

## TUGAS AKHIR

### **PENINGKATAN KINERJA MEMBRAN ULTRAFILTRASI ALIRAN DEAD-END PADA PENYISIHAN BAHAN ORGANIK DALAM EFLUEN IPAL DOMESTIK DENGAN PRA-PERLAKUAN ADSORPSI**

Diajukan sebagai salah satu persyaratan mencapai derajat Sarjana S1  
Pada Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Lambung  
Mangkurat

Dibuat:

**Anisa Yuliani**

NIM. H1E114207

Pembimbing I  
**Dr. Mahmud, ST., MT.**  
NIP. 19740107 199802 1 001

Pembimbing II  
**Chairul Abdi, ST., MT.**  
NIP. 19780712 201212 1 002



**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS LAMBUNG MANGKURAT  
BANJARBARU  
2018**

## TUGAS AKHIR

### PENINGKATAN KINERJA MEMBRAN ULTRAFILTRASI ALIRAN DEAD-END PADA PENYISIHAN BAHAN ORGANIK DALAM EFLUEN IPAL DOMESTIK DENGAN PRA-PERLAKUAN ADSORPSI

Oleh:

**Anisa Yuliani**

NIM. H1E114207

Telah dipertahankan didepan Dewan Penguji pada hari Senin tanggal 17  
Desember 2018 dan dinyatakan Lulus

Pembimbing I



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

Susunan Dewan Penguji

1. Muhammad Firmansyah, ST., MT  
NIP. 19890911 201504 1 002

2. Dr. Hafizh Prasetya, S.Si, M.S  
NIP. 2017198507100801



Pembimbing II



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

Ketua Program Studi  
Teknik Lingkungan



**Dr. Rony Riduan, ST., MT.**  
NIP. 19761017 199903 1 003



Banjarbaru, 20 Desember 2018  
Fakultas Teknik ULM  
Wakil Dekan I

**Chairul Irawan, ST., MT., Ph.D.**  
NIP. 19750404 200003 1 002

## ABSTRAK

Fouling merupakan salah satu kendala yang membatasi kinerja membran ultrafiltrasi (UF). Keberadaan Bahan Organik (BO) merupakan penyebab utama terjadinya fouling membran pada air efluen IPAL Domestik. Pra-perlakuan adsorpsi mampu menjadi solusi untuk mengurangi fouling dan meningkatkan performa membran UF. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh pra-perlakuan adsorpsi terhadap nilai fluks pada membran UF-SA, dan menganalisis model pembentukan fouling yang paling tepat untuk menggambarkan proses hibrid adsorpsi dan UF-SA. Proses hibrid adsorpsi dan UF-SA dilakukan pada kondisi optimum dengan pH 4 dan dosis optimum *Powdered Activated Carbon* (PAC) 100 mg/L pada tekanan 1-3 bar. Tekanan operasi terbaik terjadi pada tekanan 3 bar dengan nilai fluks permeat sebesar 170,828 L/m<sup>2</sup>.jam dan penyisihan BO sebesar 87,92% (UV<sub>254</sub>) dan 86,03% (UV<sub>456</sub>). Tekanan 1 bar memiliki potensi fouling paling tinggi dengan nilai R<sup>2</sup> = 0,998. *Modified Fouling Index* (MFI) merupakan pemodelan yang tepat untuk menggambarkan pembentukan fouling pada proses hibrid adsorpsi dan UF-SA pada penyisihan air efluen.

Kata kunci: Adsorpsi, BO, Efluen IPAL Domestik, Fouling, Ultrafiltrasi

## ABSTRACT

*Fouling is one of the constrain that limit the performance of ultrafiltration (UF) membranes. The presence of organic matter is one of the main causes of fouling membrane in effluent water of domestic WWTP. Adsorption pretreatment is applicable to this problem in order to reduce fouling membrane and enhance cellulose acetate ultrafiltration (UF-SA) membrane performance. The objectives of this research are to investigate the effect of adsorption pretreatment to flux on UF-SA membrane, and to analyze the forming of fouling model for hybrid adsorption and UF-SA process. Hybrid adsorption and UF-SA process conducted under optimum conditions with pH 4 and Powdered Activated Carbon (PAC) dose of 100 mg/L at pressure 1-3 bar. The best operating pressure occurs at 3 bar with permeate flux is 170,828 L/m<sup>2</sup>.jam and removal of organic matter are 87,92% (UV<sub>254</sub>) and 86,03% (UV<sub>456</sub>). Pressure 1 bar has a high fouling potential with R2 0,998. Modified Fouling Index (MFI) is an appropriate model to illustrate the formation of fouling on hybrid adsorption and UF-SA process on organic matter removal in effluent water.*

*Keywords: Adsorption, Organic Matter, Effluent Domestic WWTP, Fouling, Ultrafiltration*

## PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyusun dan menyelesaikan tugas akhir yang berjudul “Peningkatan Kinerja Membran Ultrafiltrasi Aliran Dead-end Pada Penyisihan Bahan Organik Dalam Efluen IPAL Domestik Dengan Pra-perlakuan Adsorpsi”. Adapun tujuan penulisan rencana penelitian ini adalah sebagai salah satu persyaratan dalam menyusun Tugas Akhir pada Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Lambung Mangkurat. Dalam menyusun laporan Tugas Akhir ini, penulis menyampaikan terimakasih kepada:

