

**TESIS**  
**PENGGUNAAN *BOTTOM ASH* SEBAGAI ADSORBEN**  
**DALAM MENGOLAH AIR LIMBAH *PULP AND***  
***PAPER* MENGGUNAKAN CLARIFIER**



**DIAN FEBRIANTI PISCESELIA**  
**03012681923005**

**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK KIMIA**  
**JURUSAN TEKNIK KIMIA**  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS SRIWIJAYA**  
**2023**

**TESIS**  
**PENGGUNAAN *BOTTOM ASH* SEBAGAI ADSORBEN**  
**DALAM MENGOLAH AIR LIMBAH *PULP AND***  
***PAPER* MENGGUNAKAN CLARIFIER**

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan**  
**Gelar Magister Teknik (M.T.) Pada Fakultas Teknik**  
**Universitas Sriwijaya**



**DIAN FEBRIANTI PISCESELIA**  
**03012681923005**

**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK KIMIA**  
**JURUSAN TEKNIK KIMIA**  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS SRIWIJAYA**  
**2023**

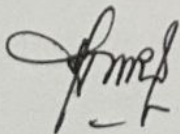
HALAMAN PENGESAHAN

PENGUNAAN *BOTTOM ASH* SEBAGAI ADSORBEN  
DALAM MENGOLAH AIR LIMBAH *PULP AND  
PAPER* MENGGUNAKAN CLARIFIER

TESIS

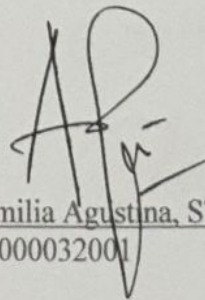
Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan  
Gelar Magister Teknik (M.T.) Pada Fakultas Teknik  
Universitas Sriwijaya

Palembang, Maret 2023  
Menyetujui,  
Pembimbing I



Dr. Ir. Hj. Susila Arita, DEA  
NIP. 196010111985032002

Pembimbing II



Prof. Hj. Tuty Emilia Agustina, ST, MT, Ph.D  
NIP. 197208092000032001

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik  
Universitas Sriwijaya



Prof. Dr. Eng. Ir. H. Joni Arliansyah, M.T.  
NIP. 19670615 199512 1002

Ketua Jurusan Teknik Kimia



Dr. Tuti Indah Sari, S.T., M.T.  
NIP. 19750201 200012 2001

## HALAMAN PERSETUJUAN

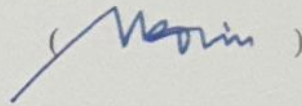
Karya tulis ilmiah berupa Laporan Tesis ini dengan judul "Penggunaan *Bottom Ash* Sebagai Adsorben dalam Mengolah Air Limbah *Pulp And Paper* Menggunakan Clarifier" telah dipertahankan di hadapan Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah Program Studi Magister Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya pada 20 Maret 2023

Palembang, Maret 2023

Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah berupa Laporan Tesis

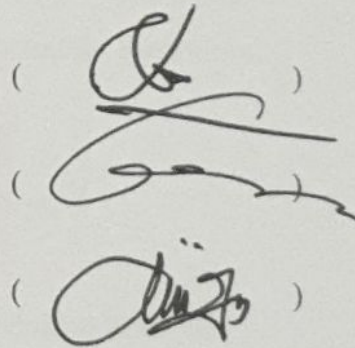


Ketua :

1. Prof. Dr. Ir. H. M. Said, M.Sc.  
NIP. 196108121987031003

(  )

Anggota

1. Dr. Ir. M. Hatta Dahlan, M.Eng  
NIP. 195910191987111001
2. Dr. Hj. Leily Nurul Komariah, S.T., M.T  
NIP. 197503261999032002
3. Dr. David Bahrin, S.T., M.T  
NIP. 198010312005011003

(  )  
(  )  
(  )

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik  
Universitas Sriwijaya,



Prof. Dr. Eng. Ir. H. Joni Arliansyah, M.T  
NIP. 196706151995121002

Ketua Jurusan Teknik Kimia,



Dr. Tuti Indah Sari, S.T., M.T  
NIP. 197502012000122001

## HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Dian Febrianti Pisceselia  
NIM : 03012681923005  
Judul : Penggunaan *Bottom Ash* sebagai Adsorben dalam Mengolah Air Limbah *Pulp and Paper* Menggunakan *Clarifier*

Menyatakan bahwa Laporan Tesis saya merupakan hasil karya sendiri didampingi tim pembimbing dan bukan hasil penjiplakan/*plagiat*. Apabila ditemukan unsur penjiplakan/*plagiat* dalam Laporan Tesis ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya sesuai aturan yang berlaku.

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



Palembang, Maret 2023

Yang Membuat Pernyataan,



Dian Febrianti Pisceselia

NIM. 03012681923005

## RINGKASAN

### PENGGUNAAN *BOTTOM ASH* SEBAGAI ADSORBEN DALAM MENGOLAH AIR LIMBAH *PULP AND PAPER* MENGGUNAKAN *CLARIFIER*

Dian Febrianti Pisceselia, Dibimbing oleh Dr. Ir. Hj. Susila Arita, DEA dan Prof. Hj. Tuty Emilia Agustina, M.T., Ph.D.

