

**KOMBINASI PROSES *ANOXIDE* - *OXIDE* MENGGUNAKAN
FREE FLOATING PLANT UNTUK MENYISIHKAN BEBAN
ORGANIK PADA LIMBAH CAIR DOMESTIK**

SKRIPSI



Oleh :

APRILIA PUTRI NINGRUM

NPM. 20034010005

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN" JAWA TIMUR
FAKULTAS TEKNIK DAN SAINS
PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
SURABAYA
2025**

KOMBINASI PROSES *ANOXIDE - OXIDE* MENGGUNAKAN *FREE FLOATING PLANT* UNTUK MENYISIHKAN BEBAN ORGANIK PADA LIMBAH CAIR DOMESTIK

**Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan Memperoleh Gelar Sarjana
Teknik Pada Fakultas Teknik dan Sains Program Studi Teknik
Lingkungan Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur.**



Oleh :

APRILIA PUTRI NINGRUM

NPM. 20034010005

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

2025

LEMBAR PERSETUJUAN
KOMBINASI PROSES ANOXIDE - OXIDE MENGGUNAKAN FREE
FLOATING PLANT UNTUK MENYISIHKAN BEBAN ORGANIK
PADA LIMBAH CAIR DOMESTIK

Disusun Oleh :

APRILIA PUTRI NINGRUM

NPM: 20034010005

Telah disetujui untuk mengikuti Ujian Penelitian/Verifikasi Artikel Ilmiah

Menyetujui,

PEMBIMBING

Ir. Tuhu Agung Rachmanto, M.T.

NIP. 19620501 198803 1 001

Mengetahui,

DEKAN FAKULTAS TEKNIK DAN SAINS
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN" JAWA TIMUR

Prof. Dr. Dra. Jariah, M.P.

NIP. 19650403 199103 2 001

LEMBAR PENGESAHAN
KOMBINASI PROSES ANOXIDE - OXIDE MENGGUNAKAN FREE
FLOATING PLANT UNTUK MENYISIHKAN BEBAN ORGANIK
PADA LIMBAH CAIR DOMESTIK

Disusun Oleh :

APRILIA PUTRI NINGRUM

NPM: 20034010005

Telah diuji kebenaran oleh Tim Penguji dan diterbitkan pada Jurnal
Serambi Engineering (Terakreditasi SINTA 4)

Menyetujui,
PEMBIMBING

TIM PENGUJI
1. Ketua

Ir. Tuhu Agung Rachmanto, M.T.
NIP. 19620501 198803 1 001

Firra Rosariawati, S.T., M.T.
NIPPPK. 19750409 202121 2 004

2. Anggota

Mohamad Mirwan, S.T., M.T.
NIPPPK. 19760212 202121 1 004

Mengetahui,
DEKAN FAKULTAS TEKNIK DAN SAINS
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN" JAWA TIMUR

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

LEMBAR REVISI
KOMBINASI PROSES ANOXIDE - OXIDE MENGGUNAKAN
FREE FLOATING PLANT UNTUK MENYISIHKAN BEBAN
ORGANIK PADA LIMBAH CAIR DOMESTIK

Disusun Oleh :

APRILIA PUTRI NINGRUM

NPM: 20034010005

Telah direvisi dan disahkan pada tanggal 02 Juni 2025

TIM PENILAI

KETUA

ANGGOTA

Firra Rosariawari, S.T., M.T.

NIPPPK. 19750409 202121 2 004

Mohamad Miryan, S.T., M.T.

NIPPPK. 19760212 202121 1 004

SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Aprilia Putri Ningrum
NPM : 20034010005
Program : Sarjana (S1)
Program Studi : Teknik Lingkungan
Fakultas : Teknik

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/Tesis/Desertasi 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, 10 Juni 2025

Yang Membuat pernyataan

A handwritten signature in black ink is written over a green and white revenue stamp. The stamp features the Garuda Pancasila emblem and the text '10000', 'METERA TEMPEL', and the serial number '1EYC2ALX365615620'.

