

TUGAS AKHIR

PENURUNAN COD DAN WARNA LIMBAH CAIR SASIRANGAN MENGUNAKAN PROSES HIBRID KOAGULASI-ULTRAFILTRASI DENGAN KOAGULAN GABUNGAN TANAH LEMPUNG GAMBUT DAN POLIALUMINIUM KLORIDA

Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Lambung
Mangkurat

Dibuat:

Ishlahuddin Alhikami

NIM. 2210815210032

Pembimbing

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



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

2026

LEMBAR PENGESAHAN

TUGAS AKHIR PROGRAM STUDI S-1 TEKNIK LINGKUNGAN

Penurunan COD dan Warna Limbah Cair Sasirangan Menggunakan Proses Hibrid Koagulasi-Ultrafiltrasi dengan Koagulan Gabungan Tanah Lempung Gambut dan Polialuminium Klorida

Oleh

Ishlahuddin Alhikami (2210815210032)

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji pada 24 Juli 2026 dan dinyatakan

LULUS

Komite Penguji:

Ketua : Fatimah Juhra, S.T., M.T.
19910730 202406 2 002

Anggota 1 : Muhammad Husin, S.T., M.S.
19660529 199903 1 001

Pembimbing : Dr. Ir. Mahmud, S.T., M.T.
Utama 19740107 199802 1 001

Banjarbaru, 27 JUL 2026

Diketahui dan disahkan oleh:

Wakil Dekan Bidang Akademik
Fakultas Teknik ULM,

Ketua Jurusan Program Studi
S-1 Teknik Lingkungan



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

NIP. 19740107 199802 1 001

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

NIP. 19870828 201212 2 001

LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa :

1. Karya tulis ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapat 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 atau pendapat orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas mencantumkan daftar rujukan.
4. Program software computer yang digunakan dalam penelitian ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab saya, bukan tanggung jawab 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 sudah bersedia menerima sanksi akademik dengan pencabutan gelar yang sudah saya peroleh, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi.

Banjarbaru, Juli 2026

Penulis

ABSTRAK

Industri sasirangan di Kalimantan Selatan menghasilkan limbah cair dengan kandungan bahan organik dan zat warna tinggi yang berpotensi mencemari badan air jika dibuang tanpa pengolahan. Penelitian ini bertujuan menganalisis karakteristik membran ultrafiltrasi *hollow fiber*, kondisi operasi optimum proses hibrid koagulasi-ultrafiltrasi menggunakan koagulan gabungan Tanah Lempung Gambut (TLG) dan *Poly Aluminium Chloride* (PACl) dalam menyisihkan COD dan warna Limbah Cair Sasirangan (LCS), serta pemodelan potensi *fouling* membran yang tepat. Metode penelitian meliputi karakterisasi membran, penentuan pH dan dosis optimum koagula gabungan TLG-PACl, percobaan hibrid koagulasi-ultrafiltrasi dengan variasi tekanan operasi 0,5-2,5 bar. Hasil penelitian menunjukkan membran *hollow fiber* berada pada rentang membran ultrafiltrasi dengan nilai permeabilitas 25,21 L/m².jam.bar. Kondisi operasi optimum diperoleh pada pH 10 dengan dosis TLG 18 g/L dengan efisiensi warna 90,93%, dilanjutkan koagulasi gabungan TLG-PACl pada pH 6 dan dosis PACl 0,05 g/L dengan efisiensi warna 98,23% dan COD 84,58%. Proses hibrid koagulasi-ultrafiltrasi pada tekanan optimum 1,5 bar mampu menyisihkan COD sebesar 98,91% dan warna sebesar 99,49%. Analisis *fouling* menunjukkan model kurva saturasi paling representatif ($R^2 = 0,999$), dengan mekanisme *fouling* didominasi pembentukan *cake layer*. Hasil ini membuktikan bahwa proses hibrid koagulasi-ultrafiltrasi dengan koagulan gabungan TLG-PACl mampu menurunkan COD dan warna dengan signifikan.

Kata Kunci : COD, *Fouling*, Koagulasi, Limbah Cair Sasirangan, Ultrafiltrasi *Hollow Fiber*.

