

## SKRIPSI

### **Pengaruh Pra-Pengolahan Koagulasi dan Ultrafiltrasi Membran *Flat Sheet* Poliamida dengan Aliran *Cross-Flow* untuk Pengolahan Air Limbah POME**

Diajukan sebagai salah satu persyaratan dalam Menyusun Tugas Akhir pada Program Studi Teknik Lingkungan  
Fakultas Teknik Universitas Lambung Mangkurat

Dibuat:

**Santi Widiawardani**

NIM. 1910815120011

Pembimbing Utama:  
**Dr. Mahmud, S.T., M.T.**

Pembimbing Pendamping:  
**Prof. Ir. Muthia Elma, ST., M.Sc., Ph.D.**



**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS LAMBUNG MANGKURAT  
BANJARBARU  
2023**

**LEMBAR PENGESAHAN**  
**SKRIPSI PROGRAM STUDI S-1 TEKNIK LINGKUNGAN**

**Pengaruh Pra-Pengolahan Koagulasi dan Ultrafiltrasi Membran *Flat Sheet* Poliamida dengan Aliran *Cross-Flow* untuk Pengolahan Air Limbah POME**

**Oleh**

**Santi Widiawardani (1910815120011)**

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji pada 22 Desember 2023 dan dinyatakan

**LULUS**

**Komite Penguji :**

**Ketua** : Chairul Abdi, S.T., M.T.  
NIP. 19780712 201212 1 002

**Anggota 1** : Riza Miftahul Khair, S.T., M.T.  
NIP. 19840510 20160110 8 001

**Komite Pembimbing :**

**Pembimbing** : Dr. Mahmud, S.T., M.T.

**Utama** NIP. 1974107 199802 1 001

**Pembimbing** : Prof. Ir. Muthia Elma, ST.,M.Sc., Ph.D

**Pendamping** NIP. 19740521 200212 2 003

Banjarbaru, 22 Desember 2023

Diketahui dan disahkan oleh:

**Wakil Dekan Bidang Akademik**  
**Fakultas Teknik ULM,**



**Dr. Mahmud, S.T., M.T.**  
NIP. 19740107 199802 1 001

**Koordinator Program Studi S-1 Teknik**  
**Lingkungan**

**Dr. Rizqi Puteri Mahyudin, S.Si., M.S**  
NIP. 19870828 201212 2 001

## ABSTRAK

Limbah POME (*Palm Oil Mill Effluent*) merupakan salah satu limbah yang berasal dari perkebunan kelapa sawit memiliki ciri berwarna keruh kecoklatan, berbau dan mengandung polutan organik yang sangat tinggi. Pembuangan langsung limbah ke badan air akan menyebabkan pencemaran air. Pengolahan dari limbah POME dapat dilakukan dengan kombinasi pra-pengolahan koagulasi dan filtrasi membran. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi karakteristik air limbah POME dan membran ultrafiltrasi *flat sheet* poliamida, kondisi terbaik koagulasi, serta menganalisis pengaruh tekanan membran dalam penghilangan warna dan kekeruhan. Proses koagulasi dilakukan dengan *jar test* menggunakan variasi pH 5-8 dan variasi dosis PACl (*Poly Aluminium Chloride*) yaitu 0,25-2 g/L. Proses filtrasi membran pada penelitian ini menggunakan membran UF-PA dan variasi tekanan membran pada 1-3 bar. Hasil penelitian yang didapatkan nilai permeabilitas membran sebesar 166,13 L/m<sup>2</sup>.jam.bar yang termasuk ke dalam kategori UF. Kondisi terbaik proses pra-pengolahan koagulasi limbah POME bekerja baik pada pH 7-8 dan dosis penambahan PACl 0,5 g/L. Tekanan operasi terbaik proses pemisahan membran UF-PA terjadi pada tekanan 3 bar dengan nilai fluks sebesar 248,19 L/m<sup>2</sup>.jam dengan penyisihan kekeruhan dan warna (UV<sub>456</sub>) berturut-turut sebesar 99,88% dan 84,3%. Proses hibrid perlakuan koagulasi sebagai pengolahan awal dengan membran ultrafiltrasi merupakan metode yang menguntungkan untuk mengolah air limbah POME.

*Keywords:* Air limbah POME, PACl, koagulasi, membran *flat sheet* UF-PA

## **ABSTRACT**

POME (Palm Oil Mill Effluent) waste is one of the wastes originating from oil palm plantations with a characteristic brownish turbid color, odor and contains very high organic pollutants. Direct discharge of sewage into water bodies will lead to water pollution. Treatment of POME waste can be done by a combination of coagulation pre-treatment and membrane filtration. This study aims to identify the characteristics of POME wastewater and polyamide flat sheet ultrafiltration membranes, the best conditions of coagulation, and analyze the influence of membrane pressure in discoloration and turbidity. The coagulation process was carried out with a jar test using pH variations of 5-8 and PACl (Poly Aluminum Chloride) dose variations of 0,25-2 g/L. The membrane filtration process in this study used UF-PA membranes and membrane pressure variations at 1-3 bar. The results of the study obtained a membrane permeability value of 166,13 L/m<sup>2</sup>.jam.bar which is included in the UF category. The best conditions of the POME waste coagulation pre-treatment process work both at pH 7-8 and the PACl addition dose is 0,5 g/L. The best operating pressure of the UF-PA membrane separation process occurs at a pressure of 3 bar with a flux value of 248,19 L/m<sup>2</sup>.h with turbidity and color allowance (UV<sub>456</sub>) of 99,88% and 84,3% respectively. The hybrid process of coagulation treatment as initial treatment with ultrafiltration membrane is a favorable method for treating POME wastewater.

