

**REGENERASI KINERJA MEMBRAN ULTRAFILTRASI
PVDF DENGAN PENCUCIAN BERTAHAP (ASAM SITRAT
DAN H_2O_2) DALAM MENURUNKAN KEKERUHAN, TDS,
DAN TOTAL COLIFORM**

SKRIPSI



Oleh:

KRESNA SETYAWAN ADHI PAMUNGKAS

NPM 21034010085

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS, DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN" JAWA TIMUR
FAKULTAS TEKNIK DAN SAINS
PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
SURABAYA**

2025

**REGENERASI KINERJA MEMBRAN ULTRAFILTRASI
PVDF DENGAN PENCUCIAN BERTAHAP (ASAM SITRAT
DAN H₂O) DALAM MENURUNKAN KEKERUHAN, TDS,
DAN TOTAL COLIFORM**

SKRIPSI

**Diajukan Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan
Dalam Memperoleh Gelar Sarjana Teknik (S.T)
Program Studi Teknik Lingkungan.**

Diajukan Oleh :

KRESNA SETYAWAN ADHI PAMUNGKAS

NPM 21034010085

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS, DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN" JAWA TIMUR
FAKULTAS TEKNIK DAN SAINS
PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
SURABAYA**

2025

LEMBAR PERSETUJUAN

**REGENERASI KINERJA MEMBRAN ULTRAFILTRASI
PVDF DENGAN PENCUCIAN BERTAHAP (ASAM SITRAT
DAN H_2O_2) DALAM MENURUNKAN KEKERUHAN, TDS,
DAN TOTAL COLIFORM**

Disusun Oleh:

Kresna Setyawan Adhi Pamungkas
NPM. 21034010085

Telah disetujui untuk mengikuti Ujian Penelitian

Menyetujui,

Pembimbing

Muhammad Abdus Salam Jawwad, ST., M.Sc.

NIP. 19940727 202406 1 091

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik dan Sains
Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur

Prof. Dr. Dra. Jariyah, M.P.

NIP. 19650403 199103 2 001

LEMBAR PENGESAHAN
REGENERASI KINERJA MEMBRAN ULTRAFILTRASI
PVDF DENGAN PENCUCIAN BERTAHAP (ASAM-SIFRAT
DAN H_2O_2) DALAM MENURUNKAN KEKERUHAN, TDS,
DAN *TOTAL COLIFORM*

Disusun Oleh:

Kresna Setyawan Adhi Pamungkas
NPM. 21034010085

Telah diuji kebenaran oleh Tim Penguji dan diterbitkan pada *Journal*
Serambi Engineering (JSE)
(Terakreditasi Sinta 4)

Menyetujui,

Pembimbing

M. A. Salam Jawwad, ST., M.Sc.
NIP. 19940727 202406 1 001

TIM PENGUJI
1. Ketua

Dr. Okik Hendriyanto C., ST., MT.
NIP. 19750717 202121 1 007

2. Anggota

Syadzudhira C. Z. Nisa, ST., MT.
NPT. 212 1994 0930 296

Mengetahui,
Dekan Fakultas Teknik dan Sains
Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur

Prof. Dr. Dra. Jariyah, M.P.
NIP. 19650403 199103 2 001

LEMBAR REVISI

**REGENERASI KINERJA MEMBRAN ULTRAFILTRASI
PVDF DENGAN PENCUCIAN BERTAHAP (ASAM SITRAT
DAN H₂O₂) DALAM MENURUNKAN KEKERUHAN, TDS,
DAN TOTAL COLIFORM**

Disusun Oleh:

Kresna Setyawan Adhi Pamungkas
NPM 21034010085

Telah direvisi dan disahkan pada tanggal 28 November 2025

TIM PENILAI

KETUA

ANGGOTA

Dr. Olik Hendriyanto C., ST., MT.
NIP. 19750717 202121 1 007

Syadzadhiya. Q. Z. Nisa', ST., MT.
NPT. 212 1994 0930 296

SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Kresna Setyawan Adhi Pamungkas
NPM : 21034010085
Program : Sarjana (S1)
Program Studi : Teknik Lingkungan
Fakultas : Teknik Dan Sains

