bahwa Proses aktivasi bertujuan untuk menghancurkan lapisan permukaan partikel *fly ash* berbentuk glassy yang sangat rapat dan stabil. Rantai glassy tersebut memiliki komposisi Si dan Al yang tinggi.

Penambahan larutan NaOH yang bersifat basa kuat ini, dapat mengubah komposisi *fly ash* dengan cara merusak lapisan luar *fly ash* batubara. Dengan rusaknya lapisan luar *fly ash* , maka gugus - gugus aktif yang ada didalamnya, seperti silika dan alumina, keluar ke permukaan *fly ash* . Bila proses aktivasi *fly ash* dilakukan pada konsentrasi OH⁻ yang sangat tinggi, maka rantai glassy silika-alumina yang rapat akan cepat

rusak dan menyebabkan gugus aktif yang ada di dalam *fly ash* akan cepat terlarut pula (Wang, dkk. 2006). Silika dan alumina ini bereaksi dengan larutan NaOH yang akan membentuk produk garam silikat dan aluminat. Garam yang terbentuk ini mempunyai sifat mudah larut. Dengan melarutnya garam-garam tersebut dalam air, maka akan menyebabkan jumlah kelarutan Si dan Al semakin tinggi.

Namun pada proses aktivasi tidak di dapatkan hasil adsorben yang berbentuk glassy. Menurut saya, hal ini disebabkan pada saat penambahan NaOH 98,5 % padatan dipanaskan di tanur pada suhu 550°C lalu hasil yang didapatkan NaOH tidak terhomogen sempurna dengan *fly ash*.

BAB V

PENUTUP

V.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Pada hasil XRF diketahui bahwa komposisi SiO_2 35,67 % dan Al_2O_3 20,44 % dalam *fly ash* yang memungkinkan *fly ash* dapat digunakan sebagai adsorben.
2. Berdasarkan komposisi kimia, maka *fly ash* PT. Indonesia Power UJP PLTU tergolong dalam tipe F.
3. *Fly Ash* tidak dapat dijadikan sebagai adsorben karena hasil adsorben yang terbentuk tidak berbentuk glassy yang sangat rapat dan stabil.

V.2 Saran

Dalam proses penelitian ini, sekiranya dapat dilakukan beberapa kali perlakuan namun dengan pemakaian biaya yang terjangkau agar mendapatkan hasil pembentukan adsorben yang baik dan juga perlu di perhatikan dengan baik pada penambahan bahan pengaktivasi adsorben yang digunakan karena sangat mempengaruhi hasil adsorben yang terbentuk.

DAFTAR PUSTAKA

- American Society for Testing and Materials (ASTM). (1995): 304, C.618.
- ACI Committee 363, (1992): State of the Art Report on High-Strength Concrete. American Concrete Institute, Detroit, USA.
- Ahmaruzzaman, M. (2009): A review on the utilization of fly ash. *Progress in Energy and Combustion Science*, 327–363.
- Alberty. (1990): *Journal of Hazardous Materials*, Vol.95 No. 3, 275-290 (Online), www.majarikanayakan.com. Diakses 16 Juli 2017.
- Davidovits. (1994): Pembuatan Adsorben Dari Fly Ash Hasil Pembakaran Batubara, *Jurnal Teknik Kimia*, Universitas Gajah Mada Yogyakarta, Vol.1 No. 3, 1 – 15.
- Eckenfelder. (1981): *Industrial Water Pollution Control, Second Edition*, Mc.Graw-Hill International, Singapore.
- Farradina Choria Suci. (2012): Modifikasi Limbah Abu Layang sebagai Material Baru Adsorben, *Jurnal Teknik Kimia*, UII Yogyakarta, Vol. 1 No. 4, 1-11.
- Indonesia Power. (2002): PLTU Suralaya.
- Irani. (2009): Modifikasi Permukaan Abu Layang Menggunakan NaOH dan Aplikasinya untuk Geopolimer, Sifat Fisik dan Mekanik, *Tesis Magister*, Jurusan Kimia, FMIPA ITS, Surabaya, 20-24.
- Jumaeri,dkk. (2007): Preparasi dan Karakterisasi Zeolit dari Abu Layang Batubara secara Alkali Hidrotermal, *Reaktor*, Vol. 11 No.1, 38-44.
- Kriswarini, R., Anggraini, D., Djamaludin, A. (2010): Validasi Metoda XRF (X-Ray Fluorescence) Secara Tunggal dan Simultan untuk Analisis Unsur Mg, Mn dan Fe dalam Paduan Aluminum, Seminar Nasional VI, ISSN 1978-0176, SDM Teknologi Nuklir, Yogyakarta.
- Levine. (2002): Pemanfaatan Abu Terbang (Fly Ash) dari PLTU II Sulawesi Utara sebagai Adsorben Logam, *Jurnal Teknik Kimia*, Universitas Sam Ratulangi Manado, Vol.2 No.7, ISSN : 2337 – 6732, 352 – 358.
- Mohan, S & R., Gandhimathi. (2009): Removal of heavy metal ions from municipal solid waste leachate using coal fly ash as an adsorbent, *Science Direct, Journal of Hazardous Materials*, Vol.11 No. 1, 351-359

