

TUGAS AKHIR

PENINGKATAN KINERJA ULTRAFILTRASI ALIRAN *DEAD-END* PADA PENYISIHAN BAHAN ORGANIK DALAM EFLUEN IPAL DOMESTIK MENGUNAKAN PRA-PERLAKUAN KOAGULASI-ADSORPSI DENGAN KOAGULAN ORGANIK TANAH LEMPUNG GAMBUT (TLG)

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

Disusun Oleh :

Winaldy Rahman

NIM. H1E114031

Pembimbing I

Dr. Mahmud, S.T., M.T

Pembimbing II

Chairul Abdi, S.T., M.T



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

**LEMBAR PENGESAHAN
TUGAS AKHIR**

**PENINGKATAN KINERJA ULTRAFILTRASI ALIRAN *DEAD-END* PADA
PENYISIHAN BAHAN ORGANIK DALAM EFLUEN IPAL DOMESTIK
MENGUNAKAN PRA-PERLAKUAN KOAGULASI-ADSORPSI
DENGAN KOAGULAN ORGANIK TANAH LEMPUNG GAMBUT (TLG)**

Dibuat:

Winaldy Rahman
NIM. H1E114031


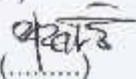
Telah dipertahankan didepan Dewan Penguji pada hari Selasa
tanggal 18 Desember 2018 dan dinyatakan Lulus

Pembimbing I



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

Susunan Dewan Penguji

1. Dr. Rony Riduan, S.T., M.T.  (.....)
NIP. 19761017 199903 1 003
2. Riza Miftahul Khair, S.T., M.Eng.  (.....)
NIP. 19840510201601108001

Pembimbing II



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

Ketua Program Studi
Teknik Lingkungan



Dr. Rony Riduan, S.T., M.T.
NIP. 19761017 199903 1 003

Banjarbaru, 7 Januari 2019
Wakil Dekan I Fakultas Teknik
Universitas Lambung Mangkurat,



Chairul Irawan, S.T., M.T., Ph.D
NIP. 19750404 200003 1 002

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 pihak lain kecuali arahan Dosen Pembimbing.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya ataupun pendapat orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas mencantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama penulis dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Program *software* computer yang digunakan dalam penelitian ini sepenuhnya menjadi tanggungjawab saya, bukan tanggungjawab Universitas Lambung Mangkurat (apabila menggunakan *software* khusus).
5. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dengan pencabutan gelar yang sudah diperoleh, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi.

Banjarbaru, 18 Desember 2018
Yang membuat pernyataan,

Winaldy Rahman
NIM. H1E114031

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 Pada Penyisihan Bahan Organik Dalam Effluen IPAL Domestik Dengan Pra-Perlakuan Koagulasi-Adsorpsi Menggunakan Koagulan Organik Tanah Lempung Gambut”. 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 tugas akhir ini, penulis menyampaikan terimakasih kepada:

1. Orang tua dan keluarga penulis yang selalu memberikan kasih sayang dan dukungannya.
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 Tugas Akhir.
3. Bapak Dr. Rony Riduan, S.T., M.T. dan Bapak Riza Miftahul Khair, S.T., M.Eng. sebagai dosen penguji.
4. Staff admin Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Lambung Mangkurat.
5. 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 demi kesempurnaan tulisan ini.