Menyatakan bahwa dalam dokumen ilmiah Tugas Akhir/Skripsi/Tesis/Disertasi* ini tidak terdapat bagian dari karya ilmiah lain yang telah diajukan untuk memperoleh gelar akademik di suatu lembaga Pendidikan Tinggi, dan juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang/lembaga lain, kecuali yang secara tertulis disitasi dalam dokumen ini dan disebutkan secara lengkap dalam daftar pustaka.

Dan saya menyatakan bahwa dokumen ilmiah ini bebas dari unsur-unsur plagiasi. Apabila dikemudian hari ditemukan indikasi plagiat pada Skripsi ini, saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya tanpa ada paksaan dari siapapun juga dan untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Surabaya, 1 Desember 2025

Yang Membuat Pernyataan



Kresna Setyawan Adhi Pamungkas
NPM 21034010126

KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah SWT yang senantiasa melimpahkan kasih sayang, rahmat, serta petunjuk-Nya. Tanpa izin dan kehendak-Nya, penulis tidak akan mampu menyelesaikan penelitian dengan judul “Regenerasi Kinerja Membran Ultrafiltrasi PVDF Dengan Pencucian Bertahap (Asam Sitrat dan H₂O₂) dalam Menurunkan Kekeruhan, TDS, dan *Total Coliform*” dengan lancar. Penulis sangat berharap penyusunan skripsi dapat diterima sebagai syarat kelulusan untuk memperoleh gelar S-1 Teknik Lingkungan Fakultas Teknik dan Sains Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur serta dapat berguna untuk wawasan serta pengetahuan bagi pembaca. Dalam penyusunan skripsi ini, kami menyampaikan terima kasih sebesar-besarnya kepada:

1. Prof. Dr. Dra Jariyah, M.P. selaku Dekan Fakultas Teknik dan Sains Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.
2. Ibu Firra Rosariawari, S.T., M.T, selaku Koordinator Prodi Teknik Lingkungan UPN “Veteran” Jawa Timur.
3. Ir. Yayok Suryo Purnomo, M.S., dan Bapak Muhammad Abdus Salam Jawwad, S.T., M.Sc, selaku dosen pembimbing yang senantiasa meluangkan waktu dan tenaganya untuk memberikan arahan, saran dan masukan, serta motivasi selama pengerjaan skripsi ini berlangsung
4. Kedua orang tua tercinta Bapak Sukarli dan Ibu Sih Setyana Windiarti serta keluarga besar yang tiada henti memberikan Do’a, motivasi, dan dukungan material kepada penulis.
5. Untuk sahabat, teman-teman, dan seluruh rekan Teknik Lingkungan khususnya angkatan 2021 yang tidak dapat disebutkan satu persatu. Telah menjadi teman diskusi sehingga tugas ini berhasil diselesaikan.
6. Semua Pihak yang telah membantu dalam proses pengerjaan skripsi dan yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu

Akhir kata, penulis menyampaikan terima kasih dan maaf akan banyaknya kekurangan dalam penyusunan skripsi ini, semoga dapat memenuhi syarat akademis. Penulis juga sangat mengharapkan adanya kritik dan saran yang bersifat membangun demi perbaikan penyusunan berikutnya dan semoga ini dapat bermanfaat bagi penulis pada khususnya dan dunia ilmu pengetahuan pada umumnya.

