

**POTENSI KOMBINASI MATA LELE (*Lemna* sp.) DAN
KAYU APU (*Pistia stratiotes*) SEBAGAI AGEN
FITOREMEDIASI DALAM PENGOLAHAN LIMBAH
CAIR DETERGEN MENGANDUNG SURFAKTAN**

SKRIPSI

Untuk memenuhi sebagai persyaratan
mencapai derajat Sarjana S-1 pada Program Studi Biologi



**PROGRAM STUDI BIOLOGI
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UIN SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA
2025**

HALAMAN PENGESAHAN



KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI

Jl. Marsda Adisucipto Telp. (0274) 540971 Fax. (0274) 519739 Yogyakarta 55281

PENGESAHAN TUGAS AKHIR

Nomor : B-225/Un.02/DST/PP.00.9/01/2025

Tugas Akhir dengan judul : Potensi Kombinasi Mata Lele (Lemma sp.) dan Kayu Apu (Pistia stratiotes) sebagai Agen Fitoremediasi dalam Pengolahan Limbah Cair Detergen Mengandung Surfaktan

yang dipersiapkan dan disusun oleh:

Nama : FITRIA CAHYANI
Nomor Induk Mahasiswa : 20106040045
Telah diujikan pada : Rabu, 22 Januari 2025
Nilai ujian Tugas Akhir : A-

dinyatakan telah diterima oleh Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

TIM UJIAN TUGAS AKHIR



Ketua Sidang

Siti Aisah, S.Si., M.Si.
SIGNED

Valid ID: 679c3b73ec76f



Pengaji I

Dr. Eka Sulistiyowati, S.Si., M.A.
SIGNED

Valid ID: 679c36176cbb5



Pengaji II

Jumailatus Solihah, S.Si., M.Si.
SIGNED

Valid ID: 679b8a9a80e7d



Yogyakarta, 22 Januari 2025

UIN Sunan Kalijaga
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

Prof. Dr. Dra. Hj. Khurul Wardati, M.Si.
SIGNED

Valid ID: 679c6c6688381

HALAMAN PERSETUJUAN PEMBIMBING



Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga



FM-UINSK-BM-05-03/RO

SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR

Hal : Persetujuan Skripsi / Tugas Akhir
Lamp :

Kepada
Yth. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta
di Yogyakarta

Assalamu'alaikum wr. wb.

Setelah membaca, meneliti, memberikan petunjuk dan mengoreksi serta mengadakan perbaikan seperlunya, maka kami selaku pembimbing berpendapat bahwa skripsi Saudara:

Nama : Fitria Cahyani
NIM : 20106040045
Judul Skripsi : Potensi Kombinasi Mata Lele (*Lemna sp.*) dan Kayu Apu (*Pistia stratiotes*) sebagai Agen Fitoremediasi dalam Pengolahan Limbah Cair Detergen Mengandung Surfaktan

sudah dapat diajukan kembali kepada Program Studi Biologi Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata Satu dalam Program Studi Biologi.

Dengan ini kami mengharap agar skripsi/tugas akhir Saudara tersebut di atas dapat segera dimunaqasyahkan. Atas perhatiannya kami ucapan terima kasih.

Wassalamu'alaikum wr. wb.

Yogyakarta, 06 Januari 2025

Pembimbing


Seti Aisyah, S.Si., M.Si.

NIP: 19740611 200801 2 009

HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertandatangan di bawah ini :

Nama : Fitria Cahyani
NIM : 20106040045
Jurusan : Biologi
Fakultas : Sains dan Teknologi

Menyatakan bahwa skripsi yang berjudul “Potensi Kombinasi Mata Lele (*Lemna sp.*) dan Kayu Apu (*Pistia stratiotes*) sebagai Agen Fitoremediasi dalam Pengolahan Limbah Cair Detergen Mengandung Surfaktan” merupakan hasil penelitian saya sendiri, tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjana di suatu Perguruan Tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah dituliskan atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Yogyakarta, 13 Januari 2025

Fitria Cahyani
NIM. 20106040045

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

HALAMAN MOTTO

**“Boleh jadi kamu tidak menyukai sesuatu, padahal itu baik bagimu, dan
boleh jadi kamu menyukai sesuatu, padahal itu tidak baik bagimu. Allah
mengetahui, sedang kamu tidak mengetahui.”**

(QS. Al-Baqarah: 216)



STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

KATA PENGANTAR

سُبْحَانَ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Segala puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT, Tuhan semesta alam, atas segala rahmat, nikmat, serta karunia-Nya yang tiada henti, sehingga penulisan skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik. Shalawat serta salam senantiasa tercurahkan kepada junjungan kita, Nabi Muhammad SAW, suri teladan bagi umat manusia, yang telah membawa umat dari zaman kegelapan menuju cahaya ilmu pengetahuan dan keimanan. Penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan, bimbingan, serta dukungan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Prof. Dr. Dra. Hj. Khurul Wardati, M.Si. selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
2. Dr. Ika Nugraheni Ari Martiwi, S.Si., M.Si. selaku Ketua program studi Biologi Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga
3. Ibu Siti Aisah S.Si., M.Si. selaku dosen pembimbing skripsi yang senantiasa membimbing, mengarahkan, memberikan masukan-masukan yang membangun dalam penyelesaian penulisan laporan tugas akhir ini.
4. Dr. Eka Sulistiyowati, S.Si., M.A., M.IWM. dan Ibu Jumailatus Solihah, S.Si., M.Si. selaku dosen penguji skripsi yang telah mendampingi dan menguji penulis dengan baik dan sabar.
5. Kedua orangtua tercinta penulis Bapak Roso dan Ibu Suyat yang telah menjadi motivasi utama penulis serta yang tiada hentinya memberikan dukungan kepada penulis juga doa dan restunya kepada penulis untuk kelancaran proses penyusunan skripsi ini dan segala bentuk dukungannya kepada penulis selama proses perkuliahan hingga sampai di titik ini.
6. Kakak penulis Nurul Nurvitasari dan Hari Prabowo yang telah memberikan dukungan dan doa kepada penulis selama proses perkuliahan juga keponakan-keponakan penulis Muhammad Elvino Davie Prabowo dan Velynka Aurora Syafanisa yang telah menjadi penyemangat dan penghilang lelah penulis.