Aprilia Putri Ningrum

NPM.20034010005

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “Kombinasi Proses *Anoxide – Oxide* Menggunakan *Free Floating Plant* Untuk Menyisihkan Beban Organik Pada Limbah Cair Domestik” ini dengan baik. Penulisan Tugas Akhir ini ditulis dalam rangka menyelesaikan Program Pendidikan S1 Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur. Dalam penyusunan Tugas Akhir ini, penulis 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 Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik dan Sains Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.
3. Bapak Ir. Tuhu Agung Rachmanto, M.T., selaku Dosen Pembimbing yang telah membantu, mengarahkan, dan membimbing sehingga laporan ini dapat terselesaikan dengan baik.
4. Ibu Firra Rosariawari, S.T., M.T., dan Bapak Mohamad Mirwan, S.T., M.T., selaku dosen penguji yang telah memberikan saran dan motivasi agar laporan tugas akhir ini menjadi lebih baik.
5. Bapak Dr. Ir. Munawar Ali, M.T. selaku dosen wali yang telah memberikan bimbingan dan arahan selama menempuh perkuliahan di Teknik Lingkungan Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.
6. Seluruh Dosen dan Staff Pengajar Program Studi Teknik Lingkungan yang telah membagikan ilmu di dalam kelas maupun saat diskusi;
7. Orang tua dan keluarga penulis yang selalu memberikan kasih sayang, nasihat, serta dukungan baik bentuk moril maupun materi, cinta dan doa yang tiada hentinya memberikan semangat untuk menempuh pendidikan.
8. Teman-teman Teknik Lingkungan 2020 UPN “Veteran” Jawa Timur yang telah memberikan dukungan dan bantuan selama penyusunan skripsi berlangsung.

Akhir kata, penulis menyampaikan terima kasih dan mohon maaf atas kekurangan dalam penyusunan skripsi ini. Penulis juga sangat mengharapkan adanya kritik dan saran yang bersifat membangun demi memperbaiki penelitian dan ilmu pengetahuan yang lebih baik lagi. Terimakasih.

Surabaya, 10 Juni 2025

Aprilia Putri Ningrum

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	i
DAFTAR ISI.....	iii
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR.....	vii
ABSTRAK	ix
ABSTRACT	x
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Lingkup Penelitian.....	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Air Limbah.....	5
2.2 Fitoremediasi	14
2.2.1 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Kemampuan Fitoremediasi.....	16
2.2.2 Syarat Suatu Tanaman Dapat Digunakan Sebagai Fitoremediator	17
2.3 Lahan Basah Buatan (<i>Constructed Wetland</i>).....	18
2.3.1 Tipe <i>Constructed Wetland</i>	19
2.3.1.1 Sistem Aliran Permukaan (<i>Free Water Surface</i>).....	19
2.3.1.2 Sistem Aliran Bawah Permukaan (<i>Sub – Surface Flow System</i>).....	22
2.4 <i>Free Floating Plant Wetland</i>	24
2.5 Proses Pengolahan Air Limbah Secara Biologis	26
2.5.1 Proses <i>Aerobik/Oxide</i>	27
2.5.2 Proses <i>Anoxide</i>	28
2.6 Peranan Mikroorganisme Dalam Proses Pengolahan Air Limbah Secara Biologis.....	29
2.7 Tanaman Kayu Apu (<i>Pistia stratiotes</i>).....	33
2.8 Amazon Frogbit (<i>Limnobium Laevigatum</i>)	36
2.9 Penelitian Terdahulu.....	38