Surabaya, 25 September 2025

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	ii
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
ABSTRAK	xi
ABSTRACT	xii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Manfaat Penelitian.....	4
1.4.1 Manfaat bagi Peneliti	4
1.4.2 Manfaat bagi Ilmu Pengetahuan.....	4
1.4.3 Manfaat Praktis bagi Lingkungan	4
1.5 Ruang Lingkup.....	5
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Sungai Jagir	6
2.2 Kualitas Air Berdasarkan Parameter Uji.....	7
2.2.1 Kekeruhan	7
2.2.2 Total Dissolved Solids (TDS)	8
2.2.3 <i>Total Coliform</i>	9
2.3 Klasifikasi Teknologi Membran.....	10
2.3.1 Mikrofiltrasi (MF)	12
2.3.2 Ultrafiltrasi (UF)	13
2.3.3 Nanofiltrasi (NF)	13
2.3.4 <i>Reverse Osmosis</i> (RO)	13
2.4 <i>Polyvinylidene Fluoride</i> (PVDF)	14
2.5 Fouling pada Membran Ultrafiltrasi.....	15
2.6 Pencucian Membran	17

2.6.1	Asam Sitrat ($C_6H_8O_7$).....	17
2.6.2	Hidrogen Peroksida (H_2O_2).....	18
2.7	Penelitian Terdahulu	19
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN.....		23
3.1	Kerangka Penelitian	23
3.2	Data Sampel Air	24
3.3	Peralatan dan Bahan	25
3.3.1	Peralatan	25
3.3.2	Bahan.....	25
3.4	Variabel	25
3.4.1	Variabel Bebas	25
3.4.2	Variabel Terikat.....	26
3.4.3	Variabel Tetap	26
3.4.4	Parameter Uji.....	26
3.5	Cara Kerja	26
3.5.1	Skema Penelitian	26
3.5.2	Desain Reaktor	27
3.5.3	Tahap Pembuatan Larutan Pencuci	28
3.5.4	Prosedur Analisis Pencucian Membran.....	29
3.5.5	Cara Pengambilan Sampel Air	31
3.6	Identifikasi Kekeruhan (SNI 06-6989.25-2005)	31
3.7	Identifikasi <i>Total Dissolved Solids</i> (TDS)	32
3.8	Identifikasi Bakteri Total Coliform (SNI 2332.1-2015)	32
3.8.1	Uji Pendugaan (<i>Presumptive Coliform</i>)	33
3.8.2	Uji Penegasan <i>Coliform</i> (<i>Confirmed Coliform</i>)	33
3.9	Uji Kinerja Membran	34
3.9.1	Analisis Fluks Membran	34
3.9.2	<i>Flux Recovery Ratio</i> (FRR).....	35
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN.....		36
4.1	Hasil Penelitian	36
4.1.1	Analisis Karakteristik Sampel Awal	36

4.1.2	Efektivitas Membran dalam Menurunkan Parameter Pencemar (Kekeruhan, <i>Total Dissolved Solids</i> (TDS), <i>Total Coliform</i>)	37
4.1.3	Penurunan Fluks Membran Selama Proses Filtrasi.....	38
4.1.4	Pemulihan Kinerja Membran Melalui Pencucian Kimia (Asam Sitrat + H ₂ O ₂)	45
4.1.4.1	Efektivitas Membran dalam Menurunkan Parameter Pencemar (Kekeruhan, <i>Total Dissolved Solids</i> (TDS), <i>Total Coliform</i>) Setelah Pencucian	45
4.1.4.2	Penurunan Fluks Membran Selama Proses Filtrasi Setelah Pencucian 47	
4.1.4.3	<i>Flux Recovery Ratio</i> (FRR).....	53
4.2	Pembahasan.....	55
4.2.1	Efektivitas Membran dalam Menurunkan Parameter Pencemar (Kekeruhan, <i>Total Dissolved Solids</i> (TDS), <i>Total Coliform</i>)	55
4.2.2	Penurunan Fluks Membran Selama Proses Filtrasi.....	61
4.2.3	Pemulihan Kinerja Membran melalui Pencucian Kimia Menggunakan Asam Sitrat dan H ₂ O ₂	66
4.2.3.1	Efektivitas Membran dalam Menurunkan Parameter Pencemar (Kekeruhan, <i>Total Dissolved Solids</i> (TDS), <i>Total Coliform</i>) Setelah Pencucian	67
4.2.3.2	Penurunan Fluks Membran Selama Proses Filtrasi Setelah Pencucian 83	
4.2.3.3	<i>Flux Recovery Ratio</i> (FRR).....	89
4.2.4	Pengaruh Tekanan Operasi dan Konsentrasi Pencucian Membran Terhadap Parameter Pencemar (Kekeruhan, <i>Total Dissolved Solids</i> (TDS), dan <i>Total Coliform</i>).....	91
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN		99
5.1	Kesimpulan.....	99
5.2	Saran.....	100
DAFTAR PUSTAKA		102
LAMPIRAN A HASIL ANALISIS.....		111