### THE USAGE OF *BOTTOM ASH* AS ADSORBENT IN *PULP AND PAPER* WASTEWATER TREATMENT USING *CLARIFIER*

Xv + 60 halaman, 8 Tabel, 11 Gambar, 3 Lampiran

#### RINGKASAN

Industri *Pulp and Paper* yang berkembang semakin pesat tidak hanya membawa keuntungan finansial tetapi dapat berdampak pada lingkungan dikarenakan dalam proses produksi menggunakan bahan kimia dan bahan pendukung lainnya. Oleh karena itu diperlukan proses pengolahan air limbah yang tepat dan ekonomis dengan menggunakan salah satu adsorben seperti *bottom ash* hasil produksi boiler yang ada di Industri *Pulp and Paper* yang dapat dijadikan sebagai adsorben yang potensial. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji karakteristik dari *bottom ash* dan Air Limbah *Pulp and Paper*, pengaruh lama pengadukan, kecepatan pengadukan dan temperatur aktivasi adsorben terhadap penurunan parameter lingkungan dari air limbah. Metode sintesa *bottom ash* sebagai adsorben dilakukan dengan proses fisik yaitu tanpa pemanasan dan pemanasan di oven pada suhu 100°C dan 200°C selama 1 jam. Alat yang digunakan dalam proses pengolahan air limbah *pulp and paper* adalah untuk skala lab dengan metode *jartest* dan skala mini pilot menggunakan *clarifier*. Hasil terbaik pada proses pengolahan air limbah dengan menggunakan metode *jartest* ditunjukkan pada kecepatan pengadukan 100 RPM selama 50 menit. Hasil penelitian juga menunjukkan *bottom ash* dengan suhu pemanasan adsorben yaitu 200°C digunakan sebagai adsorben dalam proses pengolahan air limbah *pulp and paper* dengan terbukti dapat menurunkan TSS 77,5%, COD 85,72%, klorida 26,9%, sedangkan pengolahan air limbah *pulp and paper* dengan adsorben *bottom ash* menggunakan *clarifier* didapat kondisi optimum operasi dengan massa *bottom ash* sebesar 4 kg, efisiensi penurunan COD, TSS, dan klorida beturut-turut sebesar 87,3%; 92,5%; dan 81,5%. Pengolahan yang dihasilkan dengan menggunakan *jartest* dan *clarifier* sesuai baku mutu yang diatur dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 5 Tahun 2014.

**Kata Kunci:** Adsorben, Air Limbah *Pulp and Paper*, *Bottom Ash*, *Clarifier*, *Jartest*

Kepustakaan: 47 (2010 – 2021)

## SUMMARY

### THE USAGE OF BOTTOM ASH AS ADSORBENT IN PULP AND PAPER WASTEWATER TREATMENT USING CLARIFIER

Dian Febrianti Piscelesia, Supervised by Dr. Ir. Hj. Susila Arita, DEA dan Prof. Hj. Tuty Emilia Agustina, M.T., Ph.D.

### PENGGUNAAN *BOTTOM ASH* SEBAGAI ADSORBEN DALAM MENGOLAH AIR LIMBAH *PULP AND PAPER* MENGGUNAKAN *CLARIFIER*

Xv + 60 Pages, 8 Tables, 11 Pictures, 3 Apendix

#### SUMMARY

Pulp and Paper industry which has been growing rapidly does not only bring financial benefits but also has an impact on the environment due to the use of chemicals and other materials in production process. Therefore, it is necessary to possess an appropriate and economical wastewater treatment using one of the adsorbents, like bottom ash, produced by boilers in Pulp and Paper Industry to be used as a potential adsorbent. This study was aimed to examine the characteristics of bottom ash and Pulp and Paper Wastewater, the effect of stirring time, stirring speed and adsorbent activation temperature on reducing environmental parameters of wastewater. The method of synthesis of bottom ash as an adsorbent was carried out by a physical process without heating; the heating process was undergone in an oven at a temperature of 100°C and 200°C for 1 hour. The pulp and paper wastewater treatment process was analyzed by using a jar test. The best results happened at a stirring speed of 100 RPM for 50 minutes. The results also showed that bottom ash with heating could be used as an adsorbent in the pulp and paper wastewater treatment process. It was proven to reduce TSS 77.5%, COD 85.72%, Chloride 26.9%, TDS 1143 ppm, and EC 2180 s/cm, while pulp and paper wastewater treatment with bottom ash adsorbent using a clarifier obtained optimum operating conditions with a bottom ash mass of 4 kg, reduction efficiency of COD, TSS, and chloride respectively 87.3%; 92.5%; and 81.5%. Processing produced by using a jartest and clarifier according to the quality standards stipulated in the Regulation of the Minister of Environment No. 5 of 2014.

**Keywords:** Adsorbent, Pulp and Paper Wastewater, Bottom Ash, Jar Test.

Citations: (2010 – 2021)

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas Rahmat dan Karunia-Nya sehingga laporan tesis dengan judul “Penggunaan *Bottom Ash* sebagai Adsorben dalam Mengolah Air Limbah *Pulp And Paper* Menggunakan *Clarifier*” dapat diselesaikan dengan baik. Tesis ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Magister Teknik (M.T.) pada Program Studi Teknik Kimia BKU Teknologi Lingkungan Program Pascasarjana Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya. Besar harapan saya isi tesis ini dapat bermanfaat secara nyata bagi kehidupan, dan bagi *stakeholder* dapat diimplementasikan secara langsung di Industri.

Penulisan tesis ini tidak dapat terselesaikan tanpa bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang secara langsung maupun tidak langsung memberikan kontribusi dalam menyelesaikan tesis ini.