ABSTRACT

The sasirangan industry in South Kalimantan produces liquid waste high in organic matter and dye content, risking water pollution if discharged untreated. This study examined hollow fiber ultrafiltration membrane characteristics and the optimum conditions for a hybrid coagulation-ultrafiltration process using a combined Peat Clay Soil (TLG) and Poly Aluminium Chloride (PACl) coagulant to remove COD and color from sasirangan wastewater, along with membrane fouling modeling. Membrane permeability was 25.21 L/m².hour.bar, confirming it as ultrafiltration-grade. Optimum coagulation was achieved at pH 10 with 18 g/L TLG (90.93% color removal), followed by combined TLG-PACl coagulation at pH 6 and 0.05 g/L PACl (98.23% color, 84.58% COD removal). At the optimum operating pressure of 1.5 bar, the hybrid process removed 98.91% of COD and 99.49% of color. The saturation curve model best represented fouling behavior ($R^2 = 0.999$), with cake layer formation as the dominant mechanism. These findings confirm the effectiveness of the hybrid coagulation–ultrafiltration process using a combined TLG–PACl coagulant in achieving significant COD and color removal.

Keywords : COD, coagulation, hollow fiber ultrafiltration, fouling, sasirangan wastewater.

PRAKATA

Assalamu'alaikum Wr.Wb.

Puji dan syukur penulis haturkan kehadiran Allah SWT karena berkat-Nya penulis dapat Menyusun dan menyelesaikan skripsi yang berjudul “Penurunan COD dan Warna Limbah Cair Sasirangan Menggunakan Proses Hibrid Koagulasi-Ultrafiltrasi dengan Koagulan Gabungan Tanah Lempung Gambut Dan Polialuminium Klorida”. Penulisan skripsi, tentunya penulis mendapatkan arahan dan bantuan dari berbagai pihak. Maka dari itu, pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih sebesar besarnya kepada:

1. Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi ini.
2. Orang tua terutama mama, keluarga, dan seluruh kerabat yang selalu mendoakan dan memberikan dukungan baik secara moril maupun materil.
3. Bapak Dr. Ir. Mahmud, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing Skripsi yang telah membimbing, memfasilitasi, memotivasi, dan memberikan masukan dalam penyusunan Skripsi.
4. Ibu Fatimah Juhra, S.T., M.T. dan Bapak Muhammad Husin, S.T., M.S. selaku dosen penguji saya yang telah memberikan masukan dan saran selama penyusunan skripsi.
5. Bapak Chairul Abdi, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing akademik yang telah memberikan masukan dan arahan dari awal hingga akhir masa perkuliahan.
6. Ibu Dr. Rizqi Puteri Mahyudin S. Si., M. S., selaku Koordinator Program Studi S1 – Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Lambung Mangkurat.

7. Seluruh Dosen dan Staff Administrasi Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Lambung Mangkurat. Terimakasih atas segala ilmu yang diberikan dan telah membantu urusan administrasi mahasiswa dari awal hingga akhir perkuliahan.
8. Rekan seperjuangan, se-region, se-alumni, se-MTQ, dan sampai satu tim topik penelitian Muhammad Zainul Ihsan atas kerja sama yang baik hingga menyelesaikan kerja sama skripsi ini.
9. Tim penelitian membran bimbingan Bapak Mahmud, Muhammad Naufal Rabbani, Muhammad Zainul Ihsan, Nabella Zahra, Muhammad Basyir Munira, Lailatul Karimah, dan Muhammad Ridho Amrullah yang telah banyak membantu dan membersamai proses penelitian.
10. Rekan-rekan Zaky House, yaitu Muhammad Zainul Ihsan, Muhammad Basyir Munira, Mahardika Marchella Putra, Muhammad Hafiz Huzaky, M. Iqbal Yufan Endy Wicaksana, Dwi Nurdaffa, Muhammad Adam Bakhtiar, Muhammad Firas, Helen Faedah, Tri Buwana Raghil Mahardika, Nilam Tsanya Dzulqa, dan Nur Salsabila Aminah yang telah memberikan dukungan dan banyak membantu penulis dalam perkuliahan maupun diluar perkuliahan.
11. Rekan-rekan mahasiswa Teknik Lingkungan Angkatan 2022 atau Geonel 22. Terimakasih atas segala dukungan, kebersamaan, dan kerja sama yang baik selama masa perkuliahan.
12. Seseorang dengan mata bersinar layaknya mata air yang tidak perlu disebutkan namun tertanam di hati penulis. Terimakasih telah menjadi semangatku dan hadir sepenuhnya. Sebagaimana air yang mengalir tanpa

banyak meminta perhatian, kehadirannya selalu menghadirkan ketenangan untuk penulis.

13. Kepada diri saya sendiri, Ishlahuddin Alhikami yang telah membawa diri ini untuk tidak menyerah, kuat menghadapi tantangan, dan selalu mengusahakan apapun sehingga dapat menyelesaikan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa penyusunan skripsi ini masih memiliki kekurangan. Penulis menerima kritik, saran dan masukan yang membangun demi kebermanfaatan skripsi ini. Akhir kata demikian dan terima kasih.