7. Brandyca Piola yang telah memberikan dukungan, doa, dan semangat kepada penulis serta menjadi tempat berkeluh-kesah penulis ketika berada di titik-titik berat selama proses penyusunan laporan tugas akhir ini.
8. Sahabat-sahabat penulis Hana Allysa Ashley, Jenny Febiola Sambouw, dan Risa Rilhana yang tiada hentinya memberikan dukungan dan doa kepada penulis serta menjadi tempat berbagi cerita penulis.
9. Sahabat-sahabat rantau penulis Annisa Siwi Rahajeng, Farah Hafizhah, dan Narika Hurin Faza yang telah berbagi kebahagiaan dan keceriaan selama di tanah rantauan juga memberikan segala bantuannya kepada penulis selama menjadi anak rantau.
10. Keluarga besar KKN Kita Sakinah yang telah menjadi sahabat dan keluarga baru penulis juga atas segala doa dan dukungannya kepada penulis serta cerita indah yang telah diukir bersama.
11. Rekan penulis dalam “Wisata Basah-Basah” yang senantiasa memberikan doa dan dukungan kepada penulis.
12. Keluarga besar Biologi Angkatan 2020 UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta yang telah menjadi bagian perjalanan perkuliahan penulis.
13. Seluruh pihak yang telah membantu dengan berbagai bentuk yang tidak dapat tersebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, penulis dengan rendah hati menerima kritik dan saran yang membangun untuk penyempurnaan karya ini. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat, baik bagi penulis, pembaca, maupun masyarakat secara umum. Akhir kata, penulis memohon ridha Allah SWT atas segala upaya yang telah dilakukan dan berharap semoga segala amal baik kita diterima oleh-Nya.

Wassalamu’alaikum warahmatullahi wabarakatuh.

Yogyakarta, 18 Januari 2025

Penulis

**Potensi Kombinasi Mata lele (*Lemna* sp.) dan Kayu Apu (*Pistia stratiotes*)
sebagai Agen Fitoremediasi dalam Pengolahan Limbah Cair Detergen
Mengandung Surfaktan**

Fitria Cahyani
20106040045

Abstrak

Peningkatan penggunaan detergen domestik secara berlebihan dapat berakibat menghasilkan limbah berbahaya bagi lingkungan, seperti surfaktan dan fosfat yang sulit terurai dan dapat menyebabkan eutrofikasi. Pengolahan limbah detergen perlu dilakukan sebelum dibuang ke lingkungan salah satunya melalui fitoremediasi. Tanaman mata lele dan kayu apu dipilih karena kemampuannya dalam menyerap senyawa organik dan anorganik dari limbah cair. Penelitian ini bertujuan untuk memperbaiki kualitas limbah cair detergen berdasarkan parameter suhu, pH, BOD, COD, kadar surfaktan, fosfat, dan morfologi tanaman. Metode penelitian menggunakan rancangan acak lengkap dengan variasi luas tutupan tanaman (25%:75%, 50%:50%, 75%:25%) dan konsentrasi limbah cair (10%, 20%, 30%). Hasil penelitian menunjukkan bahwa kombinasi mata lele dan kayu apu dapat menurunkan kadar surfaktan hingga 98% pada kombinasi luas tutupan mata lele 75% dan kayu apu 25% serta menurunkan fosfat hingga 70% pada konsentrasi limbah 20% dengan kombinasi luas tutupan 50% mata lele dan 50% kayu apu. Pada parameter BOD penurunan paling stabil terjadi pada kombinasi luas tutupan Mata lele 50% dan kayu apu 50% pada konsentrasi 10% sedangkan pada kadar COD penurunan stabil terjadi pada perlakuan luas tutupan mata lele 50% dan kayu apu 50% juga mata lele 25% dan kayu apu 75%. Pada konsentrasi yang lebih tinggi (30%), tanaman menunjukkan stres yang ditandai dengan perubahan warna daun, pembusukan akar, dan penurunan kemampuan fitoremediasi. Hasil yang beragam tiap parameter menunjukkan bahwa tidak bisa menggunakan satu kombinasi perlakuan saja dalam menentukan hasil terbaik tetapi kombinasi mata lele dan kayu apu terbukti mampu menurunkan kadar suurfaktan dari limbah cair detergen.

Kata Kunci : Fitoremediasi; Mata Lele; Kayu Apu; Surfaktan.

Potential Combination of Duckweed (*Lemna* sp.) and Water Lettuce (*Pistia stratiotes*) as Phytoremediation Agents in Liquid Waste Treatment of Surfactant Detergents

Fitria Cahyani
20106040045

Abstract

Excessive use of residential detergents can generate hazardous waste for the environment, such as surfactants and phosphates, which are difficult to degrade and can promote eutrophication. Detergent waste must be treated before it is disposed of in the environment, one method being phytoremediation. Duckweed and water lettuce were chosen for their abilities to absorb organic and inorganic substances found in wastewater. This study focuses on increasing the quality of detergent wastewater using characteristics such as temperature, pH, BOD, COD, surfactant content, phosphate, and plant morphology. The study employed a randomized block design with differences in plant cover (25%:75%, 50%:50%, 75%:25%) and wastewater concentrations (10%, 20%, 30%). The research found that combining duckweed and water lettuce can reduce surfactant levels by up to 98% with 75% duckweed coverage and 25% water lettuce, as well as phosphate levels by 70% at a 20% waste concentration with 50% Mata lele coverage and 50% water lettuce. The most stable reduction in BOD occurs with a combination of 50% duckweed coverage and 50% water lettuce at a 10% concentration, while stable reduction in COD occurs with the treatment of 50% duckweed coverage and 50% water lettuce, as well as 25% duckweed and 75% water lettuce. At higher concentrations (30%), the plants show stress as indicated by leaf color changes, root decay, and a decrease in phytoremediation. The varied results for each parameter indicate that a single treatment combination cannot be used to determine the best outcome, but the combination of duckweed and water lettuce has proven capable of reducing the surfactant content in detergent wastewater.