1. Orang tua dan keluarga penulis yang selalu memberikan kasih sayang dan dukungannya selama ini baik moril maupun materil.
2. Bapak Dr. Mahmud, S.T., M.T. selaku pembimbing I, dan Bapak Chairul Abdi, S.T., M.T. selaku pembimbing II, yang telah membimbing dan memberikan masukan dalam menyusun proposal Tugas Akhir.
3. Bapak Muhammad Firmansyah, ST., MT dan Bapak Dr. Hafiih Prasetya, S.Si, M.S sebagai dosen penguji.
4. Bapak/Ibu Dosen dan Staff admin Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Lambung Mangkurat.
5. Seluruh teman-teman Mahasiswa Teknik Lingkungan khususnya angkatan 2014 (4Teenviro), teman seperjuangan Gengges, Ahmad Syaukani serta semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu-persatu yang telah membantu dan memberikan semangat dan dukungannya kepada penulis.

Penulis menyadari bahwa penyusunan rencana penelitian ini masih memiliki kekurangan. Oleh karena itu, dengan segala kerendahan hati, penulis mengharapkan kritik, saran, bimbingan, serta nasihat yang membangun, agar nantinya Tugas Akhir ini bermanfaat. Wassalamu’alaikum Wr.Wb.

Banjarbaru, 03 Desember 2018

Penulis

---

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
LEMBAR PENGESAHAN .....	ii
ABSTRAK .....	iii
PRAKATA .....	iv
DAFTAR ISI .....	v
DAFTAR TABEL .....	ix
DAFTAR GAMBAR .....	x
DAFTAR LAMPIRAN .....	xi
DAFTAR SINGKATAN DAN LAMBANG .....	xii
I. PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Perumusan Masalah .....	3
1.3 Tujuan Penelitian .....	3
1.4 Manfaat Penelitian .....	3
1.5 Batasan Masalah .....	4
II. TINJAUAN PUSTAKA .....	5
2.1 Air Limbah Domestik .....	5
2.2 Membran .....	8
2.3 Membran Ultrafiltrasi .....	10
2.4 Fouling Membran .....	13
2.5 Adsorpsi .....	14
2.6 Adsorpsi Bahan Organik .....	17
2.7 Karakterisasi Membran .....	18
2.8 Studi Literatur .....	22

2.8.1	Penyisihan BO dengan Proses Adsorpsi .....	22
2.8.2	Penyisihan BO dengan Proses Adsorpsi dan Ultrafiltrasi .....	23
2.8.3	Hipotesis .....	25
III.	METODE PENELITIAN .....	26
3.1	Rancangan Penelitian .....	26
3.1.1	Variabel Penelitian .....	27
3.1.2	Waktu dan Tempat Penelitian .....	27
3.1.3	Objek Penelitian .....	27
3.1.4	Kerangka Penelitian .....	28
3.2	Bahan dan Peralatan Penelitian .....	29
3.2.1	Bahan .....	29
3.2.2	Alat .....	29
3.3	Metode dan Teknik Pengumpulan Data .....	29
3.3.1	Pengambilan Sampel Air dan Karakterisasi Sampel Air Efluen ...	29
3.3.2	Preparasi PAC dan Karakterisasi PAC .....	30
3.3.3	Pembuatan Membran UF-SA dan Karakterisasi Membran .....	30
3.3.4	Percobaan Proses Pra-perlakuan Adsorpsi .....	32
3.3.5	Percobaan Proses Hibrid Adsorpsi dan UF-SA .....	33
3.3.6	Teknik Pengumpulan Data .....	34
3.4	Analisis Data .....	35
3.4.1	Permeabilitas .....	35
3.4.2	Selektivitas .....	35
3.4.3	MFI ( <i>Modified Fouling Index</i> ) dan <i>Pore Blocking</i> .....	35
3.4.4	Kurva <i>Saturated</i> .....	36
IV.	HASIL DAN PEMBAHASAN .....	37

4.1	Karakteristik Air Efluen .....	37
4.2	Karakteristik Membran Ultrafiltrasi Selulosa Asetat .....	39
4.2.1	Permeabilitas Membran Ultrafiltrasi Selulosa Asetat .....	39
4.2.2	Analisis Morfologi Membran Ultrafiltrasi Selulosa Asetat .....	40
4.3	Proses Hibrid Adsorpsi dan Ultrafiltrasi Selulosa Asetat.....	42
4.3.1	Proses Pra-perlakuan Adsorpsi Kation Aktif.....	42
4.3.2	Proses Hibrid Adsorpsi dan UF-SA .....	45
V.	PENUTUP .....	53
5.1	Kesimpulan .....	53
5.2	Saran .....	53
	DAFTAR RUJUKAN .....	54
	LAMPIRAN .....	59



## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Karakteristik Efluen IPAL Pekapuran Raya (Uji Pendahuluan). ....	6
Tabel 2.2 Nilai SUVA dan Komposisi BO.....	8
Tabel 2.3 Karakteristik Membran dengan Driving Force Perbedaan Tekanan.....	9
Tabel 3.1 Rancangan Percobaan Karakterisasi Membran.....	26
Tabel 4.1 Hasil Karakterisasi Air Efluen .....	37
Tabel 4.2 Nilai MFI Pada Masing-Masing Tekanan.....	49
Tabel 4.3 Nilai $S_{pb}$ Pada Masing-Masing Tekanan .....	50
Tabel 4.4 Nilai $V_{max}$ dan $K_f$ Pada Masing-Masing Tekanan .....	51

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Aliran Pada Membran.....	8
Gambar 2.2 Sistem Pengaliran Umpan: Dead-End dan Cross-Flow .....	18
Gambar 3.1 Skema Peralatan Operasi UF Sistem Dead-end .....	26
Gambar 3.2 Diagram Alir Rencana Penelitian.....	28
Gambar 4.1 Grafik Hubungan Antara Fluks Akuades Terhadap Tekanan.....	39
Gambar 4.2 Foto SEM Membran SA Sebelum Digunakan Tampak Permukaan dan Penampang Melintang .....	40
Gambar 4.3 Foto SEM Membran Setelah Dilewatkan Permeat Tampak Permukaan dan Penampang Melintang.....	41
Gambar 4.4 Grafik Hubungan Antara Presentase Penyisihan BO Terhadap pH .....	43
Gambar 4.5 Grafik Hubungan Presentase Penyisihan Terhadap Dosis .....	44
Gambar 4.6 Grafik Hubungan Antara Fluks Permeat Terhadap Waktu .....	46
Gambar 4.7 Grafik Hubungan Antara Fluks Akuades Dan Fluks Permeat Terhadap Tekanan.....	46
Gambar 4.8 Grafik Persen Penyisihan Antara Fluks Permeat Terhadap Variasi Tekanan Untuk Mengetahui Tekanan Optimum.....	47
Gambar 4.9 Grafik Dosis Optimum Pada Proses Hibrid Adsorpsi UF-SA.....	48
Gambar 4.10 Grafik MFI Hubungan Volume Permeat Terhadap Waktu .....	50
Gambar 4.11 Grafik Pore Blocking Hubungan Antara Volume Permeat Terhadap Waktu.....	51
Gambar 4.12 Grafik Kurva Saturated Hubungan Antara Volume Permeat Terhadap Waktu.....	52

## DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A. Contoh Perhitungan.....	60
LAMPIRAN B. Tabel Hasil Pengamatan .....	66
LAMPIRAN C. Grafik dan Perhitungan .....	87
LAMPIRAN D. Log Book Penelitian .....	92
LAMPIRAN E. Lembar Hasil Uji Laboratorium .....	100
LAMPIRAN F. Dokumentasi Kegiatan Penelitian .....	105

## DAFTAR SINGKATAN DAN LAMBANG

SINGKATAN		Halaman Pertama kali Ditemukan
BO	Bahan Organik.....	1
BOD	Biological Oxygen Demand.....	4
COD	Chemical Oxygen Demand.....	4
DOC	<i>Dissolved Organic Carbon</i> .....	2
MF	Mikrofiltrasi.....	5
MFI	<i>Modified Fouling Index</i> .....	25
NF	Nanofiltrasi.....	5
PAC	<i>Powdered Activated Carbon</i> .....	iv
RO	<i>Reverse Osmosis</i> .....	5
SA	Selulosa Asetat.....	iv
TDS	<i>Total Dissolve Solid</i> .....	iv
TSS	<i>Total Suspended Solid</i> .....	4
TOC	<i>Total Organic Carbon</i> .....	2
UF	Ultrafiltrasi.....	1

LAMBANG		Halaman Pertama kali Ditemukan
$\Delta P$	Tekanan yang digunakan (Pa).....	15
$A$	Luas permukaan membran ( $m^2$ ).....	19
$B$	Konstanta.....	16
$C_b$	Konsentrasi partikel pada air baku (mg/L).....	21
$C_f$	Konsentrasi zat terlarut dalam umpan.....	20
$C_p$	Konsentrasi terlarut dalam permeat.....	20
$J$	Fluks ( $L/m^2 \text{ jam}$ ).....	19
$J_0$	Fluks pada waktu 0.....	14
$J_t$	Fluks pada waktu $t$ .....	14
$J/J_0$	Rasio fluks.....	14
$K_f$	Ketetapan filtrasi.....	16
$\eta$	Viskositas air pada $20^\circ \text{ C}$ ( $\text{Ns}/m^2$ ).....	15

P	Tekanan (bar).....	14
R	Koefesiensi rejksi (%).....	20
<i>R<sub>m</sub></i>	Resistensi membran.....	15
<i>S<sub>pb</sub></i>	<i>Pore blocking</i> .....	16
t	Waktu (jam).....	19
V	Volume permeat (Liter).....	19
<i>V<sub>max</sub></i>	Nilai potensial fouling.....	16
$\alpha$	Resistensi spesifik pada lapisan <i>cake</i> .....	21