Selanjutnya ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada:

1. Orang tua tercinta yang telah memberikan doa, semangat, dan motivasi yang melimpah.
2. Prof. Dr. Ir. H. Anis Saggaff, MSCE, IPU selaku Rektor Universitas Sriwijaya.
3. Prof. Dr. Eng. Ir. H. Joni Arliansyah, M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
4. Dr. Tuti Indah Sari, M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
5. Dr. David Bahrin, S.T., M.T. selaku Koordinator Program Studi Magister Teknik Kimia Universitas Sriwijaya.
6. Ibu Dr. Ir. Hj. Susila Arita, DEA selaku Dosen Pembimbing Tesis ke-I.
7. Ibu Prof. Hj. Tuty Emilia Agustina, S.T., M.T., Ph.D selaku Dosen Pembimbing Tesis ke-II.
8. Kepala Laboratorium dan Analis di Laboratorium Rekayasa Energi dan Pengolahan Limbah Universitas Sriwijaya.
9. Restu Larassyah Aryani Putri, S.E. selaku tenaga administrasi pada Program Studi Magister Teknik Kimia.



10. Rekan-rekan seperjuangan Magister Teknik Kimia 2019 serta semua pihak yang selalu memberikan dukungan dan semangat yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Akhir kata diharapkan kritik dan saran yang bersifat ilmiah dan membangun agar tesis ini dapat lebih bermanfaat sebagaimana mestinya.

Palembang,

Penulis



Dian Febrianti Pisceselia

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN PERSETUJUAN.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS.....	iv
RINGKASAN .....	v
SUMMARY .....	vi
KATA PENGANTAR .....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR LAMPIRAN.....	xii
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR GAMBAR .....	xiv
DAFTAR ISTILAH DAN SINGKATAN .....	xv
DAFTAR SIMBOL.....	xvi
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Tujuan Penelitian .....	4
1.4 Hipotesis Penelitian .....	4
1.5 Ruang Lingkup .....	5
1.6 Manfaat Penelitian .....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Kajian Industri <i>Pulp and Paper</i> .....	6
2.1.1 Persiapan Kayu.....	6
2.1.2 Pembuatan Pulp.....	7
2.1.3 Pencucian ( <i>washing</i> ) .....	7
2.1.4 Pemutihan Pulp ( <i>Bleaching</i> ).....	8
2.1.5 Pemulihan Bahan Kimia.....	8
2.1.6 Pengeringan Pulp.....	9
2.2 Limbah Industri <i>Pulp and Paper</i> .....	10
2.2.1 Limbah Padat Industri <i>Pulp and Paper</i> .....	10

2.2.2	Karakteristik dan Identifikasi Limbah Padat.....	12
2.2.3	Teknologi Pemanfaatan Limbah Padat	
	Industri <i>Pulp and Paper</i> .....	13
2.2.4	Air Limbah Industri <i>Pulp and Paper</i> .....	14
2.3	Metode Pengolahan dengan <i>Jar Test</i> .....	16
2.4	Metode Pengolahan dengan <i>Clarifier</i> .....	16
2.5	Metode Pengolahan dengan Ultrafiltrasi .....	19
2.6	Karakterisasi Limbah Cair <i>Pulp and Paper</i> .....	20
	2.6.1 TDS ( <i>Total Dissolved Solid</i> ) .....	20
	2.6.2 <i>Chemical Oxygen Demand</i> (COD).....	21
2.7	Proses Adsorpsi .....	21
	2.7.1 Analisis Adsorben dengan <i>Scanning Electron</i>	
	<i>Microscope</i> (SEM-EDX).....	24
	2.7.2 Analisis Adsorben dengan <i>X-Ray Fluorescence</i> (XRF).....	24
2.8	Penelitian Terdahulu .....	25
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....</b>		<b>29</b>
3.1	Waktu dan Tempat Penelitian.....	29
3.2	Alat dan Bahan Penelitian .....	29
3.3	Rancangan Penelitian .....	29
	3.3.1 Variabel Penelitian .....	29
	3.3.2 Tahapan atau Prosedur Penelitian .....	30
	3.3.3 Diagram Alir Penelitian .....	32
	3.3.4 Skema Rangkaian Alat .....	33
3.4	Metode Pengolahan dan Analisis Data .....	34
	3.4.1 Analisis Derajat Keasaman .....	34
	3.4.2 Analisis Total Zat Padat Terlarut .....	34
	3.4.3 Analisis <i>Total Suspended Solid</i> .....	34
	3.4.4 Analisis <i>Chemical Oxygen Demand</i> (COD).....	36
	3.4.5 Analisa SEM-EDX.....	37
	3.4.6 Analisa XRF.....	37
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>		<b>38</b>
4.1	Hasil Analisa Air Limbah.....	38

4.1.1	Karakterisasi Awal Air Limbah <i>Pulp and Paper</i> .....	38
4.1.2	Karakterisasi Air Limbah dengan Jarrest .....	39
4.1.3	Karakterisasi Air Limbah dengan <i>Clarifier</i> .....	40
4.2	Pembahasan .....	41
4.2.1	Perbandingan Kinerja Adsorben <i>Bottom Ash</i> Tanpa/Dengan Pemanasan Menggunakan <i>Jarrest</i> .....	41
4.2.2	Efisiensi Penurunan COD, TSS, $Cl^-$ dengan Menggunakan Jarrest.....	43
4.2.3	Pengaruh Massa Adsorben terhadap Waktu Proses dengan Menggunakan <i>Clarifier</i> .....	44
4.2.4	Efisiensi Penurunan COD, TSS, dan $Cl^-$ dengan Menggunakan <i>Clarifier</i> .....	47
4.2.5	Karakterisasi <i>Bottom Ash</i> sebagai Adsorben.....	49
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		53
5.1	Kesimpulan.....	53
5.2	Saran .....	53
DAFTAR PUSTAKA .....		54
LAMPIRAN-LAMPIRAN.....		60