Key words : Duckweed; Phytoremediation; Surfactant; Water lettuce

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN PERSETUJUAN PEMBIMBING	iii
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN	iv
HALAMAN MOTTO	v
KATA PENGANTAR.....	vi
ABSTRAK	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB I	1
PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	6
C. Tujuan Penelitian.....	6
D. Manfaat Penelitian	7
BAB II.....	8
TINJAUAN PUSTAKA	8
A. Pencemaran Limbah Cair Detergen	8
B. LAS (<i>Linear Alkylbenzene Sulfonates</i>)	10
C. Fitoremediasi.....	12
D. Mata lele (<i>Lemna sp.</i>).....	17
E. Kayu Apu (<i>Pistia stratiotes</i>)	20
BAB III	24
METODE PENELITIAN.....	24
A. Waktu dan Tempat Penelitian.....	24
B. Alat dan Bahan.....	24
C. Rancangan Percobaan	25

D. Parameter Penelitian	25
E. Aklimatisasi	25
F. Uji Pendahuluan	26
G. Uji Fitoremediasi (Uji Sebenarnya)	26
H. Pengukuran Parameter Lingkungan	27
BAB IV	29
HASIL DAN PEMBAHASAN	
A. Uji Pendahuluan	29
B. Uji Sebenarnya	31
C. Pengukuran Parameter Lingkungan	39
BAB V	52
KESIMPULAN	52
DAFTAR PUSTAKA	53
LAMPIRAN	57
CURRICULUM VITAE	60



DAFTAR TABEL

Tabel 1. Alat dan Bahan	24
Tabel 2. Persentase Formulasi Perlakuan.....	26
Tabel 3. Morfologi Tanaman Uji setelah Uji Pendahuluan.....	29
Tabel 4. Variasi Perlakuan Uji Sebenarnya	32
Tabel 5. Morfologi Tanaman Mata lele dan Kayu Apu Hari ke-3.....	33
Tabel 6. Morfologi Tanaman Mata lele dan Kayu Apu Hari ke-6.....	35
Tabel 7. Morfologi Tanaman Mata lele dan Kayu Apu Hari ke-9.....	38
Tabel 8. Nilai Pengukuran Kadar BOD.....	40
Tabel 9. Nilai Pengukuran Kadar COD.....	41
Tabel 10. Nilai Pengukuran Kadar Surfaktan	43
Tabel 11. Nilai Pengukuran Kadar Fosfat	46



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Air yang Tercemar Limbah Detergen	9
Gambar 2 Struktur Kimia LAS	11
Gambar 3 Mekanisme Fitoremediasi	13
Gambar 4 Mekanisme Fitoekstrasi.....	14
Gambar 5 Mekanisme Fitostabilisasi	15
Gambar 6 Mekanisme Fitovolatilisasi	16
Gambar 7 Mekanisme Rhizofiltrasi	17
Gambar 8 Mata lele (<i>Lemna minor</i>).....	19
Gambar 9 Kayu Apu (<i>Pistia stratiotes</i>).....	22
Gambar 10 Morfologi tumbuhan hari ke-3	33
Gambar 11 Morofologi Tumbuhan hari ke-6	35
Gambar 12 Morfologi Tumbuhan hari ke-9	37
Gambar 13. Pengukuran Kadar BOD (mg/L)	39
Gambar 14. Pengukuran Kadar COD (mg/L)	41
Gambar 15. Pengukuran Kadar Surfaktan (mg/L)	43
Gambar 16. Pengukuran Kadar Fosfat (mg/L).....	46
Gambar 17. Perubahan Suhu.....	48
Gambar 18. Perubahan pH pada Air	50

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Morfologi Tumbuhan pada Uji Pendahuluan	57
Lampiran 2. Tabel Penurunan Kadar BOD	58
Lampiran 3. Tabel Penurunan Kadar COD	58
Lampiran 4. Tabel Penurunan Kadar Surfaktan	59
Lampiran 5. Tabel Penurunan Kadar Fosfat.....	59



BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Air merupakan sumber daya vital bagi kehidupan manusia dan lingkungan. Namun, aktivitas sehari-hari manusia sering menghasilkan limbah cair yang dapat mencemari perairan, sehingga diperlukan upaya pengelolaan yang efektif untuk menjaga kualitas lingkungan (Oktaviani *et al.*, 2020). Air limbah domestik secara umum digolongkan menjadi dua macam yaitu *grey water* dan *black water*. Limbah cair *greywater* merupakan golongan limbah domestik yang berasal dari aktivitas manusia seperti aktivitas mandi baik dari *shower* maupun bak mandi, air bekas mencuci pakaian baik dari mesin cuci maupun dari ember-ember cucian, dan berasal pula dari limbah cair dari aktivitas dapur sedangkan limbah *blackwater* merupakan limbah domestik yang berasal dari toilet dalam bentuk pembuangan tinja (Khotimah *et al.*, 2021). Air limbah domestik biasanya dibuang ke lingkungan tanpa pengolahan terlebih dahulu padahal limbah *greywater* merupakan limbah cair terbesar yang masuk ke dalam badan air seperti sungai mengingat asalnya yaitu dari aktivitas sehari-hari manusia (Khotimah *et al.*, 2021).

