

TUGAS AKHIR

PENGARUH PRA-PENGOLAHAN KOAGULASI TERHADAP KINERJA MEMBRAN *HOLLOW FIBER* PVDF TERMODIFIKASI PADA PROSES PENYISIHAN KEKERUHAN DAN WARNA AIR LIMBAH POME

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

Dibuat:

Nur Yassa Yuzaeva

NIM. 1910815120013

Pembimbing I
Dr. H. Mahmud, S.T., M.T.

Pembimbing II
Prof. Ir. Muthia Elma, S.T., 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 TERHADAP KINERJA MEMBRAN
HOLLOW FIBER PVDF TERMODIFIKASI PADA PROSES PENYISIHAN
KEKERUHAN DAN WARNA AIR LIMBAH POME**

Oleh

Nur Yassa Yuzaeva (1910815120013)

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

LULUS

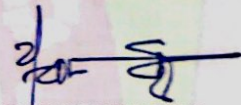
Komite Penguji :

Ketua : Chairul Abdi, S.T., M.T.
NIP 197807122012121002

Anggota 1 : Riza Miftahul Khair, S.T. M.Eng.
NIP 19840510 201601108001

**Pembimbing
Utama :** Dr. H. Mahmud, S.T., M.T.
NIP 19740171998021001

**Pembimbing
Pendamping :** Prof. Ir. Muthia Elma, S.T., M.Sc., Ph.D.
NIP 197405212002122003



Banjarbaru, 02 JAN 2024

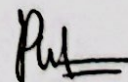
Diketahui dan disahkan oleh:

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

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



Dr. H. Mahmud, S.T., M.T.
NIP 19740171998021001



Dr. Rizqi Puteri Mahyudin, S.Si., M.S.
NIP 198708282012122001

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 merupakan gagasan, rumusan dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain kecuali arahan Dosen Pembimbing.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas mencantumkan dalam daftar pustaka sebagai acuan dalam penulisan naskah.
4. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dengan pencabutan gelar yang sudah saya peroleh, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi.

Banjarbaru, 22 Desember 2023

Yang membuat pernyataan,



Nur Yassa Yuzaeva

NIM. 1910815120013

ABSTRAK

Limbah cair pabrik kelapa sawit (POME) merupakan produk sampingan yang dihasilkan pada produksi *Crude Palm Oil* dan mengandung kontaminan tinggi. Limbah POME sebagai salah satu sumber pencemar dapat memberikan dampak negatif bagi lingkungan sehingga perlu pengolahan lebih lanjut dengan metode yang tepat. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh pra-pengolahan koagulasi terhadap kinerja membran *hollow fiber* berbasis PVDF/TiO₂/SBE. Metode yang digunakan adalah metode gabungan antara proses koagulasi dan ultrafiltrasi. Pada proses koagulasi pH limbah POME diatur (5; 6; 7; 8) dan koagulan PAC divariasikan (250; 500; 1000; 1500; 2000 mg/L). Proses koagulasi diakhiri dengan pengadukan cepat 150 rpm selama 1 menit, dilanjutkan dengan pengadukan lambat 40 rpm selama 15 menit dan waktu pengendapan selama 30 menit. Proses ultrafiltrasi membran dilakukan selama 60 menit dengan variasi tekanan operasi (1,0; 2,0; dan 3,0 bar). Selain itu, analisis fluks permeat dan rejeksi membran *hollow fiber* PVDF/TiO₂/SBE juga dilakukan. Pada setiap proses pengolahan dilakukan pengujian kualitas efluen dengan parameter pH, kekeruhan, dan warna. Hasil penelitian menunjukkan bahwa persentase penyisihan kekeruhan dan warna menunjukkan peningkatan pada pH rendah (pH 5-7) dengan kondisi terbaik pada pH 7 dengan penyisihan kekeruhan dan warna sebesar 89,42% dan 89,18%. Dosis koagulan terbaik pada proses koagulasi menunjukkan bahwa dosis 1500 mg/L menghasilkan nilai penyisihan tertinggi untuk setiap parameter kekeruhan dan warna yaitu 100% dan 95,52%. Proses gabungan koagulasi-ultrafiltrasi menggunakan air umpan hasil koagulasi dengan konsentrasi dosis 500 mg/L. Persentase rejeksi membran *hollow fiber* PVDF/TiO₂/SBE terbaik terdapat pada tekanan 2 bar yaitu dengan penyisihan kekeruhan dan warna sebesar 93,78% dan 74,71% dengan nilai fluks 4,901 L/m².jam.