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN	41
3.1 Kerangka Penelitian.....	41
3.2 Bahan dan Alat	44
3.2.1 Bahan yang dibutuhkan.....	44
3.2.2 Alat yang dibutuhkan	45
3.3 Cara Kerja Penelitian.....	45
3.3.1 Tahapan Persiapan.....	45
3.3.2 Tahapan Aklimatisasi.....	45
3.3.3 <i>Range Finding Test</i> (RFT)	46
3.3.4 Penelitian Utama	46
3.4 Rancangan Reaktor	47
3.5 Variabel Penelitian.....	47
3.6 Analisis Data Penelitian.....	49
3.6.1 Analisis Parameter Uji	49
3.6.2 Analisis Data	55
3.7 Matrix Penelitian	55
3.8 Jadwal Kegiatan.....	56
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	58
4.1 Hasil Penelitian.....	58
4.1.1 Karakteristik Limbah Cair Domestik	58
4.1.2 Aklimatisasi.....	60
4.1.3 <i>Range Finding Test</i> (RFT)	61
4.1.4 Hasil Uji Parameter DO (<i>Dissolved Oxygen</i>) pada Pengolahan Air Limbah Domestik menggunakan <i>Free Floating Plant</i> terhadap Berbagai Variabel.....	64
4.1.5 Penyisihan Kadar COD (<i>Chemical Oxygen Demand</i>) pada Pengolahan Air Limbah Domestik menggunakan <i>Free Floating Plant</i> terhadap Berbagai Variabel.....	65
4.1.6 Penyisihan Kadar Total Nitrogen pada Pengolahan Air Limbah Domestik menggunakan <i>Free Floating Plant</i> terhadap Berbagai Variabel	67

4.1.7 Hasil Uji Nilai pH pada Pengolahan Air Limbah Domestik menggunakan <i>Free Floating Plant</i> terhadap Berbagai Variabel	68
4.1.8 Hasil Uji Nilai Suhu pada Pengolahan Air Limbah Domestik menggunakan <i>Free Floating Plant</i> terhadap Berbagai Variabel	70
4.2 Pembahasan	71
4.2.1 Pengaruh Waktu Tinggal, Konsentrasi Air Limbah dan Jenis Tanaman Terhadap Parameter DO.....	71
4.2.2 Pengaruh Waktu Tinggal, Konsentrasi Air Limbah dan Jenis Tanaman Terhadap Parameter COD	77
4.2.3 Pengaruh Waktu Tinggal, Konsentrasi Air Limbah dan Jenis Tanaman Terhadap Parameter Total Nitrogen.....	81
4.2.4 Pengaruh Waktu Tinggal, Konsentrasi Air Limbah dan Jenis Tanaman Terhadap Parameter pH.....	86
4.2.5 Pengaruh Waktu Tinggal, Konsentrasi Air Limbah dan Jenis Tanaman Terhadap Parameter Suhu	91
4.3 Statistik Anova Two Way.....	97
4.3.1 Analisis Statistik <i>Anova Two Way</i> Pada Parameter DO.....	97
4.3.2 Analisis Statistik <i>Anova Two Way</i> Pada Penyisihan Parameter COD.....	99
4.3.3 Analisis Statistik <i>Anova Two Way</i> Pada Penyisihan Parameter Total Nitrogen.....	101
4.3.4 Analisis Statistik <i>Anova Two Way</i> Pada Parameter pH.....	103
4.3.5 Analisis Statistik <i>Anova Two Way</i> Pada Parameter Suhu	105
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	107
5.1 Kesimpulan.....	107
5.2 Saran	107
DAFTAR PUSTAKA	109
LAMPIRAN PERHITUNGAN.....	116
BUKTI DOKUMENTASI PENELITIAN	117
UCAPAN TERIMA KASIH	121