- Muchjidin. (2006): *Pengendalian Mutu Dalam Batu Bara*,, Tesis Magister, ITB, Bandung, 12 – 15.
- Reynold. (1982): *Fundamental of Physical Chemistry*, Macmilan Co. Inc., New York, 102 – 109.
- Setiaka, Juniawan, Ita Ulfin, Nurul Widiastuti. (2011): Adsorpsi Ion Logam Cu (II) dalam Larutan pada Abu Dasar Batubara Menggunakan Metode Kolom. Prosiding Tugas Akhir. Jurusan Kimia, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, 1-2.
- Sukandarrumidi. (2009): *Batubara dan Pemanfaatannya*. Prosiding Tugas Akhir. Jurusan Sains dan Tkehnologi, Gadjah Mada University, Yogyakarta, 5-15.
- Wang, dkk. (2006): Modifikasi Permukaan Abu Layang Menggunakan NaOH, *Jurnal Jurusan Kimia*, FMIPA ITS Surabaya, Vol.1 No.1, 1 - 6.
- Wahyuni. (2010): Adsorpsi Ion Logam Zn (II) pada Zeolit A yang Disintesis dari Abu Dasar Batubara PT. IPMOMI Paiton dengan Metode Batch, *Jurnal Jurusan Kimia*, FMIPA ITS Surabaya, Vol.1 No. 5, 30 – 32.

LAMPIRAN A DOKUMENTASI



1. Analisa Komposisi metode XRF



Sample Information

Sample ID: Fly Ash PLTU Barru (3.1
 Application: EQUA_Powder
 Preparation: Liquid-Proton4um
 Date / Time: 12/06/17 09:56:16
 Operator: Admin
 R = 8.26 (<= 30.00)

Results

MgO	5.5 %
Al ₂ O ₃	20.44 %
SiO ₂	35.67 %
SO ₃	2.95 %
K ₂ O	1.41 %
CaO	12.06 %
TiO ₂	1.46 %
MnO	0.27 %
Fe ₂ O ₃	19.60 %
CoO	0.06 %
SiO	0.06 %
ZrO ₂	0.05 %
BaO	0.13 %
Pr ₆ O ₁₁	0.05 %
Nd ₂ O ₃	0.07 %

S2 RANGER (c)2010 Bruker AXS GmbH

2. Hasil analisa XRF



3. Menimbang 15 gram Fly Ash



4. Fly Ash dicuci dengan aquades



5. Penyaringan



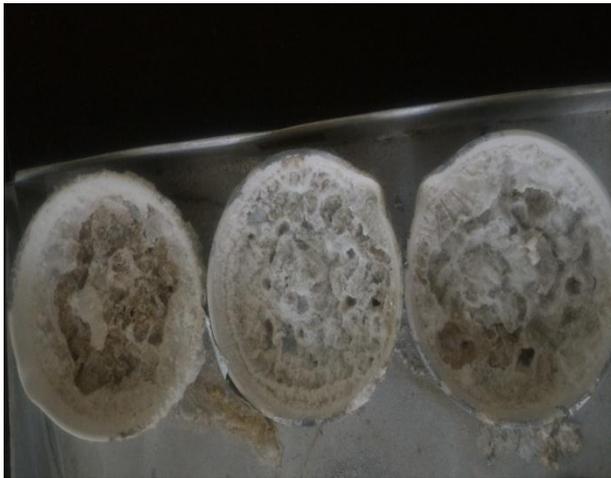
6. Mengaktivasi adsorben setelah Penambahan 15 g NaOH 98,5 %



7. Pendinginan



8. Penambahan 90 g NaCl 99,9 % dan 150 ml aquades



9. Setelah dipanaskan 144 jam suhu 100°C



10. Penyaringan setelah dicuci dengan aquades



11. Setelah dicuci dengan aquades



12. Hasil adsorben yang terbentuk,
Tidak berbentuk glassy yang
Rapat dan stabil