LAMPIRAN B PERHITUNGAN	129
LAMPIRAN C DOKUMENTASI	132
LAMPIRAN D DATA PENDUKUNG.....	136

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Jenis-Jenis Zat Pengotor Membran (<i>Foulant</i>).....	16
Tabel 2. 2 Penelitian Terdahulu	19
Tabel 4. 1 Karakteristik Awal Sampel Air Sungai Jagir.....	37
Tabel 4.2 Hasil Pengukuran Konsentrasi Kekeruhan (NTU) Sebelum Pencucian	38
Tabel 4. 3 Hasil Pengukuran Konsentrasi <i>Total Dissolved Solids</i> (TDS) (mg/L) Sebelum Pencucian.....	38
Tabel 4. 4 Hasil Pengukuran Konsentrasi <i>Total Coliform</i> (MPN/100 mL) Sebelum Pencucian.....	38
Tabel 4. 5 Hasil Nilai Fluks (L/m ² .jam) Tekanan 1 Bar Sebelum Pencucian Membran.....	39
Tabel 4. 6 Hasil Nilai Fluks (L/m ² .jam) Tekanan 1,5 Bar Sebelum Pencucian Membran.....	41
Tabel 4. 7 Hasil Nilai Fluks (L/m ² .jam) Tekanan 2 Bar Sebelum Pencucian Membran.....	43
Tabel 4. 8 Hasil Pengukuran Konsentrasi Kekeruhan (NTU) Setelah Pencucian	45
Tabel 4. 9 Hasil Pengukuran Konsentrasi <i>Total Dissolved Solids</i> (TDS) (mg/L) Setelah Pencucian	46
Tabel 4. 10 Hasil Pengukuran Konsentrasi <i>Total Coliform</i> (MPN/100 mL) Setelah Pencucian.....	46
Tabel 4. 11 Hasil Nilai Fluks (L/m ² .jam) Tekanan 1 Bar Setelah Pencucian Membran.....	47
Tabel 4. 12 Hasil Nilai Fluks (L/m ² .jam) Tekanan 1,5 Bar Setelah Pencucian Membran.....	49
Tabel 4. 13 Hasil Nilai Fluks (L/m ² .jam) Tekanan 2 Bar Setelah Pencucian Membran.....	51
Tabel 4. 14 Hasil Nilai <i>Flux Recovery Ratio</i> (FRR) (%)	53