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran I	Baku Mutu Industri <i>Pulp and Paper</i> .....	58
Lampiran II	Data Penelitian .....	59
Lampiran III	Dokumentasi Penelitian .....	60

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Bahan Kimia yang digunakan Industri <i>pulp and paper</i> .....	9
Tabel 2.2	Sumber dan Jenis Limbah Padat Industri <i>Pulp and Paper</i> .....	11
Tabel 2.3	Baku Mutu Air Limbah Industri <i>Pulp and Paper</i> .....	14
Tabel 4.1	Hasil Analisa Karakteristik Limbah Cair <i>Pulp and Paper</i> .....	38
Tabel 4.2	Hasil Analisa Air Limbah <i>Pulp and Paper</i> dengan <i>Jartest</i> .....	39
Tabel 4.3	Hasil Analisa Air Limbah <i>Pulp and Paper</i> dengan <i>Clarifier</i> .....	41
Tabel 4.4	Efisiensi Penurunan COD, TSS, dan $Cl^-$ dengan <i>Jartest</i> .....	44
Tabel 4.5	Efisiensi Penurunan COD, TSS, dan $Cl^-$ dengan <i>Clarifier</i> .....	48

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	<i>Inclined Plate</i> (Lamella) .....	18
Gambar 2.2	<i>Rectangular Clarifier</i> .....	19
Gambar 2.3	<i>Circular Clarifier</i> .....	19
Gambar 3.1	Diagram Penelitian.....	32
Gambar 3.2	Proses Pengolahan Limbah Cair dengan Adsorben <i>Bottom Ash</i> .....	33
Gambar 4.1	Pengaruh Massa Adsorben dan Waktu Proses terhadap Kenaikkan pH.....	45
Gambar 4.2	Pengaruh Massa Adsorben dan Waktu Proses terhadap TDS	46
Gambar 4.3	Pengaruh Massa Adsorben dan Waktu Proses terhadap EC..	46
Gambar 4.4	Karakterisasi <i>Scanning Electron Microscope Bottom Ash</i> (a) Sebelum Proses (b) Setelah Proses .....	47
Gambar 4.5	Perbandingan Karakteristik dengan EDX sebelum dan Setelah .....	50
Gambar 4.6	Perbandingan Karakteristik Adsorben <i>Bottom ash</i> Sebelum dan Setelah Proses.....	52

## DAFTAR ISTILAH DAN SINGKATAN

COD	<i>Chemical Oxygen Demand</i>
TDS	<i>Total Dissolved Solid</i>
B3	Bahan Berbahaya dan Beracun
pH	Derajat keasaman
Ppm	<i>parts per million</i>
XRF	<i>X-Ray Fluorescence</i>
SEM	<i>Scanning Electron Microscopy</i>
EDX	<i>Energy Dispersive X-ray</i>
BA	<i>Bottom Ash</i>
EC	<i>Electro Conductivity</i>
TSS	<i>Total Suspended Solid</i>



## DAFTAR SIMBOL

$W_0$	Berat media penyaring awal	Mg
$W_1$	Berat media penyaring dan residu kering	Mg
$V$	Volume sampe uji	L
$N_{FAS}$	Normalitas larutas FAS	N
$V_k$	Volume <i>digestion solution</i>	ml
$N_k$	Normalitas <i>digestion solution</i>	N
$V_{FAS}$	Volume larutan FAS	ml
$V_b$	Volume larutan FAS yang dibutuhkan untuk blanko	ml
$V_c$	Volume larutan FAS yang dibutuhkan untuk contoh uji	ml
$V_s$	Volume sampel uji	ml

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Dengan bertambahnya penduduk, kebutuhan masyarakat akan terus meningkat termasuk kertas. Kertas tidak hanya digunakan untuk alat tulis, buku, dan majalah, tetapi juga untuk kemasan rokok, makanan, dan minuman.

Pertumbuhan industri pulp dan kertas tidak hanya menguntungkan secara ekonomi, tetapi juga berdampak negatif dengan meningkatnya jumlah limbah yang dihasilkan. Produksi industri pulp dan kertas memerlukan bahan kimia dan bahan penolong lainnya yang tergolong limbah beracun dan berbahaya sehingga dibutuhkan pengelolaan limbah yang tepat (Haryono, 2016). Limbah industri pulp dan kertas meliputi gas, cair, dan padatan. Limbah ini memiliki dampak negatif langsung atau tidak langsung ke lingkungan dan kesehatan masyarakat.

Industri pulp dan kertas salah satu yang menghasilkan air limbah dalam jumlah yang besar. Air proses yang dibutuhkan pada industri pulp dan kertas dapat mencapai 200 m<sup>3</sup> air per ton selulosa dimana bergantung pada proses dan bahan kimia yang digunakan, seperti persiapan kayu, pencucian, pemasakan, pemutihan dan pembuatan kertas (Karat, 2013). Pemutih klorin digunakan oleh sebagian besar industri pulp dan kertas. Klorin bereaksi dengan senyawa organik dalam kayu menghasilkan senyawa beracun seperti dioksin. Oleh karena itu proses pembuatan kertas terdapat zat yang berpotensi mencemari lingkungan.

Senyawa organik dan anorganik yang terkandung dalam limbah cair dari proses produksi pulp dan kertas seperti lignin, dimana menimbulkan limbah berwarna hitam dan tingginya kadar *chemical oxygen demand* (COD) (Hernaningsih, 2016). Kadar *chemical oxygen demand* dan *biological oxygen demand* yang tinggi dapat merusak lingkungan sekitar industri pulp dan kertas, dimana air limbah yang dibuang langsung ke daerah perairan dapat menyebabkan kematian biota air dan menimbulkan bau yang tidak sedap serta bahan kimia yang digunakan dapat menyebabkan gangguan pernapasan bagi penduduk sekitar (Simatupang et al., 2015).