Kata kunci: *Hollow Fiber*, Koagulasi, *Palm Oil Mill Effluent*, *Poly Aluminium Chloride*, Ultrafiltrasi

ABSTRACT

Palm oil mill effluent (POME) is a by-product of Crude Palm Oil production and contains high contaminants. POME waste as one of the sources of pollutants can have a negative impact on the environment so it needs further processing with the right method. This study aims to analyze the effect of coagulation pre-treatment on the performance of PVDF/TiO₂/SBE-based hollow fiber membrane. The method used is a combined method between coagulation and ultrafiltration processes. In the coagulation process, the pH of the POME effluent was adjusted (5; 6; 7; 8) and the PAC coagulant was varied (250; 500; 1000; 1500; 2000 mg/L). The coagulation process ended with a rapid stirring of 150 rpm for 1 minute, followed by a slow stirring of 40 rpm for 15 minutes and a settling time of 30 minutes. The membrane ultrafiltration process was carried out for 60 minutes with variations in operating pressure (1.0; 2.0; and 3.0 bar). In addition, permeate flux and rejection analysis of the PVDF/TiO₂/SBE hollow fiber membrane was also conducted. In each treatment process, effluent quality testing is carried out with the parameters of pH, turbidity, and color. The results showed that the percentage of turbidity and color removal showed an increase at low pH (pH 5-7) with the best condition at pH 7 with turbidity and color removal of 89.42% and 89.18%. The best coagulant dose in the coagulation process shows that a dose of 1500 mg/L produces the highest removal value for each turbidity and color parameter, namely 100% and 95.52%. The combined coagulation-ultrafiltration process uses coagulated feed water with a dosage concentration of 500 mg/L. The best percentage of hollow fiber PVDF/TiO₂/SBE membrane rejection is at a pressure of 2 bar, namely with turbidity and color removal of 93.78% and 74.71% with a flux value of 4.901 L/m².hour.

Keywords: Coagulation, Hollow Fiber, Palm Oil Mill Effluent, Poly Aluminium Chloride, Ultrafiltration

PRAKATA

Puji dan syukur senantiasa penulis panjatkan kehadirat Allah SWT. yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga Penulis dapat menyusun dan menyelesaikan Skripsi Tugas Akhir yang berjudul **“Pengaruh Pra-Pengolahan Koagulasi terhadap Kinerja Membran *Hollow Fiber* PVDF Termodifikasi pada Proses Penyisihan Kekeruhan dan Warna Air Limbah POME”**. Tugas ini merupakan salah satu prasyarat meraih gelar sarjana di Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Lambung Mangkurat. Pada kesempatan ini, penulis mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada:

1. Allah SWT. yang telah memberikan kemampuan, kekuatan, serta kelancaran dalam menyelesaikan Skripsi Tugas Akhir.
2. Kedua orang tua dan keluarga yang selalu memberikan do'a serta dorongan, baik dalam segi moril maupun materil.
3. Bapak Dr. H. Mahmud, S.T., M.T. dan Ibu Prof. Ir. Muthia Elma, S.T., M.Sc., Ph.D. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan serta masukan dalam menyusun Skripsi Tugas Akhir.
4. Bapak Chairul Abdi, S.T., M.T. dan Bapak Riza Miftahul Khair, S.T., M.Eng selaku dosen penguji yang telah memberikan saran dan masukan yang membangun dalam Skripsi Tugas Akhir.
5. Rekan-rekan *Materials and Membranes Research Group (M²ReG)* yang turut membantu serta memberikan dorongan selama pengerjaan Skripsi Tugas Akhir.

6. Nur Aulia Putri, Gina Raudatul Madinah, dan Setianingsih Wulan Rahmadani yang selalu ada dan menjadi teman cerita sekaligus menjadi *support system* dalam pengerjaan Tugas Akhir.
7. Teman-teman tim penelitian *Bismillah TA* (Suci Nisa Zakia, Sekar Yuniar Banowati, Santi Widiawardani, dan Rahmat Subkhan).
8. Rekan-rekan Mahasiswa Teknik Lingkungan Angkatan 2019 *Elysian* yang selalu memberikan dukungan.
9. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu-persatu yang turut membantu dalam penyusunan Skripsi Tugas Akhir.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan Skripsi Tugas Akhir ini masih banyak kekurangan. Dengan segala kerendahan hati penulis mengharapkan kritik, saran, dan masukan yang membangun untuk kesempurnaan laporan ini serta agar dapat memberikan manfaat dan meningkatkan pengetahuan, baik bagi penulis maupun pembaca dalam bidang pengolahan air limbah POME menggunakan teknologi membran.