Dilansir dari data yang diperoleh dari Indonesian Commercial Newsletter (ICN) dengan judul Peningkatan penggunaan Deterjen Cair yang dipublikasikan pada tahun 2019, dapat diketahui bahwa total konsumsi detergen pada wilayah Indonesia pada tahun 2019 mencapai angka 449.100 ton dimana jumlah tersebut akan terus meningkat seiring dengan pertambahan jumlah penduduk di Indonesia setiap tahunnya. Berdasarkan data yang diperoleh dari website resmi Badan Pusat Statistik (BPS), jumlah penduduk Indonesia per September 2020 adalah sebesar 270,20 juta jiwa yang mana laju pertumbuhan penduduk per-tahun sebesar 1,25% antara tahun 2010 – 2020. Rata-rata penggunaan detergen pada tiap rumah tangga di Indonesia adalah sebesar 50 gram/hari dan jika dilihat bahwa angka penduduk Indonesia telah mencapai angka 270,20 juta jiwa pada tahun 2020 dan jika diasumsikan terdapat 50 rumah

tangga maka dalam setahun konsumsi detergen akan mencapai angka 900 ton dan akan berakhir menjadi limbah cair (Tang & Dirawan, 2023). Air limbah merupakan ancaman paling besar bagi lingkungan jika tidak diolah dengan baik dahulu karena air limbah yang dibuang langsung ke badan air akan menyebabkan berbagai ancaman karena air limbah yang berlebihan di badan air dalam menyebabkan eutrofikasi (Khan *et al.*, 2022).

Detergen memiliki bahan penyusun yang dapat merusak lingkungan jika dibiarkan terus-menerus dalam jumlah yang banyak. Detergen memiliki kandungan penyusun utama yaitu *Natrium Dodecyl Benzen Sulfonat* (NaDBS) dan *Sodium Tripoly Fosfat* (STTP) dimana bahan-bahan tersebut akan sulit untuk terurai jika sudah masuk ke dalam lingkungan (Apsari *et al.*, 2018). Fungsi STTP dalam pembuatan detergen yaitu sebagai *builder* untuk menghilangkan mineral kesadahan di dalam air sehingga dapat mendorong meningkatkan kinerja detergen (Putri *et al.*, 2021). STTP akan menghasilkan limbah dengan kandungan fosfat di dalamnya dimana jika kandungan fosfat dibuang ke dalam lingkungan khususnya badan air dalam jumlah yang banyak maka dapat menyebabkan terjadinya eutrofikasi (Hidayah *et al.*, 2020).

Pencemaran lingkungan air oleh detergen juga disebabkan oleh kandungan surfaktan yang ada di dalam detergen seperti *Alkyl Benzene Sulfonate* (ABS) dan *Linear Alkyl Benzene sulfonate* (LAS) (Rulitasari & Rachmadiarti, 2020). Surfaktan atau *surface active agent* adalah senyawa yang berfungsi untuk menurunkan tegangan permukaan air, sehingga dapat mengangkat kotoran yang ada pada permukaan bahan baik yang dapat larut di dalam air maupun yang tidak dapat larut (Apriyani, 2020). Penggunaan detergen yang berbeda takarannya maka akan menghasilkan konsentrasi bahan pencemar yang berbeda pula sehingga berdasarkan penelitian-penelitian tersebut maka dapat diketahui bahwa untuk melakukan penelitian yang akurat maka harus menggunakan konsentrasi detergen yang sama dari awal proses sampai akhir.

Detergen yang mengandung LAS memiliki kemampuan berbusa sebesar 10 – 13% dari bahan organik aktif dan bahan poliposfat yang akan berujung dengan menghasilkan limbah yang mengandung fosfat yang mana kandungan fosfat

yang berlebihan ini yang akan menyebabkan eutrofikasi sehingga oksigen di badan air berkurang yang berakibat dengan penurunan kualitas air (Imtiyaz & Rachmadiarti, 2020). Senyawa LAS memiliki kandungan negative bagi organisme yang ada diperaian seperti ikan, dimana kandungan LAS yang tinggi di dalam badan air dapat memicu hati ikan untuk bekerja lebih keras sehingga akan menyebabkan peradangan dan pembengkakan serta dapat pula menyebabkan penurunan kesuburan gonad karena rendahnya alokasi energi untuk bereproduksi. Dampak negatif senyawa LAS juga dapat berlaku pada manusia dimana dapat menyebabkan iritasi kulit dan mata, serta dapat pula menyebabkan kerusakan organ dalam seperti ginjal dan empedu jika terpapar dalam jumlah yang tinggi (Rulitasari & Rachmadiarti, 2020).

Oleh karena itu, limbah cair detergen sebelum dibuang ke dalam lingkungan harus memenuhi baku mutu air limbah sebelum dibuang ke dalam badan air. Baku mutu air limbah sendiri menurut Peraturan Menteri Nomor 5 Tahun 2022 adalah ukuran batas atau kadar unsur pencemar dan / atau jumlah unsur pencemar yang ditenggang keberadaannya dalam air limbah yang akan dibuang atau dilepas ke dalam media air dan tanah dari suatu usaha dan / atau kegiatan. Berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor P.68 Tahun 2016 yang mengatur tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik, bahwa ambang batas untuk air limbah domestic sendiri yaitu nilai pH dengan kadar maksimum sebesar 6-9, BOD sebesar 30 mg/L, COD 100 mg/L, dan TSS sebesar 30 mg/L.

Setiap daerah juga memiliki peraturan baku mutu lingkungan terhadap limbah yang akan dibuang ke lingkungan, dalam hal ini adalah Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta melalui Peraturan Daerah Daerah Istimewa Yogyakarta Nomor 7 Tahun 2016 tentang Baku Mutu Air Limbah yang di dalamnya dijabarkan bahwa untuk usaha laundry baku mutu tiap kriteria diantaranya yaitu, BOD₅ sebesar 75 mg/L; COD sebesar 150 mg/L; TSS sebesar 100 mg/L; TDS sebesar 2000 mg/L; detergen sebesar 5 mg/L, suhu sebesar $\pm 3^{\circ}\text{C}$ terhadap suhu udara; pH sebesar 6 – 9. Oleh karena itu limbah cair hasil buangan laundry perlu dilakukan pengolahan terlebih dahulu sebelum dibuang ke dalam

lingkungan. Metode – metode pengolahan air limbah sudah banyak macamnya, salah satu metode yang sering digunakan dalam penanganan limbah cair adalah metode fitoremediasi.