Selain itu, air limbah *pulp and paper* masih terdapat zat padat terlarut dalam air limbah, dimana padatan terlarut dalam air limbah yang melebihi batas maksimal dapat menimbulkan rasa mual dan penyebab serangan jantung (Mandeep et al., 2019).

Industri pulp dan kertas juga menghasilkan limbah padat yang cukup besar yang berasal dari residu bahan baku kayu (kulit dan serbuk kayu), dari proses produksi menghasilkan kapur dan ampas kayu, dan sisa abu hasil dari unit *power plant*, serta lumpur dari unit pengolahan air limbah (IPAL).

Residu limbah padat (kulit dan serbuk kayu) dimanfaatkan untuk bahan bakar di unit pembakaran, tetapi lumpur dan sisa pembakaran hanya ditimbun dengan metode *landfill*. Metode tersebut masih menimbulkan dampak dimana adanya keterbatasan lahan dan cara pengendalian pencemaran terhadap tanah dan air tanah.

Dari hasil analisa awal diketahui air limbah industry pulp and paper perlu dikelola agar dapat menurunkan konsentrasi pencemar dan menghilangkan risiko terhadap penurunan kualitas lingkungan.

Pada penelitian ini telah dicoba mengelola air limbah industry pulp and paper menggunakan limbah padat dalam hal ini adalah bottom ash yang dihasilkan dari hasil pembakaran di boiler. Pengelolaan air limbah menggunakan limbah padat secara insitu adalah pengelolaan yang murah, efisien dan ramah lingkungan, karena menggunakan bahan limbah padat yang ada di industry sendiri dan dilakukan tanpa penambahan bahan kimia dari luar.

Ada 2 metode yang digunakan, yang pertama adalah menggunakan *Jar Test* untuk percobaan skala laboratorium yaitu untuk menentukan kondisi operasi optimum pada proses pengolahan air limbah, seperti menentukan jumlah massa bottom ash sebagai bahan penyerap (adsorben), pengaruh suhu pemanasan adsorben dan kecepatan pengadukan yang dilihat dari nilai pH, nilai TDS dan EC (electric conductivity). *Jar test* ialah proses koagulasi dan flokulasi yang menghilangkan polutan yang dapat menyebabkan *turbidity*, bau, dan rasa. *Jar test* menggunakan berbagai kecepatan pengadukan dan tipe pengendapan.

Pengolahan kedua yaitu dengan menggunakan alat *Clarifier tank*. Alat *Clarifier* pada proses pengolahan air limbah ini adalah alat yang dengan konfigurasi desainnya dapat menjernihkan air limbah, mengurangi kandungan polutan/senyawa

kimia dengan terjadinya proses pengendapan dengan gaya gravitasi dan sedimentasi serta dibantu oleh padatan dalam hal ini adalah bottom ash sebagai padatan berpori yang dapat menjerab polutan dan zat pencemar yang bila terlepas dari air limbah akan mencemari air permukaan.

*Fly ash* dan *bottom ash* memiliki kandungan *fixed carbon* yang cukup besar dan memiliki pori yang dapat digunakan sebagai adsorben. Salah satu jenis adsorben yang baik digunakan ialah karbon aktif. Para peneliti sudah sejak lama membuat karbon aktif dari batubara terutama dari batubara dengan kandungan *fixed carbon* yang tinggi (Sukpreabprom et al., 2014). Karbon aktif merupakan material berpori dengan kandungan karbon 87-97%, sehingga daya adsorpsinya akan menjadi besar dikarenakan semakin besar pori dari sebuah adsorben maka semakin besar kemampuannya untuk menyerap bahan pengotor. Adsorpsi adalah fenomena dimana suatu zat teradsorpsi pada permukaan zat padat dimana terdapat gaya tarik menarik antara zat yang teradsorpsi dengan adsorben. Keberhasilan proses adsorpsi tergantung pada pemilihan sifat adsorben. Adsorben harus berupa zat padat dengan daya serap tinggi, luas permukaan spesifik besar, tidak beracun, mudah diperoleh, dan harga murah. Kelebihan metode adsorpsi yaitu pembiayaan yang rendah, operasional yang mudah, dan kapasitas pengikatan logam berat yang tinggi (Alzaky, 2014).

Pada penelitian ini yang digunakan sebagai adsorben adalah bottom ash yang berasal dari bahan baku kulit kayu dan tambahan silika yang menjadi bahan bakar boiler di industri pulp and paper. Dari hasil analisa karakteristik akan dapat dilihat kinerja dari bottom ash dari pulp and paper sebagai adsorben dalam mengelola air limbah pulp and paper yang dapat mengurangi kadar BOD, COD dan TDS dari air limbah.