Banjarbaru, 22 Desember 2023



Nur Yassa Yuzaeva

DAFTAR ISI

COVER.....	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN.....	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
PRAKATA	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
DAFTAR SINGKATAN.....	xv
DAFTAR SIMBOL	xvi
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah.....	3
1.3 Batasan Masalah.....	4
1.4 Tujuan Penelitian.....	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	5
II. TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Landasan Teori.....	6
2.1.1 <i>Palm Oil Mill Effluent</i>	6
2.1.2 Teknologi Membran.....	10
2.1.3 Membran Ultrafiltrasi	11
2.1.4 Modifikasi Membran	13

2.1.5	Modul Membran <i>Hollow Fiber</i>	14
2.1.6	Karakteristik Membran	15
2.1.7	<i>Fouling</i> Membran	17
2.1.8	Koagulasi	18
2.1.9	Proses Hibrid Koagulasi dan Filtrasi Membran	20
2.2	Studi Pustaka	20
2.3	Hipotesis	22
III.	METODE PENELITIAN	23
3.1	Rancangan Penelitian	23
3.1.1	Variabel Penelitian	24
3.1.2	Objek Penelitian	24
3.1.3	Kerangka penelitian	24
3.2	Waktu dan Tempat Penelitian	26
3.3	Bahan dan Peralatan Penelitian	26
3.3.1	Bahan Penelitian	26
3.3.2	Peralatan Penelitian	26
3.4	Prosedur Penelitian dan Teknik Pengumpulan Data	27
3.4.1	Prosedur Penelitian	27
3.4.2	Pengumpulan Data	30
3.5	Cara Analisis Data	31
3.5.1	Analisis Karakteristik Air Limbah POME	31
3.5.2	Kondisi Optimum Proses Koagulasi Pada Kinerja Membran	32
IV.	HASIL DAN PEMBAHASAN	34
4.1	Karakteristik Air Limbah Kelapa Sawit PT. X	34
4.2	Proses Pra-Pengolahan Koagulasi	36

4.2.1	pH Optimum	36
4.2.2	Dosis Koagulan Optimum	38
4.3	Karakteristik Membran.....	40
4.2.3	Permeabilitas.....	40
4.2.4	Gugus Fungsi Membran	42
4.2.5	Morfologi Membran.....	44
4.4	Proses Membran Ultrafiltrasi.....	45
V.	KESIMPULAN DAN SARAN.....	53
5.1	Kesimpulan.....	53
5.2	Saran.....	54
	DAFTAR RUJUKAN	55
	LAMPIRAN.....	64

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1	Proses Pemisahan pada Membran	12
Gambar 2. 2	Modul Membran Hollow Fiber berbasis PVDF/TiO ₂ /SBE	14
Gambar 3. 1	Kerangka Penelitian	25
Gambar 3. 2	Ilustrasi Proses Uji Jart Test pada Tahap Koagulasi	29
Gambar 3. 3	Ilustrasi Proses Ultrafiltrasi pada Pengolahan Air Limbah POME Menggunakan Membran Berbasis PVDF/TiO ₂ /SBE	30
Gambar 4. 1	Pengaruh Variasi pH POME (5; 6; 7; dan 8) terhadap Hasil Penyisihan Proses Koagulasi (Kekeruhan dan Warna) dan Penurunan pH pada Dosis PAC 2000 mg/L	37
Gambar 4. 2	Pengaruh Variasi Dosis PAC (250; 500; 1000; 1500; dan 2500 mg/L) terhadap Hasil Penyisihan Proses Koagulasi (Kekeruhan dan Warna) dan Penurunan pH pada pH Optimum (pH 7)	39
Gambar 4. 3	Hubungan Antara Fluks Akuades terhadap Variasi Tekanan Membran.....	41
Gambar 4. 4	Spektrum FTIR Membran PVDF/TiO ₂ /SBE	42
Gambar 4. 5	Hasil Uji SEM Membran Hollow Fiber PVDF/TiO ₂ /SBE	44
Gambar 4. 6	Hubungan Antara Fluks Membran Menggunakan Air Umpan POME Hasil Koagulasi dengan Variasi Tekanan terhadap Lama Waktu Operasi	46
Gambar 4. 7	Pengaruh Tekanan Operasi Terhadap Fluks dan Permeabilitas Membran dengan Variasi Air Umpan (Akuades dan POME)	48
Gambar 4. 8	Pengaruh Tekanan Operasi terhadap Kinerja Membran: Fluks Membran dan Koefisien Rejeksi Kekeruhan dan Warna	49

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1	Karakteristik POME Sebelum Diolah	7
Tabel 2. 2	Karakteristik Proses Membran.....	11
Tabel 2. 3	Studi Pustaka	20
Tabel 3. 1	Rancangan Penelitian.....	23
Tabel 4. 1	Hasil Uji Karakteristik Awal POME PT. X.....	34