*Keywords:* POME wastewater, PACl, coagulation, UF-PA flat sheet membrane

## PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa :

1. Karya tulis ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik apapun, baik di Universitas Lambung Mangkurat maupun di perguruan tinggi lainnya.
2. Karya tulis ini adalah merupakan gagasan, rumusan dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan dari pihak lain kecuali arahan dosen pembimbing saya.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas mencantumkan dalam daftar pusaka.
4. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya sudah bersedia menerima sanksi akademik dengan pencabutan gelar yang sudah saya peroleh, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku diperguruan tinggi.

Banjarbaru, November 2023

Yang membuat pernyataan



Santi Widiawardani

## PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT yang telah melimpahkan berkah dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyusun dan menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul **“Pengaruh Pra-Pengolahan Koagulasi dan Ultrafiltrasi Membran *Flat Sheet* Poliamida dengan Aliran *Cros-Flow* untuk Pengolahan Air Limbah POME ”**. tujuan dari penulisan tugas akhir ini adalah sebagai salah satu persyaratan dalam mencapai gelar sarjana (S1) pada Program Studi Teknik Lingkungan Universitas Lambung Mangkurat. Penulis menyampaikan terimakasih kepada:

1. Allah SWT atas izin nya dapat menyelesaikan tugas akhir ini sesuai dengan waktunya.
2. Diri sendiri yang beerja keras dan semangatnya hingga tidak menyerah dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
3. Orang tua dan keluarga yang selalu mendoakan dan memberikan dukungan baik moril maupun materil.
4. Bapak Dr. Mahmud S.T., M.T. selaku dosen pembimbing I dan Ibu Prof. Ir. Muthia Elma, S.T., M. Sc., Ph. D. selaku dosen pembimbing II yang telah membimbing dan memberikan masukan dalam menyusun Tugas Akhir
5. Bapak Chairul Abdi, S.T., M.T selaku Penguji I dan Bapak Riza Miftahul Khair S.T., M. Eng selaku Penguji II yang telah memberikan kritik, saran dan masukan dalam penyusunan tugas akhir.
6. Staff admin Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Lambung Mangkurat

7. *Materials and Membranes Research Group (M<sup>2</sup>ReG)* yang telah membantu memberikan fasilitas riset dalam mendukung terselesaikannya penelitian ini serta selalu memberikan ilmu dan dukungan serta saran yang membangun.
8. Tim membran yang telah memberikan bantuan dalam penelitian ini.
9. Sahabat baik ku yang bernama Noveta, Mubah, Adita, Icah, April, dan Rahmi yang menemani, mendukung, membantu dan menghibur penulis untuk menyelesaikan tugas akhir ini.
10. Teman seperjuangan angkatan 2019 (Elysian) dan rekan-rekan mahasiswa/i jurusan Teknik Lingkungan yang telah memberikan bantuan dan dukungan selama menempuh pendidikan di prodi Teknik Lingkungan ULM.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan tugas akhir ini masih terdapat kekurangan. Oleh karena itu, dengan segala kerendahan hati, penulis mengharapkan kritik, saran, bimbingan serta nasehat yang membangun demi kesempurnaan dari tugas akhir ini.

Banjarbaru, Oktober 2023



Santi Widiawardani

## DAFTAR ISI

<b>SKRIPSI</b> .....	<b>i</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....	<b>ii</b>
<b>ABSTRAK</b> .....	<b>iii</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>iv</b>
<b>PERNYATAAN</b> .....	<b>v</b>
<b>PRAKATA</b> .....	<b>vi</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>viii</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xii</b>
<b>DAFTAR SINGKATAN</b> .....	<b>xiii</b>
<b>I. PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	3
1.3. Batasan Masalah.....	4
1.4. Tujuan Penelitian.....	4
1.5. Manfaat Penelitian.....	5
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>6</b>
2.1. Landasan Teori.....	6
2.1.1 Air Limbah POME.....	6
2.1.2 Proses Koagulasi.....	8
2.1.3 Penerapan Teknologi Membran pada POME .....	13
2.1.4 Klasifikasi Membran .....	15
2.1.5 Karakterisasi Membran.....	16
2.1.6 Membran <i>Flat Sheet</i> Poliamida.....	16
2.1.7 Parameter Kinerja Membran.....	18