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Proses Pemisahan Membran	11
Gambar 2. 2 Aliran filtrasi <i>dead-end</i> dan <i>cross-flow</i>	12
Gambar 2. 3 Struktur Molekul Membran PVDF	14
Gambar 2. 4 Reaksi Persamaan Rumus Kimia Asam Sitrat dengan Besi.....	18
Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian	24
Gambar 3. 2 Kerangka Penelitian	27
Gambar 3. 3 Membran Ultrafiltrasi PVDF <i>Hollow Fiber</i>	27
Gambar 3. 4 Reaktor Ultrafiltrasi.....	28
Gambar 3. 5 Diagram Alir Langkah Pencucian Membran	29
Gambar 4. 1 Peta Lokasi Pengambilan Sampel	36
Gambar 4. 2 Nilai Efisiensi Penyisihan (%) Parameter Kekeruhan Sebelum Pencucian Membran	56
Gambar 4. 3 Nilai Efisiensi Penyisihan (%) Parameter <i>Total Dissolved Solids</i> (TDS) Sebelum Pencucian Membran	58
Gambar 4. 4 Nilai Efisiensi Penyisihan (%) Parameter <i>Total Coliform</i> Sebelum Pencucian Membran	60
Gambar 4. 5 Nilai Fluks Membran Tekanan 1 Bar Sebelum Pencucian	62
Gambar 4. 6 Nilai Fluks Membran Tekanan 1,5 Bar Sebelum Pencucian	63
Gambar 4. 7 Nilai Fluks Membran Tekanan 2 Bar Sebelum Pencucian	65
Gambar 4. 8 Nilai Efisiensi Penyisihan (%) <i>Total Coliform</i> Tekanan 1 Bar Sebelum dan Setelah Pencucian	67
Gambar 4. 9 Nilai Efisiensi Penyisihan (%) Kekeruhan Tekanan 1,5 Bar Sebelum dan Setelah Pencucian	68
Gambar 4. 10 Nilai Efisiensi Penyisihan (%) Kekeruhan Tekanan 2 Bar Sebelum dan Setelah Pencucian	69
Gambar 4. 11 Nilai Efisiensi Penyisihan (%) <i>Total Dissolved Solids</i> (TDS) Tekanan 1 Bar Sebelum dan Setelah Pencucian.....	71
Gambar 4. 12 Nilai Efisiensi Penyisihan (%) <i>Total Dissolved Solids</i> (TDS) Tekanan 1,5 Bar Sebelum dan Setelah Pencucian.....	72

Gambar 4. 13 Nilai Efisiensi Penyisihan (%) <i>Total Dissolved Solids</i> (TDS)	
Tekanan 2 Bar Sebelum dan Setelah Pencucian.....	74
Gambar 4. 14 Nilai Efisiensi Penyisihan (%) <i>Total Coliform</i> Tekanan 1 Bar	
Sebelum dan Setelah Pencucian	77
Gambar 4. 15 Nilai Efisiensi Penyisihan (%) <i>Total Coliform</i> Tekanan 1,5 Bar	
Sebelum dan Setelah Pencucian	78
Gambar 4. 16 Nilai Efisiensi Penyisihan (%) Parameter <i>Total Coliform</i> Tekanan 2	
Bar Sebelum dan Setelah Pencucian.....	80
Gambar 4. 17 Grafik Fluks Membran Tekanan 1 Bar Setelah Pencucian	83
Gambar 4. 18 Grafik Fluks Membran Tekanan 1,5 Bar Setelah Pencucian	85
Gambar 4. 19 Grafik Fluks Membran Tekanan 2 Bar Setelah Pencucian	87
Gambar 4. 20 Nilai <i>Flux Recovery Ratio</i> (FRR).....	89
Gambar 4. 21 Hasil Uji ANOVA <i>Two-Way</i> pada Parameter Kekeruhan	92
Gambar 4. 22 Hasil Uji ANOVA <i>Two-Way</i> pada Parameter <i>Total Dissolved</i>	
<i>Solids</i> (TDS)	95
Gambar 4. 23 Hasil Uji ANOVA <i>Two-Way</i> Parameter <i>Total Coliform</i>	97