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A. 1	Pembuatan Larutan Asam dan Basa	66
Lampiran A. 2	Perhitungan Dosis PAC	67
Lampiran A. 3	Perhitungan Efisiensi Penyisihan Proses Koagulasi	68
Lampiran A. 4	Prosedur Pengujian Warna.....	69
Lampiran A. 5	Perhitungan Fluks Permeat dan Rejeksi Membran Hollow Fiber PVDF/TiO ₂ /SBE.....	70
Lampiran B. 1	Karakteristik Awal POME PT. X.....	73
Lampiran B. 2	Pengukuran pH Setelah Proses Koagulasi Penentuan pH Optimum.....	73
Lampiran B. 3	Pengukuran Kekeruhan Setelah Proses Koagulasi Penentuan pH Optimum	74
Lampiran B. 4	Pengukuran UV ₄₅₆ Setelah Proses Koagulasi Penentuan pH Optimum.....	74
Lampiran B. 5	Pengukuran Warna Setelah Proses Koagulasi Penentuan pH Optimum.....	75
Lampiran B. 6	Pengukuran pH Setelah Proses Koagulasi Penentuan Dosis Optimum.....	75
Lampiran B. 7	Pengukuran Kekeruhan Setelah Proses Koagulasi Penentuan Dosis Optimum.....	76
Lampiran B. 8	Pengukuran UV ₄₅₆ Setelah Proses Koagulasi Penentuan Dosis Optimum.....	76
Lampiran B. 9	Pengukuran Warna Setelah Proses Koagulasi Penentuan Dosis Optimum.....	77

Lampiran B. 10	Nilai Fluks Membran Hollow Fiber PVDF/TiO ₂ /SBE pada Akuades	78
Lampiran B. 11	Nilai Fluks Membran Hollow Fiber PVDF/TiO ₂ /SBE pada Limbah POME Setelah Proses Koagulasi	80
Lampiran B. 12	Rekap Nilai Fluks Permeat	82
Lampiran B. 13	Pengukuran Kekeruhan Setelah Proses Hibrid Koagulasi-Ultrafiltrasi	83
Lampiran B. 14	Pengukuran UV ₄₅₆ Setelah Proses Hibrid Koagulasi-Ultrafiltrasi	83
Lampiran B. 15	Pengukuran Warna Setelah Proses Hibrid Koagulasi-Ultrafiltrasi	83
Lampiran B. 16	Pengukuran pH Setelah Proses Hibrid Koagulasi-Ultrafiltrasi .	84
Lampiran C. 1	Pengambilan dan Penyimpanan Limbah POME	87
Lampiran C. 2	Karakterisasi Limbah POME.....	88
Lampiran C. 3	Proses Pra-Perlakuan Koagulasi	90
Lampiran C. 4	Proses Ultrafiltrasi Membran Hollow Fiber PVDF/TiO ₂ /SBE....	94

DAFTAR SINGKATAN

ATR	=	<i>Attenuated Total Reflectance</i>
BOD	=	<i>Biochemical Oxygen Demand</i>
COD	=	<i>Chemical Oxygen Demand</i>
CPO	=	<i>Crude Palm Oil</i>
FTIR	=	<i>Fourier Transform Infrared Spectroscopy</i>
HF	=	<i>Hollow Fiber</i>
LCPKS	=	Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit
UF	=	Ultrafiltrasi
NTU	=	<i>Nephelometric Turbidity Unit</i>
PAC	=	<i>Poly Aluminium Chloride</i>
pH	=	<i>Power of Hydrogen</i>
POME	=	<i>Palm Oil Mill Effluent</i>
PtCo	=	<i>Platinum Cobalt</i>
PVDF	=	<i>Polyvinylidene Fluoride</i>
rpm	=	<i>Revolution per Minute</i>
SBE	=	<i>Spent Bleaching Earth</i>
SEM	=	<i>Scanning Electron Microscopy</i>
TMP	=	<i>Trans Membrane Pressure</i>
TSS	=	<i>Total Suspended Solid</i>

DAFTAR SIMBOL

μm	=	Mikrometer/mikron
nm	=	Nanometer
E	=	Efisiensi Penyisihan (%)
J	=	Fluks ($\text{L}/\text{m}^2\cdot\text{jam}$)
V	=	Volume permeat (mL)
A	=	Luas permukaan membran (m^2)
T	=	Waktu (jam)
P	=	Tekanan (bar)
R	=	Koefisien rejeksi (%)
C_1	=	Konsistensi zat terlarut dalam permeat
C_0	=	Konsentrasi zat terlarut dalam <i>feed</i>