Berikut merupakan kegunaan *fly ash* dan *bottom ash* berdasarkan penelitian-penelitian sebelumnya diantaranya: *fly ash* dan *bottom ash* digunakan sebagai campuran lapisan penutup untuk mencegah air asam tambang karena flyash dan bottom ash bersifat alkali. *fly ash* dan *bottom ash* dapat juga sebagai pengganti agregat halus pada pembuatan beton, paving blok dan lain-lain.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas diambil beberapa rumusan masalah yang akan dibahas yaitu :

- a. Bagaimana karakteristik dari *bottom ash* dan air limbah *pulp and paper*?
- b. Bagaimana pengaruh suhu pemanasan adsorben *bottom ash* terhadap efektivitas pengolahan air limbah *pulp and paper* dengan metode *jartest*?
- c. Bagaimana efektivitas adsorben *bottom ash* pada pengolahan air limbah *pulp and paper* dengan metode *jartest*?
- d. Bagaimana efektivitas pengolahan air limbah *pulp and paper* dengan adsorben *bottom ash pulp and paper* menggunakan *clarifier*?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang ingin dicapai adalah:

- a. Mempelajari dan menganalisis karakteristik dari *bottom ash* dan air limbah *pulp and paper*.
- b. Mempelajari dan menganalisis pengaruh suhu pemanasan terhadap adsorben dalam pengolahan air limbah *pulp and paper*.
- c. Menganalisis efektivitas proses dari pengolahan air limbah *pulp and paper* dengan adsorben *bottom ash* menggunakan *jartest*.
- d. Menganalisis efektivitas proses dari pengolahan air limbah *pulp and paper* dengan adsorben *bottom ash pulp and paper* menggunakan *clarifier* sesuai dengan baku mutu industri *Pulp and Paper*.

## 1.4 Hipotesis Penelitian

Hipotesis dari penelitian ini adalah *bottom ash* dapat digunakan sebagai adsorben dan dapat menurunkan *chemical oxygen demand* (COD), *Total Suspended Solid* (TSS), *Total Dissolved Solid* (TDS), *electro conductivity* (EC), dan klorida dalam air limbah *pulp and paper* dan sesuai baku mutu lingkungan (Barbosa et al., 2013).

## 1.5 Ruang Lingkup

Adapun ruang lingkup dari penelitian ini ialah:

- a. Penelitian ini merupakan penelitian berskala laboratorium dan *minipilot* yang akan dilakukan di Laboratorium Rekayasa Energi dan Pengolahan Limbah Universitas Sriwijaya.
- b. Air limbah yang digunakan merupakan air limbah dari proses industri *pulp and paper*.
- c. Adsorben yang digunakan adalah *bottom ash* dari industri *pulp and paper*.
- d. Variabel yang ditetapkan yaitu volume air limbah *pulp and paper* dan berat *bottom ash*.
- e. Lama pengadukan penelitian adalah 10, 20, 30, 40, dan 50 menit, dan kecepatan pengadukan ialah 100, 200, dan 300 rpm.
- f. Uji coba dengan *clarifier minipilot* dengan sistem kontinu (*residence time* selama 1 jam operasi)

## 1.6 Manfaat Penelitian

Manfaat Penelitian ini sebagai berikut:

- a. Bagi peneliti diharapkan dapat digunakan untuk sarana meningkatkan ilmu pengetahuan mengenai pemanfaatan *bottom ash* dari limbah *pulp and paper* untuk mengolah air limbah *pulp and paper*.
- b. Bagi industri *pulp and paper* dapat memanfaatkan *bottom ash* sebagai adsorben untuk mengelola air limbah *pulp and paper*.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abd Mutalib, M., Rahman, M. A., Othman, M. H. D., Ismail, A. F., & Jaafar, J. (2017). Scanning Electron Microscopy (SEM) and Energy-Dispersive X-Ray (EDX) Spectroscopy. In *Membrane Characterization*. Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-63776-5.00009-7>
- Alzaky, Z. (2014). *Pengaruh Penambahan Lempung dengan Jenis Berbeda pada Sintesis Komposit Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-Lempung*.
- Anhar, A., Dewi, E., & Purnamasari, I. (2021). Proses Pengolahan Air Pada Tangki Klarifier ditinjau dari Laju Alir dan Konsentrasi Koagulan di PLTG Borang. *Jurnal Pendidikan Dan Teknologi Indonesia*, 1(8), 315–320. <https://doi.org/10.52436/1.jpti.77>
- Asadiya, A., & Karnaningroem, N. (2018). Pengolahan Air Limbah Domestik Menggunakan Proses Aerasi, Pengendapan, dan Filtrasi Media Zeolit-Arang Aktif. *Jurnal Teknik ITS*, 7(1). <https://doi.org/10.12962/j23373539.v7i1.28923>
- Audina, M., Apriani, I., & Kadaria, U. (2017). Pengolahan Limbah Cair Laboratorium Teknik Lingkungan dengan Koagulasi dan Adsorpsi untuk Menurunkan COD, Fe, dan Pb. *Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah*, 5(1), 1–10. <https://doi.org/10.26418/jtllb.v5i1.18012>
- Barbosa, R., Lapa, N., Lopes, H., Morujo, A., & Mendes, B. (2013). Removal of Phosphorus from Wastewaters by Biomass Ashes. *Water Science and Technology*, 68(9), 2019–2027. <https://doi.org/10.2166/wst.2013.455>
- Dini, S. (2011). *Evaluasi Kualitas Air Sungai Ciliwung di Provinsi Daerah Khusus Ibukota Jakarta Tahun 2000-2010. [Skripsi]*, Jakarta : Universitas Indonesia.
- Elissa, A., & Saptomo, S. K. (2020). Analisis Timbulan Lumpur dan Kualitas Lumpur Hasil Proses Pengolahan Air Bersih di WTP Kampus IPB Dramaga Bogor. *Jurnal Teknik Sipil Dan Lingkungan*, 5(1), 31–40. <https://doi.org/10.29244/jsil.5.1.31-40>
- Euis N. H., P. A. Y. B. (2018). Pengolahan Limbah dengan Menggunakan Sistem Flotasi dan Lumpur Aktif, Studi Kasus: Kawasan Industri Ngoro. *Jurnal Envirotek*, 10(2). <https://doi.org/10.33005/envirotek.v10i2.1233>