Fitoremediasi merupakan salah satu teknik remediasi dimana memanfaatkan tanaman untuk meremediasi media yang terkontaminasi dengan cemaran baik media padat (tanah) maupun cair (air). Tanaman yang digunakan dalam proses remediasi disebut dengan tanaman fitoremediator. Tanaman fitoremediator adalah tanaman yang memiliki kemampuan untuk menyerap, mengakumulasi, atau mengubah polutan dari lingkungan seperti tanah, air, atau udara, dalam proses fitoremediasi (Pilon-Smits, 2005). Mekanisme fitoremediasi secara umum yaitu dengan penghancuran, inaktivasi maupun imobilisasi polutan berbahaya menjadi polutan yang tidak berbahaya (Yuliani *et al.*, 2021). Metode fitoremediasi memiliki berbagai keunggulan diantaranya adalah biaya yang cenderung lebih efektif dan murah karena tanaman pada pertumbuhannya hanya membutuhkan energi matahari yang mana sudah tersedia di alam dan dalam jumlah yang tidak terhingga pula (Prasetyo, 2021). Keunggulan lain fitoremediasi yaitu merupakan teknologi yang ramah lingkungan karena pada penerapannya minim menggunakan bahan – bahan kimia sehingga akan menghasilkan buangan sekunder yang lebih rendah sifat toksiknya (Sidauruk & Sipayung, 2015).

Mata lele (*Lemna* sp.) merupakan tanaman air kecil yang hidup dan mengapung di atas permukaan air yang mana dikenal pula sebagai gulma perairan yang cenderung sulit untuk dikendalikan. Mata lele biasa tumbuh di atas air yang tenang maupun memiliki arus yang lambat seperti danau atau kolam. Secara morfologi mata lele memiliki bentuk oval yang datar dengan panjang 5 mm dan tidak memiliki batang maupun daun sejati dimana mata lele tumbuh melalui pertumbuhan klonal (daun induk / anak) serta dapat melipatgandakan biomassanya dalam 2 – 3 hari dalam kondisi yang optimal (Xu *et al.*, 2021). Mata lele dapat digunakan sebagai tanaman dalam proses fitoremediasi karena mata lele mampu menyerap senyawa organik maupun anorganik di dalam limbah serta kemampuannya dalam mengelola limbah.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Silviana dan Rachmadiarti (2023) menghasilkan penurunan kadar fosfat sebesar 62,92% pada 10 ppm dan 55,46% pada 20 ppm melalui mekanisme fitoremediasi dengan menggunakan *Lemna* sp.. Hasil yang baik juga di dapatkan melalui penelitian yang dilakukan oleh Aziz *et al.*, (2020) terhadap air limbah dengan menggunakan *Lemna* sp. dimana hasilnya didapatkan penurunan TSS yang awalnya sebesar 83,33 mg/L menjadi 41 mg/L pada hari terakhir pengamatan, penurunan juga terjadi pada parameter COD dengan nilai awal sebesar 96 mg/L menjadi 24 mg/L pada hari terakhir (hari ke – 8).

Kayu apu (*Pistia stratiotes*) merupakan tumbuhan air yang hidup mengapung di permukaan air. Kayu apu juga dikenal dengan sebutan *water cabbage*, *water lettuce*, atau *shellflower* dalam bahasa Inggris. Kayu apu atau apu – apu berasal dari famili Araceae dan merupakan satu-satunya genus *Pistia*. Kayu apu merupakan salah satu tumbuhan yang mudah berkembang biak serta memiliki kemampuan dalam mengolah limbah, baik itu logam berat, zat organik maupun anorganik dengan bantuan bakteri aktif rhizosfer yang hidup tergantung pada akar kayu apu dimana bakteri ini akan membantu dalam mengurai benda-benda organik maupun anorganik yang ada di dalam limbah. Kayu apu juga memiliki daya adaptasi yang tinggi terhadap iklim (Istighfari *et al.*, 2017).

Penelitian yang dilakukan oleh Lukman dan Binawati (2023) tentang fitoremediasi limbah cair laundry dengan menggunakan kayu apu dan arang kayu diketahui bahwa kayu apu dengan konsentrasi 100% dapat menurunkan kadar COD pada hari ke-12 pada angka 146,10 mg/L dari nilai awal sebesar 3000 mg/L. Penelitian yang dilakukan oleh Sholehah *et.al.*, (2022) juga memperoleh hasil yang linear dengan penelitian sebelumnya dimana terjadi penurunan kadar BOD limbah cair kerupuk kulit pada hari ke-9 dimana pada perlakuan 10 tanaman mengalami penurunan nilai COD dari 50,6 mg/L menjadi 11,6 mg/L sedangkan pada perlakuan 15 tanaman mengalami penurunan COD dari 50,6 mg/L menjadi 10,3 mg/L. Berdasarkan penelitian-penelitian terdahulu tersebut dapat dilihat bahwa baik mata lele maupun kayu apu secara mandiri

mampu mengurangi kadar pencemar yang ada di dalam limbah cair. Oleh sebab tersebut, dengan berbagai kombinasi antara mata lele dan kayu apu yaitu 25% dan 75%; 50% dan 50%; 75% dan 25% diharapkan mampu menghasilkan mekanisme penurunan bahan pencemar pada limbah cair yang lebih baik.

Oleh karena itu, peneliti tertarik untuk melakukan pengujian terhadap kombinasi kemampuan tumbuhan mata lele (*Lemna* sp.) dan kayu apu (*Pistia stratiotes*) dalam mengurangi kadar surfaktan dan fosfat yang terkandung di dalam limbah cair bekas detergen sehingga akan aman dibuang ke lingkungan atau badan air sesuai dengan baku mutu yang berlaku baik menurut Peraturan Daerah Daerah Istimewa Yogyakarta Nomor 7 Tahun 2016 tentang Baku Mutu Air Limbah.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas maka dapat dirumuskan suatu permasalahan yaitu sebagai berikut :

1. Bagaimana perbandingan kombinasi mata lele (*Lemna* sp.) dan kayu apu (*Pistia stratiotes*) untuk memperbaiki kualitas limbah cair detergen berdasarkan parameter kadar surfaktan dan fosfat?
2. Bagaimana perbandingan kombinasi mata lele (*Lemna* sp.) dan kayu apu (*Pistia stratiotes*) untuk memperbaiki kualitas limbah cair detergen berdasarkan parameter pH, BOD, dan COD?
3. Bagaimana karakter morfologi tumbuhan mata lele (*Lemna* sp.) dan kayu apu (*Pistia stratiotes*) terhadap variasi konsentrasi limbah cair detergen?

C. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini yaitu sebagai berikut :

1. Untuk mengetahui kemampuan penggunaan variasi kombinasi tanaman mata lele (*Lemna* sp.) dan kayu apu (*Pistia stratiotes*) dalam memperbaiki kualitas air limbah buangan detergen berdasarkan kadar surfaktan dan fosfat.
2. Untuk mengetahui kemampuan penggunaan variasi kombinasi tanaman mata lele (*Lemna* sp.) dan kayu apu (*Pistia stratiotes*) dalam memperbaiki kualitas air limbah buangan detergen berdasarkan parameter pH, BOD, dan COD.

3. Untuk mengetahui karakter morfologi tumbuhan mata lele (*Lemna* sp.) dan kayu apu (*Pistia stratiotes*) terhadap pengaruh konsentrasi air limbah detergen.

D. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini yaitu sebagai berikut :

1. Penelitian ini diharapkan mampu memberikan informasi mengenai pengaplikasian tanaman mata lele (*Lemna* sp.) dan kayu apu (*Pistia stratiotes*) sebagai agen remediasi dalam menurunkan kadar pencemar yang ada di dalam limbah cair buangan detergen berdasarkan nilai suhu, pH, BOD, COD, fosfat, kadar surfaktan, dan morfologi tumbuhan sehingga limbah dapat dibuang ke lingkungan dengan aman sesuai dengan baku mutu yang berlaku.
2. Penelitian ini diharapkan mampu memberikan alternatif baru dalam pengolahan air limbah buangan detergen dengan sederhana dan biaya yang terjangkau.



BAB V

KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa kombinasi mata lele (*Lemna* sp.) dan kayu apu (*Pistia stratiotes*) memiliki kemampuan dalam memperbaiki kualitas limbah cair detergen, terutama dalam menurunkan kadar surfaktan, fosfat, BOD, dan COD.

1. Penurunan kadar surfaktan dan fosfat

Kombinasi 75% mata lele dan 25% kayu apu pada konsentrasi limbah 10% menunjukkan penurunan kadar surfaktan hingga 98%, sementara kombinasi 75% mata lele dan 25% kayu apu pada konsentrasi 10% juga menghasilkan penurunan kadar fosfat hingga 98%. Hal ini menunjukkan efektivitas kombinasi tanaman ini sebagai agen fitoremediasi dalam menurunkan parameter surfaktan dan fosfat.

2. Penurunan parameter BOD dan COD

Kombinasi 50% mata lele dan 50% kayu apu pada konsentrasi limbah 10% menunjukkan penurunan kadar BOD yang paling stabil, sedangkan kombinasi 25% mata lele dan 75% kayu apu pada konsentrasi yang sama menghasilkan penurunan COD yang optimal.

3. Respon morfologi tanaman terhadap konsentrasi limbah

Pada konsentrasi limbah yang lebih tinggi (30%), kedua tanaman menunjukkan tanda-tanda stres, seperti perubahan warna daun menjadi kekuningan dan pembusukan akar. Hal ini mengindikasikan batas toleransi tanaman terhadap toksisitas limbah.

4. Efektivitas fitoremediasi

Kombinasi mata lele dan kayu apu terbukti mampu menurunkan kadar pencemar dalam limbah cair detergen sesuai dengan baku mutu air limbah yang berlaku. Namun, efektivitasnya dipengaruhi oleh konsentrasi limbah dan proporsi tanaman yang digunakan.

Hasil penelitian ini mendukung penggunaan fitoremediasi sebagai metode sederhana dan biaya rendah untuk pengolahan limbah cair detergen, sekaligus memberikan alternatif dalam pengelolaan lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