Banjarbaru, 18 Desember 2018

Penulis

ABSTRAK

Penggunaan Membran Ultrafiltrasi (UF) mempunyai kendala yaitu terjadinya fouling. Salah satu penyebab fouling adalah keberadaan bahan organik yang berada pada efluen IPAL domestik. Proses pra-perlakuan koagulasi-adsorpsi diketahui mampu mengurangi fouling dan meningkatkan kinerja pada membran UF Selulosa Asetat (UF-SA). Penelitian ini bertujuan untuk menyelidiki proses pra-perlakuan koagulasi-adsorpsi menggunakan koagulan organik Tanah Lempung Gambut (TLG) terhadap peningkatan kinerja membran UF-SA berupa perubahan nilai fluks, efektivitas penyisihan dan menganalisis model *fouling* yang paling tepat untuk menjelaskan penyebab *fouling* yang terjadi pada proses hibrid koagulasi adsorpsi dan membran UF-SA. Proses hibrid koagulasi-adsorpsi dan membran UF-SA dilakukan pada kondisi optimum dengan pH 6 dan dosis koagulan TLG sebesar 4 gr/L serta dosis adsorben PAC sebesar 100 mg/L pada tekanan 1-3 bar. Tekanan operasi optimum terjadi pada tekanan 3 bar dengan nilai fluks permeat mencapai 183.27 L/m².jam dan penyisihan bahan organik sebesar 88.01%. Model kurva saturasi adalah model yang tepat dalam menjelaskan pembentukan fouling pada proses hibrid koagulasi-adsorpsi dan membran UF-SA pada penyisihan bahan organik dalam efluen IPAL domestik.

Kata kunci : Ultrafiltrasi, Koagulasi, Adsorpsi, Bahan Organik, Efluen IPAL Domestik

ABSTRACT

The use of Ultrafiltration Membrane (UF) has an obstacle, namely the occurrence of fouling. One of the causes of fouling is the presence of organic matter in the domestic WWTP effluent. The coagulation-adsorption pre-treatment process is known to reduce fouling and improve performance on UF Cellulose Acetate (UF-CA) membranes. This study aims to investigate the coagulation-adsorption pre-treatment process using the Peat Clay Soil (PCS) coagulant to improve UF-CA membrane performance in the form of changes in flux value, allowance effectiveness and analyze the most appropriate fouling model to explain the causes of fouling in hybrid adsorption coagulation and UF-CA membrane. Coagulation-adsorption hybrid process and UF-SA membrane were carried out at optimum conditions with pH 6 and TLG coagulant dose of 4 gr/L and PAC adsorbent dose of 100 mg/L at a pressure of 1-3 bar. The optimum operating pressure occurs at a pressure of 3 bar with permeate flux values reaching 183,27 L/m².hour and organic matter allowance of 86,01%. The Saturatuin Curve model is the right model in explaining fouling formation in the coagulation-adsorption hybrid process and UF-SA membrane in the removal of organic material in the effluent of domestic WWTP.

Keywords: Ultrafiltration, Coagulation, Adsorption, Organic Ingredients, Effluents of Domestic WWTP

DAFTAR ISI

TUGAS AKHIR	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN	iii
PRAKATA	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
DAFTAR SINGKATAN	xiv
DAFTAR ISTILAH	xv
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Manfaat Penelitian.....	4
1.5 Batasan Masalah.....	4
II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Efluen IPAL Domestik.....	5
2.2 Bahan Organik.....	5
2.2.1 Parameter Bahan Organik	6
2.2.2 Karakterisasi Bahan Organik	7
2.3 Teknologi Membran.....	7
2.3.1 Jenis Membran Berdasarkan Gaya Dorong Tekanan	8

2.3.2	Jenis Bahan/Material Pembuat Membran	9
2.3.3	Sistem Aliran Membran	12
2.3.4	Karakterisasi Membran UF	15
2.3.5	<i>Fouling</i> Membran.....	18
2.4	Koagulasi.....	21
2.4.1	Jenis Koagulan	22
2.4.2	Mekanisme Koagulasi.....	23
2.5	Koagulan Organik TLG	24
2.6	Adsorpsi	25
2.6.1	Jenis Adsorben.....	26
2.6.2	Karakterisasi Adsorben.....	29
2.6.3	Mekanisme Adsorpsi	29
2.7	Studi Pustaka Proses Hibrid Koagulasi-Adsorpsi dan Membran	30
III	METODE PENELITIAN	32
3.1	Rancangan Penelitian.....	32
3.1.1	Variabel Penelitian.....	32
3.1.2	Lokasi Penelitian	33
3.1.3	Objek Penelitian	33
3.1.4	Kerangka Penelitian	34
3.2	Bahan dan Peralatan Penelitian	35
3.2.1	Bahan.....	35
3.2.2	Peralatan	35
3.3	Metode Penelitian dan Teknik Pengumpulan Data	35
3.3.1	Pengambilan Sampel, Preparasi, dan Karakterisasi Efluen IPAL Domestik	35
3.3.2	Pengambilan dan Preparasi Koagulan TLG.....	36
3.3.3	Preparasi Adsorben PAC.....	36