- Fatimah, S. (2018). *Identifikasi Kandungan Unsur Logam Menggunakan XRF dan OES sebagai Penentu Tingkat Kekerasan Baja Paduan*.
- Gao, W., & Fatehi, P. (2018). Fly Ash Based Adsorbent for Treating Bleaching Effluent of Kraft Pulping Process. In *Separation and Purification Technology* (Vol. 195, Issue December). <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2017.12.002>
- Grötzner, M., Melchior, E., Schroeder, L. H., dos Santos, A. R., Moscon, K. G., de Andrade, M. A., Martinelli, S. H. S., & Xavier, C. R. (2018). Pulp and Paper Mill Effluent Treated by Combining Coagulation-Flocculation-Sedimentation and Fenton Processes. *Water, Air, and Soil Pollution*, 229(11). <https://doi.org/10.1007/s11270-018-4017-5>
- Habibi, I. (2012). *Tinjauan Instalasi Pengolahan Air Limbah Industri Tekstil PT. Sukun Tekstil Kudus*.
- Haryono, A. T. (2016). *Analisis Penerapan Produksi Bersih Industri Kertas (Studi Kasus di PT. Pindo-Deli Pulp and Paper Mills Indonesia unit Paper Machine 4)*. <https://repository.ipb.ac.id/handle/123456789/86845>
- Hernaningsih, T. (2016). Tinjauan Teknologi Pengolahan Air Limbah Industri dengan Reviews of Electrocoagulation Process on Waste Water Treatment. *Jurnal Rekayasa Lingkungan*, 9(1), 31–46.
- Jamaluddin, Massinai, M. A., & Tahir, D. (2016). Analisis Kandungan Logam Oksida Menggunakan Metode XRF (X-Ray Fluorescence). In *Universitas Hassanuddin*.
- Karat, I. (2013). *Advanced Oxidation Processes for Removal of COD from Pulp and Paper Mill Effluents*. <http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:618554/FULLTEXT02.pdf>
- Kinasti, R. M. A., & Notodisuryo, D. N. (2018). Pemanfaatan Limbah Pembakaran Batubara (Bottom Ash) pada Pltu Suralaya Sebagai Media Tanam dalam Upaya Mengurangi Pencemaran Lingkungan. *Jurnal Kajian Ilmu Dan Teknologi*, 6(2), 129–138. <https://doi.org/10.33322/kilat.v6i2.129>
- Kurniasih, N., Indonesia, U., Teknik, F., Sipil, D. T., Studi, P., & Lingkungan, T. (2010). *Efektivitas Penggunaan Tanaman Air sebagai Agen Phyto Treatment pada Pengolahan Lanjutan Air Limbah dari Proses Painting pada Industri Otomotif*.



- Latha, A., Arivukarasi, M. ., Keerthana, C. M., Subashri, R., & Priya, V. V. (2018). Paper and Pulp Industry Manufacturing and Treatment Processes A Review. *International Journal of Engineering Research And*, V6(02). <https://doi.org/10.17577/ijertcon011>
- Liu, T., He, Z., Hu, H., & Ni, Y. (2011). Treatment of APMP Pulping Effluent based on Aerobic Fermentation with *Aspergillus Niger* and Post-Coagulation/Flocculation. *Bioresource Technology*, 102(7), 4712–4717. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2011.01.047>
- Liu, Z., Tian, D., Hu, J., Shen, F., Long, L., Zhang, Y., Yang, G., Zeng, Y., Zhang, J., He, J., Deng, S., & Hu, Y. (2018). Functionalizing Bottom Ash from Biomass Power Plant for Removing Methylene Blue from Aqueous Solution. *Science of the Total Environment*, 634, 760–768. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.04.010>
- Mandeep, Gupta, G. K., Liu, H., & Shukla, P. (2019). Pulp and Paper Industry–Based Pollutants, Their Health Hazards and Environmental Risks. *Current Opinion in Environmental Science and Health*, 12, 48–56. <https://doi.org/10.1016/j.coesh.2019.09.010>
- Naimah, S., & Ermawati, R. (2011). Efek Fotokatalisis Nano TiO<sub>2</sub> terhadap Mekanisme Antimikrobia E Coli dan Salmonella. *Jurnal RIset Industri*, 5(2), 113–120.
- Nasution, P., Sumiyati, S., & Wardana, I. W. (2015). Studi Penurunan Tss, Turbidity dan COD dengan Menggunakan Kitosan dari Limbah Cangkang Keong Sawah (*Pila Ampullacea*) sebagai Biokoagulan dalam Pengolahan Limbah Cair PT. Sido Muncul, Tbk Semarang. *Teknik Lingkungan*, 1–10.
- Nidheesh, P. V., Gandhimathi, R., Ramesh, S. T., & Anantha Singh, T. S. (2012). Kinetic Analysis of Crystal Violet Adsorption on to Bottom Ash. *Turkish Journal of Engineering and Environmental Sciences*, 36(3), 249–262. <https://doi.org/10.3906/muh-1110-3>
- Noviani, H. (2016). *Analisis Penggunaan Koagulan Poly Aluminium Chloride (PAC) dan Kitosan pada Proses Penjernihan Air di PDAM Tirta Pakuan Bogor*.
- Ouadjenia, F., Benkada, N. M., & Marouf, R. (2019). *Removal of a Basic Dye by*