2.2.	Studi Pustaka .....	19
2.3.	Hipotesis.....	21
<b>III.</b>	<b>METODE PENELITIAN .....</b>	<b>22</b>
3.1.	Rancangan Penelitian.....	22
3.2.	Variabel penelitian .....	22
3.3.	Kerangka penelitian.....	23
3.4.	Objek Penelitian .....	23
3.5.	Waktu dan Tempat Penelitian.....	23
3.6.	Alat dan Bahan Penelitian .....	24
3.6.1	Bahan Penelitian .....	24
3.6.2	Alat Penelitian .....	24
3.7.	Prosedur Penelitian .....	24
3.7.1	Pengambilan Sampel Air Limbah POME .....	24
3.7.2	Karakterisasi Sampel Air Limbah POME .....	25
3.7.3	Tahap Pra-Pengolahan Koagulasi.....	25
3.7.4	Karakterisasi Membran <i>Flat Sheet</i> Poliamida .....	26
3.7.5	Aplikasi Membran <i>Flat Sheet</i> Poliamida.....	27
3.8.	Teknik Pengumpulan Data.....	28
3.8.1	Data Primer .....	28
3.8.2	Data Sekunder .....	28
3.9.	Analisis data .....	28
3.9.1	Karakteristik Sampel POME .....	28
3.9.2	Efisiensi Penyisihan Koagulasi .....	29
3.9.3	Pengaruh Variasi Tekanan .....	29
<b>IV.</b>	<b>HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>31</b>
4.1.	Karakteristik Sampel Limbah POME.....	31

4.2.	Proses Pra-pengolahan (Koagulasi) .....	34
4.2.1	pH Terbaik.....	34
4.2.2	Dosis PAC Terbaik .....	35
4.3.	Karakteristik Membran <i>Flat Sheet</i> Poliamida .....	38
4.3.1	Analisis FTIR .....	38
4.3.2	Analisis Morfologi Membran (SEM).....	39
4.3.3	Permeabilitas.....	41
4.4.	Aplikasi Membran <i>Flat Sheet</i> Poliamida.....	43
4.4.1	Pengaruh Tekanan Terhadap Fluks Air Limbah POME .....	43
4.4.2	Pengaruh Tekanan Terhadap Rejeksi Membran.....	46
<b>V.</b>	<b>KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>49</b>
5.1.	Kesimpulan.....	49
5.2.	Saran.....	49
	<b>DAFTAR RUJUKAN .....</b>	<b>51</b>
	<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>57</b>
	Lampiran A. Logbook Kegiatan Penelitian.....	58
	Lampiran B. Pembuatan Larutan Dan Perhitungan .....	69
	Lampiran C. Tabel Hasil Pengamatan dan Perhitungan.....	74

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2. 1</b> Studi Pustaka Penelitian .....	19
<b>Tabel 3.1</b> Rancangan Proses Percobaan .....	22
<b>Tabel 4. 1</b> Karakteristik Limbah POME .....	32
<b>Tabel 4. 2</b> Perbandingan Karakteristik Limbah POME .....	33

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 3. 1</b> Diagram Alir Penelitian .....	23
<b>Gambar 3. 2</b> Rangkaian Alat Ultrafiltrasi Sistem <i>Cross-flow</i> .....	27
<b>Gambar 4. 1</b> Sampel Air Limbah POME .....	31
<b>Gambar 4. 2</b> Grafik Penyisihan Terhadap Variasi pH .....	34
<b>Gambar 4. 3</b> Grafik Penyisihan PAC Terhadap Variasi Dosis.....	36
<b>Gambar 4. 4</b> Hasil Proses Koagulasi Terhadap Variasi Dosis .....	37
<b>Gambar 4. 5</b> Spektrum FTIR dari Membran Poliamida .....	39
<b>Gambar 4. 6</b> Hasil Uji SEM Membran <i>Flat Sheet</i> Poliamida .....	40
<b>Gambar 4. 7</b> Grafik Fluks Permeabilitas Membran Poliamida.....	41
<b>Gambar 4. 8</b> Nilai Fluks Akuades Membran <i>Flat sheet</i> Poliamida .....	42
<b>Gambar 4. 9</b> Nilai Fluks Air Limbah POME Membran <i>Flat sheet</i> Poliamida.....	44
<b>Gambar 4. 10</b> Pengaruh Tekanan Terhadap Kinerja Membran Poliamida.....	46

## DAFTAR SINGKATAN

BPS	=	Badan Pusat Statistik
POME	=	<i>Palm Oil Mill Effluent</i>
TSS	=	<i>Total Suspended Solid</i>
BOD	=	<i>Biochemical Oxygen Demand</i>
COD	=	<i>Chemical Oxygen Demand</i>
PACl	=	<i>Poly Alumunium Chloride</i>
IPAL	=	Instalasi Pengolahan Air Limbah
NTU	=	<i>Nephelometric Turbidity Unit</i>
UF	=	Ultrafiltrasi
MF	=	Mikrofiltrasi
NF	=	Nanofiltrasi
RO	=	Reverse Osmosis
SEM	=	<i>Scanning Electron Microscope</i>
FTIR	=	<i>Fourier Transform InfraRed</i>
PA	=	Poliamida
RPM	=	<i>Revolution per minute</i>
UV	=	Ultraviolet