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Baku Mutu Air Limbah Domestik.....	9
Tabel 2. 2 Kelebihan dan Kekurangan Sistem FWS (<i>Free Water Surface</i>).....	21
Tabel 2. 3 Kelebihan dan Kekurangan <i>Sub – Surface Flow System</i>	24
Tabel 2. 4 Klasifikasi Tanaman Kayu Apu (<i>Pistia stratiotes</i>).	34
Tabel 2. 5 Klasifikasi Tanaman Amazon Frogbit (<i>Limnobium laevigatum</i>).....	37
Tabel 2. 6 Penelitian Terdahulu.....	38
Tabel 3. 1 Metode Pengujian/Analisis Data	49
Tabel 3. 2 Contoh uji serta larutan pereaksi untuk macam-macam digestion vessel	52
Tabel 3. 3 Matriks Penelitian	55
Tabel 3. 4 Jadwal Pelaksanaan Penelitian	56
Tabel 4. 1 Hasil Uji Awal Air Limbah Domestik	60
Tabel 4. 2 Pengaruh Waktu Tinggal, Konsentrasi Air Limbah dan Jenis Tanaman terhadap Parameter <i>Dissolved Oxygen</i> (DO)	64
Tabel 4. 3 Pengaruh Waktu Tinggal, Konsentrasi Air Limbah dan Jenis Tanaman terhadap Parameter <i>Chemical Oxygen Demand</i> (COD).....	65
Tabel 4. 4 Pengaruh Waktu Tinggal, Konsentrasi Air Limbah dan Jenis Tanaman terhadap Parameter Total Nitrogen	67
Tabel 4. 5 Pengaruh Waktu Tinggal, Konsentrasi Air Limbah dan Jenis Tanaman terhadap Parameter pH.....	69
Tabel 4. 6 Pengaruh Waktu Tinggal terhadap Konsentrasi Air Limbah dan Jenis Tanaman terhadap Parameter Suhu.....	70

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Perbandingan Rata – Rata Angka BOD ₅ /COD untuk Beberapa Jenis Air Limbah Domestik	11
Gambar 2. 2 Contoh Desain FWS (<i>Free Water Surface</i>)	19
Gambar 2. 3 Kategori FWS berdasarkan Tanaman yang Digunakan	20
Gambar 2. 4 <i>Sub – Surface Flow System</i> Tipe Horizontal	22
Gambar 2. 5 <i>Sub – Surface Flow System</i> Tipe Vertikal	23
Gambar 2. 6 <i>Floating Treatment Wetlands</i>	25
Gambar 2. 7 Tanaman Kayu Apu (<i>Pistia Stratiotes</i>).....	34
Gambar 2. 8 Tanaman Amazon Frogbit (<i>Limnobium laevigatum</i>)	36
Gambar 3. 1 Kerangka Penelitian.....	42
Gambar 3. 2 Diagram Alir Penelitian	44
Gambar 3. 3 Rancangan Reaktor <i>Free Floating Plant</i> Pada Proses <i>Anoxide</i>	47
Gambar 3. 4 Tampak Atas Reaktor	47
Gambar 4. 1 Lokasi Pengambilan Limbah Cair Domestik.....	58
Gambar 4. 2 Kondisi Bak Pengendap II Air Limbah Rusunawa Penjaringan Sari 3.....	59
Gambar 4. 3 Proses Aklimatisasi.....	61
Gambar 4. 4 Ragam Persentase Air Isi Ulang dengan Kandungan Air Limbah Domestik untuk Range Finding Test	62
Gambar 4. 5 Kondisi Tanaman Sebelum Dilakukan <i>Range Finding Test</i>	63
Gambar 4. 6 Kondisi Tanaman Setelah Dilakukan <i>Range Finding Test</i>	63
Gambar 4. 7 Hubungan Waktu Tinggal, Konsentrasi Air Limbah dan Jenis Tanaman Terhadap Parameter DO	72
Gambar 4. 8 Hubungan Waktu Tinggal, Konsentrasi Air Limbah dan Jenis Tanaman Terhadap Parameter COD	77
Gambar 4. 9 Hubungan Waktu Tinggal, Konsentrasi Air Limbah dan Jenis Tanaman Terhadap Parameter Total Nitrogen	81
Gambar 4. 10 Grafik Hubungan antara Waktu Tinggal Terhadap Hasil Uji Parameter pH pada Konsentrasi Air Limbah dan Jenis Tanaman.....	86