*Bottom Ash Adsorbent in Aqueous Solution. January.*

- Pongnam, T., & Plermkamon, V. (2018). Improvement of Pulp and Paper Mill Industries Effluent Quality Using Bagasse Fly Ash. *Engineering Journal*, 22(4), 13–22. <https://doi.org/10.4186/ej.2018.22.4.13>
- Primawati, F. S. (2016). *Sistem Penjernihan Air Ground Tank LPPMP UNY sebagai Air Minum dengan Memanfaatkan Karbon Aktif Batok Kelapa, Pasir Aktif Pantai Indrayati, dan Kerikil Aktif Kali Krasak.*
- Putri, A. H., Hasibuan, N. H., Mudia, novera elsi, & Hawari, F. Y. (2019). *Kajian Industri Pulp dan Kertas di Indonesia. 1*(1), 67–90.
- Rahmat, A. Y., Syahbanu, I., & Rudiyanasyah, R. (2020). Membran Ultrafiltrasi Polisulfon/TiO<sub>2</sub> (Psf/TiO<sub>2</sub>) sebagai Filter pada Pencemaran Air oleh Bahan Bakar Solar. *Jurnal Kartika Kimia*, 3(1), 7–12. <https://doi.org/10.26874/jkk.v3i1.46>
- Ramadhan, D., & Ramadani, D. P. (2019). *Modifikasi Permukaan Kaca Menggunakan TiO<sub>2</sub> - PPG sebagai Pelapis Hidrofilik yang Berkemampuan Self Cleaning.* 4(1), 88–100.
- Rashidi, N. A., & Yusup, S. (2016). Overview on the Potential of Coal-Based Bottom Ash as Low-Cost Adsorbents. *ACS Sustainable Chemistry and Engineering*, 4(4), 1870–1884. <https://doi.org/10.1021/acssuschemeng.5b01437>
- Rosales, J., Cabrera, M., Beltrán, M. G., López, M., & Agrela, F. (2017). Effects of Treatments on Biomass Bottom Ash Applied to the Manufacture of Cement Mortars. *Journal of Cleaner Production*. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.04.024>
- Rusdiana, E., Mu'tamar, M. F. F., & Hidayat, K. (2020). Analisis Faktor-Faktor Penjernihan Limbah Cair Unit Pengolahan Limbah Cair Industri Gula (Studi Kasus Pg Xyz). *Agroindustrial Technology Journal*, 4(1), 1. <https://doi.org/10.21111/atj.v4i1.4093>
- Said, N. I. (2018). Uji Kinerja Pengolahan Air Siap Minum dengan Proses Biofiltrasi, Ultrafiltrasi dan Reverse Osmosis (RO) dengan Air Baku Air Sungai. *Jurnal Air Indonesia*, 5(2), 144–161. <https://doi.org/10.29122/jai.v5i2.2444>

- Saldarriaga, J. F., Montoya, N. A., Estiati, I., Aguayo, A. T., Aguado, R., & Olazar, M. (2021). Unburned Material from Biomass Combustion as Low-cost Adsorbent for Amoxicillin Removal from Wastewater. *Journal of Cleaner Production*, 284(xxxx). <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124732>
- Setiyawan, A., & Bayu, L. C. (2012). *Nitrifikasi-Denitrifikasi untuk Pengolahan Limbah Cair dengan Kandungan N-Nh3 Tinggi*.
- Simatupang, I., Fatonah, S., & Iriani, D. (2015). *Pemanfaatan Kiambang (Salvinia molesta D. Mitch) untuk Fitoremediasi Limbah Organik Pulp dan Karats*. 2(1), 5–9.
- Sukmawati, F. N., & Zein, Z. (2016). Pemanfaatan Abu Dapur sebagai Media Tanam Pembibitan Kakao (*Theobroma cacao*). *Agrotech*, 2(2), 1–16. <https://doi.org/10.21111/agrotech.v2i2.728>
- Sukpreabprom, H., Arquero, O.-A., Naksata, W., Sooksamiti, P., & Janhom, S. (2014). Isotherm, Kinetic and Thermodynamic Studies on the Adsorption of Cd (II) and Zn (II) ions from Aqueous Solutions onto Bottom Ash. *International Journal of Environmental Science and Development*, 5(2), 165–170. <https://doi.org/10.7763/ijesd.2014.v5.471>
- Sun, Y., Liu, Z., & Fatehi, P. (2018). Developing Performance-Property Correlation for Fly Ash as Adsorbent for Pulping Effluents. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 6(2), 2502–2513. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2018.03.054>
- Syafri, R., Nazara, F. R., & Nasution, H. (2016). Analisa pH, TSS dan Warna dalam Proses Pengolahan Air Limbah Pulp dan Kertas. *PROSIDING 1th Celscitech-UMRI, 1*, 17–20.
- Telaumbanua, J. J. P. (2017). *Penggunaan Fly Ash dan Bottom Ash Boiler Pabrik Kelapa Sawit sebagai Adsorben untuk Mengadsorpsi Zat Warna pada Limbah Cair Buatan*. <http://repositori.usu.ac.id/handle/123456789/3110>
- Yuliwati, E., & Kusmindari, C. D. (2015). Optimasi Kondisi Proses Membran Ultrafiltrasi. *Seminar Nasional & Workshop Nasional Teknik Industri SEMNASTI-MUSINDEEP 2015*, 27–29.
- Zbair, M., El Hadrami, A., Bellarbi, A., Monkade, M., Zradba, A., & Brahmi, R. (2020). Herbicide Diuron Removal from Aqueous Solution by Bottom Ash:

Kinetics, Isotherm, and Thermodynamic Adsorption Studies. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 8(2), 103667.  
<https://doi.org/10.1016/j.jece.2020.103667>