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan mengevaluasi regenerasi kinerja membran PVDF ultrafiltrasi dalam menurunkan kekeruhan, *Total Dissolved Solids* (TDS), dan *total coliform* pada air Sungai Jagir, serta menilai efektivitas pencucian kimia bertahap menggunakan kombinasi asam sitrat ($C_6H_8O_7$) dan hidrogen peroksida (H_2O_2). Filtrasi dilakukan pada tekanan operasi 1, 1,5, dan 2 bar, dengan variasi konsentrasi bahan pencuci 0 wt%, 2 wt%, 4 wt%, 6 wt% menggunakan sistem *dead-end*. Kinerja membran dianalisis berdasarkan fluks permeat dan *Flux Recovery Ratio* (FRR), sedangkan kualitas air diuji pada tiga kondisi yaitu air baku, permeat sebelum pencucian, dan permeat setelah pencucian, fokus pada kekeruhan, TDS, dan *total coliform*. Hasil menunjukkan membran PVDF efektif menurunkan kekeruhan (>95%) dan *total coliform* (>99,99%), namun TDS hanya berkurang sedikit karena ukuran molekulnya lebih kecil dari pori membran. Selama filtrasi, fluks menurun akibat fouling dengan laju penurunan lebih cepat pada tekanan tinggi dengan hasil terbaik pada tekanan 2 bar dengan penurunan terbaik dari 2237,374 L/m².jam menjadi 431,282 L/m².jam. Pencucian kimia meningkatkan FRR dengan pemulihan terbaik sebesar 69,72% pada tekanan 2 bar dan konsentrasi 6 wt%, sedangkan kondisi tekanan dan konsentrasi rendah menghasilkan pemulihan lebih terbatas. Peningkatan FRR sejalan dengan kemampuan membran dalam menurunkan kekeruhan, TDS, dan *total coliform*, menunjukkan bahwa pemulihan membran efektif mempertahankan kinerja penyaringan air. Asam sitrat melarutkan fouling anorganik melalui pengkelatan ion logam, sementara H_2O_2 mengoksidasi fouling organik dan biofilm, menghasilkan efek sinergis. Meskipun fouling *irreversible* membatasi pemulihan penuh, pencucian kimia terbukti mampu memulihkan kinerja membran sekaligus mempertahankan efektivitas penyisihan parameter kualitas air pada sistem ultrafiltrasi Sungai Jagir.

Kata kunci: PVDF, ultrafiltrasi, fouling, pencucian kimia, asam sitrat, hidrogen peroksida, Sungai Jagir.

ABSTRACT

This study evaluated the regeneration of PVDF ultrafiltration membranes for reducing turbidity, TDS, and total coliform in Jagir River water, and the effectiveness of stepwise cleaning with citric acid ($C_6H_8O_7$) and hydrogen peroxide (H_2O_2). Filtration was conducted at operating pressures of 1, 1.5, and 2 bar, with cleaning solution concentrations of 0, 2, 4, and 6 wt% in a dead-end system. Membrane performance was evaluated through permeate flux and Flux Recovery Ratio (FRR), while water quality was analyzed for raw water, permeate before cleaning, and permeate after cleaning, focusing on turbidity, TDS, and total coliform. Results showed that PVDF membranes significantly reduced turbidity (>95%) and total coliform (>99.99%), while TDS removal remained limited due to its small molecular size relative to membrane pores. Flux declined during filtration due to fouling, with a faster decrease at higher pressures. The best result was obtained at 2 bar, where flux dropped from 2237.374 L/m²·h to 431.282 L/m²·h. Chemical cleaning increased FRR, with the highest recovery of 69.72% at 2 bar and 6 wt%, while lower pressures and concentrations produced limited recovery. Higher FRR values corresponded to improved reduction of turbidity, TDS, and total coliform, indicating that membrane regeneration maintained filtration performance. Citric acid removed inorganic fouling through metal ion chelation, while H_2O_2 oxidized organic fouling and biofilm, producing a synergistic effect. Although irreversible fouling prevented full recovery, chemical cleaning effectively restored membrane performance and maintained pollutant removal efficiency in the Jagir River ultrafiltration system.

Keywords: PVDF, ultrafiltration, fouling, chemical cleaning, citric acid, hydrogen peroxide, Jagir River.