Banjarbaru, Juli 2026

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	iii
LEMBAR PERNYATAAN	iii
ABSTRAK.....	iv
ABSTRACT.....	v
PRAKATA	vi
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR SINGKATAN.....	xv
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Batasan Masalah	4
1.4 Tujuan Penelitian.....	5
1.5 Manfaat Penelitian	6
II. TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Limbah Cair Sasirangan	7
2.2 Koagulasi.....	11
2.2.1 Dosis Koagulan	13
2.2.2 Jenis Koagulan.....	13
2.2.3 Proses Koagulasi	16
2.3 Tanah Lempung Gambut (TLG).....	17
2.4 Teknologi Membran Ultrafiltrasi	19
2.4.1 Membran Ultrafiltrasi <i>Hollow fiber</i>	20
2.4.2 Kinerja Membran Ultrafiltrasi	23
2.4.3 <i>Fouling</i> Membran	24
2.4.4 Sistem Aliran Filtrasi.....	25
2.5 Proses Hibrid Membran Ultrafiltrasi	25
2.5.1 Hibrid Adsorpsi-Ultrafiltrasi.....	25
2.5.2 Hibrid Koagulasi-Ultrafiltrasi	26
2.6 Analisis <i>Fouling</i> Membran.....	27

2.7	Studi Pustaka	30
2.8	Hipotesis.....	31
III.	METODE PENELITIAN	32
3.1	Rancangan Penelitian	32
3.1.1	Variabel Penelitian	33
3.1.2	Objek Penelitian	34
3.1.3	Kerangka Penelitian	35
3.2	Waktu dan Tempat Penelitian	36
3.2.1	Waktu Penelitian	36
3.2.2	Tempat penelitian	36
3.3	Bahan dan Peralatan Penelitian	37
3.3.1	Bahan Penelitian	37
3.3.2	Peralatan Penelitian	37
3.4	Prosedur Penelitian.....	37
3.4.1	Pengambilan Sampel Limbah Cair Sasirangan dan TLG	38
3.4.2	Preparasi TLG, PACI, dan Membran <i>Hollow fiber</i>	38
3.4.3	Karakterisasi LCS, TLG, Membran <i>Hollow fiber</i>	39
3.4.4	Proses Koagulasi Menggunakan Koagulan Gabungan TLG dan PACI untuk Penentuan Dosis Optimum.....	40
3.4.5	Percobaan Hibrid Koagulasi Menggunakan Membran Ultrafiltrasi <i>Hollow fiber</i>	41
3.5	Teknik Pengumpulan Data	43
3.6	Analisis Data	43
IV.	HASIL DAN PEMBAHASAN.....	47
4.1	Karakteristik Limbah Cair Sasirangan	47
4.2	Karakteristik Tanah Lempung Gambut	51
4.3	Karakteristik Membran Ultrafiltrasi <i>Hollow fiber</i>	55
4.4	Proses Pra Perlakuan Koagulasi Menggunakan Koagulan TLG dan PACI	57
4.4.1	Penentuan Kondisi Optimum Menggunakan Koagulan TLG	57
4.4.2	Penentuan Kondisi Optimum Menggunakan Koagulan Gabungan TLG dan PACI	61
4.5	Proses Hibrid Koagulasi-Ultrafiltrasi Membran <i>Hollow fiber</i>	65
4.5.1	Pengolahan Hibrid Koagulasi-Ultrafiltrasi Membran <i>Hollow fiber</i>	66

4.5.2	Pemodelan Fouling Membran.....	73
V.	PENUTUP	81
5.1	Kesimpulan.....	81
5.2	Saran	82
	DAFTAR PUSTAKA	83
	LAMPIRAN	88

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Baku Mutu Air Limbah Kegiatan Industri Tekstil dengan Debit 100-1000 m ³ /hari.....	9
Tabel 2.2 Karakteristik Limbah Cair Sasirangan.....	10
Tabel 2.3 Perbandingan Kinerja Membran Ultrafiltrasi	24
Tabel 2.4 Studi Pustaka.....	30
Tabel 3.1 Rancangan percobaan karakteristik membran ultrafiltrasi hollow fiber.....	32
Tabel 3.2 Rancangan Percobaan Koagulasi Menggunakan Koagulan TLG-PACI	32
Tabel 3.3 Rancangan percobaan proses membran ultrafiltrasi HF dengan variasi tekanan.....	32
Tabel 3.4 Analisis Karakteristik, Metode, dan peralatan	44
Tabel 4.1 Karakteristik Limbah Cair Sasirangan.....	48
Tabel 4.2 Nilai MFI pada Hibrid Koagulasi dan Membran Ultrafiltrasi Hollow fiber	74
Tabel 4.3 Nilai Pore blocking Proses Hibrid Koagulasi-Ultrafiltrasi Membran HF76	
Tabel 4.4 Nilai Kurva Saturasi Proses Hibrid Koagulasi-Ultrafiltrasi Membran HF	78