3.3.4	Preparasi Bahan dan Pembuatan Membran UF-SA	36
3.3.5	Percobaan Koagulasi untuk Penentuan Dosis Optimum Koagulan TLG.....	38
3.3.6	Percobaan Hibrid Koagulasi - Adsorpsi untuk Penentuan Dosis Adsorben PAC	38
3.3.7	Percobaan Hibrid Koagulasi - Adsorpsi dan Membran UF-SA untuk Penentuan Tekanan Optimum Membran.....	39
3.3.8	Percobaan Hibrid Koagulasi - Adsorpsi dan Membran UF-SA untuk Penentuan Dosis Optimum Adsorben	39
3.3.9	Teknik Pengumpulan Data	40
3.4	Analisis Data	41
IV	HASIL DAN PEMBAHASAN	43
4.1	Karakteristik Efluen IPAL Domestik	43
4.2	Karakteristik Membran UF-SA	44
4.2.1	Permeabilitas.....	45
4.2.2	Morfologi Membran.....	46
4.3	Proses Hibrid Koagulasi-Adsorpsi dan Membran UF-SA	47
4.3.1	Proses Koagulasi.....	47
4.3.2	Proses Hibrid Koagulasi-Adsorpsi	49
4.3.3	Proses Hibrid Koagulasi-Adsorpsi dan Membran UF-SA	51
4.4	Pemodelan <i>Fouling</i> Membran.....	54
V	PENUTUP	61
5.1	Kesimpulan.....	61
5.2	Saran.....	61
	DAFTAR RUJUKAN	62

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Kualitas Efluen IPAL Pekapuran Raya.....	5
Tabel 2.2 Karakteristik Efluen IPAL Domestik Dari Berbagai Penelitian	7
Tabel 2.3 Klasifikasi Membran Berdasarkan Gaya Dorong Tekanan (Wenten, 2010)	9
Tabel 2.4 Komposisi Kimia TLG (Mahmud dkk., 2012)	24
Tabel 3.1 Rancangan Percobaan Proses Hibrid UF dengan Pra-Perlakuan Koagulasi-Adsorpsi Menggunakan Koagulan TLG	32
Tabel 4.1 Hasil Uji Karakterisasi Awal Efluen IPAL Domestik	43
Tabel 4.2 Rasio E_4/E_6 Pada Proses Koagulasi	48
Tabel 4.3 Rasio E_4/E_6 Pada Proses Hibrid Koagulasi-Adsorpsi	50
Tabel 4.4 Penyisihan Efluen IPAL Domestik Dari Berbagai Proses Pengolahan	53
Tabel 4.5 Nilai MFI Pada Proses Hibrid Koagulasi Adsorpsi dan Membran UF-SA.....	55
Tabel 4.6 Nilai Pore Blocking Masing-Masing Tekanan	56
Tabel 4.7 Nilai V_{max} Dan K_f Pada Masing-Masing Tekanan	58
Tabel 4.8 Perbandingan Hasil Pemodelan Fouling Membran UF-SA.....	59