Gambar 4. 11 Grafik Hubungan antara Waktu Tinggal Terhadap Penyisihan Parameter Suhu pada Konsentrasi Air Limbah dan Jenis Tanaman	91
Gambar 4. 12 Analisis Statistik <i>Anova Two Way</i> pada Parameter DO	97
Gambar 4. 13 Analisis Statistik <i>Anova Two Way</i> pada Penyisihan Parameter <i>Chemical Oxygen Demand</i> (COD)	99
Gambar 4. 14 Analisis Statistik <i>Anova Two Way</i> pada Penyisihan Parameter Total Nitrogen	101
Gambar 4. 15 Analisis Statistik <i>Anova Two Way</i> pada Parameter pH	103
Gambar 4. 16 Analisis Statistik <i>Anova Two Way</i> pada Parameter Suhu.....	105

ABSTRAK

Pencemaran air limbah domestik yang mengandung senyawa organik dan nutrisi berlebih seperti COD (*Chemical Oxygen Demand*) dan TN (Total Nitrogen) dapat mengganggu keseimbangan ekosistem perairan. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi efektivitas kombinasi proses *anoxide – oxide* menggunakan *free floating plant* dalam menurunkan kadar COD dan TN pada air limbah domestik. Dua jenis tanaman air yang digunakan adalah Kayu Apu (*Pistia stratiotes*) dan Amazon Frogbit (*Limnobium laevigatum*). Variasi konsentrasi air limbah yang digunakan yaitu 20%, 40%, dan 60%, dengan waktu tinggal selama lima hari. Parameter yang dianalisis meliputi DO, COD, TN, pH dan Suhu. Hasil penelitian menunjukkan bahwa waktu tinggal dan konsentrasi limbah sangat mempengaruhi efektivitas fitoremediasi. Penurunan COD dan TN tertinggi terjadi pada konsentrasi 20% dan waktu tinggal hari ke-5, dengan efisiensi sebesar 63,16% untuk COD dan 70% untuk TN pada reaktor berisi Kayu Apu. Peningkatan nilai DO dan pH juga terpantau selama proses, terutama pada kondisi oksik, yang mendukung aktivitas mikroorganisme aerobik dan proses fotosintesis tanaman. Kayu Apu menunjukkan performa lebih baik dibanding Amazon Frogbit, khususnya pada konsentrasi limbah tinggi. Dengan demikian, kombinasi proses *anoxide – oxide* menggunakan *free floating plant* terbukti efektif, sederhana, dan ramah lingkungan. Sistem ini dapat diterapkan sebagai alternatif pengolahan limbah domestik skala kecil hingga menengah secara berkelanjutan.

Kata kunci: Fitoremediasi, *Free Floating Plant*, Kayu Apu, Amazon Frogbit, COD, Total Nitrogen, Air Limbah Domestik.

ABSTRACT

*Domestik wastewater pollution containing organic compounds and excess nutrients such as COD (Chemical Oxygen Demand) and TN (Total Nitrogen) can disrupt the balance of aquatic ecosystems. This study aims to evaluate the effectiveness of a combined anoxic–oxic process using free-floating plants in reducing COD and TN levels in domestik wastewater. Two types of aquatic plants used were Water Lettuce (*Pistia stratiotes*) and Amazon Frogbit (*Limnobium laevigatum*). The wastewater concentrations varied at 20%, 40%, and 60%, with a retention time of five days. Parameters analyzed included DO, COD, TN, pH, and temperature. The results showed that retention time and wastewater concentration significantly influenced the effectiveness of phytoremediation. The highest reduction in COD and TN occurred at 20% concentration and on the 5th day of treatment, with efficiencies of 63.16% for COD and 70% for TN in the reactor containing Water Lettuce. Increases in DO and pH values were also observed during the process, especially under oxic conditions, which support the activity of aerobic microorganisms and plant photosynthesis. Water Lettuce demonstrated better performance compared to Amazon Frogbit, particularly at higher wastewater concentrations. Thus, the combination of an anoxic–oxic process using free-floating plants proves to be effective, simple, and environmentally friendly. This system can be applied as a sustainable alternative for small to medium-scale domestik wastewater treatment.*

Keywords: *Phytoremediation, Free Floating Plant, Water Lettuce, Amazon Frogbit, COD, Total Nitrogen, Domestik Wastewater.*