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Pembuangan secara langsung ke sungai dari proses pencucian kain sasirangan	8
Gambar 2.2 Rumah Industri Sasirangan, Keluarga Sasirangan, Sungai Jingah..	8
Gambar 2.3 Struktur Membran Hollow fiber (Elma dkk., 2023)	21
Gambar 2.4 Mikrograf SEM Membran Hollow fiber PVDF (Kamaludin dkk., 2022)	23
Gambar 3.1 Diagram Alir Kegiatan Penelitian	35
Gambar 3.2 Alat ultrafiltrasi membran hollow fiber yang telah dirakit	39
Gambar 3.3 Skema Proses Membran Ultrafiltrasi Hollow fiber	42
Gambar 3.4 Skema Proses Backwash Membran Ultrafiltrasi Hollow fiber	42
Gambar 4.1 Pengambilan Sampel Limbah Cair Sasirangan.....	47
Gambar 4.2 Pewarna yang digunakan oleh industri sasirangan.....	49
Gambar 4.3 Grafik FTIR koagulan TLG sebelum perlakuan koagulasi	52
Gambar 4.4 Grafik FTIR koagulan TLG sebelum dan sesudah koagulasi	54
Gambar 4.5 Hubungan Variasi Tekanan Terhadap Fluks Akuades	56
Gambar 4.6 Pengaruh variasi pH Terhadap Nilai pH akhir, dan Penyisihan Warna Menggunakan Koagulan TLG	58
Gambar 4.7 Pengaruh Variasi Dosis TLG terhadap Penyisihan Warna dan pH akhir Menggunakan Koagulasi Satu Tahap	60
Gambar 4.8 Pengaruh Variasi pH terhadap Penyisihan Warna Menggunakan Koagulan TLG Optimum + PACI 0,1 g/L	62
Gambar 4.9 Pengaruh Variasi Dosis Koagulan Gabungan TLG + PACI Terhadap Penyisihan Warna dan pH akhir Menggunakan Koagulasi Satu Tahap	63
Gambar 4.10 Pengaruh Variasi Dosis Koagulan Gabungan TLG + PACI terhadap Nilai E_4/E_6	64
Gambar 4.11 Hubungan Nilai Fluks Permeat Limbah Cair Sasirangan Proses Hibrid Koagulasi-Ultrafiltrasi Terhadap Waktu Operasi	66
Gambar 4.12 Hubungan Antara Fluks Akuades, Fluks Proses Hibrid dan Fluks Kontrol LCS Murni.....	68
Gambar 4.13 Grafik Nilai Fluks, Persen Penyisihan <i>Dengan Koefisien Rejeksi (R)</i> COD, dan Warna Terhadap Variasi Tekanan.....	69

Gambar 4.14 Hubungan Variasi Tekanan Pada Proses Hibrid Koagulasi-Ultrafiltrasi Terhadap pH Akhir	72
Gambar 4.15 Hubungan Variasi Tekanan Pada Proses Hibrid Koagulasi-Ultrafiltrasi Terhadap Nilai E_4/E_6	72
Gambar 4.16 Pemodelan Kurva MFI Hibrid Koagulasi dan Membran Ultrafiltrasi Hollow fiber.....	75
Gambar 4.17 Grafik Pore blocking Hubungan Antara Volume Terhadap Waktu Pada Proses kombinasi Koagulasi dan Membran UF-HF	77
Gambar 4.18 Kurva Saturasi Hubungan Antara Volume Terhadap Waktu Pada Proses kombinasi Koagulasi dan Membran UF-HF	78

DAFTAR SINGKATAN

Singkatan	Halaman pertama kali ditemukan
BOD = <i>Biological Oxygen Demand</i>	1
COD = <i>Chemical Oxygen Demand</i>	1
FTIR = <i>Fourier Transform Infrared</i>	6
HF = <i>Hollow fiber</i>	29
LCS = Limbah Cair Sasirangan	1
MFI = <i>Modified Fouling Index</i>	4
PACl = <i>Polyaluminium Chloride</i>	2
pH = <i>Power of Hydrogen</i>	2
PVDF = Polivinilidena Fluorida	20
TDS = <i>Total Dissolved Solid</i>	6
TLG = Tanah Lempung Gambut	2
TSS = <i>Total Suspended Solid</i>	6
UF = Ultrafiltrasi	3
UF-HF = Ultrafiltrasi <i>Hollow fiber</i>	29