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Perbandingan Stabilitas Fisik Polimer Membran (Purkait dkk., 2018).....	10
Gambar 2.2 Skema Aliran Dead-end Membran UF (Redjeki, 2011)	13
Gambar 2.3 Penurunan Fluks Pada Sistem Dead-end (Redjeki, 2011)	14
Gambar 2.4 Skema Aliran Dead-end Membran UF (Redjeki, 2011)	14
Gambar 2.5 Grafik Penentuan Koefisien Permeabilitas (Lp) (Widayanti, 2013) .	17
Gambar 3.1 Diagram Alir Kegiatan Penelitian	34
Gambar 3.2 Rancangan Alat Ultrafiltrasi Aliran Dead-End	40
Gambar 4.1 Grafik Perubahan Fluks Akuades Terhadap Perubahan Tekanan .	45
Gambar 4.2 (a) Penampang Permukaan Membran UF-SA Perbesaran 5000x (b) Penampang Melintang Membran UF SA Perbesaran 2500x	46
Gambar 4.3 Hasil Pengolahan Gambar SEM Menggunakan Image-J Pada Membran UF-SA Perbesaran 5000x	46
Gambar 4.4 Pengaruh Dosis Koagulan TLG Pada pH 6 Terhadap Penyisihan UV ₂₅₄ dan UV ₄₅₆ Efluen IPAL Domestik Pada Proses Koagulasi....	47
Gambar 4.5 Pengaruh Dosis Adsorben PAC Pada pH 6 Terhadap Penyisihan UV ₂₅₄ dan UV ₄₅₆ Efluen IPAL Domestik Pada Proses Hibrid Koagulasi-Adsorpsi ..	49
Gambar 4.6 Pengaruh Tekanan Terhadap Nilai Fluks Serta Penyisihan UV ₂₅₄ dan UV ₄₅₆ Pada Proses Hibrid Koagulasi-Adsorpsi dan Membran UF-SA..	51
Gambar 4.7 Perbandingan Nilai Fluks Proses Membran Dengan Pra-Perlakuan dan Tanpa Pra-Perlakuan serta dengan Akuades	53
Gambar 4.8 Hubungan Nilai J_t/J_0 Terhadap Waktu	54
Gambar 4.9 Pemodelan Kurva MFI Pada Proses Hibrid Koagulasi-Adsorpsi dan Membran UF-SA	56
Gambar 4.10 Pemodelan Kurva Pore Blocking Pada Proses Hibrid Koagulasi- Adsorpsi dan Membran UF-SA.....	57
Gambar 4.11 Pemodelan Kurva Saturasi Pada Proses Hibrid Koagulasi-Adsorpsi dan Membran UF-SA	58

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A PEMBUATAN LARUTAN	69
Lampiran A.1 Pembuatan Larutan pengatur pH	69
Lampiran A.2 Pembuatan Larutan Cetak.....	70
LAMPIRAN B HASIL UJI PENELITIAN	71
Lampiran B.1 Data Hasil Pengamatan.....	71
Lampiran B.2 Data Hasil Uji Koagulasi Variasi Dosis Dengan TLG	78
Lampiran B.3 Data Hasil Uji Koagulasi-Adsorpsi Variasi Dosis Adsorben PAC	79
Lampiran B.4 Data Hasil Uji Koagulasi-Adsorpsi Dan Membran UF-SA Variasi Tekanan	81
Lampiran B.5 Data Hasil Uji Koagulasi-Adsorpsi Dan Membran UF-SA Variasi Dosis Tekanan 3 bar	83
LAMPIRAN C CONTOH PERHITUNGAN	86
Lampiran C.1 Perhitungan Tingkat Penyisihan	86
Lampiran C.2 Perhitungan $V_{rata-rata}$, Fluks, dan Nilai J_t/J_0 Pada Proses Hibrid	87
Lampiran C.3 Perhitungan Diameter Rata-rata Pori.....	88
Lampiran C.4 Perhitungan Pemodelan	89
LAMPIRAN D LOGBOOK KEGIATAN PENELITIAN	94
Lampiran D.1 Kegiatan Pengambilan Efluen IPAL Domestik	94
Lampiran D.2 Karakterisasi Efluen IPAL Domestik	95
Lampiran D.3 Kegiatan Pengambilan TLG (Tanah Lempung Gambut)	96
Lampiran D.4 Kegiatan Pembuatan Membran	97
Lampiran D.5 Kegiatan Karakterisasi Awal Membran	98
Lampiran D.6 Kegiatan Proses Koagulasi Penentuan Dosis Optimum TLG	99
Lampiran D.7 Kegiatan Proses Koagulasi-Adsorpsi Penentuan Dosis Optimum PAC.....	101
Lampiran D.8 Kegiatan Proses Hibrid Koagulasi-Adsorpsi dan Membran UF-SA.....	103