- Aisah, A. R., Soekarno, B. P. W., & Achmad. (2015). Isolasi dan Identifikasi Cendawan yang Berasosiasi dengan Penyakit Mati Puccuk pada Bibit Jabon (*Anthocephalus cadamba* (Roxb.) Miq). *Jurnal Penelitian Hutan Tanaman*, 12(3), 153–163.
- Apriyani, N. (2017). *Penurunan Kadar Surfaktan dan Sulfat dalam Limbah Laundry Nani Apriyani Program Studi Teknik Lingkungan Universitas Muhammadiyah Palangkaraya*. 2, 37–44.
- Apriyani, N. (2020). *Penggunaan karbon aktif dan zeolit tak teraktivasi dalam alat penyaring air limbah laundry*. 6(1), 66–76.
- Apsari, L., Kusumawati, E., & Susanto, D. (2018). Fitoremediasi Limbah Cair Laundry Menggunakan Melati Air (*Echinodorus palaefolius*) dan Eceng Padi (*Monochoria vaginalis*). *BIOPROSPEK: Jurnal Ilmiah Biologi*, 13(2), 29.
- Ardiatma, D., Ilman, N., Nadya, I., & Sara, U. (2023). *Efektivitas Metode Fitoremediasi dengan Tanaman Kayu Apu (Pistia stratiotes L.) terhadap Penurunan Kadar BOD dalam Limbah Domestik di Jakarta* peningkatan badan air penerima baik dari aspek kapasitas maupun kualitasnya , Upaya yang harus dilakukan untuk mengurangi dampak pencemaran oleh air limbah adalah dengan menjaga buangan kualitas air limbah sesuai dengan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor. 15, 121–133.
- Atima, W. (2015). Bod dan Cod Sebagai Parameter Pencemaran Air dan Baku Mutu Air Limbah Wa. *Jurnal Biology Science & Education*, 4(1), 83–93.
- Azhar, M. H., & Memiş, D. (2024). *Nutrient removal from rainbow trout juveniles in fish ponds using integrated biofilter Duckweed (Lemna minor) and freshwater mussel (Anodonta cygnea)*. 23(3), 371–388.
- Bektiarso, S., Santoso, R. A., Novit, A., Saiylendra, R. B., Dewi, R. K., & Jember, U. (2023). Analysis Of The Role Of Temperature On Strawberry. *Jurnal Fisika Dan Pembelajarannya*, 5(2). <https://doi.org/10.31605/phy.v5i2.2197>
- Dwi, N. G. A. M., Suastuti, A., Simpen, I. N., & Ayumi, N. (2015). Efektivitas Penurunan Kadar Surfaktan Linier Alkil Sulfonat (Las) dan Cod Dari Limbah Cair Domestik Dengan Metode Lumpur Aktif. *Jurnal Kimia*, 9(1), 86–92.
- Erlina, F. (2022). *Pengaruh Deterjen Terhadap Pertumbuhan Tanaman Sawi Hijau (Brassica Juncea)*. 2, 11–16.
- Fitriana, N., & Kuntjoro, S. (2020). Kemampuan Lemna minor dalam Menurunkan Kadar Linear Alkyl Benzene Sulphonate The Ability of Lemna minor to Reduce Linear Alkyl Benzene Sulphonate Level. *LenteraBio*, 9(2), 109–114.
- Fitriyanti, R. (2020). *Karakteristik Limbah Domestik di Lingkungan Mess Karyawan Pertambangan Batubara*. 5, 72–77.
- Ghassani, K. N., & Titah, H. S. (2022). Kajian Fitoremediasi untuk Rehabilitasi Lahan. *Jurnal Teknik ITS*, 11(1).
- Government, Q. (2014). *Water lettuce*.
- Hafidhin, F. A., Ratnawati, R., Sutrisno, J., & Nurhayati, I. (2023). *Penerapan Teknologi Fitoremediasi Menggunakan Tanaman Eceng Gondok untuk*

- Mengolah Air Limbah Laundry.* 14(2), 42–50.
- Hidayah, F., Studi, P., Lingkungan, T., Universitas, F., & Negara, S. (2020). *Perbedaan Tanaman Melati Air (Echinodoruspaleafolius) dan Kiambang (Salvinia natans) Sebagai Fitoremediasi dalam Proses Pengolahan Limbah Cair Laundry.* 4(1), 30–39.
- Hidayati, N. (2013). *Mekanisme fisiologis tumbuhan hiperakumulator logam berat.* 75–82.
- Imtiyaz, J. D., & Rachmadiarti, F. (2020). *Kemampuan Tapak Dara Air (Ludwigia adscendens) sebagai Agen Fitoremediasi LAS Detergen Ability of Ludwigia adscendens as Detergent LAS Phytoremediation Agent.* 9, 51–57.
- Istighfari, S., Dermawan, D., & Mayangsari, N. E. (2017). *Pemanfaatan Kayu Apu (Pistia stratiotes) untuk Menurunkan Kadar BOD, COD, dan Fosfat pada Air Limbah Laundry.* 2623, 103–108.
- Jamil, A., Darundiati, Y. H., & Dewanti, N. A. Y. (2016). Pengaruh Variasi Lama Waktu Kontak dan Jumlah Tanaman Kayu Apu (Pistia Stratiotes) Terhadap Penurunan Kadar Cadmium (Cd) Limbah Cair Batik Home Industry “X” Di Magelang. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 4, 763–770.
- Jones, G., Scullion, J., Dalesman, S., Robson, P., & Gwynn-jones, D. (2023). Lowering pH enables *Duckweed* (Lemna minor L.) growth on toxic concentrations of high-nutrient agricultural wastewater. *Journal of Cleaner Production*, 395(February), 136392. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.136392>
- Juwitanti, E., Ain, C., & Soedarsono, P. (2013). Kandungan Nitrat dan Fosfat Air Pada Proses Pembusukan Eceng Gondok (Eichhornia sp.) (Skala Laboratorium). *Diponegoro Journal of Maquares*, 2(4), 46–52.
- Kaida, H., Syed, M. A., Shukor, M. Y., & Othman, A. R. (2021). *Biodegradation of Linear Alkylbenzene Sulfonates (LAS): A Mini Review.* July 2023. <https://doi.org/10.54987/bstr.v9i1.590>
- Khan, A. U., Khan, A. N., Waris, A., Ilyas, M., & Zamel, D. (2022). Phytoremediation of pollutants from wastewater : A concise review. *Open Life Sciences*, 17, 488–496.
- Khan, M. A., Marwat, K. B., & Wahid, F. (2014). *Pistia stratiotes L. (Araceae): Phytochemistry, use in medicines, phytoremediation, biogas and management options.* June.
- Khotimah, S. N., Mardhotillah, N. A., & Arifaini, N. (2021). *Karakterisasi Limbah Cair Greywater pada level Rumah Tangga Berdasarkan Sumber Emisi Greywater Characterization at Household Scale by Emission Source.* [https://doi.org/10.25299/saintis2021.vol21\(02\).7876](https://doi.org/10.25299/saintis2021.vol21(02).7876)
- Lukman, N., & Binawati, D. K. (2023). *Fitoremediasi Kayu Apu (Pistisia stratiotes L.) dan Arang Kayu dalam Memperbaiki Kualitas Air pada Limbah Cair Tahu (Skala Laboratorium).* 2022.
- Minina, A., Filonova, L., Sanchez-vera, V., & Suarez, M. F. (2013). *Detection and Measurement of Necrosis in Plants.* June. <https://doi.org/10.1007/978-1-62703-383-1>
- Mirwan, M., & Puspita, I. (2021). Fitoremediasi Limbah Laundry Menggunakan Tanaman Mensiang (Actinoscirpus grossus) dan Lembang (Thypa angustifolia