LAMPIRAN E SNI DAN LEMBAR HASIL UJI LAB	94
Lampiran E.1 SNI-6989-59-2008 Pengambilan Sampel	105
Lampiran E.2 SNI-2019-6449-2000 Proses Kogulasi Flokulasi.....	106
Lampiran E.3 Lembar Hasil Uji Karakteristik Awal Efluen IPAL	111
Lampiran E.4 Lembar Hasil Uji DOC Efluen IPAL.....	113
Lampiran E.5 Lembar Hasil Uji KMnO₄ dan <i>Coliform</i> Proses Hibrid Koagulasi-Adsorpsi dan Membran UF-SA.....	114

DAFTAR SINGKATAN

Singkatan		Halaman Pertama Kali Muncul
BM	Berat Molekul	11
DMF	Dimetil Formamida	11
IPAL	Instalasi Pengolahan Air Limbah	1
MFI	<i>Modified Fouling Index</i>	19
PAC	<i>Powdered Activated Carbon</i>	2
PD PAL	Perusahaan Daerah Pengolahan Air Limbah.....	33
SA	Selulosa Asetat	22
TLG	Tanah Lempung Gambut.....	3
UF	Ultrafiltrasi	1

DAFTAR ISTILAH

- Air baku : Air yang dapat berasal dari sumber air permukaan, cekungan air tanah dan/atau air hujan yang memenuhi baku mutu tertentu sebagai air baku untuk air minum.
- Membran : Lapisan tipis semipermeabel yang berfungsi sebagai alat pemisah berdasarkan sifat fisiknya.
- Semipermeabel : Dapat dilewati hanya oleh senyawa/bahan tertentu saja.
- Ion : Molekul bermuatan listrik.
- Reverse osmosis* (RO) : Proses pemisahan dengan membran berdasarkan gaya dorong tekanan, digunakan untuk memisahkan zat terlarut yang memiliki berat molekul yang rendah seperti garam anorganik atau molekul organik kecil seperti glukosa dan sukrosa dari larutannya.
- Nanofiltrasi (NF) : Proses pemisahan campuran komponen (*desirable component* dari *undesirable component*) yang pada umumnya akan sulit dipisahkan karena kecilnya ukuran partikel.
- UF : Proses membran yang sifatnya terletak antara hiperfiltrasi (atau osmosis berlawanan/kebalikan) dan mikrofiltrasi (MF).
- MF : Proses pemisahan yang dapat dilaksanakan pada tekanan relatif rendah yaitu dibawah 2 bar. Membran MF memiliki ukuran pori antara 0,02 sampai 10 μm dan tebal antara 10 sampai 150 μm .
- Permeate : Aliran yang dapat melewati lapisan membran.

- Rentetate/Konsentrat : Aliran yang tertahan pada permukaan membran.
- Permeabilitas : Menyatakan ukuran kecepatan suatu spesi tertentu untuk melewati membran.
- Permeselektivitas : Kemampuan membran untuk menahan atau meewatkan suatu spesi tertentu.
- Fouling* : Suatu fenomena yang disebabkan oleh deposisi dan akumulasi secara *irreversible* dari partikel - partikel submikron pada permukaan membran dan atau kristalisasi serta presipitasi dari partikel - partikel yang berukuran kecil pada permukaan atau di dalam membran - membran itu sendiri.