- L.). *EnviroUS*, 2(1), 61–66. <https://doi.org/10.33005/envirous.v2i1.69>
- Nisa, A. C. (2023). *Analisis Daya Serap Logam Berat Cuprum (Cu) Oleh Kiambang (Salvinia Molesta) Dan Kayu Apu (Pistia Stratiotes) Dalam Pengelolaan Limbah Industri Analysis Of Cuprum (Cu) Heavy Metal Absorption by Kiambang (Salvinia molesta) and Kayu Apu (Pistia stratiotes) in Industrial Waste Management*. 13(2), 501–510.
- Nur, M., & Agung, T. (2020). *Kombinasi AOPS (Advanceted Oxidation Processes) Fotokatalis – Fotofenton dalam Mendegradasi Ssyrfaktan LAS (Linear Alkylbenzebe Sulfonate) pada Limbah Laundry*. 2, 114–120.
- Oktaviani, L., Nilandita, W., & Suprayogi, D. (2020). Fitoremediasi Tanaman Apu-Apu (Pistia Stratiotes) terhadap Kadar Logam Zn Berdasarkan Variasi Jumlah Tanaman. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 6(1), 44–52.
- Prasetyo, R. A. (2021). REVIEW JURNAL “ TEKNOLOGI FITOREMEDIASI UNTUK PEMULIHAN LAHAN TERCEMAR MINYAK .” *Jurnal Petro*, X(2), 53–59.
- Pratiwi, Y., Sunarsih, S., Dewi, K. P., Studi, P., Lingkungan, T., & Terapan, F. S. (2020). Pengolahan limbah cair industri elektroplating dengan fitoremediasi menggunakan azolla microphylla. *Jurnal Teknologi*, 12(1), 54–62.
- Prayogi, E. (2024). *The Effect of Phytoremediation Using Duckweed (Lemna minor) on Ammonia Levels in Catfish Farming Wastewater in Boyolali*. 12(1), 39–43.
- Purnamasari, E. N. (2014). Karakteristik Kandungan Linear Alkyl Benzene Sulfonat (LAS) pada Limbah Cair Laundry. *Jurnal Media Teknik*, 11(1).
- Putri, S. P., Yahya, H., & Rahmi, R. (2021). Uji pemanfaatan limbah cair laundry menjadi pupuk cair. *Journal of Environmental Engineering*, 2(2), 17–28.
- Rulitasari, D., & Rachmadiarti, F. (2020). Semanggi Air (Marsilea crenata) Sebagai Agen Fitoremediasi LAS Detergen. *Lentera Bio*, 9, 99–104.
- Sablayrolles, C., Montr, M., & Treilhou, M. (2009). *Trace Determination of Linear Alkylbenzene Sulfonates : Application in Artificially Polluted Soil — Carrots System*. 2009. <https://doi.org/10.1155/2009/404836>
- Salsabila, S. H., Nugrahani, P., & Santoso, J. (2020). TOLERANSI TANAMAN LANSKAP TERHADAP PENCEMARAN. *Jurnal Lanskap Indonesia*, 12(2), 73–78.
- Shinta, D. R., Proklamasiningsih, E., Santoso, S., & Widystuti, A. (2023). *Fitoremediasi Limbah Cair Tekstil Menggunakan Kayu Apu (Pistia stratiotes) dalam Meningkatkan Jumlah Helai Daun dan Bobot Basah*. 5, 33–40.
- Sidauruk, L., & Sipayung, P. (2015). Fitoremediasi Lahan Tercemar di Kawasan Industri Medan dengan Tanaman Hias. *Jurnal Pertanian Tropik*, 2(2), 178–186.
- Tang, M., & Dirawan, G. D. (2023). Pengaruh Pengetahuan, Sikap dan Motivasi Masyarakat Terhadap Perilaku Penggunaan Detergen. *UNM Environmental Journals*, 6(iv), 1–10.
- Thangaraj, P., Lam, E., & Hochman, G. (2018). *Factsheet : Duckweed as Biomass*. 73(99), 13–15. <https://doi.org/10.1006/scel.1994.1040.4>
- Tyagi, T., & Agarwal, M. (2018). *Ethnomedicine analysis of Bioactive Constituents in Ethanolic leaf extract of A d v a n c e s i n B i o r e s e a r c h Ethnomedicine*

- Analysis Of Bioactive Constituents in Ethanolic Leaf Extract of Pistia Stratiotes L . And Eichhornia Crassipes. September 2017.*
<https://doi.org/10.15515/abr.0976-4585.8.5.204211>
- Utomo, W. P., Nugraheni, Z. V., Rosyidah, A., Shafwah, O. M., & Naashihah, L. K. (2018). *Penurunan Kadar Surfaktan Anionik dan Fosfat dalam Air Limbah Laundry di Kawasan Keputih , Surabaya Menggunakan Karbon Aktif.* 3(1), 127–140.
- Xiong, W., Zhang, Y., Xie, D., Liu, J., Liu, Y., Yu, Y., Huang, Y., Liu, S., Wang, H., & Xiao, K. (2023). *Water lettuce (Pistia stratiotes L .) (Araceae) in China : distribution , introduction pathway , and impacts.* 12(4), 1089–1097.
- Xu, J., Shen, Y., Zheng, Y., Smith, G., Sun, X. S., Wang, D., Zhao, Y., Zhang, W., & Li, Y. (2021). *Duckweed (Lemnaceae) for potentially nutritious human food : A review.* *Food Reviews International,* 00(00), 1–15.
<https://doi.org/10.1080/87559129.2021.2012800>
- Yuliani, R. L., Purwanti, E., & Pantiwati, Y. (2021). Pengaruh Limbah Detergen Industri Laundry terhadap Mortalitas dan Indeks Fisiologi Ikan Nila (Oreochromis niloticus) Effect of Waste Laundry Detergent Industry Against Mortality and Physiology Index of Nile Tilapia (Oreochromis niloticus). *Jurnal Teknik ITS, 10*(1), 822–828.

